

VI 研究報告・調査報告

1 湖沼環境研究

(研究報告)

- 1- 1 北浦流域北部における地下水の硝酸態窒素による汚染状況及びその要因---36
- 1- 2 土浦入を対象としたアオコ予測システムの構築と検証-----41
- 1- 3 霞ヶ浦の生態系サービスとその享受量の変遷-----46

(調査報告)

- 1- 4 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業-----55
- 1- 5 霞ヶ浦の水質変動に関する調査研究-----71
- 1- 6 平成 29 年度のアオコ発生について-----73
- 1- 7 アオコの動態解明に関する調査研究事業-----77
- 1- 8 底生生態系における *Microcystis* の分解過程と餌資源としての役割-----79
- 1- 9 北浦流域の窒素の動態に関する調査研究事業-----81
- 1-10 水質予測モデルの活用による浄化対策効果の検証-----86
- 1-11 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
- 1-12 農業環境負荷低減研究事業-----90
- 1-13 直接大気降下物負荷量調査事業-----92
- 1-14 農業排水再生プロジェクト事業-----95
- 1-15 霞ヶ浦直接浄化対策検証事業-----97
- 1-16 湖沼の水質保全に関する調査研究事業-----101
- 1-17 牛久沼の水質保全に関する調査事業-----116
- 1-18 新川の水質調査-----127

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-----129
- 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-----136
- 2- 3 有害大気汚染物質調査事業-----142
- 2- 4 大気環境中のフロン濃度調査事業-----154
- 2- 5 酸性雨の実態把握調査事業-----157
- 2- 6 大気環境中の石綿調査事業-----159
- 2- 7 百里飛行場周辺地域における航空機騒音実態調査事業-----160
- 2- 8 化学物質環境実態調査事業-----164
- 2- 9 水環境化学物質調査事業-----170
- 2-10 公害事案等処理対策調査事業-----174

1-1 北浦流域北部における 地下水の硝酸態窒素による汚染状況及びその要因

菊地哲郎, 高津文人*

Status and causes of nitrate pollution in groundwater of the northern Lake Kitaura Basin
Tetsuro KIKUCHI, Ayato KOHZU

キーワード: 北浦流域, 地下水, 硝酸態窒素, 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比

1 はじめに

北浦の主要流入河川である銚田川及び巴川を含む北浦流域北部では, 畑地での野菜類の栽培並びに畜産が広く行われている。一方, 畑地に施用された化成肥料や堆肥・家畜排せつ物に由来す硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)が溶脱し, 地下水を汚染する問題が各地で顕在化している¹⁾。銚田川・巴川流域でも, 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$)濃度が環境基準値(10 mg/L)を超える井戸の存在が平成20年以降続けて認められている²⁾。

本研究では, 銚田川, 巴川及び銚田川の南東側に位置する長茂川の流域内及びその周辺に位置する計13地点の井戸を対象に, 地下水水質調査を実施し, その結果を元に $\text{NO}_3\text{-N}$ による汚染状況及びその要因について検討した。

2 調査及び分析方法

(1) 調査地点・採水

各調査井戸の位置を図1に, タイプ及び深さを表1にそれぞれ示す。採水は平成29年11月に実施した。窒素成分を含む水質分析用試料はポリプロピレン製瓶に採取した。炭酸水素イオン(HCO_3^-)分析用試料は, ガスバリア性に優れた10 mL容PETチューブ(アズワン, TP-111 白)に採取し, 気泡が入らないように密栓した。水温及び溶存酸素(DO)濃度は, それぞれ水温計及びポータブル蛍光式溶存酸素計(HACH HQ30d, プローブ:HACH LDO)を用いて現地で測定した。

(2) 水質分析

$\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ 及びアンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)の各濃度を, オートアナライザー(ビーエルテック, QuAAtro)を用いて定量

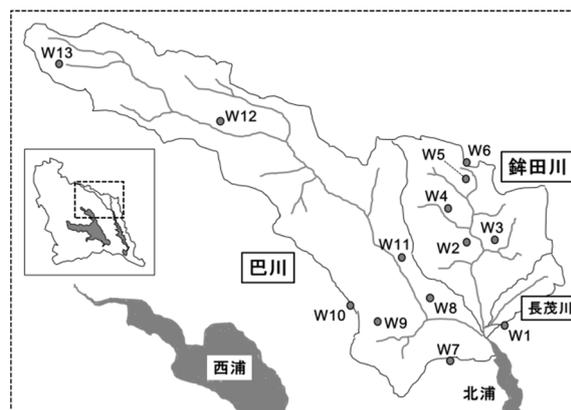


図1. 調査地点

表1. 調査井戸のタイプ及び深さ

井戸番号	タイプ	深さ(m)
W1	打込	不明
W2	不明	不明
W3	打込	不明
W4	不明	不明
W5	堀抜	不明
W6	打込	30
W7	打込	50
W8	打込	不明
W9	打込	32
W10	打込	35程度
W11	打込	60
W12	打込	不明
W13	堀抜	20

した。また, 主要陽イオン(ナトリウム(Na^+), カリウム(K^+), カルシウム(Ca^{2+}), マグネシウム(Mg^{2+}))及び陰イオン(塩化物(Cl^-), 硫酸(SO_4^{2-}))の各濃度を, イオンクロマトグラフィー(Dionex, ICS-2000)を用いて定量した。

* 国立環境研究所

HCO₃⁻濃度は、プロモクレゾールグリーンを用いた吸光光度法³⁾により定量した。

上記のろ液を孔径 0.22 μm のシリンジフィルターでさらにろ過した試料について、硝酸イオン(NO₃⁻)の窒素・酸素安定同位体比(δ¹⁵N_{NO3}・δ¹⁸O_{NO3})を脱窒菌法⁴⁻⁶⁾により測定した。測定には、自動前処理ライン⁷⁾を連結させた同位体比質量分析計(Thermo Finnigan, Delta plus Advantage)を用いた。測定の前に、δ¹⁵N_{NO3}、δ¹⁸O_{NO3}の測定に影響を及ぼす試料中の亜硝酸イオンをアスコルビン酸により除去した⁸⁾。なお、δ¹⁵N_{NO3}、δ¹⁸O_{NO3}は試料中NO₃⁻の窒素、酸素の各安定同位体比(¹⁵N/¹⁴N、¹⁸O/¹⁶O)の基準物質に対する千分率偏差であり、(1)式で表される。

$$\delta = \frac{R_{\text{sample}} - R_{\text{std}}}{R_{\text{std}}} \times 1000 \quad (1)$$

ここで、δはδ¹⁵N_{NO3}またはδ¹⁸O_{NO3}(‰)、R_{sample}は測定試料の¹⁵N/¹⁴Nまたは¹⁸O/¹⁶O、R_{std}は基準物質(窒素:大気、酸素:標準海水(Vienna Standard Mean Ocean Water: VSMOW))の¹⁵N/¹⁴Nまたは¹⁸O/¹⁶Oをそれぞれ表す。4種類のNO₃⁻標準物質(IAEA-NO-3, USGS32, USGS34, USGS35)に対する分析精度(測定値と認証値(δ¹⁵N_{NO3})または推奨値(δ¹⁸O_{NO3})との差の平均値 ± 標準偏差)は、δ¹⁵N_{NO3}、δ¹⁸O_{NO3}いずれも0.00 ± 0.36‰ (n = 23)であった。

3 結果及び考察

(1) NO₃-N濃度の空間分布及び経年変化

各井戸における地下水中NO₃-N濃度を表2に示す。最低濃度、最高濃度はそれぞれ10 mg/L(W2)、84 mg/L(W4)であり、全ての井戸で10 mg/L以上のNO₃-Nが検出された。特に4地点の井戸(W1, W4, W6, W10)でNO₃-N濃度が30 mg/L以上と高かったが、これらの井戸は互いに異なる流域または支流に位置しており、局所的に濃度が高くなっていると考えられる。なお、いずれの井戸においても、NO₂-N濃度はNO₃-N濃度の0.02%以下と低か

った。

調査井戸のうち9地点の井戸における、平成21年度以降のNO₃-N + NO₂-N濃度の経年変化を、図2に示す。なお、平成27年度以前(W1, W6, W9は平成28年度以前)の値については茨城県²⁾による測定結果を引用した。最近5年間の推移を見ると、2地点(W1, W3)で上昇傾向(W3では平成21~25年度は減少傾向)、4地点(W7, W8, W11, W12)でほぼ横ばい(W11では平成23~26年度は減少傾向)、2地点(W6, W9)で減少傾向にあった。特に、W1では平成26年度から平成29年度にかけて大きく上昇(23 mg/L → 37 mg/L)していたのに対し、W9では同期間に大きく減少(46 mg/L → 24 mg/L)していた。

(2) ヘキサダイアグラムによる汚染要因の推定

各井戸における地下水のヘキサダイアグラムを図3に示す。全ての地点でCa-(SO₄ + NO₃)型またはCa-NO₃型の水質組成を示し、国内のNO₃-N汚染地下水の代表的なタイプ¹⁾であると考えられた。一般に、畑地に硫酸アンモニウム(硫安)等の硫酸塩化成肥料や土壌改良材として苦土石灰が施用された場合、その影響を受ける地下水はSO₄²⁻、Ca²⁺及びMg²⁺が増加すると考えられる^{1,9)}。したがって、いずれの地点でも畑地に施用された化成肥料や堆肥等がNO₃-Nの主な汚染要因となっていると推定される。なお、浄化槽(特に

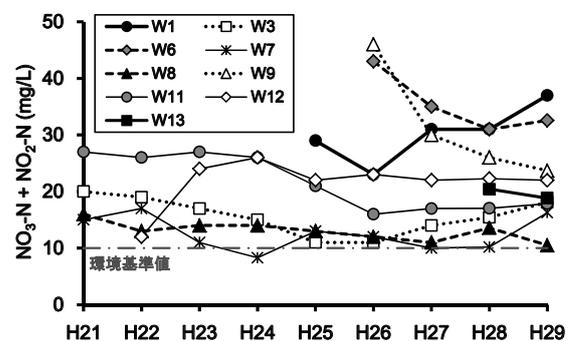


図2. 調査井戸(W1, W3, W6~W9, W11~W13)における平成21年度以降のNO₃-N + NO₂-N濃度の推移

表 2. 調査井戸の地下水水質分析結果

井戸番号	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	DO (mg/L)	酸素飽和度 (%)	DOC (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)
W1	13.1	7.37	67.8	(欠測)	(欠測)	0.239	36.99	0.00	0.01
W2	14.0	7.51	47.0	9.8	95	0.145	10.35	0.00	0.01
W3	13.5	7.57	47.5	9.0	87	0.131	18.11	0.00	0.01
W4	15.0	7.06	100	9.2	91	0.251	83.77	0.00	0.01
W5	16.5	7.25	49.4	9.1	94	0.154	18.57	0.00	0.01
W6	17.0	7.48	53.4	8.8	90	0.282	32.57	0.00	0.01
W7	12.0	7.18	37.9	(欠測)	(欠測)	0.146	16.27	0.00	0.01
W8	14.4	7.47	36.3	(欠測)	(欠測)	0.177	10.51	0.00	0.01
W9	14.0	7.23	76.6	9.0	87	0.459	23.68	0.00	0.01
W10	14.5	7.24	73.7	10.3	101	0.240	54.01	0.00	0.01
W11	12.0	7.58	44.2	7.8	72	0.140	17.86	0.00	0.01
W12	15.1	6.38	45.6	8.2	81	0.217	21.98	0.00	0.01
W13	16.4	6.73	40.7	2.5	25	0.155	18.84	0.00	0.01

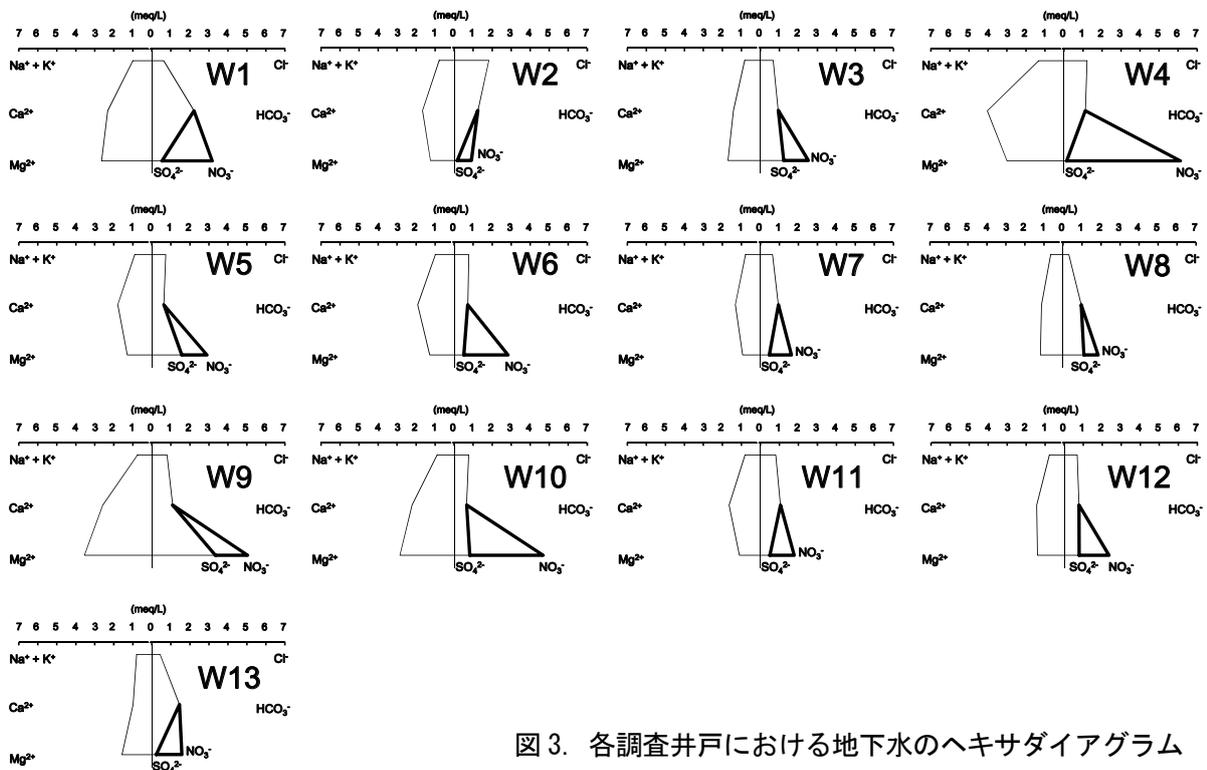


図 3. 各調査井戸における地下水のヘキサダイアグラム

単独処理浄化槽)の影響を強く受ける場合、Na-Cl型の水質組成を示すと考えられる¹⁾が、本研究で調査した井戸の中にはNa-Cl型のものは見られなかったことから、いずれの井戸においても浄化槽処理水の影響は小さいものと推定される。

(3) $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 及び $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ に基づく $\text{NO}_3\text{-N}$ の起源

及び変換過程の推定

各井戸における地下水の $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 及び $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ を、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度並びに主な起源と考えられる化成肥料及び堆肥・家畜排せつ物の窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) の文献値と併せて図 4 に示す。 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ は 4.1 ~ 17.2‰ の値を示し、化成肥料 (-4.0 ~ 3.3‰)、堆肥・家畜排

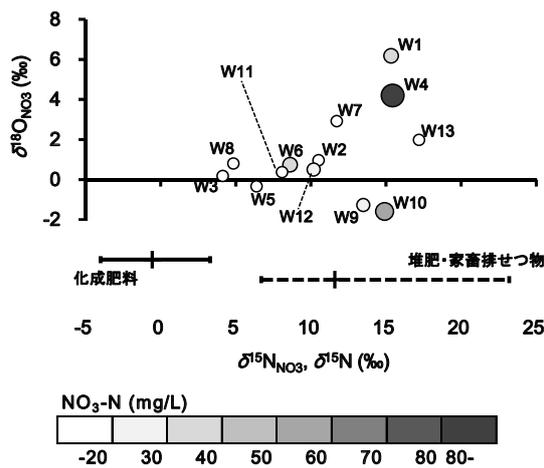


図 4. 各調査井戸の NO₃-N 濃度（グレースケール）及び δ¹⁵N_{NO₃}, δ¹⁸O_{NO₃}, 並びに化成肥料及び堆肥・家畜排せつ物の δ¹⁵N（文献値）の平均値（エラーバー：最小値～最大値）

せつ物（6.7～23.2‰）の両方、あるいは後者が NO₃-N の起源となっていると考えられる。

一方、W1, W4, W7 及び W13 では δ¹⁸O_{NO₃} が他の地点と比べて高い値（≥ 2.0‰）を示した。脱窒が起こった場合、残存する NO₃-N の δ¹⁵N_{NO₃}, δ¹⁸O_{NO₃} が 1.3: 1～2.1: 1 の比率とともに上昇することが知られている¹⁰⁾。HCO₃⁻は脱窒により増加すると考えられる¹⁾が、特に W1 と W13 で HCO₃⁻の濃度割合が高いこと（図 3）、また W13 では酸素飽和度が低いこと（表 2）からも、これらの地点では脱窒の影響を受けていることが示唆される。そこで、これらの地点では脱窒の影響により δ¹⁵N_{NO₃} 及び δ¹⁸O_{NO₃} が上昇し、かつ δ¹⁸O_{NO₃} が高い起源物質（たとえば硝酸塩化成肥料¹⁰⁾）の混合の影響は無視できると仮定し、W1～W3, W5, W6, W8 及び W12 における δ¹⁸O_{NO₃} の平均値（0.5‰）を脱窒を受けていない NO₃-N の δ¹⁸O_{NO₃} の代表値と見なして、脱窒が起きた場合の δ¹⁵N_{NO₃}, δ¹⁸O_{NO₃} の変化の比率（1.3: 1～2.1: 1）から W1, W4, W7 及び W13 における脱窒を受ける前の δ¹⁵N_{NO₃} を推定すると、それぞれ 2.8～7.9‰、

7.2～10.6‰、6.3～8.5‰及び 13.9～15.2‰となった。

以上の結果から推定される、各井戸における NO₃-N の主な起源及び脱窒の影響の有無について表 3 にまとめる。

4 結論

畑作並びに畜産が盛んに行われている北浦流域北部における地下水の NO₃-N 汚染の状況及び要因について把握することを目的に、銚田川、巴川、長茂川流域内の 13 地点の井戸で地下水水質調査を行い、以下の結果を得た。

- 全ての地点で NO₃-N + NO₂-N 濃度が環境基準値を上回り、特に銚田川・長茂川下流部左岸側、銚田川上流部及び巴川下流部右岸側の 4 地点で局所的に 33～84 mg/L と高い値を示した。
- 地下水の水質組成及び δ¹⁵N_{NO₃}, δ¹⁸O_{NO₃} の分析結果から、畑地に施用された堆肥・家畜排せつ物や硫酸塩化成肥料が NO₃-N の主な汚染要因となっていると推定された。

流域内の広い範囲で環境基準値を超える濃度の NO₃-N が検出されたことから、今後より多く

表 3. 水質組成及び δ¹⁵N_{NO₃}, δ¹⁸O_{NO₃} から推定された各調査井戸における NO₃-N の主な起源並びに脱窒の影響の有無

井戸番号	主な起源		脱窒の影響
	化成肥料	堆肥・家畜排せつ物	
W1	○	○	○
W2	○	○	
W3	○	○	
W4	○	○	○
W5	○	○	
W6	○	○	
W7	○	○	○
W8	○	○	
W9		○	
W10		○	
W11	○	○	
W12	○	○	
W13		○	○

の地点で地下水を採取し、同様の水質分析を行うことにより、地下水における NO₃-N の濃度分布を詳細に把握するとともに、その汚染要因について検討する必要がある。

5 参考文献

- 1) 田瀬則雄, 2004. 硝酸・亜硝酸性窒素による地下水汚染の現状と動向. 環境管理 **40**(3), 255-263.
- 2) 茨城県. 地下水の水質測定結果.
<http://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kantai/suishitsu/water/chikasui.html>.
- 3) 三島壮智, 大沢信二, 山田 誠, 北岡豪一, 2009. 少量の試料水を用いる環境水中の炭酸水素イオンの新たな定量分析法の開発. 日本水文科学会誌 **38**(4), 157-168.
- 4) Sigman, D. M., Cascotti, K. L., Andrean, M., Barford, C., Galanter, M., Böhlke, J. K., 2001. A bacterial method for the nitrogen isotopic analysis of nitrate in seawater and freshwater. *Analytical Chemistry* **73**, 4145-4153.
- 5) Cascotti, K. L., Sigman, D. M., Galanter, M., Böhlke, J. K., Hilkert, A., 2002. Measurement of the oxygen isotopic composition of nitrate in seawater and freshwater using the denitrifier method. *Analytical Chemistry* **74**, 4905-4912.
- 6) 永田 俊, 宮島利宏, 2008. 流域環境評価と安定同位体. 京都大学学術出版会, 京都, pp. 376-387.
- 7) 高津文人, 今井章雄, 中島泰弘, 小松一弘, 川崎伸之, 佐藤貴之, 2011. 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比測定のための自作による安価な自動前処理ラインの開発. *RADIOISOTOPES* **60**, 231-240.
- 8) Granger, J., Sigman, D. M., Prokopenko, M. G., Lehmann, M. F., Tortell, P. D., 2006. A method for nitrite removal in nitrate N and O isotope analyses. *Limnology and Oceanography, Methods* **4**, 205-212.
- 9) 環境省, 2016. 硝酸性窒素等による地下水汚染対策マニュアル. https://www.env.go.jp/water/chikasui_jiban/conf/manual_1.pdf.
- 10) Xue, D., Botte, J., De Baets, B., Accoe, F., Nestler, A., Taylor, P., Van Cleemput, O., Berglund, M., Boeckx, P., 2009. Present limitations and future prospects of stable isotope methods for nitrate source identification in surface- and groundwater. *Water Research* **43**(5), 1159-1170.

1-2 土浦入を対象としたアオコ予測システムの構築と検証

長濱祐美, 阿部真己*, 松本俊一, 福島武彦

The Construction and Varification of Forecasting Model for *Microcystis* Bloom for Tsuchiuraisi Bay
Yumi NAGAHAMA, Masami ABE, Shunichi MATSUMOTO and Takehiko FUKUSHIMA

キーワード: 生態系モデル, 深層学習, *Microcystis*, フィコシアニン, 霞ヶ浦 (西浦)

1 はじめに

霞ヶ浦では夏季に *Microcystis* を主とするアオコが発生することがある。土浦港を有する土浦入湾奥は霞ヶ浦の中でもとりわけ周辺人口が多く, 景観の悪化や腐敗臭などの面からアオコの発生が社会問題化しやすい。アオコ対策を効果的に行うために, アオコの発生量や発生時期の予測が求められている。これに対し当センターでは, 水質調査結果をまとめた「アオコ情報」を発信している。「アオコ情報」では, 湖水質と気象予報を整理して, 翌週のアオコの発生しやすさを調査地点毎に A~C で評価している。しかし, もっと早いタイミングでの予測や, 面的な分布の予測が必要とされている。

この問題に対し, 本研究ではアオコ予測の方法として, シミュレーションモデルに着目した。さらに, 深層学習を用いた河川水位予測手法が従来予測モデルと比較して高い精度を示した¹⁾ことを参考に, 深層学習を採用してアオコ予測システムを構築した。構築したアオコ予測システムは過去のアオコ発生の再現性によって評価し, また, 将来予測が可能かどうかについても検討した。

2 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。また, 結果の出入力は簡便なインターフェイスによって行えるよう設計した。

(1) アオコ発生予測シミュレーションモデル

アオコ発生予測のためのシミュレーションモデルのベースには H28 年度に構築した流動モデルと水質モデルからなる低次生態系モデ

ル(既存モデル)を用いた。既存モデルによって計算された平面分布の表層値 X を, 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のエンコーダ部分 (Variavle Auto-Encoda, 以下 VAE) の組み合わせ (以下, 深層学習モデル) によって再計算させる構造とした。深層学習では過学習に伴って精度が低下することが知られているほか, 今回は学習に用いるためのデータが十分とは言えず, 特異なデータに学習結果が大きく左右され, また, 未知の状況から突飛な予測結果が出力されることが懸念された。そこで本研究では, 細かな水質変動に敏感に応答するような出力をできるだけ抑制するように設計した。

(2) 対象水域と計算に用いた実測値

対象水域は霞ヶ浦土浦入, 計算範囲は $36^{\circ} 2' 26''$ N から $36^{\circ} 6' 11''$ N, $140^{\circ} 12' 19''$ E から $140^{\circ} 19' 58''$ E とした (図 1)。また, *Microcystis* が増殖する 6 月から 9 月を計算する設計とした。

既存モデルによる計算のためには, 気象庁のアメダス土浦より気温と風況を, つくば(館野)より全天日射量, 相対湿度, 雲量を与えた。水位は国土交通省の水文水質データベースから湖心 の値を用いた。

河川からの流量は H-Q 式と流域面積から計算した。水温は国立環境研究所の霞ヶ浦データ

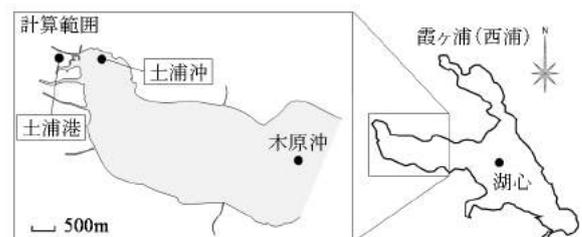


図 1 計算範囲と調査地点図

* いであ株式会社 国土環境研究所

ベース（以下、霞 DB）²⁾ を利用して与えた。湖内水質は公共用水域データとして公表されている水温、Chl. a、COD、SS、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-P を与え、底泥中の *Microcystis* 量は 2015 年の実測値³⁾ を毎年同じに与えた。河川からの流入負荷は L-Q 式を用いて COD、TN、TP を与えた。

深層学習モデルによる計算のためには、フィコシアニン濃度のデータを用いた。藍藻類が保持する色素であるフィコシアニンの濃度は *Microcystis* 細胞数や細胞体積よりも簡便に測定でき、2014 年以降の実測値が充実している。一方で、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⁴⁾ では夏季の霞ヶ浦では、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* を主とするアオコの指標として妥当と判断した。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、PO₄-P の面的分布データを用い、これらを最大値で除して標準化し、解像度 28 × 28 の RGB の 3 バンドデータに整理して圧縮し、木原沖を含む計算格子の表層値を出力した。

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」⁵⁾ における湖心表層のフィコシアニン濃度のほか、霞 DB の湖心における *Microcystis* 細胞体積から、フィコシアニン濃度へ換算したのもを用いた。これは、2012 年以前には湖心におけるフィコシアニン濃度の実測値が存在しないためである。*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⁶⁾。これらのデータは時間的に不規則であることから、教師データとして用いるために、以下の式を用いて補間し、毎日の値として用いた。

$$Y_i = \sum_{n=1}^N \frac{C(n) \times \exp\{-[x_{\text{obs}}(n) - x(i)]^2/2\sigma\}}{N} \quad (1)$$

このとき、 n は調査回数 ($1 \leq n \leq N$)、 i は日付、 x は実測値である。計算された毎日の値 Y と実測値はよく一致し ($n=97, r=0.79, p<0.05$)、10 年間の特徴をよくとらえたことを確認した。

フィコシアニン濃度の実測値が最も多かったことから湖心表層の値を教師データとして用いたが、一方で、湖心は計算範囲に含まれない。よって、学習用の出力値には湖心に近い境界側の木原沖を含む計算格子の表層値を用いざるを得なかった。霞ヶ浦 DB の 1977 年から 2013 年の値を用いて、木原沖と湖心における水質を比較したところ、植物プランクトンの指標であるクロロフィル a の湖心と木原の値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 ($n=450, r=0.84, p<0.05$)。このことから、湖心における実測値と木原沖における出力値を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と考えられている³⁾。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、パーセンテージで表示される。そこで、「平年より高い」「平年並」「平年より低い」それぞれに対応する気象のモデルケース（以下、モデル気象）を決定するため、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利用し、月平均気温の順位結果を検討した。その結果、平年より気温の高い年として 2010 年が、平年より低い年として 2009 年が、平年並の年として 2014 年がモデル気象として決定された（図 2）。これをうけ、将来予測のための気象条件として、気象庁の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。

(4) インターフェイスと自動作業

予測作業の簡便性を考慮し、簡易な操作が可能なインターフェイスを構築した。計算機にwebサーバ機能を追加し、予測計算の実行や結果の閲覧を、ブラウザを通じて簡便に行えるよう設計した(図3)。

また、実測値の追加のためには、値を入れたファイルを規定フォルダに追加すると自動的に読みに行く設計を追加した。さらに、予測作業時には作業現在までの気象庁の気象データと国土交通省の水質・水文データベースの値を自動で取り込むようにした。

(5) 統計的処理

統計解析には R を用いた。正規性の確認には KS-test を用い、相関分析には Spearman の相関分析を用いた。

3 結果と考察

(1) 過去の再現

教師データとして与えた毎日の値の基礎となった 2007 年から 2016 年までの湖心におけるフィコシアニン濃度の実測値(霞ヶ浦 DBの *Microcystis* 細胞濃度からの換算値を含む)と、今回のシミュレーションモデルにおける出力値(木原沖)を比較した(図4)。その結果、実測値と出力値とはよく一致した ($n = 97, r = 0.75, p < 0.05$)。このことは、今回のシミュレーションモデルに組み込んだ深層学習モデルが、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、湖心と木原沖で学習させた深層学習モデルが計算範囲内の他地点に対しても有効かどうかについて検討するため、土浦港、土浦沖において、2007年から2016年までの実測値(霞ヶ浦 DBの *Microcystis* 細胞濃度からの換算値を含む)と、今回のシミュレーションモデルにおける出力値を比較した結果、今回のシミュレーションモデルは、両地点において実測値と有意な正の相関を示した(土浦港: $n = 66, r = 0.25, p < 0.05$, 土浦沖: $n = 66, r = 0.33, p < 0.05$)。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と示唆された。

(2) 将来の予測

2017年のデータを用いて、今回構築したア

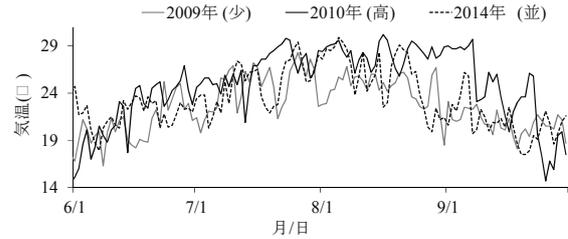


図2 モデル気象に定めた各年の、6月から9月の気温

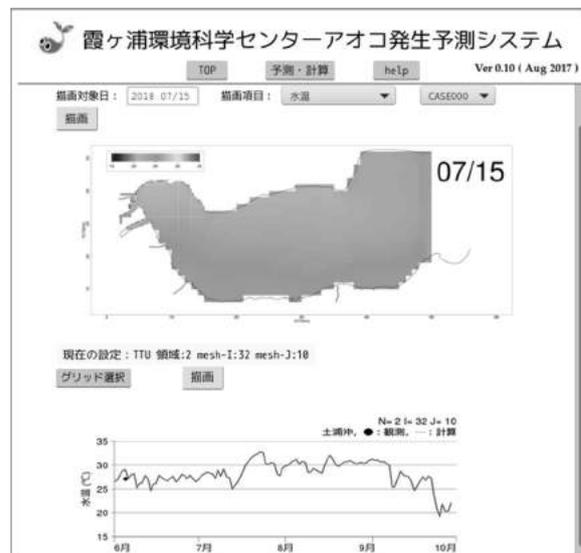


図3 アオコ予測システムの計算開始画面(上)と結果表示画面(下)

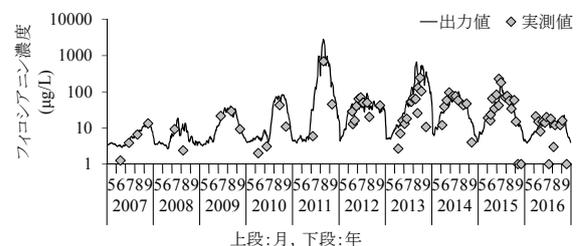


図4 湖心におけるフィコシアニン濃度の実測値と木原沖におけるアオコ予測システムによる出力値

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、6月1日、7月1日、8月1日に行ったと仮定し（以下、仮想5月1日など）、気象庁によって4、5、6、7月に発表された三カ月予報を用いて将来の気象条件を与え、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（Table 1）。なお予報では、5~7月は「平年並みまたは高い確率とともに40%」、6~7月、7~9月、8~10月はいずれも「高い確率が50%」であったため、すべてにおいて、2010年の気象条件を与えた。

結果を Fig. 5 に示す。すべての予測値はフィコシアニン濃度 100 µg/L 前後で推移し、9月末には低下した。仮想5月1日の予測値における期間全体の平均値は101 µg/Lであったが、その後低下し、仮想8月1日の予測値における期間全体の平均値は68 µg/Lであった。一方、実測値における期間の平均値は22 µg/Lであった。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、概ね類似した値を示したと示唆される。

一方、期間内の変動についての類似性はあまり高く示されなかった。気象の影響を検討するため、2017年の実気象を用いて計算を行ったが計算結果に大きく差が見られなかった。このことから、予測値と実測値の変動が類似しなかった理由にモデル気象と実気象との差が影響した可能性は小さいと考えられたが、その原因については不明であった。

4 結論

アオコの予測が求められていることに対し、気象予報と既存の生態系モデル、深層学習を組み合わせてアオコの発生動態を予測するシステムを構築した。その結果、深層学習モデルは教師データをよく学習し、学習外の地点においても実測値と出力値はいずれも有意な正の相関を示した。このことから、今回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再現したと考えられた。この結果を受け、気象庁の三カ月予報を利用して将来予測を行った結果、2017年度夏季のアオコ発生状況をよく表現した。このことから、

表1 検証のための計算条件

検証日	気象	実測値	モデル気象値
仮想5月1日	実測値	実測値	前年値
仮想6月1日	実測値	実測値	前年値
仮想7月1日	実測値	実測値	前年値
仮想8月1日	実測値	実測値	前年値

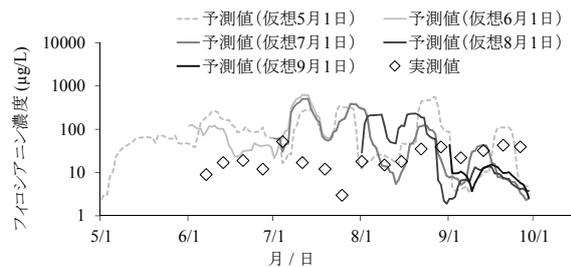


図5 予測値と実測値

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。しかしながら、変動の再現性は高いとは言えず、フィコシアニン高濃度時についての検証や平面分布の検証が不十分であることから、今後は運用を通じてデータを蓄積し、検証していく必要がある。

謝辞：本研究で使用したデータの一部は、国立環境研究所の霞ヶ浦長期モニタリング事業によって提供された。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 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.
- 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>
- 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.
- 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.
- 5) 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/seikatsukankyo/kasumigauraesc/04_kenkyu/aoko/aoko.htm
- 6) 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講演要旨集, p.12.

1-3 霞ヶ浦の生態系サービスとその享受量の変遷

北村立実, 松本俊一, 松崎慎一郎*, 久保雄広*, 山野博哉*, 西浩司**, 幸福智**,
菊地心**, 吉村奈緒子**, 福島武彦

Changes in the amount of Enjoyment of Ecosystem Services in Lake Kasumigaura

Tatsumi KITAMURA, Shun-ichi MATSUMOTO, Shin-ichiro MATSUZAKI, Takahiro KUBO, Hiroya
YAMANO, Koji NISHI, Satoshi KOUHUKU, Kokoro KIKUCHI, Naoko YOSHIMURA,
Takehiko HUKUSHIMA

キーワード：供給サービス, 調整サービス, 文化的サービス, 基盤サービス

1 はじめに

現在、霞ヶ浦流域には約 96 万人が生活している。また、霞ヶ浦周辺は水田やハス田、畑地が広く分布し、鹿島臨海工業地帯もあることから農業や工業も盛んである。これらの生活や経済活動の多くは霞ヶ浦の水が用いられている。さらに、霞ヶ浦湖内ではワカサギ等の漁獲やコイ等の養殖など水産業も盛んであり、佃煮の生産や帆引き船の操業等の伝統を残すとともに観光資源としても利用されている。また、霞ヶ浦はコンクリート護岸に覆われ、常陸川水門によって水位が操作され、農業や工業などの利水の他に、大雨時の洪水を調整する治水の役割も担っている。このように、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。今後も人々が霞ヶ浦の生態系サービスを持続的に利用していくためにはどのようなサービスをどのくらい受けているのかを把握し、湖沼・流域管理に結びつける必要がある。

2016 年に環境省は生物多様性及び生態系サービスの総合評価（JBO2）を実施し、生態系サービスの内容や変化に与える要因等についてまとめている¹⁾。このことから、霞ヶ浦の生態系サービスを分かりやすく認識するためにサービスの内

容を整理することが重要である。

そこで、本研究では JBO2 に準じて霞ヶ浦の生態系サービスの内容を整理し、その享受量の変遷を把握することで、サービスの特徴を検討した。

2 生態系サービスの対象及び分類

対象は霞ヶ浦（湖沼部分）のみとした。生態系サービスの享受量の対象期間は原則霞ヶ浦がきれいだった昭和 40 年（1965 年）頃から現在までの約 50 年とした。生態系サービスの項目及び指標については JBO2 で用いられている項目や指標を参考にし、供給サービス、調整サービス、文化的サービス、基盤サービスの 4 つに分類した。

3 結果

(1) 供給サービス

① 食糧・原材料

霞ヶ浦ではワカサギ等が漁獲されていることから項目を水産物（漁業）とし、漁獲量を指標とした。統計情報²⁾より霞ヶ浦・北浦の漁獲量を抽出し、合計することで霞ヶ浦全体の漁獲量を算出した。変動の傾向として 1970 年代後半をピークとしてその後減少した（図 1）。

また、霞ヶ浦では西浦を中心にコイや淡水真珠

* 国立環境研究所

** いであ株式会社

など養殖が盛んであることから項目を水産物（養殖）とし、淡水真珠と、コイ・その他魚類と指標を2つとした。統計情報²⁾より収穫量を抽出した。淡水真珠の収穫量は1970年代、コイ、その他魚類の収穫量は1980年代に最も多かったが、その後両方とも減少した。特にコイ、その他魚類については2003年にコイヘルペスが発生し、コイの生産を中止したため大きく減少した（図2）。

霞ヶ浦湖岸にはハス田が広く分布し、県内の作付面積の約96%が湖岸の市町村の作付面積となっている³⁾。また、茨城県は全国の出荷量の約48%を占め、全国第1位の出荷量を誇っている⁴⁾。レンコンは流域の作物ではあるが、栽培環境や水利用など霞ヶ浦の依存が非常に強く、象徴的な作物であることから霞ヶ浦湖内の生態系サービスの指標とした。レンコンの収穫量は統計情報⁵⁾より抽出した。1968年より増加傾向にあり、1980年に一旦減少したがその後はまた増加した（図3）。

②水供給

霞ヶ浦の湖水は農業用水や工業用水、水道用水として利用されている。各種用水の取水量を指標とした。

農業用水量は霞ヶ浦用水による農業取水量実績を霞ヶ浦用水ホームページから抽出した⁶⁾。霞ヶ浦用水以外の農業取水量については、利根川水系利水現況図（1989）⁷⁾で示された霞ヶ浦の樋門・樋管等から受益面積11,084.3haを読み取り、既往文献⁸⁾から単位面積当たりの取水量13,794.5 m³/haを算出し、これらを乗ずることで推定した。農業用水量の推移は霞ヶ浦用水のみになるが、長期的に増加傾向であった（図4）。

工業用水は霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画の資料⁹⁾から木原、関城分水、新治分水、武井、爪木、鱒川の取水量を抽出し、それぞれ足し合わせることで霞ヶ浦の工業用水量を算出した。1986年から長期的には増加しているが、2001年からは横ばいで推移していた（図5）。

水道用水は霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画の資料⁹⁾から木原、関城分水、新治分水、爪木、鱒

川の取水量を抽出してそれぞれ足し合わせることで霞ヶ浦の水道用水量を算出した。1986年から長期的に増加していた（図6）。

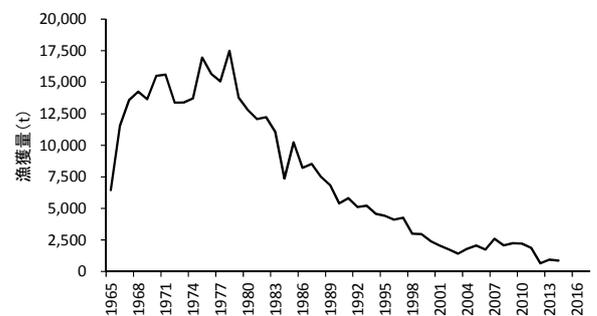


図1 漁獲量の推移

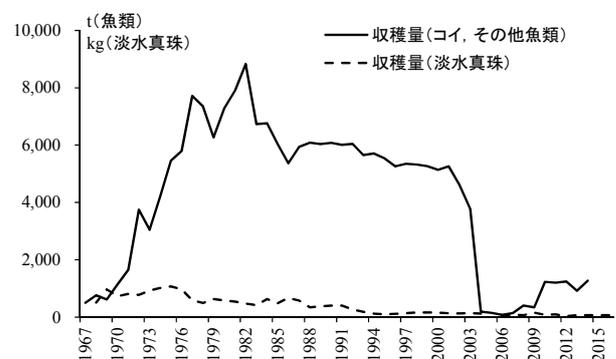


図2 淡水真珠及びコイ、その他魚類の収穫量の推移



図3 レンコン収穫量の推移

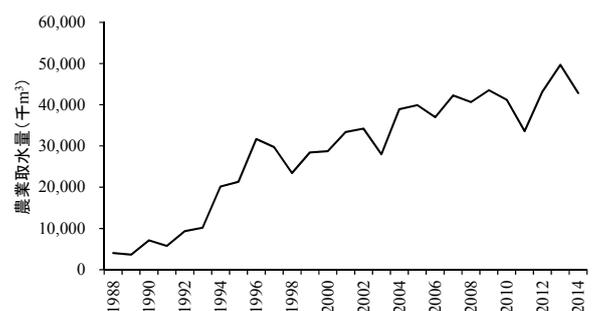


図4 霞ヶ浦用水による農業取水量の推移

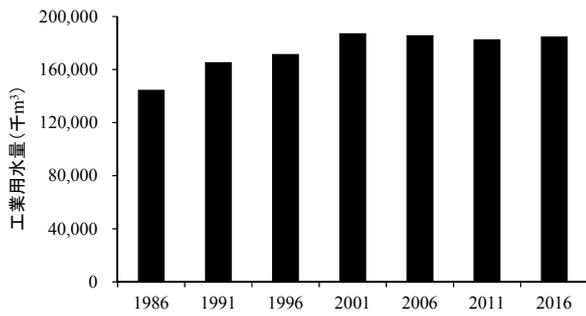


図5 工業用水量の推移

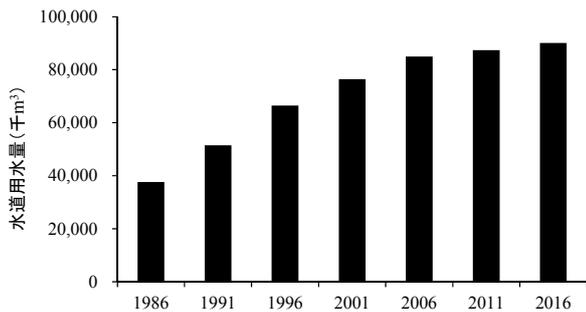


図6 水道用水量の推移

(2) 調整サービース

① 水の調整

湖沼には降水を地下へと浸透させるなどして緩やかに流下させる機能があるため、その一部である地下水涵養量を評価した。国土交通省資料⁸⁾に示された以下の簡便式を用いて評価した。

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

$$ET = a_1 \times \exp [b_1 \times (i \times P \times T)]$$

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

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

ここで、 G ：地下水涵養量 (mm/年)、 P ：降水量 (mm/年)、 ET ：蒸発散量 (mm/年)、 R_{surf} ：表面流出量 (mm/年)、 R_{sub} ：中間流出量 (mm/年)、 T ：年平均気温 (摂氏)、 i ：浸透面積率、 β ：斜面の垂直距離に対する水平距離 (m) であり、また a, b は表層土壌の飽和透水係数に応じた係数である。データについては、まず、年平均気温 T 、年降水量 P については国土数値情報¹⁰⁾から2012年度の平年値メッシュデータを取得した。浸透面積率 i については、高木他 (2001)¹¹⁾から土地利用毎の値を取得し、本分析の土地利用 (国土数値情報の土地利用細分メッシュ：1976年、2014年)

に合わせて設定した。また、斜面の垂直距離に対する水平距離 β は国土数値情報の標高5次メッシュより平均傾斜を取得し算出した。表層土壌の飽和透水係数に関しては、環境省の報告書 (2013)¹²⁾に記載の土地分類基本調査の土壌図の大分類毎に GeoNetwork の Soil Map of the World と Natural Resources Conservation Service (NRCS) の Soil Texture Calculator を用いて土質を設定して FAO (1998)¹³⁾より算出した透水係数を用いた。その結果、地下水涵養量は1976年に7235万 m³/年、2014年に7160万 m³/年と、ほぼ横ばいであった。(図7)。

また、湖沼においては底泥中の細菌の働きにより硝酸の酸素を利用し、窒素を大気中に放出する脱窒現象が生じる。これは、窒素を除去する作用があることから水質浄化機能として知られている¹⁴⁾。ここでは、底泥の脱窒量を水質浄化の指標とした。また、ヨシについても同様な水質浄化機能があることが知られており¹⁵⁾、霞ヶ浦におけるヨシの脱窒量を水質浄化としてあわせて評価した。まず、実際の調査結果¹⁶⁾より2010年の西浦の脱窒量は638kg/d、北浦の脱窒量は325kg/dとなっている。これを年間値に換算すると、霞ヶ浦の脱窒量は351 t/年となった。また、霞ヶ浦におけるヨシ群落の面積を、2016年度の河川水辺の国勢調査 (基図調査)¹⁷⁾からヨシ群落面積 (堤防敷を除く) 58.19 ha を求め、これに田畑らの調査結果¹⁷⁾から得たヨシ群落の (4月~12月) 平均水質浄化能 67.8 mg/(m²・d) をかけることで、ヨシ群落の脱窒量を年間値に換算すると14.4 t/年であった。

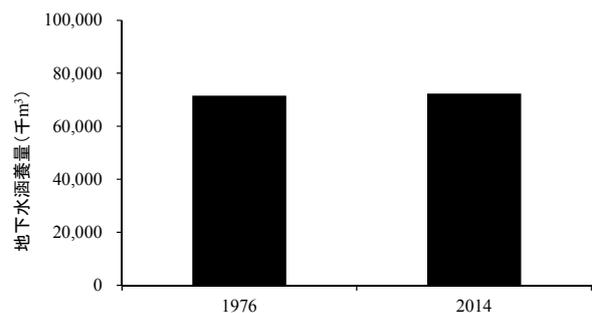


図7 地下水涵養量の推移

しかし、過去の脱窒量（特に霞ヶ浦底泥の脱窒量）については不明であるため変遷を把握することは出来なかった。

② 気候の調整

水の蒸発による潜熱効果は周囲の気温を低下させることから、微視的気候を調節する機能がある。ここでは、蒸発散量を潜熱効果の代替値として指標とした。Tallis ら¹⁸⁾が示したハモン式を用いて蒸発散可能量を推定し、陸域生態系については蒸発散係数を用いて蒸発散量へ補正した。水域生態系については、藤田ら¹⁹⁾の蒸発散可能量を用いた。

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

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

ここで、 ET_0 は月間の蒸発散可能量、 i は月、 d は各月の日数、 D は各月平均での可照時間（12 時間を 1 とした）、 W は飽和蒸気密度 (g/m^3)、 T は月平均気温 ($^{\circ}\text{C}$) である。 D については、簡略化のために国土数値情報から 2012 年度（平成 24 年度）の平年値メッシュデータを取得し、この可照時間を用いた。また、蒸発散係数については、Tallis ら¹⁸⁾に示された以下の数式を用いて設定した。

$$ET_k \begin{cases} LAI/3, \text{ when } LAI \leq 3 \\ 1, \text{ when } LAI > 3 \end{cases}$$

ここで、 ET_k は蒸発散係数、 LAI は葉面積指数である。国土数値情報の土地利用細分メッシュ（1976 年、2014 年）を再分類した本分析の土地利用に合わせて設定した。都市部の蒸発散係数は 1 とされるが、降水が即座に雨水管等へ排水されること、一方で浸透面積率も 0 ではないことなどを考慮し、ここでは 0.5 という値を採用した。本評価においては、現在の植生（森林、田、その他農用地）の有無による差分を植生による蒸発散量として評価した。なお、簡略化のため、気温、可照時間ともに年平均値（2012 年度）を採用した。湖沼の蒸発散量は、土地利用のうち、「河川地および湖沼」の土地利用区分を抽出して算出した。

その結果、1976 年は 1,578,000 m^3 /年、2014 年は 1,567,000 m^3 /年と同程度であった（図 8）。

③ 自然災害の防護

霞ヶ浦は堤防や常陸川水門によって治水容量と利水容量を確保している。洪水時には、流域の 56 河川等から流入する水を貯留することで、霞ヶ浦周辺地域の安全を確保している。霞ヶ浦事業開発計画²⁰⁾より、霞ヶ浦の湖容量のうち治水容量として割り当てられている量を洪水調整量とした。治水容量の推移としては、平成 8 年以降、常陸川水門の調整により、夏季制限期間（6 月 1 日～7 月 31 日）以外の期間は、治水容量として 3 億 3900 万 m^3 が割り当てられたため増加とした。

(3) 文化的サービス

① 宗教・祭り

生態系は農作物の豊穰や水産物の大漁をもたらすし、また、雷や嵐などの自然災害を起こすなどして、人々に形而上的な神の存在を想起させ、宗教的・精神的な影響を与えてきた。ここでは、人々が思い描く地域の神様を指標として、宗教・祭りを評価した。平成 16 年度ミリオンズレイク調査研究報告書²¹⁾より霞ヶ浦湖畔の水神石祠数が 57 箇所あると報告している。

② 教育

自然は生態学や生物学に関する学習や研究の機会を与えるのみならず、水との触れ合いなどを通じて、学問以外の知恵や生活に資する知識を習得する機会を提供する。このような機会はとりわけ子どもの成長過程において重要である。そこで、霞ヶ浦を利用した体験学習、霞ヶ浦を題材とした

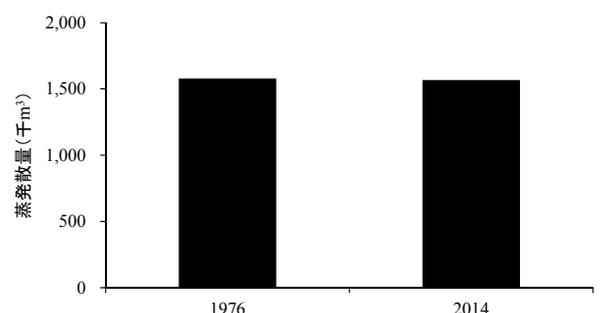


図 8 蒸発散量の推移

霞ヶ浦環境科学センター事業の環境学習教室等の参加者数を指標として評価した。その結果、船上での体験学習については、参加人数が湖上体験スクール開始後増加している。ここ5年程度は安定して推移している。水辺での体験学習は実施回数が減少していることから、参加者数もやや減少している。室内での環境学習については、2012年度以降参加者が減少している。2016年度の霞ヶ浦を利用した船上での体験学習は9,443人、霞ヶ浦水辺での体験学習は994人、霞ヶ浦を題材とした室内での環境学習は9,501人であった。全体の参加者数として近年は減少傾向にあるが、2005年当初から比較すると増加している(図9)。

③ 景観，観光・レクリエーション

風光明媚な自然や広大な水面，多様な動植物は，観光やレクリエーションの機会を提供する。ここでは，霞ヶ浦水辺の利用者数(釣りとう遊び)及び帆引き船を見学するための遊覧船利用者数を指標とした。河川水辺の国勢調査²²⁾より，水辺での釣り，水遊びの利用者をそれぞれ取得した。1997年の調査開始時より，水辺の利用者数は水遊び，釣りとともに減少しており，特に釣り利用者が多く減少していた(図10)。また，観光帆引き船の利用者数はかすみがうら市及び行方市の統計資料より得た。近年は横ばいで推移しているが、2001年当初から比較すると増加している(図11)。

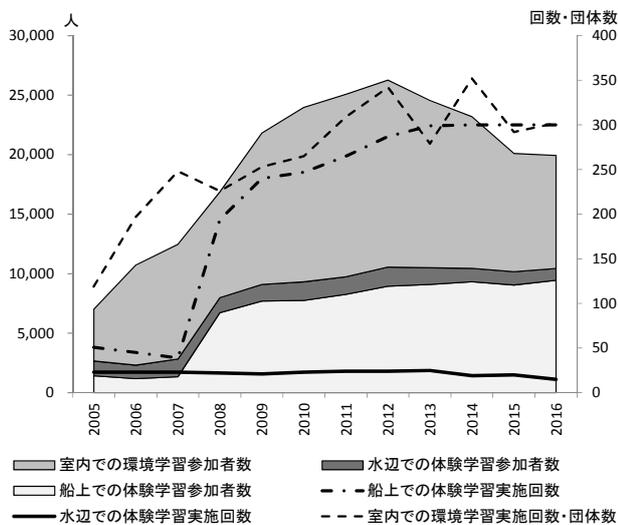


図9 環境学習実施回数及び参加者の推移

④ 伝統芸能・伝統工芸

地域を特徴づける生態系は，その地特有の儀式や製品を生み出す源となり，伝統芸能や伝統工芸を発達させてきた。霞ヶ浦周辺で伝統的な原料としては，湖岸の妙岐ノ鼻地区のヨシーカモノハシ群落(ヨシの下層にカモノハシが成育する群落)が高級屋根材の原料として有名である。生産量が明らかではないため，妙岐の鼻地区のヨシーカモノハシ群落の面積を指標とした。妙岐の鼻地区のヨシーカモノハシ群落の面積は調査実績値²³⁾から得た。その結果，1996年の調査開始時より，群

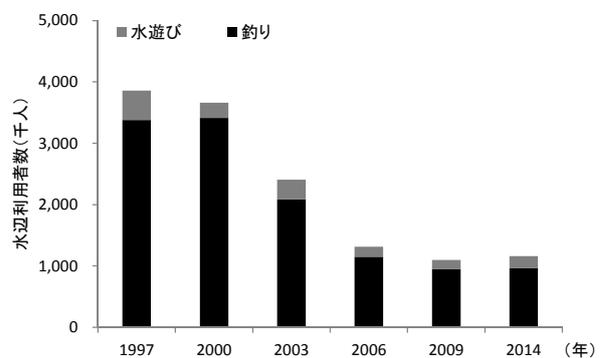


図10 水辺利用者数の推移

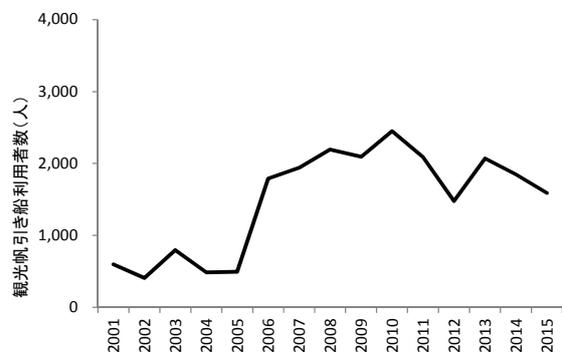


図11 観光帆引き船利用者数の推移

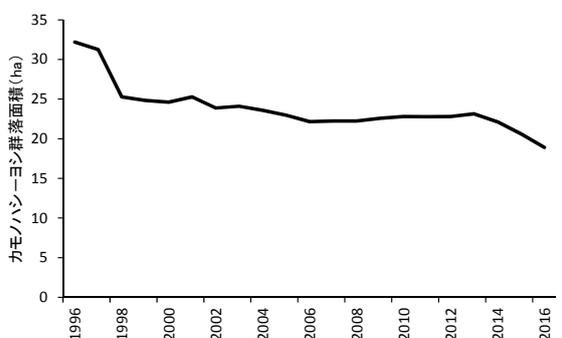


図12 妙岐の鼻地区におけるカモノハシーヨシ群落面積の推移

落面積は減少していた（図 12）。

さらに、霞ヶ浦の名産として製造されている伝統的水産加工品（霞ヶ浦の水産物を用いた佃煮や煮干し、焼き物）の生産量を指標とした。まず、「霞ヶ浦北浦の水産（茨城県）」²⁴⁾より佃煮や煮干し、焼き物のその他を除くすべての種類の生産量を合計した。その合計に対して 100%から移入原料の割合を差し引いた県内産の占める割合を乗じることで霞ヶ浦の生産量とした。その結果、佃煮や煮干し、焼き物の生産量は 2001 年に 342 t であったが、増加と減少を繰り返し、2014 年は 182 t に減少した（図 13）。

⑤ つくば霞ヶ浦りんりんロード

霞ヶ浦を囲んで 140 km のサイクリングロードが整備されており、霞ヶ浦の景観を楽しみながらサイクリングをすることができる²⁵⁾。しかし、サイクリングロードの利用者数に関するデータが無いことから推移を把握できなかった。

(4) 基盤サービス

① 生物多様性

基盤サービスはこれまで記述した供給サービス、調整サービス、文化的サービスを支える重要なサービスである。生物多様性は霞ヶ浦の漁獲や水質浄化、釣りや水遊びの親水など幅広いサービスを提供する基となっている。そこで純淡水魚類の種数と水生植物（抽水植物、浮葉植物、沈水植物）の分布面積、鳥類の種数を指標とした。文献値から魚類種^{26) 27)}や植物²⁸⁾、鳥類^{29) 30)}の推移を検討した。純淡水魚類種は 1970 年代以降、16 種から 12 種まで減少した（図 14）。また、抽水植物、浮葉植物、沈水植物についても 1970 年代以降減少しており、特に沈水植物は近年霞ヶ浦湖内でほとんど見られなくなった（図 15）。鳥類種については、ハクチョウ類が 1990 年代に 0~1 種だったが、近年は 2~4 種と増加した。一方でカモ類は 1990 年代に 14~16 種であったものが、近年は 12~14 種と減少した。鳥類の種数の推移は横ばいとした（図 16）。

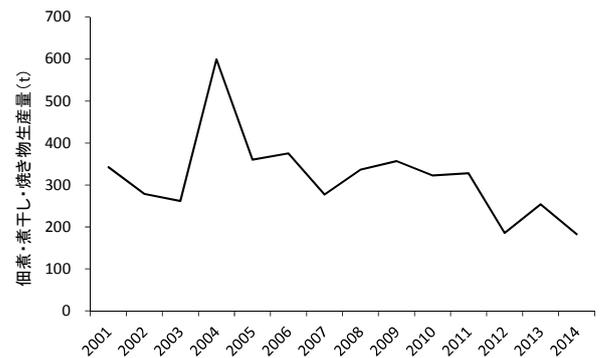


図 13 佃煮や煮干し、焼き物の生産量の推移

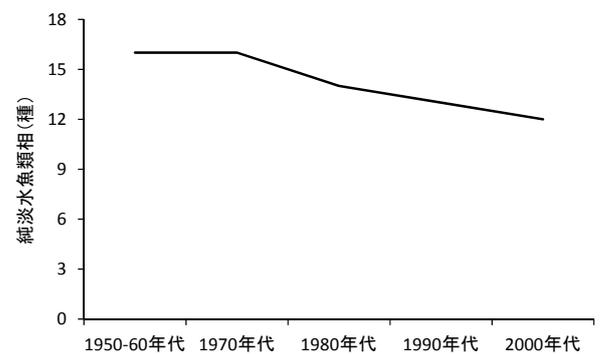


図 14 純淡水魚類相種の推移

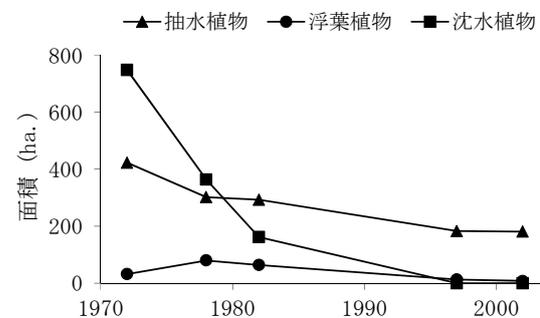


図 15 水生植物面積の推移

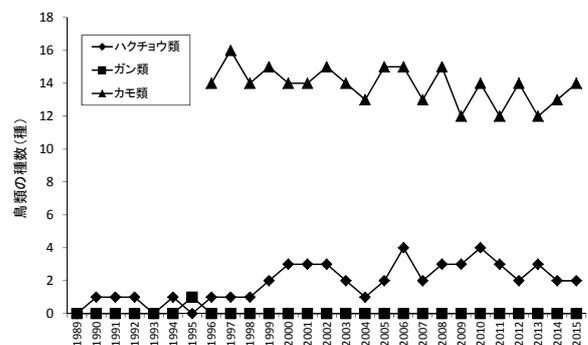


図 16 鳥類種の推移

4 まとめ

各指標の享受量の変遷をみると水供給や自然災害の防護、教育等に関する項目が増加し、水産物や生物多様性等に関する項目が減少していることが明らかとなった（表1）。水供給の増加は流域人口の増加や経済の発展などによって水需要が増えたことが要因と考えられる。自然災害の防護の増加は洪水被害を抑制するために水門や堤防の建設など人工資本を多く投入することで強化された。教育の増加は霞ヶ浦の歴史や水質保全を学ぶことの重要性があることから増加したと考えられた。また、水産物の減少は漁師の減少や外来魚による食害、水質悪化に伴う植生帯の減少など、多くの要因が関係していることが報告されている²⁴⁾。生物多様性の減少も外来魚や水質悪化の影響などが考えられる。これらのことから現在の霞ヶ浦の生態系サービスは人間活動を豊かにする項目が増加しているが、親水や生物に関係する項目が減少していることが明らかとなった。これまで霞ヶ浦は水質改善に努力してきたが、今後は生物多様性や住民の親水に対する意識も重視して水質保全に取り組む必要があると思われる。

謝辞

本研究は「霞ヶ浦の生態系サービスに関する経済評価・評価検討委員会」を設置し、有識者から助言を頂きながら実施した。委員であった北海道大学大学院農学研究院基盤研究部門の中村太士教授、長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科環境科学領域の吉田謙太郎教授、東邦大学理学部生命圏環境科学科の西廣淳准教授に謝意を表す。また、本研究は国環研と地環研とのI型共同研究「霞ヶ浦の生態系サービスに係る経済評価に関する研究」において情報・意見交換を介して実施された。関係各位に謝意を表す。

参考文献

1) 環境省, 2016. 生物多様性及び生態系サービス

表1 生態系サービスの享受量の変遷

項目	中項目	小項目	指標	享受量 変遷
供給	食糧・ 原材料	水産物 (漁業)	漁獲量	↘
		水産物 (養殖)	淡水真珠	↘
			コイ, その 他魚類	↘
		レンコン		
	水供給	取水量	農業用水	↗
			工業用水	↗
水道用水			↗	
調整	水の調整	地下水 涵養量	地下水 涵養量	---▶
		水質 浄化	脱窒量	—
	気候の 調整	潜熱 効果	蒸発散量	---▶
	自然災害 の防護	洪水 調節	治水容量	↗
文化	宗教・祭り	水神の数		---▶
	教育	環境学習		↗
	景観, 観光・ レクリエー ション	レクリエー ション利用 者数	帆引き船利 用者数	↗
			釣り利用者 数	↘
			水遊び人数	↘
			つくば霞ヶ 浦りんりんロ ード	—
	伝統芸能・ 伝統工芸	伝統的 建造物 (茅葺 屋根の 原材 料)	妙岐の鼻地 区カモノハ シ・ヨシ群落 面積(茅葺 に利用され る群落)	↘
伝統的 水産加 工品		佃煮、煮干 し、焼き物の 生産量(わか さぎ等)	↘	
基盤	生物 多様性	純淡水魚類の種数		↘
		水生植物の面積		↘
		鳥類の種数		---▶

- の総合評価報告書,
http://www.env.go.jp/nature/biodic/jbo2/pamph01_full.pdf.
- 2) 農林水産省関東農政局, 茨城農林水産統計年報.
http://www.maff.go.jp/kanto/to_jyo/nenpou/index.html.
- 3) 農林水産省, 2006. 作物統計調査, 平成 18 年産野菜生産出荷統計.
- 4) 農林水産省, 2016. 作物統計調査, 平成 28 年産野菜生産出荷統計.
- 5) 農林水産省, 2016. 作物統計調査.
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html>.
- 6) 独立行政法人水資源機構, 霞ヶ浦用水ホームページ. <http://www.water.go.jp/kanto/kasumiy/>.
- 7) 茨城県農地計画課, 1989. 利根川水系利水現況図.
- 8) 北村立実, 黒田久雄, 山本麻美子, 根岸正美, 田淵俊雄, 2010. 霞ヶ浦湖岸循環利水水田地区の水収支と物質収支. 農業農村工学会論文集 78(3), 175-181.
- 9) 茨城県, 栃木県, 千葉県, 霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画策定資料 (1 期~7 期).
- 10) 国土交通省国土政策局, 国土数値情報.
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>.
- 11) 高木康行, 羽田野琢磨, 中村茂, Herath, S., 2001. グリッド型水循環系解析における不浸透面積率の決定手法について. 土木学会第 56 回年次学術講演会.
- 12) 環境省, 2013. 平成 25 年度生態系サービスの定量的評価に関する調査等業務報告書. p85.
- 13) FAO, 1998. FAO Training Series: Simple methods for aquaculture. Soil Chapter.
- 14) 中島拓男, 相崎守弘, 1981. 霞ヶ浦高浜入における脱窒. 国立公害研究所研究報告 22, 89-97.
- 15) 左子芳彦, 2010. 琵琶湖ヨシ帯の脱窒活性と脱窒細菌の分子生態学的研究. Institute for Fermentation, Osaka, Research Communications, 24, 213-222.
- 16) 北村 立実, 渡邊 圭司, 須能 紀之, 吉尾 卓宏, 林 誠二, 黒田 久雄, 2012. 霞ヶ浦底泥における脱窒活性から推計した脱窒速度と現場条件下における脱窒速度の比較. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 8, 51-59.
- 17) いであ株式会社, 2017. 平成 28 年度霞ヶ浦水辺現地調査 (河川環境基図作成) 業務報告書.
- 18) Tallis, H., Ricketts, T., Guerry, A., Wood, S., and Sharp, R., 2011. InVEST 2.4.4 User's Guide, Stanford, The Natural Capital Project.
- 19) 藤田光一, 伊藤弘之, 小路剛志, 安間智之, 2006. 水循環物質モデルを活用した水環境政策評価 ~霞ヶ浦とその流域を対象として~. 国土技術政策総合研究所資料, 299.
- 20) 独立行政法人水資源機構, 1995. 霞ヶ浦事業開発計画. <http://www.water.go.jp/kanto/kasumiga/works04.html>.
- 21) 鳥越皓之, 荒川康, 五十川飛暁, 卯田宗平, 古家信平, 神谷智昭, 古家晴美, 2005. 平成 16 年度ミリオンズブレイク調査研究事業報告 霞ヶ浦流域住民の生活や文化・社会組織, 筑波大学大学院人文社会科学研究科.
- 22) 独立行政法人水資源機構, 2016. 第 25 回関東地方ダム等管理フォローアップ委員会 霞ヶ浦開発事業 定期報告書, p75.
- 23) いであ株式会社, 2017. 平成 28 年度妙岐の鼻地区環境調査業務報告書.
- 24) 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所, 霞ヶ浦北浦の水産. <http://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/kasui/shinko/kasumigaurakitaurosuisan.html>.
- 25) 茨城県企画部地域計画課, つくば霞ヶ浦りんりんロード. <https://www.ringringroad.com/>.
- 26) Matsuzaki, S., Sasaki, T., Akasaka, M., 2016. Invasion of exotic piscivores causes losses of functional diversity and functionally unique species in Japanese lakes. *Freshwater Biology* 61, 1128-1142.
- 27) 松崎慎一郎, 西廣淳, 山ノ内崇志, 森明寛, 蛭名政仁, 榎本昌宏, 福田照美, 福井利憲, 福本

一彦，後藤裕康，萩原彩華，長谷川裕弥，五十嵐聖貴，井上栄壯，神谷宏，金子有子，小日向寿夫，紺野香織，松村俊幸，三上英敏，森山充，永田貴丸，中川圭太，大内孝雄，尾辻裕一，小山信，榊原靖，佐藤晋一，佐藤利幸，清水美登里，清水稔，勢村均，下中邦俊，戸井田伸一，吉澤一家，湯田達也，渡部正弘，中川恵，高村典子，2016. 純淡水魚と水生植物を指標とした湖沼の生物多様性広域評価の試み. 保全生態学研究 21, 155-165.

28) Nishihiro, J., Akasaka, M., Ogawa, M., Takamura, N., 2014. Aquatic vascular plants in Japanese lakes. Ecological research 29(3), 369-369.

29) 環境省, 2016. ガンカモ類の生息調査. http://www.biodic.go.jp/gankamo/gankamo_top.html.

30) 環境省自然環境局, 2016. 第47回ガンカモ類の生息調査報告書 (平成28年度).

1-4 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業

1 目的

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

2 方法

(1) 調査期間

平成 29 年 4 月から平成 30 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 0.5 m）及び下層（湖底直上 0.5 m）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 μm プランクトンネットで濃縮したものとした。

(4) 測定項目

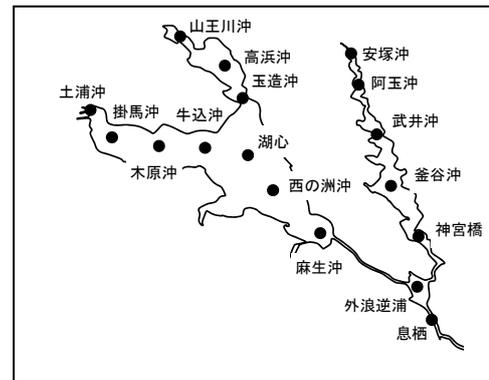


図 1 湖内の採取地点

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

3 結果の概要

(1) COD

・湖心の COD は、12 月、1 月を除いて過去 5 年間（平成 23－平成 27 年度）の平均値（以下、「平均値」という。）を下回っており、平成 29 年度と過去 5 年間の平均値の年間平均値はそれぞれ 7.0 mg/L, 7.9 mg/L であった（図 2）。

- ・釜谷沖の COD は、春季や冬季に平均値を上回ったものの、その他の時期には同等もしくは下回っており、平成 29 年度と過去 5 年間の平均値の年間平均値はそれぞれ 8.3 mg/L, 8.4 mg/L であった (図 2)。
- ・湖心の dCOD は、年間をとおして平均値と同等もしくは下回っており、平成 29 年度と過去 5 年間の平均値の年間平均値はそれぞれ 4.7 mg/L, 5.3 mg/L であった (図 3)。
- ・釜谷沖の dCOD は、年間をとおして平均値を下回っており、平成 29 年度と過去 5 年間の平均値の年間平均値はそれぞれ 5.0 mg/L, 5.5 mg/L であった (図 3)。

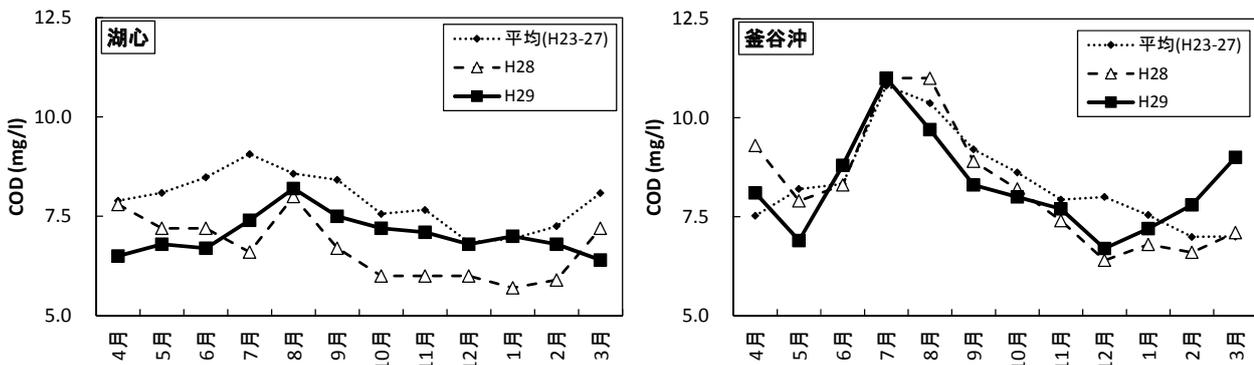


図 2 湖心及び釜谷沖における COD の変化

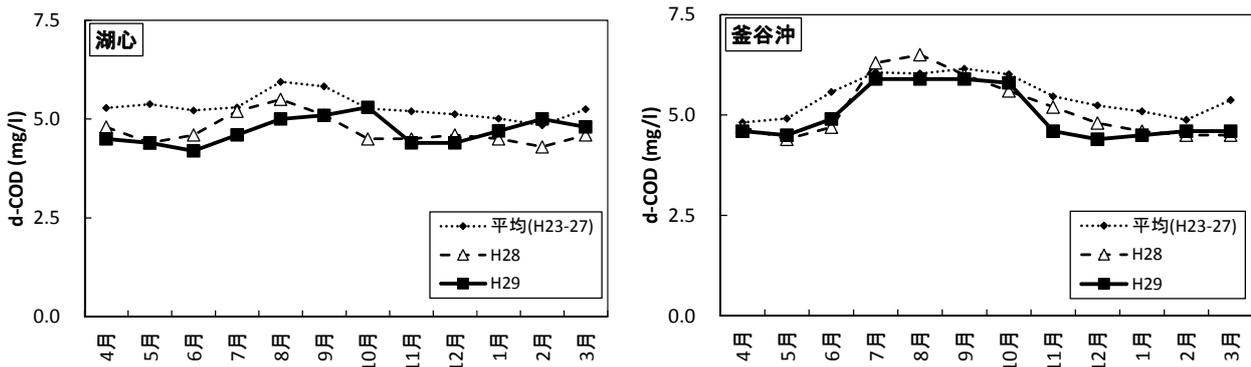


図 3 湖心及び釜谷沖における dCOD の変化

(2) 窒素

- ・湖心の TN 濃度は、年間をとおして平均値を下回っており、平成 29 年度と過去 5 年間の平均値の年間平均値はそれぞれ 0.74 mg/L, 0.96 mg/L であった (図 4)。
- ・釜谷沖の TN 濃度は、7 月、8 月、11 月～1 月は平均値を上回っていた。平成 29 年度と過去 5 年間の平均値の年間平均値はそれぞれ 1.2 mg/L, 1.4 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、年間をとおして平均値を下回っていた。平成 29 年度と過去 5 年間の平均値の年間平均値はそれぞれ 0.10mg/L, 0.27 mg/L であった (図 5)。
- ・釜谷沖の DIN 濃度は、7 月、11 月～1 月は平均値を上回ったが、その他の時期には下回った。平成 29 年度と過去 5 年間の平均値の年間平均値はそれぞれ 0.40 mg/L, 0.64 mg/L であった (図 5)。

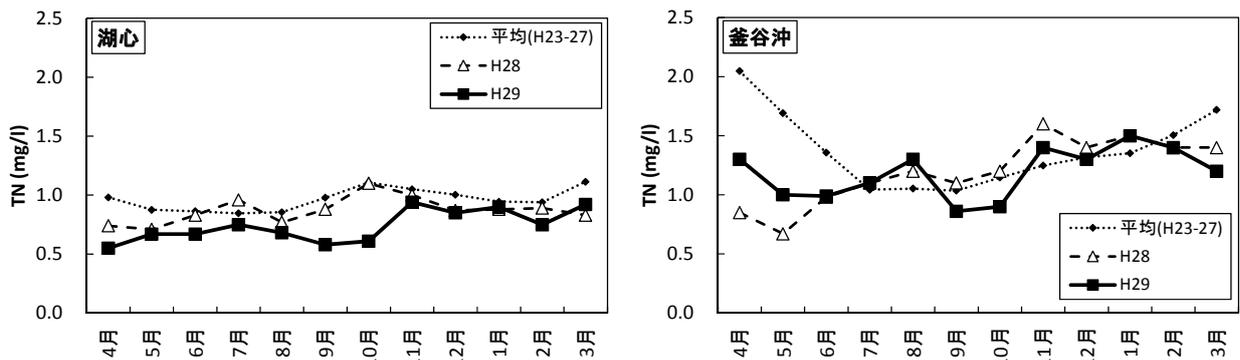


図4 湖心及び釜谷沖におけるTNの変化

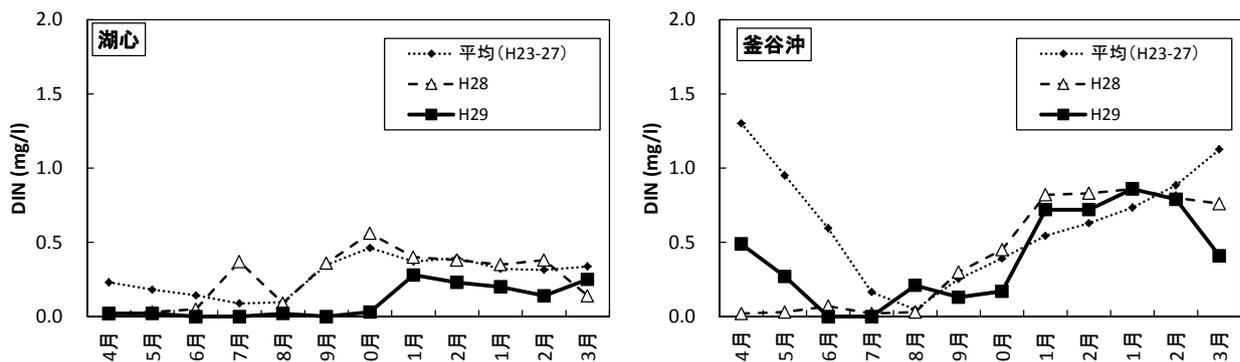


図5 湖心及び釜谷沖におけるDINの変化

(3) リン

- 湖心のTP濃度は、秋季から冬季にかけて平均値を上回っており、平成29年度と過去5年間の平均値の年間平均値はそれぞれ0.085 mg/L、0.075 mg/Lであった(図6)。
- 釜谷沖のTP濃度は、春季や秋季から冬季にかけて平均値を上回っており、平成29年度と過去5年間の平均値の年間平均値はそれぞれ0.090 mg/L、0.079 mg/Lであった(図6)。
- 湖心のりん酸態りん(PO₄-P)濃度は、8月から11月は平均値を上回ったが、その他の時期には平均値と同等であった。平成29年度と過去5年間の平均値の年間平均値はそれぞれ0.013 mg/L、0.011 mg/Lであった(図7)。
- 釜谷沖のPO₄-P濃度は、8月、9月は平均値を下回ったが、その他の時期には平均値と同等であった。平成28年度と過去5年間の平均値の年間平均値はそれぞれ0.012 mg/L、0.016 mg/Lであった(図7)。

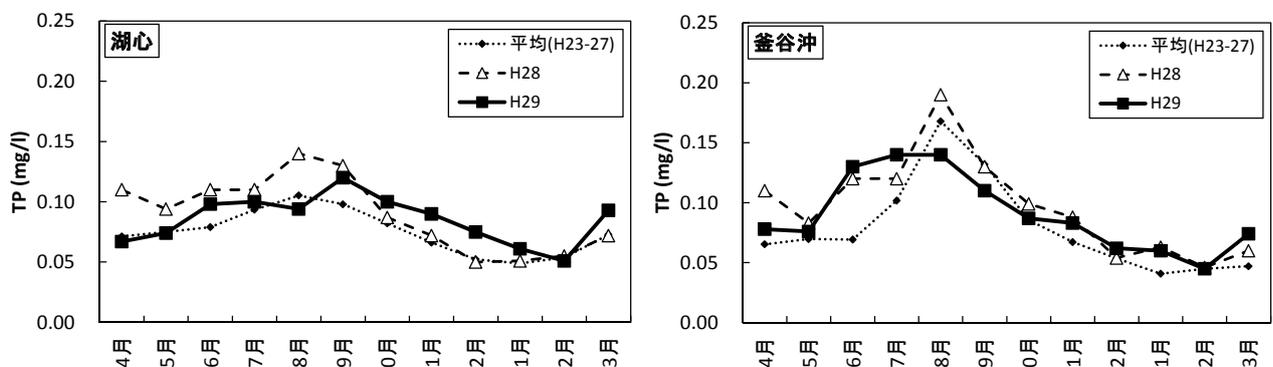


図6 湖心及び釜谷沖におけるTPの変化

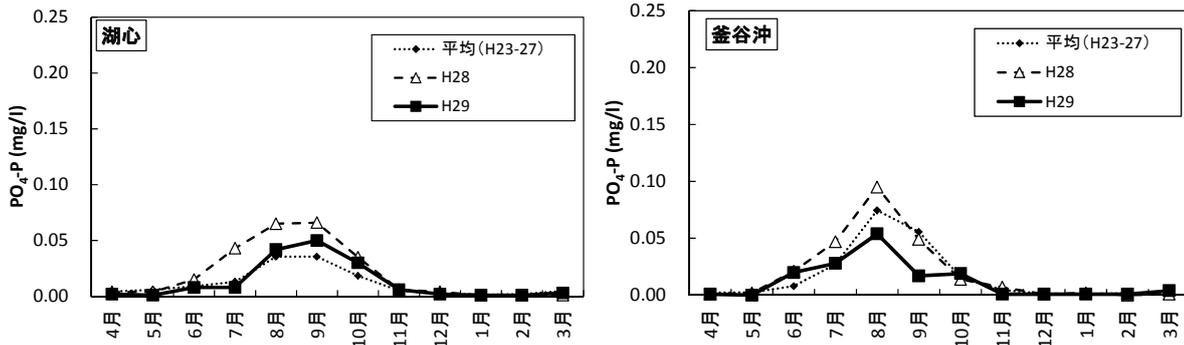


図7 湖心及び釜谷沖におけるPO₄-Pの変化

(4) 植物プランクトン

・湖心では年間を通じて概ね珪藻類が優占したが、平成29年4月から6月には平成28年の同時期に比べて珪藻類が減少していた。また、両年度ともに冬季に珪藻が増加した(図8)。

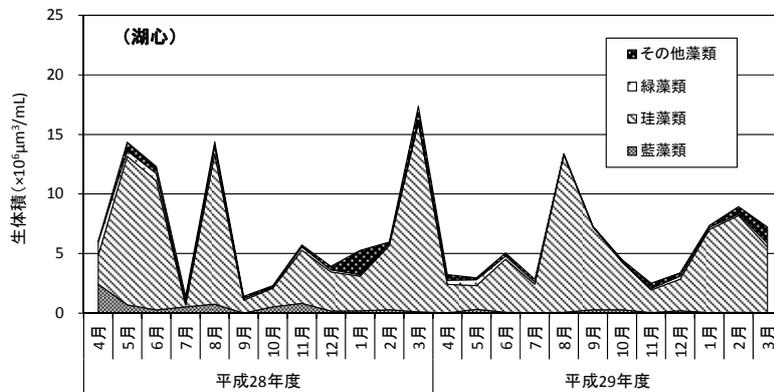


図8 湖心における植物プランクトンの変化

(5) 動物プランクトン

・湖心において両年度ともに4月～6月、1月～3月にかけてほとんどミジンコ類が確認されなかった。平成28年度の9月～11月は *Bosmina* が出現したが、平成29年にはほとんど検出されなかった(図9)。

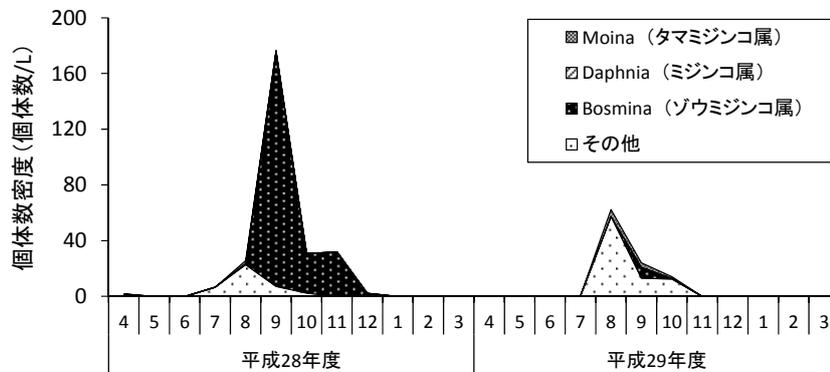


図9 動物プランクトンの変化

表 1 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果（4月）

平成29年4月25日		DO	SS	FSS	OD	α-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
採水層		(mgL ⁻¹)	(μg/L)	(mgL ⁻¹)	(mgL ⁻¹)																			
掛馬沖	上層	11	16	10	7.5	4.9	4.7	2.9	0.66	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.086	0.02	0.003	58	23	4.1	6.1	16	31	25	0.7
	下層	10	20	13	7.2	4.6	4.6	2.9	0.75	0.36	<0.01	<0.01	<0.02	0.093	0.02	0.002	52	24	3.9	5.9	16	30	26	0.7
木原沖	上層	10	13	7	6.7	4.6	4.3	2.8	0.58	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.088	0.019	0.002	32	24	4.1	6.2	17	31	25	0.5
	下層	9.9	22	15	6.7	4.6	4.5	2.8	0.74	0.32	<0.01	<0.01	0.02	0.089	0.018	0.003	39	24	3.9	6.0	16	31	26	0.6
牛込沖	上層	10	15	9	6.6	4.6	4.3	2.8	0.56	0.32	<0.01	<0.01	0.02	0.076	0.018	0.001	30	25	4.0	6.3	16	32	24	0.8
	下層	9.3	19	13	6.6	4.7	4.2	2.8	0.7	0.3	<0.01	<0.01	0.02	0.083	0.017	0.002	33	25	3.9	6.1	16	32	24	0.8
高浜沖	上層	10	16	9	7.5	4.8	4.2	2.9	1.4	0.91	0.44	0.02	0.04	0.11	0.026	0.003	63	20	3.4	5.9	16	23	22	2.1
	下層	9.4	22	14	7.5	4.6	4.3	2.9	1.3	0.9	0.46	0.02	0.05	0.11	0.023	0.003	59	20	3.3	5.8	15	24	22	2.2
玉造沖	上層	11	13	7	6.9	4.7	4.2	2.8	0.71	0.38	<0.01	<0.01	0.02	0.086	0.022	0.002	49	24	3.8	6.3	16	32	25	1.0
	下層	9.8	11	6	6.6	4.8	4.2	2.8	0.8	0.4	0.08	0.01	0.02	0.074	0.016	0.002	38	24	3.7	6.3	16	32	25	1.1
湖心	上層	9.4	15	10	6.5	4.5	4.3	2.8	0.87	0.35	<0.01	<0.01	0.02	0.074	0.019	0.002	34	25	4.0	6.3	16	33	25	0.8
	下層	9.2	17	10	6.6	4.3	4.3	2.8	0.87	0.31	<0.01	<0.01	0.03	0.084	0.018	0.002	35	25	3.8	6.2	16	33	25	0.9
西の洲沖	上層	10	15	9	6.7	4.7	4.2	2.8	0.83	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.09	0.019	0.002	29	25	3.9	6.3	16	34	26	1.0
	下層	9.6	15	10	6.4	4.6	4.2	2.8	0.83	0.28	<0.01	<0.01	0.02	0.075	0.016	0.002	29	25	3.8	6.2	16	34	25	1.0
麻生沖	上層	9.8	14	9	6.9	4.8	4.4	2.8	0.84	0.33	<0.01	<0.01	0.02	0.084	0.019	0.002	28	28	4.2	6.8	16	39	26	1.3
	下層	9.7	16	10	6.5	4.5	4.5	2.8	0.82	0.25	<0.01	<0.01	0.02	0.074	0.017	0.002	28	28	4	6.5	16	40	26	1.3
土浦沖	上層	12	18	11	8.4	5.2	4.6	3.1	1.5	1	0.54	0.01	0.03	0.10	0.029	0.005	98	24	4.8	5.9	18	31	27	2.6
	下層	11	18	11	8.1	5.0	4.7	3.1	1.6	0.96	0.55	0.01	0.04	0.10	0.031	0.006	93	24	4.7	5.8	18	31	28	2.6
山王川沖	上層	11	22	14	8.5	4.7	3.9	2.7	1.9	1.4	0.89	0.03	0.03	0.15	0.036	0.008	110	15	2.8	4.7	14	15	24	5.9
	下層	11	26	16	8.4	4.6	3.9	2.7	2.1	1.2	0.89	0.03	0.03	0.13	0.032	0.008	100	15	2.7	4.6	14	15	25	5.9
安塚沖	上層	13	29	15	8.8	3.9	3.4	2.3	5.7	5.1	4.5	0.08	0.04	0.12	0.025	0.004	110	20	4.3	8.8	19	25	27	9.4
	下層	13	28	15	8.7	4.1	3.4	2.2	5.6	5.2	4.6	0.08	0.05	0.13	0.023	0.004	110	20	4.1	8.4	18	26	28	9.5
阿玉沖	上層	11	24	12	8.7	4.5	4.1	2.5	3.6	3.3	2.9	0.05	0.02	0.11	0.02	0.002	110	21	3.7	8.1	17	26	24	4.2
	下層	11	23	12	8.5	4.5	3.9	2.5	3.9	3.3	2.9	0.05	0.02	0.088	0.017	0.002	100	20	3.6	8.1	17	25	23	4.7
武井沖	上層	11	18	8	8.1	4.5	4.2	2.6	1.8	1.4	1.0	0.02	<0.02	0.086	0.017	0.001	92	24	3.7	8.3	18	31	24	<0.1
	下層	10	31	21	8.5	4.6	4.2	2.5	2.1	1.5	1.1	0.02	0.02	0.10	0.015	0.001	93	24	3.5	8.1	17	31	24	0.4
釜谷沖	上層	10	20	11	8.1	4.6	4.5	2.6	1.3	0.76	0.46	0.01	0.02	0.078	0.014	0.001	76	25	3.7	8.2	17	33	24	<0.1
	下層	10	23	12	7.9	4.6	4.3	2.6	1.3	0.83	0.46	0.01	0.02	0.080	0.014	0.001	73	25	3.5	7.9	16	33	24	<0.1
神宮橋	上層	11	25	14	8.7	5.0	5.4	3.0	0.81	0.4	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.02	0.002	61	41	4.5	9.5	18	58	26	<0.1
	下層	11	26	14	8.9	5.0	5.3	3.0	1	0.35	<0.01	<0.01	0.02	0.089	0.019	0.003	60	41	4.4	9.4	18	58	26	<0.1
外浪逆浦	上層	9.6	17	10	7.3	4.8	4.6	3.0	0.77	0.33	<0.01	<0.01	0.02	0.082	0.019	0.002	52	40	4.7	8.6	18	57	26	<0.1
	下層	9.5	17	10	7.6	5.0	4.4	3.0	0.76	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.076	0.016	0.002	51	40	4.6	8.4	17	59	26	<0.1
息栖	上層	10	14	7	7.9	5.0	4.7	3.1	0.7	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.074	0.018	0.001	35	38	4.5	8.2	18	53	26	<0.1
	下層	10	15	7	7.7	5.2	4.6	3.0	0.7	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.071	0.017	0.002	35	38	4.5	8.2	18	55	27	<0.1

表2 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (5月)

平成29年5月18日		DO (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	OhLa (μg ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)
掛馬沖	上層	10	21	7.5	4.3	5.0	2.8	0.88	0.31	<0.01	<0.01	0.02	0.088	0.012	0.001	62	25	4.6	6.3	18	31	25	0.6
	下層	9.7	22	7.6	4.0	5.1	2.8	0.73	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.085	0.011	<0.001	61	25	4.5	6.2	17	31	24	0.6
木原沖	上層	8.9	26	7.2	4.5	4.7	2.8	0.88	0.3	<0.01	<0.01	<0.02	0.09	0.011	0.001	63	24	4.5	6.3	18	31	25	0.6
	下層	8.6	31	7.5	3.8	4.7	2.7	0.88	0.27	<0.01	<0.01	<0.02	0.10	0.012	<0.001	53	25	4.5	6.4	18	31	25	0.6
牛込沖	上層	8.7	19	6.6	4.4	4.8	2.8	0.59	0.28	<0.01	<0.01	0.02	0.078	0.012	0.001	35	26	4.4	6.4	17	33	25	0.4
	下層	8.1	22	6.9	3.9	4.7	2.7	0.59	0.29	<0.01	<0.01	<0.02	0.084	0.011	0.001	32	27	4.5	6.6	18	34	25	0.5
高浜沖	上層	8.5	37	8.7	4.3	5.0	2.8	0.96	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.14	0.009	0.001	100	23	3.9	6.2	17	27	22	1.3
	下層	7.1	53	9.4	4.0	5.1	2.8	1.0	0.40	0.03	<0.01	0.05	0.16	0.009	<0.001	85	23	3.7	5.8	16	27	24	1.7
玉造沖	上層	8.8	29	8.0	4.5	4.7	2.8	0.94	0.36	0.02	<0.01	0.04	0.12	0.022	<0.001	81	25	4.2	6.5	17	32	23	1.1
	下層	7.1	45	9.0	4.0	5.0	2.8	0.95	0.46	0.05	0.01	0.08	0.13	0.013	0.003	79	23	3.7	5.8	16	27	23	1.6
湖心	上層	8.8	18	6.8	4.4	4.7	2.7	0.55	0.28	<0.01	<0.01	0.02	0.067	0.021	0.001	35	28	4.4	6.8	18	35	26	0.6
	下層	8.3	34	7.8	4.0	4.9	2.7	0.68	0.28	<0.01	<0.01	<0.02	0.096	0.017	<0.001	37	28	4.1	6.4	17	36	25	0.7
西の洲沖	上層	9	19	6.8	4.2	4.7	2.7	0.59	0.27	<0.01	<0.01	0.02	0.068	0.013	<0.001	32	28	4.4	6.7	17	36	25	0.6
	下層	8.5	28	7.6	4.3	5.1	2.8	0.7	0.29	<0.01	<0.01	<0.02	0.093	0.013	<0.001	38	31	4.3	6.9	17	42	25	1.0
麻生沖	上層	9.1	20	7.1	4.5	5.1	2.8	0.61	0.28	<0.01	<0.01	<0.02	0.069	0.013	<0.001	31	30	4.5	7.0	18	39	25	0.8
	下層	9.2	24	7.4	3.9	5.0	2.8	0.64	0.3	<0.01	<0.01	<0.02	0.083	0.011	<0.001	34	28	4.2	6.5	17	37	24	0.7
土浦沖	上層	8.1	30	8.0	4.9	4.7	3.1	1.4	1.0	0.51	0.01	0.13	0.14	0.01	0.005	62	26	5.5	6.0	19	32	26	2.2
	下層	6.4	44	8.6	4.5	4.9	3.1	1.5	1.1	0.58	0.02	0.16	0.13	0.012	0.005	51	25	5.1	5.6	18	31	27	3.1
山王川沖	上層	9.5	32	8.9	4.9	4.7	3.0	1.3	0.74	0.38	0.02	0.03	0.14	0.01	<0.001	99	18	3.6	5.0	15	19	24	3.4
	下層	8.8	33	9.6	4.5	4.5	3.1	1.5	0.83	0.4	0.02	0.02	0.11	0.011	<0.001	100	17	3.4	4.7	15	19	25	3.6
安塚沖	上層	9.3	18	8.0	5.0	3.9	3.0	3.7	3.2	2.7	0.06	0.33	0.12	0.011	0.004	63	19	4.4	7.3	18	23	24	9.1
	下層	9.2	20	8.2	4.6	4.0	3.1	3.8	3.4	2.7	0.07	0.36	0.096	0.012	0.005	61	19	4.2	7.0	17	24	26	9.4
阿玉沖	上層	10	26	9.2	5.2	4.6	3.0	2.8	2.1	1.5	0.06	0.02	0.11	0.012	<0.001	110	21	4.2	7.9	18	26	25	5.0
	下層	9.6	27	9.4	4.7	4.6	3.0	2.7	2.1	1.7	0.06	<0.02	0.10	0.01	<0.001	110	21	4.1	7.6	17	26	24	4.9
武井沖	上層	7.7	15	7.1	4.4	3.8	2.8	1.1	0.83	0.42	0.02	0.08	0.067	0.01	<0.001	46	25	4.1	8.3	18	31	22	1.5
	下層	7.5	15	7.3	4.3	4.0	2.7	1.1	0.81	0.4	0.02	0.09	0.072	0.018	<0.001	47	25	4	8	18	31	22	1.5
釜谷沖	上層	9.1	16	6.9	4.5	3.9	2.8	1.0	0.61	0.23	0.01	0.03	0.076	0.012	<0.001	46	26	4	9	19	33	22	0.8
	下層	8.3	19	7.3	4.3	4.0	2.8	0.95	0.62	0.24	0.01	0.04	0.075	0.02	<0.001	49	26	4	8	18	33	22	0.9
神宮橋	上層	10	19	8.6	4.8	5.0	3.2	0.9	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.098	0.013	<0.001	62	49	5	10	21	68	25	0.3
	下層	9.6	28	9.2	4.7	4.8	3.2	0.88	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.092	0.01	<0.001	65	49	5	10	20	69	26	0.4
外浪遊浦	上層	9.3	19	7.9	4.8	4.9	3.1	0.69	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.087	0.009	<0.001	46	51	6	10	20	74	25	<0.1
	下層	9.0	21	8.4	4.7	5.0	3.1	0.67	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.080	0.01	<0.001	41	51	5	10	20	73	25	<0.1
息栖	上層	9.4	15	7.8	5.0	5.1	3.2	0.68	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.075	0.008	<0.001	36	52	6	10	21	75	27	0.1
	下層	9.4	19	8.6	4.8	5.3	3.2	0.73	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.074	0.008	<0.001	40	52	5	10	21	75	25	0.1

表 3 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (6月)

平成29年6月15日		DO	SS	COD	d-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
採水層		(mgL ⁻¹)	(μg ⁻¹)	(mgL ⁻¹)	(mgL ⁻¹)																		
掛馬沖	上層	9.3	19	7.0	4.4	4.8	3.0	0.65	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.092	0.019	0.004	39	28	4.8	6.5	19	35	24	2.1
	下層	7.8	26	6.7	4.6	4.4	2.9	0.65	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.092	0.015	0.003	34	27	4.7	6.4	19	35	24	2.1
木原沖	上層	8.6	20	6.9	4.1	4.7	3.0	0.69	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.092	0.021	0.004	46	28	4.8	6.4	19	35	24	2.1
	下層	6.8	64	8.7	4.5	4.0	3.1	0.83	0.33	<0.01	<0.01	0.03	0.18	0.019	0.009	36	29	4.7	6.7	19	37	25	2.5
牛込沖	上層	8.0	18	7.3	4.2	4.7	3.0	0.82	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.10	0.027	0.007	66	27	4.6	6.5	19	35	24	2.1
	下層	7.1	13	6.0	4.5	4.0	2.9	0.59	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.078	0.018	0.006	26	28	4.7	6.7	19	36	24	2.1
高浜沖	上層	6.5	40	8.2	4.4	4.9	3.1	1.0	0.44	0.05	0.02	0.05	0.15	0.029	0.01	86	26	4.2	6.1	18	34	21	4.5
	下層	5.6	48	8.8	4.5	4.8	3.0	1.1	0.43	0.05	0.02	0.08	0.17	0.024	0.012	63	26	4.2	6.0	17	34	22	4.7
玉造沖	上層	7.4	32	7.4	4.4	4.5	3.0	0.90	0.42	0.01	0.01	0.07	0.13	0.037	0.019	66	29	4.5	6.6	18	39	23	3.1
	下層	6.2	32	6.9	4.4	4.3	2.9	0.79	0.42	0.01	0.01	0.1	0.12	0.029	0.02	38	30	4.6	6.8	19	39	23	3.1
湖心	上層	8.0	19	6.7	4.2	4.2	2.9	0.67	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.098	0.026	0.008	43	28	4.4	6.5	18	38	23	2.4
	下層	7.7	19	6.7	4.4	4.2	2.9	0.65	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.091	0.021	0.009	37	29	4.6	6.7	19	38	25	2.4
西の洲沖	上層	7.8	16	6.2	4.3	4.1	2.9	0.60	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.087	0.026	0.010	32	29	4.5	6.8	19	38	23	2.4
	下層	7.5	16	6.6	4.3	4.2	2.9	0.63	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.093	0.021	0.010	32	29	4.6	6.8	19	39	24	2.4
麻生沖	上層	8.0	19	6.6	4.4	4.5	3.0	0.63	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.085	0.020	0.004	27	31	4.6	7.1	19	42	24	2.3
	下層	7.9	18	6.8	4.4	4.4	3.1	0.64	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.086	0.016	0.004	26	31	4.7	7.2	20	42	24	2.3
土浦沖	上層	11.0	26	11.0	5.2	6.8	3.5	1.5	0.62	0.15	0.01	0.05	0.16	0.040	0.014	140	30	5.7	6.4	20	38	27	2.9
	下層	8.4	23	9.0	5.2	5.6	3.4	1.3	0.83	0.37	0.01	0.04	0.13	0.021	0.005	82	32	6.1	6.5	20	39	28	3.4
山王川沖	上層	7.9	44	11.0	5.4	6.3	3.7	1.3	0.42	0.03	0.01	<0.02	0.22	0.024	0.006	150	24	3.9	5.6	18	27	26	4.4
	下層	6.5	45	11.0	5.6	6.3	3.7	1.2	0.46	0.08	0.01	<0.02	0.24	0.016	0.005	120	24	3.9	5.7	19	27	25	4.5
安塚沖	上層	8.9	42	10.0	5.2	5.9	3.4	1.5	0.62	0.24	0.01	<0.02	0.21	0.031	0.015	130	25	4.4	8.0	20	32	26	9.8
	下層	6.2	55	11.0	5.4	5.9	3.3	1.6	0.64	0.27	0.01	0.02	0.25	0.035	0.025	120	25	4.4	8.1	20	32	25	10
阿玉沖	上層	8.6	29	10.0	5.4	5.5	3.3	1.1	0.38	<0.01	<0.01	<0.02	0.17	0.045	0.027	98	26	4.2	8.0	19	34	24	7.8
	下層	5.8	39	9.7	5.3	5.2	3.2	1.2	0.42	0.01	<0.01	0.08	0.20	0.044	0.036	82	26	4.3	8.2	20	34	22	7.8
武井沖	上層	9.5	26	9.9	5.0	5.5	3.1	1.1	0.38	<0.01	<0.01	0.02	0.15	0.065	0.046	91	28	4.1	8.2	19	35	21	5.3
	下層	6.3	28	8.5	4.8	4.5	3.0	1.0	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.17	0.055	0.044	63	28	4.2	8.3	19	35	20	5.6
釜谷沖	上層	9.0	23	8.8	4.9	5.2	3.0	0.99	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.13	0.033	0.020	55	29	4.2	8.3	19	37	21	5.3
	下層	7.0	28	8.9	4.7	4.9	3.0	0.99	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.14	0.027	0.018	54	29	4.3	8.4	19	38	20	5.4
神宮橋	上層	8.8	27	9.7	5.6	5.9	3.6	1.0	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.16	0.039	0.023	64	61	6.1	11	23	89	26	3.2
	下層	8.1	35	10.0	5.6	5.9	3.6	1.1	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.17	0.033	0.023	71	60	6.4	12	24	87	25	3.5
外浪逆浦	上層	8.2	25	8.2	5.3	5.8	3.5	0.81	0.36	<0.01	<0.01	<0.02	0.12	0.022	0.007	42	61	6.3	11	23	91	26	1.3
	下層	8.0	25	8.4	5.3	5.6	3.5	0.83	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.11	0.016	0.005	47	62	6.6	11	23	92	26	1.3
息栖	上層	9.1	13	8.0	5.5	5.3	3.4	0.68	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.079	0.018	0.004	26	60	6.2	11	24	90	27	1.2
	下層	7.6	18	8.5	5.2	5.0	3.5	0.72	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.090	0.015	0.005	32	60	6.3	11	23	89	30	1.3

表 4 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (7月)

採取層	DO (mgL ⁻¹)		SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	Chl.a (μg ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)
	上層	下層																					
掛馬沖	上層	5.0	26	7.5	4.5	4.7	3.1	0.72	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.11	0.018	0.004	38	28	5.0	6.8	18	37	22	4.3
	下層	5.2	29	7.7	4.5	4.7	3.1	0.72	0.32	<0.01	<0.01	<0.02	0.12	0.018	0.006	39	28	4.9	6.6	18	37	22	4.4
木原沖	上層	6.1	14	7.2	4.4	4.4	3.2	0.65	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.097	0.023	0.010	36	29	4.9	6.8	18	39	22	4.2
	下層	6.1	15	7.0	4.8	4.4	3.2	0.65	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.10	0.024	0.013	38	29	4.8	6.9	18	38	22	4.2
牛込沖	上層	6.2	21	7.4	4.6	4.7	3.2	0.71	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.12	0.026	0.01	46	30	4.9	7.1	18	40	21	4.3
	下層	5.1	22	7.2	4.7	4.6	3.2	0.69	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.12	0.027	0.014	44	30	4.8	7.1	18	40	21	4.5
高浜沖	上層	5.5	37	8.5	5.2	4.8	3.4	0.97	0.53	<0.01	<0.01	0.15	0.17	0.061	0.031	40	27	4.7	6.4	17	35	20	4.1
	下層	5.4	41	8.6	5.4	4.9	3.5	0.98	0.56	<0.01	<0.01	0.16	0.16	0.058	0.035	41	27	4.6	6.3	16	36	21	4.2
玉造沖	上層	6.2	20	7.6	4.8	4.6	3.3	0.71	0.28	<0.01	<0.01	<0.02	0.11	0.027	0.012	31	31	4.9	7.2	19	42	22	4.7
	下層	4.5	37	8.1	5	4.3	3.4	1.0	0.57	0.01	0.01	0.2	0.18	0.057	0.043	29	28	4.6	6.5	17	35	20	4.4
湖心	上層	7.2	15	7.4	4.6	4.6	3.2	0.75	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.1	0.022	0.008	39	31	4.8	7.1	18	43	21	4.5
	下層	6.4	24	7.9	4.8	4.6	3.2	0.76	0.31	<0.01	<0.01	<0.02	0.13	0.029	0.012	47	31	4.8	7.2	19	43	21	4.7
西の洲沖	上層	7.3	10	7.1	4.6	4.5	3.1	0.63	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.086	0.016	0.003	33	31	5.0	7.3	19	42	21	4.5
	下層	6.8	10	7.0	4.6	4.5	3.1	0.65	0.30	<0.01	<0.01	<0.02	0.084	0.016	0.004	34	36	5.2	7.8	19	52	20	4.5
麻生沖	上層	5.7	17	7.9	5.1	4.8	3.6	0.75	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.18	0.075	0.061	39	68	6.9	12	21	109	23	6.2
	下層	5.5	18	8.2	5.5	4.9	3.7	0.83	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.18	0.074	0.063	39	70	6.9	12	21	114	22	6.2
土浦沖	上層	6.2	21	8.1	5.4	4.9	3.5	1.1	0.70	0.15	0.01	0.17	0.15	0.051	0.028	69	26	5.4	6.1	18	34	23	4.3
	下層	5.8	24	8.6	5.3	5.0	3.5	1.1	0.69	0.15	0.01	0.18	0.15	0.055	0.037	62	26	5.2	6.0	18	33	22	4.3
山王川沖	上層	7.1	33	8.3	4.7	4.1	3.3	1.7	1.1	0.75	0.02	0.07	0.18	0.041	0.027	54	20	3.7	5.2	16	19	25	8.1
	下層	6.9	35	8.7	4.8	4.3	3.3	1.7	1.1	0.74	0.02	0.06	0.19	0.040	0.027	66	20	3.6	5.1	16	19	25	8.0
安塚沖	上層	8.8	38	12	6.8	4.8	4.0	3.0	1.9	1.4	0.04	<0.02	0.22	0.058	0.027	120	20	4.5	7.2	17	24	20	9.9
	下層	8.6	38	12	6.5	4.7	4.0	3.1	1.8	1.4	0.04	<0.02	0.22	0.059	0.028	120	20	4.4	7.1	17	24	20	9.9
阿玉沖	上層	8.4	31	13	7.6	5.1	4.1	1.9	0.70	0.08	<0.01	0.07	0.20	0.072	0.049	140	25	4.4	7.6	17	32	19	8.4
	下層	5.9	42	13	7.4	4.8	4.1	1.8	0.75	0.10	0.01	0.21	0.24	0.099	0.074	100	25	4.4	7.4	17	32	20	8.7
武井沖	上層	9.2	24	11	6.4	4.8	3.8	1.3	0.46	<0.01	<0.01	<0.02	0.14	0.046	0.020	100	29	4.5	8.5	19	38	19	7.0
	下層	7.8	25	10	6.5	4.8	3.8	1.4	0.47	<0.01	<0.01	0.09	0.15	0.060	0.032	91	29	4.4	8.5	19	38	18	7.1
釜谷沖	上層	9.0	24	11	5.9	4.6	3.6	1.1	0.43	<0.01	<0.01	<0.02	0.14	0.041	0.028	100	31	4.5	8.7	19	41	18	6.7
	下層	1.0	50	10	5.2	4.2	3.4	1.7	0.84	0.05	0.06	0.38	0.30	0.13	0.055	60	33	4.8	9.1	19	46	18	7.9
神宮橋	上層	7.3	35	10	5.4	4.7	3.6	1.2	0.41	<0.01	<0.01	<0.02	0.19	0.060	0.031	93	44	5.2	9.7	20	63	20	5.9
	下層	7.0	37	10	5.5	4.7	3.6	1.2	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.20	0.062	0.041	92	44	5.3	9.7	20	62	19	5.9
外浪逆浦	上層	6.3	23	8.2	5.3	4.9	3.6	0.63	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.12	0.040	0.019	41	47	5.7	9.2	20	68	21	4.7
	下層	6.2	23	8.3	6.1	4.9	3.6	0.75	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.14	0.040	0.027	41	47	5.7	9.2	20	68	21	4.8
息栖	上層	6.9	11	7.7	5.4	4.8	3.6	0.56	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.084	0.032	0.014	31	45	5.5	8.9	19	65	22	4.3
	下層	5.9	13	7.8	5.3	4.8	3.6	0.71	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.087	0.032	0.020	28	45	5.6	8.9	20	66	22	4.3

表 5 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (8月)

平成29年8月22日		DO (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	Chl.a (μg ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)
掛馬沖	上層	12	18	8.6	4.9	5.1	3.2	0.81	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.084	0.023	0.002	57	27	4.8	6.1	18	37	20	0.9
	下層	8.9	17	7.5	4.9	4.3	3.3	0.68	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.087	0.037	0.021	39	30	4.8	6.4	17	40	20	0.1
木原沖	上層	10	16	8.3	4.9	5.1	3.3	0.65	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.082	0.031	0.015	41	29	4.8	6.5	18	39	20	0.1
	下層	5.9	23	7.5	5.0	4.2	3.3	0.75	0.36	<0.01	<0.01	0.02	0.10	0.036	0.021	38	30	4.9	6.4	17	40	19	0.4
牛込沖	上層	10	18	8.0	5.2	4.9	3.3	0.68	0.39	<0.01	<0.01	0.02	0.10	0.048	0.034	44	32	5.0	6.8	18	44	18	0.1
	下層	5.9	22	7.5	4.9	4.1	3.3	0.79	0.46	0.01	0.01	0.10	0.12	0.061	0.048	33	30	4.9	6.6	18	42	20	0.7
高浜沖	上層	9.3	14	7.7	5.3	4.5	3.5	0.74	0.48	0.05	0.03	0.02	0.084	0.045	0.028	41	24	3.9	5.3	15	30	18	0.1
	下層	5.0	23	7.9	5.4	4.3	3.4	1.0	0.63	0.12	0.07	0.07	0.11	0.053	0.037	42	26	4.4	6.0	17	33	20	0.5
玉造沖	上層	8.5	15	7.8	5.3	4.1	3.4	0.71	0.47	0.04	0.04	0.02	0.10	0.052	0.036	42	30	4.8	6.5	17	40	19	0.1
	下層	3.7	27	7.7	5.3	4.0	3.4	0.97	0.68	0.16	0.11	0.09	0.13	0.059	0.047	30	28	4.6	6.4	17	38	20	0.8
湖心	上層	9.3	18	8.2	5.0	4.7	3.3	0.68	0.37	<0.01	<0.01	0.02	0.084	0.055	0.042	40	32	4.9	6.9	18	45	18	0.1
	下層	8.4	20	8.2	4.9	4.2	3.3	0.74	0.38	<0.01	0.01	0.02	0.10	0.052	0.047	34	32	4.9	6.9	18	45	19	0.1
西の洲沖	上層	9.9	17	8.0	5.1	4.5	3.3	0.69	0.36	<0.01	<0.01	0.02	0.10	0.060	0.047	41	34	5.0	7.1	18	47	18	0.1
	下層	7.9	25	7.8	4.9	4.1	3.3	0.77	0.4	0.01	0.01	0.04	0.13	0.073	0.061	48	33	4.9	7.0	18	46	20	0.3
麻生沖	上層	7.6	24	7.5	4.9	4.0	3.3	0.79	0.46	0.03	0.02	0.04	0.12	0.063	0.052	39	34	5.0	7.2	18	47	18	0.2
	下層	7.7	25	7.7	4.9	4.0	3.3	0.83	0.44	0.03	0.02	0.04	0.13	0.064	0.053	45	34	5.0	7.1	18	47	20	0.2
土浦沖	上層	11	17	8.5	4.7	4.2	3.1	1.2	0.63	0.27	0.02	0.02	0.087	0.018	<0.001	84	27	5.3	5.7	18	35	23	2.8
	下層	9.3	17	7.5	4.7	3.8	3.1	1.0	0.74	0.32	0.02	0.02	0.071	0.018	0.003	80	27	5.3	5.8	18	36	22	2.9
山王川沖	上層	11	19	8.7	4.8	3.9	3.1	1.5	0.77	0.43	0.02	0.02	0.11	0.022	0.003	86	18	3.5	4.5	14	18	19	4.8
	下層	11	22	8.9	5.1	4.0	3.1	1.4	0.81	0.37	0.01	0.02	0.11	0.024	0.004	83	17	3.4	4.4	14	19	19	4.5
安塚沖	上層	11	22	8.9	5.0	4.1	3.2	3.4	2.7	2.2	0.13	0.02	0.1	0.021	0.002	93	23	4.3	8.6	20	28	21	6.0
	下層	9.7	25	8.8	5.1	4.0	3.2	3.5	2.6	2.2	0.12	0.03	0.11	0.021	0.005	92	22	4.2	8.4	19	28	21	6.3
阿玉沖	上層	11	23	9.4	5.9	4.6	3.6	2.3	1.8	1.3	0.12	0.02	0.089	0.034	0.015	83	25	4.3	8.5	19	32	20	2.9
	下層	7.0	19	8.2	5.8	4.2	3.6	2.3	1.8	1.3	0.09	0.07	0.10	0.054	0.039	56	26	4.4	8.3	19	33	20	4.4
武井沖	上層	10	16	9.1	6.2	4.5	3.9	1.5	1.0	0.82	0.04	0.02	0.12	0.072	0.055	71	30	4.5	8.4	19	39	18	1.5
	下層	4.8	13	7.5	5.9	4.3	3.8	1.6	1.2	0.66	0.01	0.12	0.14	0.10	0.092	35	30	4.5	8.4	19	40	18	3.9
釜谷沖	上層	12	24	9.7	5.9	4.8	3.8	1.3	0.65	0.16	0.03	0.02	0.14	0.072	0.054	86	32	4.5	8.4	19	42	17	1.4
	下層	3.6	40	9.6	6.0	4.6	3.8	1.6	0.97	0.42	<0.01	0.15	0.21	0.10	0.064	77	32	4.6	8.4	18	43	18	4.9
神宮橋	上層	11	25	10	6.1	5.4	4.0	1.0	0.43	<0.01	<0.01	0.02	0.17	0.083	0.066	64	60	6.2	11	22	89	21	2.8
	下層	10	27	10	6.3	5.2	4.0	1.1	0.44	<0.01	<0.01	0.02	0.16	0.084	0.067	73	59	6.0	11	21	88	20	2.8
外浪逆浦	上層	9.3	22	9.1	5.8	4.4	3.7	0.76	0.4	<0.01	<0.01	0.02	0.10	0.051	0.035	50	50	5.8	9.2	20	74	22	0.3
	下層	9.4	21	9.0	5.8	4.4	3.7	0.89	0.39	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.049	0.035	51	51	5.8	9.1	19	75	20	0.3
息栖	上層	6.5	26	8.7	5.9	4.3	3.7	0.87	0.43	<0.01	<0.01	0.07	0.12	0.056	0.021	53	49	5.7	9.1	19	74	21	1.0
	下層	6.1	30	8.8	5.7	4.4	3.7	0.94	0.43	<0.01	<0.01	0.07	0.13	0.057	0.043	60	50	5.7	9.1	20	74	21	1.1

表 6 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (9月)

平成29年9月16日		DO (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	Chl.a (μgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)
掛馬沖	採水層																						
	上層	7.9	25	7.4	5.2	4.4	3.4	0.64	0.38	<0.01	<0.01	<0.02	0.11	0.027	0.011	34	30	5.1	6.4	18	41	21	0.4
	下層	8.7	22	7.3	4.9	4.4	3.4	0.55	0.38	<0.01	<0.01	<0.02	0.094	0.030	0.016	36	30	5.1	6.4	18	41	22	0.4
木原沖	上層	8.4	17	7.4	4.8	4.2	3.4	0.61	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.093	0.038	0.019	29	30	5.0	6.5	18	42	18	0.3
	下層	7.6	20	7.4	5.0	4.3	3.5	0.61	0.4	<0.01	<0.01	<0.02	0.096	0.040	0.027	28	30	5.0	6.5	18	42	18	0.3
牛込沖	上層	9.0	16	7.3	5.1	4.4	3.5	0.63	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.10	0.042	0.021	31	31	5.0	6.6	18	42	18	0.4
	下層	8.6	19	7.2	5.1	4.3	3.5	0.61	0.38	<0.01	<0.01	<0.02	0.11	0.042	0.023	30	31	5.0	6.5	18	43	18	0.4
高浜沖	上層	9.3	22	8.7	5.6	4.7	3.6	0.73	0.41	<0.01	<0.01	<0.02	0.13	0.046	0.033	51	27	4.6	6.1	17	35	22	0.9
	下層	9.4	22	8.6	5.6	4.8	3.7	0.73	0.39	<0.01	<0.01	<0.02	0.13	0.045	0.012	54	27	4.6	6.1	17	35	21	0.9
玉造沖	上層	8.3	15	8.0	5.5	4.3	3.6	0.67	0.38	<0.01	<0.01	<0.02	0.10	0.045	0.018	45	29	4.8	6.3	17	39	21	0.7
	下層	5.1	26	7.8	5.6	4.4	3.5	0.84	0.47	<0.01	<0.01	0.09	0.15	0.054	0.047	43	29	4.9	6.5	18	40	20	0.7
湖心	上層	8.2	18	7.5	5.1	4.2	3.5	0.58	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.12	0.061	0.051	33	31	5.0	6.7	18	44	18	0.4
	下層	8.5	19	7.5	5.4	4.3	3.5	0.63	0.36	<0.01	<0.01	<0.02	0.13	0.060	0.036	33	31	5.0	6.7	18	44	18	0.4
西の洲沖	上層	9.2	17	7.3	5.4	4.3	3.5	0.52	0.34	<0.01	<0.01	<0.02	0.11	0.061	0.053	33	33	5.1	6.9	18	47	21	0.5
	下層	9.1	18	7.2	5.2	4.2	3.5	0.59	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.11	0.062	0.050	33	33	5.1	6.9	18	48	20	0.5
麻生沖	上層	7.0	20	7.7	5.2	4.3	3.5	0.75	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.13	0.061	0.053	41	35	5.2	7.3	18	51	20	0.7
	下層	7.0	22	7.7	5.4	4.4	3.5	0.64	0.36	<0.01	<0.01	<0.02	0.14	0.065	0.037	38	35	5.2	7.4	19	50	20	0.7
土浦沖	上層	9.7	29	7.5	4.6	3.9	3.2	0.99	0.66	0.25	0.01	0.02	0.11	0.022	0.006	58	29	5.3	6.2	20	38	26	2.4
	下層	9.7	39	7.0	4.6	4.0	3.2	0.92	0.66	0.24	0.01	0.02	0.11	0.022	0.006	56	28	5.3	6.2	20	38	25	2.3
山王川沖	上層	11.0	29	10.0	5.3	4.4	3.3	1.1	0.39	<0.01	<0.01	<0.02	0.18	0.041	0.022	112	22	3.7	4.9	15	24	22	3.3
	下層	11.0	36	10.0	5.4	4.3	3.3	1.0	0.39	<0.01	<0.01	0.02	0.20	0.038	0.023	116	21	3.6	4.9	15	23	21	3.3
安塚沖	上層	10.0	39	9.9	4.9	3.8	2.8	3.9	3.3	2.6	0.06	<0.02	0.16	0.020	0.006	142	25	4.6	9.0	21	30	23	1.3
	下層	9.9	43	9.9	4.8	3.8	2.9	4.0	3.1	2.9	0.05	<0.02	0.17	0.020	0.005	131	25	4.6	8.9	20	30	23	1.4
阿玉沖	上層	8.0	18	8.4	5.7	4.2	3.5	1.9	1.5	0.97	0.07	0.03	0.11	0.041	0.021	65	27	4.5	8.5	19	36	21	0.2
	下層	7.8	20	8.4	5.7	4.3	3.5	1.8	1.4	0.95	0.08	0.04	0.12	0.041	0.027	64	27	4.5	8.5	19	36	19	0.2
武井沖	上層	7.4	14	8.0	5.9	4.5	3.8	1.2	0.84	0.31	0.10	0.04	0.11	0.053	0.029	55	31	4.6	8.4	19	42	19	0.1
	下層	6.3	21	8.1	5.9	4.6	3.8	1.2	0.88	0.31	0.10	0.06	0.13	0.054	0.029	45	31	4.7	8.5	19	43	17	0.2
釜谷沖	上層	9.5	15	8.3	5.9	4.7	3.9	0.86	0.59	0.06	0.05	0.02	0.11	0.045	0.018	64	32	4.7	8.4	18	45	19	0.1
	下層	5.3	22	8.3	5.9	4.6	3.8	0.84	0.72	0.12	0.06	0.08	0.14	0.053	0.026	54	33	4.8	8.5	19	45	18	0.3
神宮橋	上層	7.4	30	9.3	6.0	4.9	4.0	0.65	0.49	<0.01	<0.01	0.02	0.19	0.082	0.045	72	52	5.9	10.0	21	77	18	0.4
	下層	7.5	28	8.9	6.1	5.5	4.0	0.9	0.44	<0.01	<0.01	<0.02	0.17	0.079	0.043	73	53	6.0	10.0	21	78	18	0.4
外浪逆浦	上層	7.6	19	8.2	5.8	4.8	3.8	0.72	0.43	<0.01	<0.01	0.03	0.11	0.051	0.036	47	52	6.2	9.3	20	81	22	0.5
	下層	7.3	17	7.8	5.7	4.7	3.8	0.58	0.41	<0.01	<0.01	0.03	0.12	0.052	0.038	49	53	6.2	9.4	20	80	20	0.5
息栖	上層	8.3	13	7.8	5.7	5.0	3.8	0.63	0.39	<0.01	<0.01	<0.02	0.11	0.050	0.025	42	52	6.1	9.5	20	80	20	0.5
	下層	8.1	14	7.7	5.8	5.0	3.8	0.73	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.10	0.052	0.026	42	52	6.2	9.4	20	82	20	0.5

表 7 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (10月)

採水層	DO (mgL ⁻¹)		SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	Chla (μg ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)
	上層	下層																					
掛馬沖	上層	10.0	18	7.6	5.2	4.3	3.0	0.76	0.34	<0.01	<0.01	0.03	0.10	0.019	0.004	57	27	4.8	6.0	18	36	36	1.4
	下層	8.2	16	7.2	5.0	3.6	3.0	0.62	0.36	0.01	<0.01	0.03	0.084	0.021	0.007	43	29	5.0	6.4	19	39	39	1.3
木原沖	上層	8.8	16	7.4	5.1	4.3	3.1	0.72	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.10	0.030	0.016	52	30	4.9	6.5	19	41	41	0.6
	下層	7.4	18	7.2	5.1	3.6	3.0	0.56	0.32	<0.01	<0.01	0.03	0.10	0.037	0.022	36	23	4.3	5.7	17	29	29	0.8
牛込沖	上層	8.7	14	7.1	5.2	3.9	3.1	0.61	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.083	0.031	0.021	41	27	4.6	6.2	18	34	34	0.6
	下層	7.5	20	7.2	5.2	3.6	3.0	0.61	0.35	<0.01	<0.01	0.02	0.10	0.037	0.025	36	30	4.9	6.6	19	41	41	0.7
高浜沖	上層	9.5	18	8.4	5.3	4.1	3.2	0.88	0.40	0.01	<0.01	0.04	0.11	0.025	0.005	93	32	5.0	6.8	19	45	45	3.1
	下層	8.1	22	8.4	5.3	4.0	3.1	0.88	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.12	0.030	0.014	72	34	5.2	7.1	20	48	48	2.3
玉造沖	上層	7.8	16	8.1	5.2	3.9	3.2	0.90	0.39	0.01	<0.01	0.04	0.11	0.029	0.016	75	24	5.6	5.3	20	31	31	1.7
	下層	5.9	23	8.0	5.4	3.9	3.2	0.93	0.54	0.04	0.01	0.16	0.14	0.045	0.032	62	14	3.4	4.2	16	13	13	1.7
潮心	上層	7.6	16	7.2	5.3	3.6	3.1	0.61	0.33	<0.01	<0.01	0.03	0.10	0.041	0.030	43	19	4.9	7.4	19	24	24	0.7
	下層	7.4	20	7.4	5.2	3.6	3.1	0.65	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.10	0.045	0.031	43	23	4.7	8.0	20	28	28	0.7
西の洲沖	上層	7.7	17	7.3	5.3	3.7	3.1	0.50	0.33	<0.01	<0.01	0.03	0.11	0.050	0.040	43	28	4.5	8.2	20	37	37	0.8
	下層	7.5	17	7.3	5.2	3.7	3.1	0.64	0.37	<0.01	<0.01	0.03	0.11	0.051	0.041	41	32	4.7	8.5	20	42	42	0.8
麻生沖	上層	7.3	20	7.2	5.5	3.7	3.1	0.60	0.35	<0.01	<0.01	0.03	0.11	0.044	0.032	48	42	5.3	9.0	20	59	59	1.1
	下層	7.3	20	7.3	5.2	3.7	3.1	0.63	0.34	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.045	0.033	46	41	5.6	8.1	20	59	59	1.1
土浦沖	上層	9.0	15	7.0	5.0	3.4	2.7	1.4	1.1	0.71	0.02	0.07	0.092	0.021	0.002	62	42	5.7	8.1	20	61	61	6.0
	下層	7.4	24	7.1	4.8	3.4	2.7	1.2	1.0	0.54	0.02	0.14	0.11	0.021	0.003	42	27	4.9	6.1	19	37	37	5.3
山王川沖	上層	10.0	22	7.5	4.2	3.2	2.4	1.8	1.3	0.92	0.02	0.10	0.13	0.020	0.006	89	31	5.1	6.7	20	41	41	8.9
	下層	9.0	22	7.6	4.2	3.1	2.4	1.7	1.3	0.94	0.02	0.09	0.12	0.018	0.006	81	30	5.0	6.5	19	42	42	9.0
安藤沖	上層	9.4	20	7.7	4.8	3.3	2.5	3.7	3.5	3.0	0.11	0.06	0.11	0.019	0.005	77	25	4.5	6.0	18	31	31	10.0
	下層	9.2	18	7.9	4.9	3.3	2.6	3.6	3.6	3.0	0.11	0.04	0.11	0.022	0.004	86	28	4.8	6.5	19	37	37	10.0
阿玉沖	上層	9.5	15	8.7	5.4	3.8	2.9	2.5	2.1	1.7	0.07	0.07	0.099	0.026	0.008	82	30	5.0	6.8	20	40	40	2.9
	下層	7.6	15	7.8	5.2	3.6	2.9	2.3	2.1	1.5	0.08	0.12	0.083	0.025	0.012	61	32	5.0	6.8	19	44	44	2.7
武井沖	上層	8.3	12	8.2	5.7	4.0	3.2	1.3	1.0	0.48	0.08	0.06	0.098	0.032	0.020	70	34	5.3	7.2	19	49	49	0.1
	下層	5.7	19	8.1	5.7	4.1	3.3	1.1	0.85	0.28	0.08	0.11	0.10	0.042	0.031	55	23	5.4	5.5	20	29	29	0.2
釜谷沖	上層	8.6	14	8.0	5.8	4.2	3.4	0.90	0.54	0.04	0.03	0.10	0.087	0.032	0.019	57	14	3.5	4.3	16	13	13	0.1
	下層	5.8	32	9.1	5.8	4.2	3.4	1.1	0.66	0.07	0.04	0.17	0.14	0.041	0.031	60	19	5.1	7.7	20	24	24	0.4
神宮橋	上層	8.1	21	8.9	5.8	4.4	3.4	0.91	0.40	<0.01	<0.01	0.03	0.14	0.040	0.022	77	24	4.9	8.5	21	30	30	0.3
	下層	7.7	24	8.8	5.9	4.5	3.4	0.87	0.44	<0.01	<0.01	0.02	0.13	0.036	0.021	69	30	4.8	8.7	21	40	40	0.4
外浪逆浦	上層	7.7	15	8.1	5.5	4.1	3.3	0.70	0.40	<0.01	<0.01	0.04	0.10	0.042	0.031	47	31	4.8	8.6	20	43	43	1.2
	下層	7.3	15	7.8	5.8	4.1	3.3	0.67	0.41	<0.01	<0.01	0.04	0.11	0.047	0.021	42	41	5.3	9.3	21	56	56	1.2
息栖	上層	9.0	10	7.7	5.5	4.3	3.3	0.57	0.34	<0.01	<0.01	0.03	0.090	0.039	0.025	40	41	5.7	8.3	21	59	59	1.4
	下層	7.7	10	7.1	5.7	3.9	3.2	0.60	0.36	<0.01	<0.01	0.02	0.091	0.04	0.017	34	42	5.8	8.3	21	61	61	1.4

表 8 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (11月)

平成29年11月22日		DO (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	Chla (μg ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)
掛馬沖	上層	10	18	5.7	3.6	3.4	2.3	1.4	1.1	0.90	0.01	0.02	0.076	0.015	0.003	37	19	3.8	5.2	18	24	22	5.4
	下層	9.9	22	5.9	3.6	3.3	2.3	1.4	1.1	0.90	0.01	0.02	0.094	0.012	0.002	26	19	4.1	5.2	18	24	24	5.6
木原沖	上層	10	16	6.0	3.9	3.6	2.6	1.1	0.85	0.53	0.01	0.02	0.084	0.017	0.004	41	21	4.2	5.3	17	27	27	4.1
	下層	10	24	6.7	4.0	3.7	2.6	1.1	0.81	0.45	0.01	0.02	0.089	0.016	0.004	33	22	4.3	5.4	17	28	22	4.0
牛込沖	上層	10	16	6.2	4.1	3.8	2.8	0.96	0.70	0.36	<0.01	0.02	0.085	0.019	0.008	37	24	4.4	5.7	17	31	20	3.2
	下層	9.4	19	6.4	4.1	3.7	2.8	0.97	0.70	0.38	0.01	0.03	0.091	0.020	0.007	37	24	4.4	5.6	16	32	20	3.3
高浜沖	上層	11	15	7.3	3.8	3.8	2.5	1.8	1.4	1.1	0.04	0.02	0.086	0.014	0.003	73	16	3.7	4.8	14	18	18	4.9
	下層	11	16	7.4	3.8	3.9	2.5	1.8	1.3	1.1	0.04	0.02	0.091	0.012	0.002	66	16	3.6	4.7	14	18	18	4.9
玉造沖	上層	10	16	7.0	4.3	3.9	2.7	1.3	0.92	0.63	0.02	0.02	0.092	0.013	0.003	58	22	4.1	5.4	15	28	18	3.7
	下層	9.6	18	7.1	4.3	3.9	2.8	1.2	0.93	0.55	0.02	0.04	0.097	0.015	0.004	56	23	4.3	5.6	16	30	19	3.4
海心	上層	10	16	7.1	4.4	3.9	2.9	0.94	0.59	0.26	<0.01	0.02	0.090	0.018	0.006	48	26	4.5	6.0	17	34	25	2.9
	下層	9.6	17	7.1	4.3	3.9	2.9	0.97	0.60	0.27	<0.01	0.02	0.094	0.016	0.005	45	26	4.5	5.9	16	35	20	2.9
西の洲沖	上層	10	20	7.0	4.3	4.0	2.9	0.95	0.59	0.27	<0.01	0.02	0.097	0.022	0.009	40	27	4.5	6.0	17	35	20	3.0
	下層	9.8	21	7.1	4.2	4.0	2.9	0.94	0.59	0.27	<0.01	0.02	0.095	0.021	0.009	40	27	4.6	6.0	17	35	21	3.0
麻生沖	上層	10	22	7.8	4.6	4.2	3.0	0.91	0.46	0.11	<0.01	0.02	0.10	0.017	0.004	70	32	4.7	6.6	17	44	22	3.2
	下層	10	23	8.1	4.8	4.2	3.1	0.93	0.50	0.11	<0.01	0.03	0.10	0.017	0.003	69	32	4.8	6.7	17	46	27	3.2
土浦沖	上層	10	12	5.5	3.4	2.9	2.1	2.4	2.2	1.9	0.02	0.02	0.082	0.015	0.005	42	22	5.0	5.4	20	26	28	8.8
	下層	9.1	14	5.0	3.1	2.6	2.0	2.2	2.0	1.7	0.02	0.06	0.084	0.013	0.004	27	20	4.8	5.5	21	23	26	8.4
山王川沖	上層	11	13	5.0	2.7	2.2	1.6	2.5	2.0	1.9	0.03	0.03	0.079	0.015	0.006	47	12	2.5	4.3	14	9.0	20	9.9
	下層	11	15	5.2	2.5	2.3	1.6	2.5	2.2	1.9	0.03	0.03	0.083	0.014	0.006	47	13	2.6	4.4	15	10	21	9.9
安塚沖	上層	12	9	4.9	2.5	2.0	1.5	6.3	6.2	5.9	0.07	0.23	0.089	0.013	0.004	40	21	4.6	9.4	22	25	26	13
	下層	11	16	4.9	2.4	1.9	1.5	6.7	6.4	5.9	0.07	0.35	0.095	0.014	0.006	41	22	4.7	9.8	23	26	26	14
阿玉沖	上層	10	14	6.1	3.2	2.8	2.0	4.5	3.6	3.4	0.07	0.04	0.083	0.014	0.004	64	16	4.2	7.2	18	20	21	9.3
	下層	10	15	5.7	3.0	2.6	1.9	4.6	4.0	3.8	0.07	0.06	0.071	0.009	0.002	47	17	4.4	7.6	19	20	22	10
武井沖	上層	9.3	19	7.0	4.3	3.6	2.7	2.0	1.6	1.3	0.05	0.03	0.084	0.012	0.003	47	23	4.3	7.2	17	29	21	3.3
	下層	8.7	45	8.4	4.4	3.9	2.8	2.2	1.7	1.3	0.05	0.06	0.14	0.014	0.005	50	23	4.3	7.3	17	28	19	3.4
釜谷沖	上層	10	20	7.7	4.6	4.0	3.0	1.4	0.99	0.67	0.03	0.02	0.083	0.012	0.001	56	26	4.3	7.7	18	34	21	0.9
	下層	9.1	22	7.8	4.5	4.0	3.0	1.4	1.0	0.67	0.03	0.03	0.087	0.012	0.001	58	26	4.4	7.9	18	34	21	1.0
神宮橋	上層	11	37	9.1	4.9	4.7	3.2	1.2	0.60	0.22	0.02	0.02	0.13	0.015	0.002	86	32	4.4	8.3	19	42	20	0.3
	下層	10	38	9.5	4.9	4.7	3.2	1.2	0.63	0.22	0.02	0.02	0.13	0.016	0.002	86	32	4.6	8.5	19	42	21	0.3
外浪逆浦	上層	11	36	8.9	4.5	4.4	3.0	1.0	0.54	0.14	<0.01	0.02	0.13	0.017	0.004	76	32	4.7	6.5	17	44	22	3.4
	下層	11	36	8.7	4.5	4.2	2.9	1.0	0.44	0.14	<0.01	0.02	0.12	0.017	0.005	75	32	4.8	6.7	17	43	20	3.4
息栖	上層	10	19	7.5	4.5	4.1	3.0	1.0	0.54	0.26	0.01	0.02	0.090	0.018	0.004	46	43	5.6	8.8	19	62	24	2.7
	下層	9.5	23	7.4	4.8	4.0	3.0	0.96	0.58	0.26	0.01	0.03	0.097	0.015	0.003	45	41	5.4	8.4	19	59	24	2.7

表9 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(12月)

	平成29年12月13日		DO (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	Chl.a (μg ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)
	採水層	採取回数																						
掛馬沖	上層	12	14	5.7	3.5	3.0	2.2	1.4	1.2	0.89	0.01	<0.02	0.065	0.011	0.003	37	20	4.2	5.2	18	25	23	5.4	
	下層	12	16	6.1	3.4	3.0	2.3	1.5	1.0	0.88	0.01	<0.02	0.072	0.019	0.002	41	21	4.2	5.2	18	25	23	5.4	
木原沖	上層	11	17	6.9	4.0	3.5	2.6	0.93	0.61	0.27	<0.01	<0.02	0.080	0.013	0.002	44	24	4.3	5.4	16	31	21	3.3	
	下層	11	18	7.2	4.1	3.5	2.7	0.93	0.52	0.25	<0.01	<0.02	0.082	0.02	0.001	41	24	4.2	5.3	16	30	20	3.4	
牛込沖	上層	11	14	7.0	4.3	3.6	2.7	0.85	0.55	0.22	<0.01	<0.02	0.074	0.012	0.001	40	25	4.3	5.5	16	32	20	3.2	
	下層	11	14	7.1	4.1	3.5	2.7	0.93	0.47	0.22	<0.01	<0.02	0.079	0.020	0.001	45	25	4.2	5.6	16	32	20	3.3	
高浜沖	上層	12	9	6.6	4.1	3.6	2.5	1.5	1.2	0.86	0.02	<0.02	0.059	0.015	0.001	51	18	3.6	4.8	14	21	18	4.5	
	下層	11	10	7.0	3.9	3.6	2.5	1.6	1.1	0.86	0.02	<0.02	0.070	0.021	0.002	50	19	3.7	4.9	15	22	19	4.5	
玉造沖	上層	12	12	6.9	4.2	3.6	2.6	1.4	1.0	0.73	0.02	<0.02	0.077	0.022	0.002	61	22	4.1	5.5	16	27	19	4.2	
	下層	11	14	7.2	4.0	3.5	2.6	1.5	0.99	0.74	0.02	<0.02	0.080	0.023	0.002	60	23	4.1	5.5	16	27	19	4.2	
湖心	上層	11	13	6.8	4.4	3.6	2.7	0.85	0.51	0.23	<0.01	<0.02	0.075	0.017	0.002	42	26	4.3	5.6	16	34	20	3.1	
	下層	11	16	7.0	4.3	3.6	2.7	0.97	0.43	0.23	<0.01	<0.02	0.080	0.019	0.001	46	26	4.3	5.6	16	34	20	3.1	
西の洲沖	上層	11	13	6.8	4.3	3.5	2.7	0.81	0.46	0.17	<0.01	<0.02	0.079	0.018	0.002	42	27	4.4	5.8	16	35	20	3.1	
	下層	11	15	7.3	4.4	3.6	2.8	0.85	0.39	0.18	<0.01	<0.02	0.077	0.021	0.002	41	27	4.5	5.8	16	36	21	3.1	
麻生沖	上層	12	17	8.1	4.6	4.2	2.9	0.79	0.2	<0.01	<0.01	<0.02	0.099	0.02	0.003	67	33	4.6	6.5	17	44	19	3.0	
	下層	12	19	8.3	4.8	4.3	2.9	0.88	0.21	<0.01	<0.01	<0.02	0.099	0.021	0.003	66	33	4.7	6.6	17	44	20	3.0	
土浦沖	上層	11	12	5.7	3.5	2.8	2.1	2.1	1.7	1.5	0.02	<0.02	0.067	0.022	0.002	43	23	4.9	5.4	20	28	28	7.1	
	下層	11	12	5.9	3.5	2.8	2.1	2.2	1.7	1.5	0.02	<0.02	0.088	0.02	0.002	40	24	5.0	5.5	20	28	27	7.4	
山王川沖	上層	12	13	5.6	2.8	2.7	1.6	2.4	1.9	1.7	0.02	<0.02	0.082	0.027	0.004	65	14	2.3	4.3	15	10	21	9.8	
	下層	12	14	5.8	2.8	2.7	1.6	2.5	1.9	1.7	0.02	<0.02	0.081	0.023	0.005	65	14	2.4	4.3	15	10	21	9.8	
安塚沖	上層	12	9	5.2	2.8	2.3	1.5	7.0	6.5	5.7	0.07	0.25	0.078	0.026	0.006	52	24	4.3	9.0	21	29	32	14	
	下層	13	22	6.3	2.7	2.3	1.5	7.2	6.7	5.6	0.07	0.22	0.11	0.023	0.006	53	25	4.5	9.4	22	31	25	14	
阿玉沖	上層	11	10	5.3	3.0	2.6	1.8	5.4	5.1	4.4	0.05	0.02	0.061	0.023	0.002	46	21	4.1	8.4	20	26	24	11	
	下層	11	10	5.2	3.1	2.7	1.8	5.5	5.0	4.4	0.06	0.03	0.088	0.019	0.003	45	21	4.2	8.5	21	25	23	10	
武井沖	上層	10	12	6.4	4.1	3.6	2.7	1.9	1.6	1.2	0.03	0.02	0.089	0.022	0.002	42	24	4.1	7.1	17	30	20	2.6	
	下層	10	21	6.8	4.2	3.6	2.6	2.2	1.5	1.3	0.04	0.04	0.087	0.019	0.003	35	24	4.2	7.2	17	29	20	2.9	
釜谷沖	上層	11	12	6.7	4.4	3.8	2.9	1.3	0.95	0.70	0.02	<0.02	0.082	0.022	0.001	40	26	4.1	7.3	17	34	20	0.9	
	下層	10	13	6.9	4.5	3.8	2.9	1.3	1.0	0.70	0.02	<0.02	0.084	0.017	0.001	38	27	4.2	7.4	17	34	20	1.0	
神宮橋	上層	12	17	8.00	4.8	4.1	3.0	0.97	0.37	0.11	0.01	<0.02	0.087	0.027	0.002	59	40	4.7	8.7	19	52	22	1.2	
	下層	11	18	7.9	4.8	4.3	3.0	1.0	0.41	0.11	0.01	<0.02	0.093	0.022	0.004	62	40	4.9	8.9	20	52	22	1.2	
外浪逆浦	上層	11	17	7.4	4.8	4.0	2.9	0.80	0.29	0.09	0.01	<0.02	0.082	0.021	0.002	57	47	5.5	8.4	19	64	23	2.8	
	下層	11	18	7.5	4.9	4.0	2.9	0.84	0.37	0.10	0.01	<0.02	0.083	0.019	0.003	59	47	5.4	8.5	19	65	23	2.8	
息栖	上層	12	11	7.7	4.7	4.2	2.9	0.77	0.19	<0.01	<0.01	<0.02	0.070	0.023	0.002	69	47	5.5	8.6	20	65	24	2.4	
	下層	12	11	7.4	4.7	4.1	2.9	0.83	0.22	<0.01	<0.01	<0.02	0.071	0.018	0.002	66	47	5.4	8.4	19	66	23	2.5	

表 10 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (1月)

平成30年1月18日		DO (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	OhLa (μg ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)
掛馬沖	表層	13	13	7.0	4.4	4.1	2.8	0.93	0.64	0.23	<0.01	<0.02	0.057	0.005	0.001	47	25	4.2	5.7	16	32	22	1.3
	下層	13	13	7.1	4.4	4.1	2.8	0.90	0.67	0.29	<0.01	<0.02	0.061	0.004	0.001	47	24	4.3	5.8	17	32	22	1.5
木原沖	上層	13	12	7.2	4.5	4.0	2.8	1.0	0.76	0.31	<0.01	0.06	0.052	0.004	0.001	51	25	4.2	5.8	17	32	22	1.7
	下層	13	14	7.1	4.4	3.9	2.7	0.94	0.69	0.32	<0.01	<0.02	0.059	0.003	0.001	46	24	4.3	5.9	17	32	22	1.7
牛込沖	上層	12	11	6.9	4.4	3.9	2.8	0.89	0.59	0.19	<0.01	<0.02	0.042	0.003	0.001	45	25	4.1	5.8	16	32	21	1.5
	下層	12	12	6.9	4.4	3.9	2.7	0.85	0.59	0.18	<0.01	<0.02	0.062	0.004	0.001	47	25	4.2	5.9	16	33	21	1.5
高浜沖	上層	11	14	6.1	4.2	3.5	2.5	1.7	1.5	1.0	0.02	0.03	0.052	0.003	0.001	25	19	3.5	5.5	16	21	20	4.9
	下層	11	7.0	6.3	4.1	3.5	2.6	1.6	1.5	1.0	0.02	0.04	0.062	0.004	0.002	23	19	3.5	5.6	16	22	20	4.9
玉造沖	上層	12	8.0	6.3	4.3	3.8	2.6	1.5	1.1	0.78	0.01	0.02	0.056	0.004	0.001	27	21	3.7	5.6	15	26	20	3.8
	下層	12	15	6.9	4.6	3.9	2.8	0.86	0.60	0.18	<0.01	0.03	0.080	0.005	0.001	49	25	3.8	6.0	16	35	22	1.5
湖心	上層	12	12	7.0	4.7	4.0	2.8	0.90	0.60	0.20	<0.01	<0.02	0.061	0.003	0.001	50	26	4.2	5.9	16	33	21	1.7
	下層	12	12	7.2	4.7	4.2	2.8	0.88	0.60	0.20	<0.01	<0.02	0.072	0.004	0.001	47	25	4.2	5.9	16	33	20	1.6
西の洲沖	上層	12	11	7.1	4.5	4.2	2.8	0.81	0.51	0.15	<0.01	0.04	0.058	0.003	0.001	46	27	4.3	6.0	16	36	22	1.5
	下層	12	12	6.8	4.5	4.3	2.8	0.81	0.56	0.15	<0.01	<0.02	0.058	0.005	0.001	46	26	4.2	5.9	16	35	22	1.5
麻生沖	上層	12	16	7.9	4.5	4.4	2.9	0.76	0.40	<0.01	<0.01	<0.02	0.068	0.004	0.001	54	31	4.4	6.6	17	42	21	1.1
	下層	12	17	7.9	4.8	4.4	2.9	0.74	0.41	<0.01	<0.01	<0.02	0.082	0.007	0.001	52	32	4.6	6.6	17	42	21	1.1
土浦沖	上層	12	12	7.6	4.6	3.6	2.7	2.4	2.3	1.7	0.02	0.05	0.082	0.007	0.003	38	31	6.2	6.1	19	38	30	4.7
	下層	12	14	7.2	4.4	3.6	2.6	2.1	1.8	1.5	0.02	0.04	0.083	0.007	0.002	44	29	5.7	6.0	19	35	27	4.2
山王川沖	上層	12	7.0	5.3	3.6	2.9	2.0	1.9	1.8	1.4	0.02	0.03	0.052	0.003	0.002	21	17	2.8	5.0	15	16	20	7.4
	下層	12	6.0	5.1	3.8	2.8	2.0	2.0	1.9	1.5	0.02	0.03	0.055	0.005	0.003	20	17	2.7	4.9	15	16	21	7.8
安塚沖	上層	10	15	7.1	4.5	3.1	2.3	5.5	5.1	4.6	0.05	0.25	0.15	0.018	0.016	22	21	4.0	7.7	18	25	23	12
	下層	11	12	5.4	3.7	2.5	1.8	6.2	5.8	5.3	0.06	0.22	0.14	0.020	0.016	26	23	3.9	8.7	19	26	23	14
阿玉沖	上層	13	8.0	6.0	3.9	3.0	1.7	5.0	4.6	4.4	0.05	0.03	0.054	0.004	0.002	48	24	3.9	9.6	21	30	24	11
	下層	13	10	6.4	3.3	2.9	1.7	5.3	4.7	4.4	0.05	0.04	0.075	0.008	0.003	50	24	3.8	9.6	21	30	23	11
武井沖	上層	12	12	7.0	4.4	3.7	2.7	1.7	1.5	1.1	0.02	<0.02	0.061	0.003	0.001	54	25	4.0	7.7	17	32	21	2.2
	下層	13	15	6.8	4.2	3.6	2.6	1.9	1.7	1.3	0.02	0.02	0.069	0.004	0.001	56	24	3.9	7.7	17	31	21	2.8
釜谷沖	上層	12	12	7.2	4.5	3.8	2.8	1.5	1.2	0.84	0.02	<0.02	0.060	0.003	0.001	56	26	4.0	7.7	17	33	21	1.3
	下層	12	13	7.3	4.4	3.8	2.8	1.5	1.2	0.83	0.02	<0.02	0.066	0.004	0.001	50	25	4.0	7.6	17	33	21	1.3
神宮橋	上層	12	19	8.3	4.9	4.2	3.0	0.81	0.43	0.03	<0.01	<0.02	0.097	0.004	0.001	68	49	5.4	9.6	19	68	25	0.6
	下層	12	20	8.5	5.0	4.3	3.0	0.88	0.44	0.03	<0.01	<0.02	0.10	0.005	0.002	64	49	5.1	9.5	19	70	22	0.6
外浪遊浦	上層	12	14	7.9	5.1	4.1	3.0	0.71	0.39	<0.01	<0.01	<0.02	0.067	0.003	0.001	55	53	5.5	9.4	19	78	23	0.8
	下層	12	14	7.7	4.9	4.1	3.0	0.71	0.41	<0.01	<0.01	<0.02	0.070	0.005	0.001	49	54	5.7	9.5	19	78	25	0.8
息栖	上層	12	12	7.6	5.0	4.4	3.0	0.69	0.37	<0.01	<0.01	<0.02	0.070	0.004	0.001	44	65	6.0	10	20	99	26	0.9
	下層	12	13	7.8	5.1	4.5	3.1	0.69	0.41	<0.01	<0.01	<0.02	0.074	0.005	0.001	47	86	6.9	13	22	130	33	0.8

表 11 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (2月)

平成30年2月15日		DO (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	α-GOD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)	
掛馬沖	採水層																							
	上層	12	21	6.6	4.7	4.2	2.9	0.94	0.70	0.28	<0.01	<0.02	0.072	0.014	0.003	40	25	4.0	6.0	16	33	23	0.4	
木原沖	下層	12	20	7.00	4.4	4.1	2.8	0.95	0.82	0.29	<0.01	<0.02	0.083	0.005	0.002	40	25	4.0	6.0	16	33	23	0.4	
	上層	12	16	6.9	4.8	4.1	2.9	0.82	0.84	0.21	<0.01	<0.02	0.053	0.010	0.002	40	25	3.9	6.1	17	32	23	0.4	
牛込沖	下層	13	16	7.0	4.8	4.1	2.9	0.85	0.86	0.21	<0.01	<0.02	0.073	0.007	0.001	37	25	3.9	6.1	17	33	22	0.4	
	上層	12	14	6.9	4.7	4	2.9	0.83	0.85	0.16	<0.01	<0.02	0.11	0.009	0.001	40	26	3.9	6.2	17	35	23	0.4	
高浜沖	下層	12	15	7.2	4.6	3.9	2.9	0.87	0.83	0.17	<0.01	<0.02	0.074	0.008	0.001	39	26	3.9	6.2	17	35	22	0.4	
	上層	12	8	6.2	4.5	3.7	2.7	1.5	1.2	1.0	0.01	<0.02	0.06	0.008	0.001	25	21	3.4	5.9	16	25	22	3.9	
玉造沖	下層	12	8	6.3	4.4	3.6	2.7	1.5	1.2	0.98	0.01	<0.02	0.067	0.006	0.001	25	21	3.5	6.0	16	26	21	3.7	
	上層	12	14	7.0	4.9	3.9	2.9	1.0	0.78	0.40	<0.01	<0.02	0.063	0.010	0.001	39	25	3.9	6.3	17	32	22	1.0	
湖心	下層	12	17	7.0	4.5	4.1	2.9	1.0	0.72	0.38	0.01	0.02	0.086	0.007	0.001	38	25	3.9	6.3	17	32	21	0.9	
	上層	12	14	6.8	5.0	4.0	3.0	0.75	0.49	0.14	<0.01	<0.02	0.051	0.010	0.001	35	26	3.9	6.2	16	35	22	0.4	
西の洲沖	下層	12	14	7.4	4.6	4.1	2.9	0.82	0.81	0.14	<0.01	<0.02	0.065	0.006	0.001	34	26	3.9	6.2	17	35	22	0.4	
	上層	12	13	7.0	5.2	4.0	2.9	0.81	0.48	0.13	<0.01	<0.02	0.05	0.009	0.001	34	26	3.9	6.2	16	35	23	0.4	
麻生沖	下層	12	14	7.1	5.0	4.1	2.9	0.77	0.47	0.13	<0.01	<0.02	0.061	0.007	0.001	33	26	3.9	6.2	17	35	20	0.4	
	上層	12	17	7.3	5.2	4.2	2.9	0.75	0.45	0.11	<0.01	<0.02	0.065	0.010	0.001	36	31	4.2	6.9	17	44	20	0.5	
土浦沖	下層	12	19	7.5	5.0	4.3	3.0	0.79	0.47	0.11	<0.01	<0.02	0.086	0.006	0.001	34	31	4.1	7.0	17	43	20	0.5	
	上層	12	15	7.1	4.9	3.9	2.8	1.8	1.5	1.2	0.02	0.05	0.068	0.011	0.002	38	27	4.8	6.0	19	34	27	3.0	
山王川沖	下層	12	15	7.0	4.7	3.8	2.8	1.9	1.6	1.3	0.02	0.05	0.085	0.008	0.003	41	27	4.9	6.2	20	34	26	3.0	
	上層	12	8	5.0	3.5	2.7	2.0	2.2	1.9	1.8	0.02	0.02	0.053	0.007	0.002	21	19	2.6	5.2	16	17	23	8.2	
安藤沖	下層	12	8	5.1	3.2	2.8	2.1	2.1	1.9	1.7	0.02	0.02	0.089	0.006	0.004	22	19	2.7	5.4	16	18	22	7.7	
	上層	14	16	6.5	3.7	2.9	1.8	6.7	6.4	5.8	0.07	0.46	0.097	0.009	0.007	80	23	4.1	10	22	28	26	13	
阿玉沖	下層	13	17	6.6	3.3	2.7	1.7	6.7	6.4	5.9	0.05	0.32	0.11	0.007	0.003	76	23	4.0	10	22	28	26	13	
	上層	12	13	6.6	3.6	3.3	1.9	4.0	4.0	3.9	0.05	0.03	0.048	0.004	0.002	52	23	3.4	9.4	20	30	24	10	
武井沖	下層	12	14	6.6	3.3	3.3	1.9	4.1	3.9	3.8	0.04	0.02	0.071	0.003	0.002	51	23	3.5	9.4	20	30	24	9.9	
	上層	13	15	7.4	4.2	4.0	2.6	1.9	1.6	1.1	0.02	<0.02	0.057	0.003	0.001	74	25	3.7	8.1	18	32	21	2.5	
釜谷沖	下層	12	20	7.7	4.3	4.0	2.6	2.1	1.7	1.3	0.02	<0.02	0.078	0.003	0.001	77	25	3.7	8.2	18	33	22	2.7	
	上層	13	14	7.8	4.6	4.2	2.8	1.4	1.1	0.78	0.01	<0.02	0.045	0.003	0.001	74	26	3.7	8.0	18	35	21	0.8	
神宮橋	下層	12	19	8.1	4.4	4.2	2.8	1.5	1.1	0.82	0.01	<0.02	0.075	0.003	0.001	76	26	3.8	8.1	18	34	21	0.9	
	上層	13	18	8.1	5.0	4.5	2.9	0.95	0.82	0.15	0.01	<0.02	0.073	0.005	0.001	68	42	4.3	9.5	19	59	21	0.1	
外浪逆浦	下層	12	25	8.5	4.9	4.5	3.0	0.97	0.44	0.08	0.01	<0.02	0.088	0.003	0.001	73	50	4.9	10	20	73	23	0.1	
	上層	12	12	7.7	5.1	4.2	3.2	0.68	0.39	0.02	<0.01	0.02	0.049	0.006	0.001	44	57	5.3	10	20	85	23	<0.1	
息栖	下層	12	12	7.4	5.1	4.2	3.1	0.78	0.39	0.02	<0.01	0.02	0.072	0.003	0.001	44	58	5.7	10	20	87	27	<0.1	
	上層	12	9.0	7.6	5.1	4.3	3.2	0.62	0.33	<0.01	<0.01	<0.02	0.059	0.006	0.001	36	66	5.7	11	21	100	27	<0.1	
	下層	12	10	7.4	5.1	4.4	3.1	0.67	0.35	<0.01	<0.01	<0.02	0.063	0.005	0.002	36	66	5.8	11	21	100	27	<0.1	

表 12 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (3月)

平成30年3月10日		DO (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	COD (mgL ⁻¹)	d-COD (mgL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)	DOC (mgL ⁻¹)	TN (mgL ⁻¹)	DTN (mgL ⁻¹)	NO ₃ -N (mgL ⁻¹)	NO ₂ -N (mgL ⁻¹)	NH ₄ -N (mgL ⁻¹)	TP (mgL ⁻¹)	DTP (mgL ⁻¹)	PO ₄ -P (mgL ⁻¹)	Chla (μg ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	SRSI (mgL ⁻¹)	
掛馬沖	採水層																							
	上層	11	14	6.1	4.5	3.9	2.8	1.0	0.79	0.43	0.01	0.02	0.063	0.018	0.004	40	25	4.1	6.2	17	32	22	0.1	
	下層	10	16	6.3	4.8	3.8	2.8	1.0	0.79	0.45	0.01	0.02	0.057	0.013	0.004	44	26	4.2	6.3	17	32	23	0.1	
木原沖	上層	10	15	6.3	5.0	3.8	2.8	0.97	0.85	0.3	<0.01	0.03	0.087	0.016	0.006	35	26	4.0	6.5	17	34	23	0.1	
	下層	10	18	6.5	5.0	3.7	2.8	0.9	0.59	0.27	<0.01	0.03	0.061	0.012	0.003	37	26	3.9	6.5	17	34	23	0.2	
牛込沖	上層	10	14	5.9	5.3	3.8	3.5	0.84	0.62	0.24	<0.01	0.04	0.086	0.019	0.009	29	26	3.9	6.5	17	34	22	0.2	
	下層	10	21	6.4	5.1	3.8	2.9	0.88	0.63	0.25	<0.01	0.05	0.080	0.014	0.006	27	26	4.0	6.5	17	34	22	0.3	
高浜沖	上層	10	12	6.1	4.7	3.5	2.7	1.7	1.4	0.87	0.01	0.06	0.070	0.020	0.006	32	21	3.5	6.2	17	25	21	3.3	
	下層	10	12	6.1	4.7	3.5	2.7	1.8	1.4	1.0	0.01	0.07	0.085	0.017	0.006	33	22	3.5	6.2	17	25	21	3.4	
玉造沖	上層	10	13	6.4	4.7	3.5	2.7	1.4	1.1	0.80	0.01	0.08	0.071	0.023	0.012	30	22	3.5	6.0	16	26	20	2.4	
	下層	10	17	6.4	5.0	3.7	2.8	1.0	0.81	0.38	<0.01	0.08	0.089	0.018	0.018	34	25	3.9	6.4	16	33	22	0.7	
湖心	上層	10	21	6.4	4.8	3.9	2.8	0.92	0.56	0.21	<0.01	0.04	0.093	0.018	0.003	26	27	3.9	6.6	17	35	22	0.2	
	下層	10	22	6.6	4.8	4.0	2.8	0.85	0.61	0.21	<0.01	0.04	0.080	0.014	0.004	33	27	4.0	6.5	17	34	22	0.2	
西の淵沖	上層	10	13	6.3	5.1	3.7	2.8	0.84	0.61	0.22	<0.01	0.05	0.067	0.017	0.002	31	26	4.0	6.5	17	35	23	0.2	
	下層	10	14	6.2	5	3.8	2.8	0.85	0.58	0.21	<0.01	0.05	0.072	0.015	0.001	31	27	4.0	6.5	17	35	22	0.2	
麻生沖	上層	10	20	6.7	5.5	4.0	3.0	0.96	0.66	0.24	0.01	0.04	0.088	0.016	0.002	46	43	4.8	8.8	19	60	22	1.8	
	下層	10	21	7.1	5.4	4.1	3.1	1.0	0.65	0.24	0.01	0.05	0.10	0.017	0.004	51	43	4.8	8.8	19	61	23	1.8	
土浦沖	上層	10	18	6.2	4.9	3.6	2.7	1.9	1.6	1.0	0.02	0.16	0.099	0.022	0.004	35	22	4.1	5.2	17	27	22	2.9	
	下層	9.7	19	6.2	4.7	3.7	2.7	1.7	1.4	0.89	0.02	0.14	0.10	0.018	0.004	39	22	4.0	5.4	17	27	23	2.6	
山王川沖	上層	9.2	26	6.6	4.4	3.5	2.5	2.2	2.0	1.4	0.02	0.14	0.14	0.035	0.004	24	14	2.6	4.2	13	14	17	5.6	
	下層	9.7	26	6.8	4.5	3.4	2.5	2.1	1.9	1.4	0.02	0.13	0.12	0.032	0.007	27	15	2.7	4.4	14	15	17	5.6	
安塚沖	上層	7.7	68	8.1	5.6	4.8	3.1	4.0	3.6	2.5	0.04	0.68	0.20	0.043	0.008	19	13	3.7	4.9	13	15	18	7.7	
	下層	7.3	106	10	5.4	5.1	3.0	4.1	3.7	2.6	0.04	0.70	0.27	0.039	0.007	19	13	3.6	4.9	13	15	18	7.8	
阿玉沖	上層	10	26	7.2	4.0	3.0	2.1	3.7	3.4	2.9	0.04	0.05	0.10	0.011	0.006	93	22	3.7	8.8	19	27	22	7.3	
	下層	10	26	7.2	3.7	3.0	2.0	3.7	3.5	2.9	0.04	0.05	0.11	0.008	0.006	86	23	3.6	8.8	19	27	22	7.0	
武井沖	上層	11	23	8.4	4.4	4.1	2.5	1.8	1.5	1.0	0.01	0.02	0.088	0.006	0.006	130	26	3.7	8.5	18	33	21	1.4	
	下層	11	26	8.4	4.2	4.2	2.5	2.0	1.4	1.0	0.01	0.02	0.085	0.005	0.005	110	26	3.6	8.4	18	33	21	1.5	
釜谷沖	上層	10	24	9.0	4.6	4.5	2.7	1.2	0.68	0.40	0.01	<0.02	0.074	0.004	0.004	100	27	3.7	8.2	17	36	21	0.5	
	下層	10	26	9.1	4.5	4.5	2.7	1.3	0.76	0.39	0.01	0.02	0.084	0.004	0.004	130	27	3.7	8.3	18	35	20	0.5	
神宮橋	上層	9.9	34	8.6	4.8	4.1	2.8	0.99	0.41	0.16	<0.01	0.02	0.10	0.008	0.003	81	39	4.3	8.6	18	52	22	0.1	
	下層	9.7	36	8.7	4.8	4.1	2.8	1.0	0.80	0.16	<0.01	0.02	0.11	0.007	0.001	85	38	4.2	8.6	18	53	22	0.1	
外浪逆浦	上層	10	26	7.9	5.1	4.1	2.8	0.84	0.50	0.13	<0.01	0.06	0.089	0.011	0.001	60	41	4.5	8.3	18	57	23	0.2	
	下層	10	21	7.5	5.1	4.0	2.9	0.8	0.52	0.13	<0.01	0.06	0.077	0.010	0.003	55	40	4.5	8.2	18	58	24	0.2	
息柁	上層	10	15	7.4	5.0	4.1	2.9	0.8	0.48	0.13	<0.01	0.03	0.075	0.010	0.004	45	42	4.5	8.4	18	58	23	0.1	
	下層	10	19	7.8	5.0	4.1	2.9	0.78	0.49	0.14	<0.01	0.04	0.089	0.012	0.003	51	41	4.5	8.3	18	57	23	0.1	

1-5 霞ヶ浦の水質変動に関する調査研究

1 目的

霞ヶ浦に関する流域及び湖内に関する各種の資料やデータ（水質やプランクトン等）を用いて、霞ヶ浦の長期的な水質変動要因を解析する。

なお、本事業は、国立環境研究所との共同研究で実施した。

2 方法

気象、河川水質、湖内物理、湖内化学、湖内生物、底質に関する 1970 年代から 2010 年代までの連続環境パラメータの年平均値を用いて、時系列変動解析（レジームシフト解析）を行った。レジームシフト解析に用いたデータソースは、以下の 6 つのカテゴリーごとに分けて解析した。

1) 気象パラメータ群、2) 河川水質パラメータ群、3) 湖内物理パラメータ群、4) 湖内化学パラメータ群、5) 湖内生物パラメータ群、6) 底質パラメータ群。

レジームシフトの同期性を議論する際に、より上位の環境因子で起こったレジームシフトが下位の環境因子に影響を及ぼす際の影響の強さによって、レジームシフトの発生の有無やそのタイミングが異なってくる可能性のあることも考慮した（図 1）。

レジームシフト解析は R によるパラメータ群ごとに主成分分析を行い、各主成分スコアの時系列データを用いて、Excel のマクロ機能（STARS）によりレジームシフトの有無とそのタイミングを決定した。5%の有意確率で、Cut-off Length は 10 年とし、

Red noise estimation は IP4 を選択した。詳細は Möllmann and Diekmann (2011) に従った。

もう一つのレジームシフト解析として、R ソフトウェア上で Chronological Clustering を読み出し、Vegan と rioja という R パッケージを読み込ませ、時系列クラスタリング解析を行った。本手法は DNA 解析等でも多用されている通常のクラスタリング解析（似た配列を近い枝になるように配置する樹形図として出力される）の一種であるが、水質が似通った 2 つの年がある場合でも、それらの年が離れている場合には、樹形図で近い枝として配置されない等の工夫がなされているために、有用であると判断した。

上記 2 種類のレジームシフトの解析結果を、霞ヶ浦の西浦と北浦別々に、水質に関連する上位パラメータ群から湖内パラメータ群まで、同一の時間軸上に整理しなおし、最長で過去 44 年間におけるレジームシフトの有無とその発生タイミングとその大きさ、内容に関する結果を比較検討した。

3 結果

本解析結果を図 2, 3 に示す。その結果、以下の 2 点が明らかとなった。

- ・西浦では、透明度が大きく低下した時期のはじまりと終わりに同調するように湖内の化学、生物、

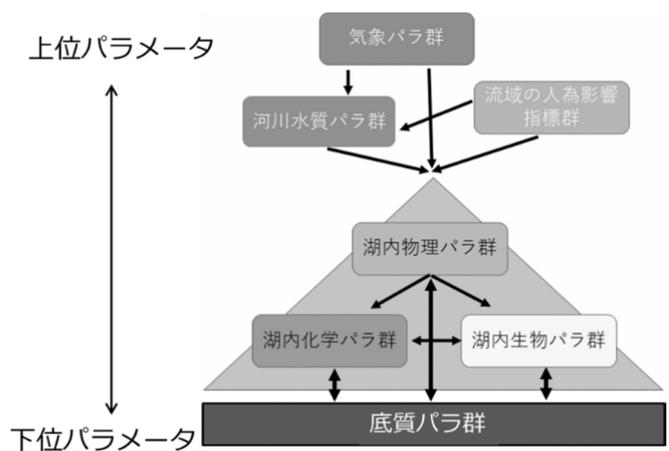


図 1 解析したパラメータ群の階層構造

物理パラメータでレジームシフトが生じていた。

- ・北浦では、湖内水質パラメータで4回のレジームシフトが見られ、うち2回のシフトタイミングは流入河川の水質パラメータのシフトとおおよそ一致していた。

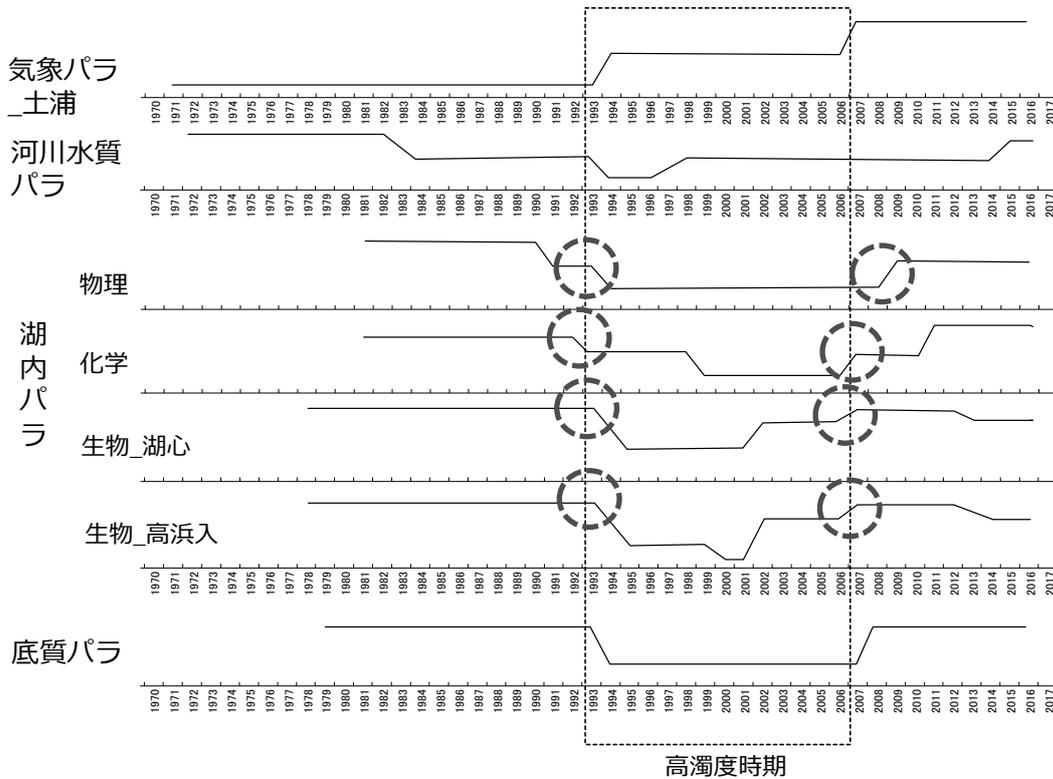


図2 西浦における各パラメータのレジームシフト解析結果

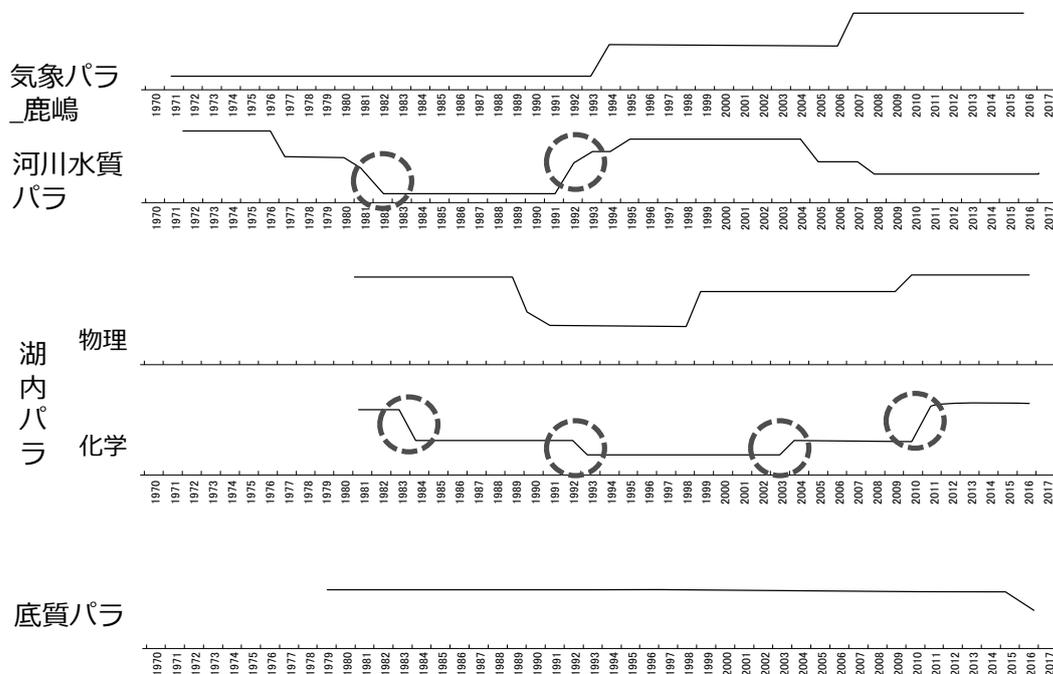


図3 北浦における各パラメータのレジームシフト解析結果

1-6 平成 29 年度のアオコ発生について

1 事業目的

霞ヶ浦のアオコ発生については、アオコ回収等の対策に資する調査・研究が求められている。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共に、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する。

2 方法

(1) 調査地点

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 9 地点で行った(図 1)。表 1 に全観測点の緯度経度を示す。

(2) 調査時期

平成 29 年 6 月 2 日から 9 月 19 日の間、週に 1 回の頻度で調査を行った。なお、調査は週の前半に行い、7 月第 4 週は悪天候のため中止した。

(3) 調査項目

表層 20 cm の湖水(以下、表層水と記す)を対象とした。アクリル製カラム($\phi 10$ cm \times 50 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、攪拌した後に水温を測定し、1 L ポリビンに入れてクーラーボックスで保冷し、実験室へ持ち帰った。

(4) 分析項目及び測定方法

分析項目は、TN、TP、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P、フィコシアニン、クロロフィル a とした。

TN、TP の測定には、オートアナライザー

(SWAAT28) を用いた。NO₃-N、

NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P の分析には、Whatman GF/B

(poresize $\phi=1$ μ m) で懸濁物を除去した濾水を用い、

オートアナライザー (QuAAtro2-HR) で測定した。フ

ィコシアニンの測定は福島ら¹⁾を参考にし、フィコ

シアニンを示す 640 nm の蛍光強度測定には、分光蛍

光光度計 (HITACHI, F-4500) を用いた。クロロフィル a は新編湖沼調査法²⁾を参考に、ユネスコ法

に準拠して行った。測定には SHIMADZU, UV-2550 を用い、エタノールをブランクとして、波長 750

nm, 663 nm, 645 nm, 630 nm の吸光度を測定した後、クロロフィル a を計算した。

(5) アオコ情報の発信

アオコ情報は、週末に当センターのホームページへ掲載し、同時に当センターの twitter アカウント (@kasumigaura12) で周知を行い、アオコ等対策連絡会議メンバーへ送付した。

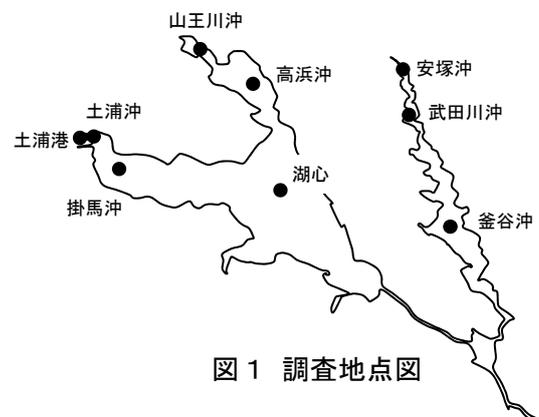


図 1 調査地点図

表 1 調査地点緯度経度

調査地点	緯度経度
土浦港	36° 04'45"N 140° 12'33"E
土浦沖	36° 04'49"N 140° 13'21"E
掛馬沖	36° 03'17"N 140° 14'50"E
湖心	36° 02'17"N 140° 24'15"E
山王川沖	36° 08'75"N 140° 19'77"E
高浜沖	36° 07'18"N 140° 22'39"E
安塚沖	36° 07'59"N 140° 31'24"E
武田川沖	36° 05'50"N 140° 31'45"E
釜谷沖	36° 00'34"N 140° 34'10"E

2 アオコの発生状況

(1) 平成 29 年度のフィコシアニン濃度の推移 (図 2)

西浦の期間平均値は 25 $\mu\text{g/L}$, 最大値は 8 月 9 日に山王川沖で示した 140 $\mu\text{g/L}$ (アオコレベル 2 程度) であった。

北浦の期間平均値は 300 $\mu\text{g/L}$, 最大値は 7 月 19 日に安塚沖で示した 2400 $\mu\text{g/L}$ (アオコレベル 4 程度) であった。西浦では期間中低濃度で推移したが、北浦では 7 月から 8 月中旬にかけて高い濃度で推移した。

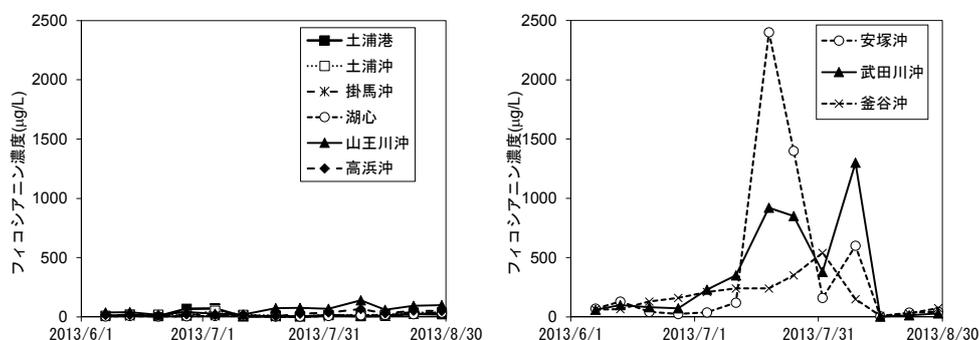


図 2 フィコシアニン濃度の推移 (左: 西浦, 右: 北浦)

(2) 過去 3 年間 (H26~H28) のフィコシアニン濃度との比較 (図 3)

西浦の 3 地点 (土浦沖, 湖心, 山王川沖) と, 北浦の 3 地点 (安塚沖, 武田川沖, 釜谷沖) のフィコシアニン濃度を過去 3 年間の濃度と比較した。

西浦 3 地点では, 過去 3 年間よりも低濃度で推移した。北浦は全地点で 7 月は高濃度で推移した。

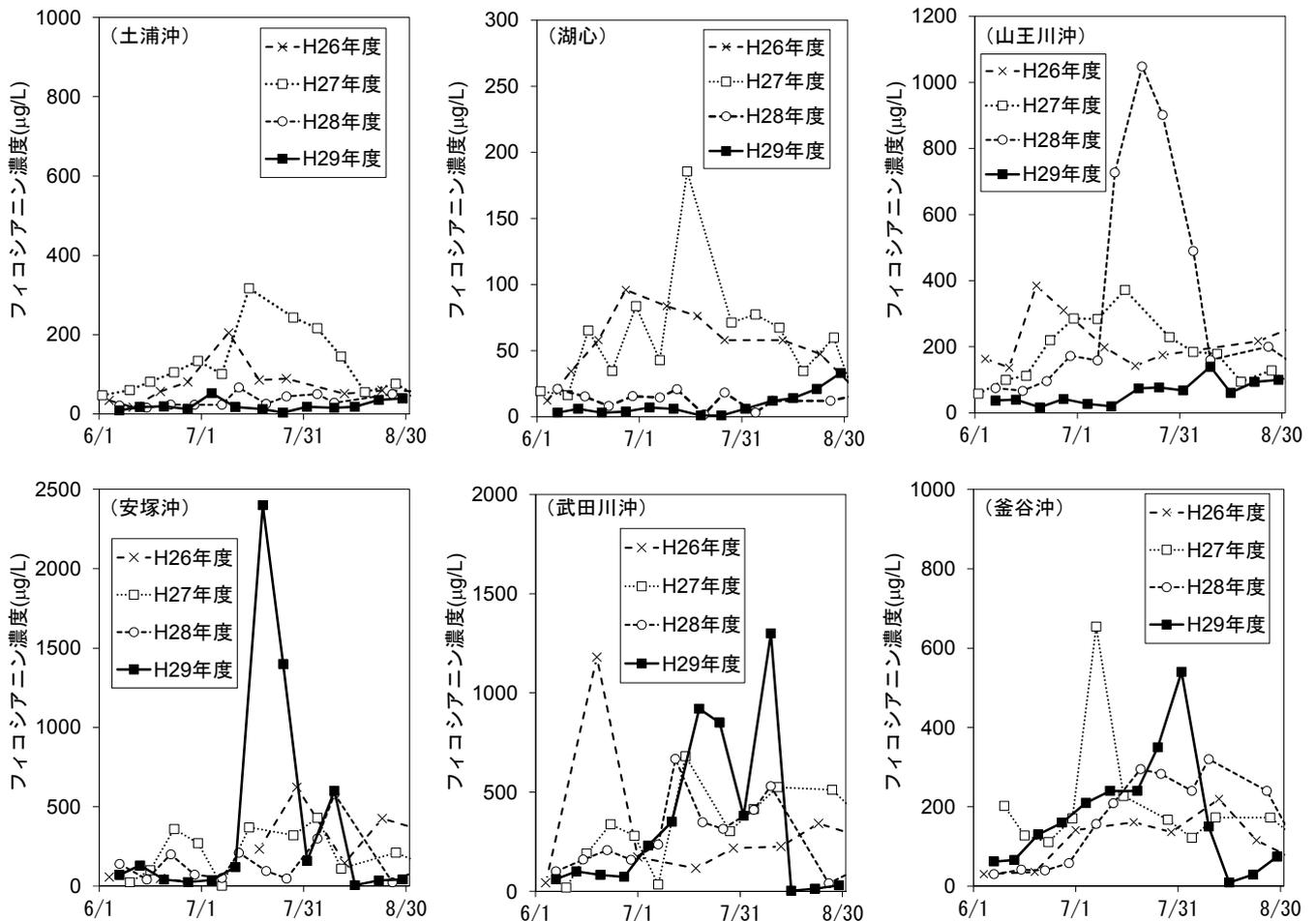


図3 湖内6地点におけるフィコシアニン濃度の推移

3 アオコの発生と栄養塩及び気象条件との関係

平成29年度は、西浦と北浦で発生量の差が見られたことから、西浦（湖心）と、北浦（釜谷沖）について、アオコの発生に影響する栄養塩（DINと $\text{PO}_4\text{-P}$ ）と水温の状況について比較検討した。

(1) 栄養塩（図4）

溶存無機態窒素（DIN）については、湖心と釜谷沖いずれも、7月中旬まではアオコの増殖に適した濃度とされる 0.1 mg/L 以下で推移し、その後上昇した。

りん酸態りん（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）については、湖心では7月上旬までアオコの増殖に適した濃度とされる 0.01 mg/L 以下で推移していたが、同時期の釜谷沖は、 0.01 mg/L 程度またはそれ以上で推移した。また釜谷沖では6月中旬からフィコシアニン濃度が上昇していたことから、6月の $\text{PO}_4\text{-P}$ の濃度が、その後の西浦と北浦のアオコの発生状況の差に影響した可能性がある。

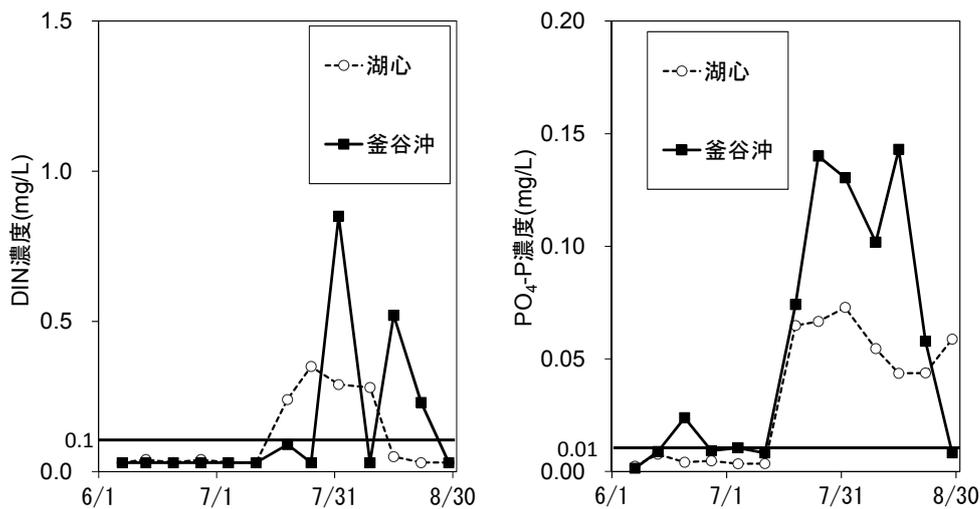


図4 平成29年度の湖心と釜谷沖におけるDINとPO₄-P推移の比較

(2) 水温 (図5)

湖心と釜谷沖は7月上旬まで同程度で推移したが、7月中旬から8月下旬にかけては釜谷沖が湖心より1.5℃ほど低く推移していた。水温の推移をみると北浦よりも西浦においてアオコが発生しやすくなっていたが、ミクロキスティス以外の植物プランクトンが優占し、結果としてアオコの発生が抑えられた可能性がある。

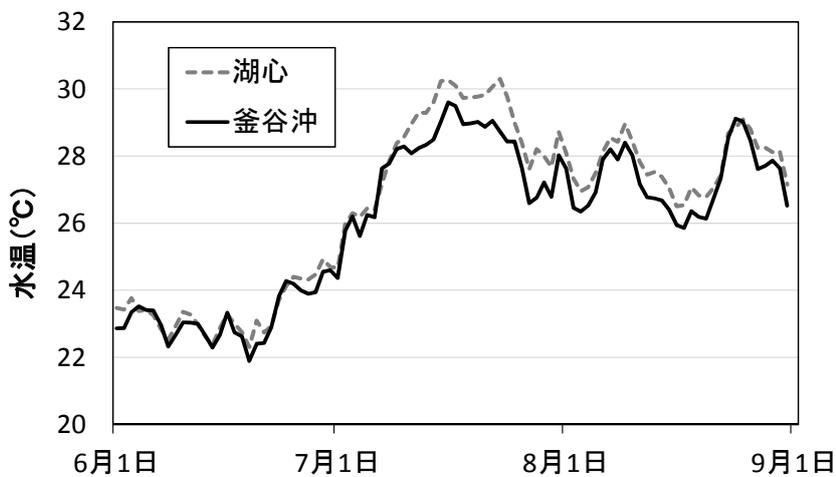


図5 湖心及び釜谷沖における水温の推移

4 まとめ

今年度は過去3年間と比較すると、北浦においてアオコの発生が若干多くなった。その原因としては、6月のPO₄-P濃度が高かったことによるものと考えられる。

1-7 アオコの動態解明に関する調査研究事業

1 事業目的

霞ヶ浦では、平成 23 年度（2011 年）にアオコの大発生がみられた。透明度が藍藻の増殖に適した状況になりつつあることから、今後もアオコの発生が想定されるため、アオコが発生する時期、場所、規模等を制度よく予測して生活環境の保全に資することを目的とし、平成 27 年から調査研究を開始した。アオコの発生因子の一つとして、底泥中に存在する *Microcystis* に着目したが、底泥中の *Microcystis* 細胞数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。そこで本事業では、既往研究¹⁾を応用して底泥中の *Microcystis* の DNA から細胞数を推定しているが、その測定精度に関しては検討が不足している。そこで、底泥中に存在する *Microcystis* 現存量の推定手法について検討した。

2 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、濃縮培養液を 10 倍で段階希釈し 3 回し繰り返して異なる細胞濃度の培養液を得た。そして、この異なる細胞濃度の培養液を、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 の抽出効率は、Extrap Soil DNA Kit Plus ver. 2 (J-Bio)、Fast DNA spin kit for Soil (Bio101)、Power Soil DNA isolation kit (MoBio) によって推定された混合試料中の細胞数と実際の細胞数を用いて算出した。DNA 濃度の測定は、リアルタイム PCR (7500 Real-Time PCR System, Applied Biosystems) を用い、プライマーは Micro233f と Cyano342r を用いた¹⁾。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°C で 15 秒熱処理した後、95°C・15 秒、62°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* 細胞数との関係式は、濃縮培養液を 6 倍で段階希釈し 7 回し繰り返したものの細胞数と測定値から算出した。

(2) 測定値のばらつきに関する検討

測定値のばらつきを明らかにするため、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 DNA 抽出液を用いた。測定値のばらつきは、DNA 抽出液を段階希釈（底泥に添加した系：3 倍、蒸留水に添加した系：5 倍）し 6 回し繰り返したものを用い、少なくとも 15 回以上の繰り返し測定を行って、変動計数（相対標準偏差）で評価した。

3 結果と考察

(1) 精製キットによる抽出効率の検討

蒸留水との混合試料中に含まれる細胞数とリアルタイム PCR 測定値から推定された細胞数との

関係を図1に、底泥との混合試料に含まれる細胞数とリアルタイムPCR測定値から推定された細胞数との関係を図2に示す。底泥との混合試料は、Bio101で抽出を行ったものは検出できなかった。蒸留水に添加した場合、底泥に添加した場合いずれも、J-Bioの抽出効率が高かった（蒸留水：34±0.2%，底泥：103±0.7%）。

(2) 測定値のばらつきに関する検討

図3に、測定値のばらつきを示す。本条件では1well中の細胞濃度が1.0×10² cells/μL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。

4 まとめ

底泥中の*Microcystis*の測定に対し、湖水を対象とした既往研究を参考に測定精度について検討した。市販のDNA抽出キットごとの抽出効率を検討したところ、今回用いた三種類の抽出キットのうち、Extrap Soil DNA Kit Plus ver. 2 (J-Bio)が最も高い抽出効率を示した。また、測定精度の安定性について検討したところ、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。

参考文献

1) Noriko Tomioka, Akio Imai and Kazuhiro Komatsu, 2011. Effect of light availability on *Microcystis aeruginosa* blooms in shallow hypereutrophic lake Kasumigaura, *Journal of Plankton Research* **33**(8), 1263-1273.

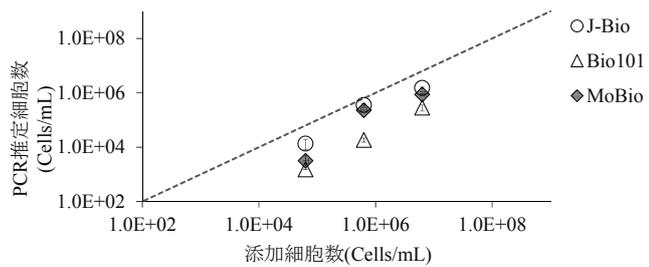


図1 蒸留水に添加した細胞数とPCRで測定した細胞濃度の関係。エラーバーは標準偏差を示す。

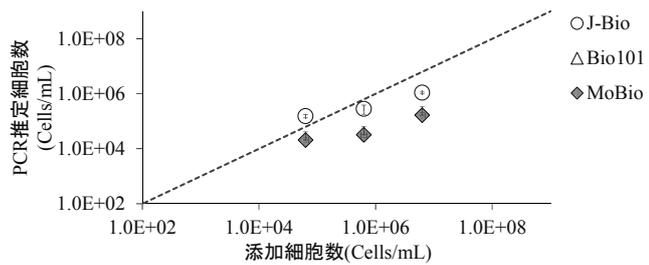


図2 底泥に添加した細胞数とPCRで測定した細胞濃度の関係。エラーバーは標準偏差を示す。

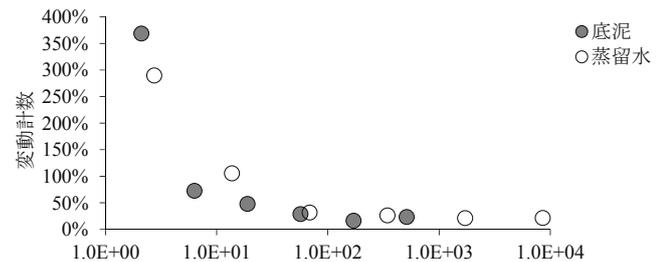


図3 PCRによって実測された細胞濃度と繰り返し測定による相対標準偏差の関係。

1-8 底生生態系における *Microcystis* の分解過程と餌資源としての役割

(科研費による調査研究事業)

1 事業目的

霞ヶ浦では *Microcystis* を主とするアオコが夏季に増殖することがあるが、生態系に与える影響については不明である。霞ヶ浦におけるこれまでの研究では、湖水中における *Microcystis* のアオコが見られない時期にも、*Microcystis* は表層を中心とした底泥に堆積していることが明らかとなっている¹⁾。また、*Microcystis* によるアオコが生態系へ与える影響は、生食連鎖よりも腐食連鎖を通じている可能性が示されている²⁾。これらのことから、本研究では底生生態系に対する *Microcystis* の役割を明らかにすることを目的とした。本年は、底質表層に堆積した *Microcystis* の分解過程を明らかにする目的で、室内において分解実験を行った。

2 方法

(1) ^{13}C と ^{15}N を用いた *Microcystis* のラベリング

Microcystis の挙動を追いやすくするため、既往研究²⁾を参考に ^{13}C と ^{15}N を用いて *Microcystis* をラベリングした。実験に使用するための *Microcystis* を主とするアオコは、2017年7月に北浦から採取し、実験まで4℃で保存したものをを用いた。なお、実験に用いたアオコが *Microcystis* を主とする群集であることは、検鏡にて確認した。アオコを3000×gで10分間遠心分離して濃縮した後、 ^{13}C と ^{15}N を高濃度に含むMA培地2Lに500mLのアオコを添加し、25℃、1500luxの条件下で24時間培養した。 ^{13}C と ^{15}N を高濃度に含むMA培地は、 ^{15}N でラベリングされた KNO_3 を用い、また ^{13}C - NaCO_2 を終濃度が200mg/Lになるように添加して作成した。pHは1N HClと1N NaOHを用いて調整し、24時間馴致した。その後、3000×gで10分間遠心分離して500mLに濃縮し、掛馬沖で7月に採水した湖水4Lに懸濁させて実験に供した。なお、湖水に懸濁させたときの細胞数はおよそ 1.6×10^7 cell/mLであった。

(2) 分解過程を明らかにするための室内実験

分解過程を明らかにするために、ラベリングした *Microcystis* を含む湖水100mLと掛馬沖で7月に採取された泥20mLを混合した系(A)、対象系として、ラベリングした *Microcystis* を含む湖水100mLの系(B)、ラベリングした *Microcystis* を含まない湖水100mLの系(C)の三種を準備した。培養温度は、2007年から2011年までの湖心における9月から12月の表層水温の平均値を参考に15℃とした。また、霞ヶ浦データベース³⁾を参考に霞ヶ浦の湖底を再現する目的で暗条件とした。培養後、直後(0日目)、1日目、2日目、5日目、12日目、26日目、54日目のサンプルを採取し、水温、DO、TN、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TOC、DOC、TC、*Microcystis* 細胞数、炭素・窒素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$)を測定した。それぞれの測定は、TNはJIS K 0170-3 (SWAAT 28, BLTEC)、 $\text{NO}_x\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ はJIS K 0170-1,2 (QuAAtro, BLTEC)、TOCとDOCはJIS K 0102 (TOC-L, Shimadzu)、TCは元素分析装置(EuroEA3000, EuroVector)、*Microcystis* 細胞数は既往研究⁴⁾を参考にリアルタイムPCR(7500 Real-Time PCR System, Applied Biosystems)、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ はIRMS (Finnigan DELTAplus Advantage, Thermo Fisher Scientific)を用いた。

3 結果と考察

実験中の水温は 15°C, DO は 4.0 mg・L⁻¹ 程度に保たれていた。実験中における水中の *Microcystis* 細胞数の変化を図 1 に示す。底泥と混合した A 系では、湖水だけの B 系と比較して速やかに細胞数が低下した。底泥の *Microcystis* 細胞数の変化を図 2 に示す。実験に用いた底泥の初期細胞数は 1.1 × 10⁵ cells/g wet sediment であったが、実験開始直後におよそ 2.0 × 10⁷ cells/g wet sediment まで上昇した。これは、実験開始時に底泥と湖水が混合されたことによって、底泥とともに *Microcystis* 細胞が沈降したために湖水から除かれたと推察された。

底泥中の *Microcystis* 細胞数は、2 日目以降に減少し、12 日目には検出できなくなった。検出できなくなった理由は、我々が

Microcystis rDNA を検出するために用いたプライマーセットが、ターゲット DNA とは別のものを増幅するようになったため、ターゲット DNA の定量ができなくなったことが原因であった。このことは、*Microcystis* の rDNA が生物的な分解を受けていることを示唆していると考えられた。

4 まとめ

室内実験の結果、*Microcystis* 細胞は底泥と混合されることで速やかに湖水から底泥へと移行した。また、2 日目以降から減少したが、その理由として底泥中において生物的な分解を受けていることが示唆された。

参考文献

- 1) 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.
- 2) A de Kluijver, J Yu, M Houtekamer, JJ Middelburg, Z Liu, 2012. Cyanobacteria as a carbon source for zooplankton in eutrophic Lake Taihu, China, measured by 13C labeling and fatty acid biomarkers. *Limnology and Oceanography* 57 (4), 1245-1254.
- 3) 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
- 4) Noriko Tomioka, Akio Imai and Kazuhiro Komatsu, 2011. Effect of light availability on *Microcystis aeruginosa* blooms in shallow hypereutrophic lake Kasumigaura. *Journal of Plankton Research*, 33(8), 1263-1273.

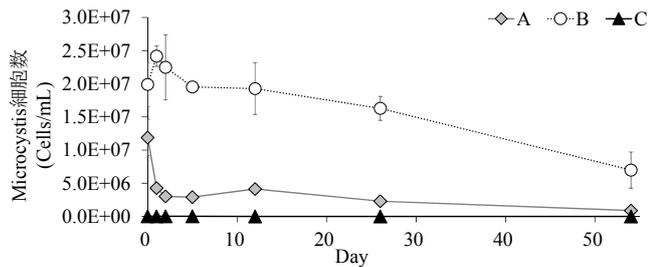


図 1 水中の *Microcystis* 細胞数の変化。エラーバーは標準偏差を示す。

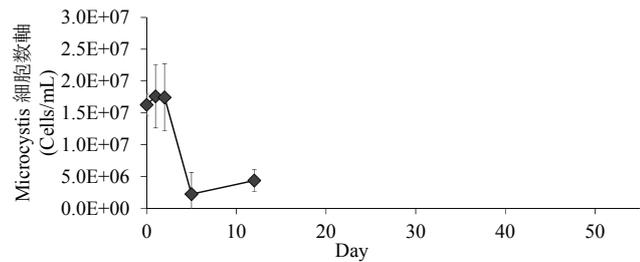


図 2 水中の *Microcystis* 細胞数の変化。エラーバーは標準偏差を示す。

1-9 北浦流域の窒素の動態に関する調査研究事業

1 目的

北浦に流入する河川の全窒素濃度（環境基準点 8 地点における年平均値の平均値）は、昭和 47 年度（0.9 mg/L）から平成 19 年度（6.2 mg/L）にかけて継続的に上昇し、それ以降も 5.0～5.8 mg/L と、西浦流入河川（環境基準点 14 地点における年平均値の平均値として 2.9～3.3 mg/L）と比べて高いレベルで推移している¹⁾。このように高い窒素濃度となっている大きな要因として、北浦流域では農畜産業が盛んに行われていることから、農地（特に畑地）に投入された化成肥料や堆肥等に由来する窒素が表流水及び地下水とともに河川に流出していることが考えられる。実際に、北浦流入河川の 1 つである銚田川の流域において、畑地の土壤中硝酸態窒素（NO₃-N）は表層に近いほど高く、かつ森林よりも高かったことから、畑地では施肥由来の NO₃-N が土壌表層付近に蓄積していると考えられる²⁾。しかし、流域の土壌や地下水における窒素成分の分布状況や、窒素が投入されてから河川に流出するまでに要する時間等については十分明らかになっていない。

そこで本事業は、北浦流域における窒素成分の挙動（化学形態変化や流出過程等）を解明し、環境容量に基づく窒素投入量の上限值を検討することを目的とする。そのために、河川、地下水及び土壌の現地調査を行うとともに、流域の土壌－地下水－河川系における窒素成分の挙動を計算するモデルを構築し、土壌や地下水中の窒素蓄積量、並びに河川水中窒素濃度及び北浦への窒素流入負荷量の今後の推移について予測する。

2 方法

(1) 河川調査

① 調査頻度・地点

北浦の主要流入河川である巴川及び銚田川、並びに流域が銚田川の南東側に隣接する長茂川を対象に、毎月 1 回、平水時（降雨に伴う出水の影響がない、あるいは小さい状態）に調査を行った。調査地点は、銚田川で 9 地点（本川 4 地点（H1～H4）、支流 5 地点（h1～h5））、巴川で 9 地点（本川 3 地点（T1～T3）、支流 6 地点（t1～t6））、長茂川で 1 地点（N）それぞれ設定した（図 1）。なお、H1 は環境基準点（旭橋）より約 100 m 上流側、T1 は環境基準点（新巴川橋）と同地点である。

② 測定・分析項目

流量、pH、電気伝導率（EC）、懸濁物質（SS）、化学的酸素要求量（COD）、溶存成分の COD（dCOD）、全有機態炭素濃度（TOC）、溶存有機態炭素濃度（DOC）、窒素濃度（全窒素（TN）、溶存態全窒素（DTN）、硝酸態窒素（NO₃-N）、亜硝酸態窒素（NO₂-N）、アンモニア態窒素（NH₄-N）、りん濃度（全りん（TP）、溶存態全りん（DTP）、りん酸態りん（PO₄-P）、他

(2) 地下水調査

本年報研究報告 1-1 を参照。

(3) 土壌調査

① 調査地点

畑地土壌における窒素成分の鉛直分布をより詳細に把握するため、茨城県立銚田農業高等学校内の畑圃場（図 1）において平成 29 年 11 月 25 日に土壌ボーリング調査を行い、地表面から深さ

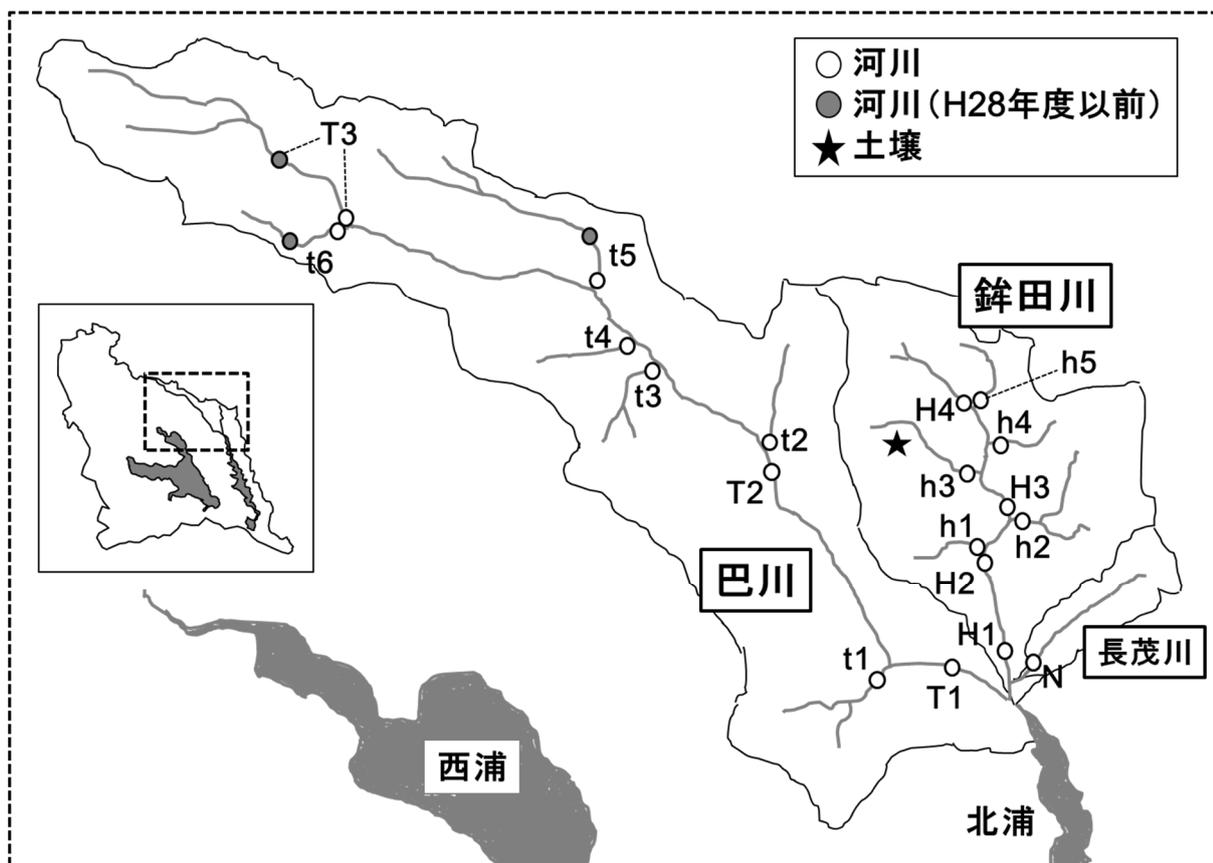


図 1. 調査地点

12m までの不攪乱土壌コアを採取した。本圃場では、例年春～夏に葉物野菜及びトウモロコシ、秋～初冬にハクサイ等を作付し、肥料は各作物に対して標準的な量を施用している。なお、深さ 6.1 m (砂質土層内) に地下水位が認められた。

② 分析項目

採取した土壌コアを地表面から 20～40 cm 間隔で切り分け、各層の土壌間隙水中窒素濃度 (DTN, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N) 及び主要陽イオン・イオン濃度、並びに交換態 (2 M 塩化カリウム抽出³⁾) NO₃-N 濃度を定量した。

(4) 銚田川・巴川流域窒素動態モデルの構築

銚田川・巴川流域を対象に、土壌－地下水－河川系における窒素成分の挙動を計算するモデルを構築するとともに、計算に必要な各種データ (土地利用分布, 栽培作物種の空間分布及び作付面積, 畜舎の分布及び飼養頭羽数等) の収集及び整備を行った (一部業務委託)。

3 結果の概要

(1) 河川調査

当センターでは、銚田川では平成 25 年度、巴川では平成 27 年度から本年度と同様の河川調査を継続して行っている。調査開始年度から本年度までの銚田川、巴川における河川水中窒素濃度の推移を図 2 及び図 3 にそれぞれ示す。銚田川においては、H3 より上流側の本川及び支流では窒素濃度

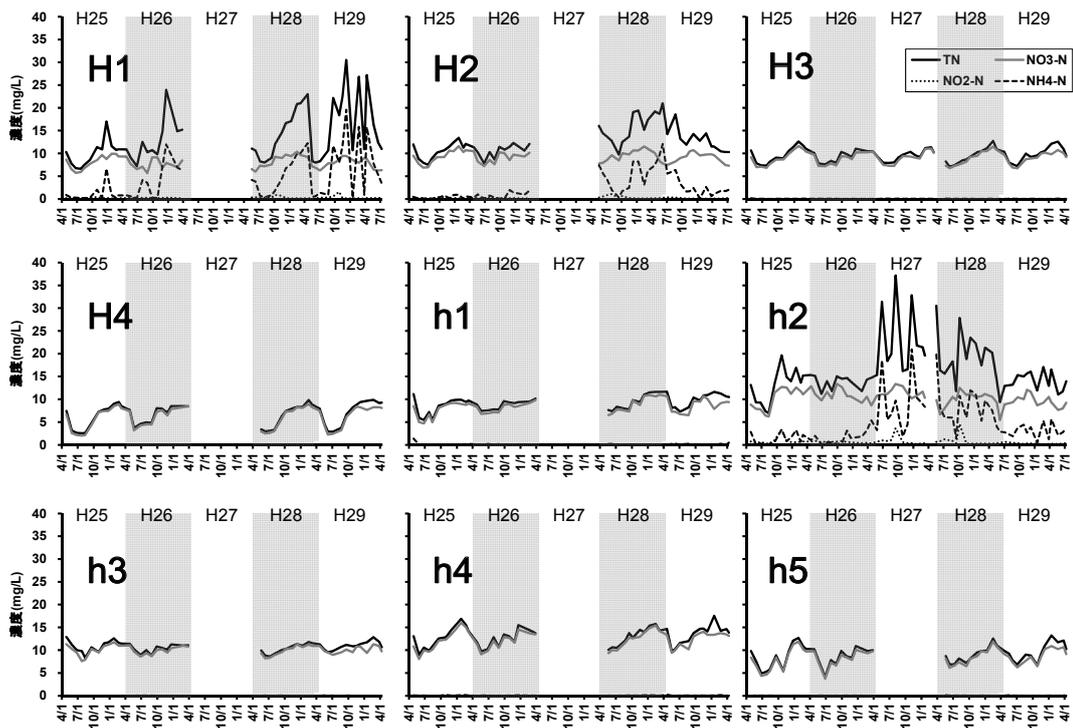


図2. 銚田川の各地点における窒素成分濃度の推移（平成25～29年度）。H3, h2以外は、平成27年4月～平成28年4月は欠測。

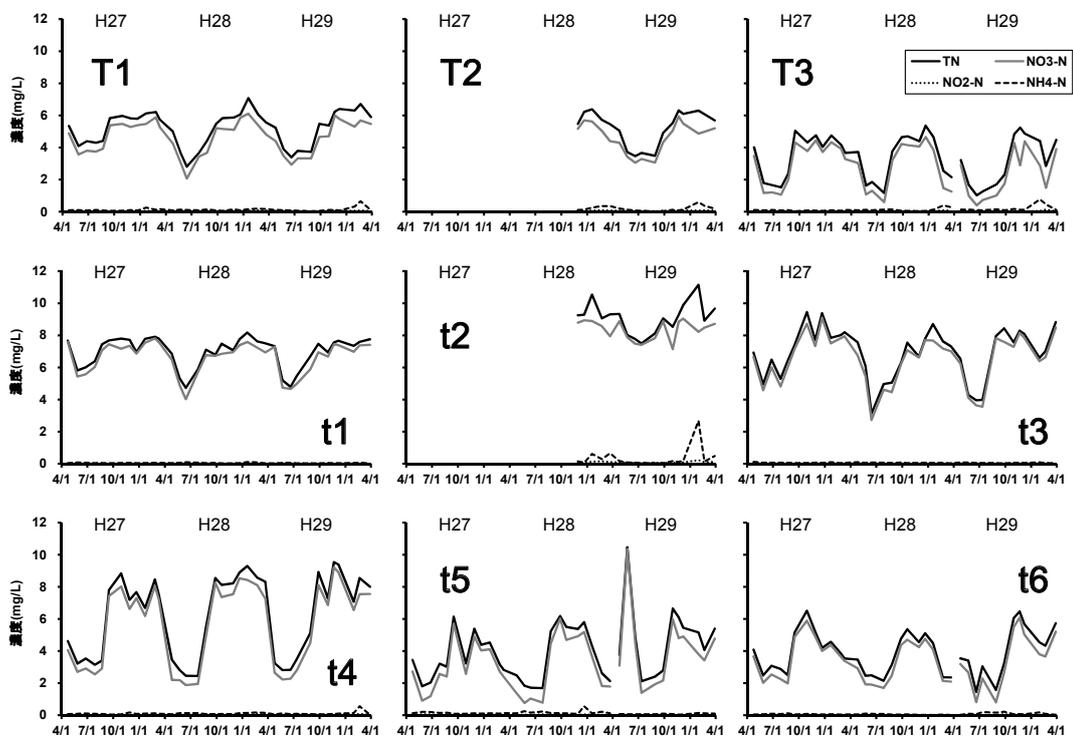


図3. 巴川の各地点における窒素成分濃度の推移（平成27～29年度）。T2及びt2では、平成28年11月より調査を実施。また、T3, t5及びt6は、平成29年4月より調査地点を変更（図1参照）。

はほぼ横ばいで推移し、NO₃-NがTNの大部分を占めていたのに対し、支流 h2 及びその下流側の本川 (H1, H2) では高濃度のNH₄-Nがしばしば観測され、それに連動してTN濃度も大きな変動を示した。h2の上流部には大規模な養豚場があり、その排水が河川に流入している可能性が考えられる他、市街地に位置する H1 では上流側の複数箇所から下水が放流されており、その影響も考えられる。一方、巴川においては、いずれの地点でも窒素濃度はほぼ横ばいで推移し、NO₃-NがTNの大部分を占めていた。

銚田川、巴川の各最下流地点 (H1, T1) におけるTN負荷量 (TN濃度と流量の積) の推移を図4に示す。銚田川の流量 (平均値: 0.64 m³/s) は巴川 (同 3.0 m³/s) と比べて小さいが、窒素濃度が高いため、負荷量が巴川を上回る場合も認められた。

(2) 土壌調査

調査した畑圃場における、土壌中の溶存態 (土壌間隙水中) 及び溶存態+吸着態 (交換態) NO₃-N濃度の鉛直分布を図5に示す。溶存態、吸着態ともに表土直下のローム層及び凝灰質粘土層で濃度が高く、その下の細砂層以深では深さとともに濃度が減少した。本調査地点の土壌はアロフェン質黒ボク土に分類される⁴⁾が、茨城県内の他のアロフェン質黒ボク土畑圃場においても表土下のローム層でNO₃-N濃度が高いことが報告されており、その要因の一つとして、ローム層に含まれるアロフェン、イモゴライト等の粘土鉱物による硝酸イオンの吸着・保持が指摘されている^{5,6)}。アロフェン質黒ボク土は銚田川及び巴川の流域の台地部に広く分布すること⁴⁾から、台地上の畑地に投入された化成肥料や堆肥由来のNO₃-Nは、表土下のローム層や凝灰質粘土層に多く蓄積しているものと考えられる。

(3) 銚田川・巴川流域窒素動態モデルによる解析

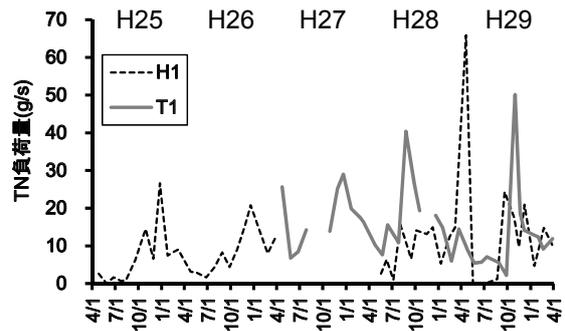


図4. 銚田川 (H1) 及び巴川 (T1) におけるTN負荷量の推移 (平成25~29年度)

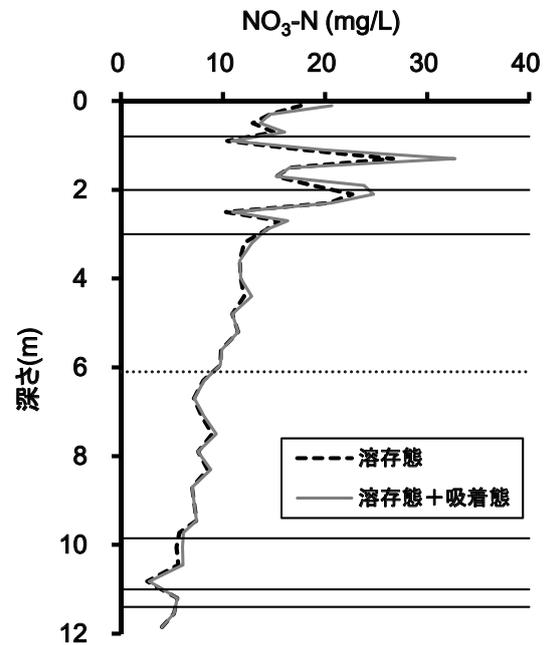


図5. 土壌調査地点におけるNO₃-Nの鉛直分布

構築したモデルを用いて現況再現計算を行った結果、銚田川及び巴川における昭和55年度~平成28年度のNO₃-N濃度 (年平均値) の計算値は、いずれも実測値¹⁾の変動パターンを概ね再現していたものの、濃度は銚田川では過大評価 (+0.54~+4.0 mg/L)、巴川では平成14年度までは過大評価 (最大+2.5 mg/L)、それ以降は過小評価となった (図6)。

今後、計算パラメータ (窒素成分の固液分

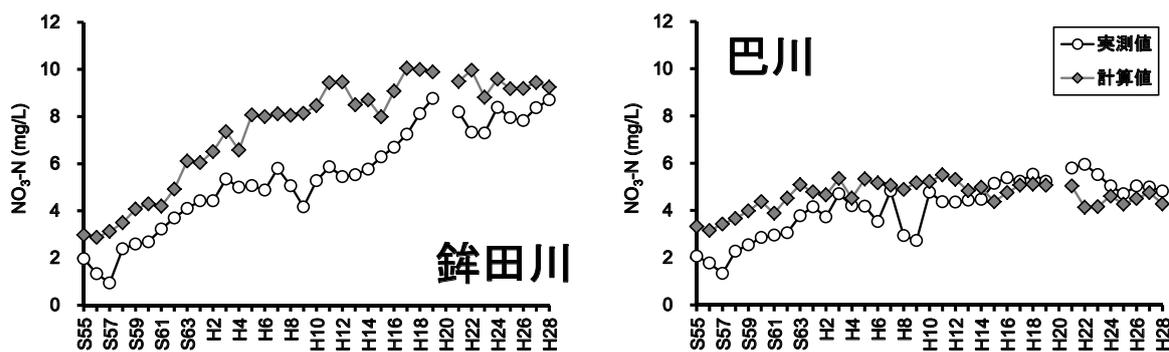


図 6. 銚田川及び巴川 (T1) における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 (年平均値) の実測値¹⁾及びモデル計算値 (昭和 55 年度～平成 28 年度)

配係数, 反応速度定数等) について再検証し, 河川水中窒素成分濃度の再現精度向上を図る。さらに, モデルの改良 (生活系窒素流入負荷の追加, 窒素成分の挙動を各負荷源別に解析する機能の追加等) を行い, 計算精度及び解析機能の向上を図るとともに, 今後の河川水や地下水の窒素濃度並びに北浦への窒素流入負荷量の推移について予測計算を行う。

4 参考文献

- 1) 茨城県. 公共用水域の水質等測定結果.
<http://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kantai/suishitsu/water/kokyoyosuiiki.html>.
- 2) 北村立実, 鈴木雄一, 江口定夫, 吉尾卓宏, 大内孝雄, 黒田久雄, 2015. 銚田川流域における河川, 土壌及び地下水の窒素濃度の分布. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 No. 9, 63-67.
- 3) 土壌環境分析法編集委員会, 1997. 土壌環境分析法. 博友社, 東京, pp. 231-255.
- 4) 農業環境変動研究センター. 日本土壌インベントリー. <https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/>.
- 5) Maeda, M., Ihara, H. and Ota, T., 2008. Deep-soil adsorption of nitrate in a Japanese Andisol in response to different nitrogen sources. *Soil Science Society of America Journal* **72**(3), 702-710.
- 6) 三浦憲蔵, 2011. アロフェン質黒ボク土野菜畑における硝酸態窒素の垂直分布と窒素収支の関係. 日本土壌肥科学雑誌 **82**(3), 200-206.

1-10 水質予測モデルの活用による浄化対策効果の検証

1 事業目的

霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画（第7期）において、水質目標に係る長期ビジョンとして、「泳げる霞ヶ浦」（霞ヶ浦の湖水浴場がにぎわっていた昭和40年代前半の状況）及び「遊べる河川」を実現するため、第8期計画以降、できる限り早期に全水域の平均値でCOD 5 mg/L 台前半の水質を目指すとしている。平成26年度に整備した霞ヶ浦水質予測モデルを活用し、様々な条件下でのシミュレーション解析を行い、霞ヶ浦の水質の現状把握及び将来予測をし、行政施策の評価等に資する。

2 方法

霞ヶ浦の水質浄化に係る費用の試算を行うため、霞ヶ浦流域をすべて森林にした場合を想定し、シミュレーション解析を行った。

計算条件としては、以下である。

- ・霞ヶ浦流域をすべて森林にした場合を想定。
- ・負荷量を45.33%（すべて森林の場合の負荷量より算出）とし計算。
- ・湖内における底泥からの溶出はゼロとした。
- ・平成27年度の気象条件及び負荷量を用いて計算。
- ・点源（生活排水・工場・事業場・畜産等）の負荷はゼロとした。

3 結果と考察

シミュレーション解析を行った結果、北浦釜谷沖におけるCODの月平均値は2.62 mg/L ～ 4.25 mg/Lで推移し、年平均値は3.36 mg/Lであった（表1、図1）。

表1 北浦釜谷沖におけるCODのシミュレーション解析結果（月平均値）

	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	average
すべて森林	4.25	3.88	3.62	4.19	3.64	3.50	3.18	2.68	2.62	2.77	2.99	2.98	3.36

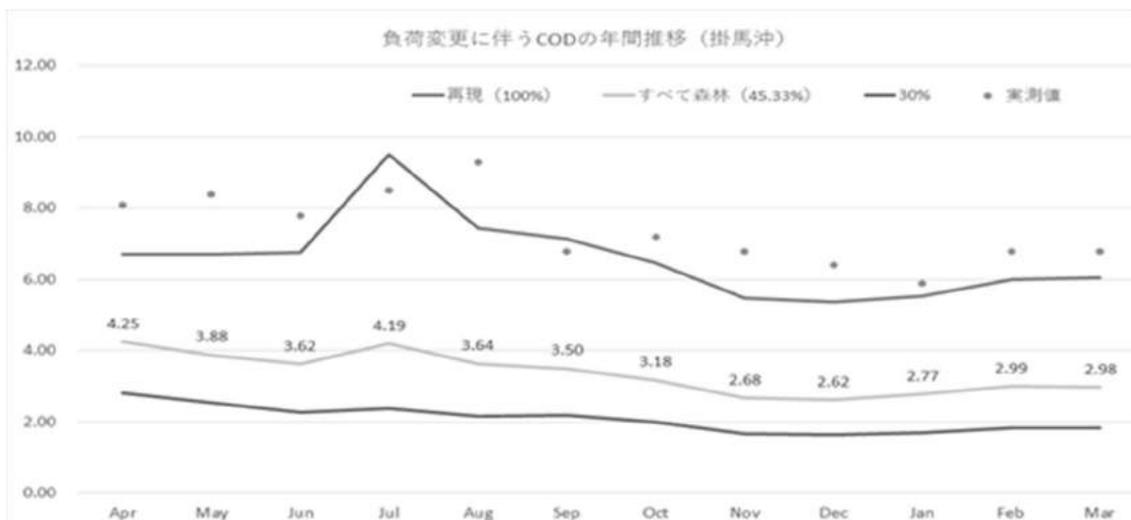


図1 北浦釜谷沖におけるCODのシミュレーション解析結果（月平均値）

また、霞ヶ浦湖内における地点毎のCODの年平均値は、3.36 mg/L ～ 6.27 mg/Lであった。(表2, 図2)

表2 霞ヶ浦湖内における地点毎のCODのシミュレーション解析結果(年平均値)

	掛馬沖	玉造沖	湖心	麻生沖	釜谷沖	神宮橋	外浪逆浦	息栖
COD	3.36	4.16	4.13	4.52	5.82	6.27	5.69	5.70

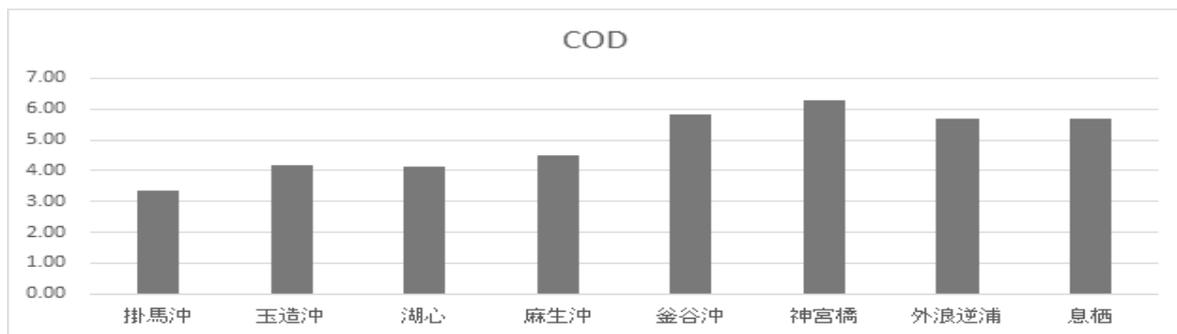


図2 霞ヶ浦湖内における地点毎のCODのシミュレーション解析結果(年平均値)

1-11 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

霞ヶ浦の生態系サービスを分かりやすく認識するために生態系サービスについて項目を整理し享受量の変遷を把握するとともに、経済学的手法を用いて経済的な価値（貨幣価値）に置き換え可視化する。また、アンケートを実施し住民が霞ヶ浦のどのようなことに重きをおいているかなどの意識調査を行う。

2 方法

評価対象は霞ヶ浦の湖内とし、生態系サービスの評価項目及び評価指標については JBO2（生物多様性と生態系サービスの総合評価）で用いられている項目や指標を参考にし、供給サービス、調整サービス、文化的サービス、基盤サービスの4つに分類した（表1）。生態系サービスの享受量の対象期間は原則霞ヶ浦がきれいだった昭和40年（1965年）頃から現在までの約50年とした。

意識調査の設問への回答については、7項目のうち5項目をランダムに抽出し選択肢を各アンケート票の中で7回提示し、回答者には各設問につき1個ずつ最も重要だと思うものと最も重要ではないと思うものを選択させた。全国、流域それぞれについて生態系サービスの属性ごとの効用値の平均値を整理した。効用値の数値は、回答者の相対的な生態系サービスの重要度を示している。

表1 生態系サービスの分類

供給サービス	生活に必要な不可欠な食料や水の供給機能など
調整サービス	水質の浄化や気候を安定化する機能など
文化的サービス	信仰や慣習、芸術、各地域の固有な文化など
基盤サービス	水や土壌、魚類や植物などの生物、窒素やりんなどの栄養塩類など

表2 意識調査に係る選択肢の内容

食料の供給	ワカサギやエビ等の漁獲や佃煮や煮干しなどの水産加工、コイの養殖
水の供給	農業・工業・水道用水としての利用や、用水による霞ヶ浦沿岸でのレンコン栽培
水質の浄化	湖内の微生物や植生帯(ヨシやマコモ)などによる汚濁物質(有機物等)の浄化
風波の緩和	湖岸の植生帯による湖岸への風波の影響の緩和
観光・レジャー	釣りや水遊びなどのレジャーの場、遊覧船による観光、湖岸からの美しい景観等
教育	行政や民間団体による子供たちへ環境教育
生物の生息	魚類やエビ類、貝類など多様な生きもの、湖岸のヨシやマコモなどの植物、カモ等の鳥類

3 結果の概要

(1) 湖内の生態系サービスの項目

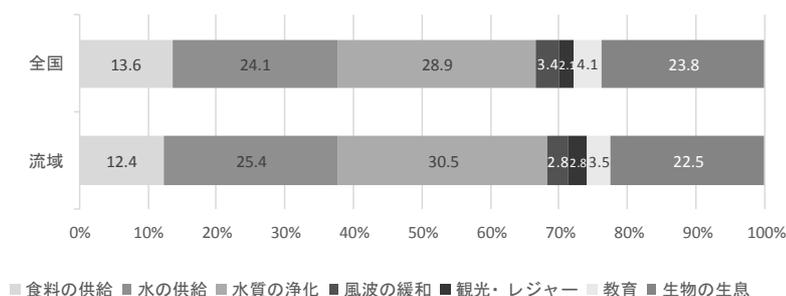
項目	中項目	小項目	指標
供給サービス	食糧・原材料	水産物(漁業)	漁獲量
		水産物(養殖)	淡水真珠 コイ, その他魚類
	水供給	取水量	農業用水
			工業用水
水道用水			
調整サービス	水の調整	地下水涵養量	地下水涵養量
		水質浄化	脱窒量
	気候の調整	潜熱効果	蒸発散量
	自然災害の防護	洪水調節	治水容量
文化的サービス	宗教・祭り	水神の数	
	教育	霞ヶ浦を利用した体験学習, 霞ヶ浦を題材とした環境教育	
	景観, 観光・レクリエーション	レクリエーション利用者数	帆引き船利用者数
			釣り利用者数
			水遊び人数
	伝統芸能・伝統工芸	伝統的建造物(茅葺屋根の原材料)	妙岐の鼻地区カモノハシ・ヨシ群落面積(茅葺に利用される群落)
伝統的水産加工品		佃煮生産量(わかさぎ・はぜ・アミ・えび・ふな等)	
基盤サービス	多様性	生物多様性	

(2) 生態系サービスの享受量の変遷

- ・供給サービスである食糧・原材料は減少傾向にあったが、水供給は増加傾向にあった。
- ・調整サービスは概ね横ばいであった。
- ・文化的サービスである教育や帆引き船利用者は増加傾向であったが、伝統芸能・伝統工芸については減少傾向であった。
- ・基盤サービスである魚の種類や水生植物（抽水植物，沈水植物等）の面積は減少傾向であった。

(3) 意識調査結果

全国、流域ともに生態系サービスのうち最も重要度が高いのは「水質の浄化」、次が「水の供給」、3番目が「生物の生息」、4番目が「食料の供給」であり、5番目「教育」、6番目が「風波の緩和」、7番目が「観光・レジャー」であった。



1-12 農業環境負荷低減研究事業

(混合たい肥複合肥料を利用した水稲田栽培試験と環境負荷の解明)

1 目的

肥料取締法が平成 24 年度に改正され、有機質肥料と化成肥料を混合した混合たい肥複合肥料の流通が可能になり、今後利用が増加することが考えられる。このため、水稲田において利用した場合の環境への影響を調査する。

2 方法

(1) 現地実証調査

県農業総合センター農業研究所内の調査圃場において、混合たい肥複合肥料を施用した複合肥料区（循環区、非循環区）と化成肥料を施用した化成肥料区の排水水質を比較した。

- ・調査圃場：茨城県水戸市上国井「茨城県農業総合センター農業研究所内圃場」
- ・作付作物：飼料用米「夢あおば」
- ・圃場面積：複合肥料区，化成肥料区とも 98 m²
- ・施肥量：複合肥料区，化成肥料区とも同量。

基肥 N : P : K = 0.686kg : 0.98kg : 0.98kg / 100 m²

追肥 N : P : K = 0.294kg : 0kg : 0kg / 100 m²

- ・調査期間：平成 29 年 5 月 26 日から 8 月 31 日
- ・調査項目：水質（COD，窒素，りん等），流量（用水量，排水量），降水量，蒸発散量
- ・調査方法：用水は，1 週間に 1 回採水
排水は，週に 1 回田面水及び浸透水を採水

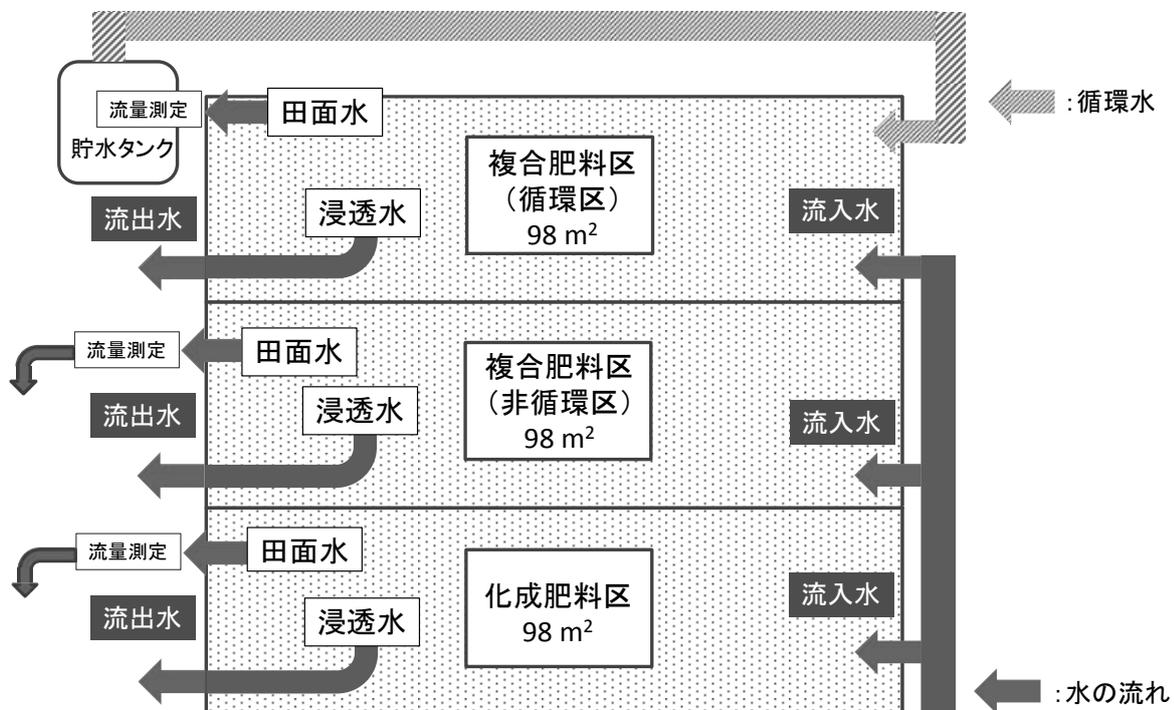


図 1 調査圃場概要図

3 結果の概要

(1) 現地実証調査

用水の平均水質は表 1、田面水の COD、全窒素 (TN)、全りん (TP) 濃度の平均は表 2、浸透水の COD、全窒素 (TN)、全りん (TP) 濃度の平均は表 3 のとおりである。

田面水の水質は、複合肥料区、化成肥料区ではほぼ同程度であった。用水の水質と比較すると、田面水の COD 及び TP は用水よりも高く、TN は用水と同程度であった。

浸透水の水質を見ると、COD は複合肥料区、化成肥料区で同程度となり、全試験区で用水よりも低くなった。TP は、化成肥料区で高く複合肥料区で低かったが、全試験区で用水よりも高くなった。TN は、複合肥料区で高く化成区で低かったが、全試験区で用水よりも高くなった。

TN が複合肥料区で高かった原因として、複合肥料のたい肥成分が土壌中に残っており、それが徐々に分解されたためと考えられた。

表 1 用水の平均水質

	COD	TN	TP
用水	2.9	1.2	0.051

表 2 田面水の平均水質

	COD	TN	TP
複合肥料区 (非循環区)	8.6	1.2	0.11
複合肥料区 (循環区)	8.4	1.3	0.14
化成肥料区	8.1	1.4	0.12

表 3 浸透水の平均水質

	COD	TN	TP
複合肥料区 (非循環区)	2.3	6.1	0.11
複合肥料区 (循環区)	2.2	8.8	0.081
化成肥料区	2.5	4.0	0.14

1-13 直接大気降下物負荷量調査事業

1 事業目的

大気経由の汚濁負荷量（直接大気降下物負荷量）を明らかにし、湖沼水質保全計画で用いられている降雨原単位の測定結果を更新する

2 方法

(1) 調査地点

霞ヶ浦環境科学センター屋外準備室屋上にデポジット式サンプラーを三連で設置し(図1)、乾性降下物及び湿性降下物を採取した。

また、霞ヶ浦環境科学センター敷地内に自動降雨採水器(小笠原計器製, US-330)を設置し、湿性降下物を採取した。

(2) 調査期間

平成 29 年4月から平成 30 年3月

(3) 調査方法

【乾性降下物+湿性降下物】

霞ヶ浦環境科学センター屋外準備室屋上にデポジット式サンプラーを三連で設置し(図1)、原則月一回サンプルを回収し系列ごとに分析に供した。夏季には高温による蒸散を

防ぐため、最大月二回ポリタンクを回収し、検体を冷蔵庫にて保管し、月末にこれらを混合して分析を行った。

詳細な方法は非特定汚染源対策の推進に係るガイドライン(第二版)に拠った。

【湿性降下物】

月に1回サンプルを回収し分析に供した。



図 1 試料採取器具

(4) 分析項目及び測定方法

採取した試料について、SS, COD, TN, TP, 各態窒素, PO₄-P, 水量を測定した。TN, TP の測定には、オートアナライザー(SWAAT28)を用いた。NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P の分析には、Whatman GF/B (poresize $\phi = 1 \mu\text{m}$)で試料をろ過し、オートアナライザー (QuAAtro2-HR)で測定した。

3 結果

(1) COD の推移 (図 2)

COD については 11 月から 1 月にかけて低い値を示した。

(2) TN の推移 (図 3)

TN については COD と同様に 12 月から 1 月に低い値を示した。

(3) TP の推移 (図 4)

TP については 5～6 月に高い値を示した。

表1 大気直接降下物に係る原単位の比較

	COD (kg/ha/年)	TN (kg/ha/年)	TP (kg/ha/年)
平成 29 年度結果	34.6	7.86	0.38
平成 28 年度結果	37.4	8.32	0.30
第 6 期霞ヶ浦湖沼水質保全計画※	20.9	11.24	0.47
平成 11 年 印旛沼・手賀沼結果	35.0	8.69	0.33

※ 第 6 期霞ヶ浦湖沼水質保全計画の原単位から算出した。

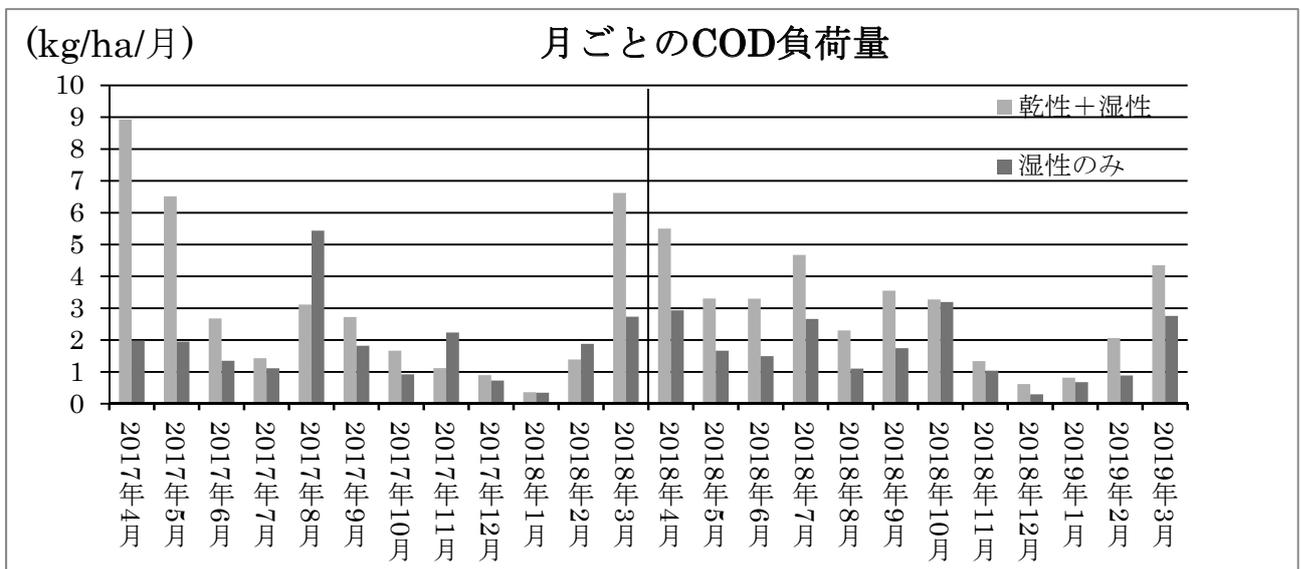


図2 COD測定結果

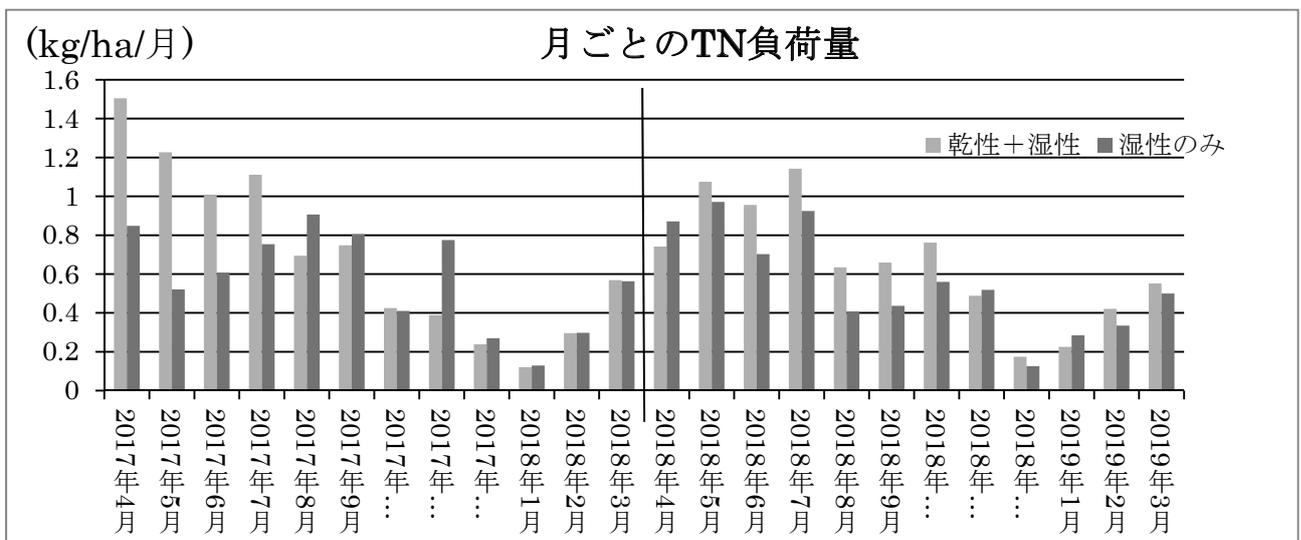


図3 TN測定結果

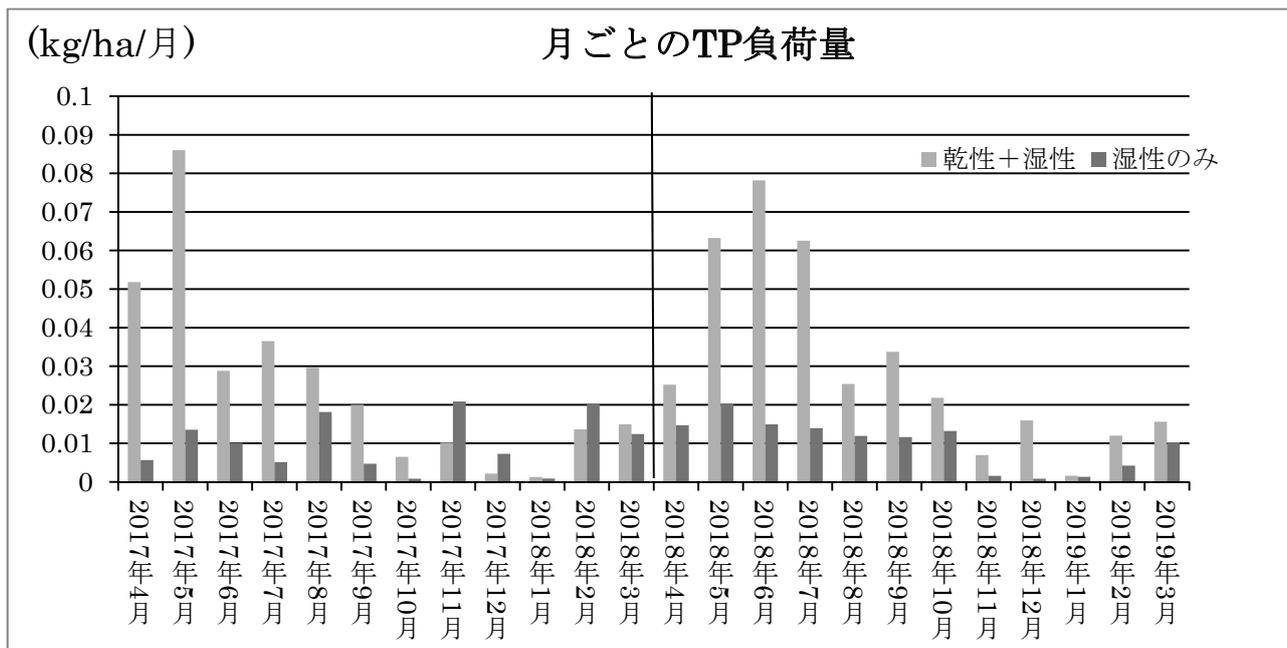


図4 TP測定結果

1-14 農業排水再生プロジェクト事業

1 目的

農地から霞ヶ浦へ流出する汚濁負荷量を削減するために、循環灌漑による負荷量削減効果を検証する実証事業を農村計画課と共同で実施した。霞ヶ浦流域の水田地帯における循環灌漑システムの施設整備を農村計画課で行い、当センターでは、これら施設による汚濁負荷量の削減効果を検証した。

2 方法

霞ヶ浦流域の水田地帯で、河川から取水した灌漑水を農業排水として排出せず、灌漑水として循環・再利用したときの、霞ヶ浦へ流出する汚濁負荷の抑制効果を検証した（図1）。

調査は、外浪逆浦、常陸利根川流域の茨城県潮来市の潮来市土地改良区域内で行った（図2）。削減効果は、調査区域の流入負荷量及び流出負荷量を調査し、流出負荷量から流入負荷量を差し引いた「差引負荷量」を比較して検証した。

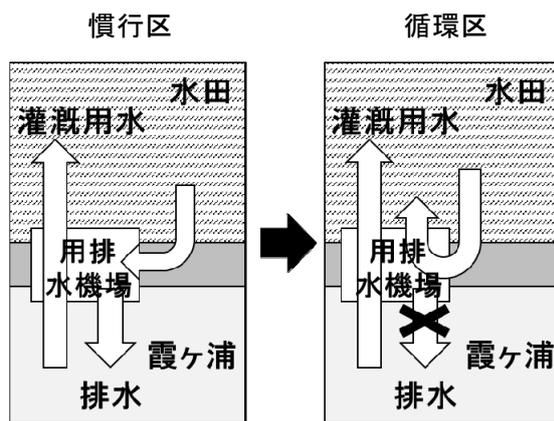


図1 循環灌漑の仕組み



図2 調査地区位置図

(1) 潮来市土地改良区内調査

調査地区：潮来市

慣行区 潮来市土地改良区 潮来排水機場内（81.3ha）

循環区 潮来市土地改良区 十番揚排水機場内（87.8ha）

調査期間：平成29年4月14日～8月15日

作付作物：水稻栽培（1圃場のみレンコン栽培）

(2) 調査項目

JIS K0102 に則り、以下の項目を分析した。

- ・ COD : 100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量（COD_{Mn}）
- ・ TN : 流れ分析法，SWAAT（BLTEC社）
- ・ TP : 流れ分析法，SWAAT（BLTEC社）
- ・ SS : GF/B，GEヘルスケア社

3 結果の概要

慣行区、循環灌漑区における排水及び用水の平均水質結果を表1, 2に示した。慣行区の用水の水質は循環灌漑区の用水である常陸利根川の平均水質よりも、全体的に高い値を示した。排水においては循環灌漑区が慣行区に比べ、TPを除き高い値を示した。この結果は、排水を再利用したことにより濃度が上昇した可能性が考えられた。TPに関しては、慣行区が町中を通っているため、生活排水の影響により慣行区でTPが上昇したと考えられた。慣行区と循環灌漑区の差引負荷量を表3に示した。この結果では、これまでの循環灌漑の報告と反対の結果が示されている。しかし、表2の結果より、用水として用いている河川の流入負荷量が大きく異なるため、循環灌漑の効果が正確に把握できていない可能性が考えられた。このことから、循環灌漑区が循環灌漑を実施しなかった場合を概算し、表4に示した。その結果、この調査地点においても循環灌漑の効果が示されることが推測された。

表1 調査区の排水平均水質 (mg/L)

地区	試験区名	COD	TN	TP	SS
潮来市 土地改良区	慣行区	11.6	1.22	0.23	24
	循環灌漑区	14.4	1.43	0.13	24

表2 調査区の用水平均水質 (mg/L)

地区	試験区名	COD	TN	TP	SS
潮来市 土地改良区	慣行区	10.0	0.89	0.13	22
	循環灌漑区	8.4	0.71	0.11	17

表3 調査区の差引負荷量 (kg/ha/day)

差引負荷量	COD		TN		TP	
	慣行	循環	慣行	循環	慣行	循環
潮来市 土地改良区	-0.3216	0.2247	-0.0390	0.0022	0.0024	0.0008

表4 概算した差引負荷量 (kg/ha/day)

差引負荷量	COD		TN		TP	
	慣行	循環	慣行	循環	慣行	循環
潮来市 土地改良区	0.5403	0.2247	0.0395	0.0022	0.0022	0.0008

1-15 霞ヶ浦直接浄化対策検証事業

1 目的

県は、植物プランクトンの増殖に必要なりんを湖水から直接除去するために、凝集磁気分離技術を応用した直接浄化実証施設を平成 25 年度 9 月に土浦港湖畔に設置し、稼働させた。本事業ではこの浄化施設による水質改善効果を港内の水質を調査することによって検証することを目的とした。

2 平成 29 年度検証内容

本年度は、100 万 m³ の処理水量の目標を達成するため、6 月 16 日から 10 月 16 日まで浄化施設を稼働し、浄化効果を検証した。

3 調査方法

(1) 調査内容

- ・稼働期間：平成 29 年 6 月 16 日～10 月 16 日
- ・運転条件：1 クール 56 日間，61 日間の運転を 2 クール
- ・調査回数：浄化施設稼働前 2 回，第 1 クール 7 回，原水循環運転 1 回，第 2 クール 7 回及び稼働後 2 回の合計 19 回
- ・調査地点：図 1 に示すように，浄化対象水域（以下，浄化水域という。）6 地点（地点①から⑥まで），土浦港内 2 地点（地点⑦，地点⑧）の合計 8 地点
- ・水質分析項目：全リン (TP)，浮遊物質量 (SS)，透明度，化学的酸素要求量 (COD)，全窒素 (TN)，各態窒素 (NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N)，リン酸イオン (PO₄-P)，クロロフィル a，フィコシアニン，動植物プランクトン等の合計 24 項目



図 1 浄化施設設置場所及び平成 29 年度調査地点

(2) 浄化施設稼働条件状況

各クールの日程及び1日当りの設定処理水量を表1に示す。

表1 浄化施設稼働状況

運転時期	期間	処理水量 (m ³ /day)
第1クール	6月16日～8月10日	10,000 (予定) 汚泥返送 (24時間)
第2クール	8月17日～10月16日 (原水循環運転：8月11日～16日)	10,000 (予定) 汚泥返送 (24時間)

(3) 水質変化率

水質はその時の天気、気温及び風等の気象条件に左右されるために、施設稼働の影響が最も小さく、水質は湖水に近い、土浦港入口付近の地点⑧を基準とした。

$$\text{透明度以外：変化率} = (1 - \text{各地点の水質の値} / \text{地点⑧の水質の値}) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{透明度：変化率} = (\text{各地点の水質の値} / \text{地点⑧の水質の値} - 1) \times 100 \quad (2)$$

さらに、施設稼働前でも地点⑧と各地点の水質の差によって、見かけ上変化率が大きくなる場合があり、施設稼働後の各地点の改善効果がはっきりしない。そこで、 Δ 変化率を求めた。

$$\Delta\text{変化率} = \text{稼働後の変化率} - \text{稼働前の変化率} \quad (3)$$

4 結果及び考察

(1) TP 及び TN

平成29年度における各地点のTP、TP変化率及び Δ TP変化率を図2及び図3に、TN、TN変化率及び Δ TN変化率を図4及び図5に示した。TP濃度は、浄化施設稼働前及び稼働後共に、概ね地点①から地点⑧にかけて上昇する傾向が見られた。ただし、稼働前における地点①のTP濃度は地点⑧と同程度であった(図2)。稼働後のTP変化率は浄化水域(地点①から地点⑥)が地点⑦より高かった。また、稼働前の地点間のTP濃度の差を補正した Δ TP変化率(図3)も稼働後のTP変化率と同じ傾向が見られたが、浄化水域の一番奥の地点①は他の地点より高い傾向が認められた。一方、TN濃度は、TPと同様に地点①から地点⑧にかけて上昇する傾向が見られたが、変化率及び Δ 変化率も含め、TPのような浄化施設稼働に伴う顕著な低減は見られなかった(図4、図5)。これは、浄化施設で使用した無機凝集剤が、窒素の除去に対して効果が小さいために生じた結果と考えられた。

(2) SS

SS、SS変化率及び Δ SS変化率を図6及び図7に示した。SSは、浄化施設稼働前及び稼働後共に、概ね地点①から地点⑧にかけて上昇する傾向が見られた(図6)。 Δ SS変化率(図7)から、浄化水域の地点①から地点⑤の区間では、SSの除去が実証されたが、地点⑥ではSSの除去が認められなかった。これは風や流れなどの自然環境の変化によると考えられた。

(3) COD

COD、COD変化率及び Δ COD変化率を図8及び図9に示した。COD濃度は、浄化施設稼働前

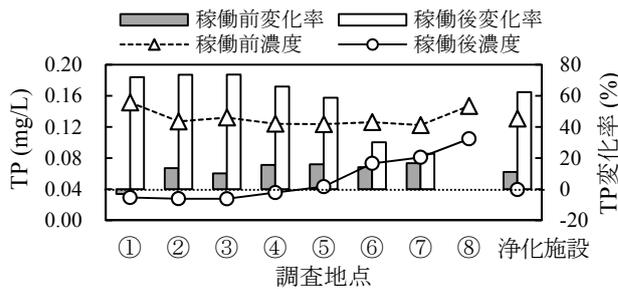


図2 平成29年度各地点のTPとTP変化率

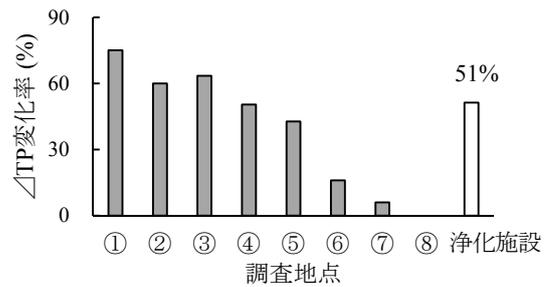


図3 平成29年度各地点のΔTP変化率

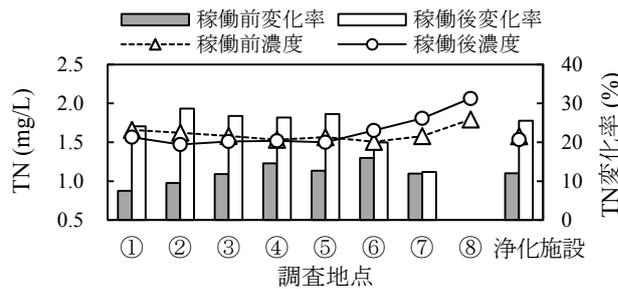


図4 平成29年度第1クール各地点のTNとTN変化率

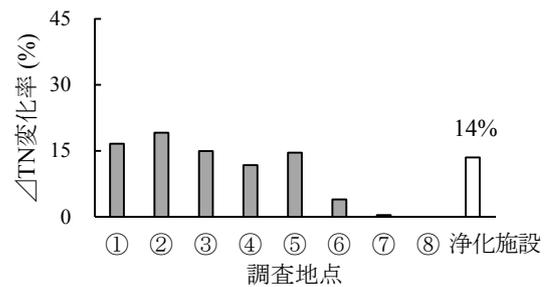


図5 平成29年度第1クール各地点のΔTN変化率

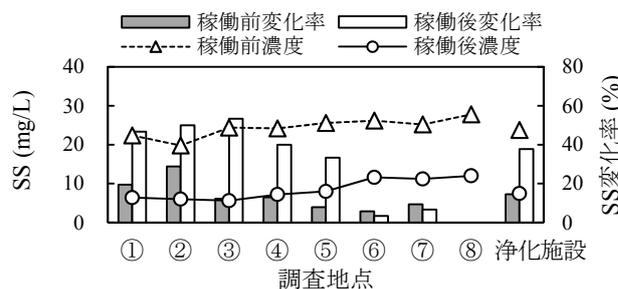


図6 平成29年度第1クール各地点のSSとSS変化率

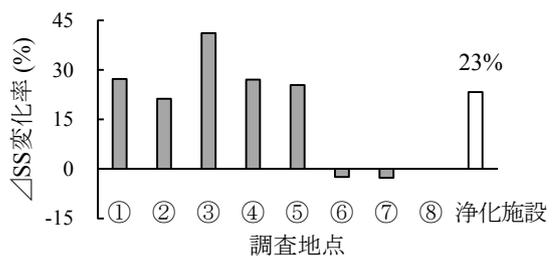


図7 平成29年度第1クール各地点のΔSS変化率

の各地点の値がほぼ同等で、稼働後に概ね地点①から地点⑧にかけて上昇する傾向が見られた(図8)。ΔCOD変化率(図9)から、浄化水域のCODの低減が認められ、その効果は浄化水域の一番奥の地点①が最も大きかった。

(4) クロロフィルa及びフィコシアニン

Δクロロフィルa変化率及びΔフィコシアニン変化率を図10及び図11に示した。クロロフィルa(図10)及びフィコシアニン(図11)のΔ変化率から、クロロフィルa及びフィコシアニンが稼働前と比較して稼働後に低減していた。このことから、浄化施設の稼働により浄化水域の植物プランクトンが減少していたことが示唆された。また、浄化水域の一番奥の地点①は他の地点より植物プランクトンの減少が大きい傾向が見られた。浄化水域の地点⑥のクロロフィルa及びフィコシアニンの改善効果が認められないのは、風や流れなどの自然環境の変化により植物プランクトンの集積場所が変わっていたためと考えられた。

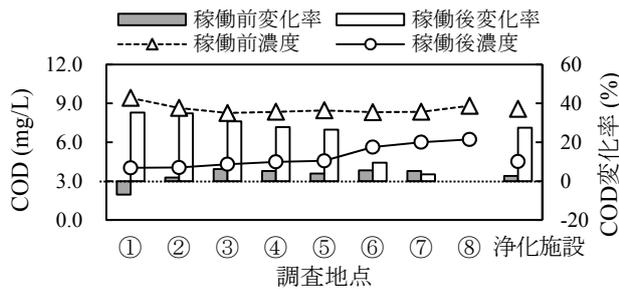


図8 平成29年度第1クール各地点のCOD及びCOD変化率

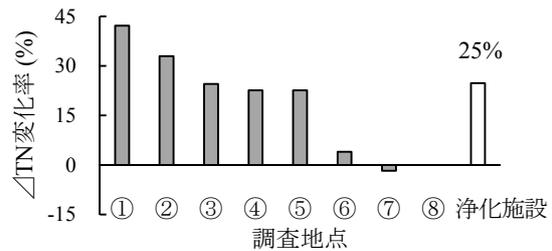


図9 平成29年度第1クール各地点の△COD変化率

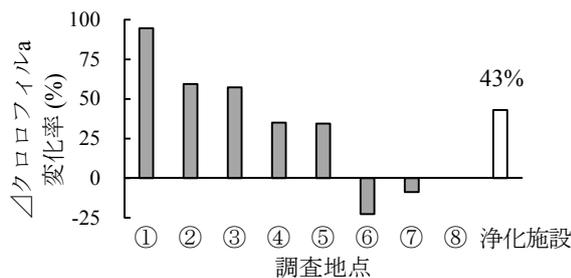


図10 平成29年度第1クール各地点の△クロロフィルa変化率

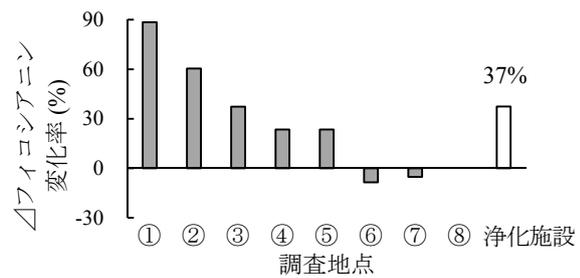


図11 平成29年度第1クール各地点の△フィコシアニン変化率

(4) 透明度

透明度、透明度変化率及び△透明度変化率を図12及び図13に示した。透明度は、浄化施設稼働前の各地点の値がほぼ同等で、稼働後に浄化水域（地点①から地点⑤まで）が地点⑦及び地点⑧より高かった（図12）。△透明度変化率（図13）は、稼働後の透明度の変動と同じ傾向を示し、浄化水域の地点①から地点⑤までの透明度の改善効果が認められた。地点⑥の△変化率はSS、クロロフィルa、フィコシアニンの△変化率と同様に、改善が認められなかった。これは、風や流れなどの自然環境の変化により植物プランクトンの集積場所が変わっていたためと考えられた。

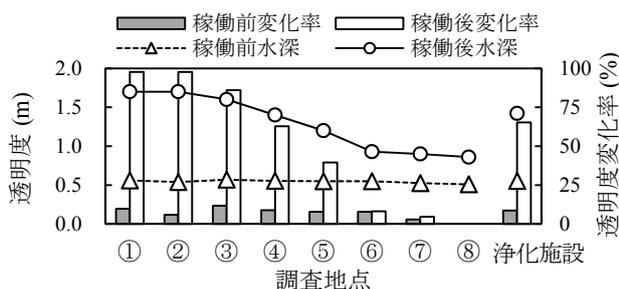


図12 平成29年各地点の透明度と変化率

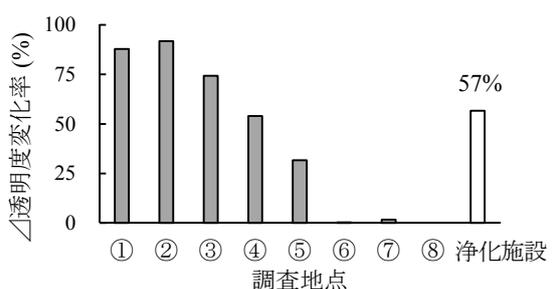


図13 平成29年度各地点の△透明度変化率

5 まとめ

これらの結果から、直接浄化施設の稼働はりんを除去し、植物プランクトンの発生を抑えて、土浦港の浄化水域の水質を改善したことが示唆された。一方、浄化水域外の地点⑦では、ほとんどの水質分析において、それらの△変化率はゼロに近く、浄化施設稼働による水質浄化効果は認められなかった。したがって、直接浄化施設が影響を及ぼす水質浄化の水域は、限定的であると考えられた。

1-16 涸沼の水質保全に関する調査研究事業

1 目的

涸沼では、水質汚濁が顕著となっていたことから、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、新たな水質保全対策が開始された。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29年4月から平成30年3月の毎月1回
- ・調査地点：湖内8地点の上層（水面下0.5m）及び下層（湖底上0.5m）。下流の涸沼川（大貫橋、涸沼橋）の2地点の表層（図1）。
- ・水質項目：pH, DO, COD, dCOD, SS, TN, dTN, TP, dTP, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, TOC, DOC, Chl.a, SRSi

(2) プランクトン調査

- ・調査期間：水質調査と同じ
- ・調査地点：H1, 4, 7の3地点
- ・調査方法：植物プランクトンの細胞数及びBio-Volume, 動物プランクトンの個体数

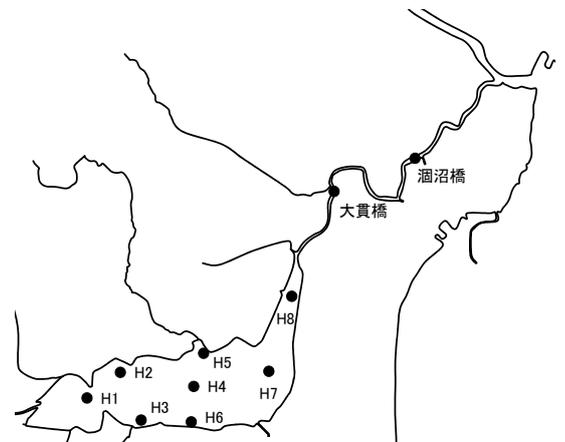


図1 調査地点

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。上層（図2(a)）においては、4, 3月にやや高かったが、過去平均値を下回る月が多かった。下層（図2(b)）においては、5月から10月に過去平均値と比べて低く推移したが、12月以降は過去平均値より高く推移した。年平均値は、上層が6.7 mg/L, 下層が6.6 mg/Lで昨年度の上層7.7 mg/L, 下層6.7 mg/Lと比較して上層が低い値となった。

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、4月～9月、及び12月～3月に過去平均値より低濃度で推移した。年平均値では、上層が1.5 mg/L, 下層が1.4 mg/Lであり、昨年度の上層1.6 mg/L, 下層1.4 mg/Lと比べて同程度であった。

TPの月別推移（図4）については、4月から7月において過去平均値を大きく上回って推移したが8月～2月にかけては過去平均値と同程度以下で推移した。年平均値は、上層が0.10 mg/L, 下層が0.12 mg/Lであり、昨年度の上層0.11 mg/L, 下層0.11 mg/Lと比較して同程度であった。

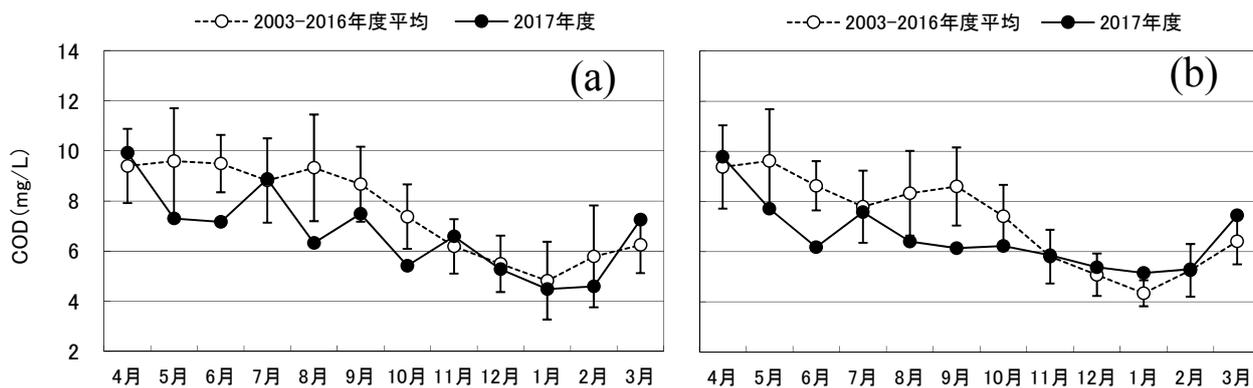


図2 CODの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは±標準偏差)

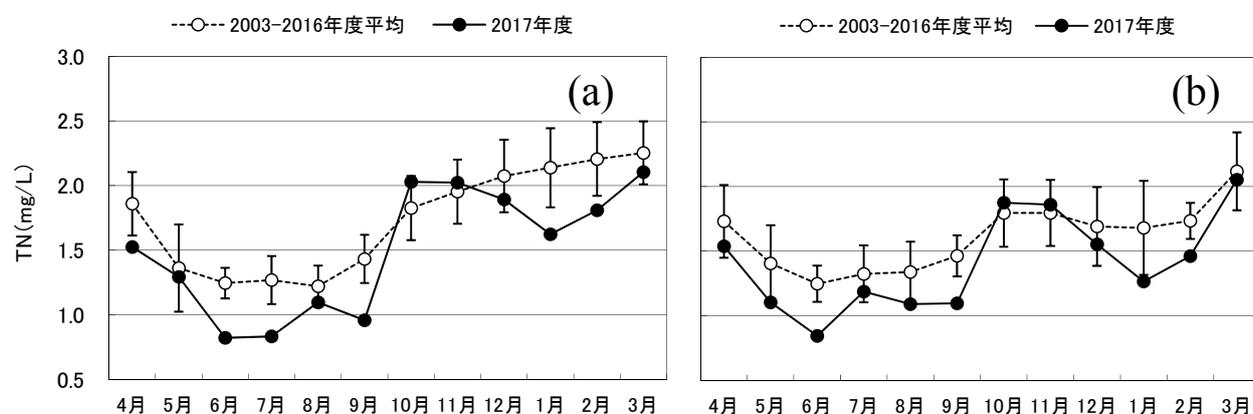


図3 TNの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは±標準偏差)

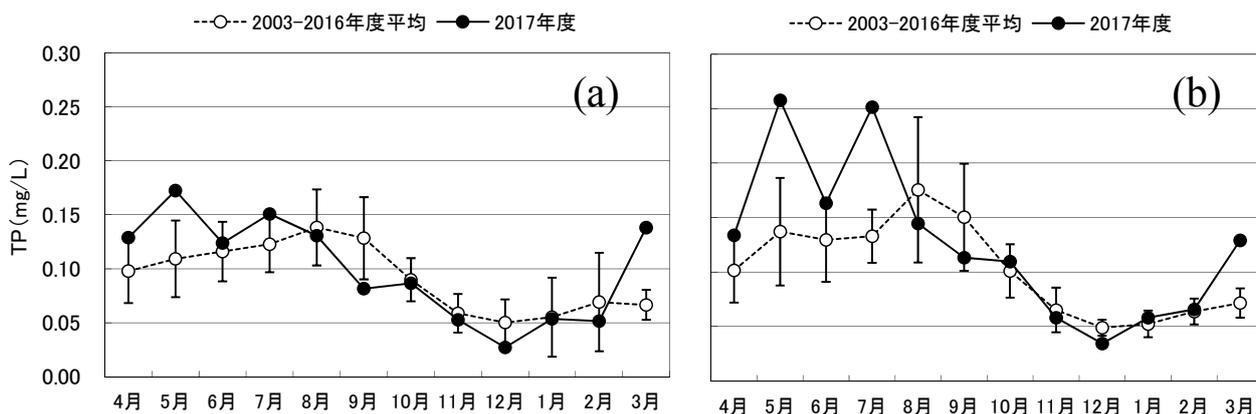


図4 TPの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは±標準偏差)

(2) 植物プランクトン

図5にH4における植物プランクトン細胞数の推移を示す。平成29年度は春に緑藻類が発生し、CODを増加させる原因となった。また、その他の期間は珪藻類が優占し、平成28年度よりも発生量が多かった。

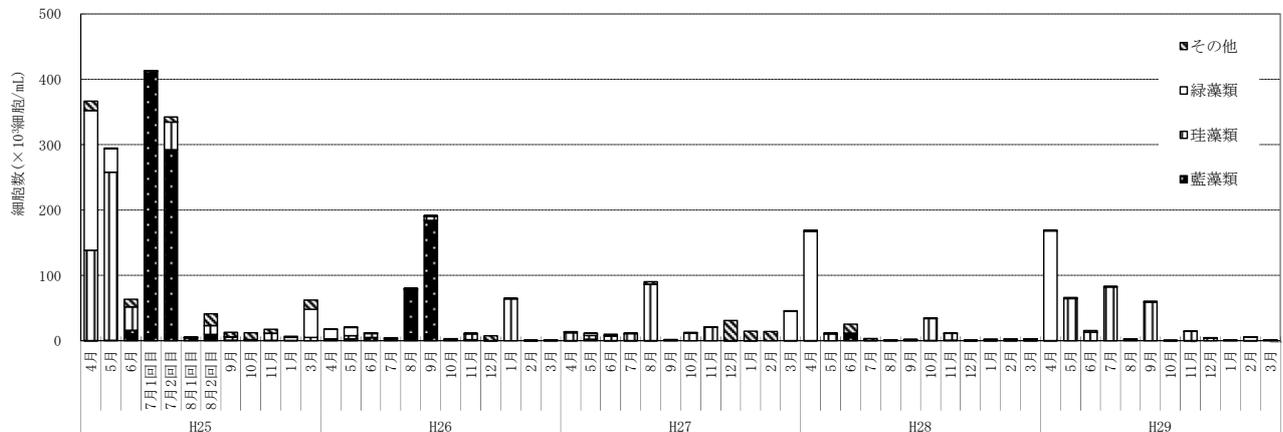


図5 H4における近年5年間の植物プランクトン細胞数の推移

(3) 動物プランクトン

図6にH4における動物プランクトン細胞数の推移を示す。平成29年度は平成28年度同様に動物プランクトンの発生量が少なかった。月ごとにみると、7月にワムシ類が優占したものの、そのほかの期間はカイアシ類が優占した。

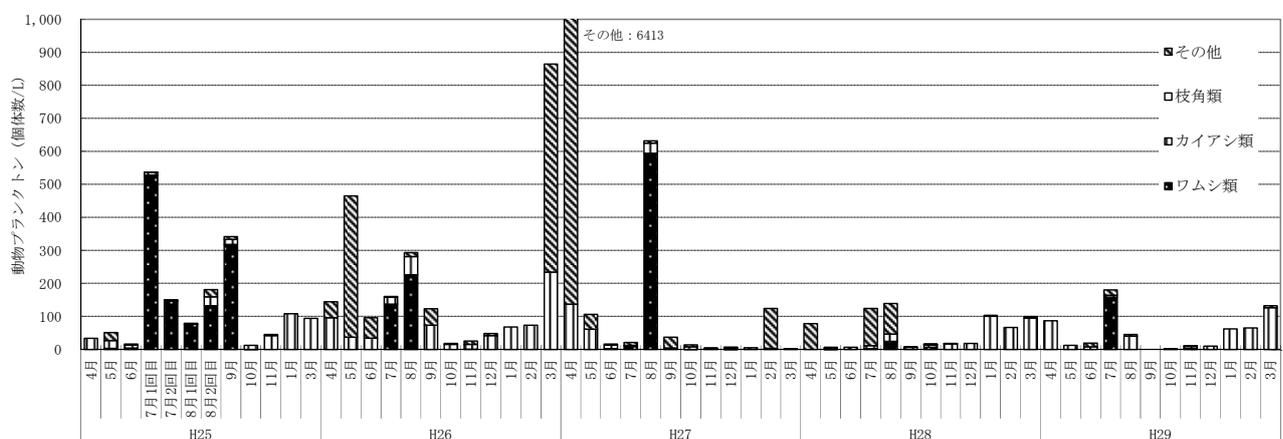


図6 H4における近年5年間の動物プランクトン個体数の推移

表 1 水質調査結果一覧 (4月)

平成29年4月20日 天気 晴れ 気温 16.2℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.40	2.0	19.0	9.1	11	25	9.9	4.5	5.1	2.3	1.5	1.0	0.02	0.75	0.03	0.16	0.021	0.006	150	11	3.9	6.3
酒沼 1 下層			18.2	9.1	11	28	10	4.5	5.3	2.4	1.4	0.81	0.02	0.50	0.03	0.12	0.020	0.004	170	13	5.0	5.1
酒沼 2 上層	0.50	2.3	19.0	9.4	15	23	10	4.4	5.9	2.4	1.4	0.74	0.02	0.43	0.03	0.12	0.019	0.003	180	13	4.4	6.1
酒沼 2 下層			欠測	欠測	11	34	10	4.2	5.2	2.4	1.5	0.86	0.02	0.51	0.03	0.15	0.019	0.004	180	14	4.7	5.1
酒沼 3 上層	0.50	2.6	18.0	9.3	14	24	10	4.2	5.5	2.3	1.6	0.91	0.02	0.60	0.03	0.14	0.017	0.004	170	12	4.0	7.1
酒沼 3 下層			17.8	9.0	10	23	9.4	3.8	4.9	2.3	1.5	0.82	0.01	0.54	0.03	0.12	0.017	0.005	170	14	4.9	4.9
酒沼 4 上層	0.45	3.0	17.6	9.3	13	25	10	4.6	5.9	2.4	1.4	0.69	0.02	0.43	0.03	0.11	0.021	0.004	200	13	4.3	6.5
酒沼 4 下層			17.4	8.9	10	28	9.3	4.1	5.0	2.2	1.6	0.89	0.07	0.52	0.03	0.14	0.017	0.004	160	15	5.6	4.8
酒沼 5 上層	0.50	2.3	18.7	9.5	15	28	10	4.4	6.0	2.4	1.6	0.72	0.02	0.39	0.03	0.13	0.018	0.003	200	13	4.3	6.6
酒沼 5 下層			18.0	9.1	10	41	10	4.2	5.5	2.4	1.7	0.85	0.02	0.52	0.03	0.15	0.018	0.003	200	13	4.6	6.1
酒沼 6 上層	0.55	2.6	18.3	9.3	15	23	9.5	3.8	5.4	2.4	1.6	0.85	0.02	0.55	0.03	0.13	0.018	0.003	170	12	4.2	7.0
酒沼 6 下層			17.8	9.2	13	23	9.6	4.4	5.3	2.3	1.5	0.81	0.01	0.51	0.03	0.14	0.018	0.003	170	13	4.6	5.0
酒沼 7 上層	0.45	2.4	17.9	9.4	14	23	10	4.4	5.6	2.4	1.5	0.74	0.02	0.43	0.03	0.11	0.017	0.003	200	12	4.2	7.0
酒沼 7 下層			17.6	9.2	12	28	10	3.9	5.2	2.4	1.5	0.70	0.02	0.42	0.03	0.13	0.019	0.003	180	13	4.6	6.3
酒沼 8 上層	0.45	2.4	17.9	9.1	15	27	10	3.9	5.8	2.5	1.6	0.79	0.02	0.49	0.03	0.13	0.019	0.003	200	12	4.1	6.3
酒沼 8 下層			17.6	8.9	12	25	10	3.7	5.1	2.4	1.6	0.76	0.02	0.46	0.03	0.12	0.018	0.003	170	14	4.5	6.2

採水時刻	流量 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	0.2	17.0	8.9	11	15	7.2	3.7	4.2	2.0	1.5	1.0	0.02	0.78	0.02	0.097	0.013	0.001	76	10	3.3	2.7
大貫橋	-	0.2	17.8	9.2	11	20	8.6	4.2	5.2	2.4	1.5	0.82	0.02	0.51	0.03	0.11	0.017	0.002	130	14	4.5	5.8

表2 水質調査結果一覧(5月)

平成29年5月16日 天気 晴れ 気温 19.4℃(水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.80	2.1	19.8	8.3	8.2	11	6.4	5.3	3.5	3.0	1.7	1.5	0.38	0.94	0.03	0.17	0.086	0.075	19	6.0	1.5	6.5
酒沼 1 下層			19.3	8.6	4.6	40	7.4	5.1	3.8	2.8	1.3	1.0	0.50	0.16	0.01	0.28	0.17	0.15	74	18	6.4	5.8
酒沼 2 上層	0.75	2.5	20.5	8.7	11	15	6.9	5.7	3.8	3.0	1.4	1.2	0.11	0.84	0.03	0.14	0.056	0.031	38	6.1	2.0	5.6
酒沼 2 下層			20.0	8.7	5.3	25	7.1	4.9	3.7	2.8	1.1	0.94	0.43	0.15	0.01	0.29	0.17	0.15	77	18	6.6	5.7
酒沼 3 上層	0.80	2.7	19.5	8.8	10	12	7.0	5.7	3.6	2.9	1.6	1.3	0.18	0.89	0.03	0.15	0.067	0.051	32	10	1.9	5.9
酒沼 3 下層			19.8	8.7	5.5	25	7.5	4.8	3.8	2.8	1.1	0.76	0.29	0.13	0.01	0.24	0.14	0.12	92	19	6.7	5.5
酒沼 4 上層	0.75	3.1	20.0	9.0	9.0	13	7.6	5.0	3.8	2.9	1.3	0.85	0.05	0.48	0.02	0.20	0.091	0.057	58	14	4.7	5.2
酒沼 4 下層			19.4	8.8	7.1	29	8.0	5.2	3.9	2.8	1.0	0.64	0.16	0.14	0.01	0.25	0.12	0.096	97	19	6.7	5.2
酒沼 5 上層	0.75	2.3	20.8	8.9	11	13	7.7	5.2	4.0	3.0	1.3	1.0	0.05	0.67	0.02	0.17	0.066	0.040	44	9.9	3.4	5.3
酒沼 5 下層			19.8	8.7	5.2	40	8.2	5.4	4.1	2.7	1.2	0.84	0.36	0.14	0.01	0.29	0.15	0.13	95	19	6.7	5.6
酒沼 6 上層	0.75	2.8	19.8	8.8	10	11	7.1	5.3	3.8	2.9	1.3	1.1	0.11	0.82	0.03	0.13	0.055	0.039	38	6.9	2.1	5.5
酒沼 6 下層			19.7	8.7	5.0	25	7.6	5.0	3.7	2.8	1.1	0.84	0.37	0.13	0.01	0.30	0.17	0.14	84	19	6.8	5.7
酒沼 7 上層	0.75	2.6	20.2	9.0	9.8	25	7.7	5.5	4.0	2.8	0.83	0.48	0.03	0.12	0.01	0.22	0.11	0.077	95	19	6.9	4.5
酒沼 7 下層			19.6	8.9	8.9	23	8.7	5.2	3.9	2.8	0.94	0.53	0.07	0.12	0.02	0.23	0.11	0.084	92	19	6.9	4.7
酒沼 8 上層	0.85	2.5	20.0	8.3	8.6	20	7.5	5.1	3.7	2.8	0.92	0.58	0.10	0.18	0.01	0.20	0.12	0.10	72	19	6.9	4.8
酒沼 8 下層			19.3	8.5	6.8	12	6.7	4.7	3.1	2.5	1.1	0.84	0.20	0.32	0.02	0.18	0.12	0.10	41	20	7.5	5.0

採水時刻	流量 (m)	透視度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	0.4	19.2	8.4	7.3	20	5.7	4.1	2.9	2.3	1.0	0.88	0.20	0.39	0.02	0.16	0.11	0.094	29	21	7.6	5.0
大貫橋	-	0.3	19.8	8.7	8.0	21	7.3	4.9	3.4	2.6	0.99	0.75	0.15	0.26	0.02	0.20	0.12	0.10	56	20	6.9	4.8

表3 水質調査結果一覧(6月)

平成29年6月15日 天気 晴れ 気温 22.6℃(水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.65	2.2	23.8	8.6	6.6	27	7.3	5.4	4.2	3.4	1.0	0.69	0.14	0.09	<0.01	0.16	0.082	0.042	19	20	7.2	1.5
酒沼 1 下層			23.0	8.4	3.9	23	6.8	5.2	4.2	3.2	1.0	0.59	0.14	<0.01	<0.01	0.21	0.11	0.057	18	24	8.9	0.8
酒沼 2 上層	0.75	2.4	24.0	8.7	9.0	19	7.0	6.4	4.3	3.4	1.0	0.62	0.07	0.10	<0.01	0.15	0.075	0.025	23	19	6.6	1.6
酒沼 2 下層			22.4	8.5	5.5	19	6.2	5.6	3.8	2.9	0.73	0.44	0.05	0.02	<0.01	0.12	0.082	0.034	18	25	9.8	0.7
酒沼 3 上層	0.90	2.7	23.7	8.7	9.0	16	7.2	5.7	4.1	3.3	0.88	0.55	0.05	0.07	<0.01	0.12	0.059	0.015	20	19	6.8	1.0
酒沼 3 下層			23.1	8.4	0.3	19	7.0	5.7	3.4	2.9	1.2	0.89	0.45	<0.01	<0.01	0.25	0.21	0.14	6	23	11	2.1
酒沼 4 上層	0.95	3.1	23.0	8.9	9.7	18	7.2	5.1	4.1	3.2	0.71	0.41	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.045	0.007	17	21	7.9	<0.1
酒沼 4 下層			22.2	8.2	4.0	16	6.1	4.7	3.3	2.7	0.92	0.62	0.22	0.02	<0.01	0.18	0.10	0.062	12	28	11	1.3
酒沼 5 上層	1.0	2.3	24.5	8.9	10	27	7.5	5.3	4.4	3.2	0.76	0.39	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.053	0.009	20	22	8.3	0.1
酒沼 5 下層			22.7	8.8	7.9	19	7.8	5.5	4.2	3.1	0.76	0.41	0.02	<0.01	<0.01	0.14	0.058	0.013	26	23	8.7	0.2
酒沼 6 上層	0.90	2.8	24.0	8.8	9.5	19	7.2	5.7	4.4	3.4	1.0	0.51	0.05	0.01	<0.01	0.16	0.076	0.017	26	20	7.2	0.7
酒沼 6 下層			22.4	8.1	2.0	16	5.9	4.3	2.9	2.5	1.0	0.86	0.50	0.01	<0.01	0.24	0.19	0.18	7	20	11	3.1
酒沼 7 上層	1.0	2.6	22.5	8.8	9.3	14	7.2	5.0	4.0	3.1	0.69	0.40	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.052	0.008	18	23	8.2	0.1
酒沼 7 下層			21.3	8.3	5.9	16	5.5	4.0	2.9	2.4	0.67	0.47	0.08	0.07	<0.01	0.10	0.064	0.035	9	30	12	1.0
酒沼 8 上層	1.1	2.6	22.6	8.5	7.1	14	6.7	4.1	4.0	2.9	0.53	0.34	0.01	<0.01	<0.01	0.091	0.045	0.014	22	24	9.3	0.1
酒沼 8 下層			20.8	8.0	5.8	15	4.1	2.5	2.0	1.7	0.48	0.41	0.08	0.10	<0.01	0.065	0.046	0.031	5	37	16	1.1

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	>50	22.2	8.0	6.3	19	3.5	2.0	1.9	1.6	0.67	0.60	0.12	0.23	0.01	0.062	0.039	0.031	5	34	14	2.3
大貫橋	-	>50	23.2	8.5	8.3	17	6.8	4.0	3.5	2.8	0.57	0.34	0.02	0.01	<0.01	0.093	0.045	0.014	20	25	9.8	0.3

表 4 水質調査結果一覧 (7月)

平成29年7月21日 天気 晴れ 気温 30.9℃ (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 ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.80	2.0	30.2	8.6	12.6	15	9.1	5.6	5.6	3.5	0.8	0.52	0.06	0.06	0.01	0.17	0.042	0.011	111	14	4.6	1.5
酒沼 1 下層			29.6	8.5	4.8	10	7.2	5.2	4.3	3.5	1.0	0.83	0.38	0.02	<0.01	0.19	0.12	0.102	33	17	6.6	0.8
酒沼 2 上層	0.90	2.3	30.3	8.4	11.8	12	8.5	5.8	5.2	3.5	0.8	0.53	0.04	0.06	0.01	0.15	0.042	0.008	84	15	5.0	1.6
酒沼 2 下層			29.2	7.9	4.8	11	7.3	5.2	4.0	3.4	1.05	0.84	0.39	0.02	<0.01	0.19	0.129	0.106	26	19	6.8	0.7
酒沼 3 上層	1.00	2.5	30.3	7.8	8.1	10	8.1	5.8	4.6	3.5	0.92	0.68	0.16	0.03	<0.01	0.15	0.076	0.042	46	18	6.2	1.0
酒沼 3 下層			28.8	7.3	1.6	10	7.3	5.1	4.0	3.3	1.6	1.25	0.82	0.01	<0.01	0.34	0.22	0.20	9	20	8	2.1
酒沼 4 上層	0.85	3.0	30.7	7.5	13.6	14	9.7	5.7	6.0	3.7	0.78	0.45	0.02	<0.01	<0.01	0.15	0.047	0.005	97	16	5.7	<0.1
酒沼 4 下層			29.0	7.4	0.8	11	7.0	4.6	3.7	3.0	1.70	1.39	1.02	0.04	<0.01	0.46	0.34	0.269	6	22	8	1.3
酒沼 5 上層	0.8	2.2	30.2	7.9	12	16	9.1	6.0	5.5	3.6	0.88	0.41	0.02	<0.01	<0.01	0.16	0.042	0.005	118	15	5.1	0.1
酒沼 5 下層			29.4	7.6	4.7	27	8.0	5.5	4.1	3.3	1.16	0.87	0.40	0.05	<0.01	0.25	0.137	0.097	31	18	6.8	0.2
酒沼 6 上層	1.05	2.6	30.5	7.7	7.9	9	7.6	5.3	4.5	3.5	0.9	0.62	0.16	0.02	<0.01	0.15	0.082	0.050	42	18	6.4	0.7
酒沼 6 下層			28.7	7.5	2.0	11	6.7	4.8	3.8	3.2	1.4	1.17	0.78	0.02	<0.01	0.29	0.19	0.13	14	21	7	3.1
酒沼 7 上層	1.2	2.3	30.1	8.1	12.9	14	9.4	5.5	5.2	3.5	0.73	0.44	0.02	<0.01	<0.01	0.14	0.050	0.008	85	18	6.2	0.1
酒沼 7 下層			29.5	8.1	12.2	12	8.7	5.7	4.9	3.5	0.77	0.44	0.02	<0.01	<0.01	0.14	0.046	0.010	94	18	6	1.0
酒沼 8 上層	1.0	2.3	29.8	8.5	13.6	14	9.5	5.7	5.6	3.6	0.77	0.42	0.02	<0.01	<0.01	0.135	0.042	0.003	91	17	5.8	0.1
酒沼 8 下層			29.0	8.4	9.9	16	8.4	5.7	4.7	3.4	0.81	0.49	0.06	0.02	<0.01	0.151	0.056	0.023	81	18	6	1.1

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	>50	29.5	8.4	7.9	13	7.7	5.2	4.2	3.3	0.84	0.61	0.09	0.10	0.01	0.137	0.075	0.048	42	19	6	2.3
大貫橋	-	34.0	29.4	8.3	9.9	17	7.6	5.6	4.7	3.4	0.83	0.47	0.04	0.03	<0.01	0.160	0.054	0.018	86	18	6.3	0.3

表5 水質調査結果一覧(8月)

平成29年8月15日 天気 晴れ 気温 23.1℃(水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.60	2.3	25.5	8.1	7.4	20	7.1	4.5	4.0	2.9	1.2	0.94	0.15	0.38	0.01	0.17	0.025	0.004	85	11	3.4	7.6
酒沼 1 下層			25.7	7.8	3.4	28	7.1	4.6	3.7	3.0	1.3	1.06	0.56	0.12	<0.01	0.24	0.10	0.088	30	15	5.2	6.8
酒沼 2 上層	0.80	2.5	25.6	7.7	6.5	13	6.9	4.7	3.8	3.0	1.1	0.82	0.22	0.17	0.01	0.15	0.062	0.031	44	16	5.4	6.1
酒沼 2 下層			25.8	7.4	5.1	42	8.0	4.5	3.6	2.9	1.19	0.85	0.29	0.14	0.01	0.17	0.060	0.036	26	17	5.8	6.1
酒沼 3 上層	1.00	2.8	25.7	7.4	6.5	12	7.1	5.0	3.7	3.1	1.19	0.88	0.24	0.18	0.01	0.14	0.062	0.032	35	16	5.3	6.1
酒沼 3 下層			25.5	7.2	5.5	13	5.8	4.7	3.3	2.9	1.1	0.91	0.34	0.18	0.01	0.11	0.06	0.04	16	18	6	6.1
酒沼 4 上層	0.85	3.0	26.0	7.2	6.4	12	6.0	4.7	3.7	3.0	1.00	0.78	0.19	0.14	0.01	0.13	0.058	0.027	40	17	5.8	5.8
酒沼 4 下層			26.2	7.2	6.1	16	5.9	4.7	3.4	3.0	0.97	0.79	0.21	0.13	0.01	0.12	0.06	0.029	25	18	6	5.8
酒沼 5 上層	0.9	2.4	25.7	7.2	7	16	6.4	4.7	3.6	2.9	1.04	0.75	0.19	0.14	0.01	0.12	0.051	0.023	38	17	5.9	5.9
酒沼 5 下層			26.2	7.2	4.9	40	7.2	4.7	3.3	2.9	1.14	0.84	0.26	0.13	0.01	0.16	0.048	0.027	29	19	5.9	6.0
酒沼 6 上層	1.05	2.8	25.8	7.1	6.0	11	6.0	4.7	3.4	2.8	1.2	0.94	0.28	0.23	0.01	0.11	0.060	0.035	25	18	6.0	6.1
酒沼 6 下層			25.5	7.1	5.9	16	5.8	4.6	3.4	2.8	1.1	0.89	0.26	0.18	0.01	0.12	0.06	0.03	23	18	6	5.8
酒沼 7 上層	1.1	2.6	25.9	7.1	6.2	11	5.7	4.8	3.4	2.9	1.02	0.78	0.27	0.10	0.01	0.11	0.062	0.038	26	18	6.2	5.9
酒沼 7 下層			26.3	7.1	6.1	12	5.7	4.9	3.3	2.9	0.98	0.80	0.29	0.10	0.01	0.11	0.066	0.042	16	19	6	6.0
酒沼 8 上層	1.2	2.7	26.0	7.0	5.3	15	5.4	4.7	3.2	2.9	1.08	0.89	0.43	0.09	0.01	0.121	0.081	0.066	12	19	6.4	6.0
酒沼 8 下層			25.8	7.0	5.0	15	5.7	4.8	3.2	2.8	1.07	0.89	0.43	0.10	0.01	0.125	0.087	0.067	8	18	6	5.8

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	>50	25.6	7.3	6.7	8	4.6	4.3	2.2	2.0	1.34	1.25	0.16	0.90	0.01	0.093	0.069	0.059	2	5	2	8.2
大貫橋	-	>50	25.3	7.0	3.6	10	4.4	3.9	2.4	2.2	1.18	1.12	0.29	0.53	0.03	0.107	0.083	0.081	3	14	5.0	7.4

表6 水質調査結果一覧(9月)

平成29年9月21日 天気 晴れ 気温 25.3℃(水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)	
酒沼 1 上層	0.50	2.2	25.4	8.5	11.4	16	6.6	4.6	4.1	2.7	1.2	0.81	0.05	0.43	0.02	0.11	0.016	0.003	96	7	2.5	8.4	
酒沼 1 下層			24.7	7.4	3.0	26	6.5	4.2	3.0	2.6	1.3	1.00	0.47	0.19	0.01	0.14	0.02	0.005	48	11	3.8	8.1	
酒沼 2 上層	0.75	2.5	25.7	8.9	13.8	13	7.4	5.3	4.4	2.7	1.1	0.67	0.01	0.32	0.01	0.09	0.016	0.002	101	9	2.8	8.0	
酒沼 2 下層			25.3	7.4	3.9	18	6.3	4.9	3.3	2.7	1.20	0.93	0.37	0.20	0.01	0.11	0.016	0.005	57	11	3.7	7.9	
酒沼 3 上層	0.50	2.8	24.7	9.0	13.7	13	7.8	5.4	4.3	2.7	1.10	0.74	0.01	0.43	0.01	0.09	0.015	0.002	95	7	2.3	8.4	
酒沼 3 下層			24.5	7.5	2.3	37	6.2	4.5	2.8	2.5	1.1	0.96	0.47	0.16	0.01	0.12	0.01	0.01	0.01	48	12	4	8.0
酒沼 4 上層	0.60	3.1	24.6	9.1	15.1	13	7.7	5.2	4.4	2.7	0.86	0.54	0.01	0.26	0.01	0.08	0.015	0.003	124	8	2.6	7.9	
酒沼 4 下層			24.0	7.4	2.1	20	5.3	4.4	2.8	2.4	1.10	0.96	0.39	0.17	0.01	0.10	0.01	0.005	37	14	5	7.7	
酒沼 5 上層	0.5	2.3	25.7	9.0	15	18	8.5	5.3	4.5	2.7	0.86	0.52	0.01	0.21	0.01	0.08	0.015	0.002	121	9	2.7	7.7	
酒沼 5 下層			25.4	7.7	4.8	39	7.2	4.8	3.1	2.6	1.00	0.79	0.27	0.20	0.01	0.14	0.013	0.002	73	10	3.6	7.9	
酒沼 6 上層	0.60	2.8	24.7	8.9	13.9	12	6.8	4.9	4.1	2.7	0.9	0.61	0.01	0.30	0.01	0.07	0.013	0.001	91	8	2.6	7.9	
酒沼 6 下層			24.6	7.3	1.8	22	5.6	4.5	2.9	2.5	1.1	1.00	0.50	0.17	0.01	0.10	0.03	0.02	36	13	5	7.8	
酒沼 7 上層	0.8	2.6	24.5	9.0	14.1	12	7.7	5.2	4.2	2.7	0.86	0.56	0.01	0.25	0.01	0.07	0.015	0.002	112	9	2.9	7.7	
酒沼 7 下層			24.5	7.8	7.1	26	6.5	4.6	2.8	2.6	1.00	0.87	0.22	0.28	0.01	0.09	0.014	0.002	25	11	4	7.7	
酒沼 8 上層	0.8	2.5	25.2	9.0	14.3	11	7.4	5.3	4.2	2.7	0.85	0.52	0.01	0.22	0.01	0.067	0.015	0.001	94	5	3.0	7.6	
酒沼 8 下層			24.7	7.3	3.9	38	5.5	4.1	2.4	2.2	1.00	0.92	0.23	0.34	0.01	0.110	0.044	0.037	18	16	5	7.3	

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	0.0	25.0	8.1	5.8	15	4.4	4.0	2.5	2.1	0.99	0.89	0.16	0.38	0.01	0.069	0.034	0.025	11	11	6	7.3
大貫橋	-	0.0	24.5	7.5	9.5	17	6.4	4.4	3.3	2.6	0.89	0.67	0.06	0.28	0.01	0.070	0.015	0.003	49	16	3.8	7.6

表7 水質調査結果一覧(10月)

平成29年10月26日 天気 晴れ 気温 16.3℃(水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	1.00	2.3	16.7	7.3	7.6	5	3.8	2.7	1.8	1.5	2.4	2.38	0.15	1.99	0.01	0.06	0.027	0.026	3	0	0.1	9.0
酒沼 1 下層			16.7	7.1	5.9	20	5.7	3.8	2.9	2.1	1.9	1.69	0.26	1.14	0.01	0.11	0.03	0.021	17	2	0.6	7.7
酒沼 2 上層	0.70	2.6	17.0	7.3	8.4	8	4.9	3.5	2.4	1.9	2.1	1.88	0.15	1.61	0.01	0.08	0.036	0.030	8	1	0.2	7.9
酒沼 2 下層			17.6	7.1	4.8	23	7.0	4.2	2.8	2.2	1.67	1.55	0.29	0.91	0.02	0.12	0.018	0.011	26	3	0.8	7.6
酒沼 3 上層	0.67	2.9	16.7	7.3	8.2	8	4.8	3.1	2.1	1.7	2.20	2.05	0.16	1.78	0.01	0.09	0.036	0.032	5	1	0.2	8.3
酒沼 3 下層			16.4	7.2	7.9	9	5.2	3.6	2.3	1.9	2.2	2.08	0.14	1.68	0.01	0.09	0.04	0.03	6	1	0	7.8
酒沼 4 上層	0.70	3.2	16.7	7.4	8.0	9	5.4	3.8	2.5	2.0	2.04	1.82	0.15	1.54	0.01	0.09	0.038	0.031	6	1	0.3	7.4
酒沼 4 下層			16.8	7.3	5.4	32	7.2	4.1	2.8	2.2	1.84	1.69	0.26	1.12	0.03	0.13	0.02	0.019	20	2	1	7.6
酒沼 5 上層	0.6	2.5	17.3	7.3	8	8	5.8	4.1	2.6	2.1	1.90	1.77	0.15	1.37	0.01	0.08	0.034	0.027	7	1	0.4	7.7
酒沼 5 下層			17.2	7.1	5.7	20	6.5	4.2	2.8	2.2	1.69	1.58	0.25	1.01	0.02	0.11	0.024	0.017	18	2	0.7	7.5
酒沼 6 上層	0.55	2.9	16.9	7.3	7.6	13	6.2	4.2	2.6	2.1	1.9	1.84	0.18	1.44	0.01	0.10	0.037	0.028	9	1	0.3	6.9
酒沼 6 下層			16.3	7.3	7.1	13	5.7	4.1	2.6	2.1	2.0	1.85	0.19	1.49	0.01	0.10	0.04	0.04	8	1	0	7.2
酒沼 7 上層	0.5	2.7	17.0	7.7	7.5	15	6.0	4.2	2.7	2.1	1.89	1.66	0.18	1.32	0.01	0.09	0.034	0.025	9	1	0.4	7.0
酒沼 7 下層			16.5	7.4	7.4	20	6.2	4.2	2.6	2.2	1.83	1.63	0.19	1.17	0.01	0.10	0.031	0.022	12	2	1	7.0
酒沼 8 上層	0.6	2.6	17.2	7.3	6.8	18	6.4	4.2	2.7	2.2	1.83	1.61	0.22	1.18	0.02	0.099	0.037	0.030	12	2	0.6	7.3
酒沼 8 下層			17.0	7.1	6.5	24	6.3	4.1	2.7	2.2	1.88	1.77	0.23	1.16	0.02	0.108	0.034	0.030	13	2	1	7.2

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	40.0	16.0	7.6	8.4	12	4.2	2.2	1.6	1.2	1.75	1.67	0.14	1.40	0.01	0.087	0.051	0.046	4	1	0	9.5
大貫橋	-	38.0	17.2	7.2	6.6	10	6.0	4.1	2.7	2.3	1.71	1.64	0.22	1.14	0.02	0.091	0.040	0.032	8	2	0.6	7.6

表8 水質調査結果一覧(11月)

平成29年11月25日

天気 晴れ

気温 8.9℃ (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 ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.80	2.1	10.3	8.9	13.7	9	6.3	3.0	3.1	1.6	2.1	1.84	0.01	1.76	0.04	0.05	0.013	0.001	28	5	1.4	8.7
酒沼 1 下層			10.7	8.7	9.5	16	6.5	2.9	3.0	1.6	2.0	1.71	0.03	1.49	0.05	0.08	0.01	0.001	64	9	2.9	7.9
酒沼 2 上層	0.80	2.4	10.8	9.1	14.3	10	6.8	2.9	3.5	1.6	2.0	1.86	0.01	1.66	0.04	0.05	0.011	0.001	59	5	1.6	8.5
酒沼 2 下層			11.5	8.7	11.2	12	6.0	2.9	3.0	1.6	1.86	1.74	0.01	1.56	0.04	0.05	0.009	0.001	52	8	2.7	7.9
酒沼 3 上層	0.70	2.6	11.0	8.8	12.7	12	6.5	3.3	3.1	1.7	1.96	1.71	0.01	1.60	0.04	0.06	0.010	0.001	53	5	1.6	8.1
酒沼 3 下層			12.1	8.1	7.2	12	5.0	2.7	2.4	1.5	1.8	1.67	0.09	1.38	0.04	0.06	0.01	0.00	54	12	4	7.5
酒沼 4 上層	0.95	2.9	9.5	9.0	14.0	8	6.3	3.0	3.1	1.6	1.96	1.90	0.01	1.73	0.03	0.05	0.010	0.001	36	4	1.2	8.7
酒沼 4 下層			12.0	8.0	7.4	11	4.1	2.2	1.8	1.2	1.34	1.32	0.09	1.03	0.03	0.05	0.01	0.001	32	22	8	6.1
酒沼 5 上層	1.0	2.3	10.8	9.1	15	8	6.9	2.8	3.4	1.6	1.93	1.95	0.01	1.71	0.04	0.05	0.010	0.001	35	4	1.5	8.8
酒沼 5 下層			11.0	8.7	11.7	10	6.6	3.0	3.1	1.6	1.96	1.77	0.01	1.60	0.04	0.06	0.009	0.001	60	5	1.7	8.4
酒沼 6 上層	0.85	2.6	10.2	8.9	13.4	8	6.6	2.9	3.1	1.6	2.0	1.88	0.01	1.67	0.03	0.05	0.010	0.001	44	5	1.3	8.6
酒沼 6 下層			12.1	8.2	7.3	12	5.4	2.7	2.5	1.5	1.8	1.72	0.08	1.39	0.05	0.06	0.01	<0.001	64	11	4	7.4
酒沼 7 上層	0.9	2.4	9.8	8.9	13.9	8	6.8	3.0	3.2	1.7	2.08	1.80	0.01	1.64	0.04	0.06	0.011	0.001	46	4	1.2	8.4
酒沼 7 下層			10.5	8.8	13.0	11	6.7	3.0	3.1	1.6	1.88	1.84	0.01	1.67	0.04	0.05	0.009	0.001	47	6	2	8.4
酒沼 8 上層	0.8	2.6	10.7	9.0	13.4	11	6.5	2.9	3.1	1.6	2.23	2.06	0.01	1.84	0.04	0.058	0.010	0.001	39	4	1.3	8.9
酒沼 8 下層			10.3	9.0	13.3	14	6.5	2.9	3.0	1.6	2.29	1.94	0.01	1.84	0.04	0.057	0.011	0.001	45	4	1	8.9

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	>50	11.7	8.3	10.4	5	4.0	2.4	1.6	1.3	1.67	1.59	0.08	1.36	0.02	0.052	0.014	0.005	9	13	4	7.9
大貫橋	-	25.0	10.6	8.9	13.2	11	6.3	3.0	2.8	1.6	2.19	2.00	0.01	1.82	0.03	0.059	0.010	<0.001	36	4	1.5	8.9

表9 水質調査結果一覧(12月)

平成29年12月15日 天気 晴れ 気温 6.1℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	1.70	2.0	7.6	8.7	12	6	4.8	3.7	1.8	1.5	1.9	1.7	0.04	1.3	0.03	0.031	0.010	<0.001	9	12	4.1	7.6
酒沼 1 下層			10.2	8.4	9.3	16	5.6	3.8	1.9	1.7	1.6	1.3	0.08	0.93	0.04	0.044	0.009	<0.001	19	19	6.9	5.4
酒沼 2 上層	1.60	2.4	7.7	9.1	13	7	5.0	3.5	2.1	1.5	1.8	1.6	0.01	1.2	0.03	0.025	0.008	<0.001	13	13	4.3	7.1
酒沼 2 下層			10.0	8.8	11	14	5.5	3.6	2.0	1.5	1.5	1.3	0.03	0.88	0.03	0.032	0.008	<0.001	19	19	6.9	5.7
酒沼 3 上層	1.50	2.6	6.7	9.1	12	8	5.3	3.4	2.2	1.5	1.9	1.6	0.01	1.4	0.03	0.027	0.008	<0.001	12	13	4.1	7.2
酒沼 3 下層			10.5	8.3	7.3	16	5.3	3.7	1.9	1.5	1.5	1.3	0.17	0.80	0.05	0.033	0.009	<0.001	16	22	8.1	5.3
酒沼 4 上層	1.70	2.9	5.9	9.0	12	7	4.8	3.5	1.9	1.5	1.9	1.8	0.01	1.5	0.03	0.029	0.006	<0.001	13	15	4.1	7.6
酒沼 4 下層			10.2	8.1	5.8	18	5.1	3.4	1.7	1.4	1.3	1.1	0.14	0.67	0.05	0.031	0.007	<0.001	21	27	10	4.5
酒沼 5 上層	1.7	2.2	7.3	9.2	13	10	5.8	3.3	2.3	1.5	1.8	1.7	0.01	1.4	0.03	0.029	0.006	<0.001	15	12	4.1	7.2
酒沼 5 下層			7.5	9.1	12	12	5.8	3.8	2.2	1.6	1.7	1.6	0.01	1.1	0.03	0.031	0.008	<0.001	15	13	4.7	6.9
酒沼 6 上層	1.55	2.6	6.5	9.2	13	10	6.0	3.6	2.2	1.5	1.9	1.7	0.01	1.5	0.03	0.027	0.006	<0.001	18	12	4.1	7.3
酒沼 6 下層			10.0	8.2	7.3	18	5.4	3.4	1.8	1.4	1.4	1.2	0.20	0.71	0.05	0.039	0.010	<0.001	26	25	9.1	4.9
酒沼 7 上層	1.9	2.4	5.6	9.5	13	8	5.3	3.6	2.1	1.5	2.0	1.9	0.01	1.6	0.03	0.025	0.006	<0.001	16	12	3.8	7.6
酒沼 7 下層			8.0	8.6	9.0	17	5.5	3.5	1.9	1.5	1.6	1.5	0.05	1.1	0.03	0.035	0.008	<0.001	14	20	6.2	6.1
酒沼 8 上層	1.7	2.4	6.6	9.2	13	6	5.2	3.3	2.2	1.5	1.9	1.9	0.01	1.6	0.04	0.024	0.006	<0.001	15	11	3.7	7.5
酒沼 8 下層			7.6	9.1	12	9	4.8	3.4	1.8	1.5	1.8	1.7	0.01	1.4	0.03	0.029	0.007	<0.001	11	13	4.5	7.2

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	>50	10.6	8.5	9.6	11	3.5	3.1	1.4	1.3	1.4	1.30	0.10	0.94	0.02	0.055	0.039	<0.001	4	26	10	5.5
大貫橋	-	>50	8.2	8.9	11.3	8	4.6	3.6	1.7	1.5	1.7	1.67	0.04	1.3	0.03	0.031	0.008	<0.001	9	14	5.0	7.3

表 10 水質調査結果一覧 (1月)

平成30年1月13日

天気 晴れ

気温 2.6℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	1.35	1.9	5.7	8.4	13	10	3.5	2.4	1.7	1.4	1.6	1.4	0.02	1.2	0.02	0.038	0.010	0.001	10	22	7.9	6.0
酒沼 1 下層			7.2	8.5	13	7	4.5	2.4	2.0	1.4	1.5	1.2	0.02	1.0	0.02	0.064	0.009	0.006	15	25	8.6	5.1
酒沼 2 上層	1.35	2.3	5.9	8.4	13	9	4.1	2.4	1.8	1.4	1.5	1.3	0.02	1.0	0.02	0.031	0.008	0.001	12	23	7.7	5.6
酒沼 2 下層			8.3	8.5	15	10	5.2	2.6	1.9	1.5	1.3	1.1	0.02	0.91	0.02	0.048	0.008	0.002	22	25	8.9	4.8
酒沼 3 上層	1.70	2.5	4.6	8.5	13	9	3.9	2.6	1.7	1.4	1.7	1.5	0.02	1.4	0.02	0.038	0.008	0.002	10	22	7.2	6.3
酒沼 3 下層			6.8	8.5	13	11	5.1	2.9	2.0	1.4	1.3	1.0	0.02	0.85	0.02	0.063	0.008	0.001	21	27	9.5	4.5
酒沼 4 上層	1.60	2.9	4.5	8.4	13	9	4.2	2.5	1.7	1.4	1.5	1.4	0.01	1.1	0.02	0.035	0.005	0.001	11	23	7.8	5.9
酒沼 4 下層			9.5	8.4	13	24	5.1	2.4	2.0	1.3	0.8	0.5	0.02	0.31	0.01	0.075	0.012	0.004	43	36	14	1.7
酒沼 5 上層	1.3	2.2	5.7	8.4	13	10	3.7	2.6	1.6	1.4	1.5	1.4	0.02	1.2	0.02	0.036	0.007	0.004	8	22	7.5	5.8
酒沼 5 下層			7.7	8.5	14	12	5.1	2.6	1.8	1.4	1.3	1.1	0.02	0.9	0.02	0.052	0.007	0.001	17	26	9.1	4.8
酒沼 6 上層	1.70	2.5	4.1	8.4	12	6	3.7	2.7	1.6	1.4	1.7	1.6	0.03	1.5	0.02	0.042	0.007	<0.001	9	21	6.8	6.9
酒沼 6 下層			8.2	8.6	16	12	5.9	2.5	2.1	1.5	1.0	0.6	0.02	0.43	0.01	0.069	0.009	<0.001	34	32	12.1	2.7
酒沼 7 上層	1.3	2.3	5.7	8.3	12	10	4.5	2.5	1.7	1.4	1.5	1.4	0.02	1.2	0.02	0.038	0.007	<0.001	14	23	7.8	5.7
酒沼 7 下層			6.5	8.4	13	13	5.2	2.5	1.7	1.4	1.4	1.2	0.02	1.0	0.02	0.048	0.008	0.001	16	25	8.7	5.3
酒沼 8 上層	1.1	2.3	6.3	8.5	13	10	5.1	2.4	1.6	1.4	1.4	1.3	0.01	1.1	0.02	0.043	0.008	0.001	15	25	8.3	5.5
酒沼 8 下層			7.0	8.5	14	14	5.1	2.6	1.7	1.4	1.4	1.2	0.02	1.0	0.02	0.046	0.007	<0.001	16	25	8.6	5.0

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	>50	8.6	8.0	10	8	4.0	2.7	1.4	1.3	1.9	1.69	0.34	1.1	0.03	0.149	0.133	0.110	2	26	9	6.8
大貫橋	-	>50	8.0	8.2	11	8	3.3	1.6	1.3	1.2	1.3	1.19	0.06	1.0	0.02	0.045	0.013	0.001	9	28	10	5.1

表 11 水質調査結果一覧 (2月)

平成30年2月9日 天気 晴れ 気温 4.2℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	1.35	1.8	4.8	8.5	14	4	4.5	3.0	2.2	1.7	1.8	1.6	0.01	1.4	0.02	0.061	0.016	0.002	15	20	6.6	6.7
酒沼 1 下層			7.5	8.7	20	11	7.1	3.6	3.3	1.9	1.6	1.1	0.01	0.8	0.02	0.104	0.019	0.002	47	25	9.0	4.2
酒沼 2 上層	1.20	2.4	4.2	8.4	13	4	4.5	3.0	2.1	1.6	1.9	1.6	0.01	1.4	0.02	0.063	0.013	0.002	14	21	7.0	6.4
酒沼 2 下層			6.7	8.6	18	6	6.0	3.6	2.5	1.7	1.5	1.1	0.02	0.89	0.02	0.080	0.014	0.002	30	26	9.4	4.4
酒沼 3 上層	1.35	2.5	4.1	8.5	13	6	4.5	3.4	2.0	1.6	1.9	1.7	0.01	1.5	0.02	0.054	0.011	0.002	12	20	6.4	7.0
酒沼 3 下層			7.1	8.7	17	10	5.7	4.0	2.4	1.6	1.4	1.0	0.01	0.80	0.02	0.075	0.015	0.002	30	28	9.8	4.1
酒沼 4 上層	1.10	3.1	4.8	8.5	13	6	4.8	3.1	2.1	1.6	1.7	1.6	0.01	1.4	0.02	0.054	0.013	0.001	14	21	6.8	6.6
酒沼 4 下層			8.1	8.7	18	12	4.6	2.8	1.9	1.5	1.0	0.7	0.01	0.51	0.01	0.061	0.015	0.002	28	34	12	1.9
酒沼 5 上層	1.3	2.3	4.8	8.1	13	6	4.8	3.5	2.1	1.6	1.8	1.6	<0.01	1.4	0.02	0.049	0.011	0.001	14	21	7.2	6.3
酒沼 5 下層			5.0	8.4	13	7	5.0	3.5	2.2	1.6	1.7	1.6	<0.01	1.3	0.02	0.049	0.011	0.001	15	22	7.6	6.1
酒沼 6 上層	1.25	2.7	4.0	8.6	13	4	4.5	3.1	2.0	1.6	1.8	1.7	<0.01	1.5	0.02	0.040	0.011	0.001	12	20	6.7	6.9
酒沼 6 下層			7.4	8.6	17	9	4.8	2.9	2.1	1.5	1.1	0.9	<0.01	0.66	0.01	0.057	0.013	0.000	22	31	11.1	2.9
酒沼 7 上層	1.2	2.4	4.9	8.5	13	4	4.7	3.0	2.0	1.6	1.8	1.7	0.01	1.4	0.02	0.042	0.011	0.002	13	21	7.2	6.3
酒沼 7 下層			5.9	9.5	14	8	4.6	2.8	2.0	1.6	1.7	1.5	0.01	1.3	0.02	0.053	0.011	0.001	13	22	7.5	5.7
酒沼 8 上層	1.3	2.5	6.1	8.4	13	6	4.4	2.9	1.9	1.5	1.8	1.6	0.01	1.4	0.02	0.049	0.011	0.001	13	22	7.6	6.0
酒沼 8 下層			6.0	8.4	13	8	4.6	3.1	1.8	1.5	1.7	1.6	0.02	1.3	0.02	0.046	0.010	0.001	14	23	7.8	5.9

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	>50	8.0	8.0	11	9	5.0	3.1	2.2	2.0	2.1	1.9	0.44	1.0	0.02	0.25	0.25	0.217	>1	29	10	6.0
大貫橋	-	>50	7.3	8.1	11	5	3.1	2.1	1.3	1.1	1.4	1.3	0.08	1.0	0.01	0.043	0.026	0.016	>1	29	10	5.4

表 12 水質調査結果一覧 (3月)

平成30年3月10日 天気 晴れ 気温 6.8℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.40	2.5	10.5	7.2	10	31	6.9	5.2	3.9	2.6	2.2	2.1	0.14	1.6	0.01	0.157	0.032	0.019	9	2	0.4	5.9
酒沼 1 下層			10.5	8.2	8	20	6.8	5.0	3.2	2.2	2.0	1.6	0.17	1.0	0.03	0.123	0.021	0.005	66	18	6.2	6.2
酒沼 2 上層	0.35	2.8	11.3	7.9	10	32	7.3	4.7	3.3	2.4	2.1	1.9	0.15	1.4	0.02	0.159	0.016	0.006	22	8	2.3	5.7
酒沼 2 下層			11.2	8.1	8	34	7.9	4.3	3.2	2.2	2.1	1.6	0.19	0.97	0.03	0.146	0.018	0.005	74	17	6.4	5.7
酒沼 3 上層	0.40	3.0	10.2	7.7	10	28	7.1	4.8	3.5	2.4	2.2	2.0	0.13	1.5	0.02	0.159	0.019	0.010	18	5	1.6	6.1
酒沼 3 下層			10.6	8.2	8	16	7.1	4.7	3.2	2.1	2.0	1.6	0.15	1.00	0.03	0.112	0.019	0.005	66	17	6.3	5.9
酒沼 4 上層	0.45	3.3	10.3	7.9	10	26	7.7	4.7	3.2	2.3	2.1	1.8	0.15	1.3	0.02	0.144	0.013	0.003	34	8	2.8	6.0
酒沼 4 下層			10.7	8.3	9	25	7.7	4.7	3.1	2.1	2.1	1.6	0.13	1.00	0.03	0.124	0.017	0.003	72	19	7	5.7
酒沼 5 上層	0.6	2.6	11.6	8.3	10	19	7.1	5.1	3.2	2.1	2.1	1.7	0.10	1.2	0.03	0.117	0.015	0.002	57	14	4.6	6.2
酒沼 5 下層			11.2	8.3	9	18	6.5	4.4	3.1	2.1	2.1	1.7	0.11	1.1	0.03	0.115	0.015	0.002	62	16	5.7	6.0
酒沼 6 上層	0.45	2.9	10.2	8.5	10	27	7.0	4.6	3.3	2.3	2.1	1.9	0.15	1.4	0.02	0.146	0.013	0.003	30	9	2.6	5.8
酒沼 6 下層			10.5	8.2	8	18	7.6	4.5	3.2	2.2	2.1	1.6	0.17	0.99	0.03	0.123	0.017	0.00	67	18	6.4	5.8
酒沼 7 上層	0.6	2.8	10.5	8.1	10	18	7.4	4.7	3.2	2.2	2.0	1.7	0.10	1.2	0.03	0.112	0.014	0.002	57	13	4.4	6.1
酒沼 7 下層			10.7	8.3	8	35	7.9	4.4	3.1	2.2	2.0	1.6	0.17	1.0	0.03	0.149	0.018	0.005	69	18	6.4	5.8
酒沼 8 上層	0.7	2.8	11.0	8.4	10	20	7.5	4.6	3.2	2.2	2.0	1.6	0.11	1.1	0.03	0.110	0.020	0.002	66	16	5.4	5.9
酒沼 8 下層			11.0	8.3	8	41	8.1	4.2	3.1	2.1	2.1	1.6	0.16	1.0	0.03	0.140	0.021	0.004	76	18	6.2	5.8

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	18.0	10.6	8.0	10	32	6.9	3.9	3.3	2.3	1.8	1.6	0.17	1.0	0.02	0.14	0.02	0.002	43	13	4	6.1
大貫橋	-	20.0	11.0	8.0	10	23	7.9	4.5	3.5	2.5	2.1	1.7	0.15	1.1	0.03	0.134	0.021	0.004	58	14	5	6.2

1-17 牛久沼の水質保全に関する調査事業

1 目的

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

2 調査方法

(1) 水質調査

- ① 調査期間：平成29年4月～平成30年3月、月1回。
- ② 調査地点：湖内8地点(L1-L8)の上層(水面下50cm)及び下層(湖底上50cm)、流入河川4地点(R1-R4)及び流出河川1地点(R5)の表層(図1)
- ③ 調査項目：水深、透明度、水温、pH、電気伝導率(EC)、溶存酸素量(DO)、浮遊物質(SS)、化学的酸素要求量(COD)、溶存態COD(D-COD)、全有機炭素量(TOC)、溶存態TOC(DOC)、全窒素量(TN)、溶存態TN(D-TN)、各態窒素量($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)、全りん量(TP)、溶存態TP(D-TP)、りん酸イオン量($\text{PO}_4\text{-P}$)、クロロフィルa(Chl.a)、比色シリカ(Si)

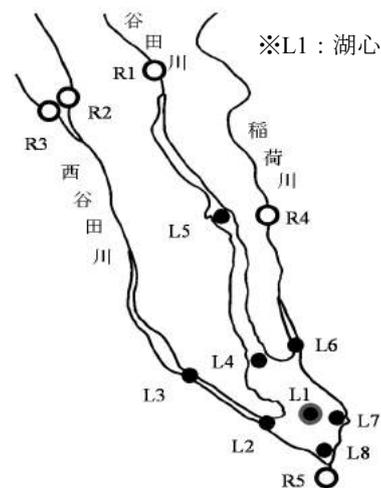


図1 牛久沼調査地点

(2) 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及びDTN、TP及びDTPについては窒素リン自動分析装置(ブランルーベ社製 AUTOANALYZERⅢ)で、各態窒素量($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)及びりん酸イオン量($\text{PO}_4\text{-P}$)については形態別窒素リン自動分析装置(ブランルーベ社製 AACS-II)で分析した。クロロフィルaの測定については、試料水を孔径1.2 μm 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。

(3) プランクトン調査

- ① 調査期間：(1)①と同じ
- ② 調査頻度：植物プランクトン月1回、動物プランクトン月1回
- ③ 調査地点：湖心(L1)
- ④ 調査項目：植物プランクトンの細胞体積、動物プランクトンの個体数
- ⑤ 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0.1 mm）を用いて湖底直上0.5 m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。

3 調査結果及び考察

水質調査結果は全地点の平均値を用いた。本報告では上層の結果のみを示す。

また、植物プランクトン調査結果は平成23年度～29年度、動物プランクトン調査結果は平成16年度～29年度の出現状況を報告する。

表1～表6に現地測定及び水質分析結果一覧を示す。

(1) 湖内及び流入河川の水質の推移（図2）

- ① COD：湖内は横ばい～やや低下する傾向が見られていたが、平成29年度は上昇した。流入河川はほぼ横ばいで推移していたが、湖内同様平成29年度は上昇した。
- ② TN：湖内は平成23年度以降に変化が少なく横ばいで推移した。流入河川は平成15年度以降に低下する傾向がみられている。
- ③ TP：湖内は低下傾向にあったが、平成25年度から上昇する傾向が見られている。流入河川は平成14年度からは低下傾向にあるが、平成27年度からは横ばいで推移している。
- ④ Chl.a：湖内については、平成29年度は上昇した。流入河川は横ばいで推移した。

(2) 平成29年度の水質（図3）

平成29年度と平成24年度～28年度の平均値（平年値）と比較した。

- ① COD：平成29年度は7.4 mg/Lで、前年度より0.9 mg/L高く、平年値より0.1 mg/L低かった。経月変化は平年値とほぼ同様であった。
- ② TN：平成29年度平均値は1.5 mg/Lで、前年度より0.2 mg/L低く、平年値とは同程度であった。経月変化は11、12月を除き平年値より低かった。
- ③ TP：平成29年度平均値は0.085 mg/Lであった。前年より0.006 mg/L高く、平年値より0.012 mg/L高かった。経月変化は例年通りだが、4月～10月、3月に高めであった。
- ④ Chl.a：平成29年度平均値は56 µg/Lであった。前年より14 µg/L高く、平年値より8 µg/L高かった。経月変化は10月～11月かけて大幅に低下した。

(3) プランクトン（図4）

- ① 植物プランクトン（細胞体積）：平成29年度は珪藻類が優占し、冬季を除きアウラコセイラ属が優占した。また、平成26年度から平成28年度と比べると、藻類全体の細胞体積が多めであった。
- ② 動物プランクトン（個体数密度）：平成29年度は動物プランクトン全体の個体数が少なめであった。また、優占種はワムシ類であった。

(4) 気象¹⁾ (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。また、平年値(1981年~2010年の平均値)と比較した。

- ① 平均気温：経年変化は、変動はあるものの平成14年度以降は上昇傾向であった。経月変化は平年に比べて1年を通して高めであった。
- ② 降水量：経年変化は、平成20年度以降に変動幅が小さくなった。経月変化は平年に比べて8月及び9月は大雨の影響で著しく多くなった。
- ③ 日照時間：経年変化は、平成20年度以降に増加傾向であったが、平成24年度以降は減少傾向であった。経月変化は概ね平年並みであった。

4 引用

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/>

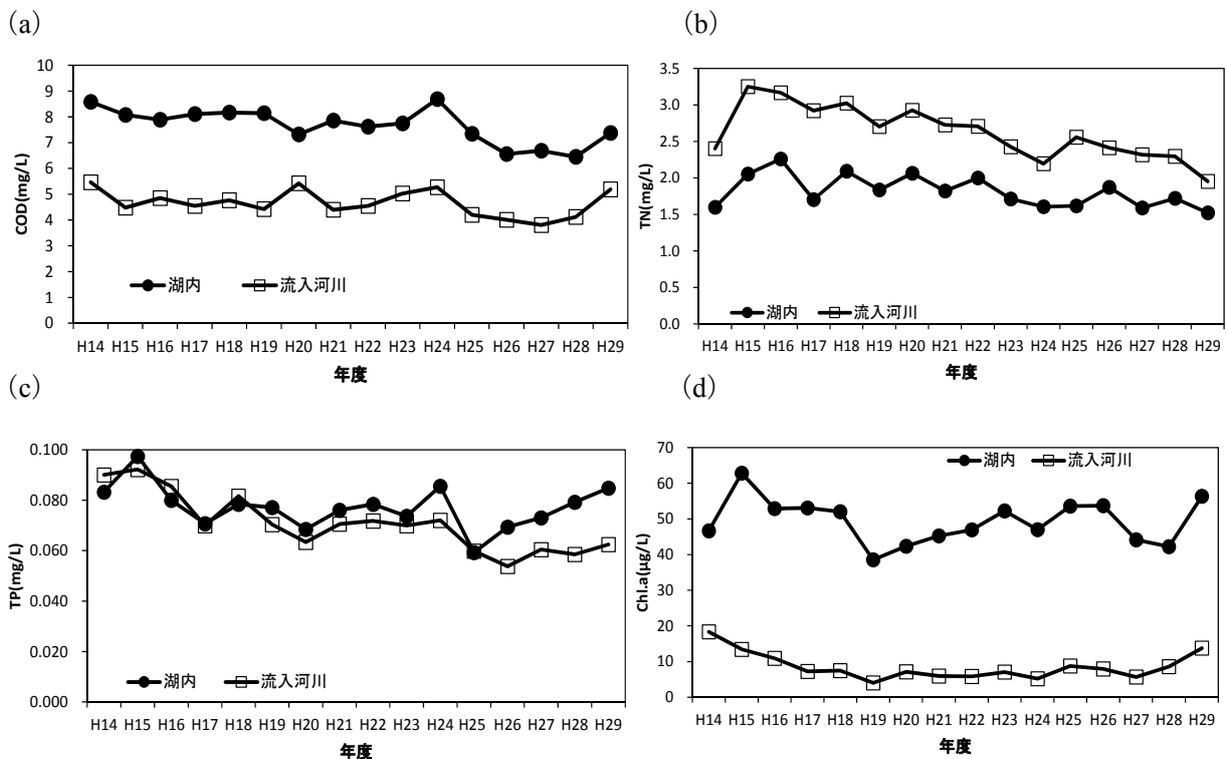


図2 湖内上層及び流入河川(全地点平均)における水質の経年変化(年度)

(a) COD (b) TN (c) TP (d) Chl.a

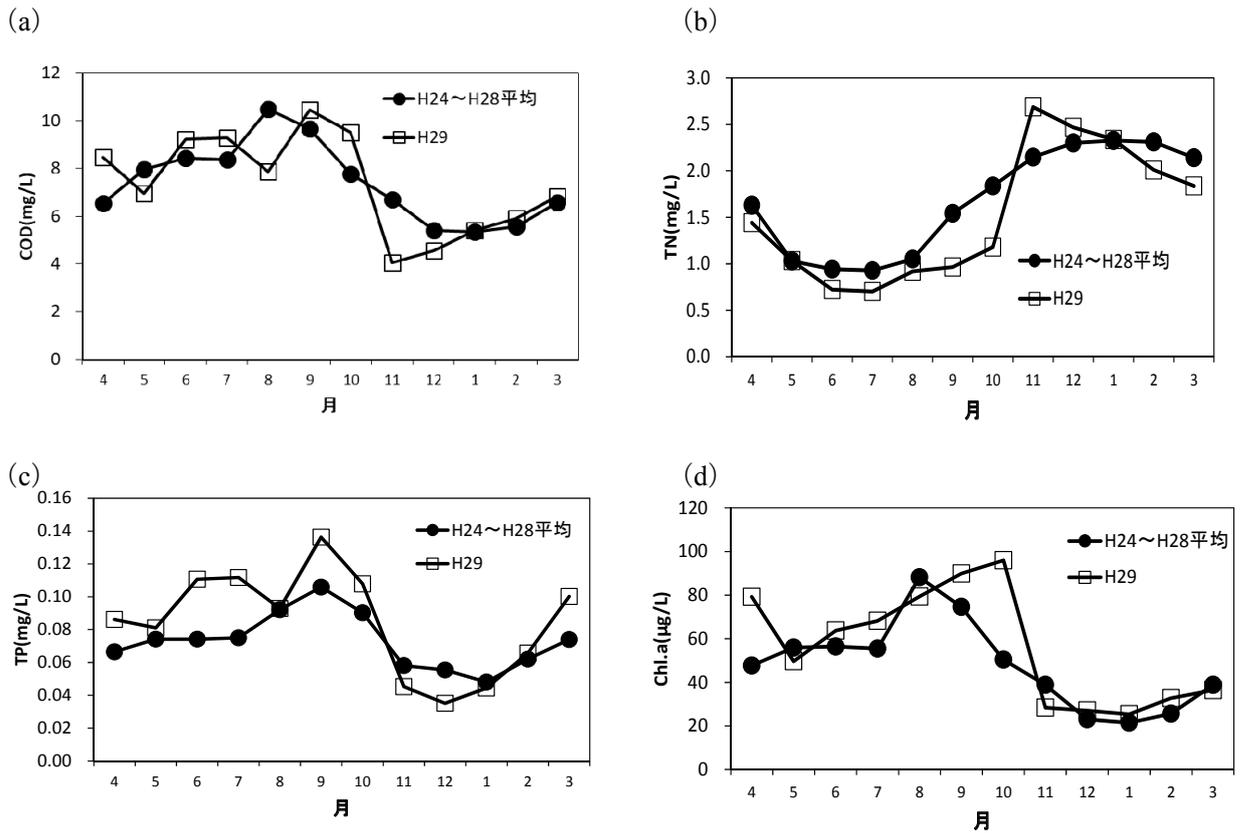


図3 湖内上層（全地点平均）における水質の経月変化

(a) COD (b) TN (c) TP (d) Chl.a

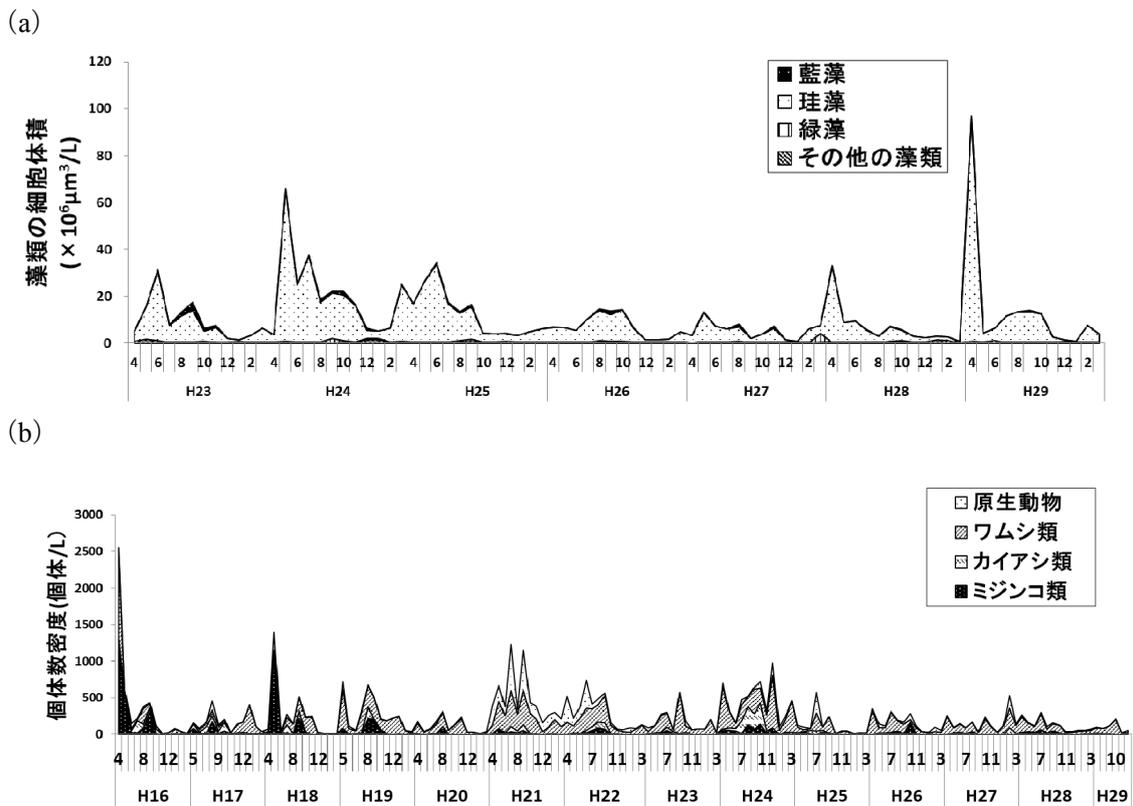
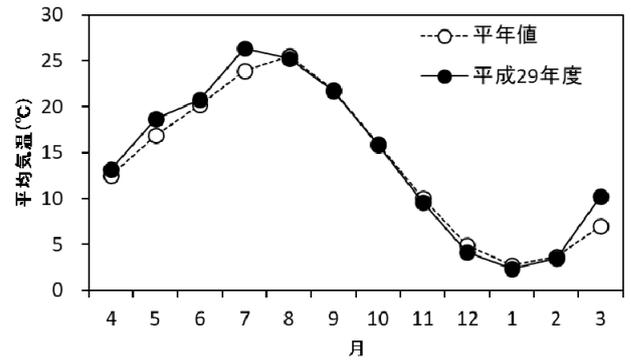
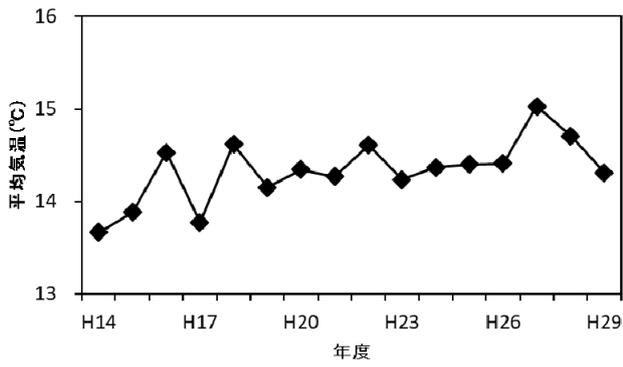


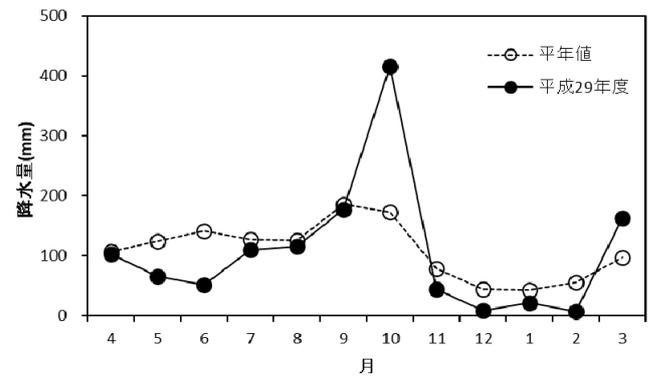
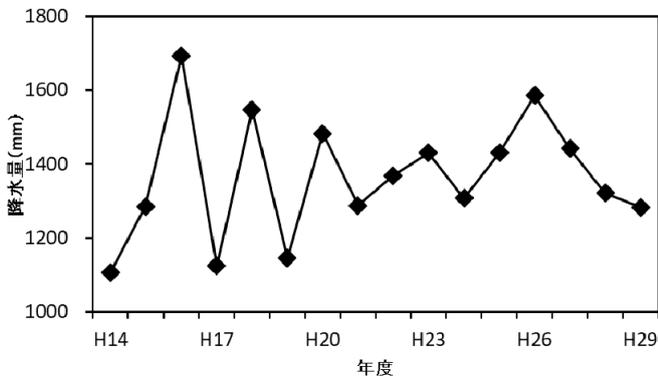
図4 湖心上層におけるプランクトンの変化

(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

(a)



(b)



(c)

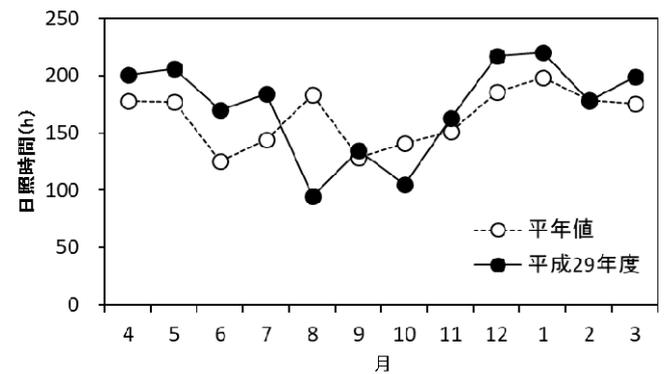
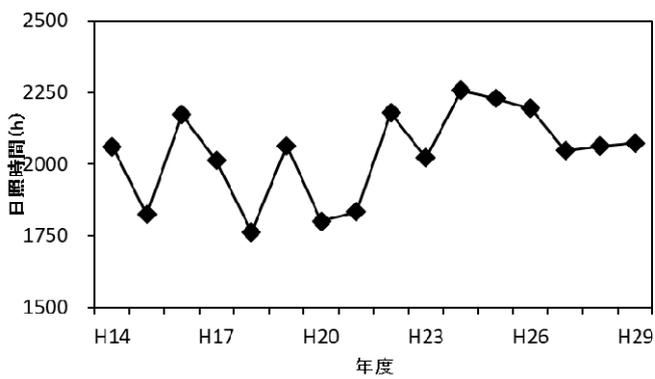


図5 つくば市（館野）における気象の状況

(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

表 1 牛久沼の現地測定及び水質分析結果 (4月, 5月)

牛久沼調査 検査結果一覧												気温: 15.2℃ (つくば市館野 10000, 気象庁データ)											
種類	地点名	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	2.0	0.60	17.3	8.9	22.4	11	29	9.8	4.4	4.5	2.6	1.0	0.58	0.02	0.01	0.27	0.076	0.019	0.002	84	0.3	
湖沼	L1			17.3	9.0	22.3	11	31	9.7	4.5	4.6	2.7	1.0	0.59	0.02	0.01	0.28	0.085	0.016	0.002	86	0.3	
湖沼	L2	2.1	0.70	17.3	8.5	22.5	10	18	7.9	4.4	3.8	2.5	1.3	0.92	0.02	0.02	0.67	0.076	0.015	0.002	62	3.7	
湖沼	L2			17.3	8.4	22.5	10	20	8.0	4.4	4.0	2.5	1.3	0.90	0.02	0.02	0.62	0.072	0.013	0.002	62	3.3	
湖沼	L3	2.4	0.65	17.3	8.1	23.5	10	16	7.5	4.1	3.7	2.3	1.9	1.5	0.03	0.03	1.2	0.084	0.014	0.003	54	8.0	
湖沼	L3			17.2	8.0	23.6	10	21	7.5	4.0	3.5	2.4	2.0	1.5	0.03	0.03	1.2	0.096	0.015	0.003	49	8.0	
湖沼	L4	1.7	0.75	18.0	8.9	22.1	12	24	9.2	4.7	4.6	2.6	1.1	0.53	0.02	0.01	0.23	0.086	0.014	0.001	87	0.1	
湖沼	L4			17.6	9.0	22.1	12	27	9.5	4.6	4.5	2.6	1.1	0.53	0.02	0.01	0.23	0.079	0.013	0.001	91	0.1	
湖沼	L5	2.5	0.80	17.8	8.6	22.8	11	18	7.1	3.6	3.3	2.1	2.3	1.4	0.04	0.03	1.0	0.099	0.020	0.003	79	7.6	
湖沼	L5			18.0	8.6	22.8	11	20	6.9	3.6	3.2	2.0	1.9	1.4	0.03	0.03	1.1	0.093	0.017	0.003	71	7.9	
湖沼	L6	2.6	0.80	18.0	8.7	21.0	13	21	8.3	3.9	3.5	2.2	1.5	0.98	0.03	0.03	0.68	0.10	0.018	0.005	100	4.6	
湖沼	L6			18.0	8.6	20.9	12	38	9.2	3.8	3.7	2.2	1.6	0.96	0.02	0.03	0.71	0.13	0.013	0.002	89	4.8	
湖沼	L7	1.5	0.55	17.8	8.8	22.6	12	28	9.3	4.6	4.9	2.7	1.1	0.52	0.02	0.01	0.22	0.095	0.012	0.001	86	0.1	
湖沼	L7			17.7	8.9	22.2	13	22	8.8	4.6	4.7	2.6	1.0	0.51	0.02	0.01	0.22	0.069	0.010	0.002	80	0.1	
湖沼	L8	2.9	0.75	17.2	8.9	22.4	11	29	9.0	4.5	4.5	2.6	1.1	0.54	0.02	0.01	0.26	0.075	0.010	0.001	82	0.3	
湖沼	L8			16.7	7.8	25.8	10	11	4.8	2.7	2.0	1.5	2.0	1.7	0.01	0.02	1.6	0.067	0.011	0.003	28	12	
流入河川	R1	13.22	1.3	0.40	7.8	24.0	9.8	15	5.9	3.3	2.2	1.8	2.7	2.4	0.07	0.03	2.0	0.092	0.028	0.021	19	7.6	
流入河川	R2	12.59	0.7	0.38	7.7	24.0	9.8	15	5.9	3.3	2.2	1.8	2.7	2.4	0.07	0.03	2.0	0.092	0.028	0.021	19	7.6	
流入河川	R3	12.59	0.0	0.29	8.1	25.0	11	19	6.3	3.3	2.4	1.9	1.8	1.4	0.04	0.02	1.3	0.092	0.014	0.006	37	12	
流入河川	R4	11.51	0.1	1.6	-0.5	16.0	24.4	10	6	3.1	2.1	1.5	1.3	1.8	1.7	0.02	0.02	1.5	0.042	0.012	0.005	7	12
流出河川	R5	11.12	0.0	0.32	9.3	23.6	15	16	8.6	4.7	4.3	2.7	1.2	0.61	0.02	0.02	0.29	0.080	0.014	0.001	79	0.0	

牛久沼調査 検査結果一覧												気温: 21.2℃ (つくば市館野 10000, 気象庁データ)											
種類	地点名	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	1.9	0.70	21.0	7.4	25.9	7.2	18	6.7	4.1	4.1	2.7	0.74	0.37	0.02	0.01	0.11	0.074	0.010	0.001	43	4.1	
湖沼	L1			20.7	7.4	24.3	6.4	24	7.2	4.1	4.2	2.6	0.78	0.32	0.03	0.01	0.13	0.082	0.010	0.001	44	4.4	
湖沼	L2	2.0	0.85	21.2	7.7	26.4	9.3	14	7.0	4.3	4.6	3.3	0.93	0.52	0.03	0.02	0.15	0.073	0.013	0.002	47	7.0	
湖沼	L2			20.0	7.3	26.5	7.9	18	7.5	4.6	4.4	3.3	1.0	0.53	0.04	0.01	0.17	0.080	0.014	0.004	59	7.3	
湖沼	L3	2.3	0.75	21.5	7.8	25.4	10	16	7.3	4.7	4.2	3.2	0.96	0.54	0.04	0.02	0.16	0.082	0.016	0.005	65	7.2	
湖沼	L3			20.0	7.6	25.1	7.9	22	7.5	4.6	4.3	3.2	0.96	0.54	0.04	0.01	0.20	0.086	0.014	0.004	46	7.3	
湖沼	L4	1.6	0.70	22.6	7.9	26.3	8.8	20	7.7	4.8	4.9	3.2	1.0	0.45	0.04	0.01	0.09	0.093	0.012	0.004	71	5.7	
湖沼	L4			21.2	7.7	26.2	8.4	24	8.1	4.7	5.0	3.1	1.0	0.46	0.05	0.01	0.09	0.097	0.011	0.004	67	5.4	
湖沼	L5	2.3	0.70	22.6	8.0	24.4	10	18	7.3	4.4	3.9	2.8	1.4	0.83	0.02	0.03	0.50	0.088	0.018	0.007	74	8.7	
湖沼	L5			20.7	7.1	24.4	5.6	22	6.0	4.2	3.5	2.7	1.3	1.0	0.23	0.03	0.55	0.092	0.010	0.005	27	9.8	
湖沼	L6	2.4	0.80	22.5	7.4	23.8	7.0	10	5.5	4.0	3.2	2.7	1.5	1.3	0.38	0.03	0.73	0.073	0.013	0.008	14	8.7	
湖沼	L6			20.0	7.1	23.4	6.1	22	5.7	4.2	3.3	2.7	1.7	1.3	0.46	0.03	0.84	0.11	0.016	0.008	7	9.2	
湖沼	L7	1.4	0.80	21.2	7.5	25.9	7.2	24	7.2	4.1	4.0	2.8	0.82	0.39	0.03	0.01	0.08	0.089	0.009	0.003	45	3.9	
湖沼	L7			22.0	8.0	25.1	10	14	7.0	4.7	4.4	3.1	0.73	0.36	0.02	0.01	0.04	0.067	0.009	0.003	38	3.6	
湖沼	L8	2.6	0.80	21.0	7.7	25.6	8.1	22	7.5	4.9	4.5	3.0	0.84	0.40	0.03	0.01	0.06	0.087	0.009	0.006	58	4.0	
湖沼	L8			21.0	7.7	25.6	8.1	22	7.5	4.9	4.5	3.0	0.84	0.40	0.03	0.01	0.06	0.087	0.009	0.006	58	4.0	
流入河川	R1	13.06	0.5	0.34	7.3	26.0	8.7	10	5.3	4.6	3.3	3.1	1.3	1.2	0.10	0.02	0.84	0.080	0.028	0.023	3	10	
流入河川	R2	12.28	0.7	0.39	6.9	24.8	7.4	10	5.3	4.1	3.2	2.7	1.3	1.4	0.21	0.04	0.86	0.085	0.026	0.025	4	9.0	
流入河川	R3	12.45	0.0	20.5	7.3	25.4	8.0	9	5.3	5.0	3.0	3.0	1.1	1.0	0.14	0.01	0.64	0.070	0.025	0.018	4	8.8	
流入河川	R4	11.50	0.2	1.4	>0.5	22.5	23.0	10	4.4	3.9	3.0	2.6	1.3	1.2	0.04	0.02	0.86	0.076	0.027	0.023	6	9.7	
流出河川	R5	11.15	0.0	>0.5	7.6	26.7	9.0	10	6.4	4.6	3.7	2.9	1.2	0.81	0.17	0.02	0.33	0.099	0.016	0.005	28	4.0	

※L7の下層については、上層と下層の水深差が少ないため欠測とした。

表2 牛久沼の現地測定及び水質分析結果(6月, 7月)

Table with 26 columns: 種別, 地点名, 採取層, 時間, 水深, 透明度, 水温, pH, EC, DO, SS, COD, D-COD, TOC, DOC, TN, D-TN, NH4-N, NO2-N, NO3-N, TP, D-TP, PO4-P, Chla, 比色SI. It contains two main sections for June and July data.

Table with 26 columns: 種別, 地点名, 採取層, 時間, 水深, 透明度, 水温, pH, EC, DO, SS, COD, D-COD, TOC, DOC, TN, D-TN, NH4-N, NO2-N, NO3-N, TP, D-TP, PO4-P, Chla, 比色SI. It contains data for July 15th and July 21st.

表3 牛久沼の現地測定及び水質分析結果(8月, 9月)

牛久沼調査 検査結果一覧										27.1℃										28.1℃									
探水日: 平成29年8月18日										探水日: 平成29年9月13日										探水日: 平成29年9月13日									
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	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)	比色SI (mg/L)	比色Chi (μg/L)	比色Chi-a (μg/L)				
湖沼	L1	上層	9:01	1.8	0.65	27.0	7.9	22.5	8.2	31	8.9	4.5	5.1	3.3	0.67	0.30	0.63	<0.01	<0.01	0.10	0.015	0.002	95	4.3	4.3				
湖沼	L1	下層	9:01	2.0	0.70	26.5	7.6	23.0	6.7	38	9.4	4.5	4.7	3.2	0.90	0.32	0.03	<0.01	<0.01	0.12	0.014	0.002	99	4.3	4.3				
湖沼	L2	上層	9:19	2.0	0.70	27.0	7.5	21.4	8.7	16	7.4	4.2	4.5	3.0	0.98	0.51	0.03	0.02	0.29	0.066	0.015	0.002	83	7.5	7.5				
湖沼	L2	下層	9:19	2.0	0.70	26.0	7.5	21.1	7.7	18	7.0	4.1	4.0	3.5	0.99	0.43	0.03	0.02	0.35	0.066	0.013	0.002	57	7.9	7.9				
湖沼	L3	上層	9:39	2.5	0.75	27.1	7.5	21.4	8.4	18	6.9	4.1	4.2	3.6	1.0	0.66	0.02	0.02	0.39	0.081	0.015	0.003	68	8.2	8.2				
湖沼	L3	下層	9:39	2.5	0.75	26.0	7.6	21.4	7.4	28	7.4	4.1	3.9	3.3	1.0	0.69	0.04	0.02	0.40	0.10	0.013	0.003	54	8.3	8.3				
湖沼	L4	上層	10:07	1.5	0.75	27.7	7.8	21.6	10.0	20	8.8	4.3	5.4	3.6	0.79	0.26	0.03	<0.01	<0.01	0.087	0.017	0.002	100	5.6	5.6				
湖沼	L4	下層	10:07	1.5	0.75	27.0	7.8	21.7	10.2	21	8.7	4.1	4.5	3.5	0.84	0.26	0.02	<0.01	<0.01	0.084	0.014	0.002	100	5.7	5.7				
湖沼	L5	上層	10:36	2.1	0.85	27.0	7.8	23.6	7.9	13	6.4	3.9	3.6	3.1	1.1	0.66	0.06	0.02	0.57	0.088	0.016	0.005	61	10	10				
湖沼	L5	下層	10:36	2.1	0.85	26.0	7.7	23.7	7.1	13	5.9	3.7	3.3	3.1	1.1	0.84	0.09	0.02	0.58	0.089	0.016	0.006	47	10	10				
湖沼	L6	上層	11:12	2.2	1.20	27.0	7.7	21.0	7.1	3	5.4	3.8	3.2	2.5	1.0	0.78	0.12	0.02	0.30	0.077	0.027	0.018	24	9.2	9.2				
湖沼	L6	下層	11:12	2.2	1.20	25.7	7.7	21.4	4.7	7.1	5.1	3.9	3.1	3.0	1.1	0.72	0.24	0.02	0.49	0.076	0.028	0.018	13	9.8	9.8				
湖沼	L7	上層	8:47	1.4	0.60	27.0	7.6	22.5	7.3	34	9.2	4.7	4.4	3.6	0.79	0.27	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.013	0.002	93	4.2	4.2				
湖沼	L7	下層	8:47	1.4	0.60	26.7	7.6	22.5	7.3	34	9.2	4.7	4.4	3.6	0.79	0.27	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.013	0.002	93	4.2	4.2				
湖沼	L8	上層	11:34	2.6	0.70	27.7	8.1	22.0	11	26	9.9	4.6	5.6	3.4	0.85	0.30	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.015	0.002	110	4.4	4.4				
湖沼	L8	下層	11:34	2.6	0.70	26.5	8.0	22.2	8.2	33	9.3	4.6	4.2	3.3	0.80	0.23	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.012	0.002	98	4.8	4.8				
流入河川	R1	13:22				26.6	7.7	24.9	8.7	6	4.3	3.4	2.7	2.6	1.1	0.95	0.05	0.02	0.74	0.078	0.040	0.035	4	12	12				
流入河川	R2	13:00				26.5	7.8	24.6	8.2	7	5.3	4.0	3.0	2.7	1.0	0.81	0.03	0.02	0.60	0.066	0.022	0.014	13	10	10				
流入河川	R3	13:15				27.3	7.7	21.6	8.2	5	4.2	3.3	2.5	2.4	1.2	1.09	0.03	0.01	0.82	0.062	0.024	0.018	5	12	12				
流入河川	R4	12:35				26.2	7.7	26.4	8.1	2	3.4	3.0	2.2	2.0	1.2	1.18	0.05	0.01	0.95	0.048	0.033	0.028	1	12	12				
流出河川	R5	12:05				28.7	8.2	22.2	12	15	8.4	4.8	4.6	3.7	0.64	0.27	0.02	<0.01	<0.01	0.067	0.013	0.002	54	4.3	4.3				
牛久沼調査 検査結果一覧																													
探水日: 平成29年9月13日																													
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	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)	比色SI (mg/L)	比色Chi (μg/L)	比色Chi-a (μg/L)				
湖沼	L1	上層	8:52	1.6	0.85	26.5	8.0	23.7	6.5	32	10	5.2	5.6	3.3	0.81	0.35	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.018	0.001	63	3.8	3.8				
湖沼	L1	下層	8:52	1.6	0.85	26.3	8.0	22.4	6.0	38	11	5.0	5.4	3.4	0.91	0.37	0.02	<0.01	<0.01	0.13	0.018	0.001	64	3.9	3.9				
湖沼	L2	上層	9:03	1.5	0.85	26.7	8.5	23.2	7.6	22	10	5.3	5.4	3.4	0.83	0.37	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.019	0.001	63	3.5	3.5				
湖沼	L2	下層	9:03	1.5	0.85	26.3	8.2	23.2	7.2	22	9.7	5.1	5.0	3.4	0.81	0.37	0.01	<0.01	<0.01	0.10	0.018	0.001	59	3.6	3.6				
湖沼	L3	上層	9:17	1.8	0.60	26.7	8.1	24.5	6.6	26	9.7	5.1	4.5	3.3	0.95	0.37	0.02	<0.01	<0.01	0.15	0.022	0.004	100	5.1	5.1				
湖沼	L3	下層	9:17	1.8	0.60	26.0	7.8	24.6	5.5	43	11	5.2	4.8	3.3	0.81	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.19	0.021	0.002	100	5.4	5.4				
湖沼	L4	上層	9:38	1.2	0.85	26.7	8.1	23.7	7.7	27	11	5.3	5.4	3.4	0.86	0.38	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.019	0.001	64	3.8	3.8				
湖沼	L4	下層	9:38	1.2	0.85	26.2	7.8	23.2	7.7	27	11	5.3	5.4	3.4	0.86	0.38	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.019	0.001	64	3.8	3.8				
湖沼	L5	上層	9:55	1.9	0.85	27.0	8.1	24.8	6.4	30	10	5.0	4.4	3.2	0.83	0.38	0.02	<0.01	<0.01	0.18	0.026	0.004	100	5.1	5.1				
湖沼	L5	下層	9:55	1.9	0.85	26.6	7.9	24.4	5.6	31	9.9	5.1	4.5	3.2	0.97	0.36	0.02	<0.01	<0.01	0.18	0.026	0.004	99	5.1	5.1				
湖沼	L6	上層	10:18	2.0	0.60	27.5	8.1	23.2	10	26	10	5.0	4.2	3.1	1.3	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.17	0.025	0.003	170	5.9	5.9				
湖沼	L6	下層	10:18	2.0	0.60	26.5	8.6	24.2	8.1	28	10	4.8	4.1	2.9	1.2	0.39	0.03	<0.01	<0.01	0.18	0.020	0.001	150	6.4	6.4				
湖沼	L7	上層	8:44	1.1	0.40	27.0	7.9	25.0	7.4	38	11	5.3	5.3	3.5	1.1	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.13	0.017	0.001	75	4.2	4.2				
湖沼	L7	下層	8:44	1.1	0.40	26.0	7.8	24.6	5.5	43	11	5.2	4.8	3.3	0.81	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.19	0.021	0.002	100	5.4	5.4				
湖沼	L8	上層	10:35	2.2	0.60	27.7	8.6	23.2	8.6	26	10	5.2	5.4	3.5	1.0	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.018	0.000	67	3.5	3.5				
湖沼	L8	下層	10:35	2.2	0.60	26.2	7.8	22.7	6.5	29	10	5.1	4.9	3.4	0.93	0.33	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.017	0.001	73	3.5	3.5				
流入河川	R1	12:45				26.5	8.0	25.6	9.4	7	5.4	4.2	3.2	2.7	1.1	0.80	0.05	0.02	0.71	0.077	0.039	0.026	15	14	14				
流入河川	R2	12:10				28.2	8.9	27.1	11	10	6.4	3.9	3.6	2.6	1.1	0.94	0.02	0.03	0.57	0.072	0.018	0.004	43	12	12				
流入河川	R3	12:25				29.4	7.8	30.5	11	6	4.7	2.9	2.1	1.9	1.8	1.5	0.07	0.02	1.2	0.066	0.036	0.028	8	17	17				
流入河川	R4	11:40				28.5	7.7	26.0	7.0	2	3.9	3.5	2.4	2.1	1.7	1.7	0.05	0.02	1.3	0.059	0.044	0.034	4	13	13				
流出河川	R5	11:10				28.1	8.3	25.0	9.8	23	10	5.5	4.8	3.4	0.76	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.019	0.002	70	4.2	4.2				

※9~3月のL4下層については、上層と下層の水深差が少ないため欠測とした。

表 4 牛久沼の現地測定及び水質分析結果 (10月, 11月)

牛久沼調査 検査結果一覧		採水日: 平成29年10月8日															天気: 曇															気温: 17.2℃															(つくば市龍野 10.00. 氮素庁子一タ)														
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	8:52	1.6	0.70	19.7	8.3	20.3	6.3	30	9.9	4.5	4.8	2.7	0.73	0.21	0.27	0.02<0.01	<0.01	<0.01	0.10	0.012	0.002	69	3.6																																				
湖沼	L1	下層	8:52	1.6	0.70	19.7	8.4	19.5	8.3	37	10	4.4	4.9	2.7	0.90	0.21	0.02<0.01	0.01	0.01	0.11	0.013	0.002	71	3.6																																					
湖沼	L2	上層	9:04	1.5	0.85	19.5	8.5	20.5	9.0	23	9.1	4.5	4.2	2.7	1.1	0.27	0.02	0.01	0.01	0.083	0.013	0.002	78	4.1																																					
湖沼	L2	下層	9:04	1.5	0.85	19.5	8.4	19.5	9.3	25	9.1	4.4	4.1	2.6	0.51	0.32	0.02	0.01	0.01	0.10	0.013	0.002	75	4.1																																					
湖沼	L3	上層	9:20	2.4	0.70	20.0	8.5	21.9	11	26	9.4	4.2	4.4	2.6	1.6	0.73	0.03	0.02	0.28	0.10	0.015	0.004	110	7.3																																					
湖沼	L3	下層	9:20	2.4	0.70	20.0	8.5	21.7	10	38	10	4.3	4.3	2.6	1.0	0.66	0.04	0.02	0.29	0.12	0.016	0.004	100	7.4																																					
湖沼	L4	上層	9:45	1.2	0.85	20.0	8.7	20.5	9.1	27	10	4.6	5.1	2.7	0.96	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.013	0.001	57	3.7																																					
湖沼	L4	下層	9:45	1.2	0.85	20.0	8.7	20.5	9.1	27	10	4.6	5.1	2.7	0.96	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.013	0.001	57	3.7																																					
湖沼	L5	上層	10:02	2.0	0.70	20.3	8.7	22.1	10	23	8.6	3.7	3.3	2.2	1.4	0.58	0.03	0.03	0.46	0.11	0.017	0.003	110	8.9																																					
湖沼	L5	下層	10:02	2.0	0.70	20.3	8.6	22.7	10	27	8.1	3.7	3.2	2.1	1.4	1.0	0.14	0.03	0.63	0.12	0.014	0.005	100	9.9																																					
湖沼	L6	上層	10:26	1.7	0.70	20.5	8.6	21.5	11	23	8.8	4.2	3.6	2.5	1.2	0.53	0.02	0.02	0.22	0.10	0.017	0.003	140	7.7																																					
湖沼	L6	下層	10:26	1.7	0.70	20.5	8.6	21.4	11	30	9.2	4.2	3.6	2.5	1.3	0.46	0.02	0.02	0.24	0.14	0.017	0.003	120	8.1																																					
湖沼	L7	上層	8:43	1.1	0.65	19.8	8.7	24.2	9.7	34	10	4.6	5.4	2.8	1.1	0.28	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.013	0.002	93	4.2																																					
湖沼	L7	下層	8:43	1.1	0.65	19.8	8.7	24.2	9.7	34	10	4.6	5.4	2.8	1.1	0.28	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.013	0.002	93	4.2																																					
湖沼	L8	上層	10:43	2.2	0.65	20.4	8.7	20.0	9.8	27	9.8	4.5	4.7	2.7	1.0	0.28	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.012	0.002	99	4.4																																					
湖沼	L8	下層	10:43	2.2	0.65	20.4	8.8	19.7	9.6	31	10	4.5	4.7	2.7	1.0	0.27	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.012	0.002	93	4.3																																					
種類	地点名	流量	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)																																					
流入河川	R1	0.0	12:59	2.1	>0.5	18.2	7.9	29.9	8.2	8	3.4	2.3	1.7	1.4	1.6	1.5	0.07	0.02	1.22	0.066	0.031	0.018	6	1.6																																					
流入河川	R2	0.7	12:50	1.0	0.49	19.5	7.9	28.5	8.8	10	4.3	2.8	2.1	1.7	2.1	2.0	0.13	0.03	1.89	0.073	0.028	0.016	1.3	1.2																																					
流入河川	R3	0.0	12:40	0.8	>0.5	18.7	8.0	30.7	11	7	3.4	2.0	1.6	1.4	1.7	1.5	0.07	0.02	1.33	0.034	0.016	0.011	6	1.5																																					
流入河川	R4	0.0	11:55	0.0	>0.5	16.8	7.9	28.6	8.8	1	2.5	2.0	1.2	1.2	1.7	1.6	0.04	0.01	0.57	0.038	0.029	0.023	1	1.4																																					
流出河川	R5	0.0	11:11	0.7	0.19	19.3	7.4	24.0	8.1	25	8.7	5.0	3.7	2.9	0.94	0.42	0.02	0.01	1.04	0.110	0.017	0.003	71	6.6																																					
牛久沼調査 検査結果一覧		採水日: 平成29年11月7日															天気: 晴															気温: 16℃															(つくば市龍野 10.00. 氮素庁子一タ)														
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	8:53	1.8	0.80	15.5	8.0	18.1	10	17	4.9	2.2	2.7	1.5	2.3	2.0	0.03	0.02	1.6	0.051	0.008	0.001	33	6.8																																					
湖沼	L1	下層	8:53	1.8	0.80	15.5	7.9	17.9	10	26	6.2	2.2	3.1	1.5	2.3	1.9	0.03	0.02	1.7	0.067	0.007	0.002	36	6.9																																					
湖沼	L2	上層	9:04	1.8	1.00	15.7	7.7	23.5	10	8	4.2	2.2	2.3	1.6	3.0	2.8	0.04	0.02	2.7	0.042	0.007	0.003	37	9.2																																					
湖沼	L2	下層	9:04	1.8	1.00	15.7	7.7	23.6	10	8	4.2	2.2	2.3	1.6	2.9	2.8	0.04	0.02	2.7	0.041	0.007	0.003	35	9.2																																					
湖沼	L3	上層	9:19	2.0	0.90	15.8	7.5	25.5	9.3	10	3.7	2.1	1.8	1.4	3.3	3.1	0.06	0.02	3.0	0.047	0.007	0.004	22	10																																					
湖沼	L3	下層	9:19	2.0	0.90	15.9	7.5	25.8	9.1	10	3.7	2.1	1.9	1.4	3.3	3.2	0.08	0.02	3.0	0.047	0.006	0.005	20	10																																					
湖沼	L4	上層	9:38	1.4	0.90	16.2	8.1	19.4	11	9	4.6	2.3	2.7	1.6	2.4	2.2	0.03	0.03	2.0	0.036	0.007	0.002	38	7.1																																					
湖沼	L4	下層	9:38	1.4	0.90	16.2	8.1	19.4	11	9	4.6	2.3	2.7	1.6	2.4	2.2	0.03	0.03	2.0	0.036	0.007	0.002	38	7.1																																					
湖沼	L5	上層	9:53	2.3	1.10	16.7	7.7	26.7	9.0	7	2.8	1.7	1.5	1.2	3.4	3.2	0.10	0.03	3.0	0.044	0.008	0.005	17	12																																					
湖沼	L5	下層	9:53	2.3	1.10	16.5	7.4	26.7	8.6	8	2.9	1.9	1.5	1.2	3.4	3.3	0.10	0.03	3.0	0.045	0.008	0.008	11	12																																					
湖沼	L6	上層	10:13	2.2	1.20	16.3	7.5	25.2	8.8	7	2.7	1.9	1.4	1.2	2.7	2.6	0.12	0.02	2.4	0.046	0.014	0.013	6	12																																					
湖沼	L6	下層	10:13	2.2	1.20	16.0	7.0	25.3	8.7	11	3.1	1.8	1.4	1.2	2.8	2.7	0.12	0.02	2.5	0.055	0.011	0.008	6	12																																					
湖沼	L7	上層	8:45	1.3	0.90	15.8	8.1	17.3	11	15	4.6	2.3	2.7	1.6	1.9	1.7	0.03	0.02	1.5	0.049	0.006	0.002	36	6.2																																					
湖沼	L7	下層	8:45	1.3	0.90	15.8	8.1	17.3	11	15	4.6	2.3	2.7	1.6	1.9	1.7	0.03	0.02	1.5	0.049	0.006	0.002	36	6.2																																					
湖沼	L8	上層	10:30	2.5	0.90	16.8	8.2	18.3	11	12	4.7	2.3	2.7	1.6	2.2	1.8	0.03	0.02	1.6	0.048	0.006	0.001	39	6.5																																					
湖沼	L8	下層	10:30	2.5	0.90	16.0	8.3	17.6	10	16	5.0	2.4	2.5	1.5	2.2	1.9	0.03	0.02	1.6	0.054	0.006	0.001	33	6.5																																					
種類	地点名	流量	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L) <td>SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>D-COD (mg/L) <td>TOC (mg/L) <td>DOC (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>D-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>D-COD (mg/L) <td>TOC (mg/L) <td>DOC (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>D-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	COD (mg/L) <td>D-COD (mg/L) <td>TOC (mg/L) <td>DOC (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>D-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	D-COD (mg/L) <td>TOC (mg/L) <td>DOC (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>D-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	TOC (mg/L) <td>DOC (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>D-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	DOC (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>D-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td></td></td>	TN (mg/L) <td>D-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td></td>	D-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td>	NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td>	NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td>	NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td>	TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td>	D-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td>	PO4-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td>	Chla (μg/L) <td>比色SI (mg/L)</td>	比色SI (mg/L)																																					
流入河川	R1	1.4	12:34	1.4	>0.5	16.7	7.6	28.1	9.9	2	1.6	1.3	1.0	0.9	3.2	3.2	0.08	0.02	2.9	0.027	0.016	0.007	1	13																																					
流入河川	R2	0.7	12:02	0.7	1.1	>0.5	17.1	7.6	10	6	2.1	1.5	1.2	1.1	4.0	3.9	0.08	0.02	3.7	0.040	0.016	0.012	2	11																																					
流入河川	R3	0.0	12:17	0.0	>0.5	16.7	7.7	26.7	10	3	2.2	1.5	1.2	1.1	3.4	3.3	0.10	0.02	3.2	0.022	0.009	0.008	3	12																																					
流入河川	R4	0.8	11:27	0.8	>0.5	16.5	7.7	25.0	11	5	2.1	1.3	1.1	1.0	2.7	2.7	0.04	0.01	2.6	0.033	0.010	0.006	4	13																																					
流出河川	R5	3.3	11:00	1.0	0.29	16.8	8.2	17.8	11	16	5.1	2.4	2.4	1.5	2.2	1.8	0.03	0.02	1.6	0.055	0.007	0.002	35	6.4																																					

表6 牛久沼の現地測定及び水質分析結果(2月, 3月)

牛久沼調査 検査結果一覧		平成30年2月10日															4.8℃															気温: (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)	比色Si (mg/L)																							
湖沼	L1	上層	8:52	1.5	0.95	7.3	8.0	28.0	11	14	6.5	3.6	3.8	2.3	1.6	1.5	0.02	0.02	1.2	0.041	0.005	0.003	27	9.7																						
湖沼	L1	下層	8:52	-	-	7.4	8.3	27.7	12	16	6.6	3.5	3.8	2.2	1.8	1.5	0.02	0.02	1.2	0.049	0.004	0.003	28	9.7																						
湖沼	L2	上層	9:04	1.6	1.00	7.3	8.2	28.2	12	11	5.7	3.3	3.2	2.0	2.2	2.0	0.04	0.02	1.6	0.042	0.004	0.003	28	10																						
湖沼	L2	下層	9:04	-	-	7.5	8.4	28.2	13	10	5.9	3.2	3.4	2.0	2.2	1.9	0.03	0.02	1.6	0.052	0.004	0.003	30	10																						
湖沼	L3	上層	9:18	1.8	1.15	7.1	8.3	28.6	13	8	5.0	2.9	2.8	1.7	2.3	2.3	0.03	0.03	1.9	0.067	0.005	0.003	31	11																						
湖沼	L3	下層	9:18	-	-	7.1	8.5	28.6	13	8	5.0	2.8	2.7	1.8	2.4	2.2	0.03	0.03	2.0	0.068	0.004	0.003	31	11																						
湖沼	L4	上層	9:36	1.2	>1.0	7.0	8.3	28.2	12	8	6.1	3.6	3.5	2.3	1.7	1.5	0.02	0.02	1.2	0.056	0.003	0.002	26	9.4																						
湖沼	L4	下層	9:36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
湖沼	L5	上層	9:55	1.9	0.80	7.6	9.1	30.1	16	12	6.5	3.0	3.5	1.8	2.0	1.5	0.04	0.03	1.3	0.10	0.005	0.002	59	9.4																						
湖沼	L5	下層	9:55	-	-	7.7	9.2	30.1	16	15	6.6	2.9	3.6	1.7	2.0	1.6	0.04	0.03	1.3	0.10	0.004	0.001	59	9.5																						
湖沼	L6	上層	10:15	2.0	0.90	8.0	8.6	29.5	14	10	5.2	2.8	2.6	1.8	2.2	1.8	0.03	0.03	1.6	0.12	0.007	0.005	40	11																						
湖沼	L6	下層	10:15	-	-	8.0	8.5	29.0	14	20	6.5	2.8	3.0	1.7	2.3	1.8	0.03	0.03	1.6	0.15	0.004	0.003	45	11																						
湖沼	L7	上層	8:45	1.1	>1.0	7.3	8.1	31.5	12	9	6.3	3.7	3.6	2.3	1.8	1.5	0.02	0.02	1.2	0.050	0.012	0.003	26	9.8																						
湖沼	L7	下層	8:45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
湖沼	L8	上層	10:35	2.2	1.10	8.0	8.4	27.6	12	8	6.1	3.7	3.5	2.3	1.9	1.5	0.02	0.02	1.2	0.044	0.012	0.002	25	9.4																						
湖沼	L8	下層	10:35	-	-	7.6	8.4	27.6	12	10	6.1	3.7	3.5	2.3	1.9	1.5	0.02	0.02	1.2	0.044	0.009	0.007	26	9.4																						
流入河川	R1	上層	12:45	1.0	>0.5	10.0	9.5	8.2	30.2	3	3.3	2.2	1.7	1.4	1.9	1.8	0.09	0.02	1.6	0.083	0.019	0.011	12	14																						
流入河川	R2	上層	12:12	-	-	>0.5	9.1	8.1	28.7	11	6	4.0	2.7	2.0	1.6	2.4	0.18	0.06	2.1	0.10	0.035	0.034	13	12																						
流入河川	R3	上層	12:25	0.0	0.8	>0.5	12.9	7.8	30.2	14	2	3.7	2.1	1.7	1.3	2.6	0.23	0.09	0.03	0.083	0.010	0.005	17	15																						
流入河川	R4	上層	11:45	0.0	1.1	>0.5	9.0	8.0	30.6	11	0	2.3	1.7	1.3	1.1	2.0	0.04	0.02	1.7	0.069	0.019	0.012	4	15																						
流出河川	R5	上層	11:10	0.0	0.5	0.44	8.0	8.2	28.5	12	10	6.5	3.8	3.5	2.4	1.9	1.5	0.05	0.02	1.2	0.085	0.003	0.003	27	9.4																					
流出河川	R5	下層	11:10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
流入河川	R1	上層	8:46	1.7	0.80	10.0	7.7	26.5	10	29	7.1	3.8	3.8	2.4	1.7	1.3	0.07	0.01	1.0	0.095	0.016	0.004	26	8.0																						
湖沼	L1	下層	8:46	-	-	10.2	7.6	26.5	10	38	7.8	3.7	4.1	2.3	1.8	1.3	0.07	0.01	1.0	0.10	0.014	0.004	23	8.0																						
湖沼	L2	上層	8:55	1.8	0.55	9.4	7.9	23.2	10	30	7.2	3.7	3.9	2.3	1.8	1.2	0.06	0.02	1.0	0.094	0.014	0.003	33	7.9																						
湖沼	L2	下層	8:55	-	-	9.7	7.8	26.0	10	31	7.2	3.8	3.8	2.3	1.7	1.3	0.05	0.02	1.0	0.10	0.014	0.004	34	7.9																						
湖沼	L3	上層	9:08	2.6	0.65	9.7	8.9	23.5	12	32	8.7	3.8	4.6	2.4	2.1	1.4	0.03	0.03	1.1	0.12	0.015	0.005	100	7.6																						
湖沼	L3	下層	9:08	-	-	10.3	8.9	23.7	12	42	9.6	3.8	4.8	2.4	2.1	1.3	0.03	0.03	1.1	0.13	0.016	0.005	99	7.6																						
湖沼	L4	上層	9:29	1.4	0.65	9.5	8.0	24.9	9.5	27	7.2	3.7	3.8	2.3	1.7	1.3	0.08	0.02	0.94	0.10	0.015	0.003	26	7.6																						
湖沼	L4	下層	9:29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
湖沼	L5	上層	9:44	2.2	0.65	10.4	7.8	23.3	9.4	24	6.3	3.4	3.3	2.1	1.8	1.4	0.08	0.03	1.0	0.11	0.017	0.005	29	7.1																						
湖沼	L5	下層	9:44	-	-	11.3	7.6	24.5	9.1	52	8.3	3.6	3.8	2.1	1.9	1.3	0.09	0.03	1.0	0.17	0.018	0.006	35	7.1																						
湖沼	L6	上層	10:05	1.9	0.65	10.5	7.4	19.8	9.7	19	4.6	2.8	2.3	1.7	1.8	1.5	0.16	0.03	1.2	0.093	0.017	0.011	16	7.8																						
湖沼	L6	下層	10:05	-	-	10.6	7.3	19.8	9.5	21	4.7	2.7	2.3	1.6	1.7	1.6	0.16	0.03	1.2	0.10	0.019	0.011	16	8.3																						
湖沼	L7	上層	8:39	1.3	0.65	9.5	7.7	28.9	10	19	6.4	3.9	3.5	2.4	1.7	1.3	0.05	0.01	1.0	0.079	0.012	0.003	21	7.9																						
湖沼	L7	下層	8:39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
湖沼	L8	上層	10:23	2.4	0.60	10.0	7.9	23.0	10	28	7.2	3.8	4.0	2.3	1.8	1.4	0.05	0.02	1.0	0.095	0.012	0.003	33	8.1																						
湖沼	L8	下層	10:23	-	-	10.2	7.9	26.2	10	30	7.4	3.7	3.9	2.3	1.7	1.2	0.04	0.02	1.0	0.096	0.012	0.003	28	8.0																						
流入河川	R1	上層	12:25	0.9	>0.5	10.4	7.2	21.6	10	18	4.6	2.9	2.3	1.8	2.0	1.8	0.11	0.03	1.4	0.081	0.021	0.009	17	10																						
流入河川	R2	上層	11:54	-	-	11.4	7.2	20.0	8.9	17	5.3	3.8	2.9	2.2	2.2	2.1	0.29	0.05	1.5	0.10	0.034	0.023	5	7.6																						
流入河川	R3	上層	12:10	0.0	>0.5	13.8	7.3	29.3	12	11	3.6	2.3	1.9	1.4	2.2	2.1	0.14	0.03	1.6	0.065	0.018	0.012	19	15																						
流入河川	R4	上層	11:25	0.1	>0.5	8.8	7.4	18.2	11	8	3.3	2.6	1.8	1.6	1.5	1.4	0.05	0.02	1.2	0.057	0.019	0.015	5	8.0																						
流出河川	R5	上層	10:55	3.7	0.8	10.4	7.9	26.5	10	25	7.3	4.0	3.8	2.3	1.8	1.4	0.05	0.02	1.0	0.087	0.012	0.003	29	7.8																						

1-18 新川の水質調査

1 目的

新川は土浦市街地の中を流れ、霞ヶ浦に流入する河川であり、窒素やリンの濃度が高い状況である。新川の上流から下流にかけて水質や底質を調査することで水質汚濁の特徴を把握することとした。

2 方法

(1) 調査期間

平成 29 年 4 月から平成 30 年 3 月まで

(2) 調査地点及び調査頻度

水質：上流から下流にかけて合計 8 地点（図 1）の表層水，頻度は月 1～2 回，

底質：地点 15 の 0～5 cm 及び 5～10 cm の 2 層，頻度は年 1 回（12 月）

(3) 分析項目

水質：SS，COD，窒素，リンなど

底質：強熱減量（IL），COD，窒素，リンなどの他，表層の酸素消費速度，リン溶出速度

(4) 酸素消費速度試験

水層は現場の河川水を 1 μm フィルターでろ過したろ液を用い，空気でバブリングすることで飽和酸素濃度にした。カラムの状態水温 20℃，暗条件の下，0～4 日目までに 15 回，DO をセンサーで計測した。底泥とブランク（水層のみ）の差から底泥の酸素消費速度を算出した。

(5) リン溶出速度試験

水層は現場の河川水を 1 μm フィルターでろ過したろ液を用い，窒素ガスでバブリングすることで嫌気状態にした。カラムの状態水温 20℃，暗条件の下，0～7 日目までに 7 回，PO₄-P を分析し，底泥からの溶出速度を算出した。

3 結果

(1) 水質（表 1）

各地点の年平均値を表 1 に示した。地点 1 や 5 では T-N，T-P が高く，各態では NH₄-N や PO₄-P が高かった。地点 6 は主に水田地帯からの排水であり地点 5 よりも窒素やリン濃度が低かった。地点 12 より下流は流量が観測されることが少なく，霞ヶ浦の水位と近いと考えられた。また，下流にいくほど NO₃-N は上昇し，NH₄-N や PO₄-P は低下する傾向がみられた。

(2) 底質（表 2）

0～5 cm 及び 5～15 cm の底泥の分析結果を表 2 に示した。その結果，5～15 cm の泥の方が有機物や窒素が多く，強い還元状態になっていた。

(3) 酸素消費速度（図 2）

実験開始後 13 時間から 61 時間で直線的に DO が低下したことから，その期間中を対象に酸素消費速度を算出した結果，1.85 g/(m²・日)となった。

(4) リン溶出速度試験（図 3）

実験開始後 3 日目から 5 日目で継続的に PO₄-P 濃度が上昇したことから，その期間中を対象に PO₄-P の溶出速度を算出 0.0144 g/(m²・日)となった。



図1 新川の調査地点

表1 新川各調査地点における水質の年平均値

地点	流量 (m ³ /s)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)
1	0.010	12	8.6	5.2	4.4	5.8	5.4	0.63	0.10	4.3	1.0	0.77	0.73
5	0.041	25	11	6.2	4.8	4.9	4.5	0.70	0.08	3.2	1.0	0.64	0.56
6	0.067	36	10	5.2	3.8	3.1	2.8	1.9	0.05	0.49	0.25	0.074	0.053
7	0.14	30	9.3	5.2	3.9	3.5	3.2	1.6	0.06	1.1	0.39	0.18	0.16
12	停滞	20	7.5	4.3	3.4	3.3	3.1	2.0	0.06	0.70	0.25	0.068	0.055
14	停滞	22	7.5	4.3	3.5	3.2	3.0	2.0	0.07	0.63	0.23	0.059	0.047
15	停滞	18	9.0	5.5	3.7	3.1	2.8	1.8	0.07	0.56	0.21	0.055	0.041
16	停滞	15	8.9	5.4	3.6	3.3	2.8	2.0	0.06	0.38	0.17	0.046	0.030

表2 地点15における底質

泥層	含水比 (%)	IL (%)	COD (mg/g-day)	TN (mg/g-day)	TP (mg/g-day)	硫化物 (mg/g-day)	土粒子密度 (g/cm ³)	礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)
0~5cm	253	14	67.8	3.6	2.8	0.07	2.5	0.8	34.3	35.6	29.3
5~15cm	245	16	69.5	4.8	2.8	0.11	2.5	-	-	-	-

礫:2mm以上, 砂:0.075~2mm, シルト:0.005~0.075mm, 粘土:0.005mm以下

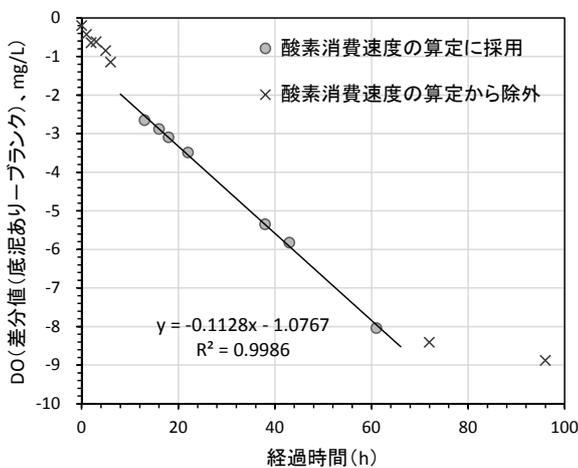


図2 酸素消費速度試験のDOの経時変化

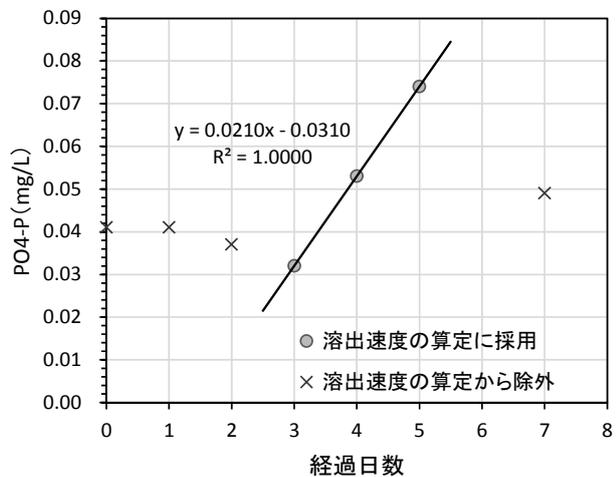


図3 リン溶出速度試験のPO₄-Pの経日変化

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、呼吸系や循環器系など人の健康への影響が懸念されている。平成21年9月に環境基準が定められ、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」により、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 (Be, Na, Al, Si, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb)
- ・炭素成分 (WSOC, WIOC, Char-EC, Soot-EC)

3 調査地点

土浦保健所

4 調査時期

春季 平成29年5月10日～平成29年5月24日

夏季 平成29年7月20日～平成29年8月3日

秋季 平成29年10月19日～平成29年11月2日

冬季 平成30年1月18日～平成30年2月1日

5 採取方法

PTFEフィルタ及び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 (PTFE フィルタ捕集に使用)
Thermo Scientific 社製 FRM2000 (石英繊維フィルタ捕集に使用)

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（平成23年7月環境省）」に準拠した。

質量濃度	秤量法 (PTFE フィルタ) 測定機器 : MettlerToledo 社 MX5 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 Integrion

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-L (※冬季調査 島津製作所 TOC-V CSN)

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を比較すると、春季の濃度が最も高く、次いで冬季、秋季、夏季の順であった。PM2.5 質量濃度の季節の平均値は春季 11.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、夏季 5.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、秋季 9.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬季 11.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった (表 1)。図 1 に各季節の成分平均濃度及び割合を示す。炭素成分は夏季・秋季に増加した。図 2 に PM2.5 質量濃度の推移を示す。夏季は他の季節と比べ変動が小さかった。

表 1 季節別 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	22.6	3.8	11.7
夏季	12.1	2.9	5.8
秋季	24.9	2.0	9.2
冬季	23.7	2.5	11.2

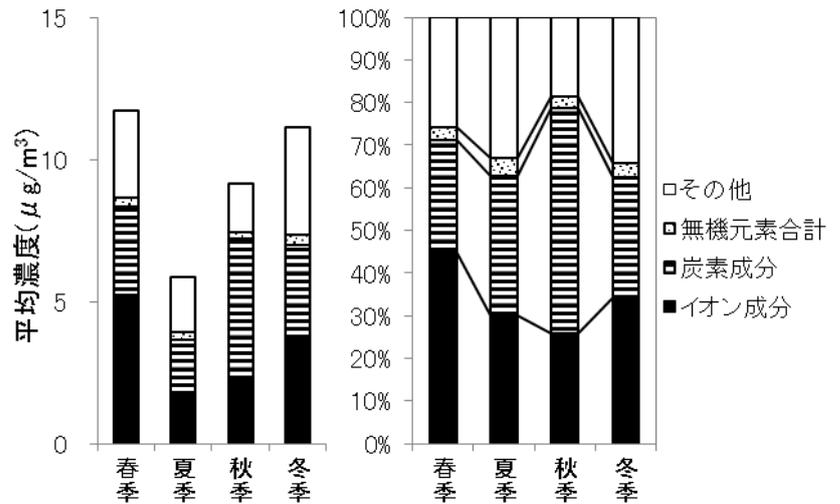


図 1 季節別 成分平均濃度及び割合 (左: 濃度, 右: 割合)

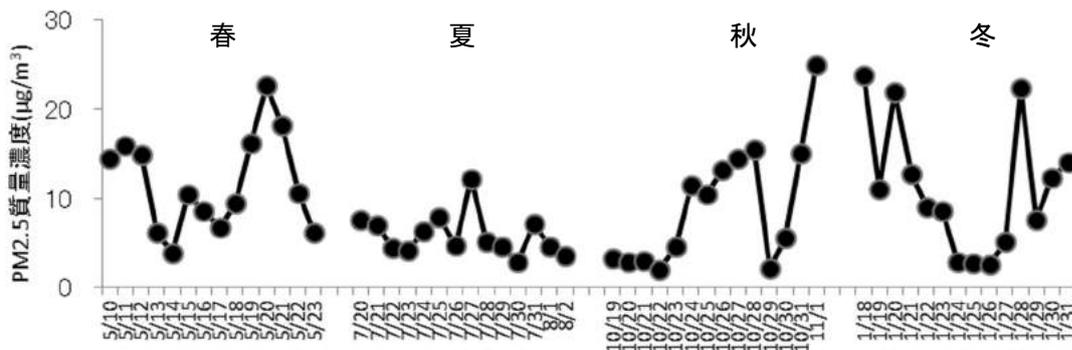


図 2 PM2.5 質量濃度推移 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(2) イオン成分

春季・夏季のイオン成分濃度を図 3-1 に、秋季及び冬季のイオン成分濃度を図 3-2 に示す。

春季及び夏季は硫酸イオンが約 6 割を占め、秋季及び冬季は硫酸イオンと硝酸イオンがそれぞれ約 3 割を示していた。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の影響していると考えられる。

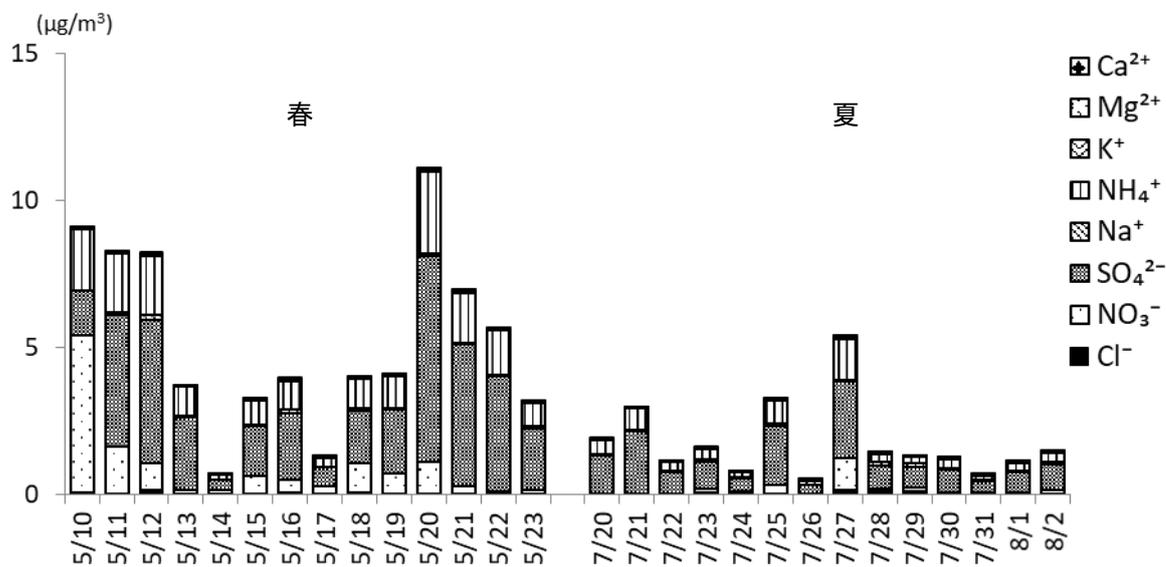


図 3-1 イオン成分濃度 (春季・夏季)

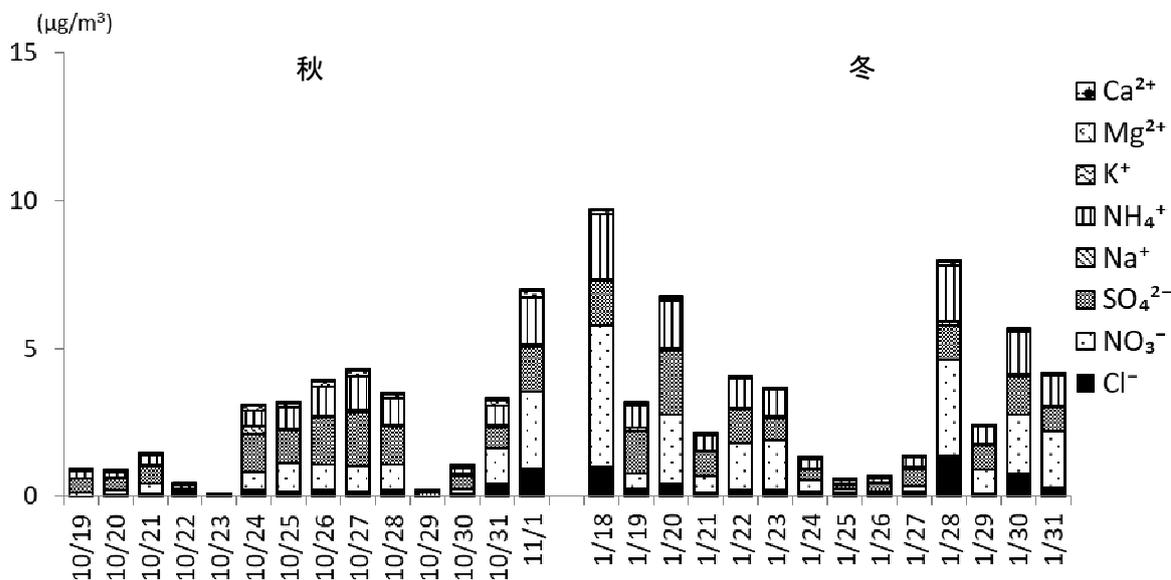


図 3-2 イオン成分濃度 (秋季・冬季)

(3) 無機元素成分、炭素成分

春季・夏季の無機元素成分濃度を図 4-1 に、秋季及び冬季の無機元素成分濃度を図 4-2 に示す。なお、イオン成分でも含まれている Na, Ca, K は除く。無機元素成分のうち、Al, Fe, Zn は各季節で、無機元素成分の大部分を占めていた。

春季・夏季の炭素成分濃度を図 5-1 に、秋季及び冬季の炭素成分濃度を図 5-2 に示す。WSOC は全季節で PM2.5 質量濃度の増減と連動しており、特に、春季・秋季・冬季で約 4～5 割を占めていた。WIOC は季節変化が少なく、全ての季節で比較的一定の濃度で推移した。Char-EC は特に秋季・冬季で高く、PM2.5 質量濃度の増減と連動する傾向がみられた。Soot-EC は季節変化が少なく、他の炭素成分と比較すると低濃度で推移した。

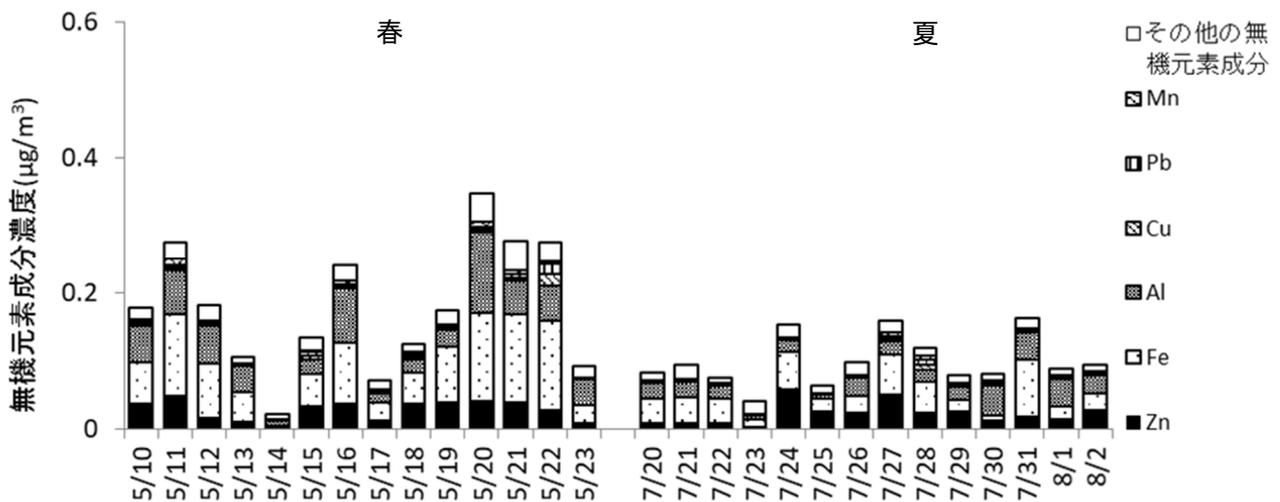


図 4-1 無機元素成分濃度 (春季・夏季)

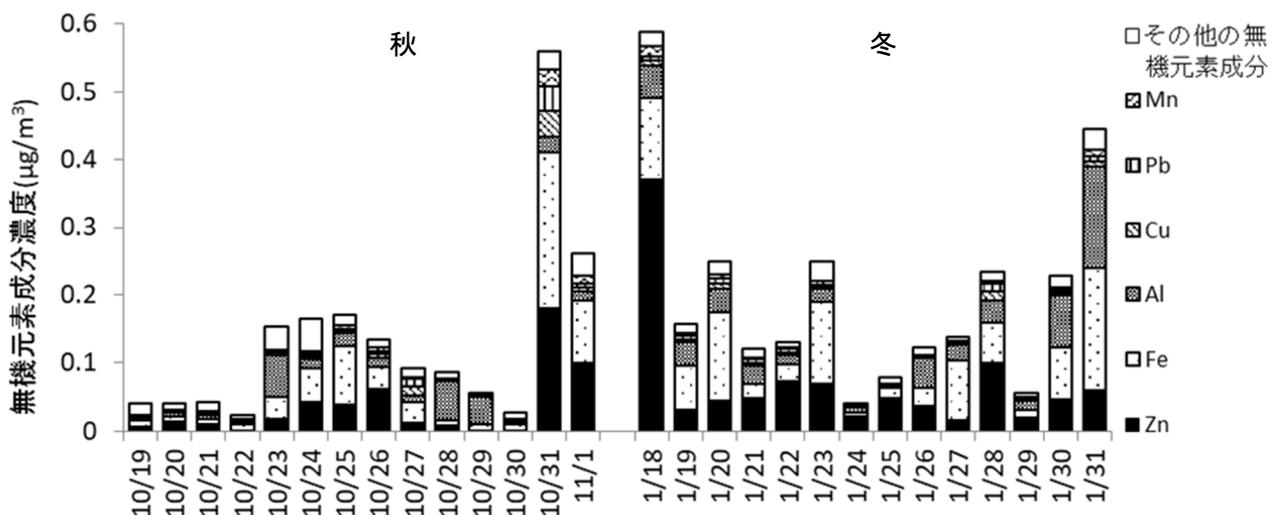


図 4-2 無機元素成分濃度 (秋季・冬季)

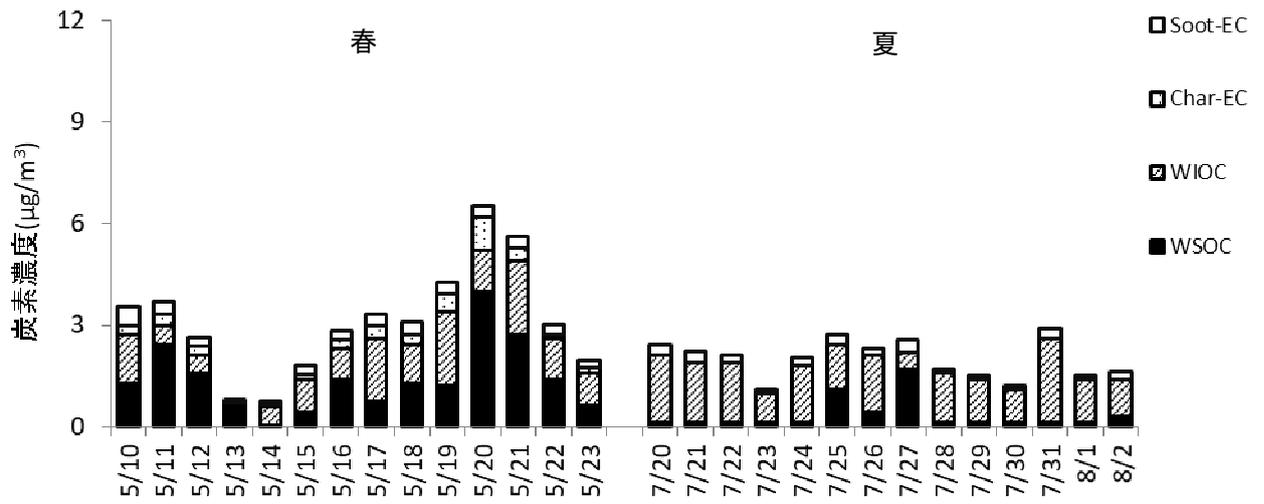


図 5-1 炭素成分濃度 (春季・夏季)

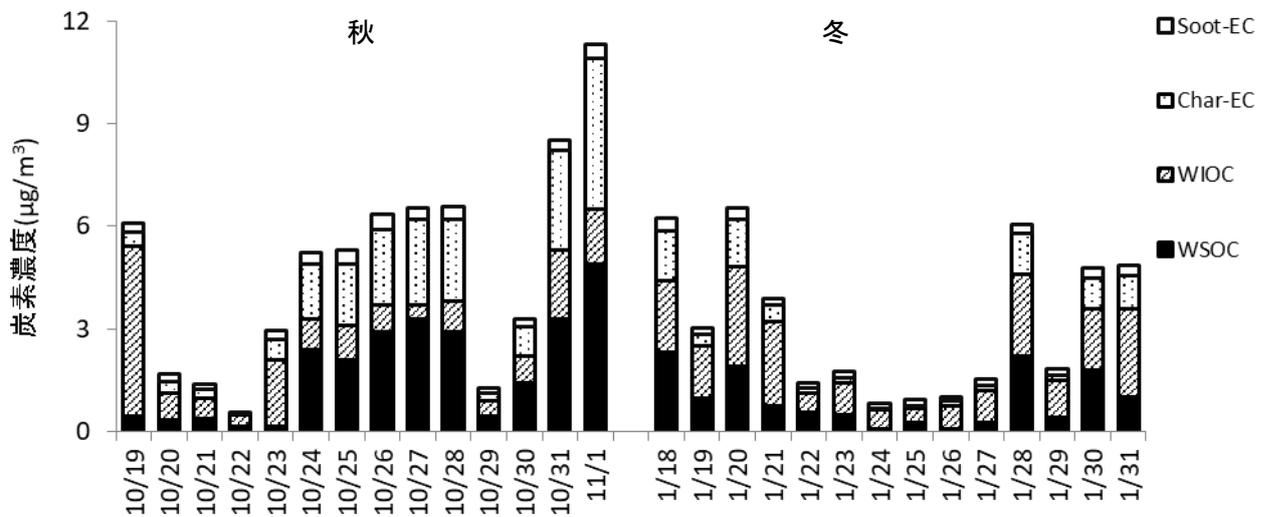


図 5-2 炭素成分濃度 (秋季・冬季)

VI 研究報告・調査報告

(1) 春季調査(土浦保健所局, 平成29年5月10日～平成29年5月24日)

サンプリング実施時期		質量濃度測定値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	イオン成分($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								無機元素(ng/m^3)												
開始日	終了日		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Be	Na	Al	Si	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
H29.5.10	～ H29.5.11	14.5	0.031	5.4	1.5	0.017	2.1	0.031	0.0035	0.017	<0.023	34	55	<7.7	65	87	0.014	5.0	0.92	0.72	4.0	60	0.98
H29.5.11	～ H29.5.12	15.9	0.028	1.6	4.5	0.076	2.0	0.044	0.0098	0.020	<0.023	85	64	<7.7	70	57	<0.013	6.1	4.8	1.5	8.9	120	0.63
H29.5.12	～ H29.5.13	14.8	0.16	0.89	4.9	0.16	2.0	0.065	0.024	0.038	<0.023	120	55	<7.7	76	<35	<0.013	6.8	3.6	0.74	3.6	81	0.61
H29.5.13	～ H29.5.14	6.2	0.013	0.11	2.5	0.035	0.99	0.034	0.0055	0.015	<0.023	34	38	<7.7	49	<35	<0.013	2.6	0.75	0.77	2.1	44	0.25
H29.5.14	～ H29.5.15	3.8	0.020	0.13	0.32	0.022	0.16	<0.0024	0.0054	<0.0073	<0.023	21	<13	<7.7	<3.2	<35	<0.013	<2.0	0.29	<0.24	<0.17	<3.6	<0.016
H29.5.15	～ H29.5.16	10.5	0.021	0.61	1.7	0.041	0.83	0.011	0.0038	<0.0073	<0.023	75	22	<7.7	30	<35	<0.013	5.1	1.9	0.79	3.5	47	0.018
H29.5.16	～ H29.5.17	8.6	0.034	0.44	2.3	0.12	0.95	0.053	0.015	0.047	<0.023	110	80	<7.7	73	37	0.016	1.0	2.2	1.1	5.0	89	0.041
H29.5.17	～ H29.5.18	6.7	0.027	0.25	0.63	0.035	0.29	0.020	0.0037	0.0082	<0.023	32	15	<7.7	27	<35	<0.013	4.8	1.1	0.64	2.2	25	0.030
H29.5.18	～ H29.5.19	9.4	0.048	1.0	1.8	0.061	1.0	0.054	0.0060	0.067	<0.023	33	19	<7.7	32	<35	<0.013	2.4	1.8	0.70	3.6	47	0.024
H29.5.19	～ H29.5.20	16.1	0.072	0.69	2.2	0.028	1.1	0.025	0.0024	0.0089	<0.023	55	24	<7.7	60	<35	<0.013	3.3	6.5	0.85	4.4	83	0.034
H29.5.20	～ H29.5.21	22.6	0.015	1.1	7.0	0.080	2.8	0.085	0.0090	0.032	<0.023	90	120	<7.7	100	<35	<0.013	4.1	19	1.4	7.2	130	0.11
H29.5.21	～ H29.5.22	18.2	0.016	0.27	4.8	0.077	1.7	0.060	0.0083	0.022	<0.023	100	49	<7.7	87	<35	<0.013	1.0	14	1.1	6.2	130	0.060
H29.5.22	～ H29.5.23	10.6	0.049	0.11	3.9	0.061	1.5	0.040	0.0065	0.022	<0.023	64	53	<7.7	54	<35	<0.013	7.1	5.8	1.0	3.9	130	0.13
H29.5.23	～ H29.5.24	6.1	0.015	0.13	2.1	0.068	0.79	0.023	0.0069	0.019	<0.023	35	37	<7.7	16	<35	<0.013	5.4	3.0	0.49	1.4	27	0.018
平均		11.7	0.031	0.91	2.9	0.063	1.3	0.039	0.0078	0.023	<0.023	63	45	<7.7	53	<35	<0.013	5.2	4.7	0.84	4.0	72	0.051
最大値		22.6	0.16	5.4	7.0	0.16	2.8	0.085	0.024	0.067	<0.023	120	120	<7.7	100	87	0.016	1.0	19	1.5	8.9	130	0.13
最小値		3.8	0.0049	0.11	0.32	0.017	0.16	<0.0024	0.0024	<0.0073	<0.023	21	<13	<7.7	<3.2	<35	<0.013	<2	0.29	<0.24	<0.17	<3.6	<0.016

サンプリング実施時期		無機元素(ng/m^3)																			炭素成分($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		水溶性有機炭素($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	WSOC
開始日	終了日	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Cd	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Hf	W	Ta	Th	Pb	OC	EC		
H29.5.10	～ H29.5.11	2.6	2.4	37	0.41	0.076	0.17	0.45	0.11	1.0	0.018	1.4	0.991	0.18	<0.0094	0.028	0.21	<0.011	0.012	2.4	2.7	0.83	1.3	
H29.5.11	～ H29.5.12	2.4	3.9	49	1.5	0.19	0.23	0.73	0.17	1.5	0.030	1.5	0.099	0.14	<0.0094	0.023	0.47	<0.011	0.012	5.4	3.0	0.69	2.4	
H29.5.12	～ H29.5.13	3.5	1.9	15	1.6	0.10	0.26	0.32	0.17	0.58	0.036	1.1	0.16	0.097	<0.0094	0.010	0.51	<0.011	0.011	4.9	2.1	0.54	1.6	
H29.5.13	～ H29.5.14	<0.51	1.1	9.4	0.48	0.075	0.15	0.21	0.088	<0.21	0.020	0.51	0.039	0.072	<0.0094	0.030	0.12	<0.011	0.0074	4.9	0.65	0.060	0.54	
H29.5.14	～ H29.5.15	2.1	0.47	<6.1	0.46	<0.054	<0.028	0.096	0.058	0.27	<0.043	<0.13	<0.01	<0.008	<0.0094	<0.0062	0.23	<0.011	<0.0028	2.1	0.62	0.027	<0.11	
H29.5.15	～ H29.5.16	2.4	5.2	33	0.85	0.089	0.080	0.49	0.13	0.67	0.0095	0.41	0.021	0.036	<0.0094	0.013	0.52	<0.011	0.0044	4.0	1.4	0.39	0.43	
H29.5.16	～ H29.5.17	0.83	3.4	37	1.5	0.11	0.24	0.42	0.21	0.61	0.029	1.4	0.058	0.13	<0.0094	0.017	0.37	<0.011	0.015	5.1	2.3	0.53	1.4	
H29.5.17	～ H29.5.18	<0.51	1.6	13	0.54	<0.054	0.061	0.28	0.063	<0.21	0.013	0.59	0.023	0.038	<0.0094	<0.0062	0.16	<0.011	<0.0028	1.7	2.6	0.70	0.76	
H29.5.18	～ H29.5.19	0.70	3.8	36	0.45	0.055	0.091	0.16	0.042	0.39	0.012	0.78	0.038	0.14	<0.0094	0.0087	0.14	<0.011	<0.0028	1.6	2.4	0.69	1.3	
H29.5.19	～ H29.5.20	1.7	2.3	38	0.78	0.18	0.21	0.49	0.14	0.82	0.044	1.1	0.043	0.080	<0.0094	0.0085	0.29	<0.011	0.0032	4.9	3.4	0.85	1.2	
H29.5.20	～ H29.5.21	6.2	4.4	40	1.2	0.39	0.37	0.96	0.30	1.1	0.094	2.3	0.12	0.17	<0.0094	0.0093	0.81	<0.011	0.0054	8.4	5.2	1.3	4.0	
H29.5.21	～ H29.5.22	7.5	4.7	39	1.1	0.34	0.34	0.64	0.24	0.95	0.068	1.9	0.087	0.11	<0.0094	0.0063	0.48	<0.011	0.0062	10	4.9	0.72	2.7	
H29.5.22	～ H29.5.23	5.3	16	28	0.58	0.20	0.19	0.41	0.11	1.7	0.051	1.1	0.068	0.11	<0.0094	0.010	0.27	<0.011	0.0053	6.1	2.6	0.41	1.4	
H29.5.23	～ H29.5.24	<0.51	0.57	8.5	0.15	<0.054	0.045	0.069	0.030	2.9	0.010	0.32	0.014	0.028	<0.0094	0.0074	0.030	<0.011	<0.0028	2.4	1.6	0.36	0.63	
平均		2.5	3.7	27	0.83	0.13	0.17	0.41	0.13	0.89	0.031	1.0	0.062	0.095	<0.0094	0.012	0.33	<0.011	0.0058	4.6	2.5	0.58	1.4	
最大値		7.5	16	49	1.6	0.39	0.37	0.96	0.30	2.9	0.094	2.3	0.16	0.18	<0.0094	0.030	0.81	<0.011	0.015	10	5.2	1.3	4.0	
最小値		<0.51	0.47	<6.1	0.15	<0.054	<0.028	0.069	0.030	<0.21	<0.043	<0.13	<0.01	<0.008	<0.0094	<0.0062	0.030	<0.011	<0.0028	1.6	0.62	0.027	<0.11	

(2) 夏季調査(土浦保健所局, 平成29年7月20日～平成29年8月3日)

サンプリング実施時期		質量濃度測定値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	イオン成分($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								無機元素(ng/m^3)												
開始日	終了日		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Be	Na	Al	Si	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
H29.7.20	～ H29.7.21	7.5	<0.013	<0.046	1.3	0.038	0.47	<0.04	<0.0083	<0.035	<0.0073	84	22	<2.6	42	37	<0.011	4.0	2.0	<0.87	2.2	36	0.059
H29.7.21	～ H29.7.22	7.0	<0.013	<0.046	2.1	0.054	0.74	<0.04	<0.0083	<0.035	<0.0073	69	23	<2.6	37	<23	<0.011	13	2.5	<0.87	1.9	38	0.19
H29.7.22	～ H29.7.23	4.4	<0.013	<0.046	0.73	0.035	0.29	<0.04	<0.0083	<0.035	<0.0073	50	18	<2.6	22	26	<0.011	1.5	3.2	<0.87	0.99	36	0.058
H29.7.23	～ H29.7.24	4.2	0.070	0.13	0.88	0.12	0.33	<0.04	<0.0083	<0.035	<0.0073	51	<11	<2.6	9.5	<23	<0.011	8.4	7.8	<0.87	0.50	11	<0.02
H29.7.24	～ H29.7.25	6.3	0.026	0.060	0.45	0.053	0.15	<0.04	<0.0083	<0.035	<0.0073	180	17	<2.6	23	24	<0.011	2.8	8.6	1.0	2.5	55	0.053
H29.7.25	～ H29.7.26	7.8	0.015	0.30	2.0	0.091	0.78	0.048	0.011	<0.035	<0.0073	40	<11	<2.6	14	<23	<0.011	0.90	3.8	<0.87	1.7	18	0.024
H29.7.26	～ H29.7.27	4.7	<0.013	<0.046	0.29	0.012	0.12	<0.04	<0.0083	<0.035	<0.0073	53	<26	<2.6	26	44	<0.011	1.0	1.5	1.1	2.0	26	0.031
H29.7.27	～ H29.7.28	12.1	0.13	1.1	2.6	0.057	1.4	0.063	0.0092	<0.035	<0.0073	52	20	<2.6	47	29	<0.011	3.0	2.2	2.0	5.5	59	0.038
H29.7.28	～ H29.7.29	5.2	0.078	0.12	0.76	0.15	0.26	<0.04	0.015	<0.035	<0.0073	290	17	<2.6	34	27	<0.011	4.4	2.0	<0.87	4.2	46	0.081
H29.7.29	～ H29.7.30	4.5	0.075	0.14	0.69	0.14	0.21	<0.04	0.013	<0.035	<0.0073	250	20	<2.6	33	<23	<0.011	1.7	1.2	<0.87	0.88	16	0.050
H29.7.30	～ H29.7.31	2.9	<0.013	0.059	0.78	0.041	0.30	0.049	<0.0083	<0.035	<0.0073	54	43	<2.6	47	<23	<0.011	1.2	0.93	<0.87	<0.16	8.0	<0.02
H29.7.31	～ H29.8.1	7.1	<0.013	0.050	0.40	0.015	0.15	<0.04	<0.0083	<0.035	<0.0073	53	40	<2.6	43	65	<0.011	2.9	4.8	<0.87	2.9	85	0.048
H29.8.1	～ H29.8.2	4.6	0.015	<0.046	0.73	0.035	0.27	<0.04	<0.0083	<0.035	<0.0073	31	41	<2.6	8.3	<23	<0.011	2.8	1.4	<0.87	1.8	19	<0.02
H29.8.2	～ H29.8.3	3.6	0.																				

(3) 秋季調査(土浦保健所局, 平成29年10月19日～平成29年11月2日)

サンプリング実施時期		質量濃度測定値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	イオン成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									無機元素 (ng/m^3)													
開始日	終了日		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Be	Na	Al	Si	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co		
H29.10.19	～ H29.10.20	3.3	0.0085	0.12	0.47	0.010	0.24	0.037	<0.0012	<0.0078	<0.028	-	<10	8.7	38	22	<0.011	6.9	0.26	<0.33	0.34	<16	<0.067		
H29.10.20	～ H29.10.21	2.8	0.054	0.15	0.41	0.040	0.17	0.038	0.0031	<0.0078	<0.028	-	<10	<6.5	20	<19	<0.011	<1.4	0.17	0.73	0.57	<16	<0.067		
H29.10.21	～ H29.10.22	3.0	0.068	0.37	0.80	0.054	0.30	0.039	0.0050	0.013	<0.028	-	<10	12	19	24	<0.011	<1.4	0.32	<0.33	<0.13	<16	<0.067		
H29.10.22	～ H29.10.23	2.0	0.16	<0.027	0.082	0.12	0.016	0.012	0.012	0.0083	<0.028	-	<10	<6.5	<3.4	<19	<0.011	2.8	0.070	<0.33	<0.13	<16	<0.067		
H29.10.23	～ H29.10.24	4.6	<0.008	<0.027	<0.0013	<0.002	<0.0017	<0.0083	<0.0012	<0.0078	<0.028	-	62	23	37	-	<0.011	9.3	0.23	0.35	2.7	32	<0.067		
H29.10.24	～ H29.10.25	11.4	0.21	0.60	1.3	0.25	0.55	0.15	0.023	0.018	<0.028	-	12	16	130	20	<0.011	25	0.70	2.3	3.5	51	0.0099		
H29.10.25	～ H29.10.26	10.4	0.18	0.96	1.1	0.053	0.74	0.12	0.0070	0.027	<0.028	-	18	<6.5	120	31	<0.011	6.5	0.57	1.8	4.8	87	<0.067		
H29.10.26	～ H29.10.27	13.1	0.20	0.88	1.6	0.050	0.99	0.17	0.0071	0.021	<0.028	-	14	<6.5	170	<19	<0.011	2.2	1.1	<0.33	5.1	32	<0.067		
H29.10.27	～ H29.10.28	4.5	0.15	0.89	1.8	0.10	1.1	0.23	0.0088	0.023	<0.028	-	11	<6.5	190	<19	<0.011	3.1	2.1	0.50	2.3	30	<0.067		
H29.10.28	～ H29.10.29	15.5	0.23	0.84	1.3	0.031	0.91	0.16	0.0024	<0.0078	<0.028	-	57	<6.5	170	<19	<0.011	<1.4	1.0	<0.33	1.2	<16	<0.067		
H29.10.29	～ H29.10.30	2.1	<0.008	<0.027	0.090	0.0056	0.036	0.031	0.0032	<0.0078	<0.028	-	40	<6.5	5.5	<19	<0.011	<1.4	0.19	<0.33	<0.13	<16	<0.067		
H29.10.30	～ H29.10.31	5.5	0.072	0.20	0.42	0.088	0.15	0.11	0.012	0.011	<0.028	-	<10	8.5	74	<19	<0.011	<1.4	0.14	<0.33	0.68	<16	<0.067		
H29.10.31	～ H29.11.1	15.0	0.43	1.2	0.71	0.065	0.67	0.18	0.015	0.032	<0.028	-	24	<6.5	190	<19	<0.011	7.9	0.71	2.4	24	230	<0.067		
H29.11.1	～ H29.11.2	24.9	0.95	2.6	1.5	0.079	1.6	0.22	0.0090	0.022	<0.028	-	13	12	210	<19	<0.011	8.4	2.7	2.1	11	92	<0.067		
平均		9.2	0.19	0.63	0.81	0.068	0.53	0.11	0.0077	0.013	<0.028	-	18	<6.5	98	<19	<0.011	5.2	0.73	0.73	4.0	40	<0.067		
最大値		24.9	0.95	2.6	1.8	0.25	1.6	0.23	0.023	0.032	<0.028	-	62	23	210	31	<0.011	25	2.7	2.4	24	230	0.0099		
最小値		2.0	<0.008	<0.027	<0.0013	<0.002	<0.0017	<0.0083	<0.0012	<0.0078	<0.028	-	<10	<6.5	<3.4	<19	<0.011	<1.4	0.070	<0.33	<0.13	<16	<0.067		

サンプリング実施時期		無機元素 (ng/m^3)																		炭素成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			水溶性有機炭素 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
開始日	終了日	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Cd	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Hf	W	Ta	Th	Pb	OC	EC		WSOC
H29.10.19	～ H29.10.20	<0.62	1.1	7.2	0.42	0.14	0.031	0.070	0.13	0.14	<0.0057	0.16	0.0094	0.023	<0.0061	<0.0063	<0.0084	<0.0067	<0.0052	2.0	1.6	0.68	0.43	
H29.10.20	～ H29.10.21	<0.62	1.3	1.4	0.27	0.11	0.074	0.30	0.19	3.7	<0.0057	0.25	0.012	0.029	<0.0061	<0.0063	0.16	<0.0067	<0.0052	1.5	1.1	0.58	0.33	
H29.10.21	～ H29.10.22	0.74	2.1	9.6	0.44	0.12	0.039	0.20	0.18	0.33	<0.0057	<0.15	0.0066	0.014	<0.0061	<0.0063	0.25	<0.0067	<0.0052	1.6	0.97	0.41	0.38	
H29.10.22	～ H29.10.23	<0.62	0.33	<2.8	<0.0079	0.047	<0.0069	0.085	0.18	0.72	<0.0057	0.66	<0.0045	<0.007	<0.0061	<0.0063	0.85	<0.0067	<0.0052	1.6	0.35	0.047	<0.27	
H29.10.23	～ H29.10.24	<0.62	1.7	1.8	0.079	0.095	0.075	0.42	<0.021	0.76	0.0091	0.41	0.026	0.056	<0.0061	<0.0063	0.29	<0.0067	<0.0052	0.75	2.1	0.86	<0.27	
H29.10.24	～ H29.10.25	<0.62	4.2	4.2	0.36	0.35	0.22	0.45	1.2	0.97	0.014	1.0	0.029	0.063	<0.0061	<0.0063	0.048	0.085	<0.0067	0.013	3.9	3.3	1.9	2.4
H29.10.25	～ H29.10.26	<0.62	3.2	3.8	0.31	0.39	0.21	0.46	0.48	0.69	0.014	1.4	0.090	0.075	<0.0061	0.017	0.10	<0.0067	0.0069	1.1	3.1	2.2	2.1	
H29.10.26	～ H29.10.27	<0.62	4.9	6.2	0.89	0.37	0.25	0.27	0.12	0.76	0.015	1.8	0.032	0.056	<0.0061	<0.0063	0.050	<0.0067	<0.0052	4.2	3.7	2.7	2.9	
H29.10.27	～ H29.10.28	<0.62	12	12	0.88	0.63	0.38	0.49	0.11	0.57	0.026	0.93	0.039	0.082	<0.0061	<0.0063	0.34	<0.0067	<0.0052	3.8	3.7	2.8	3.3	
H29.10.28	～ H29.10.29	<0.62	1.7	7.3	0.64	0.56	0.28	0.14	0.13	1.1	0.013	0.83	0.020	0.047	<0.0061	<0.0063	0.20	<0.0067	<0.0052	3.7	3.8	2.8	2.9	
H29.10.29	～ H29.10.30	<0.62	0.31	<2.8	0.024	0.064	<0.0069	0.078	<0.021	<0.063	<0.0057	<0.15	<0.0045	<0.007	<0.0061	<0.0063	0.084	<0.0067	<0.0052	0.27	0.87	0.38	0.46	
H29.10.30	～ H29.10.31	<0.62	0.53	<2.8	0.11	0.11	0.073	0.22	0.047	0.13	<0.0057	0.32	<0.0045	0.0093	<0.0061	<0.0063	<0.0084	<0.0067	<0.0052	0.80	2.2	1.1	1.4	
H29.10.31	～ H29.11.1	5.6	37	180	0.45	0.46	0.29	0.70	0.38	2.4	0.033	2.7	0.10	0.22	<0.0061	0.012	0.24	<0.0067	<0.0052	9.9	5.3	3.2	3.3	
H29.11.1	～ H29.11.2	<0.62	5.6	100	0.66	0.91	0.47	0.84	0.67	2.3	0.051	2.6	0.14	0.26	<0.0061	<0.0063	0.14	<0.0067	<0.0052	1.1	6.5	4.8	4.9	
平均		<0.62	5.4	35	0.40	0.31	0.17	0.34	0.27	9.9	0.013	0.93	0.036	0.067	<0.0061	<0.0063	0.14	<0.0067	<0.0052	6.5	2.8	1.7	1.8	
最大値		5.6	37	180	0.89	0.91	0.47	0.84	1.2	3.7	0.051	<0.15	0.14	0.26	<0.0061	0.048	0.34	<0.0067	0.013	3.9	6.5	4.8	4.9	
最小値		<0.62	0.31	<2.8	<0.0079	0.047	<0.0069	0.070	<0.021	<0.063	<0.0057	<0.15	<0.0045	<0.007	<0.0061	<0.0063	<0.0084	<0.0067	<0.0052	0.27	0.35	0.047	<0.27	

(4) 冬季調査(土浦保健所局, 平成30年1月18日～平成30年2月1日)

サンプリング実施時期		質量濃度測定値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	イオン成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									無機元素 (ng/m^3)													
開始日	終了日		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Be	Na	Al	Si	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co		
H30.1.18	～ H30.1.19	23.7	1.0	4.8	1.5	0.061	2.2	0.12	0.0028	0.021	<0.028	49	49	<5.1	83	<5.5	<0.0075	7.2	1.0	1.5	14	120	0.024		
H30.1.19	～ H30.1.20	11.0	0.24	0.54	1.4	0.14	0.73	0.073	0.010	<0.013	<0.028	170	34	<5.1	95	12	<0.0075	3.2	0.67	<0.59	3.9	65	0.036		
H30.1.20	～ H30.1.21	21.9	0.44	2.3	2.2	0.080	1.6	0.11	0.0054	0.015	<0.028	86	34	<5.1	160	5.8	<0.0075	3.6	2.6	0.96	6.6	130	0.032		
H30.1.21	～ H30.1.22	12.7	0.14	0.54	0.82	0.039	0.52	0.042	0.0032	<0.013	<0.028	67	26	<5.1	67	<5.5	<0.0075	4.8	0.70	<0.59	2.0	21	0.014		
H30.1.22	～ H30.1.23	9.0	0.23	1.6	1.1	0.038	0.99	0.040	0.0034	<0.013	0.11	27	13	<5.1	20	17	0.050	1.8	0.28	<0.59	2.2	24	0.10		
H30.1.23	～ H30.1.24	8.6	0.21	1.7	0.73	0.066	0.91	0.027	0.0038	<0.013	<0.028	100	19	<5.1	50	14	<0.0075	2.6	0.61	1.5	5.4	120	0.13		
H30.1.24	～ H30.1.25	2.8	0.18	0.38	0.35	0.045	0.30	0.021	0.0054	<0.013	<0.028	19	<12	<5.1	8.9	<5.5	<0.0075	<1.4	0.058	<0.59	0.94	7.1	0.020		
H30.1.25	～ H30.1.26	2.7	0.13	0.11	0.16	0.018	0.15	0.0077	0.0036	<0.013															

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，平成 27 年度の光化学オキシダントの環境基準（0.06ppm）達成局数は 1,173 局中 0 局（0%）であり，平成 28 年の光化学スモッグ注意報発令地域は 16 都府県，発令延日数は 46 日となっている^{1,2)}。

茨城県内においても，昭和 59 年度以降全ての観測点（平成 27 年度：30 カ所）で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⁾。

県内の光化学オキシダント高濃度現象は，県西・県南地域を中心に発生する首都圏からの移流によるものの他，局地的に発生する事例も存在する。また，光化学オキシダントの原因物質である揮発性有機化合物（VOC）は植物起源のものも大きな割合を占めているという報告もある⁴⁾。

本研究は，光化学オキシダントの原因物質である VOC の実態を植物起源のものを含めて把握すると共に，その光化学オキシダント生成への寄与を解明することを目的としている。さらに，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，県民への注意喚起のための手段として活用するため検討を行う。

本報では，平成 29 年度に東海・ひたちなか地域で実施した実態調査結果及び予測モデルの精度検証結果について報告する。

2 方法

(1) 調査地点

調査地点を図 1 に示す。一般環境大気測定局（一般局）4 地点（日立南部，常陸那珂勝田，那珂，常陸那珂東海），茨城県環境放射線監視センター（以下，「放射線センター」という。ひたちなか市）を含めた東海・ひたちなか地域 5 地点で測定を実施した。

(2) 測定方法及び測定項目

月 1 回の頻度で当センターからオゾン計，揮発性有機化合物計等を用意し測定を行った。また一般環境大気測定局では常時監視の対象項目である光化学オキシダント（以下，「Ox 濃度」という。），非メタン炭化水素（NMHC）等を測定しており，当センターにより測定したデータと比較を行った。一般環境大気測定局のデータを使用した地点は，Ox 濃度については日立南部，常陸那珂勝田，那珂の 3 地点，NMHC は常陸那珂勝田の 1 地点である。

VOC 測定については，全 5 地点において 6L のキャニスターにより，定流量サンプラーを用いて 24 時間大気を採取し，これをキャニスター分析装置付き GC/MS を用いて VOC53 成分の一斉分析を行った。

表 1 に分析を行った 53 成分を示す。なお，表 1 の MIR（Maximum Incremental Reactivity）値⁵⁾とは，測定した VOC 濃度に乗じてオゾン生成能を算出するための係数である。

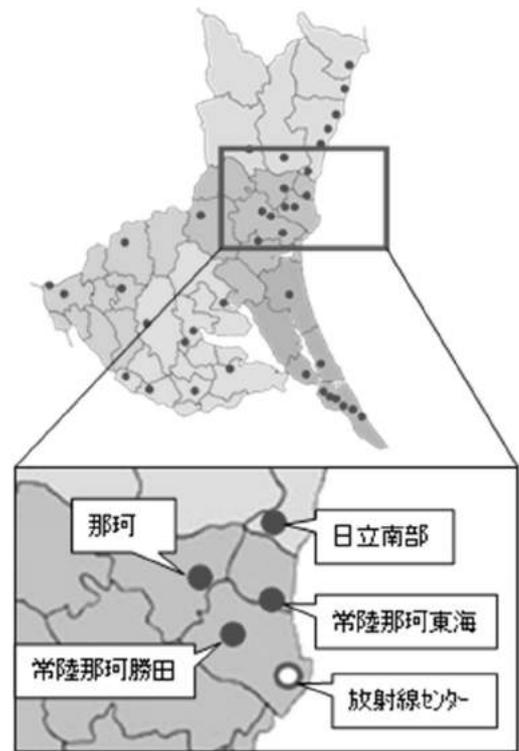


図 1 調査地点
（●：大気測定局設置地点）

表1 キャニスターGC/MS分析項目一覧

No.	項目	MIR値	No.	項目	MIR値
1	プロピレン	11.66	28	n-ヘプタン	1.07
2	イソブタン	1.23	29	メチルシクロヘキサン	1.7
3	1-ブテン	9.73	30	2,3,4-トリメチルペンタン	1.03
4	n-ブタン	1.15	31	トルエン	4
5	trans-2-ブテン	15.16	32	2-メチルヘプタン	1.07
6	cis-2-ブテン	14.24	33	3-メチルヘプタン	1.24
7	イソペンタン	1.45	34	n-オクタン	0.9
8	1-ペンテン	7.21	35	エチルベンゼン	3.04
9	n-ペンタン	1.31	36	m,p-キシレン	7.795
10	イソブレン	10.61	37	スチレン	1.73
11	trans-2-ペンテン	10.56	38	o-キシレン	7.64
12	cis-2-ペンテン	10.38	39	n-ノナン	0.78
13	2,2-ジメチルブタン	1.17	40	イソプロピルベンゼン	2.52
14	シクロペンタン	2.39	41	α -ヒネン	4.51
15	2,3-ジメチルブタン	0.97	42	n-プロピルベンゼン	2.03
16	2-メチルペンタン	1.5	43	m-エチルトルエン	7.39
17	3-メチルペンタン	1.8	44	p-エチルトルエン	7.39
18	2-メチル-1-ペンテン	5.26	45	1,3,5-トリメチルベンゼン	11.56
19	n-ヘキサン	1.24	46	o-エチルトルエン	5.59
20	メチルシクロペンタン	2.19	47	β -ヒネン	3.52
21	2,4-ジメチルペンタン	1.55	48	1,2,4-トリメチルベンゼン	8.87
22	ベンゼン	0.72	49	n-デカン	0.68
23	シクロヘキサン	1.25	50	1,2,3-トリメチルベンゼン	11.97
24	2-メチルヘキサン	1.19	51	m-ジエチルベンゼン	7.1
25	2,3-ジメチルペンタン	1.34	52	p-ジエチルベンゼン	4.43
26	3-メチルヘキサン	1.61	53	n-ウンデカン	0.61
27	2,2,4-トリメチルペンタン	1.26			

(3) 予測モデルの精度検証

平成28年度に大気環境モデルCMAQ及び気象モデルWRFを基本構成とした予測モデルを構築した⁶⁾。予測モデルの概要を図2に示す。

過去にOxが高濃度となった5事例(平成25年8月8日～11日,平成26年8月1日～3日,平成27年7月25日,平成27年7月31日～8月4日,平成29年5月30日,計14日間)について,実測値(県常時監視データのOx,1時間値)と計算値の比較を行った。精度検証の対象地点を図3及び表3に示す。

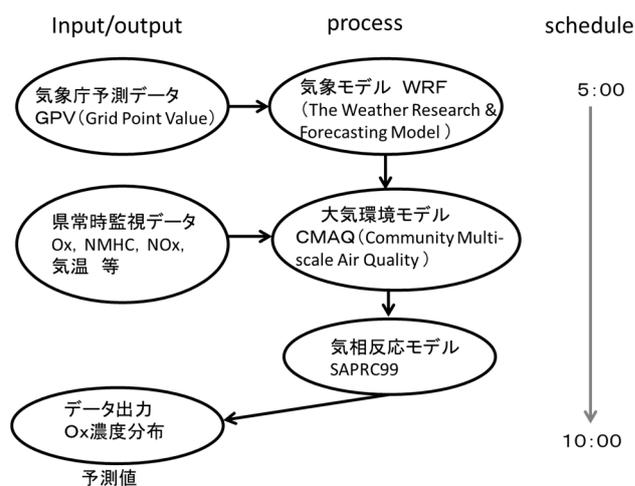


図2 予測モデルフローチャート

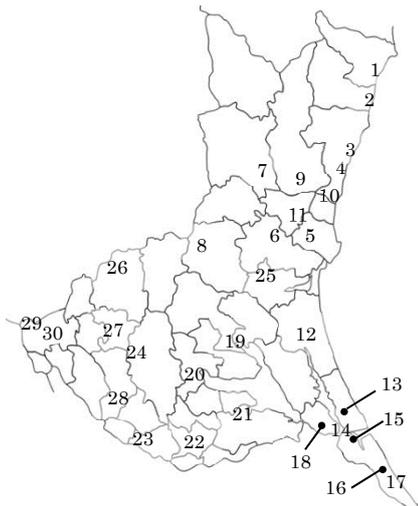


表 3 精度検証対象地点

番号	地点名	番号	地点名	番号	地点名
1	北茨城中郷	11	那珂	21	江戸崎公民館
2	高萩本町	12	銚田保健所	22	竜ヶ崎保健所
3	日立市役所	13	鹿島宮中	23	取手市役所
4	日立多賀	14	神栖下幡木	24	つくば高野
5	常陸那珂勝田	15	神栖消防	25	東茨城大戸
6	水戸石川	16	神栖横瀬	26	筑西保健所
7	大宮野中	17	波崎太田	27	下妻
8	笠間市役所	18	潮来保健所	28	常総保健所
9	常陸太田	19	石岡杉並	29	古河保健所
10	日立南部	20	土浦保健所	30	古河市役所

図 3 精度検証対象地点
(図中の番号は表 3 参照)

3 調査結果及び考察

(1) 実態調査

表 4 に本研究により調査した 5 地点の光化学オキシダント濃度 (ppb, 平均値・最高値), NMHC 濃度 (ppmC, 平均値) 及び気象条件 (主風向, 平均風速, 天候) を示す。なお, 各濃度の平均値, 最高値及び気象条件は VOC の採取時間帯に合わせて算出した。また, 主風向及び平均風速の値は一般環境大気測定局における観測値を示した。

最高 Ox 濃度 (採取期間中の最高値) は平成 29 年 9 月 21 日～22 日の期間は放射線センターを除く 4 地点で 60 ppb 以上であり, 比較的高い濃度となった。

表4 VOC採取期間中における平均Ox濃度, 最高Ox濃度, 平均NMHC濃度及び気象条件

	VOC採取期間	平均Ox (ppb)	最高Ox (ppb)	平均 NMHC (ppmC)	主風向	平均風速 (m/s)	天候
日立南部	平成29年7月26日14:10～27日14:00	35	45	—	北北東	4.5	くもり
	平成29年9月21日14:10～22日14:10	42	61	—	西	2.7	晴
常陸那珂勝田	平成29年7月26日11:35～27日11:25	33	38	0.06	北北東	1.1	くもり
	平成29年9月21日12:18～22日12:39	40	62	0.14	北	1.2	晴
那珂	平成29年7月26日13:35～27日13:35	32	42	—	東南東	1.8	くもり
	平成29年9月21日13:35～22日13:36	41	65	—	東南東	1.6	晴
常陸那珂東海	平成29年7月26日14:35～27日14:25	38	43	—	北北東	4.0	くもり
	平成29年9月21日14:38～22日14:28	42	62	—	北北東	2.2	晴
放射線センター	平成29年7月26日10:45～27日10:45	—	35	—	—	—	くもり
	平成29年9月21日11:15～22日11:02	—	52	—	—	—	晴

※常陸那珂東海のOx(ppb)の値と放射線センターのOx(ppb)の値はセンター測定。

※平均Ox:採取期間中の日中(5時から20時)の平均濃度。

※空欄:欠測。

図4に各地点のオゾン生成能を採取開始日毎に示した。なお、オゾン生成能が比較的高かったプロピレン、1-ブテン、トルエン、キシレン(m,p-キシレンとo-キシレンの合計)及び植物起源VOCであるイソプレン、ピネン(α -ピネンと β -ピネンの合計)を代表として示し、それ以外の項目はその他とした。

VOC全体のオゾン生成能が最大となったのは、9月21日の常陸那珂東海で $118 \mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$ であった。4地点で最高Ox濃度が60ppbであった9月21日は関東地方の広い範囲で日中の1時間値が60ppb以上80ppb未満となっており、移流の影響を大きく受けてOx濃度が上昇したと推測された。

地点間でVOCのオゾン生成能を比較すると、海岸から西に約3kmの地点に位置する放射線センターで常に他の地点より低く、人為起源VOC及び植物起源VOCの発生源の影響が最も低かった。他の4地点はVOC全体のオゾン生成能に大きな差はなかった。

植物起源VOCのイソプレン及びピネンのオゾン生成能は9月27日の常陸那珂東海で合計して $13.8 \mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$ で、VOC全体に対する割合は16.1%であった。植物起源VOCのオゾン生成能が夏季を中心に高く、地点間では常陸那珂東海が最も高い傾向は平成26年度、27年度、28年度の調査^{8,9,10}と同様であり、特徴が見られた。

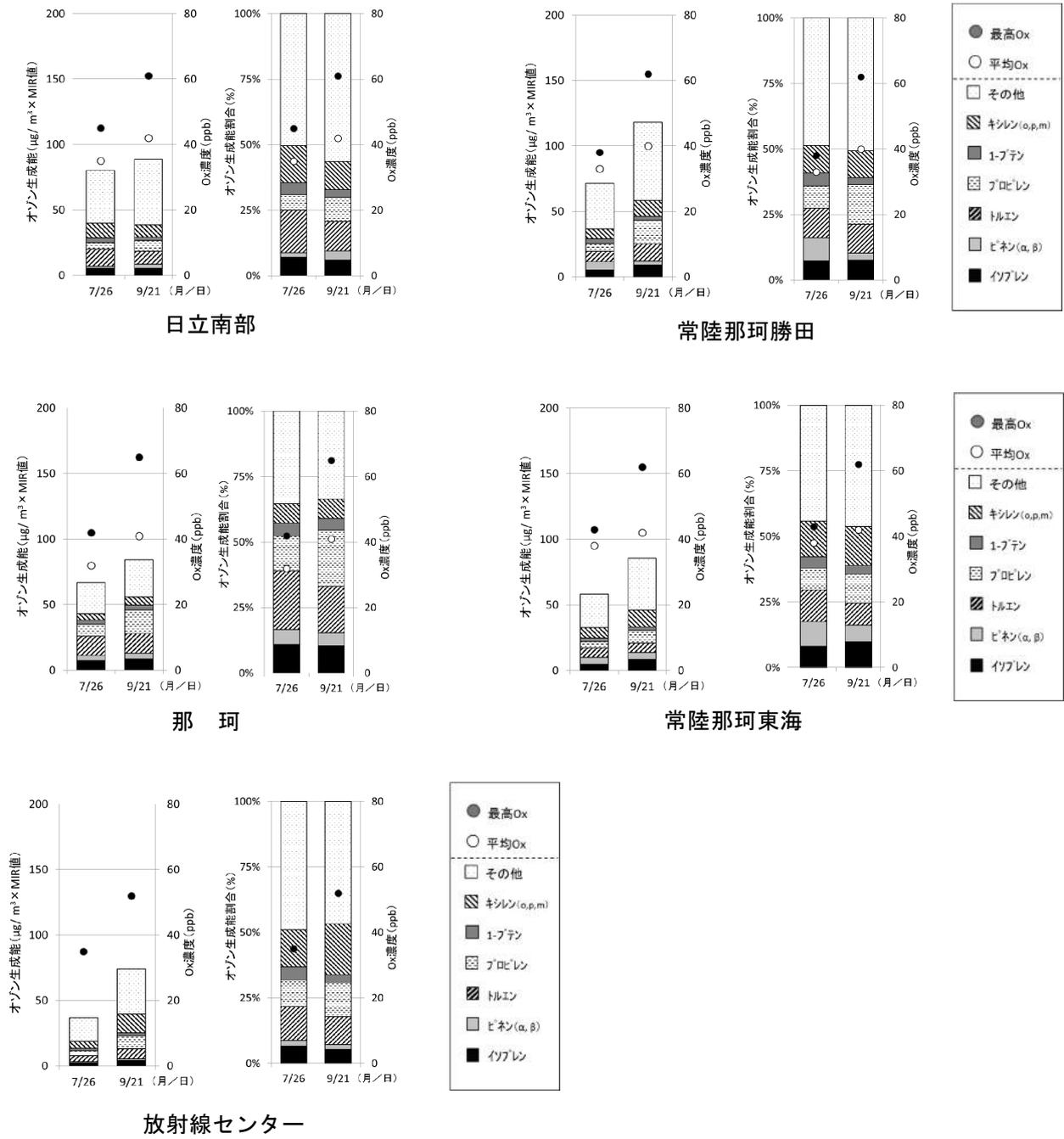


図 4 平成 29 年度地点別オゾン生成能（左：オゾン生成能，右：オゾン生成能割合）

(2) 予測モデルの精度検証

図 5 に 1 時間値を用いた散布図を示す。回帰直線の傾きは 0.455 であり、計算値は実測値に対して過小評価している傾向であった。相関係数は 0.63，総量比（計算値／実測値）は 0.81 であった。

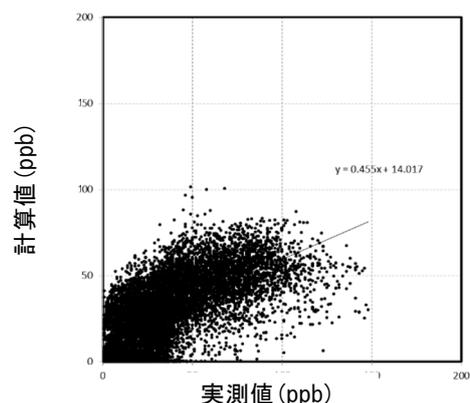


図 5 実測値と計算値の散布図（1 時間値）

4 まとめ

VOC について、東海・ひたちなか地域におけるオゾン生成能を評価し、平成 28 年度に引き続き実態の把握を進めた。特に、植物起源 VOC の結果を予測モデルの排出量データとして導入した。予測モデルを構築し、夏季の Ox 高濃度時を含めた精度検証を実施した。

5 今後の方針

予測モデルにはパラメータ調整機能を付加しており、非メタン炭化水素等、特定の大气汚染物質を削減した場合の効果を検証する予定である。また、予測モデルは光化学スモッグ注意報等の発令の参考として活用する。

参考文献

- 1) 環境省，平成 27 年度 大気汚染状況について（一般環境大気測定局、自動車排出ガス測定局の測定結果報告）資料編
<http://www.env.go.jp/press/files/jp/105329.pdf>
- 2) 環境省，平成 28 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－
<http://www.env.go.jp/press/103875.html>
- 3) 茨城県，光化学スモッグ発生状況資料
<http://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kantai/taiki/environment/documents/h28-smog-sanko-shiryo.pdf>
- 4) 石井真理奈，上野広行，石井康一郎(2009)：環境中の植物起源 VOC 濃度測定，東京都環境科学研究所年報，118-122.
- 5) W.P.L. Carter (2010)：Updated Chemical Mechanisms for Airshed Model Applications, Revised Final Report to the California Air Resources Board.
- 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（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.
- 7) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター，大気汚染常時監視局データ（速報値）広域分布図（そらまめ君 (<http://soramame.taiki.go.jp/>) の公開データを使用)
http://quicklooks.cr.chiba-u.ac.jp/~soramame/image/main_JP_GPV/2017/09/21/
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.

2-3 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 29 年 4 月から平成 30 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 21 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
	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	21 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 時間吸引	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體化しながら捕集	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
	水銀を除く 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 28 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 28 年度全国調査²⁾の濃度範囲内であった。

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 $0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，県平均値は $0.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成 28 年度の全国平均値 $0.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は筑西保健所の $0.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $0.089 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $0.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $0.099 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $0.036 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.054 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $0.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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。最大値は鹿嶋平井の $0.046 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $0.020 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.033 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28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 $0.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は土浦保健所の $0.013 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $0.030 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $0.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川・日立市役所・筑西保健所・鹿嶋平井の $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $0.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $0.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は土浦保健所の $0.097 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $0.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $0.036 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $0.097 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と同程度の値であった。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。最大値は神栖消防・土浦中村南の 1.5 ng/m^3 、最小値は水戸石川の 1.1 ng/m^3 、県平均値は 1.4 ng/m^3 と平成 28 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。最大値は日立市役所・神栖消防の 3.3 ng/m^3 、最小値は土浦中村南の 1.4 ng/m^3 、県平均値は 2.4 ng/m^3 と平成 28 年度の全国平均値 3.3 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。最大値は日立市役所の 3.1 ng/m^3 、最小値は神栖消防の 1.1 ng/m^3 、県平均値は 1.9 ng/m^3 と平成 28 年度の全国平均値 1.3 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。最大値は神栖消防の 44 ng/m^3 、最小値は日立市役所の 12 ng/m^3 、県平均値は 24 ng/m^3 と平成 28 年度の全国平均値 20 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、最大値は神栖下幡木の $1.4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は水戸石川・日立市役所・筑西保健所・鹿嶋平井の $1.2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は $1.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ と平成 28 年度の全国平均値 $1.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ より低い値であった。図 15 に経年変化を示す。

② トルエン

表 3 に示すとおり、最大値は土浦中村南の $5.9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は水戸石川・日立市役所の $2.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は $3.8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ と平成 28 年度の全国平均値 $6.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ より低い値であった。図 16 に経年変化を示す。

③ 酸化エチレン

表 3 に示すとおり、最大値は神栖消防の $0.46 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は水戸石川の $0.068 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は $0.21 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ と平成 28 年度の全国平均値 $0.071 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 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、最大値は神栖消防の 0.33 ng/m^3 、最小値は日立市役所の 0.064 ng/m^3 、県平均値は 0.17 ng/m^3 と平成 28 年度の全国平均値 0.18 ng/m^3 と同程度の値であった。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、最大値は神栖消防の $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は土浦中村南の $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $6.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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、最大値は神栖消防の $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $4.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。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、最大値は土浦中村南の $0.031 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $0.019 \text{ng}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.024 \text{ng}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $0.017 \text{ng}/\text{m}^3$ 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、最大値は神栖消防の $4.7 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $2.0 \text{ng}/\text{m}^3$ 、県平均値は $3.2 \text{ng}/\text{m}^3$ と平成28年度の全国平均値 $4.5 \text{ng}/\text{m}^3$ より低い値であった。図22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。

参考文献

- 1) 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>
- 2) 平成28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（2017）
http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h28/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	県内調査地点平均	平成28年度 全国平均 ²⁾ (範囲)	環境基準値 及び 指針値	
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				
測定期間	H29.4～H30.3											
揮発性 有機化合物	ベンゼン	0.58	0.48	0.83	0.74	1.4	0.79	0.67	0.93	0.80	0.91 (0.24～3.6)	3
	トリクロロエチレン	0.15	0.089	0.28	0.59	0.12	0.14	0.12	0.31	0.22	0.40 (0.0060～11)	200
	テトラクロロエチレン	0.099	0.036	0.055	0.045	0.050	0.048	0.046	0.057	0.054	0.12 (0.010～1.4)	200
	ジクロロメタン	0.91	0.77	1.2	2.0	1.0	0.96	0.98	1.1	1.1	1.3 (0.26～9.0)	150
	アクリロトリル	0.020	0.025	0.028	0.035	0.039	0.036	0.046	0.033	0.033	0.066 (0.0050～1.4)	2 (指針値)
	塩化ビニルモノマー	0.016	0.017	0.013	0.021	0.79	0.099	0.034	0.031	0.13	0.030 (0.0021～1.2)	10 (指針値)
	クロホルム	0.14	0.14	0.17	0.14	0.15	0.15	0.14	0.25	0.16	0.23 (0.042～3.2)	18 (指針値)
	1,2-ジクロロエタン	0.10	0.11	0.097	0.14	0.84	0.18	0.11	0.11	0.21	0.15 (0.030～4.3)	1.6 (指針値)
	1,3-ブタジエン	0.054	0.036	0.086	0.061	0.27	0.14	0.055	0.13	0.10	0.097 (0.0020～0.97)	2.5 (指針値)
	塩化メチル	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.3	1.5 (0.37～5.2)	—
	トルエン	2.3	2.3	4.8	3.5	4.3	3.9	3.5	5.9	3.8	6.3 (0.42～58)	—
	酸化エチレン	0.068	—	—	—	0.46	—	—	0.10	0.21	0.071 (0.016～0.49)	—
多環芳香族炭化水素	ベンゾ[a]ピレン	0.13	0.064	—	—	0.33	—	—	0.16	0.17	0.18 (0.0058～2.8)	—
アルデヒド類	ホルムアルデヒド	5.3	—	—	—	7.8	—	—	4.8	6.0	2.5 (0.47～9.7)	—
	アセトアルデヒド	3.5	—	—	—	4.4	—	—	4.2	4.0	2.1 (0.41～9.1)	—
金属類	水銀及びその化合物	1.1	—	—	—	1.5	—	—	1.5	1.4	1.9 (0.78～12)	40 (指針値)
	ニッケル化合物	1.7	3.3	—	—	3.3	—	—	1.4	2.4	3.3 (0.089～32)	25 (指針値)
	ヒ素及びその化合物	2.2	3.1	—	—	1.1	—	—	1.2	1.9	1.3 (0.064～28)	6 (指針値)
	マンガン及びその化合物	15	12	—	—	44	—	—	26	24	20 (0.012～200)	140 (指針値)
	ベリリウム及びその化合物	0.023	0.019	—	—	0.023	—	—	0.031	0.024	0.017 (0.0020～0.10)	—
	クロム及びその化合物	2.0	2.7	—	—	4.7	—	—	3.2	3.2	4.5 (0.12～50)	—

2) 環境省，平成28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）

VI 研究報告・調査報告

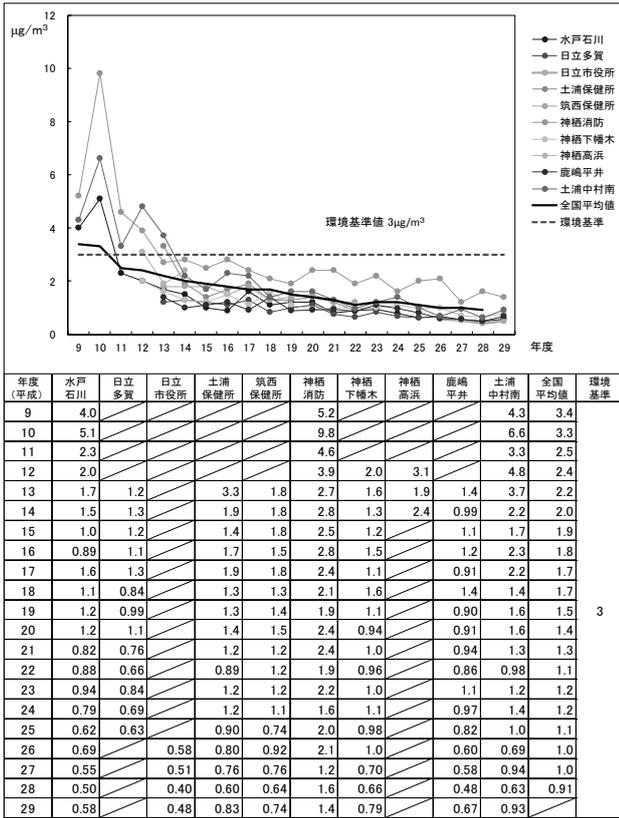


図2 経年変化 ベンゼン

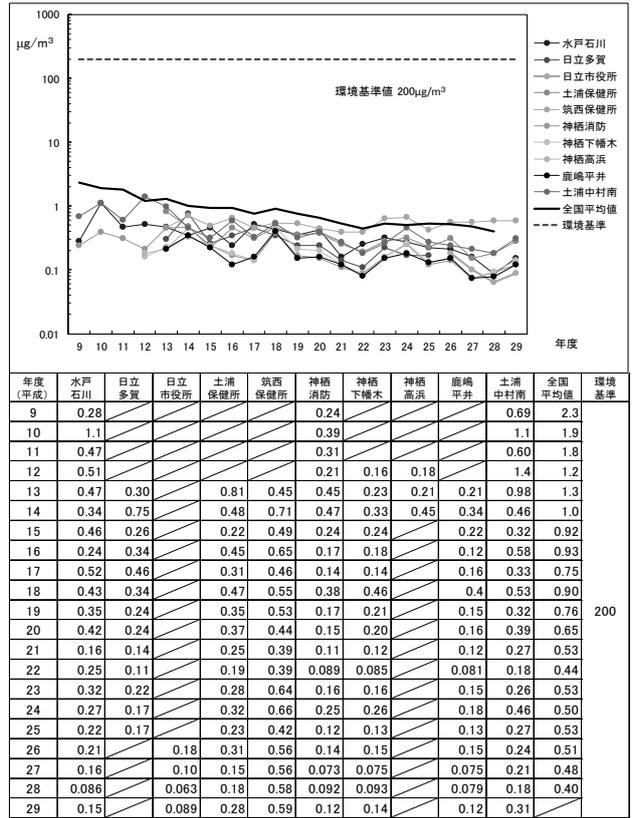


図3 経年変化 トリクロロエチレン

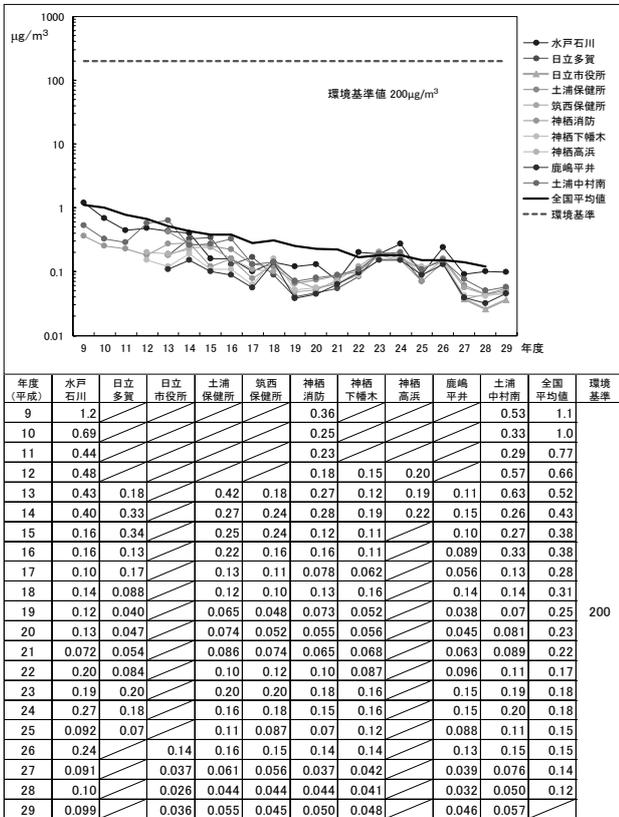


図4 経年変化 テトラクロロエチレン

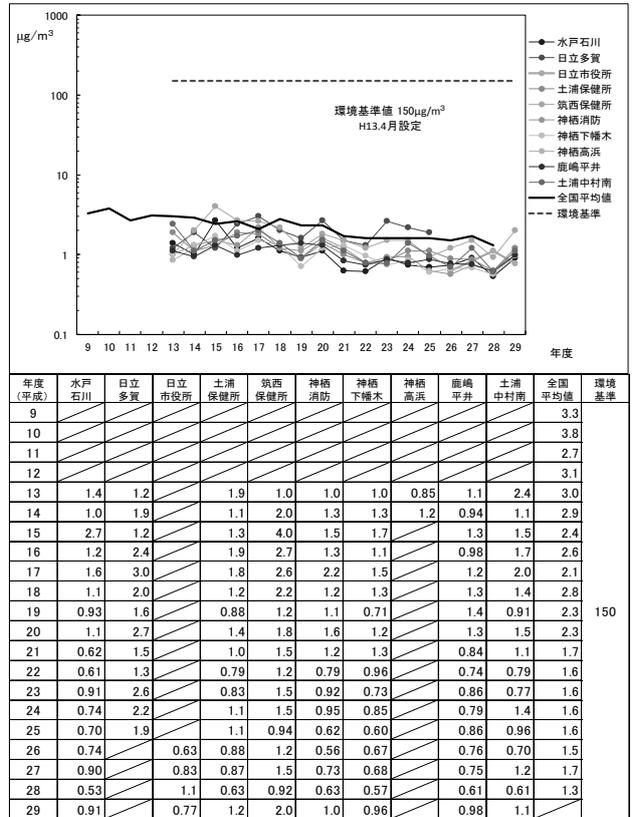
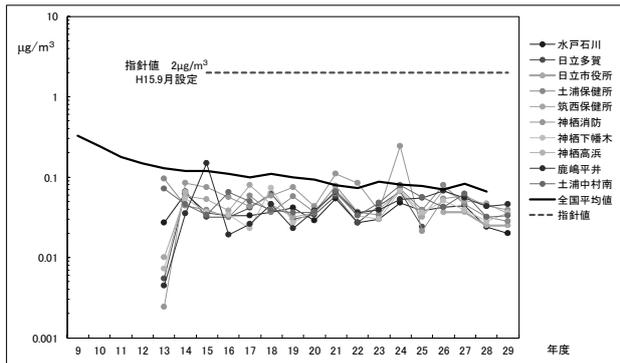
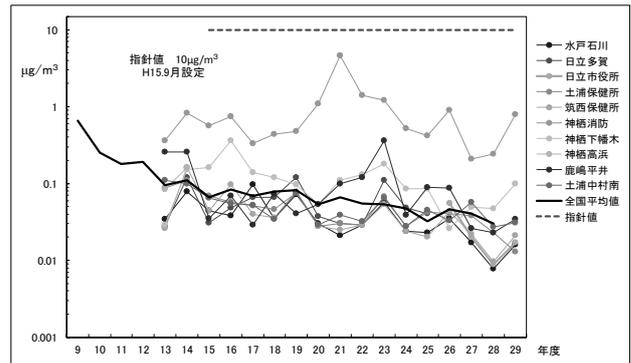


図5 経年変化 ジクロロメタン



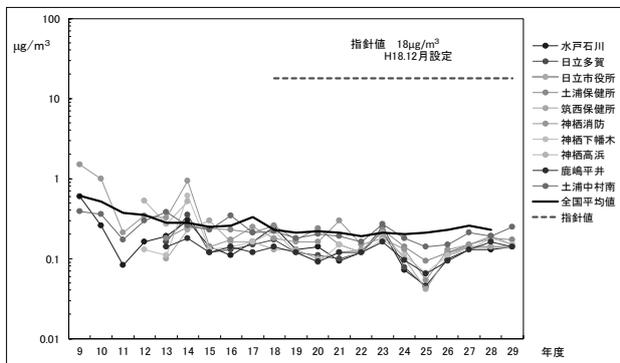
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下樺木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値	指針値
9												0.33
10												0.24
11												0.18
12												0.15
13	0.027	0.005		0.096	0.10	0.002	<0.001	0.007	0.004	0.071		0.13
14	0.062	0.066		0.044	0.059	0.085	0.054	0.065	0.035	0.046		0.12
15	0.036	0.032		0.039	0.053	0.075	0.037		0.15	0.034		0.12
16	0.033	0.032		0.032	0.038	0.056	0.034		0.019	0.065		0.11
17	0.033	0.041		0.058	0.079	0.043	0.023		0.026	0.050		0.10
18	0.037	0.062		0.037	0.046	0.059	0.073		0.046	0.039		0.11
19	0.041	0.03		0.057	0.032	0.075	0.027		0.023	0.036		0.10
20	0.029	0.034		0.037	0.036	0.043	0.038		0.038	0.037		0.093
21	0.054	0.059		0.078	0.069	0.11	0.063		0.065	0.066		0.079
22	0.027	0.027		0.037	0.037	0.084	0.033		0.036	0.033		0.079
23	0.030	0.044		0.034	0.040	0.038	0.03		0.039	0.048		0.088
24	0.048	0.066		0.071	0.067	0.24	0.067		0.053	0.079		0.080
25	0.038	0.024		0.039	0.032	0.021	0.036		0.055	0.056		0.077
26	0.042		0.037	0.079	0.069	0.054	0.051		0.068	0.042		0.070
27	0.044		0.037	0.046	0.051	0.059	0.039		0.055	0.062		0.083
28	0.024		0.025	0.032	0.047	0.044	0.028		0.043	0.032		0.066
29	0.020		0.025	0.028	0.035	0.039	0.036		0.046	0.033		

図6 経年変化 アクリロニトリル



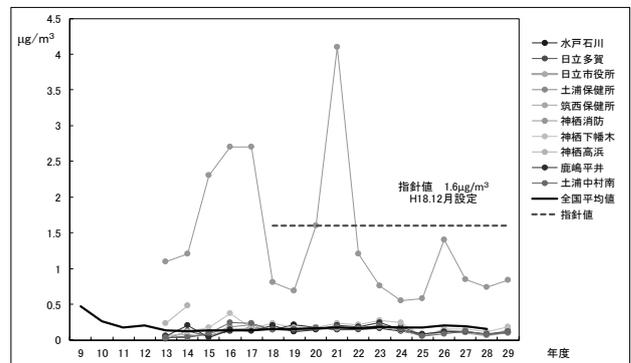
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下樺木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値	指針値
9												0.66
10												0.25
11												0.18
12												0.19
13	0.034	0.028			0.088	0.026	0.36	0.029	0.083	0.26	0.11	0.095
14	0.078	0.12			0.11	0.16	0.82	0.15	0.16	0.26	0.10	0.11
15	0.044	0.031			0.069	0.044	0.56	0.16		0.035	0.065	0.066
16	0.038	0.048			0.057	0.096	0.74	0.36		0.069	0.055	0.083
17	0.097	0.066			0.051	0.04	0.33	0.14		0.029	0.052	0.069
18	0.035	0.066			0.046	0.036	0.44	0.12		0.073	0.034	0.078
19	0.072	0.12			0.075	0.078	0.48	0.096		0.041	0.076	0.081
20	0.030	0.037			0.028	0.028	1.1	0.054		0.053	0.029	0.053
21	0.021	0.030			0.030	0.025	4.6	0.11		0.10	0.039	0.066
22	0.029	0.029			0.029	0.029	1.4	0.13		0.12	0.032	0.055
23	0.057	0.11			0.067	0.054	1.2	0.18		0.36	0.065	0.053
24	0.024	0.048			0.028	0.024	0.52	0.085		0.039	0.028	0.047
25	0.023	0.041			0.042	0.020	0.42	0.085		0.089	0.045	0.032
26	0.035		0.056	0.041	0.043	0.91	0.026			0.087	0.033	0.046
27	0.017		0.020	0.038	0.022	0.21	0.049			0.026	0.057	0.041
28	0.0078		0.0088	0.023	0.0096	0.24	0.047			0.023	0.027	0.030
29	0.016		0.017	0.013	0.021	0.79	0.099			0.034	0.031	

図7 経年変化 塩化ビニルモノマー



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下樺木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値	指針値
9	0.59					1.5				0.39		0.61
10	0.26					0.98				0.36		0.52
11	0.083					0.21				0.17		0.37
12	0.16					0.34	0.13	0.53		0.30		0.35
13	0.19	0.16		0.18	0.10	0.32	0.11	0.27	0.14	0.38		0.28
14	0.30	0.35		0.25	0.23	0.94	0.61	0.52	0.18	0.26		0.28
15	0.14	0.12		0.24	0.30	0.14	0.13		0.12	0.23		0.25
16	0.11	0.13		0.23	0.16	0.17	0.14		0.14	0.34		0.26
17	0.16	0.15		0.21	0.16	0.25	0.16		0.12	0.21		0.33
18	0.25	0.17		0.26	0.13	0.18	0.22		0.14	0.22		0.23
19	0.13	0.12		0.17	0.13	0.16	0.12		0.12	0.18		0.21
20	0.14	0.11		0.24	0.10	0.16	0.089		0.091	0.20		0.22
21	0.094	0.10		0.15	0.12	0.30	0.15		0.12	0.19		0.21
22	0.12	0.12		0.12	0.13	0.15	0.12		0.12	0.16		0.19
23	0.22	0.25		0.23	0.21	0.18	0.17		0.16	0.27		0.21
24	0.072	0.077		0.14	0.10	0.13	0.11		0.096	0.18		0.20
25	0.046	0.044		0.094	0.041	0.054	0.066		0.065	0.14		0.21
26	0.10		0.12	0.12	0.11	0.13	0.11		0.093	0.15		0.23
27	0.13		0.14	0.15	0.14	0.15	0.13		0.13	0.21		0.26
28	0.13		0.14	0.18	0.14	0.19	0.18		0.16	0.19		0.23
29	0.14		0.14	0.17	0.14	0.15	0.15		0.14	0.25		

図8 経年変化 クロロホルム



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下樺木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値	指針値
9												0.47
10												0.26
11												0.17
12												0.2
13	0.021	0.015			0.03	0.061	1.1	0.031	0.23	0.054	0.030	0.13
14	0.057	0.12			0.045	0.077	1.2	0.11	0.48	0.20	0.039	0.12
15	0.068	0.059			0.082	0.054	2.3	0.17		0.039	0.096	0.13
16	0.12	0.13			0.18	0.15	2.7	0.37		0.14	0.24	0.13
17	0.17	0.15			0.21	0.16	2.7	0.16		0.12	0.23	0.13
18	0.14	0.15			0.14	0.14	0.81	0.23		0.20	0.14	0.15
19	0.21	0.12			0.14	0.13	0.69	0.17		0.11	0.15	0.15
20	0.17	0.17			0.14	0.14	1.6	0.17		0.14	0.16	0.16
21	0.14	0.14			0.17	0.16	4.1	0.23		0.20	0.18	0.17
22	0.15	0.14			0.16	0.17	1.2	0.21		0.18	0.16	0.16
23	0.16	0.16			0.19	0.18	0.76	0.27		0.24	0.20	0.18
24	0.12	0.18			0.15	0.13	0.55	0.24		0.14	0.15	0.17
25	0.072	0.077			0.057	0.057	0.58	0.051		0.086	0.054	0.17
26	0.12		0.13	0.12	0.11	1.4	0.15			0.11	0.087	0.20
27	0.10		0.10	0.12	0.10	0.85	0.15			0.11	0.12	0.19
28	0.070		0.064	0.071	0.066	0.74	0.11			0.081	0.072	0.15
29	0.10		0.11	0.097	0.14	0.84	0.18			0.11	0.11	

図9 経年変化 1,2-ジクロロエタン

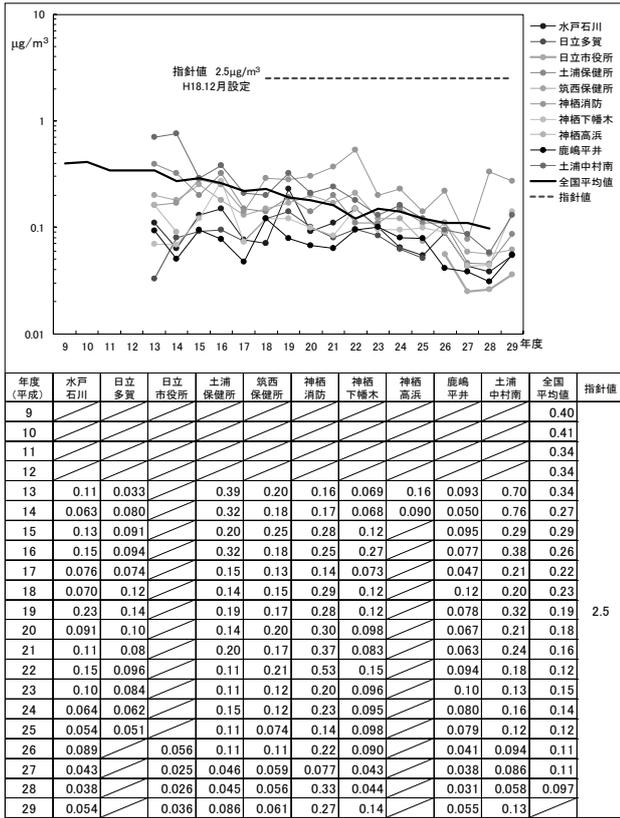


図10 経年変化 1,3-ブタジエン

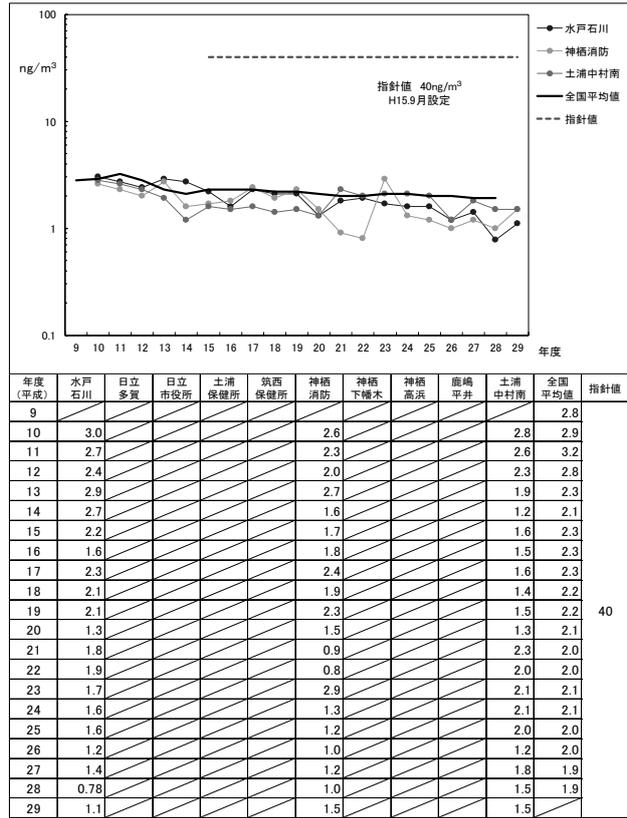


図11 経年変化 水銀及びその化合物

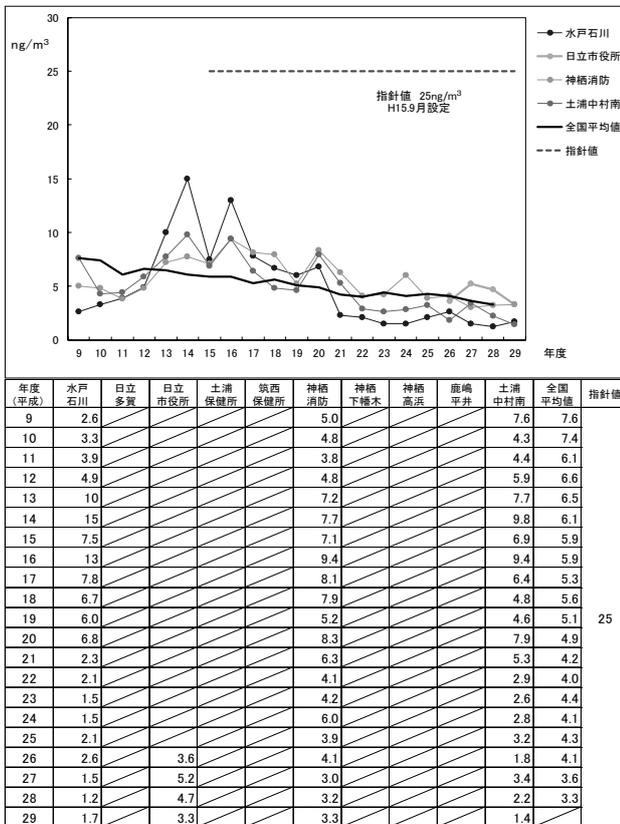


図12 経年変化 ニッケル化合物

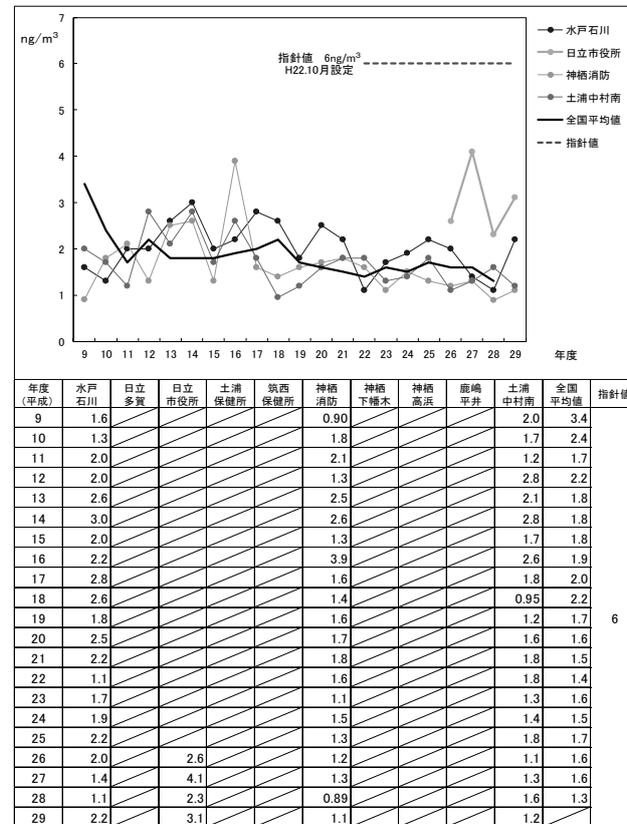


図13 経年変化 ヒ素及びその化合物

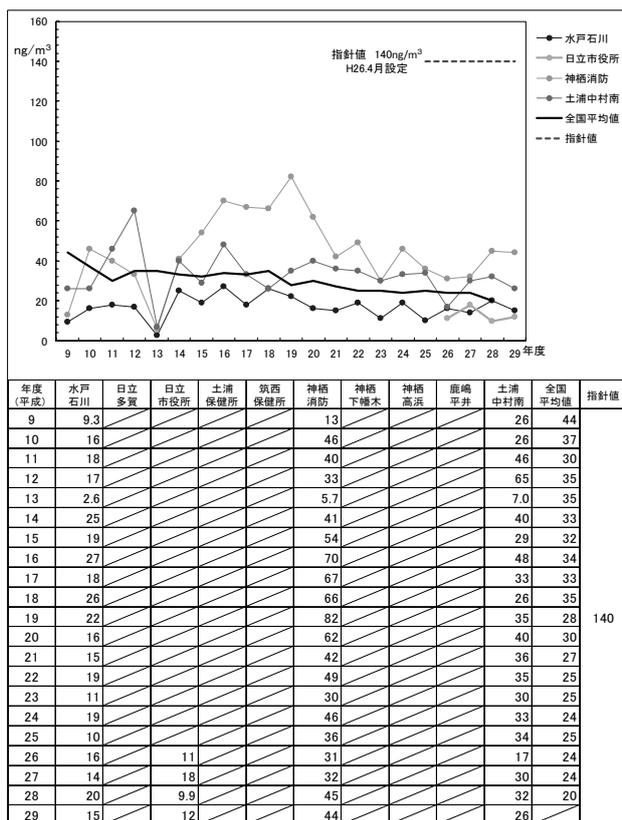


図14 経年変化 マンガン及びその化合物

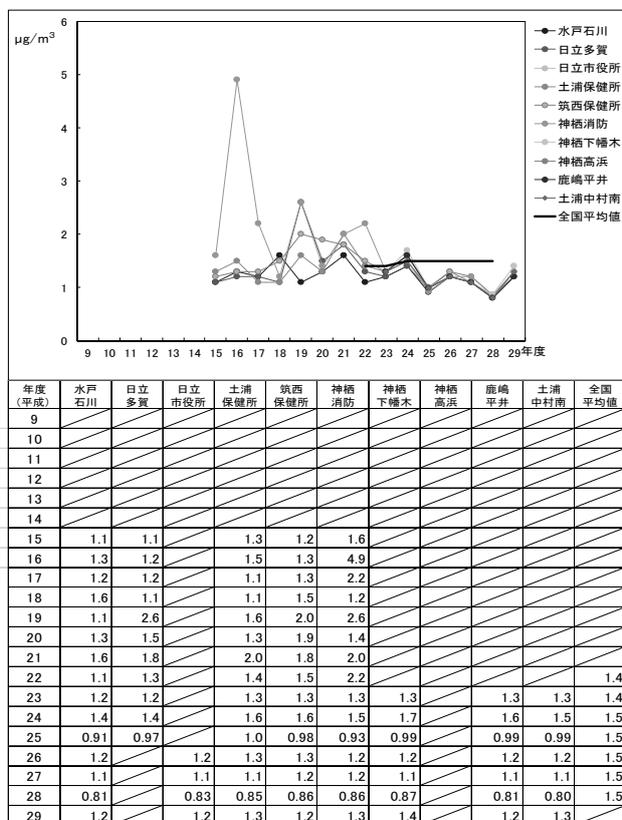


図15 経年変化 塩化メチル

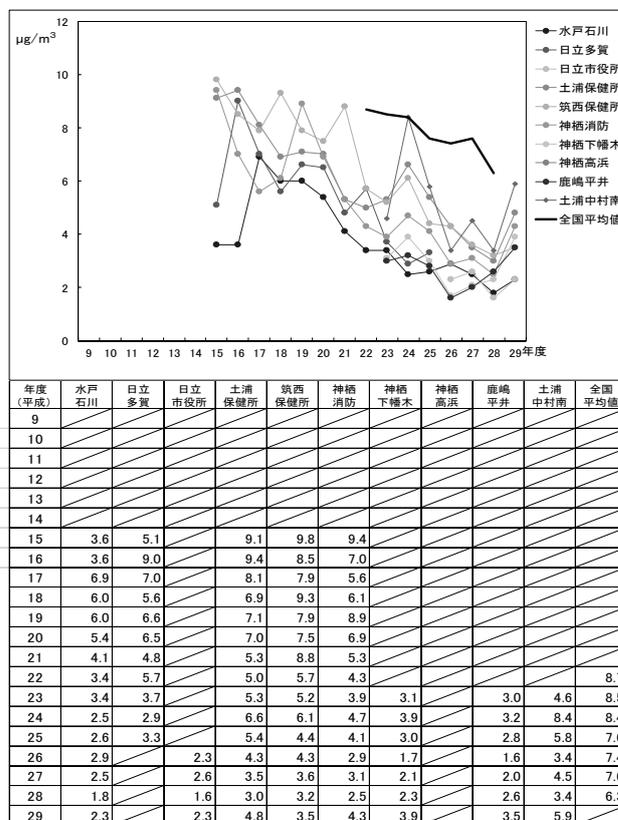


図16 経年変化 トルエン

VI 研究報告・調査報告

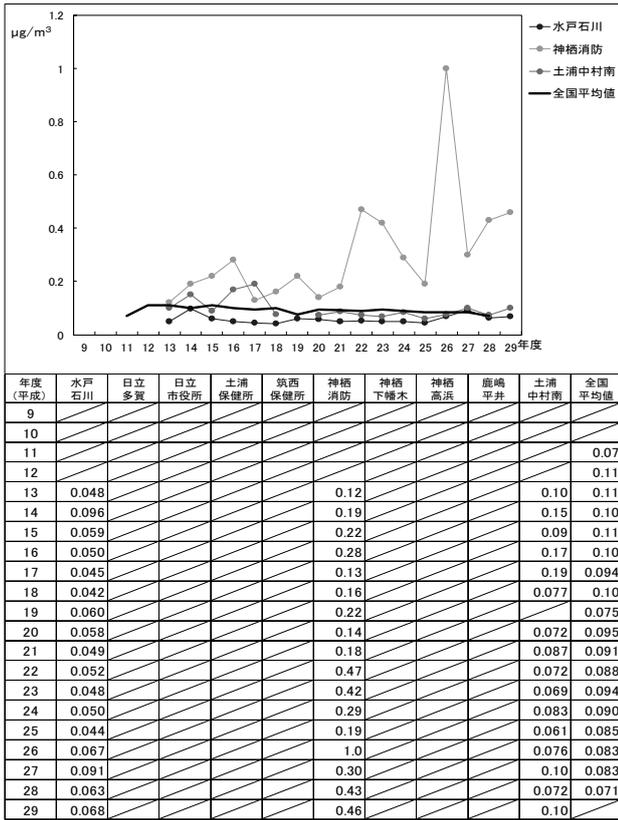


図17 経年変化 酸化エチレン

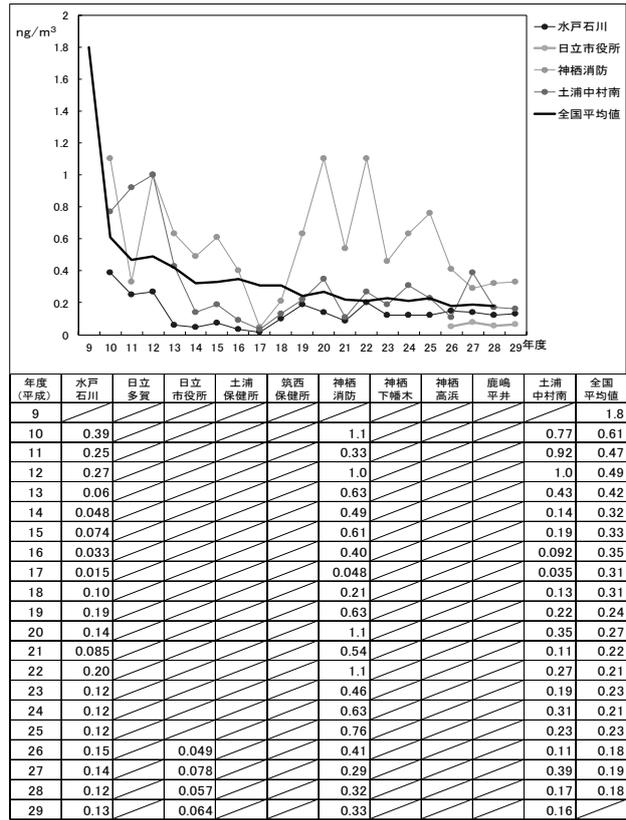


図18 経年変化 ベンゾ[a]ピレン

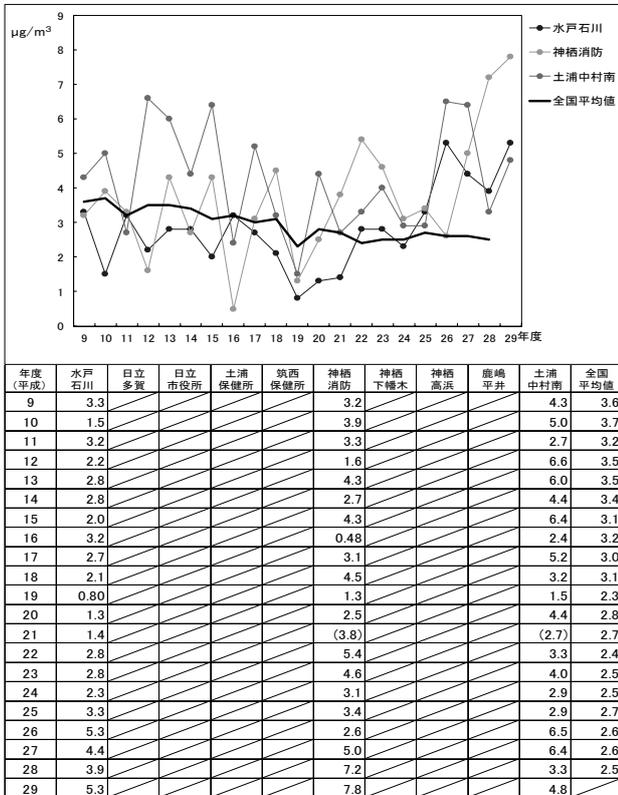


図19 経年変化 ホルムアルデヒド
※(数値)は参考値扱い。

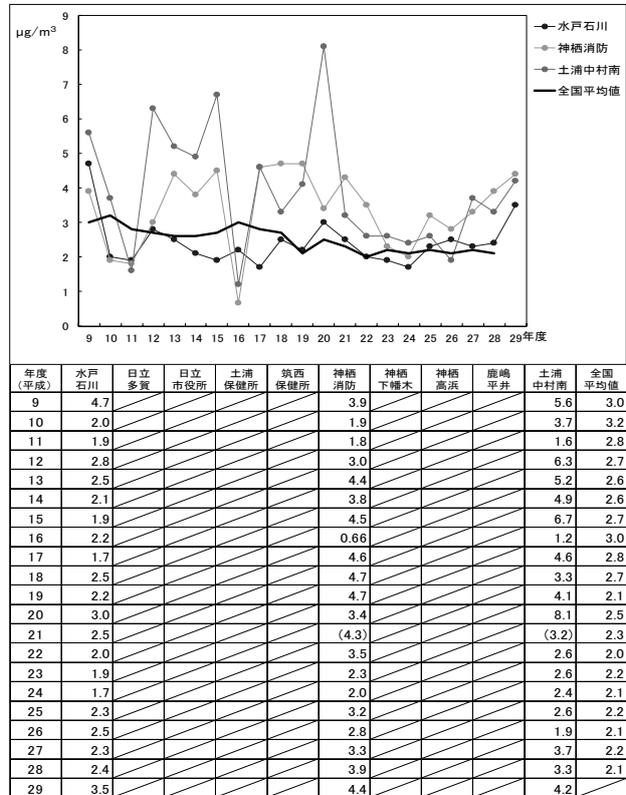
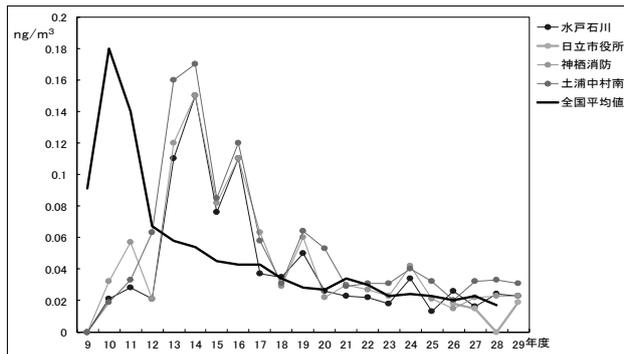
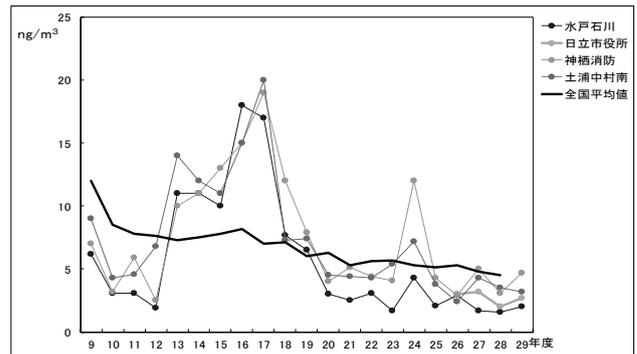


図20 経年変化 アセトアルデヒド
※(数値)は参考値扱い。



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下榑木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
9	N.D					N.D				N.D	0.091
10	0.021					0.032				0.019	0.18
11	0.028					0.057				0.033	0.14
12	0.021					0.021				0.063	0.067
13	0.11					0.12				0.16	0.058
14	0.15					0.15				0.17	0.054
15	0.076					0.082				0.085	0.045
16	0.11					0.11				0.12	0.043
17	0.037					0.063				0.058	0.043
18	0.035					0.029				0.031	0.034
19	0.050					0.060				0.064	0.028
20	0.026					0.022				0.053	0.027
21	0.023					0.030				0.029	0.034
22	0.022					0.027				0.031	0.030
23	0.018					0.023				0.031	0.023
24	0.034					0.042				0.040	0.024
25	0.013					0.021				0.032	0.023
26	0.026		0.018			0.015				0.020	0.020
27	0.016		0.015			0.022				0.032	0.023
28	0.024		N.D			0.023				0.033	0.017
29	0.023		0.019			0.023				0.031	

図21 経年変化 ベリリウム及びその化合物



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下榑木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
9	6.2					7.0				9.0	12
10	3.1					3.2				4.3	8.5
11	3.1					5.9				4.6	7.8
12	1.9					2.5				6.8	7.6
13	11					10				14	7.3
14	11					11				12	7.5
15	10					13				11	7.8
16	18					15				15	8.2
17	17					19				20	7.0
18	7.7					12				7.3	7.1
19	6.5					7.9				7.4	6.0
20	3.0					4.0				4.5	6.3
21	2.5					5.1				4.4	5.3
22	3.1					4.4				4.3	5.6
23	1.7					4.1				5.4	5.7
24	4.3					12				7.2	5.3
25	2.1					4.3				3.8	5.1
26	2.9		3.0			2.9				2.4	5.3
27	1.7		3.2			5.0				4.3	4.8
28	1.6		2.0			3.1				3.5	4.5
29	2.0		2.7			4.7				3.2	

図22 経年変化 クロム及びその化合物

2-4 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⁾である特定フロン及び温室効果ガス²⁾である代替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

調査は平成 29 年 5 月から平成 30 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、特定フロン調査として CFC-11、CFC-12 及び CFC-113 の 3 物質を対象に水戸市において、代替フロン等調査として四塩化炭素、HCFC-21、HCFC-22、HCFC-123、HCFC-141b、HCFC-142b、HCFC-225ca、HCFC-225cb の 8 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 28 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) 特定フロン

昨年度と比較すると、CFC-11、CFC-12、CFC-113 は共に高い値であった（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) 代替フロン等

昨年度と比較すると、HCFC-22 は高い値であり、四塩化炭素、HCFC-21、HCFC-123、HCFC-141b、HCFC-142b、HCFC-225ca、HCFC-225cb は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					H29年度 県平均	H28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
<特定フロン>									
CFC-11	0.26	-	-	-	-	0.26	0.19	0.23	0.25
CFC-12	0.52	-	-	-	-	0.52	0.34	0.51	0.52
CFC-113	0.073	-	-	-	-	0.073	0.062	0.071	-

<代替フロン等>									
四塩化炭素	0.077	0.080	0.079	0.080	0.075	0.078	0.082	0.086	-
HCFC-21	< 0.0012	< 0.0012	0.0012	< 0.0012	0.0055	0.0017	< 0.0005	-	-
HCFC-22	0.32	0.34	0.35	0.52	0.34	0.37	0.19	0.26	0.33
HCFC-123	0.0017	0.0015	0.0012	0.0021	0.0018	0.0017	0.0006	-	-
HCFC-141b	0.032	0.032	0.039	0.070	0.036	0.042	0.052	0.026	0.035
HCFC-142b	0.026	0.027	0.026	0.026	0.026	0.026	0.019	0.023	0.027
HCFC-225ca	0.010	0.0013	0.0031	0.0057	0.0042	0.0049	0.0040	-	-
HCFC-225cb	0.011	0.0022	0.0040	0.0065	0.0037	0.0055	0.0043	-	-

4) 平成28年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書，環境省（2017）

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

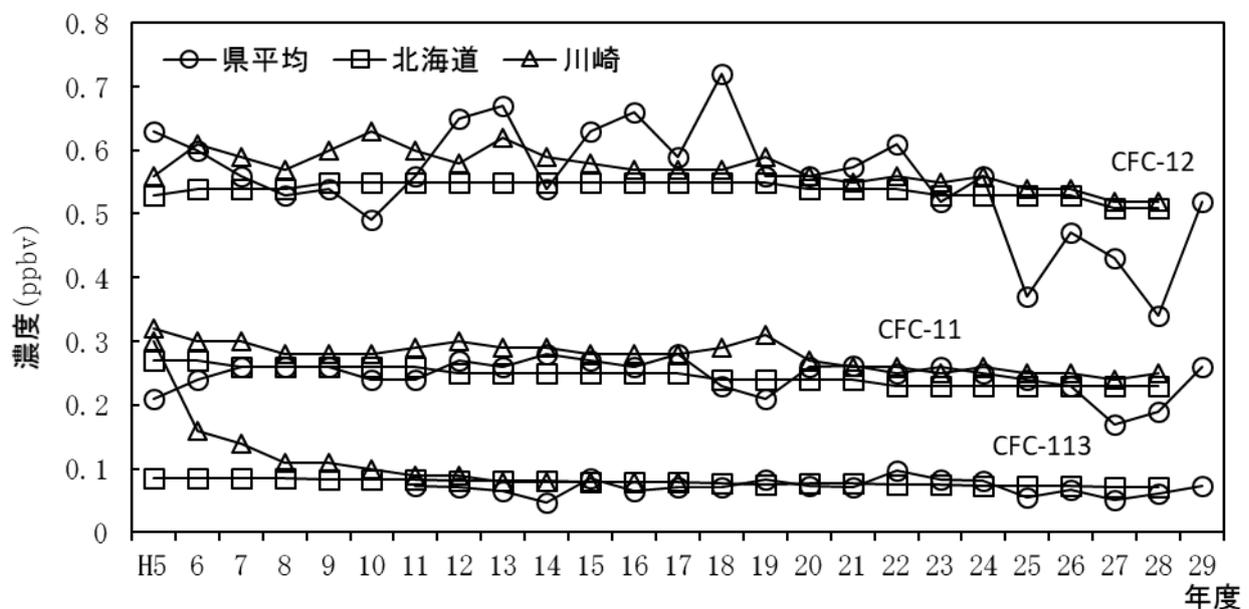


図2 特定フロンの推移

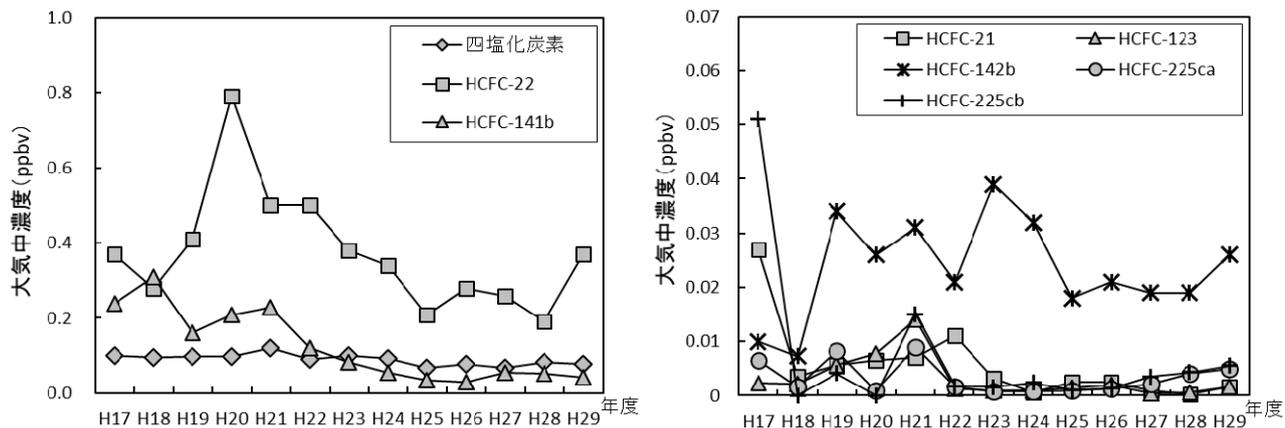


図 3 代替フロン等の推移

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 28 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書, 環境省 (2017)
<http://www.env.go.jp/earth/report/h29-04/index.html>

2-5 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29年4月4日から平成30年4月3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(HORIBA F-52, 電極型式: 9615S), 電気伝導率(TOA MM-60R, 電極型式: CT-57101B), イオン成分: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} (Metrohm 850) 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4.55~5.92の範囲にあり、年平均値は5.07と酸性雨の目安とされる5.6より低く、依然として酸性雨が観測されている。なお、平成29年度の年平均値は、平成28年度の年平均値5.32より低く、全国の平成28年度酸性雨調査結果²⁾の平均値4.90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⁾よりも少し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28年度酸性雨調査結果について, 環境省
<https://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/h28/index.html>



図 1 調査地点

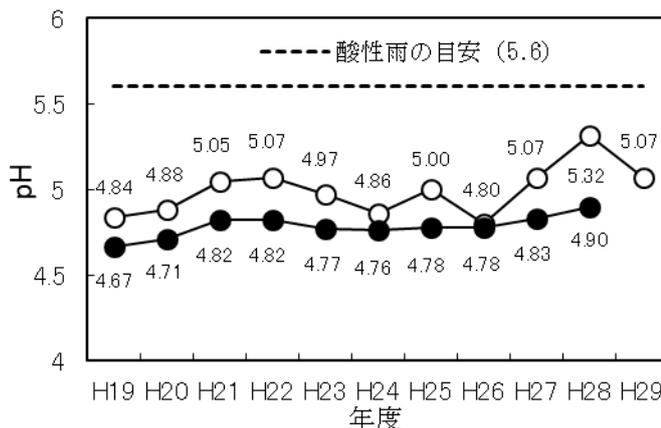


図 2 茨城県土浦市における降雨 pH の経年変化
○：土浦市，●：全国平均

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29年4月4日～平成29年5月2日	10月	平成29年10月3日～平成29年10月31日
5月	平成29年5月2日～平成29年5月30日	11月	平成29年10月31日～平成29年11月28日
6月	平成29年5月30日～平成29年6月27日	12月	平成29年11月28日～平成29年12月26日
7月	平成29年6月27日～平成29年8月8日	1月	平成29年12月26日～平成30年2月5日
8月	平成29年8月8日～平成29年9月5日	2月	平成30年2月5日～平成30年3月6日
9月	平成29年9月5日～平成29年10月3日	3月	平成30年3月6日～平成30年4月3日

表 2 調査結果

	降水量 ¹⁾ (mm)	貯水量 (mL)	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	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	90	2,822	5.86	17.06	1.69	2.09	1.19	0.79	0.71	0.15	0.59	0.12	1.51	0.57
5月	60	1,881	5.57	14.42	2.13	1.90	0.69	0.99	0.42	0.13	0.43	0.09	2.02	0.41
6月	35	1,093	5.17	22.30	2.36	3.14	1.01	1.28	0.60	0.13	0.33	0.09	2.21	0.30
7月	159	5,008	4.55	14.15	1.18	1.34	0.28	0.54	0.16	0.12	0.09	0.00	1.14	0.08
8月	60	1,886	4.62	13.67	1.06	1.23	0.69	0.53	0.41	0.00	0.08	0.04	0.96	0.07
9月	140	4,400	5.75	8.41	0.56	0.59	0.82	0.24	0.51	0.13	0.03	0.05	0.43	0.01
10月	375	11,788	5.69	9.95	0.53	0.27	1.74	0.11	0.95	0.04	0.08	0.12	0.29	0.04
11月	48	1,513	4.66	18.89	1.10	1.83	0.87	0.56	0.55	0.03	0.12	0.06	0.97	0.10
12月	8	241	5.92	33.10	3.48	4.28	2.98	1.64	1.79	0.17	0.98	0.26	3.03	0.91
1月	32	1,007	5.88	18.46	1.74	1.80	2.00	0.75	1.10	0.09	0.70	0.18	1.46	0.66
2月	58	1,806	5.45	15.66	1.52	1.35	1.66	0.46	0.91	0.09	0.49	0.13	1.29	0.46
3月	81	2,554	4.96	12.30	1.07	0.98	1.64	0.27	0.83	0.10	0.21	0.11	0.86	0.18
最大	375	11,788	5.92	33.10	3.48	4.28	2.98	1.64	1.79	0.17	0.98	0.26	3.03	0.91
最小	8	241	4.55	8.41	0.53	0.27	0.28	0.11	0.16	0.00	0.03	0.00	0.29	0.01
平均 ²⁾	1,147	36,001	5.07	12.93	1.05	1.06	1.22	0.42	0.68	0.08	0.19	0.09	0.88	0.17

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。

2-6 大気環境中の石綿調査事業

1 目的

県民の健康被害の未然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

2.1 調査項目

一般環境(住宅地域)における大気中の石綿繊維数濃度(繊維数 本/L)

2.2 調査地点

土浦保健所 1地点 (図1)

2.3 試料採取期間

夏季及び冬季に1日4時間、3日間試料を採取した。

2.4 調査方法

アスベストモニタリングマニュアル第3版¹⁾に基づき実施した。



図1 調査地点

3 調査結果

調査結果を表1に示す。石綿濃度は、夏季0.16本/L、冬季0.14本/Lであった。土浦保健所における石綿濃度の経年変化は、図2に示すとおりである。

表1 調査結果

調査地点	調査 時季	調査日	石綿繊維数濃度		天候	主風向	風速 (m/秒)
			(本/L)	幾何 平均			
土浦保健所	夏季	平成29年8月17日(木) 10:00~14:00	0.12	0.16	曇	東北東	1.1
		平成29年8月22日(火) 10:00~14:00	0.30		晴	西南西	1.8
		平成29年8月23日(水) 10:00~14:00	0.12		晴	北西	0.5
	冬季	平成30年1月10日(水) 10:30~14:30	0.086	0.14	晴	南西	3.7
		平成30年1月11日(木) 10:00~14:00	0.17		晴	西	2.2
		平成30年1月12日(金) 10:08~14:08	0.17		晴	北北西	0.9

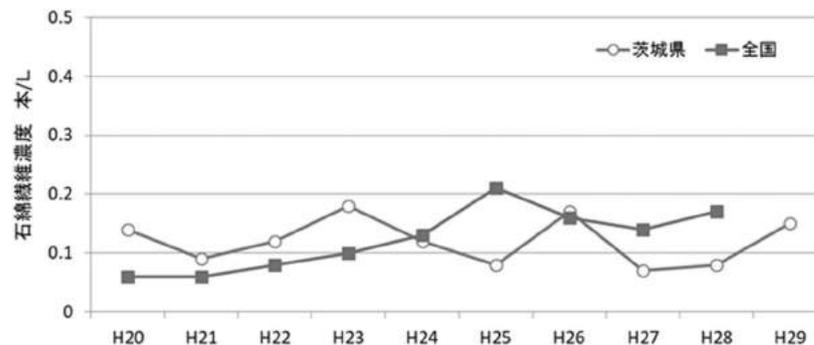


図2 一般環境(住宅地域)における石綿繊維数濃度

(平成22年度以降の全国の値は、総繊維数濃度)

参考資料

- 1) 環境省：アスベストモニタリングマニュアル第3版 平成19年5月
- 2) 環境省：アスベスト大気濃度調査結果について(平成20~28年度 報道発表資料)

2-7 百里飛行場周辺地域における航空機騒音実態調査事業

1 目的

航空自衛隊百里基地の航空機騒音に係る環境基準の類型をあてはめた地域（平成3年3月28日茨城県告示第398号）について、環境基準の達成状況を把握し、もって航空機騒音による被害を防止するための発生源対策及び障害防止対策等の各種施策を総合的に推進するための基礎資料を得る。

2 調査方法

(1) 調査地点

航空機騒音に係る環境基準のI類型をあてはめた地域（茨城町、小美玉市、銚田市、行方市、かすみがうら市）及び大洗町他の計10地点にて測定した（図1参照）。

(2) 調査期間

測定期間

平成29年6月9日～平成29年11月15日の期間内に連続2週間

年間値推定期間

平成29年4月1日～平成30年3月31日の1年間

(3) 測定及び評価方法

航空機騒音の測定・評価は、環境省告示¹⁾及び「航空機騒音測定・評価マニュアル²⁾」に基づき、評価値である時間帯補正等価騒音レベル「 L_{den} 値」を年間測定している測定局の測定値で補正し、年間平均 L_{den} 推定値（以下「 L_{den} 推定値」という。）を算出した。

また、平成25年4月から評価指標が加重等価平均感覚騒音レベル（WECPNL、W値）から L_{den} 値へ移行したことから、短期測定地点の測定データより旧マニュアル³⁾に基づきW値及び年間平均WECPNL推定値（以下「W値推定値」という。）を算出し、新旧評価値の比較を行った。

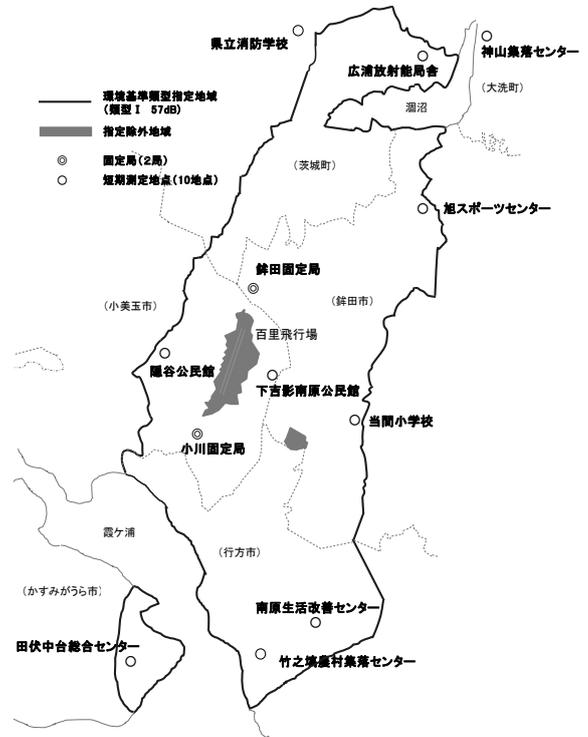


図1 調査地点

3 結果

(1) 平成29年度調査結果

各地点の L_{den} 推定値を環境基準値（I類型：57デシベル（dB））と照合すると、評価値である L_{den} 推定値が環境基準値（57dB）を超過した地点はなかった。なお、旧評価値であるW値推定値に関しても旧環境基準値（70 WECPNL）を超過した地点はなかった。

2週間の騒音発生回数は下吉影南原公民館における発生回数が10地点中最大の580回であり、他の測定地点のおよそ2倍の騒音回数であった。

*表1では参考として小数点第1位まで表記している。 L_{den} 確定値の算出は、航空機騒音測定・評価マニュアルにより小数点第1位を四捨五入する。

表 1 平成 29 年度調査結果

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	H29. 6. 9～ 6. 22	0	404	9	0	413	81.5	45.4	45.2	59.6	58.9
下吉影南原公民館	H29. 11. 2～11. 15	0	577	3	0	580	94.3	55.4	55.0	69.5	69.6
広浦放射能局舎	H29. 6. 9～ 6. 22	0	206	6	0	212	87.1	48.9	45.1	61.7	57.9
県立消防学校	H29. 11. 2～11. 15	0	95	9	0	104	95.3	49.5	48.9	59.9	59.8
神山集落センター	H29. 11. 2～11. 15	0	92	0	0	92	83.6	43.6	43.0	56.3	56.2
当間小学校	H29. 6. 9～ 6. 22	0	204	1	0	205	98.0	54.9	51.1	68.6	64.8
旭スポーツセンター	H29. 11. 2～11. 15	0	267	0	0	267	95.5	54.9	54.3	67.7	67.6
竹之埜農村集落センター	H29. 6. 9～ 6. 22	0	55	4	0	59	82.1	40.7	40.5	53.6	52.9
南原生活改善センター	H29. 11. 2～11. 15	0	59	0	0	59	93.6	44.5	44.1	60.1	60.2
田伏中台総合センター	H29. 6. 9～ 6. 22	0	183	17	0	200	97.6	51.8	51.6	66.0	65.3

(2) L_{den} 推定値の推移

L_{den} については平成 25 年度からの調査となる。平成 25 年度から平成 29 年度の L_{den} 推定値を表 2 及び図 2 に示す。平成 25 年度から平成 27 年度まで環境基準値を超過していた下吉影南原公民館は、55.0 dB となり平成 29 年度も環境基準値以下となったが前年度より高くなった。また、県立消防学校は、 L_{den} 、WECPNL 値とも昨年度から大きく上昇した。原因としては、騒音発生回数が平成 28 年度の 44 回から 104 回と 2 倍以上となり、さらに評価値に重み付けとなる 19 時以降の騒音発生回数が多かったことが考えられた。その他の地点については、著しい経時変化は見られず、環境基準値以下で推移していた。

(3) WECPNL と L_{den} の比較

表 3 に W 値推定値及び L_{den} 推定値の比較表を示す。今回の調査では、現環境基準値 (57dB) 及び旧環境基準値 (70 WECPNL) に対して一方のみが上回る地点は見られなかった。W 値推定値 - L_{den} 推定値の値はおおよそ 13 となった。

(4) W 値推定値の推移

平成 20 年度から平成 29 年度まで 10 年間の W 値推定値の推移を図 3 に示す。各地点について著しい経時変化は見られないものの、やや減少傾向で推移している。

表2 L_{den} 推定値の総括表

調査地点名	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	平均値
隠谷公民館	43.5	42.9	40.3	43.6	45.2	43.1
下吉影南原公民館	58.4	58.5	58.0	52.0	55.0	56.4
広浦放射能局舎	45.4	46.5	49.3	43.7	45.1	46.0
県立消防学校*	40.9	30.7	39.8	39.2	48.9	39.9
神山集落センター	47.0	45.5	47.7	44.4	43.0	45.5
当間小学校	46.7	53.5	50.9	51.0	51.1	50.6
旭スポーツセンター	55.3	53.5	54.9	53.2	54.3	54.2
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	41.5
南原生活改善センター	50.0	43.0	49.5	46.0	44.1	46.5
田伏中台総合センター	55.4	52.9	49.8	55.0	51.6	52.9

*平成25年度及び平成27年度は校内工事の影響により県立農業高等学校で調査を行った。

*平成26年度以降は手賀小学校閉校のため竹之塙農村集落センターに調査地点を変更した。

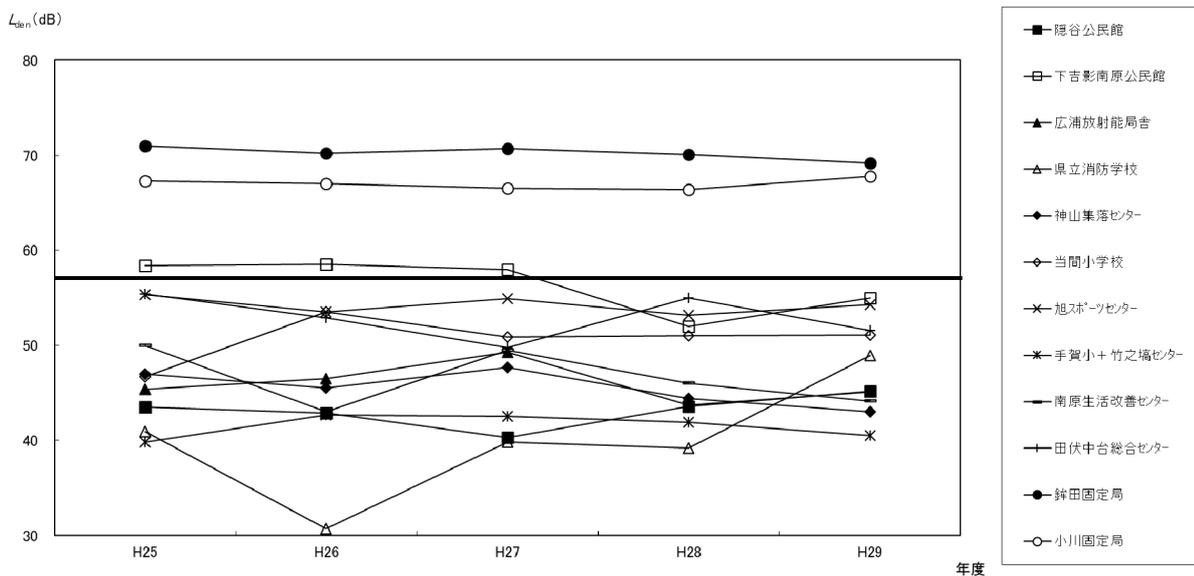


図2 L_{den} 推定値の経年変化グラフ

表3 L_{den} 推定値及びW値推定値の比較

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}
隠谷公民館	58.9	45.2	13.7
下吉影南原公民館	69.6	55.0	14.6
広浦放射能局舎	57.9	45.1	12.8
県立消防学校	59.8	48.9	10.9
神山集落センター	56.2	43.0	13.2
当間小学校	64.8	51.1	13.7
旭スポーツセンター	67.6	54.3	13.3
竹之埜農村集落センター	52.9	40.5	12.4
南原生活改善センター	60.2	44.1	16.1
田伏中台総合センター	65.3	51.6	13.7

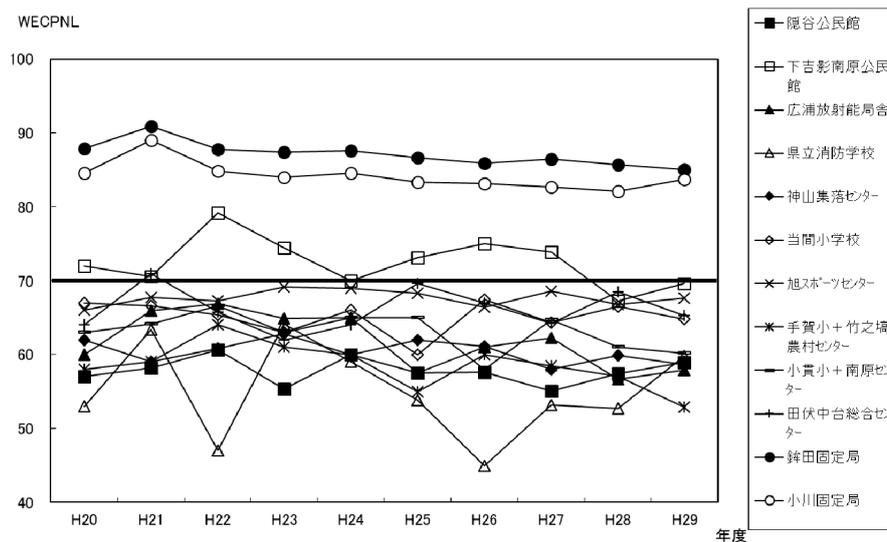


図3 WECPNL 推定値の経年変化グラフ

4 まとめ

航空自衛隊百里飛行場周辺の環境基準I類型当てはめ地域内8地点、当てはめ地域外2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} 推定値が環境基準値(57dB)を超過した地点はなかった。調査地点全体の L_{den} 推定値は、経年的に横ばいの傾向を示している。

また、WECPNLから L_{den} へ評価指標が移行されても、新旧環境基準値の達成状況に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)
- 2) 航空機騒音測定・評価マニュアル(平成27年10月環境省)
- 3) 航空機騒音測定マニュアル(昭和63年7月環境庁大気保全局)

2-8 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。平成 29 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：平成 29 年 11 月 17 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：2,3-エポキシ-1-プロパノール，2-ビニルピリジン，4-ビニル-1-シクロヘキセン，りん酸(2-エチルヘキシル)ジフェニル，りん酸ジ-n-ブチルフェニル，りん酸トリフェニル

(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：平成 29 年 11 月 17 日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：平成 29 年 11 月 17 日に利根川かもめ大橋で採水した。

大気：平成 29 年 10 月 17 日～10 月 20 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： α -アルキル- ω -ヒドロキシポリ(オキシエチレン)（アルキル基の炭素数が9から15までのもの）〔別名：ポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテル（アルキル基の炭素数が9から15までのもの）〕，エチレンジアミン四酢酸，デシルアルコール〔別名：デカノール〕，ニトリロ三酢酸

底質：デシルアルコール〔別名：デカノール〕

大気：o-トルイジン，m-トルイジン，p-トルイジン，ニトロベンゼン，メタクリル酸

(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：平成29年11月17日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：平成29年11月17日に利根川かもめ大橋で採水した。

生物：平成29年11月14日に常磐沖で捕獲したサンマを試料として調製した。

大気：平成29年9月6日～13日にミドルボリウムエアースンプラーにより、また平成29年9月6日～9日にローボリウ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採取した。

イ 調査対象物質

水質：PCB類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），クロルデン類，ヘプタクロル類，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，ペンタクロロベンゼン，ペンタクロロフェノールとその塩およびエステル類，短鎖塩素化パラフィン（炭素数が10～13のもの）

底質：PCB類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），クロルデン類，ヘプタクロル類，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，短鎖塩素化パラフィン（炭素数が10～13のもの）

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ノ酸（PFOA），ペンタクロロベンゼン，1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン（HBCD），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，短鎖塩素化パラフィン（炭素数が10～13のもの）

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，1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン（HBCD），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）

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 28 年度調査結果

(1) 詳細環境調査

平成 28 年度詳細環境調査では、利根川河口かもめ大橋（神栖市）の 1 地点で水質試料を採取し、茨城県霞ヶ浦環境科学センター（土浦市）の 1 地点で大気試料を捕集した。水質の結果を表 1 に、大気の結果を表 2 に示す。

表 1 平成 28 年度詳細環境調査 水質の結果

単位：(ng/L)

調査地点	調査対象物質	測定値		検出下限値
		検体 1		
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	エチレンオキシド	欠測		8,500
	エチレングリコール	nd		45
	クロロメタン (別名：塩化メチル)	nd		3.0
	4,4'-ジアミノ-3,3'-ジクロロジフェニルメタン (別名：4,4'-メチレンビス(2-クロロアニリン)又は3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン)	nd		8.0
	二硫化炭素	81		5.3
	プロパン-1,2-ジオール	60		33
	プロモメタン (別名：臭化メチル)	nd		5.1
	ホルムアルデヒド	1,000		240

(注) nd：不検出

表 2 平成 28 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)	o-ジクロロベンゼン	58	38	110	7.1
	m-ジクロロベンゼン	17	14	29	6.5
	p-ジクロロベンゼン	270	290	760	10
	メチレンビス(4,1-フェニレン)=ジイソシアネート	nd	nd	nd	0.54

(注)nd：不検出

(3) モニタリング調査

平成 28 年度詳細環境調査では、利根川河口かもめ大橋（神栖市）で水質と底質を採取し、常磐沖で捕獲したサンマを生物試料とし、茨城県霞ヶ浦環境科学センター（土浦市）で大気を捕

集した。水質の結果を表 3 に、底質の結果を表 4 に、生物の結果を表 5 に、大気の結果を表 6 に示す。

表 3 平成 28 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	※2.8	※8.4
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	42	0.3	0.9
HCH 類	350	※1.4	※4.2
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）	6,800	※14	※42
ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）	1,000	20	50
ペルフルオロオクタン酸（PFOA）	6,000	20	50

（注 1）検出下限値以上を検出とした。

（注 2）※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 4 平成 28 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
	検体		
総 PCB	840	※18	※53
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	200	1	3
HCH 類	54	※1.1	※3.3
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）	28,000	※72	※220
ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）	47	2	5
ペルフルオロオクタン酸（PFOA）	17	4	9
ペンタクロロベンゼン	180	0.6	1.8
1, 2, 5, 6, 9, 10-ヘキサブロモシクロドデカン類	940	※170	※510

（注 1）検出下限値以上を検出とした。

（注 2）※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 5 平成 28 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
	検体		
総 PCB	2,700	※20	※60
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	1,300	2.7	8.1
クロルデン類	1,100	※5.6	※17
ヘプタクロル類	130	※4.6	※14
HCH 類	280	※4	※12
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)	tr(240)	※140	※420
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	47	3	9
ペルフルオロオクタン酸 (PFOA)	20	2	4
ペンタクロロベンゼン	120	5.1	15
1, 2, 5, 6, 9, 10-ヘキサブロモシクロ ドデカン類	310	※26	※78
総ポリ塩化ナフタレン	77	※19	※57
ペンタクロロフェノール	990	21	63
ペンタクロロアニソール	26	1	3
短鎖塩素化パラフィン類	9.400	※2,600	※7,800

(注 1) 検出下限値以上を検出とした。

(注 2) ※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。

(注 3) 「tr」は検出下限以上定量下限未満を意味する。

表 6 平成 28 年度モニタリング調査 大気の結果

調査対象物質	測定値 (温暖期)	検出下限値	定量下限値
総 PCB	110	※2.7	※7.8
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	160	0.3	0.8
クロルデン類	72	※0.9	※2.9
ヘプタクロル類	10	※0.2	※0.6
HCH 類	48	※0.3	※0.9
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)	14	※2.7	※7.5
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	9.3	0.2	0.6
ペルフルオロオクタン酸 (PFOA)	15	0.4	1.3
ペンタクロロベンゼン	74	0.2	0.5
エンドスルファン類	16	※0.6	※1.6
1, 2, 5, 6, 9, 10-ヘキサブロモシクロドデカン類	tr(0.4)	0.3	0.9
総ポリ塩化ナフタレン	73	※0.28	※0.79
ヘキサクロロブタ-1, 3-ジエン	800	20	60
ペンタクロロフェノール	5.2	0.2	0.5
ペンタクロロアニソール	50	0.4	1.0
短鎖塩素化パラフィン類	nd	※640	※1,700
ジコホル	nd	0.2	0.5

(注 1) 検出下限値以上を検出とした。

(注 2) ※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。

(注 3) 「nd」は不検出を意味する。

(注 4) 「tr」は検出下限以上定量下限未満を意味する。

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 平成 29 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 28 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 平成 29 年度版 化学物質と環境(平成 28 年度 化学物質環境実態調査 調査結果報告書)(平成 30 年 3 月)

<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2017/index.html>

2-9 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及び魚類（メダカ）に内分泌攪乱作用があるとさ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

- ・ 調査地点 県内の公共用水域 70 地点のうち 15 河川
- ・ 調査項目 要監視項目 31 項目及びビスフェノール A の計 32 項目
- ・ 調査時期 平成 29 年 7 月に各地点 1 回ずつ実施

(2) モニタリング調査

- ・ 調査地点 過去の調査で指針値を超過した 1 河川
- ・ 調査項目 全マンガン
- ・ 調査時期 平成 29 年 8 月に 1 回実施

(3) 追跡調査

- ・ 調査地点 実態調査により指針値が超過した 2 河川（夜越川）計 9 地点
- ・ 水質調査項目 全マンガン、溶解性マンガン、全鉄、流量等
- ・ 底質調査項目 マンガン（含有量）、鉄（含有量）、含水比、強熱減量
- ・ 調査時期 平成 29 年 8 月から 12 月に各地点 1 回ずつ実施

なお、測定は環境省通達（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）、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）、水質調査方法（環境庁昭和 46 年 9 月）、底質調査方法（環境省平成 24 年 8 月）に則り行った。

3 結果の概要

(1) 実態調査（表 1）

江戸上川において全マンガンが指針値（0.2 mg/L）を超過した（0.32mg/L）。その他の項目は全ての地点で指針値を満たしていた。

(2) モニタリング調査（表 1）

全マンガンが指針値（0.2 mg/L）を満たしていた。

(3) 追跡調査（表 2）

- ・ 夜越川
調査した 5 地点で水質の全マンガン濃度は 0.02mg/L 未満であり、全ての地点で指針値（0.2mg/L）を満たした。
- ・ 江戸上川
調査した 4 地点のうち 1 地点で水質の全マンガンが指針値（0.2 mg/L）を超過した（0.66 mg/L）。その他の地点では指針値を満たした。超過地点上流には鉱泉を利用する小規模な旅館・民泊が存在しており、全マンガン濃度が高くなったのは鉱泉由来である可能性がある。

表1 平成29年度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	実施機関	指針値等	報告下限値	2	4	6	9	36	38	66	67	68	70	102	103	107	127	128	136	
水域名				里相川	江戸上川	大北川2	花園川	綾川	埜子川	向堀川	磯川	下大野水汲	宮戸川	新利根川	小野川	清明川	雁通川	蔵川	夜越川	
調査地点名				村山橋	第一神岡橋	箕橋	磯脚橋	緒川橋	磯崎橋	砂井橋	水落橋	日下部橋	宮戸川橋	新利根橋	奥原大橋	勝橋	JA磯橋	蔵川橋	堀の内橋	
1日付				H29.7.12	H29.7.12	H29.7.12	H29.7.12	H29.7.12	H29.7.25	H29.7.25	H29.7.25	H29.7.13	H29.7.25	H29.7.12	H29.7.12	H29.7.12	H29.7.11	H29.7.11	H29.8.24	
2時間				12:02	11:44	10:40	10:57	10:15	9:30	10:50	11:10	11:25	11:35	11:30	10:40	10:10	13:40	14:00	11:20	
3天候				晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	快晴	
4臭気	環境協会 ^{※2}			通常	通常															
5色相	環境協会 ^{※2}			無臭	無臭															
6気温	環境協会 ^{※2}	(°C)		25.3	25.3	24.6	24.6	28.0	27.5	30.1	30.1	30.0	31.4	31.3	30.6	30.6	31.6	31.6	38.2	
7水温	環境協会 ^{※2}	(°C)		20.6	27.6	27.3	26.2	22.5	21.5	29.0	28.0	30.0	29.5	30.5	28.5	28.5	30.7	30.2	27.2	
8水深	環境協会 ^{※2}	(m)		0.1	0.2	0.4	0.7	0.2	0.2	0.4	1.5	0.2	0.3	2.9	1.3	0.5	0.1	0.3	0.8	
9全水深	環境協会 ^{※2}	(m)		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	
1クロホルム	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.06	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
2トランス-1,2-ジクロロエチレン	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.04	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	
31,2-ジクロロプロパン	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.06	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	
4p-ジクロロベンゼン	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	
5i-PPA	環境協会 ^{※2}	(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	
6ダイアジン	環境協会 ^{※2}	(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	
7フェニトロチオン	環境協会 ^{※2}	(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	
8イソプロピラチオン	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.04	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
9オキソニル(有機燐)	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.04	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
10クロロニル(TPN)	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.05	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	
11プロピザミド	環境協会 ^{※2}	(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	
12EPN	環境協会 ^{※2}	(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	
13ジクロルボス(DDVP)	環境協会 ^{※2}	(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	
14フェブカルブ(BPMC)	露七 ^{※1}	(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	
15イプロボス(BIP)	露七 ^{※1}	(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	
16クロロニル(TPN)	露七 ^{※1}	(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	
17トルエン	露七 ^{※1}	(mg/L)	0.6	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	
18キシレン	露七 ^{※1}	(mg/L)	0.4	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フタル酸ジエチルヘキシル	露七 ^{※1}	(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	
20ニッケル	露七 ^{※1}	(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	
21モリブデン	露七 ^{※1}	(mg/L)	0.07	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	
22アンチモン	露七 ^{※1}	(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	
23塩化ビニルモノマー	露七 ^{※1}	(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	
24エチルピロリン	露七 ^{※1}	(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	
25全マンガン	露七 ^{※1}	(mg/L)	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.08	0.14	0.08	0.14	0.03	0.05	0.07	0.02	0.02	0.03	0.09	<0.02	
26ウラン	環境協会 ^{※2}	(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	
27フェニール	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.05	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	
28ホルムアルデヒド	環境協会 ^{※2}	(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	
294-tert-ブチルフェニール	露七 ^{※1}	(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	
30アミン	露七 ^{※1}	(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	
312,4-ジクロロフェニール	露七 ^{※1}	(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	
32ビスフェノールA	環境協会 ^{※2}	(mg/L)	0.982	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	

(備考) ※1 露七：茨城県霞ヶ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

表2 平成29年度水環境化学物質調査 追跡調査結果一覧

(1) 夜越川

地点番号			夜越川1	夜越川2	夜越川3	夜越川4	夜越川5	
地点		指針値	堀の内橋	前回調査 最上流	上流西部	上流東部	北谷津池	
日付			H29.8.24	H29.8.24	H29.8.24	H29.8.24	-	
時間			11:20	12:10	16:30	14:50	-	
天候			快晴	快晴	快晴	快晴	-	
気温	(°C)		38.2	39.3	33.4	39.0	-	
水温	(°C)		27.2	25.8	28.5	26.2	-	
水深	(m)		0.765	0.080	0.040	0.040	-	
流量	(m ³ /s)		0.056	0.025	<0.001	0.003	-	
水 質	全マンガン	(mg/L)	0.2	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-
	溶解性マンガン	(mg/L)		0.0026	0.0033	0.0070	0.0042	-
	全鉄	(mg/L)		0.10	0.32	0.18	0.36	-
	pH			7.23	7.36	7.56	7.52	-
	SS	(mg/L)		4.0	4.4	4.0	2.8	-
	EC	(mS/m)		38.1	30.7	31.8	23.5	-
	透視度	(cm)		>50	>50	>50	>50	-
	水色			黄褐色(淡)	無色	褐色	無色	-
	臭気			下水臭(微)	下水臭(微)	魚腐敗臭	無臭	-
備考			環境基準点 指針値 超過地点				悪路により 採水できず	

(2) 江戸上川

地点番号			1	2	3	4	5	
地点		指針値	第一神岡橋	鹿の沢川①	上流	柳平橋	上流水路②	
日付			H29.12.5	H29.12.5	H29.12.5	H29.12.5	H29.12.5	
時間			10:10	11:50	13:50	15:35	15:10	
天候			晴	晴	雨	曇	曇	
気温	(°C)		13.0	14.5	10.8	6.8	8.9	
水温	(°C)		9.5	10.7	9.4	9.7	9.3	
水深	(m)		0.20	0.11	0.06	0.12	0.17	
流量	(m ³ /s)		0.11	0.018	0.045	0.027	0.010	
水質	全マンガン	(mg/L)	0.2	0.20	0.66	<0.02	0.04	<0.02
	溶解性マンガン	(mg/L)		0.19	0.64	<0.02	<0.02	<0.02
	全鉄	(mg/L)		0.33	0.21	0.064	0.048	0.076
	pH			7.2	7.1	7.8	7.2	7.8
	SS	(mg/L)		2.8	3.8	0.8	2.6	0.4
	EC	(mS/m)		0.24	0.71	0.096	0.074	0.064
	透視度	(cm)		>50	>50	>50	>50	>50
	水色			無色	無色	無色	無色	無色
	臭気			無臭	青草臭(微)	無臭	無臭	無臭
底質	マンガン	(mg/kg)		554	-	2,703	-	-
	鉄	(mg/kg)		30,284	-	26,017	-	-
	含水量	(%)		100	-	43	-	-
	強熱減量	(%)		10	-	4.4	-	-
	泥色			黒褐色	-	茶色	-	-
	底質の状態			粘土質	-	砂利質	-	-
備考			環境基準点 指針値 超過地点	上流に 温泉施設		上流水路①		

2-10 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を行い，原因の究明，汚染範囲の確認及び苦情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，依頼先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。緊急水質事案関係では，農薬・金属等の分析を行った。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・セレン等の分析を行った。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	件数	依頼分析検体数
環境対策課	3	8
廃棄物対策課	0	0
環境政策課（県央環境保全室）	0	0
県北県民センター	1	8
鹿行県民センター	0	0
県南県民センター	16	69
県西県民センター	2	7
その他（公的機関・市町村など）	39	0
計	61	92

表2 公害事案等調査内容別内訳

依頼内容	件数	依頼分析検体数
緊急水質事案関係	2	2
地下水水質汚染関係	18	88
廃棄物関係	1	1
大気汚染物質関係	1	1
騒音関係	25	0
相談	14	0
計	61	92