

## VI 研究報告・調査報告

## 1 湖沼環境研究

## (研究報告)

1- 1	硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比に基づく灌漑期における銚田川・巴川 支流域からの窒素流出負荷起源の推定-----	33
1- 2	土浦入におけるアオコ発生機構検討のための生態系モデルの構築-----	43

## (調査報告)

1- 1	霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業-----	57
1- 2	霞ヶ浦の水質変動に関する調査研究-----	74
1- 3	平成 28 年度のアオコ発生について-----	76
1- 4	アオコの動態解明に関する調査研究-----	81
1- 5	北浦流域の窒素の動態に関する調査研究-----	83
1- 6	水質予測モデルの活用による浄化対策効果の検証-----	100
1- 7	外浪逆浦の水質汚濁に関する調査研究-----	106
1- 8	レンコン田における石灰窒素の適正施用法の検討-----	110
1- 9	混合たい肥複合肥料を利用した水稲栽培試験と環境負荷の解明-----	114
1-10	直接大気降下物負荷量調査-----	117
1-11	農業排水再生プロジェクト事業-----	119
1-12	霞ヶ浦直接浄化対策検証事業-----	126
1-13	公募型新たな水質浄化空間創出事業-----	136
1-14	霞ヶ浦湖岸ハス田からの流出負荷量抑制対策のための基本的研究-----	144
1-15	農地～国レベルでの窒素動態の実態を反映した新たな窒素負荷指標の開発---	148
1-16	涸沼の水質保全に関する調査研究事業-----	150
1-17	牛久沼の水質保全に関する調査事業-----	166

## 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-----	176
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-----	183
2- 3	有害大気汚染物質調査事業 -----	192
2- 4	大気環境中のフロン濃度調査事業 -----	204
2- 5	酸性雨の実態把握調査事業 -----	207
2- 6	大気環境中の石綿調査事業 -----	209
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 -----	210
2- 8	化学物質環境実態調査事業 -----	214
2- 9	水環境化学物質調査事業 -----	220
2-10	公害事案等処理対策調査事業 -----	223

# 1-1 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比に基づく 灌漑期における銚田川・巴川支流域からの窒素流出負荷起源の推定

菊地哲郎, 大内孝雄, 高津文人\*

Estimating the sources of nitrogen load from subbasins of Hokota River and Tomoe River  
during the irrigation period based on the stable isotope ratios of nitrate nitrogen and oxygen  
Tetsuro KIKUCHI, Takao OUCHI, Ayato KOHZU

キーワード: 起源推定, 北浦流域, 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比, 窒素流入負荷

## 1 はじめに

北浦に流入する河川の窒素濃度は長年上昇傾向にある。平成 27 年度には、主要 8 河川の全窒素 (TN) 濃度の平均値が 5.6 mg/L となり、これは西浦流入河川(主要 14 河川の平均値:2.9 mg/L) の約 2 倍であった。<sup>1)</sup> 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、北浦流域では農業が盛んに行われていることから、農地に投入された化成肥料や堆肥・家畜排せつ物(以降「堆肥等」)に由来する窒素成分が表流水や地下水とともに河川に流出していることが考えられる。

土壌中では微生物反応により、堆肥等に含まれる有機態窒素はアンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N) に分解(無機化)され、さらに NH<sub>4</sub>-N は硝化により硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) に変換されるため、土壌を経由して地下水や河川に溶脱、流出する窒素は主に NO<sub>3</sub>-N の形態をとる。しかし、有機態窒素の無機化は徐々に進むことから、堆肥の連用により土壌中に窒素が蓄積すること、また堆肥施用畑土壌からの NO<sub>3</sub>-N の溶脱は化成肥料施用畑土壌に比べて遅くなることが認められている。<sup>2)</sup> さらに、北浦流域に広く分布する黒ボク土の下層土は硝酸イオン (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 等の陰イオンに対する吸着能を有し、その溶脱を遅らせることが知られている。<sup>3,4)</sup> したがって、現在河川に流出している NO<sub>3</sub>-N は、降雨や灌漑水の表面流出に伴う施肥窒素の流亡や点源(住宅、畜舎、事業所等からの排水等)の流入、ならびに施肥窒素の短期間で溶脱・流出分を除くと、現在までに流域の土壌に投入・蓄積した窒素プールに由来すると想定される。しかし、流域に蓄積した窒素の量や由来、ならびにそれが河川の窒素濃度や流出量にどの程度寄与しているのかについてはよく分かっていない。

ところで、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の窒素・酸素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) はその起源により特徴的な値を示すことが、既往の研究から明らかになっている。たとえば、堆肥等、生活排水(し尿、下水等)に由来する  $\delta^{15}\text{N}$ -NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (それぞれ 5~25‰, 4~19‰) は化成肥料由来 (-6~6‰) よりも高い値をとること、硝酸塩化成肥料や降雨に含まれる NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の  $\delta^{18}\text{O}$ -NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (それぞれ 17~25‰, 25~75‰) は硝化により生成する NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0~15‰) よりも高い値を示すことが知られている。<sup>5)</sup> このような違いに基づいて、地下水や河川水等に含まれる NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の起源を  $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の値から把握することができ、さらに統計的な同位体混合モデルと組み合わせることにより、各起源の寄与率を定量的に評価する研究も行われている。<sup>6-8)</sup>

本研究では、北浦の主要流入河川である銚田川及び巴川の主要な支流を対象に、水質及び  $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の分析を行い、その結果に基づいて灌漑期における窒素流出負荷の起源推定を行った。

## 2 調査及び分析方法

### 2.1 河川調査

銚田川・巴川流域図及び調査地点を図 1 に、各河川流域の概要を表 1 に、それぞれ示す。流域面積は、北浦流入河川の中で巴川が第 1 位、銚田川が第 2 位である。流域の土地利用は、いずれの河川も農用地が全体の約 7 割を占め、特に畑地の割合が高く、銚田川では水田の 8.3 倍、巴川では同 3.9 倍となっている。単位面積当たりの家畜飼養頭数は、銚田川では豚が多いのに対し、巴川では牛及び鶏が多くなっている。銚田川流域の概要については、既報<sup>9)</sup>にも示されている。

調査地点は、銚田川で H1~H6 の 6 地点、巴川

\* 国立環境研究所

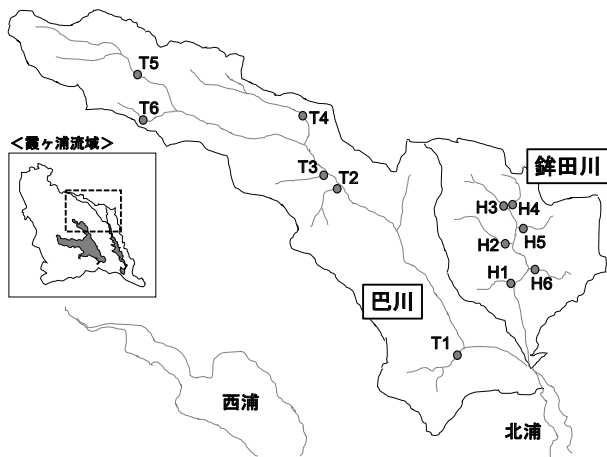


図 1. 銚田川・巴川流域及び河川調査地点

表 1. 銚田川，巴川の各流域の諸元

	銚田川	巴川
流域面積(km <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	47.5	133.2
土地利用		
割合(%) <sup>b</sup>		
森林	17.4	14.8
水田	7.8	13.7
畑地 <sup>c</sup>	64.9	54.0
建物用地等 <sup>d</sup>	7.6	13.2
家畜飼養		
牛(頭/ha)	0.179	0.557
頭数 <sup>a, e</sup>		
豚(頭/ha)	12.7	4.97
鶏(羽/ha)	60.9	133

<sup>a</sup> 茨城県<sup>38)</sup>

<sup>b</sup> 各調査地点の支流(調査地点より上流側)の平均値。国土交通省国土数値情報ダウンロードサービス<sup>31)</sup>より入手した土地利用細分メッシュデータ(平成26年)をもとに算出。

<sup>c</sup> 土地利用細分メッシュデータの「その他の農用地」に相当。

<sup>d</sup> 土地利用細分メッシュデータの「建物用地」及び「幹線交通用地」に相当。

<sup>e</sup> 平成27年度

でT1～T6の6地点をそれぞれ設定した(図1)。いずれも、主要な支流の末端部(本流との合流点の直前)に位置する(ただし、T4～T6は末端部より上流側)。各調査地点における流量測定及び採水は、銚田川では2016年5月～8月、巴川では同年4月～8月の毎月1回、平水時に行った。採水試料は1L容ポリプロピレン瓶に保存し、保冷

しながら実験室に持ち帰り、2.2に示す各分析に供した。

## 2.2 測定項目及び分析方法

全窒素(TN)は、オートアナライザー(ビーエルテック, SWAAT-TNTP)を用いて定量した。試料を粒子保持能0.7μmのガラス繊維ろ紙(Whatman, GF/F)によりろ過したろ液について、NO<sub>3</sub>-N、亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub>-N)及びNH<sub>4</sub>-Nをオートアナライザー(ビーエルテック, QuAAtro)を用いてそれぞれ定量した。

上記のガラス繊維ろ紙によるろ液試料をさらに孔径0.22μmのポリテトラフルオロエチレン(PTFE)製ディスクフィルター(Membrane Solutions, PTFE013022L)によりろ過したろ液について、δ<sup>15</sup>N・δ<sup>18</sup>O-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>を脱窒菌法<sup>10-12)</sup>により測定した。測定には、自動前処理ライン<sup>13)</sup>を連結させた同位体比質量分析計(IRMS)(Thermo Finnigan, Delta plus Advantage)を用いた。測定の前に、δ<sup>15</sup>N・δ<sup>18</sup>O-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>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。<sup>14)</sup>なお、δ<sup>15</sup>N・δ<sup>18</sup>O-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、測定試料中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の窒素、酸素の各安定同位体比(<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N, <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O)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δ<sup>15</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>またはδ<sup>18</sup>O-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>(‰)、R<sub>sample</sub>は測定試料の<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>Nまたは<sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O、R<sub>std</sub>は基準物質(窒素:大気、酸素:標準海水(Vienna Standard Mean Ocean Water: VSMOW))の<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>Nまたは<sup>18</sup>O/<sup>16</sup>Oをそれぞれ表す。4種類の硝酸イオン標準物質(IAEA-NO-3, USGS32, USGS34, USGS35)に対する分析精度(分析値と認証値(δ<sup>15</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)または推奨値(δ<sup>18</sup>O-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)との差の平均値±標準偏差)は、δ<sup>15</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>で0.00±0.36‰、δ<sup>18</sup>O-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>で0.00±0.79‰であった。

また、上記のガラス繊維ろ紙によるろ液試料を孔径0.45μmの酢酸セルロース製ディスクフィルター(ADVANTEC, DISMIC-25CS)によりろ過したろ液について、主要陽イオン(Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>)及び陰イオン(Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)をイオンクロマ

トグラフィー (Dionex, ICS-2000) を用いて定量した。

### 2.3 同位体混合モデルによる解析

$\delta^{15}\text{N}$ ・ $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$ 及び  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の分析結果に基づき、各地点における灌漑期の  $\text{NO}_3\text{-N}$  の起源構成 (各起源の寄与率) を、ベイズ統計学に基づく同位体混合モデル SIAR<sup>7, 15)</sup>を用いて推定した。SIAR は、ある混合物に対する各起源の寄与率を (2)式により推定する。

$$X_{ij} = \sum_{k=1}^K p_k (s_{jk} + c_{jk}) + \varepsilon_{ij}$$

$$s_{jk} \sim N(\mu_{jk}, \omega_{jk}^2)$$

$$c_{jk} \sim N(\lambda_{jk}, \tau_{jk}^2)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_j^2)$$
(2)

ここで、 $X_{ij}$  は混合物  $i$  (ここでは各地点の河川水) に含まれる成分  $j$  (ここでは  $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$ ,  $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$  または  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の逆数 ( $1/\text{NO}_3\text{-N}$ )),  $p_k$  は起源  $k$  ( $k=1, \dots, K$ ) の寄与率,  $s_{jk}$  は起源  $k$  の成分  $j$  (平均値  $\mu_{jk}$ , 標準偏差  $\omega_{jk}$  の正規分布を示す),  $c_{jk}$  は起源  $k$  の成分  $j$  に対する同位体分別係数または濃度変化 (平均値  $\lambda_{jk}$ , 標準偏差  $\tau_{jk}$  の正規分布を示す),  $\varepsilon_{ij}$  は残差項 (平均値 0, 標準偏差  $\sigma_j$  の正規分布を示す) をそれぞれ表す。

$\text{NO}_3\text{-N}$  の起源として、森林、水田及び畑地の 3 つの土地利用 (面源) を考慮した。ただし、巴川の上～中流域では、灌漑用水として西浦からの導水が利用されていること<sup>16)</sup>から、該当する地点 (T2～T6) ではこの灌漑用水も起源の一つとして考慮した。各起源の  $\delta^{15}\text{N}$ ・ $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$  及び  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は、2012 年に霞ヶ浦流域で行われた調査の報告値 (Yada et al.<sup>17)</sup>, 高津(未発表) を引用した (図 4, 5)。さらに、畑地起源の寄与率が 90%以上と推定された地点について、流下する  $\text{NO}_3\text{-N}$  の全てが畑地に投入された化成肥料ならびに堆肥等に由来すると仮定し、それらの寄与率を  $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$  の分析結果をもとに SIAR を用いて推定した。化成肥料及び堆肥等の各窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) は、文献値<sup>2, 18-28)</sup>を引用した (図 4, 5)。なお、各起源から調査地点に流達する過程で、河川底泥中や地下帯水層内の還元的環境における脱窒により、

$\text{NO}_3^-$  の同位体分別及び濃度低下が起こる可能性が考えられる<sup>29, 30)</sup>が、本研究ではこれらの変化は無視できるほど小さいと仮定した ((2)式の  $c_{jk} \approx 0$ )。計算の繰り返し回数は 500,000 回とし、最初の 50,000 回分の計算結果は解析から除外した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 TN 濃度及びその内訳

調査期間中の各地点における TN 濃度及びその内訳の推移を、銚田川については図 2、巴川については図 3 にそれぞれ示す。銚田川の TN 濃度は全地点平均で 9.8 mg/L となり、最上流部 (H3) で最も低く (平均値: 3.2 mg/L), 中流部左岸より流入する支流 (H6) で最も高い値 (同 20 mg/L) を示した。巴川の TN 濃度は全地点平均で 3.8 mg/L (範囲: 1.2～7.6 mg/L) と銚田川より低く、上流部ほど濃度が低かった。また、TN に占める  $\text{NO}_3\text{-N}$  の割合は、銚田川 (H6 を除く) で平均 92% (範囲: 85～97%), 巴川で同 79% (同 42～97%) と大きく、かついずれの地点でも  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の変動パターンは TN 濃度のそれとほぼ一致していた。一方、H6 では  $\text{NH}_4\text{-N}$  が TN の平均 47% (範囲: 33～65%) と高い割合を占め、また TN 濃度は  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度よりも  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度に類似した変動パターンを示した。TN に占める  $\text{NO}_2\text{-N}$  の割合は、H6 では平均 4.9% (範囲: 2.2～7.9%) であったのに対し、それ以外の地点では同 0.77% (同 0.14～3.3%) と小さかった。

### 3.2 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度及び $\delta^{15}\text{N}$ ・ $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$

各地点における  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度及び  $\delta^{15}\text{N}$ ・ $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$  の分析結果を、各起源の値と併せて、銚田川については図 4、巴川については図 5 にそれぞれ示す。銚田川では、最上流の H3 を除き、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は畑地の濃度範囲に最も近かった。また、H6 を除き、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が高いほど  $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$ ,  $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$  はいずれも低くなる傾向が見られた。一方、H6 では  $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$  が他の地点と比べて明らかに高く、 $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$  も高い傾向が見られた。先述のように、堆肥等や生活排水に由来する  $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$  は高い値をとること、また H6 では  $\text{NH}_4\text{-N}$  が TN の大きな割合を占めていたことから、同地点では堆肥等や生活排水の直接流出 (点源負荷) の影響を強く受けていることが考えられる。巴川では、上流ほど  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が低く、かつ  $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$ ,

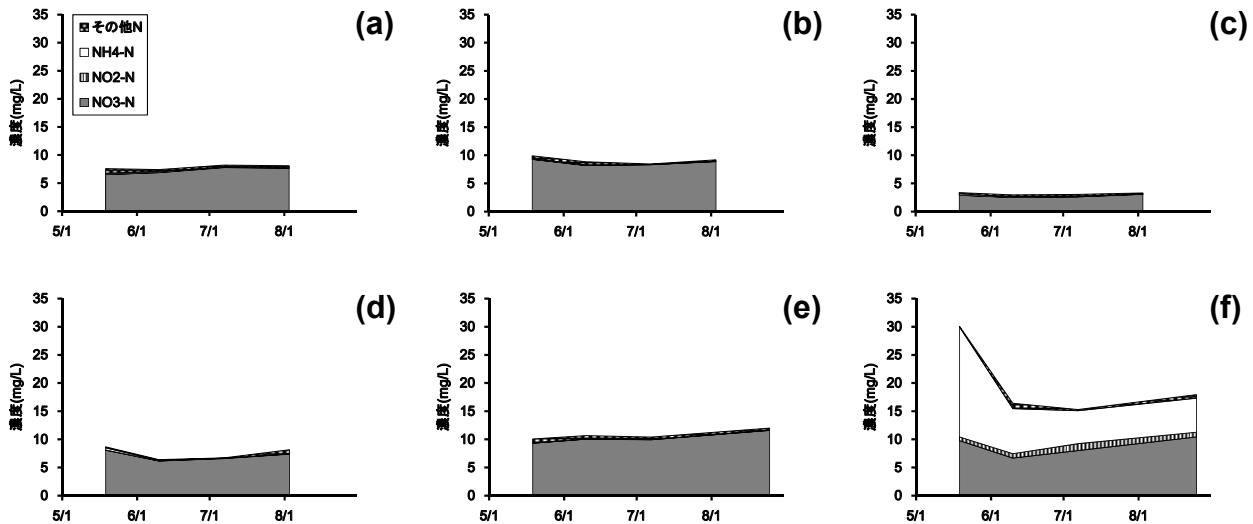


図2. 銚田川の各調査地点における、調査期間中の全窒素（TN）濃度及びその内訳の推移。(a) H1, (b) H2, (c) H3, (d) H4, (e) H5, (f) H6。NO<sub>3</sub>-N：硝酸態窒素，NO<sub>2</sub>-N：亜硝酸態窒素，NH<sub>4</sub>-N：アンモニア態窒素。

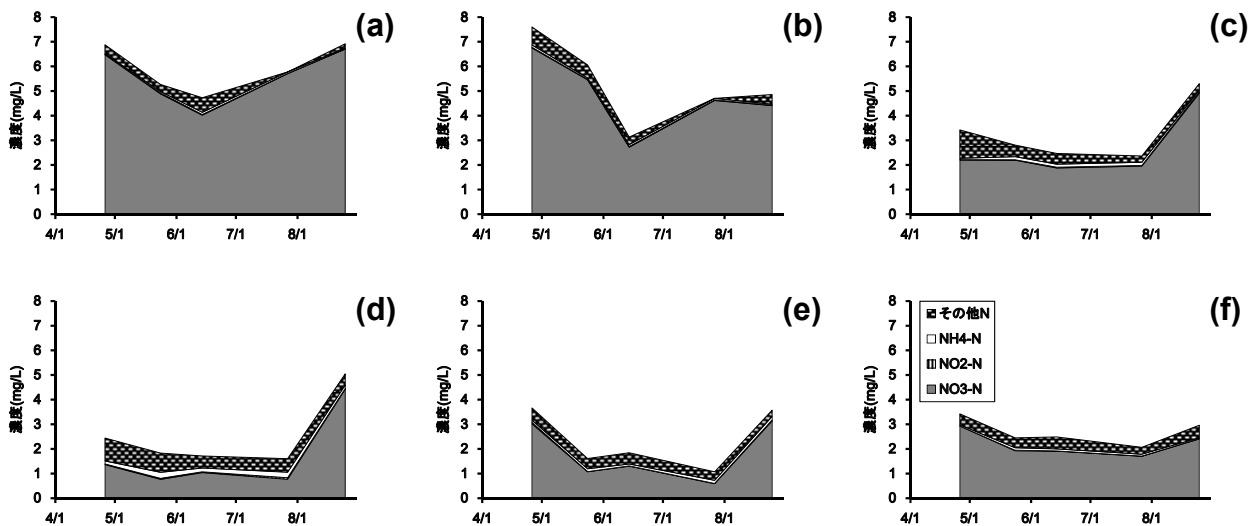


図3. 巴川の各調査地点における、調査期間中のTN濃度及びその内訳の推移。(a) T1, (b) T2, (c) T3, (d) T4, (e) T5, (f) T6。

$\delta^{18}\text{O-NO}_3$ がともに高くなる傾向が見られた。

### 3.3 河川水質と流域の土地利用との関係

図6に、支流域（調査地点より上流側）における森林、水田、畑地、建物用地及び幹線交用地（以降「建物用地等」）の各面積割合とNO<sub>3</sub>-N濃度との関係を示す。各土地利用の面積割合は、国土交通省国土数値情報ダウンロードサービス<sup>31)</sup>

より入手した土地利用細分メッシュデータ（平成26年）をもとに算出した。なお、畑地は同土地利用細分メッシュデータの「その他農用地」に相当するものと見なしたが、この「その他農用地」には、畑地の他、樹園地や牧草地等、水田以外の全ての農用地が含まれると考えられる。一部の支流を除き、NO<sub>3</sub>-N濃度は畑地面積割合が高いほど上昇し、森林、水田及び建物用地等の各面積割合が

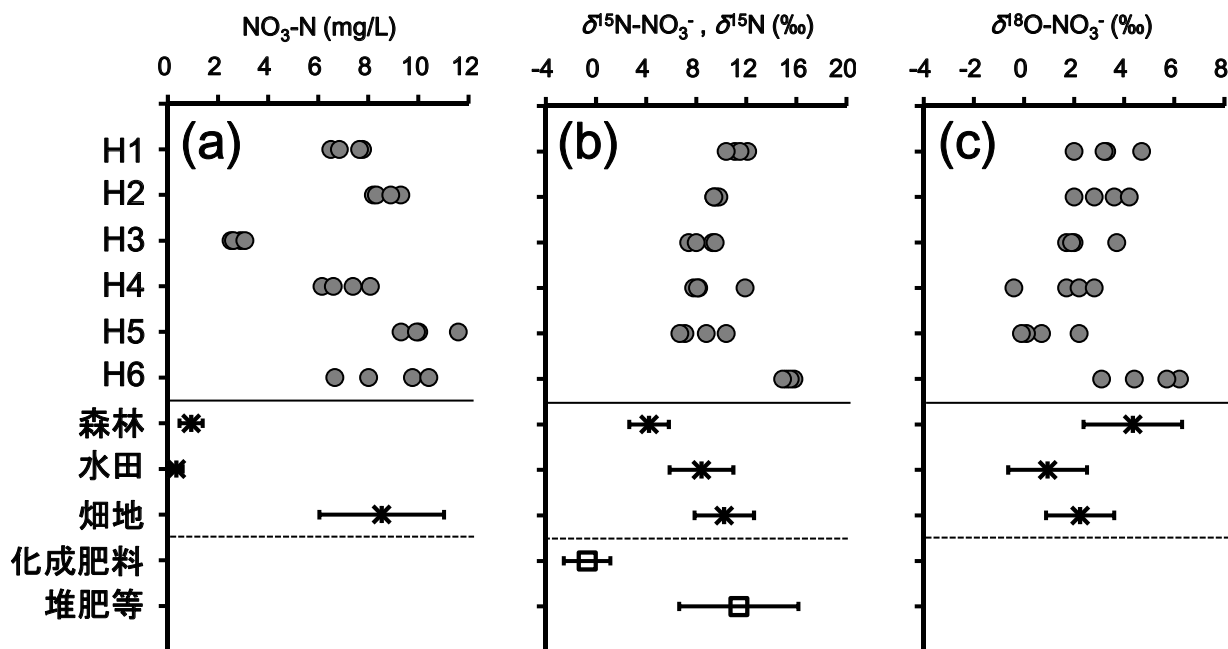


図 4. 銚田川の各調査地点における  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度及び硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ ・ $\delta^{18}\text{O-NO}_3^-$ ) 分析結果。(a)  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度, (b)  $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ , (c)  $\delta^{18}\text{O-NO}_3^-$ 。各起源 (森林, 水田, 畑地: 2012 年に霞ヶ浦流域で行われた調査の報告値 (Yada et al.<sup>17)</sup>, 高津 [未発表])。化成肥料, 堆肥及び家畜排せつ物 (堆肥等): 窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) についての文献値<sup>2, 18-28)</sup> の値 (平均値及び標準偏差 (エラーバー)) も併せて示した。

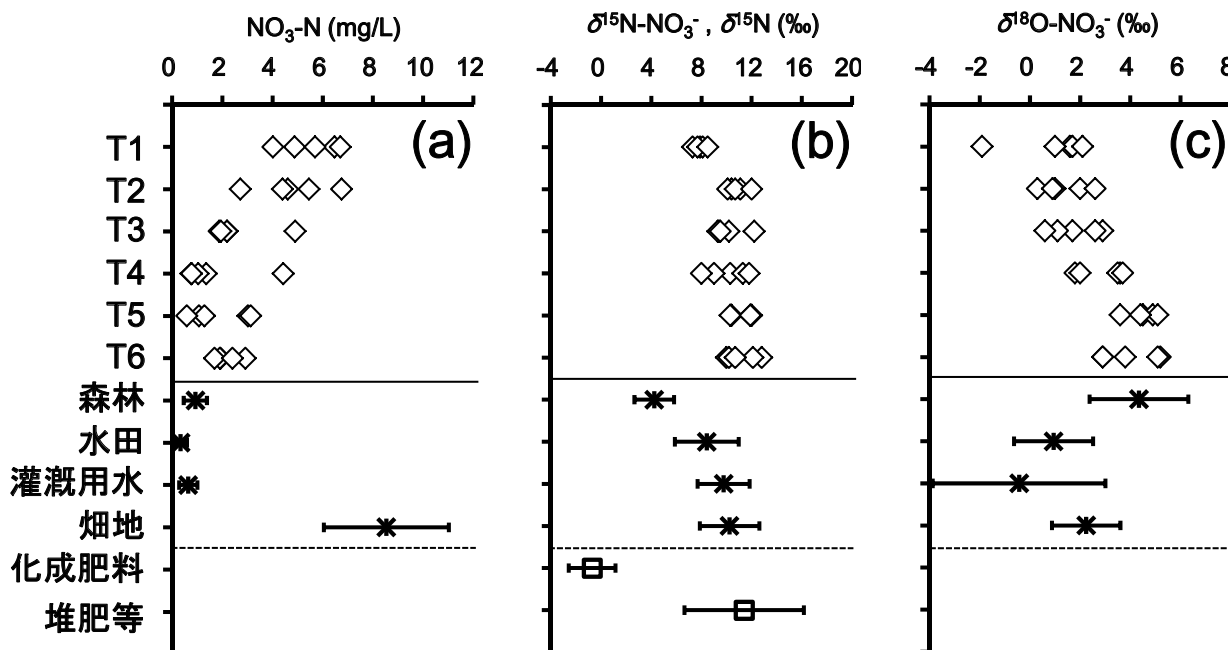


図 5. 巴川の各調査地点における  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度及び  $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ ・ $\delta^{18}\text{O-NO}_3^-$  分析結果。(a)  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度, (b)  $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ , (c)  $\delta^{18}\text{O-NO}_3^-$ 。各起源 (灌漑用水: 2012 年に霞ヶ浦流域で行われた調査の報告値 (Yada et al.<sup>17)</sup>, 高津 [未発表])。その他は図 4 に同じ) の値 (平均値及び標準偏差 (エラーバー)) も併せて示した。

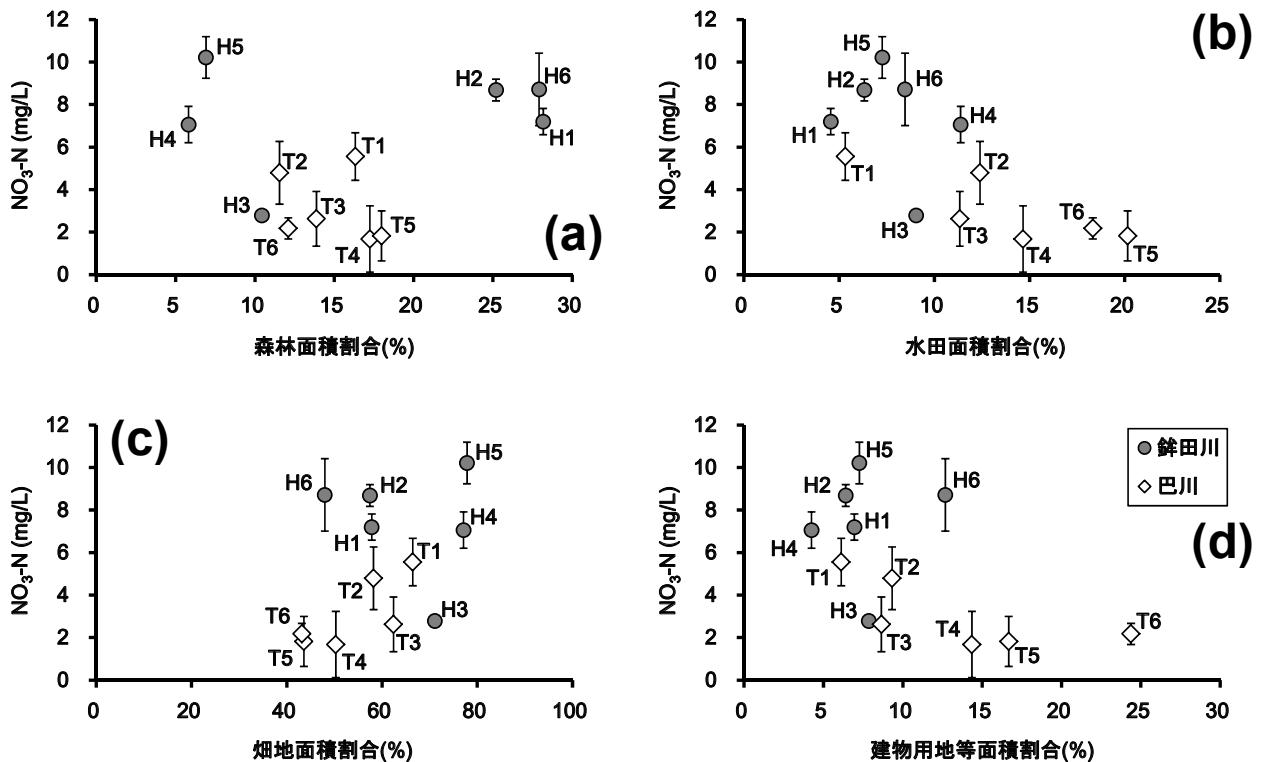


図 6. 支流域（調査地点の上流側）の土地利用割合と NO<sub>3</sub>-N 濃度（平均値及び標準偏差（エラーバー））との関係。(a) 森林, (b) 水田, (c) 畑地, (d) 建物用地及び幹線交通用地（建物用地等）。

高いほど減少する傾向が見られた。流域の畑地面積割合と NO<sub>3</sub>-N 濃度と間に正の相関があることは、霞ヶ浦流域や印旛沼流域でも認められている。<sup>32, 33)</sup>

さらに、H6 を除く各地点の水質 (Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (以上等量濃度), δ<sup>15</sup>N-δ<sup>18</sup>O-NO<sub>3</sub>) 分析結果及び支流域の各土地利用面積割合について、主成分分析を行った。分析は統計解析ソフト R を用いて行い、項目毎にスケール処理<sup>34)</sup>を行った。解析結果を図 7 に示す。第一主成分に対する各項目の負荷量は、δ<sup>15</sup>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, δ<sup>18</sup>O-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 水田及び建物用地等が大きい正の値, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及び畑地が大きい負の値を示した。また、各地点の第一主成分得点は、巴川の上～中流域 (T4～T6) で大きい正の値、銚田川の H4 及び H5 で大きい負の値を示した。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で NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup> 及び Mg<sup>2+</sup> の各濃度が上昇する事例が多数報告されていること<sup>35, 36)</sup>から、H4 及び H5 の各支流

域における NO<sub>3</sub>-N 負荷源の一つとして、畑地に施用された硫酸塩化成肥料が考えられる。

### 3.4 NO<sub>3</sub>-N の起源

#### ①土地利用

表 2 に、SIAR により推定した、H6 を除く各地点の NO<sub>3</sub>-N に対する各起源 (森林, 畑地, 畑地, 灌漑用水) の寄与率を示す。いずれの地点でも、畑地起源の寄与率が 59～99% と最も高かった。また、NO<sub>3</sub>-N 濃度が高い銚田川は、濃度の低い巴川と比べて畑地起源の寄与率が高い傾向が見られた。

なお、H3 は、上流域の畑地面積割合が 71% と高いにもかかわらず NO<sub>3</sub>-N 濃度が低く (図 6c)、畑地起源の寄与率 (87%) も銚田川支流の中で最も低かった。その要因の一つとして、H3 の上流部にため池があることから、ため池内での脱窒等による NO<sub>3</sub>-N 除去<sup>37)</sup>の影響が考えられる。今後、ため池の流出水について採水・分析を行い、NO<sub>3</sub>-N に対するため池の寄与率を定量的に評価する必要がある。

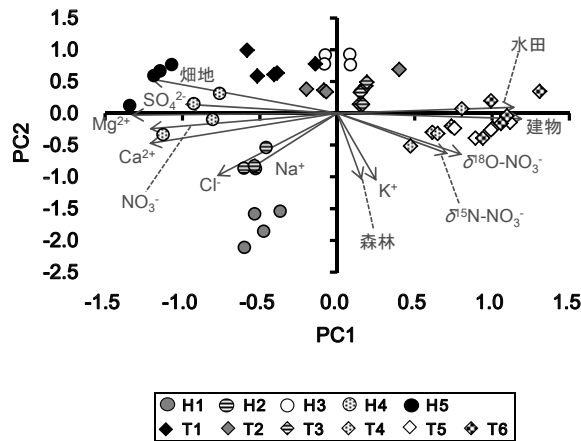


図 7. 各調査地点 (H6 を除く) の水質分析結果及び流域の土地利用割合についての主成分分析結果。「建物」は建物用地等を表す。第一、第二主成分の各寄与率は、それぞれ 47.9%, 21.7%。

表 2. 各調査地点の NO<sub>3</sub>-N に対する各起源 (森林, 水田, 畑地, 灌漑用水) の寄与率

河川	地点	寄与率(%) <sup>a</sup>			
		森林	水田	畑地	灌漑用水 <sup>b</sup>
鉢田川	H1	0.66 (0-4.8)	0.18 (0-1.5)	99 (94-100)	-
	H2	0.83 (0-19)	0.18 (0-4.1)	99 (76-100)	-
	H3	10 (0.49-25)	2.3 (0-5.9)	87 (72-95)	-
	H4	0.65 (0-5.6)	0.22 (0-1.7)	98 (93-100)	-
	H5	0.85 (0-27)	0.30 (0-8.5)	99 (67-100)	-
巴川	T1	1.6 (0-6.7)	0.80 (0-1.9)	97 (92-99)	-
	T2	0.92 (0-8.0)	0.39 (0-3.5)	94 (81-98)	1.2 (0-11)
	T3	4.0 (0-16)	1.1 (0-6.3)	83 (71-91)	5.3 (0-16)
	T4	15 (0.85-38)	3.8 (0-17)	59 (36-76)	3.8 (0-31)
	T5	3.3 (0-44)	1.8 (0-17)	59 (32-81)	2.7 (0-36)
	T6	4.5 (0-17)	1.3 (0-6.2)	82 (73-90)	3.6 (0-13)

<sup>a</sup> ( )内は 90%確信区間

<sup>b</sup> T2 ~ T6 のみ

### ②投入窒素源 (畑地)

畑地起源の寄与率が 90%以上と推定された地点 (H1, H2, H4, H5, T1, T2) の NO<sub>3</sub>-N に対する、畑地に投入された窒素源 (化成肥料, 堆肥等) の各寄与率の推定結果を表 3 に示す。いずれの地点も、化成肥料由来 (18 ~ 39%) に比べて堆肥等由来 (61 ~ 82%) の寄与率が高いと推定された。H4 及び H5 では化成肥料由来の寄与率が 32% 及び 39% と比較的高かったが、これは主成分分析結果から得られた知見 (3.3 参照) と一致している。

表 3. 各調査地点<sup>a</sup>の NO<sub>3</sub>-N に対する畑地への投入窒素源 (化成肥料, 堆肥等) の寄与率

地点	寄与率(%) <sup>b</sup>	
	化成肥料	堆肥等
H1	20 (0-42)	80 (58-100)
H2	32 (4.4-50)	68 (50-96)
H4	32 (6.2-53)	68 (47-94)
H5	39 (11-56)	61 (44-89)
T1	39 (19-55)	61 (45-81)
T2	18 (0.74-37)	82 (63-99)

<sup>a</sup> 畑地起源の寄与率が 90%以上と推定された地点 (表 2 参照)

<sup>b</sup> ( )内は 90%確信区間

## 4 結論

北浦の主要流入河川である鉢田川及び巴川の各支流を対象に、灌漑期における窒素流出負荷の起源について、 $\delta^{15}\text{N} \cdot \delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$  の分析結果に基づき推定し、以下の結果を得た。

- (1) 鉢田川, 巴川ともに、畑地起源の寄与率が 59 ~ 99% と最も高かった。また、NO<sub>3</sub>-N 濃度が高い鉢田川は、濃度の低い巴川と比べて畑地起源の寄与率が高い傾向が見られた。一方、鉢田川の中流部左岸より流入する一つの支流では、NH<sub>4</sub>-N 濃度が他の支流と比べて極めて高く、かつ  $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$  も他の地点と比べて高い値を示したことから、堆肥等や生活排水の直接流出 (点源負荷) の影響を強く受けていることが考えられる。
- (2) 畑地起源の寄与率が 90%以上と推定された支流では、その窒素の起源として、畑地に投入された化成肥料 (18 ~ 39%) よりも堆肥等 (61 ~ 82%) の寄与が大きいと推定された。

本報告では灌漑期についての調査・解析結果を示したが、今後非灌漑期 (10 ~ 3 月) の調査結果に対しても同様の解析を行い、灌漑期との比較を行う。さらに、各土地利用の寄与率推定結果をもとに、各支流における土地利用毎の単位面積当たり NO<sub>3</sub>-N 流出負荷量を算出し、その値と霞ヶ浦湖沼水質保全計画における窒素排出負荷原単位<sup>38)</sup> とを比較することにより、各支流域における窒素の蓄積状況について検討する。



一方、 $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ - $\text{NO}_3^-$ に基づく窒素起源推定の精度（正確性）向上のために今後取り組むべき課題として、特に以下の項目が挙げられる。

- 同位体混合モデルで用いた各起源（各土地利用、灌漑用水）の $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ - $\text{NO}_3^-$ 及び $\text{NO}_3^-$ -N濃度として、本報告では2012年に霞ヶ浦流域で行われた調査結果を引用したが、調査対象流域内で実際に各起源の試料を採取し、その分析データを同位体混合モデルに反映させる。
- $\text{NO}_3^-$ の同位体分別及び濃度低下を引き起こす脱窒の影響について、本研究では無視できるものと仮定したが、その影響が大きい場合、混合過程のみを考慮した同位体混合モデルによる推定結果の正確性が低下する可能性がある。そこで、より詳細な河川調査や河川底泥における脱窒量の測定、流域内の地下水の採取・分析等を行うことにより、河川底泥や地下帯水層における脱窒反応の有無とその空間分布、ならびに脱窒による $\text{NO}_3^-$ の同位体分別及び濃度低下の程度について把握する。

## 5 参考文献

- 1) 茨城県(2016): 平成 27 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果, 434 pp.
- 2) 前田守弘, 尾崎保夫, 阿部薫(2003): 化成肥料および豚ふん堆肥を連用した黒ボク土畑における硝酸性窒素の溶脱, 平成 14 年度共通基盤研究成果情報, 中央農業総合研究センター, pp. 100-101.
- 3) 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**, 702-710.
- 4) 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**, 200-206.
- 5) Xue, D., Botte, J., De Baets, B., Accoe, F., Nestler, A., Tayler, P., Van Cleemput, O., Berglund M. and Boeckx, P. (2009): Present limitation and future prospects of stable isotope methods for nitrate source identification in surface- and groundwater. *Water Research*, **43**, 1159-1170.
- 6) Deutsch, B., Mewes, M., Liskow, I. and Voss, M. (2006): Quantification of diffuse nitrate inputs into a small river system using stable isotopes of oxygen and nitrogen in nitrate. *Organic Geochemistry*, **37**, 1333-1342.
- 7) Xue, D., De Baets, B., Van Cleemput, O., Hennessy, C., Berglund M. and Boeckx, P. (2012): Use of a Bayesian isotope mixing model to estimate proportional contributions of multiple nitrate sources in surface water. *Environmental Pollution*, **161**, 43-49.
- 8) 国立環境研究所(2014): 窒素飽和状態にある森林域からの窒素流出負荷量の定量評価および将来予測, 国立環境研究所研究プロジェクト報告, SR-107-2014, 37 pp.
- 9) 北村立実, 花町優次, 大内孝雄(2011): 降雨時における銕田川の水質・負荷量の特徴について, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, **No. 7**, 62-68.
- 10) Sigman, D. M., Cascotti, K. L., Andreani, M., Barford, C., Galanter, M. and Böhlke, J. K. (2001): A bacterial method for the nitrogen isotopic analysis of nitrate in seawater and freshwater. *Analytical Chemistry*, **73**, 4145-4153.
- 11) Cascotti, K. L., Sigman, D. M., Galanter, M., Böhlke, J. K. and Hilkert, A. (2002): Measurement of the oxygen isotopic composition of nitrate in seawater and freshwater using the denitrifier method. *Analytical Chemistry*, **74**, 4905-4912.
- 12) 由水千景, 大手信人(2008): 分析の自動化・高速化—硝酸イオン分析を例に一, 流域環境評価と安定同位体(永田俊, 宮島利宏編), 京都大学学術出版会, pp. 376-387.
- 13) 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.
- 14) Granger, J., Sigman, D. M., Prokopenko, M. G., Lehmann, M. F. and Tortell, P. D. (2006): A method for nitrite removal in nitrate N and O isotope analyses. *Limnology and Oceanography, Methods*, **4**, 205-212.

- 15) Parnell, A. C., Inger, R., Bearhop, S. and Jackson, A. L. (2010): Source partitioning using stable isotopes: Coping with too much variation. *PLoS ONE*, **5**, e9672.
- 16) 石岡台地土地改良区(2013): 石岡台地地区管理平面図, [http://www.ishiokadaichi.jp/contents/jigyo101\\_img3\\_S.jpg](http://www.ishiokadaichi.jp/contents/jigyo101_img3_S.jpg) (最終閲覧日: 2017年3月29日).
- 17) Yada, S., Nakajima, Y., Itahashi, S., Asada, K., Yoshikawa, S. and Eguchi, S. (2016): Procedure for rapid determination of  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of nitrate: development and application to an irrigated rice paddy watershed. *Water Science and Technology*, **73**, 2108-2118.
- 18) Heaton, T. H. E. (1986): Isotopic studies of nitrogen pollution in the hydrosphere and atmosphere: a review. *Chemical Geology*, **59**, 87-102.
- 19) Wassenaar, L. I. (1995): Evaluation of the origin and fate of nitrate in the Abbotsford Aquifer using the isotopes of  $^{15}\text{N}$  and  $^{18}\text{O}$  in  $\text{NO}_3^-$ . *Applied Geochemistry*, **10**, 391-405.
- 20) Choi, W. J., Lee, S. M., Ro, H. M., Kim, K. C. and Yoo, S. H. (2002): Natural  $\delta^{15}\text{N}$  abundances of maize and soil amended with urea and composted pig manure. *Plant and Soil*, **245**, 223-232.
- 21) Choi, W. J., Lee, S. M. and Ro, H. M. (2003): Evaluation of contamination sources of groundwater  $\text{NO}_3^-$  using nitrogen isotope data: A review. *Geosciences Journal*, **7**, 81-87.
- 22) Curt, M. D., Aguado, P., Sánchez, G., Bigeriego, M. and Fernández, J. (2004): Nitrogen isotope ratios of synthetic and organic sources of nitrate water contamination in Spain. *Water, Air, and Soil Pollution*, **151**, 135-142.
- 23) Choi, W. J., Han, G. H., Lee, S. M., Lee, G. T., Yoon, K. S. and Choi, S. M. (2007): Impact of land-use types on nitrate concentration and  $\delta^{15}\text{N}$  in unconfined groundwater in rural areas of Korea. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **120**, 259-268.
- 24) Li, X., Masuda, H., Koba, K. and Zeng, H. (2007): Nitrogen isotope study on nitrate-contaminated groundwater in the Sichuan Basin, China. *Water, Air, and Soil Pollution*, **178**, 145-156.
- 25) Nishikiori, T., Takamatsu, T., Kohzu, A., Nakajima, Y. and Watanabe, M. (2012): Distribution of nitrate in groundwater affected by the presence of an aquitard at an agricultural area in Chiba, Japan. *Environmental Earth Sciences*, **67**, 1531-1545.
- 26) Ding, J., Xi, B., Gao, R., He, L., Liu, H., Dai, X. and Yu, Y. (2014): Identifying diffuse nitrate sources in a stream in an agricultural field using a dual isotopic approach. *Science of the Total Environment*, **484**, 10-18.
- 27) Choi, W. J., Kwak, J. H., Lim, S. S., Park, H. J., Chang, S. X., Lee, S. M., Arshad, M. A., Yun, S. I. and Kim, H. Y. (2017): Synthetic fertilizer and livestock manure differently affect  $\delta^{15}\text{N}$  in the agricultural landscape: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **237**, 1-15.
- 28) Karr, J. D., Showers, W. J., Gilliam, J. W., Andres, A. S. (2000): Tracing nitrate transport and environmental impact from intensive swine farming using delta nitrogen-15. *Journal of Environmental Quality*, **30**, 1163-1175.
- 29) Kendall, C., Elliott, E. M. and Wankel, S. D.: Tracing anthropogenic inputs of nitrogen to ecosystems. In: Michener, R. and Lajtha, K. (eds.), *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*, 2nd Edition, Wiley-Blackwell, 2007, pp. 375-449.
- 30) 木庭啓介(2008): 土壌と河川における微生物学的窒素除去プロセスの評価, 流域環境評価と安定同位体(永田俊, 宮島利宏編), 京都大学学術出版会, pp. 199-216.
- 31) 国土交通省: 国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (最終閲覧日: 2017年4月14日).
- 32) 富岡典子, 高津文人, 霜鳥孝一(2016): 霞ヶ浦の現状と課題—窒素負荷と底質環境の影響—, 用水と廃水, **58**, 55-60.
- 33) 岡本誠一郎, 平山孝浩, 北村友一, 對馬育夫(2017): 流域スケールで見た物質動態特性の把握に関する研究(2), 平成27年度下水道関係調査研究年次報告書集, 土木研究所資料, No. 4347, 123-172.

- 34) 三井利幸(2017): 主成分分析：基礎理論, ぶんせき, **2017**(1), 17-18.
- 35) 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**, 255-263.
- 36) 環境省(2016): 硝酸性窒素による地下水汚染対策マニュアル, 136 pp.
- 37) 戸田任重, 松本英一, 宮崎龍雄, 芝野和夫, 川島博之(1994): 灌漑用溜池における硝酸態窒素の消失, 日本土壌肥科学雑誌, **65**, 266-273.
- 38) 茨城県(2017): 平成28年度 第7期霞ヶ浦湖沼水質保全計画策定調査業務報告書.

## 1-2 土浦入におけるアオコ発生機構検討のための生態系モデルの構築

長濱祐美

Study on the mechanisms of *Microcystis* spp. blooms using simulation model in Tsuchiurairi bay, Lake Kasumigaura.  
Yumi NAGAHAMA

キーワード: 流況サブモデル, 水質サブモデル, 底泥中細胞濃度, 鉛直移動, 集積効果

### 1 はじめに

霞ヶ浦では夏季にアオコが発生し、北浦、土浦入、高浜入で高濃度になることがある。なかでも土浦入の湾奥部は JR 土浦駅に近く、周辺人口が多いことから、景観の悪化や腐敗臭などの面からもアオコが問題視されている。アオコを形成する藍藻として、クロオコックス目、ユレモ目、ネンジュモ目があげられる<sup>1)</sup>が、霞ヶ浦の夏季にはクロオコックス目のミクロキスティス属 (*Microcystis*)が増殖してアオコを形成することが多い<sup>2)</sup>。1970年代には大規模なアオコが高頻度で確認され、1973年には甚大な漁業被害をもたらした。その後、アオコは減少したが、2011年には久しぶりに大規模なアオコが発生した<sup>3)</sup>。茨城県では、河川へのアオコの遡上を防ぐアオコフェンスの設置や、スキーマーを用いたアオコ回収、土浦港内湖水の直接浄化などの対策を講じているが、これらの対策を迅速かつ効果的に行うためには、霞ヶ浦、特に土浦入における *Microcystis* の増殖メカニズムの解明が必要である。

一般的に植物プランクトンの増殖には、他生物との競合や被捕食などの生物的要因の他、水温、光強度、栄養塩濃度その他の物理化学的な要因が関わっている<sup>4)</sup>。藍藻類の現存量を示すフィコシアニンと気象条件等の要素について重回帰分析を行った結果<sup>5)</sup>からは、平成25年度の土浦港では、採水時から一週間前までの平均水温が大きく寄与した可能性が示唆されているが、一方で、水温のみでは説明できないことも記されている。

一方で、アオコが発生する水域では藍藻類のコロニーや休眠細胞が底泥中に高密度で存在していることが多く、これらが水柱へ回帰することで、アオコの発生を促進させていると考えられている<sup>6)</sup>。*Microcystis* の rDNA を用いて霞ヶ浦全域における底泥中の *Microcystis* の細胞濃度を推定し

た結果、*Microcystis* は霞ヶ浦全域の底泥中、特に0~1cm層に多く存在し、6月上旬のみかけの回帰速度は、 $5.6 \times 10^2$  cells/ m<sup>2</sup>/ day と算出された<sup>7)</sup>。しかしながら、この回帰が水中での *Microcystis* の増殖に与える影響は不明である。

また、*Microcystis* は細胞内にガス胞を有し、光環境下では光合成によって生産された炭水化物が細胞内に貯留されて沈降するが、呼吸量が卓越すると貯留された炭水化物が失われて浮上する<sup>8)</sup> 能動的な鉛直移動を持つことが知られている<sup>9)</sup>。夏季の霞ヶ浦では、午後から夜間にかけて東よりの風が4~7 m/s で吹きだすことが多い<sup>10)</sup> ことを鑑みると、アオコの集積には鉛直移動が影響すると思われるが、その影響を検討した例はない。

さらに、リモートセンシングでとらえた表層のアオコの形状から、表層に浮上した *Microcystis* は吹送風による輸送・集積の影響を強く受けているのではないかと考えられているが<sup>11)</sup>、吹送風が *Microcystis* を主とするアオコの形成に与える影響は不明である。

これらの増殖に関する要因はそれぞれが作用しあい、現地観測や室内実験では複合的な因子を分けて考えることは難しい。そこで本研究では、アオコの発生を説明するシミュレーションモデルを構築し、底泥からの回帰、鉛直移動、風による吹送流の影響のそれぞれについて検討した。

### 2 生態系モデルの構築

霞ヶ浦土浦入におけるアオコ発生を再現する生態系モデルを構築した。計算範囲は N36° 2' 26" から N36° 6' 11", E140° 12' 19" から 140° 19' 58" の土浦入とした (Fig.1)。生態系モデルは、流体力学の基礎方程式を直交座標系において差分して解く流動サブモデルと、物質循環を考慮した水質サブモデルから構成した。多層レベルモデルとし、

計算格子は、水平方向には土浦港を含む湾奥を75m格子、それ以外の水域を225mの格子とした。層分割は0.5mとし、第1層と第L層の層厚は地形や水位によって変化させた (Fig.1, Fig.2)。

2.1 流動サブモデル

2.1.1 流動サブモデルの基本式

以下に示す連続の式(1)、回転系の非圧縮流体を仮定した運動方程式(2)~(4)、水温の拡散方程式(5)から構成され、ブシネスク近似および静水圧近似が施されている。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \dots(1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - f v \\ = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_x \end{aligned} \quad \dots(2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + f u \\ = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_y \end{aligned} \quad \dots(3)$$

$$\rho g = -\frac{\partial p}{\partial z} \quad \dots(4)$$

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} + u \frac{\partial T_w}{\partial x} + v \frac{\partial T_w}{\partial y} + w \frac{\partial T_w}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_H \frac{\partial T_w}{\partial z} \right) + F_{T_w} \quad \dots(5)$$

このとき式(2), (3), 及び(5)の拡散方程式の右辺のFは、短時間の流れの強弱、方向の変化によって湖水が混合され運動量や水温が一様化される効果で、以下の式(6)~(8)で表される。

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[ A_M \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ A_M \frac{\partial u}{\partial y} \right] \quad \dots(6)$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[ A_M \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[ A_M \frac{\partial v}{\partial x} \right] \quad \dots(7)$$

$$F_{T_w} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ A_H \frac{\partial T_w}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ A_H \frac{\partial T_w}{\partial y} \right] \quad \dots(8)$$

湖水の状態方程式(6)は計算で得られた水温から密度を算出するものであり、式中の係数はUNESCO<sup>12)</sup>に準拠して以下のとおりとした。

$$\rho = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3 + a_4 \cdot T^4 + a_5 \cdot T^5 \quad \dots(9)$$

$a_0 = 999.842594$                        $a_1 = 6.793952 \times 10^{-2}$   
 $a_2 = -9.09529 \times 10^{-3}$                $a_3 = 1.001685 \times 10^{-4}$   
 $a_4 = -1.120083 \times 10^{-6}$                $a_5 = 6.536332 \times 10^{-9}$

なお、

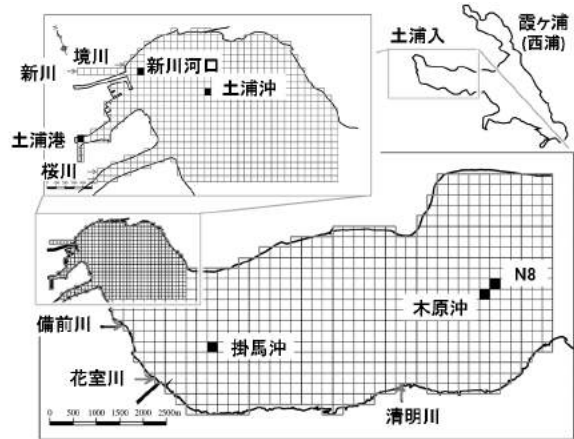


Fig. 1 計算範囲概略と格子分割。小格子25m, 大格子225m。河川の流入位置は矢印で示す。新川河口と土浦沖は計算上は調査地点と入力地点をずらしている。

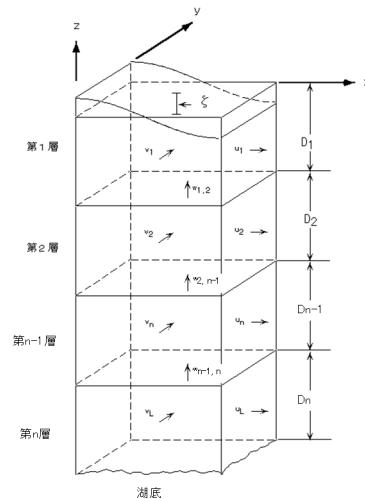


Fig. 2 多層レベルモデルの概念図および各変数の定義点位置。層厚は0.5mとした。

- $x, y, z$  : 右手系の直交座標系(上向きを正)
- $u, v, w$  :  $x, y, z$  方向の流速成分
- $p$  : 圧力
- $T_w$  : 水温
- $f$  : コリオリ係数
- $\rho_0$  : 代表密度
- $\rho$  : 密度
- $K_M$  : 鉛直渦動粘性係数
- $K_H$  : 鉛直渦拡散係数
- $A_M$  : 水平渦動粘性係数
- $A_H$  : 水平渦拡散係数
- $g$  : 重力加速度
- $t$  : 時間

である。

ここで  $K_M$  と  $K_H$  はプラントル数の混合距離に従って以下(10), (11)と表される。

$$K_M = \psi_M l^2 \left| \frac{\partial U}{\partial z} \right| \quad \dots(10)$$

$$K_H = \psi_H l^2 \left| \frac{\partial U}{\partial z} \right| \quad \dots(11)$$

$\psi_M, \psi_H$  は密度成層の効果による係数で、リチャードソン数( $R_i$ )の関数(12), (13)で表される<sup>13)</sup>。

$$\psi_M = 0.06(1 + 10R_i)^{-1/2} \quad \dots(12)$$

$$\psi_H = 0.06(1 + 3.33R_i)^{-3/2} \quad \dots(13)$$

$R_i$  は式(14)で表される無次元数であり、密度成層の強さと水平流速の鉛直シアーの比として表現される。

$$R_i = \frac{-\frac{g}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial z} \right)}{\left( \frac{\partial U}{\partial z} \right)^2} \quad \dots(14)$$

これにより、密度成層の発達に伴う鉛直混合の抑制および、流れによる混合に伴う密度成層の破壊を表現した。なお式(10), (11)における  $l$  は混合距離であり、(15)から求める。

$$l = \kappa H \left( 1 - \frac{|z|}{H} \right) \left( \frac{|z|}{H} \right)^{1/2} \quad \dots(15)$$

$\kappa$  : カルマン定数  
 $H$  : 水深

$l$  は密度中立状態の鉛直方向の乱れを長さのスケールで表したもので、水面と湖底では水の動きが制限されることからゼロとなる。

一方で、 $A_M$  および  $A_{Hl}$  は、以下の計算式<sup>14)</sup>(16)を用いて算出する。

$$A_{H,M} = C_{H,M} (\Delta x \cdot \Delta y) \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \dots(16)$$

ここで、 $C_{H,M}$  は一般的に0.05~0.5を用いる。

湖面における大気との間の熱のやりとりは、湖面と大気間の熱フラックスとして表現される。この湖表面を通じての熱フラックス  $Q_{surf}$  は、湖水を暖める向きを正としたとき式(17)のように定義される。

$$Q_{surf} = Q_s - (Q_b + Q_c + Q_e) \quad \dots(17)$$

$$Q_s = (1 - \alpha) I_0 \quad \dots(18)$$

$$Q_b = S \sigma \theta_w^4 \left[ 1 - a - b \sqrt{e(T_a)} \right] (1 - cn^2) + 4S \sigma \theta_w^3 (T_w - T_a) \quad \dots(19)$$

$$e(T_a) = rh \cdot e_s(T_a) \quad \dots(20)$$

$$e_s(T_a) = 6.11 \times 10^{7.5T_a / (237.3 + T_a)} \quad \dots(21)$$

$$Q_c = \beta C_T (T_w - T_a) W \quad \dots(22)$$

$$Q_e = \gamma C_E [0.98 \cdot e_s(T_w) - e(T_a)] W \quad \dots(23)$$

- $Q_s$  : 太陽からの短波放射量
- $Q_b$  : 湖面からの長波放射量
- $Q_c$  : 湖水と大気の顕熱輸送量
- $Q_e$  : 湖水の蒸発による潜熱輸送量
- $\alpha$  : 湖面のアルベード
- $I_0$  : 全日射量
- $S_\sigma$  :  $1.31 \times 10^{-12}$
- $\theta_w$  : 湖水の絶対温度
- $a$  : 0.61
- $b$  : 0.058
- $c$  : 0.65
- $T_a$  : 接水大気気温
- $e_s(T_a)$  :  $T_a$  における湖面上飽和水蒸気圧
- $rh$  : 相対湿度
- $n$  : 雲量
- $C_T$  : 顕熱フラックス係数
- $\beta$  :  $2.88 \times 10^{-4}$
- $W$  : 水面上の風速
- $C_E$  : 潜熱フラックス係数
- $\gamma$  :  $4.37 \times 10^{-4}$
- $e_s(T_w)$  :  $T_w$  における湖面上飽和水蒸気圧
- $e(T_a)$  :  $T_a$  における大気水蒸気圧

### 2.1.2 流動サブモデルの境界条件

湖水表面における境界条件は次式(24)~(26)で定義される。

$$\rho K_M \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) \quad \dots(24)$$

$$\rho K_H \left( \frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) = (Q_{surf} / C_v, 0) \quad \dots(25)$$

$$w = \frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} \quad \dots(26)$$

- $\tau_{sx}, \tau_{sy}$  :  $x, y$ 方向の風応力
- $Q_{surf}$  : 湖表面を通じての熱フラックス
- $C_v$  : 比熱
- $\eta$  : 水位

なお  $\tau_{sx}, \tau_{sy}$  は湖面における風と湖水との摩擦によって風の持つ運動量が湖水に移動する効果を表し、以下(27), (28)に示すとおり風速の2乗に比例する形で表現される。

$$\bar{\tau}_s = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) = \rho_a C_a \bar{W} |\bar{W}| \quad \dots(27)$$

$$\bar{W} = (W_x, W_y), |\bar{W}| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad \dots(28)$$

- $C_a$  : 湖面摩擦係数
- $\rho_a$  : 大気密度
- $W_x, W_y$  :  $x, y$ 方向の風速

一方、湖底面における境界条件は次式(29)~(33)で定義される。

$$\rho K_M \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by}) \quad \dots(29)$$

$$\rho K_H \left( \frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) = (0, 0) \quad \dots(30)$$

$$w_b = -u_b \frac{\partial h}{\partial x} - v_b \frac{\partial h}{\partial y} \quad \dots(31)$$

$$\bar{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by}) = \rho C_d |\bar{V}_b| \bar{V}_b \quad \dots(32)$$

$$\bar{V}_b = (u_b, v_b), |\bar{V}_b| = \sqrt{u_b^2 + v_b^2} \quad \dots(33)$$

- $\bar{\tau}_b$  : 底面せん断応力
- $\bar{V}_b$  : 湖底での水平流速ベクトル
- $u_b, v_b$  :  $x, y$ 方向の底面流速

であり、 $C_d$ は以下の式(34)から求めた。

$$C_d = \left[ \frac{1}{\kappa} \ln \frac{H + z_b}{z_0} \right]^{-2} \quad \dots(34)$$

- $z_b$  : 底面に接する格子点鉛直座標値(湖面を0とし、鉛直下向きに負の値)
- $z_0$  : 粗度高さ

なお、 $z_0$ は1.0cmとした。

## 2.2 水質サブモデル

霞ヶ浦湖内の溶存有機炭素は植物プランクトンに由来するものが多いことが明らかとなっており<sup>15)</sup>、湖内水質は植物プランクトン等の内部生

産を考慮する必要がある。そこで、水質サブモデルは Fig. 3 に示す物質循環を考慮した低次生態系モデルを用いた。なお、Microcystis は底泥からの回帰、底泥からの回帰、鉛直移動、風による吹送流の影響を考慮できるように設計した。また、水質サブモデルに関わるパラメータを Table 1 に示す。

### 2.2.1 水質サブモデルの基本式

物質の移流・拡散量の予測に用いた基礎方程式を、式(35)に示す。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} K_H \frac{\partial C}{\partial x} + F_c + Q \pm R \quad \dots(35)$$

- $C$  : 水質濃度
- $F_c$  : 水平拡散項
- $Q$  : 流入負荷量
- $R$  : 生化学反応項

水中の計算格子  $n$  (Fig. 2)への到達光量  $I_n$  は式(36)で考慮する。

$$I_n = I_{n-1} \exp(-k_z z) \quad \dots(36)$$

- $k_z$  : 消散係数

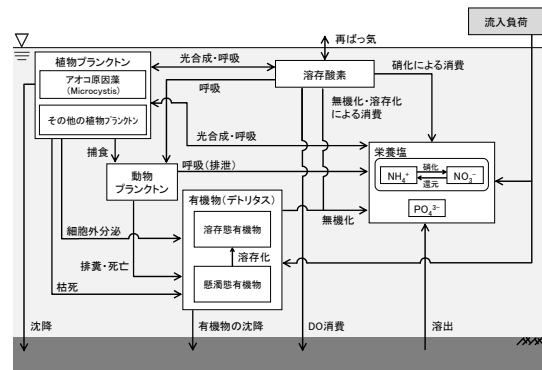


Fig. 3 低次生態系モデルの構造図

なお、 $k_z$ は霞ヶ浦における先行研究<sup>24)</sup>を参考に式(37)で定めた。

$$k_z = 0.15 \times C_{phy} + k_{z0} \quad \dots(37)$$

先行研究において、 $k_z$ はPOM濃度とTripton濃度の関数と記してあるが、POM濃度として植物プランクトン濃度を用いている。そのことからここでは、植物プランクトン態有機炭素濃度( $C_{phy}$ )の関数とした。また  $k_{z0}$ には、Tripton濃度を一定と仮定して霞ヶ浦の実測値を参考に0.321から1.97の値

Table 1 水質サブモデルに係るパラメータ一覧

		単位	値		参考文献
			Microcystis	Others	
植物プランクトン					
<i>rCChl</i>	炭素/クロロフィルa比	-	11.6	40	M
<i>T<sub>max</sub></i>	活動限界水温	°C	37	40	M
<i>T<sub>opt</sub></i>	最適水温	°C	32	36	(23)
$\beta$	温度係数	1/°C	1.0	0.1	M, (16)
<i>I<sub>opt</sub></i>	最適日射量	MJ/m <sup>2</sup> /day	9.504	7.776	(17), (23)
<i>K<sub>NH4N</sub></i>	光合成に対するNH <sub>4</sub> Nの半飽和値	mg/L	0.05	0.02	M
<i>K<sub>NO3N</sub></i>	光合成に対するNO <sub>3</sub> Nの半飽和値	mg/L	0.05	0.033	M
<i>K<sub>PO4P</sub></i>	光合成に対するPO <sub>4</sub> Pの半飽和値	mg/L	0.001	0.005	M
$\delta$	NH <sub>4</sub> Nの選択係数	-	-	15	
<i>exc</i>	光合成量に対する分泌の割合	-	-	0.13	(18)
<i>res<sub>PHY</sub></i>	呼吸速度	l/day	-	0.02	M
<i>Q<sub>10res</sub></i>	呼吸に関する温度係数	-	-	0.0524	(19)
<i>T<sub>res</sub></i>	呼吸速度の基準温度	°C	-	0	M
<i>mot</i>	枯死速度	l/day	-	0.02	M
<i>Q<sub>10motPHY</sub></i>	枯死に関する温度係数	-	-	0.0693	(19)
<i>T<sub>mot</sub></i>	呼吸速度の基準温度	°C	-	0	M
<i>SetVel<sub>PHY</sub></i>	沈降速度	m/day	±1.0	0.4	M
<i>v<sub>max</sub></i>	最大回帰速度	gC/m <sup>2</sup> /day	1	-	(7)
<i>C<sub>min</sub></i>	回帰に必要な最小濃度	cells/g-wet	7.0E+04	-	(7)
<i>KC<sub>bot</sub></i>	底泥中Microcystis濃度に関する半飽和定数	cells/g-wet	0	-	(7)
<i>I<sub>min</sub></i>	回帰に必要な最小光量	J/m <sup>2</sup> /day	2000	-	M
<i>KL<sub>bot</sub></i>	光量に関する半飽和定数	J/m <sup>2</sup> /day	100	-	M
動物プランクトン					
<i>gra</i>	最大摂餌速度	l/day	-	0.15	M
<i>Q<sub>10gra</sub></i>	摂餌に関する温度係数	-	-	0.0693	(17)
$\lambda$	Ivlev定数	L/mgC	-	1.3	M
<i>PHY*</i>	摂餌の閾値	mg/L	-	0.1	(20)
<i>Assi<sub>ZOO</sub></i>	同化係数	-	-	0.65	(17)
<i>GRW<sub>ZOO</sub></i>	総成長効率	-	-	0.3	(17)
<i>mot<sub>ZOO</sub></i>	死亡速度(0°C)	l/day	-	0.02	M
<i>Q<sub>10motZOO</sub></i>	死亡に関する温度係数	-	-	0.0693	(17)
懸濁態有機物					
<i>Min<sub>POC</sub></i>	POCの分解速度(0°C)	l/day	-	0.1	M
<i>Q<sub>10MinPOC</sub></i>	POCの分解に関する温度係数	-	-	0.0693	(19)
<i>Min<sub>PON</sub></i>	PONの分解速度(0°C)	l/day	-	0.1	M
<i>Q<sub>10MinPON</sub></i>	PONの分解に関する温度係数	-	-	0.0693	(19)
<i>Min<sub>POP</sub></i>	POPの分解速度(0°C)	l/day	-	0.1	M
<i>Q<sub>10MinPOP</sub></i>	POPの分解に関する温度係数	-	-	0.0693	(19)
<i>SetVel<sub>POM</sub></i>	POMの沈降速度	m/day	-	0.4	M
<i>rCN<sub>PHY</sub></i>	植物プランクトンのCN比(重量比)	-	-	6.1	(17)
<i>rCP<sub>PHY</sub></i>	植物プランクトンのCP比(重量比)	-	-	8	(17)
<i>rCN<sub>ZOO</sub></i>	動物プランクトンのCN比(重量比)	-	-	5.4	(17)
<i>rCP<sub>ZOO</sub></i>	動物プランクトンのCP比(重量比)	-	-	8.5	(17)
溶存態有機物					
<i>Min<sub>DOC</sub></i>	DOCの分解速度(0°C)	l/day	-	0.01	M
<i>Q<sub>10MinDOC</sub></i>	DOCの分解に関する温度係数	-	-	0.0693	(19)
<i>Min<sub>DON</sub></i>	DONの分解速度(0°C)	l/day	-	0.01	M
<i>Q<sub>10MinDON</sub></i>	DONの分解に関する温度係数	-	-	0.0693	(19)
<i>Min<sub>DOP</sub></i>	DOPの分解速度(0°C)	l/day	-	0.01	M
<i>Q<sub>10MinDOP</sub></i>	DOPの分解に関する温度係数	-	-	0.0693	(19)
<i>rPDC</i>	POCの分解・無機化量に対する溶存化の割合	-	-	0.1	M
<i>rPDN</i>	PONの分解・無機化量に対する溶存化の割合	-	-	0.1	M
<i>rPDP</i>	POPの分解・無機化量に対する溶存化の割合	-	-	0.1	M
<i>rNif</i>	最大硝化速度(0°C)	l/day	-	0.05	M
<i>Q<sub>10Nif</sub></i>	硝化に関する温度係数	-	-	0.0693	M
<i>KNif<sub>DO</sub></i>	硝化に対する溶存酸素の半飽和値	mg/L	-	0.5	M
溶存酸素					
<i>rOC<sub>PHY</sub></i>	植物プランクトンのOC比(重量比)	-	-	3.42	(17)
<i>rOC<sub>ZOO</sub></i>	動物プランクトンのOC比(重量比)	-	-	3.51	(17)
<i>KMin<sub>P<sub>DO</sub></sub></i>	POMの好氣的分解・無機化に対する溶存酸素の半飽和値	mg/L	-	0.099	(17)
<i>KMin<sub>D<sub>DO</sub></sub></i>	DOMの好氣的分解・無機化に対する溶存酸素の半飽和値	mg/L	-	0.099	(17)
<i>Oxi<sub>ODU</sub></i>	ODUの酸化速度	l/day	-	135	(22)
<i>Rair</i>	再曝気係数	m/day	-	2	M
底泥からの溶出					
<i>rOC<sub>PHY</sub></i>	植物プランクトンのOC比(重量比)	-	-	3.42	(17)
<i>rOC<sub>ZOO</sub></i>	動物プランクトンのOC比(重量比)	-	-	3.51	(17)
<i>KMin<sub>P<sub>DO</sub></sub></i>	POMの好氣的分解・無機化に対する溶存酸素の半飽和値	mg/L	-	0.099	(21)
<i>KMin<sub>D<sub>DO</sub></sub></i>	DOMの好氣的分解・無機化に対する溶存酸素の半飽和値	mg/L	-	0.099	(21)



を与えた。

### 2.2.2 動植物プランクトンに係る反応式

植物プランクトンは、式(38)を用いてクロロフィル a 量(CHL)として予測した。

$$\frac{dCHL}{dt} = (PSY - EXC - R_{PHY} - M_{PHY} - PRE - SET_{PHY}) / rCChl \quad \dots(38)$$

PSY は光合成による炭素生産量を示し、式(39)で表現される。

$$PSY = \mu_{max} \cdot FT \cdot FI \cdot FNP \quad \dots(39)$$

このとき、FT は光合成に対する水温制限項、FI が日射制限項、FNP が栄養塩制限項であり、式(40)~(45)で示される。

$$FT = \exp\{\beta(T - T_{opt})\} \times \left\{ \max\left(0, \frac{T_{max} - T}{T_{max} - T_{opt}}\right) \right\}^{\beta(T_{max} - T_{opt})} \quad \dots(40)$$

$$FI = \frac{I}{I_{opt}} \exp\left(1 - \frac{I}{I_{opt}}\right) \quad \dots(41)$$

$$FNP = \frac{2.0}{\left(\frac{1.0}{F_N}\right) + \left(\frac{1.0}{F_P}\right)} \quad \dots(42)$$

$$F_N = \frac{NH_4N}{K_{NH_4N} + NH_4N} (1 - Sect) + \frac{NO_xN}{K_{NO_xN} + NO_xN} Sect \quad \dots(43)$$

$$Sect = \exp(-\delta \cdot NH_4N) \quad \dots(44)$$

$$F_P = \frac{PO_4P}{K_{PO_4P} + PO_4P} \quad \dots(45)$$

- $T_{max}$  : 活動限界水温
- $T_{opt}$  : 最適水温
- $\beta$  : 温度係数
- $I_{opt}$  : 最適日射量
- $NH_4N$  : アンモニア態窒素濃度
- $K_{NH_4N}$  : 光合成に関する $NH_4N$ の半飽和濃度
- $NO_xN$  : 硝酸態・亜硝酸態窒素濃度
- $K_{NO_xN}$  : 光合成に関する $NO_3N$ の半飽和濃度
- $PO_4P$  : リン酸態りん濃度
- $K_{PO_4P}$  : 光合成に関する $PO_4P$ の半飽和濃度
- $Sect$  : 溶存無機窒素中の $NO_xN$ の利用割合
- $\delta$  :  $NH_4N$ の選択係数

また、式(39)における EXC は細胞外分泌量を、 $R_{PHY}$  は植物プランクトンの呼吸に伴う消費量を、 $M_{PHY}$  は枯死量を、PRE は動物プランクトンによる摂食

量を、 $SET_{PHY}$  は沈降量を示し、それぞれ式(46)~(50)で表現される。また、 $rCChl$  は炭素/クロロフィル a 比を示す。

$$EXC = exc \cdot (PSY) \quad \dots(46)$$

$$R_{PHY} = res_{PHY} \cdot \exp[Q_{10}res \cdot (T_w - T_{res})] \cdot PHY \quad \dots(47)$$

$$M_{PHY} = mot_{PHY} \cdot \exp[Q_{10}mot_{PHY} \cdot (T_w - T_{mot})] \cdot PHY \quad \dots(48)$$

$$PRE = gra \cdot \exp(Q_{10}gra \cdot T_w) \cdot \{1 - \exp[-\lambda(PHY^* - PHY)]\} \cdot ZOO \quad \dots(49)$$

$$SET_{PHY} = SetVel_{PHY} \cdot \frac{\partial PHY}{\partial z} \quad \dots(50)$$

- $exc$  : 光合成に対する分泌の割合
- $res_{PHY}$  : 植物プランクトンの呼吸速度
- $Q_{10}res$  : 呼吸に関する温度係数
- $T_{res}$  : 呼吸速度の基準温度
- $PHY$  : 植物プランクトン濃度
- $mot$  : 枯死速度
- $Q_{10}mot$  : 枯死に関する温度係数
- $T_{mot}$  : 枯死速度の基準温度
- $SetVel_{PHY}$  : 植物プランクトンの沈降速度
- $gra$  : 最大摂餌速度
- $Q_{10}gra$  : 摂餌に関する温度係数
- $\lambda$  : Ivlev定数
- $PHY^*$  : 植物プランクトン濃度の閾値

動物プランクトンは、式(51)を用いて炭素量(ZOO)として予測した。

$$\frac{dZOO}{dt} = PRE - DEP - R_{ZOO} - M_{ZOO} \quad \dots(51)$$

このとき、DEP は排糞量、 $R_{ZOO}$  は呼吸量、 $M_{ZOO}$  は死亡量であり、式(46)~(48)で示される。

$$DEP = (1 - Assi_{ZOO}) \cdot (PRE) \quad \dots(52)$$

$$R_{ZOO} = (Assi_{ZOO} - GRW_{ZOO}) \cdot (PRE) \quad \dots(53)$$

$$M_{ZOO} = mot_{ZOO} \cdot \exp(Q_{10}mot_{ZOO} \cdot T_w) \cdot ZOO \quad \dots(54)$$

- $Assi_{ZOO}$  : 動物プランクトンの同化効率
- $mot_{ZOO}$  : 動物プランクトンの死亡速度
- $Q_{10}mot_{ZOO}$  : 死亡に関する温度係数

### 2.2.3 Microcystis の回帰・日周運動・集積

底泥からの Microcystis の回帰フラックスは、既往研究<sup>25)</sup>を参考に底泥中の存在量と湖底に到達した光量で説明されると仮定して式(55)で示した。

$$F_{Micro} = v_{max} \times \min\left(0, \frac{C_{min} - C_{bot}}{C_{bot} + K_{C_{bot}}}\right) \times \min\left(0, \frac{I_{min} - I_n}{I_n + K_{I_n}}\right) \quad \dots(55)$$

- $F_{Micro}$  : Microcystis回帰フラックス  
 $v_{max}$  : 最大回帰速度  
 $C_{bot}$  : 底泥中Microcystis濃度  
 $C_{min}$  : 回帰に必要な最少濃度  
 $K_{C_{bot}}$  : 底泥中Microcystis濃度に関する半飽和定数  
 $I_n$  : 湖底到達光量  
 $I_{min}$  : 回帰に必要な最小光量  
 $K_{I_n}$  : 光量に関する半飽和定数

一方、既往研究<sup>8)</sup>では底泥表層からの直接的な浮上ではなく、巻き上げに伴って浮上したMicrocystis細胞が湖水中の環境条件に伴って増殖する可能性も報告されている。式(55)では、巻き上げに伴う再懸濁の影響を直接検討できないが、前述したように鉛直方向への湖流を表現していることから、 $L_{min}$ を小さく設定することで、巻き上げ時の増殖影響を加味した。

Microcystisの鉛直移動は、沈降速度( $SetVel$ )を時間別に与えることで表現した。既往研究<sup>26)</sup>を参考に、AM3:00~11:00に浮上を表現する負の値を、それ以外の時間には沈降を表現する正の値を与えた。

風による集積は、水柱第1層上部にアオコ用の仮想層(第0層)を設定することで表現した。第0層は層厚を持たず、第1層の流向・流速を与えて現存量の輸送を取り扱った。第0層には、沈降速度に伴って第1層の上部を通過したMicrocystisを移動させた。第0層に存在するMicrocystisには濃度に依存する形の沈降速度( $SetVel_{scam}$ )を与え、第0層中のMicrocystis濃度が $3\text{gC}/\text{m}^2$ (層厚を1mmと仮定して細胞濃度に換算するとおよそ $10^8$  cells/mL)を超えた場合には沈降速度が0となるようにした。

#### 2.2.4 有機物・栄養塩・溶存酸素に係る反応式

懸濁態有機炭素濃度(POC)の予測式を(56)~(58)に示す。なお、ここでのPOCには植物プランクトンや動物プランクトンの生体のものは含まれないとしている(Fig.3)

$$\frac{dPOC}{dt} = (M_{PHY} + M_{ZOO} + DEP - MIN_{POC} - SET_{POM} + Q) \quad \dots(56)$$

$$MIN_{POC} = Min_{POC} \cdot \exp(Q_{10} Min_{POC} \times T_w) \cdot POC \quad \dots(57)$$

$$SET_{POM} = SetVel_{POM} \cdot \frac{\partial POM}{\partial z} \quad \dots(58)$$

- $MIN_{POC}$  : POCの分解・無機化量  
 $SET_{POM}$  : POMの沈降水量  
 $Min_{POC}$  : POCの分解速度  
 $Q_{10} Min_{POC}$  : 分解・無機化に関する温度係数  
 $SetVel_{POM}$  : POMの沈降速度

また、懸濁態有機窒素濃度(PON)および懸濁態有機りん濃度(POP)の予測式を(59)、(60)に示す。このとき、 $X$ は $N$ もしくは $P$ である。

$$\frac{dPOX}{dt} = \left[ \left( \frac{M_{PHY}}{rCX_{PHY}} + \frac{M_{ZOO}}{rCX_{ZOO}} + \frac{DEP}{rCX_{ZOO}} - MIN_{POX} - SET_{POM} + IN \right) \right] \quad \dots(59)$$

$$MIN_{POX} = Min_{POX} \cdot \exp(Q_{10} Min_{POX} \times T_w) \cdot POX \quad \dots(60)$$

- $MIN_{POX}$  : PON・POPの分解・無機化量  
 $rCX_{PHY}$  : 植物プランクトンのCN比・CP比(重量比)  
 $rCX_{ZOO}$  : 動物プランクトンのCN比・CP比(重量比)  
 $Min_{POX}$  : PON・POPの分解速度  
 $Q_{10} Min_{POX}$  : 分解・無機化に関する温度係数

溶存態有機炭素濃度(DOC)の予測式を(61)、(63)に示す。

$$\frac{dDOC}{dt} = (EXC + DIS_{POC} - MIN_{DOC} + Q) \quad \dots(61)$$

$$DIS_{POC} = MIN_{POC} \cdot rPDC \quad \dots(62)$$

$$MIN_{DOC} = Min_{DOC} \cdot \exp(Q_{10} Min_{DOC} \times T_w) \cdot POC \quad \dots(63)$$

- $DIS_{POC}$  : POCの溶存化量  
 $MIN_{DOC}$  : DOCの分解量  
 $rPDC$  :  $MIN_{DOC}$ に対する溶存化の割合  
 $Min_{DOC}$  : DOCの分解速度  
 $Q_{10} Min_{DOC}$  : 分解に関する温度係数

また、溶存態有機窒素濃度(DON)および溶存態有機りん濃度(DOP)の予測式を(64)、(65)に示す。このとき、 $X$ は $N$ もしくは $P$ である。

$$\frac{dDOX}{dt} = \left( \frac{EXC}{rCX_{PHY}} + DIS_{POX} - MIN_{DOX} + Q \right) \quad \dots(64)$$

$$DIS_{POX} = MIN_{POX} \cdot rPDX \quad \dots(65)$$

$$MIN_{DOX} = Min_{DOX} \cdot \exp(Q_{10} \cdot Min_{DOX} \times T_w) \cdot DOX \quad \dots(66)$$

- $DIS_{POX}$  : PON・POPの溶存量
- $MIN_{DOX}$  : DON・DOPの分解量
- $Min_{DOX}$  :  $MIN_{DOX}$ に対する溶存化の割合
- $Q_{10} \cdot Min_{DOX}$  : 分解・無機化に関する温度係数

アンモニア態窒素濃度(NH<sub>4</sub>N)の予測式を(67)に示す。

$$\frac{dNH_4N}{dt} = \left\{ \begin{array}{l} -\frac{PSY}{rCN_{PHY} \cdot (1 - Sect)} + \frac{R_{PHY}}{rCN_{PHY}} + \frac{R_{ZOO}}{rCN_{ZOO}} \\ + [MIN_{POM} \cdot (1 - rPDN)] + MIN_{DON} - NIF \pm ELU_{NH_4N} + Q \end{array} \right\} \quad \dots(67)$$

このとき、 $NIF$ は硝化による減少量であり、式(68)で示した。

$$NIF = rNif \cdot \exp(Q_{10} \cdot Nif \times T_w) \cdot \frac{DO}{(KNif_{DO} + DO)} \cdot NH_4N \quad \dots(68)$$

- $rNif$  : 最大硝化速度(0°C)
- $Q_{10} \cdot Nif$  : 硝化に関する温度係数
- $KNif_{DO}$  : 硝化に対するDOの半飽和値

また、底泥からのNH<sub>4</sub>N溶出量を示す $ELU_{NH_4N}$ の算出方法については後述する。

硝酸・亜硝酸態窒素濃度(NO<sub>x</sub>N)の予測式を(69)に、りん酸態りんの予測式を(70)に示す。

$$\frac{dNO_xN}{dt} = \left\{ -\frac{PSY}{rCN_{PHY} \cdot (1 - Sect)} + NIF \pm ELU_{NO_xN} + Q \right\} \quad \dots(69)$$

$$\frac{dPO_4P}{dt} = \left\{ \begin{array}{l} -\frac{PSY}{rCP_{PHY} \cdot (1 - Sect)} + \frac{R_{PHY}}{rCP_{PHY}} + \frac{R_{ZOO}}{rCP_{ZOO}} \\ + [MIN_{POM} \cdot (1 - rPDP)] + MIN_{DOP} \pm ELU_{PO_4P} + Q \end{array} \right\} \quad \dots(70)$$

溶存酸素(DO)の予測式を式(71)に示す。

$$\frac{dDO}{dt} = \left\{ \begin{array}{l} (PSY \cdot rOC_{PHY}) - (R_{PHY} \cdot rOC_{PHY}) - (R_{ZOO} \cdot rOC_{ZOO}) \\ - \left( MIN_{POM} \cdot rOC_{POM} \cdot \frac{DO}{KMinP_{DO} + DO} \right) \\ - \left( MIN_{DOM} \cdot rOC_{DOM} \cdot \frac{DO}{KMinD_{DO} + DO} \right) \\ - \left( \frac{64.0}{14.0} \cdot NIF \right) - ELU_{DO} - (Oxi_{ODU} \cdot DO \cdot ODU) \\ + Rair \cdot (DO_{sat} - DO) \end{array} \right\} \quad \dots(71)$$

このとき、

$$rOC_{POM} = \frac{32.0 \cdot PM_p + 2.0 \cdot PN_p}{12.0 \cdot PM_p} \quad \dots(72)$$

$$PM_p = \frac{POC/12.0}{POP/31.0} \quad \dots(73)$$

$$PN_p = \frac{PON/14.0}{POP/31.0} \quad \dots(74)$$

$$rOC_{POM} = \frac{32.0 \cdot PM_D + 2.0 \cdot PN_D}{12.0 \cdot PM_D} \quad \dots(75)$$

$$PM_D = \frac{DOC/12.0}{DOP/31.0} \quad \dots(76)$$

$$PN_D = \frac{DON/14.0}{DOP/31.0} \quad \dots(77)$$

$$\ln DO_{sat} = A_1 + A_2(100/T_w) + A_3 \ln(T_w/100) + A_4(T_w/100) \quad \dots(78)$$

- $ODU$  : 酸素消費物量
- $Oxi_{ODU}$  : ODUの酸化速度
- $Rair$  : 再曝気係数
- $DO_{sat}$  : 酸素飽和度

である。なお、このとき、 $ODU$ の酸化速度は、底泥中の還元物質の大部分がH<sub>2</sub>Sであると仮定し、H<sub>2</sub>Sの酸化速度を用いた。また、式(78)において、酸素飽和濃度の算定にはWeissの式<sup>27)</sup>を用いた。

また、 $ODU$ の予測式を式(79)に示した。

$$\frac{dODU}{dt} = \left\{ \begin{array}{l} \left[ MIN_{POM} \cdot rOC_{POM} \cdot \left( 1 - \frac{DO}{KMinP_{DO} + DO} \right) \right] \\ + \left[ MIN_{DOM} \cdot rOC_{DOM} \cdot \left( 1 - \frac{DO}{KMinD_{DO} + DO} \right) \right] \\ + ELU_{DOU} - ODU_{out} \end{array} \right\} \quad \dots(79)$$

### 2.2.5 底泥からの溶出に係る項目

底泥からの溶出は、NH<sub>4</sub>N、NO<sub>x</sub>Nの溶出フラックス、DOの消費フラックスは一定とした(Table 1)。一方、りんの溶出については、貧酸素化に伴う溶

出量の増大を、霞ヶ浦における既往研究を参考<sup>28)</sup>に式(81)で示した。

$$\begin{aligned} & DO > 3 \text{ mg/L のとき,} \\ & F_{PO_4P} = 5.6 \text{ mg/m}^2 \text{ /day} \\ & DO \leq 3 \text{ mg/L のとき,} \\ & F_{PO_4P} = -1.86 \cdot DO + 11.2 \text{ mg/m}^2 \text{ /day} \end{aligned} \quad \dots(81)$$

### 2.3 境界条件と初期条件

国土地理院の湖沼図より計算水深を算出した。各計算格子内の水深は平均値を用いて一定とし、土浦港内の水深は3.0mとした。

再現期間は2011～2014年の6月から9月とし、助走期間は、再現期間直前の一カ月間とした。

水位は、国土交通省の水文水質データベース<sup>29)</sup>より計算期間内における霞ヶ浦湖心の水位実測値を東側境界に与えた。また、桜川、新川、境川、備前川、清明川(Fig.1)からは、河川水の流入を与えた。桜川からの流入量は、国土交通省から提供を受けた平成23年のH-Q式(82)～(85)を水位に従って与えて流量を算定し、流域面積をかけて決定した。桜川以外の河川は、桜川との流域面積比を用いて推定した。

$$\begin{aligned} & 0.76 \leq H < 0.89 \text{ のとき,} \\ & Q = 29.38(H - 0.5)^2 \end{aligned} \quad \dots(82)$$

$$\begin{aligned} & 0.89 \leq H < 2.03 \text{ のとき,} \\ & Q = 19.76(H - 0.67)^2 \end{aligned} \quad \dots(83)$$

$$\begin{aligned} & 0.23 \leq H < 3.92 \text{ のとき,} \\ & Q = 7.24(H + 0.21)^2 \end{aligned} \quad \dots(84)$$

$$\begin{aligned} & 3.92 \leq H < 4.54 \text{ のとき,} \\ & Q = 13.21(H - 0.86)^2 \end{aligned} \quad \dots(85)$$

全天日射量、相対湿度、雲量は、気象庁<sup>30)</sup>よりつくば(館野)の実測値を与えた。また、気温と風況は土浦の値を用いた。

水温は、国立環境研究所のモニタリング結果<sup>31)</sup>から「N8」(Fig.1)の水深別実測値を用いた。なお、この値は時間的に連続でないため、国土交通省観測所「掛馬沖」(Fig.1)における流心の水温連続観測値<sup>29)</sup>との回帰式( $r^2 > 0.987$ )を各水深で作成し、連続値として与えた。一方で、河川流入水の水温は、実測値<sup>29)</sup>と気温との回帰式を用いて連続値として与えた。

底泥中のMicrocystis濃度は、2015年の「湖心」、「掛馬沖」、「土浦沖」、「土浦港」、「新川河口」(Fig.

1)の実測値<sup>7)</sup>を基に、時空間的に補完して与えた。時間方向の補完は線形とし、空間方向の補完は距離による重みづけを行った。これを毎年同様として与えた。

水質項目の境界条件は、霞ヶ浦環境科学センターで採取<sup>32)</sup>した「木原沖」の値を時空間的に線形補完して与えた。ただし、DOのみは国立環境研究所のデータ<sup>31)</sup>から「N8」における水深別実測値との回帰式を作成して鉛直的に補完した。なお、初期条件は空間的に一様とした。また、河川からの流入負荷量については、桜川のCOD, TN, TP負荷量に流域面積比をかけて算出した。桜川の負荷量は、国土交通省から提供を受けた2011年度のL-Q式(86)～(88)と算出した流量から設定した。

$$L_{COD} = 3.2745 \cdot Q^{1.3379} \quad \dots(86)$$

$$L_{TN} = 0.7600 \cdot Q^{1.2891} \quad \dots(87)$$

$$L_{TP} = 0.0373 \cdot Q^{1.5031} \quad \dots(88)$$

なお各水質項目は、国土交通省の河川水質測定結果から作成した分画比を用い、式(89)～(97)から算出した。

$$PHY = COD \cdot (R_{PHY/COD}) \quad \dots(89)$$

$$POC = COD \cdot (R_{POC/COD}) \cdot (R_{POC/PCOD}) \quad \dots(90)$$

$$PON = TN \cdot [1 - (R_{IN/TN})] \cdot (R_{PON/TON}) \quad \dots(91)$$

$$POP = TP \cdot [1 - (R_{PO_4P/TP})] \cdot (R_{POP/TOP}) \quad \dots(92)$$

$$DOC = COD \cdot [1 - (R_{POC/COD})] \cdot (R_{DOC/DCOD}) \quad \dots(93)$$

$$DON = TN \cdot [1 - (R_{IN/TN})] \cdot [1 - (R_{PON/TON})] \quad \dots(94)$$

$$DOP = TP \cdot [1 - (R_{PO_4P/TP})] \cdot (R_{POP/TOP}) \quad \dots(95)$$

$$NH_4N = TN \cdot (R_{IN/TN}) \cdot (R_{NH_4N/IN}) \quad \dots(96)$$

$$NO_3N = TN \cdot (R_{IN/TN}) \cdot [1 - (R_{NH_4N/IN})] \quad \dots(97)$$

$$R_{PHY/COD} = 0.31$$

$$R_{PO_4P/TP} = 0.29$$

$$R_{POC/COD} = 0.17$$

$$R_{POP/TOP} = 0.64$$

$$R_{POC/PCOD} = 0.80$$

$$R_{DOC/DCOD} = 0.60$$

$$R_{IN/TN} = 0.75$$

$$R_{NH_4N/IN} = 0.03$$

$$R_{PON/TON} = 0.38$$

また、Microcystisとその他藻類の境界条件、初期濃度はともに0とした。

### 2.4 統計学的処理

作成したモデルの評価には、計算値と実測値との相関係数( $r^2$ )、平均二乗誤差(RMSE)、Nash-Sutcliffe係数(Ns)を用い、その相対値によって比較した。

### 3 結果

#### 3.1 流動計算

流動サブモデルを用いた計算結果の再現性を、水位実測値と水温変動実測値との比較から確認した。霞ヶ浦湖心における実測値<sup>31)</sup>と木原沖における計算値を比較すると、水位(Fig.4)、水温(Fig.5)ともにいずれの年もよく一致しており(水位： $n=$ ,  $r^2=0.99$ ,  $RMSE=0.31cm$ ,  $Ns=0.99$ , 水温： $n=$ ,  $r^2=0.98$ ,  $RMSE=0.81^\circ C$ ,  $Ns=0.95$ )、物理場の再現は良好であった。なお、流況の再現については実測値がないために検証を行うことはできなかった。

#### 3.2 Microcystis ブルーム発生メカニズムの検討

本研究では、湖水中における Microcystis の再現に必要な特徴的因子として、底泥からの回帰、鉛直運動、風による集積を仮定している。そこで、それぞれの因子を変化させて再現結果を検討し、そこから、湖水中における Microcystis ブルーム発生メカニズムを検討した。検討した6条件を Table 2 に示す。条件の変更は Table 2 に示すパラメータ変更にて表現した。なお集積の影響を削除するためには、第1層以上に浮上した Microcystis を第0層には移行させず、第1層の Microcystis と同じ沈降速度を与えつけた。

まず、回帰・鉛直移動・集積のすべての影響を排除したベースケースでは、各水質項目の濃度レベルは概ね再現できたが、変動を再現するには至らなかった。特に、クロロフィル a の変動として、2011年や2013年の8月に現れた高いピークを表現することはできなかった。霞ヶ浦環境科学センターのフィコシアニン濃度推移から見ると、これは Microcystis の増殖に伴うものであると推測された。一方で、掛馬沖における Microcystis とその他の藻類それぞれの炭素濃度について、今回のモデルを用いた計算結果を見ると、その他の植物プランクトンは計算期間内に増殖を続けているにもかかわらず、Microcystis は助走計算期間内で減少していた。これはそれぞれの植物プランクトンの増殖に係る温度系パラメータの差に伴う影響が表現されていたと考えられた。

次にケース1として、底泥からの回帰のみを加味して検討したところ、2012年を除く年の8月に  $0.2\sim 0.8mgC/L$  程度の Microcystis 態炭素濃度のピークが見られるようになった(Fig.6)。

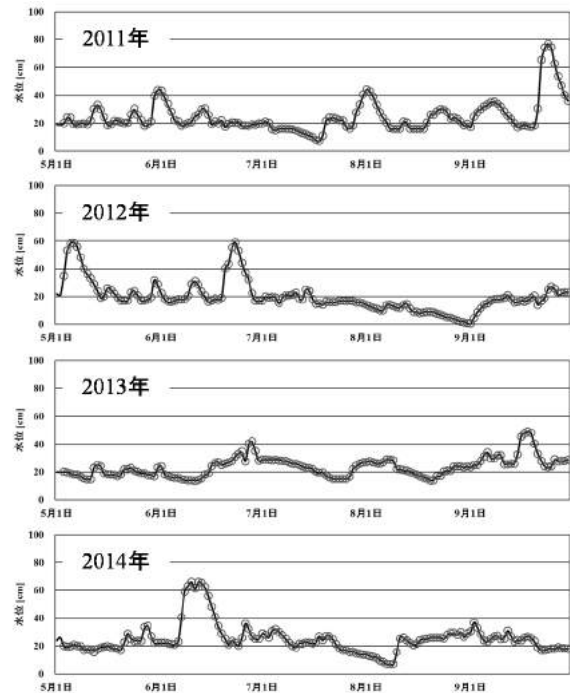


Fig. 4 湖心における水位の実測値（赤丸）と木原沖における計算値（実線）。

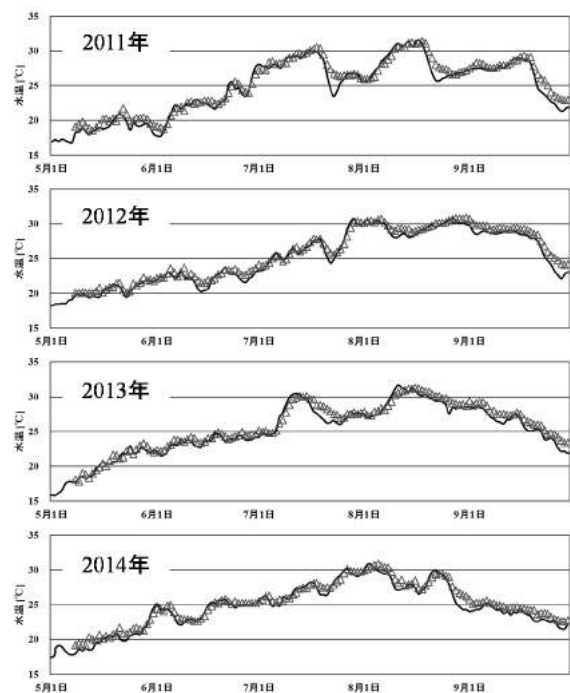


Fig. 5 湖心中層における水温の実測値（赤丸）と木原沖中層の計算値（実線）。

この値は、2016年度夏季の観測結果から Microcystis 属の直径が  $4.6\sim 5.0\mu m$  であったこと

を踏まえ、BioVolumeを $58\mu\text{m}^3/\text{cell}$ と仮定<sup>33)</sup>し、Strathmann<sup>34)</sup>の式を参考に細胞濃度に換算すると $(1.7\sim 6.8)\times 10^4\text{cell/mL}$ 程度のオーダーであった。アオコと呼ばれる細胞濃度の定義はあいまいだが、いくつかの研究<sup>26)35)</sup>では $1.0\times 10^5\text{cell/mL}$ 以上という値が用いられていることから、オーダーとしてはベースケースより実測値に近くなったことが分かった。

ケース2として、鉛直移動のみを加味して検討した。霞ヶ浦において水深ごとのMicrocystis濃度を測定した結果<sup>9)</sup>からMicrocystisの $SetVel_{PHY}$ を $\pm 0.24\text{m/day}$ に設定した結果、Microcystis濃度が高い時期でも鉛直移動が表現できなかった。そこで、 $SetVel_{PHY}$ を $\pm 1\text{m/day}$ にしたところ、中層に滞留する傾向があるものの、鉛直移動が表現できた(Fig. 7)。そこで、この値を用いて鉛直移動の影響を検討したが、ベースケースと比較して大きな変化は見られなかった。鉛直移動に伴ってMicrocystisがより水深の浅い場所に移動することで、光環境を有利に用いて増殖するかと期待されたが、本モデルではそのような効果は小さかった。これは、水柱に含まれるMicrocystisの個体群が小さいために、その影響が大きく表現されなかったためと考えられた。同様にケース3も、第0層に移行する量が小さかったため、計算結果への反映はみれなかった。

そこで、底泥からの回帰に加え、鉛直移動と集積の両方の効果を加えた複合ケースAと、集積の影響のみを加えた複合ケースBを用いて、鉛直移動と集積の影響を検討した。その結果、複合ケースBではケース1同様に底泥からの回帰を入れたことによるMicrocystis態炭素濃度の増加が見られたが、集積による相乗効果は表現されなかった(Fig. 6)。しかし、第0層における平面分布を検討すると(Fig. 8)、時空間的に局所的ではあるものの、 $1.2\text{mg/L}$ 、つまり $1.0\times 10^6\text{cell/mL}$ を超える場所が表現できていた。このことは沿岸域におけるアオコの表現には、集積の効果を加味することが必要であることを示している。一方で、複合ケースAでは、鉛直移動の影響を検討しない複合ケースBと比較して、Microcystis態炭素濃度が低く計算された。これは、二つの理由が考えられる。一つは表層に集積することで高水温と強光によって増殖速度が低下している可能性である。式(38)、(39)に示されるように光合成による炭素生産

Table 2 検討項目と変更したパラメータ

	回帰	$v_{max}$	日周運動	$SetVel_{PHY}$	集積
ベースケース	-	0	-	0.4	-
ケース1	○	1	-	0.4	-
ケース2	-	0	○	$\pm 1$	-
ケース3	-	0	-	0.4	○
複合ケースA	○	1	○	$\pm 1$	○
複合ケースB	○	1	-	0.4	○

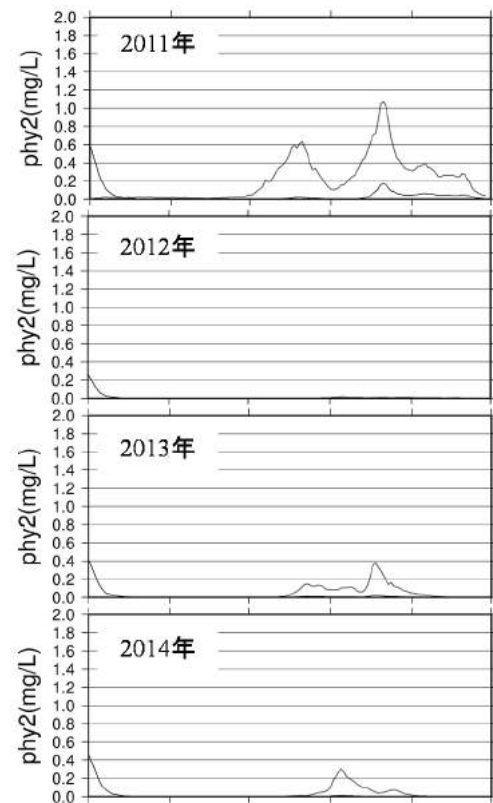


Fig. 6 掛馬沖の第1層におけるMicrocystis態炭素量の計算値。黒線はベースケースを、赤線はケース1を示す。

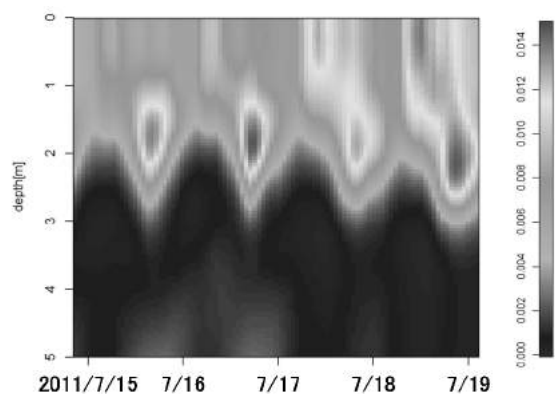


Fig. 7 2011年の7月における湖水中のMicrocystis濃度の再現結果。カラーバーは濃度(mgC/L)を示す。

量が水温と日射によって制限される式となっている。Microcystisは最適水温が $36^\circ\text{C}$ 、活動限界水温が $37^\circ\text{C}$ に設定され、最適水温を超えると急激に

制限される状況が表現されている。光についても最適日射量を超えると減少するような式となっている。これらのことから、鉛直移動を考慮したことで表層での集積が生産量を減少させる方向に影響した可能性がある。もう一つは、湖流によって拡散する可能性である。Fig. 7 に示すように水深 2m 程度の位置に集積が表現されてしまっているため、湖流に伴って沖へ拡散している可能性がある。その場合、湾奥の方が水温・栄養塩濃度等の増殖環境が良いために、増殖速度が低下する可能性が考えられる。

これらの状況を明らかにするためには、流況の再現状況の検討が必要である。霞ヶ浦の時系列的な流況については実測がないが、表層の流況が風況とよく合致する<sup>36)</sup>ことから、まずは風況との関係を検討することで、再現の状況を明らかにしていくことができると考える。また、鉛直移動のパラメータについてはより実環境状況に合致したものへ変更する必要があるだろう。既往研究<sup>26)</sup>の結果から、浮上速度は沈降速度よりも早く、4~10m/day 程度と推定された。浮上・沈降速度は水温や栄養塩濃度などの因子に影響されるが、今回の 1m/day は既往研究から推定された値と比較すると小さい値であることから、より実測に近い値で検証する必要がある。また、その場合には、Microcystis の水温や光に対する応答の影響についてもより詳細に検討していく必要があるだろう。

## 5 結論

霞ヶ浦土浦入における夏季のアオコ発生に対し、Microcystis の底泥からの回帰、鉛直移動、風による集積を組み込んだシミュレーションモデルを構築し、これらの影響を検討した。その結果、湖底到達光量と底泥中存在量の関数として表現した底泥からの回帰量を組み込むことで、2011 年や 2013 年のアオコ発生を表現することが可能となり、その計算量は実測値に近い値であった。また、風による集積を組み込むことで、時間・場所的に局所的なアオコの発生を表現することができたが、鉛直運動の組み込みは増殖を阻害する方向を表現した。これは、鉛直運動のパラメータが実測値よりも小さかったことや、Microcystis の増殖に関するパラメータに影響されたと考えられた。

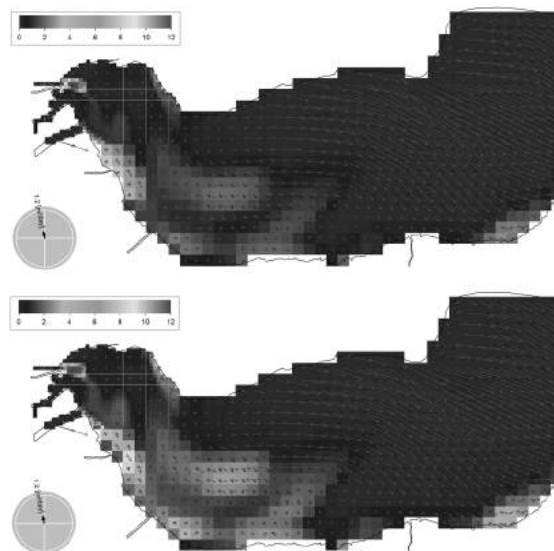


Fig. 8 2011 年 8 月 24 日における第 0 層の Microcystis 濃度分布。上が複合ケース A, 下が複合ケース B。カラーバーの単位は mgC/L。図中の矢印の向きは流向を、長さは流速を示し、赤矢印は第 1 層、黒矢印は最下層を示す。

今後は、風による吹送風の再現状況の評価と、鉛直運動のモデル式の再調整が必須である。また、これらを調整したうえで Microcystis 細胞濃度等の実測値との比較を行い、再現性について検証することで本モデルを評価する。また、その結果を基にすることで、アオコ予測モデルへの昇華も期待される。

## 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。

## 6 参考文献

- 1) 国立科学博物館(2007)：アオコを作る藍藻 <https://www.kahaku.go.jp/research/db/botany/aok/a/> (最終閲覧日：2016.05.10)
- 2) 本間隆満(2005):霞ヶ浦における植物プランクトン群集の分布, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 1, 85-92.
- 3) 小日向寿夫, 中村剛也, 大内孝雄, 神谷航一, 北村立実, 花町優次(2012):フィコシアニンを指標とした霞ヶ浦のアオコの発生状況と発生要因について, 茨城県霞ヶ浦環境科学センタ

- 一年報 8, 70-78.
- 4) 渡辺真利代, 原田健一, 藤木博太(1994):アオコ—その出現と毒素—, 東京大学出版会.
  - 5) 大内孝雄,小日向寿夫, 中村剛也, 神谷航一 (2013) 2013 年度の霞ヶ浦におけるフィコシアニン濃度の推移とアオコの発生要因との関係, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 9, 58-62.
  - 6) K. Rengefors, S. Gustafsson and A. Ståhl-Delbanco(2004):Factors regulating the recruitment of cyanobacterial and eukaryotic phytoplankton from littoral and profundal sediments.. Aquatic Microbial Ecology, 36, 213-226.
  - 7) 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.
  - 8) Jolanda M. H. Verspagen, Eveline O. F. M. Snelder, Petra M. Visser, Jef. Huisman, Luuc R. Mur, and Bas W. Ibelings (2004): Recruitment of benthic Microcystis (Cyanophyceae) to the water column: internal buoyancy changes or resuspension? Journal of Phycology, 40, 260-270.
  - 9) Noriko Takamura and Masayuki Yasuno (1988): Sedimentation of phytoplankton populations dominated by Microcystis in a shallow lake, Journal of Plankton Research, 10, 2, 283-299.
  - 10) 田中昌宏, 石川忠晴(1989): 日成層形成時の吹送流の特性について, 土木学会論文集, 405, II-11, 63-72.
  - 11) 田中修三, 比企三蔵, 小西浩之(1990):Landsat のとらえた霞ヶ浦のアオコの広がり と吹送流, 日本リモートセンシング学会誌, 10, 3, 337-347.
  - 12) UNESCO(1981) : Background papers and supporting data on the international equation of state of seawater 1980,Unesco technical papers in marine science, 38.
  - 13) Munk,W.H. and E.R.Anderson(1948) : Notes on theory of the thermocline.,Journal Marine Research, 7, 276-295.
  - 14) Smagorinsky, J.(1963):General Circulation Experiments with the Primitive Equations I. The Basic Experiment, Monthly Weather Review, 91, 99-164.
  - 15) 花町優次, 中村剛也(2013): 霞ヶ浦における植物プランクトン由来溶存態有機物の挙動予測. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 9, 40-44.
  - 16) Eppley, R. W.(1972):Temperature and phytoplankton growth in the sea.,Fish. Bull.,70,1063-1085.
  - 17) 堀口文男・中田喜三郎(1995):東京湾の水質のモデル解析, Journal of Advanced Marine Science and Technology Society, 1, 1, 71-92.
  - 18) Watt, W. D.(1966):Release of dissolved organic material from the cells of phytoplankton populations., Proc. Roy. Soc. Ser. B, 164, 521-551.
  - 19) 堀口文男・中田喜三郎(1993):沿岸生態系モデルの実海域への適用—山口県西部海域の場合—,資源と環境, 2, 1, 61-92.
  - 20) 国土交通省関東地方整備局・国土交通省東京航空局(2005):東京国際空港再拡張事業に係る環境影響評価準備書
  - 21) J.W.M.Wijnsman , P.M.J.Herman , J.J.Middelburg and K.Soetaert (2002):A model for Early Diagenetic Processes in Sediments of the Continental Shelf of the Black Sea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 54, 403-421.
  - 22) NERI Technical Report(2004): A model set-up for an oxygen and nutrient flux model for Aarhus Bay(Denmark), 483, 1-67
  - 23) 堂馬彬史, 原田昌佳, 平松和昭, 丸居篤(2010): 複数の種構成を考慮に入れた水質予測モデルによる富栄養化貯水池のクロロフィル a と栄養塩の動態特性, 九大農学芸誌 65, 2, 73-89.
  - 24) 中村剛也, 相崎守弘(2016): 霞ヶ浦に入射した光の減衰に対する懸濁物質の影響—光減衰機構の長期的変遷—, 陸水学雑誌, 77, 13-23
  - 25) Reynolds, C. S.(1973) : Growth and buoyancy of Microcystis aeruginosa Kutz. Emend, Elenkin in a shallow eutrophic lake. Proceeding of the Royal Society Lond. B, 184, 29-50
  - 26) Noriko Takamura and Masayuki Yasuno (1984): Diurnal changes in the vertical distribution of phytoplankton in hypertrophic Lake Kasumigaura, Japan, Hydrobiologia, 112, 53-60.



- 27) 気象庁(1999): 海洋観測指針(第1部), 編集, 気象業務支援センター
- 28) 石井裕一, 渡邊圭司, 小松伸行(2006): 湖沼底泥からのリン溶出に及ぼす環境因子の検討, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 2, 95-102.
- 29) 国土交通省, 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/>
- 30) 気象庁, 各種データ・資料, <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>
- 31) 国立環境研究所(2016):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/databas e/kasumi/index.html> (最終閲覧日: 2017.03.10)
- 32) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター(2015):霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター, 11, 47-63.
- 33) J. Sun and D. Liu (2003): Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton
- 34) Richard R. Strathmann (1967), Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnology and Oceanography*, 12, 3, 411-418
- 35) 芹沢浩, 雨宮隆, 伊藤公紀(2010): 相模湖と津久井湖におけるアオコ異常発生現象の数理モデル解析. 技術マネジメント研究 9, 1-14
- 36) 小松伸行, 石井裕一, 渡邊圭司, 本間隆満, 北沢大輔(2009):非成層期の霞ヶ浦(西浦・北浦)における吹送流の特性. 水工学論文集, 51, 1291-1297

## 1-1 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 28 年 4 月から平成 29 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

[調査地点]

図1の 17 地点で月に1回の調査を実施

[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  $\mu\text{m}$  プランクトンネットで濃縮したものとした。

#### (4) 測定項目

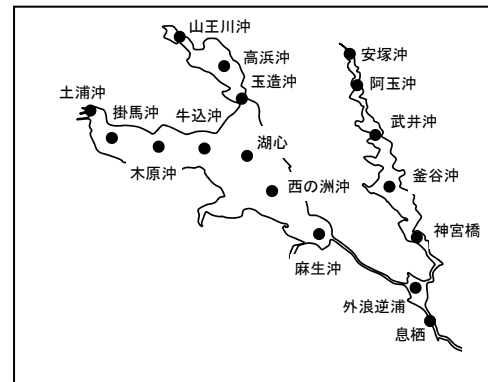


図 1 湖内の採取地点

測定項目	測定方法	
pH	JIS K 0102	12.1 ガラス電極法
溶存酸素量(DO)	JIS K 0102	32.1 よう素滴定法
化学的酸素要求量	JIS K 0102	17. 100°Cにおける過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD <sub>Mn</sub> )
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 <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NH <sub>4</sub> -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 <sub>4</sub> -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 <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	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、どの時期においても過去 5 年間(平成 22-平成 26 年度)の平均値(以下、「平均値」という。)を下回っており、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 6.7 mg/L, 8.1 mg/L であった(図 2)。
- 釜谷沖の COD は、4 月(9.3 mg/L)は平均値(8.2 mg/L)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28年度と過去5年間の平均値の年間平均値はそれぞれ8.2 mg/L, 8.5 mg/Lであった(図2)。

- 湖心のD-CODは、どの時期においても平均値を下回っており、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4.7 mg/L, 5.4 mg/Lであった(図3)。
- 釜谷沖のD-CODは、7月と8月(それぞれ6.3 mg/L, 6.5 mg/L)は平均値(それぞれ6.2 mg/L, 6.3 mg/L)と同程度であったが、その他の時期には下回った。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5.2 mg/L, 5.6 mg/Lであった(図3)。

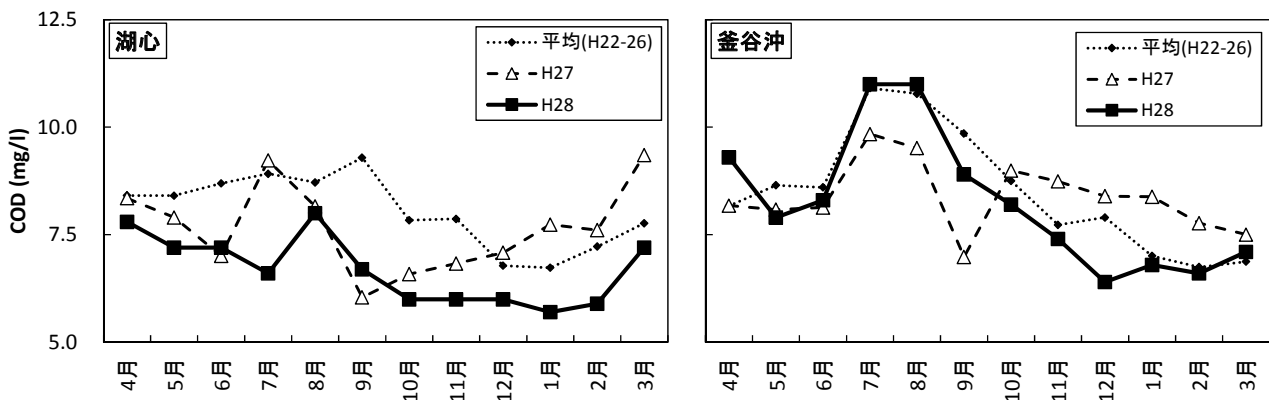


図2 湖心及び釜谷沖におけるCODの変化

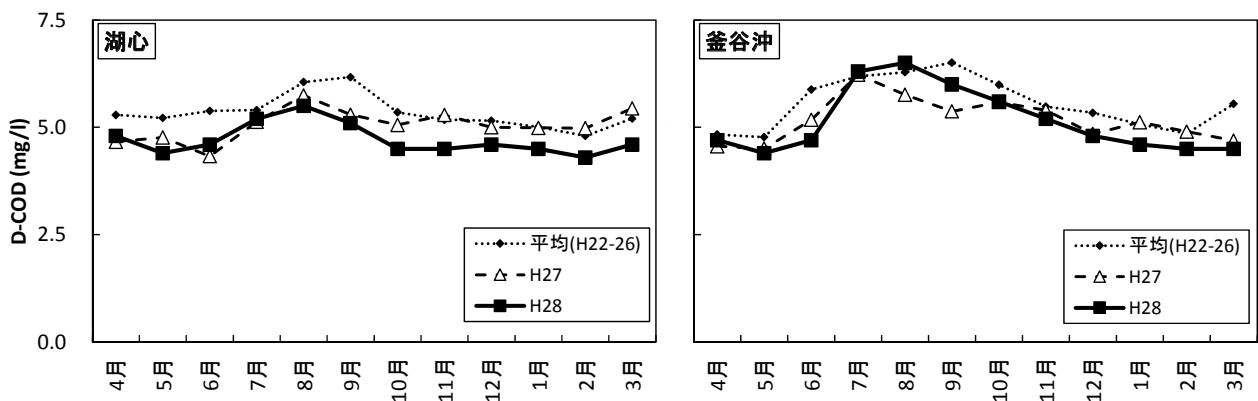


図3 湖心及び釜谷沖におけるD-CODの変化

(2) 窒素

- 湖心のTN濃度は、7月と10月(それぞれ0.96 mg/L, 1.1 mg/L)は平均値(それぞれ0.85 mg/L, 1.0 mg/L)を上回ったものの他の時期には同等もしくは下回っており、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0.87 mg/L, 1.0 mg/Lであった(図4)。
- 釜谷沖のTN濃度は、4月から6月(4月から6月の平均0.83 mg/L)は平均値(同時期の平均1.5 mg/L)を下回ったものの、8月以降は平均値より同等もしくは上回っていた。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1.2 mg/L, 1.4 mg/Lであった(図4)。
- 湖心の溶存無機態窒素(DIN:硝酸態・亜硝酸態・アンモニア態窒素の合計濃度)は、7月(0.28 mg/L)は平均値(0.09 mg/L)を上回ったものの、その他の時期には平均値と同程度で推移しており、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0.25 mg/L, 0.29 mg/Lであっ

た(図5)。

- 釜谷沖の DIN 濃度は、4月から8月(4月から8月の平均 0.04 mg/L)は平均値(同時期の平均 0.65 mg/L)を下回ったが、9月以降は平均値と同等もしくは上回り、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 0.42 mg/L, 0.69 mg/L であった(図5)。

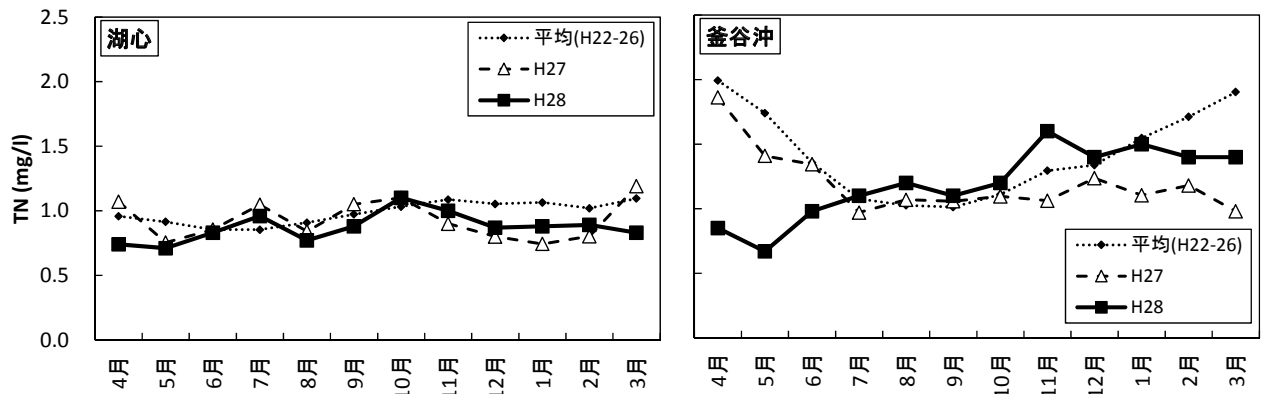


図4 湖心及び釜谷沖における TN の変化

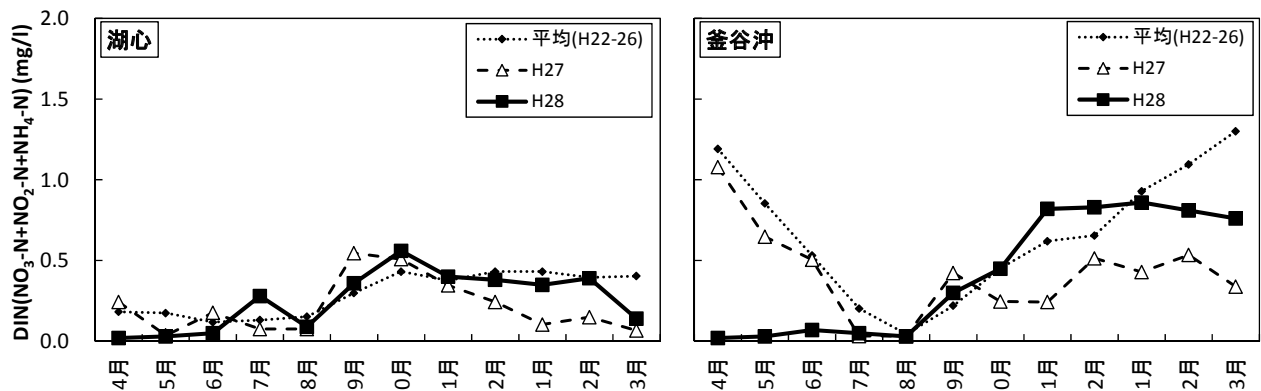


図5 湖心及び釜谷沖における溶存無機態窒素の変化

### (3) リン

- 湖心の TP 濃度は、いずれの時期にも平均値を上回っており、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 0.090 mg/L, 0.0072 mg/L であった(図6)。
- 釜谷沖の TP 濃度も湖心と同様にいずれの時期にも平均値を上回っており、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 0.097 mg/L, 0.0081 mg/L であった(図6)。
- 湖心のりん酸態りん (PO<sub>4</sub>-P) 濃度は、6月から10月(6月から10月の平均 0.045 mg/L)は平均値(同時期の平均 0.017 mg/L)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 0.020 mg/L, 0.010 mg/L であった(図7)。
- 釜谷沖の PO<sub>4</sub>-P 濃度は、6月から8月(6月から8月の平均 0.054 mg/L)は平均値(同時期の平均 0.031 mg/L)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 0.020 mg/L, 0.018 mg/L であった(図7)。

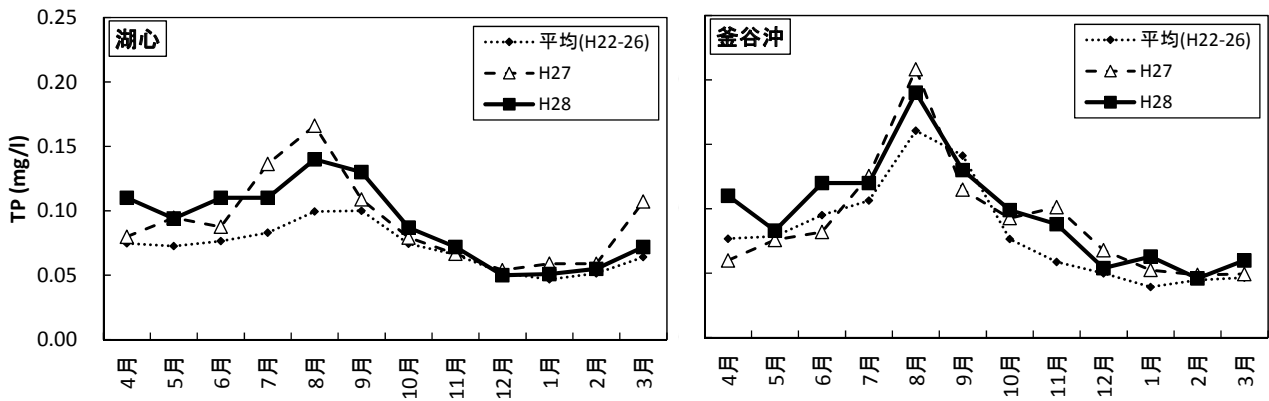


図6 湖心及び釜谷沖におけるTPの変化

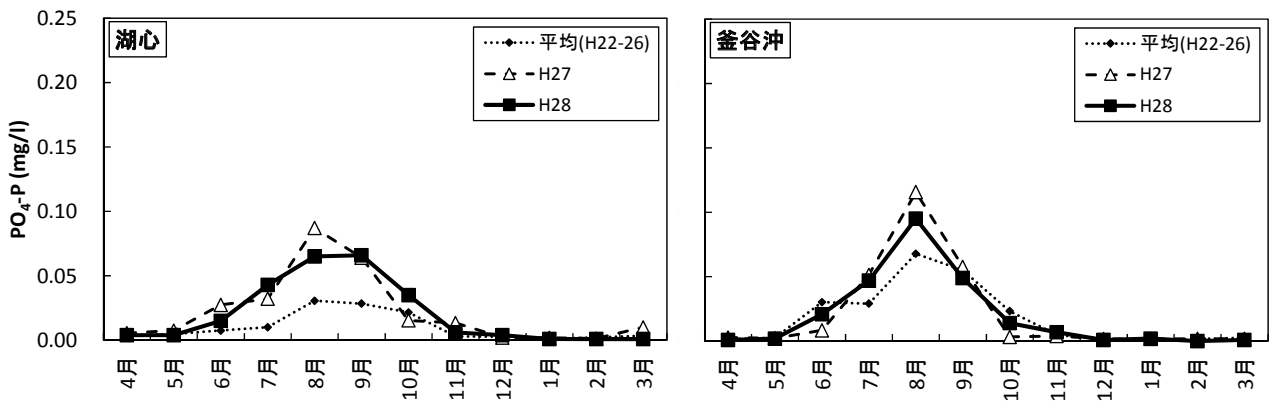


図7 湖心及び釜谷沖におけるりん酸態りんの変化

(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28年4月から6月には平成27年の同時期に比べて珪藻類が増加していた。また、平成28年7月には一時的に藻類が減少したのが特徴であった(図8)。

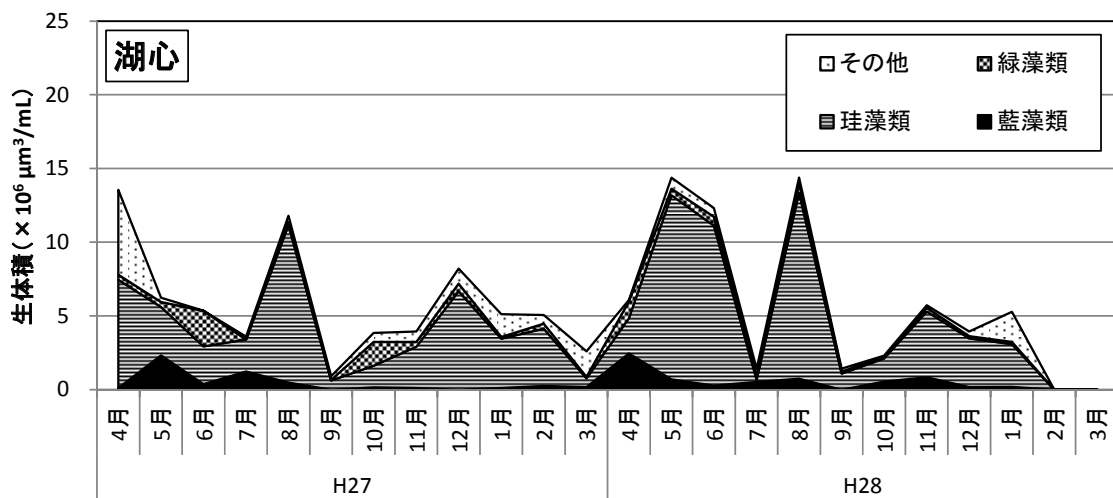


図8 湖心における植物プランクトンの変化

## (5) 動物プランクトン

- 湖心における4月から6月にはほとんどミジンコ類が確認されず、平成27年の推移とは異なった。一方、9月以降に *Bosmina* が出現した点については平成27年と同様の傾向であった(図9)。

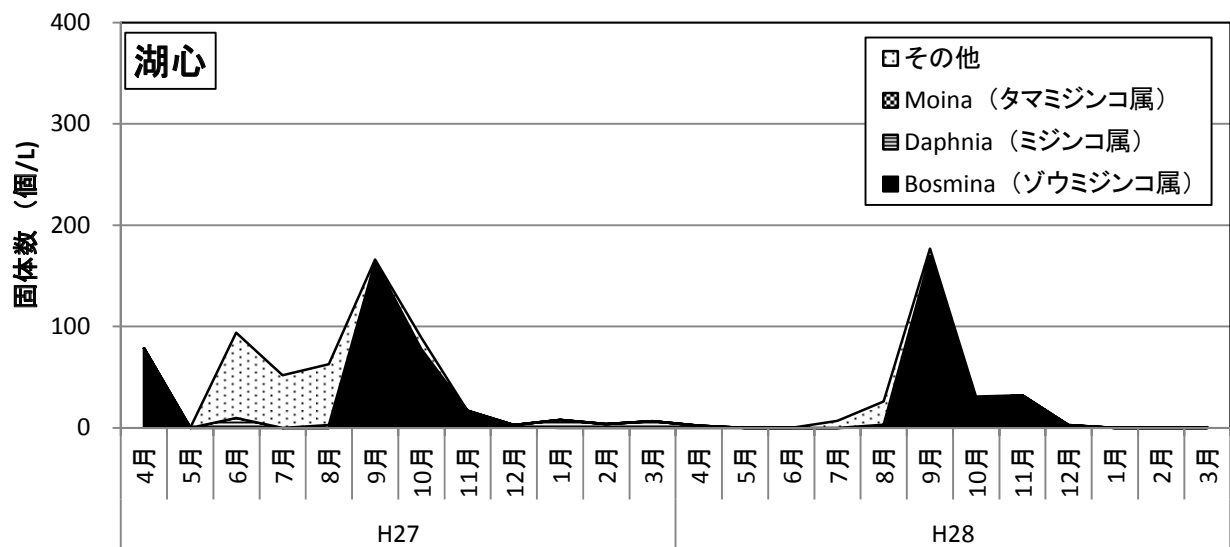


図9 動物プランクトンの変化

表1 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(4月)

平成28年4月27日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chla (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
掛馬沖	上層	9.3	31	85	4.9	5.3	2.8	0.70	0.28	<0.01	<0.01	0.02	0.12	0.012	0.003	30	25	3.7	5.6	15	33	21	0.1
	下層	9.1	35	86	4.8	4.8	3.0	0.76	0.28	<0.01	<0.01	0.02	0.13	0.011	0.002	34	25	3.6	5.5	15	33	23	0.1
木原沖	上層	9.2	26	87	5.0	5.2	3.0	0.73	0.28	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.013	0.002	35	24	3.7	5.5	15	31	21	<0.1
	下層	9.2	34	88	4.7	5.4	2.7	0.76	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.12	0.013	0.003	38	24	3.6	5.4	15	31	23	<0.1
牛込沖	上層	8.9	24	83	4.7	4.5	2.9	0.67	0.28	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.013	0.003	33	26	3.7	5.7	16	33	21	<0.1
	下層	8.4	26	80	4.7	4.6	2.8	0.74	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.13	0.014	0.004	31	25	3.6	5.5	15	33	20	<0.1
高浜沖	上層	9.1	32	10	5.1	4.9	3.0	1.0	0.30	<0.01	<0.01	0.02	0.16	0.015	0.004	74	22	3.1	5.2	14	26	19	<0.1
	下層	9.1	34	10	5.1	5.0	3.0	0.89	0.33	<0.01	<0.01	0.03	0.16	0.015	0.004	80	21	3.0	5.1	14	25	21	<0.1
玉造沖	上層	9.0	27	89	4.9	4.5	2.9	0.91	0.32	<0.01	<0.01	0.03	0.13	0.015	0.004	55	25	3.5	5.6	15	32	19	<0.1
	下層	8.9	29	92	5.0	4.5	3.2	0.83	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.14	0.013	0.003	51	25	3.4	5.6	15	32	21	<0.1
湖心	上層	8.8	25	7.8	4.8	4.4	2.8	0.74	0.30	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.014	0.004	34	26	3.6	5.8	15	34	22	<0.1
	下層	8.5	26	8.0	4.9	4.3	2.9	0.79	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.12	0.014	0.005	32	26	3.5	5.6	15	34	20	<0.1
西の洲沖	上層	9.0	26	7.9	4.8	4.4	3.1	0.70	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.11	0.011	0.003	29	30	3.8	6.2	15	40	22	0.1
	下層	8.7	28	8.2	4.9	4.2	2.9	0.70	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.11	0.011	0.003	30	29	3.7	6.1	15	39	22	0.1
麻生沖	上層	9.7	31	9.0	4.8	5.2	2.9	0.70	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.011	0.002	27	29	3.7	6.1	15	39	22	0.1
	下層	9.7	31	8.9	4.9	5.5	3.0	0.71	0.30	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.011	0.002	24	29	3.7	6.0	15	39	20	0.1
土浦沖	上層	10.1	30	9.5	5.1	4.5	2.9	1.3	0.69	0.36	0.01	0.03	0.14	0.017	0.004	95	26	4.4	5.5	17	31	26	0.4
	下層	10.0	32	9.8	5.0	4.8	2.9	1.3	0.69	0.37	0.01	0.04	0.15	0.016	0.003	90	25	4.3	5.3	17	31	23	0.5
山王川沖	上層	10.1	47	11	4.6	5.0	2.7	1.4	0.68	0.36	0.02	0.03	0.22	0.021	0.006	120	17	2.6	4.0	13	17	24	1.7
	下層	10.5	46	11	4.8	4.1	2.7	1.6	0.68	0.36	0.02	0.04	0.22	0.021	0.007	130	17	2.5	3.9	13	16	24	1.7
安塚沖	上層	10.7	29	8.6	4.1	3.2	2.2	4.9	4.2	4.0	0.08	0.14	0.17	0.018	0.007	84	22	3.8	8.0	18	27	26	10
	下層	10.7	29	8.8	4.2	3.1	2.4	4.9	4.4	4.0	0.08	0.18	0.20	0.02	0.008	72	21	3.8	8.0	18	26	26	10
阿玉沖	上層	10.6	28	9.2	4.6	3.9	2.3	3.2	2.8	2.6	0.06	0.07	0.13	0.014	0.004	100	21	3.5	7.9	17	26	24	6.6
	下層	10.5	30	9.7	4.4	3.7	2.4	3.4	2.7	2.5	0.06	0.06	0.12	0.014	0.004	100	21	3.4	7.8	17	26	23	6.8
武井沖	上層	11.4	27	9.3	4.5	3.9	2.5	0.97	0.42	0.12	0.01	0.02	0.12	0.008	0.001	100	25	3.1	7.3	15	31	22	0.1
	下層	10.8	29	9.5	4.5	3.7	2.4	1.1	0.47	0.17	0.01	0.03	0.11	0.009	0.001	110	24	3.0	7.3	16	31	22	0.1
釜谷沖	上層	10.3	27	9.3	4.7	4.0	2.5	0.85	0.30	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.009	0.001	48	26	3.1	7.3	15	33	20	<0.1
	下層	9.5	28	9.2	4.5	3.8	2.6	0.86	0.26	<0.01	<0.01	0.03	0.11	0.008	0.001	64	25	3.0	7.2	15	33	21	<0.1
神宮橋	上層	10.2	29	9.8	4.8	4.6	3.0	0.79	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.14	0.012	0.002	44	46	4.4	9.2	18	65	25	<0.1
	下層	10.0	30	9.7	4.9	4.4	2.9	0.82	0.29	<0.01	<0.01	0.02	0.13	0.012	0.002	44	46	4.3	9.1	18	64	25	<0.1
外浪逆浦	上層	9.7	32	9.0	4.8	5.3	3	0.75	0.30	<0.01	<0.01	0.02	0.11	0.011	0.002	33	47	4.6	8.4	17	88	25	<0.1
	下層	9.7	32	9.3	5.3	4.8	3.1	0.71	0.29	<0.01	<0.01	0.03	0.12	0.011	0.002	33	47	4.5	8.3	17	67	24	<0.1
息櫃	上層	9.1	17	8.5	5.2	4.6	3.1	0.68	0.33	<0.01	<0.01	0.03	0.083	0.012	0.001	28	44	4.4	8.2	18	63	22	<0.1
	下層	9.8	19	8.8	5.3	5.1	3.2	0.74	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.09	0.011	0.002	34	44	4.4	8.0	18	63	25	<0.1

表2 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (5月)

平成28年5月31日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chl.a (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
掛馬沖	採水層 上層	9.9	19	7.7	4.5	4.9	2.7	0.48	0.31	<0.01	<0.01	0.03	0.081	0.020	0.004	41	26	4.0	5.7	15	34	23	0.7
	下層	8.6	20	7.6	4.6	4.4	2.7	0.63	0.28	<0.01	<0.01	0.03	0.094	0.012	0.002	47	26	4.1	5.8	15	33	24	0.9
木原沖	上層	8.9	22	7.7	4.3	5.0	2.7	0.55	0.29	<0.01	<0.01	0.03	0.092	0.017	0.003	37	26	4.1	5.9	16	34	20	0.7
	下層	7.7	34	7.4	4.4	3.8	2.7	0.60	0.26	<0.01	<0.01	0.03	0.10	0.011	0.002	36	26	4.0	5.9	16	33	24	1.0
牛込沖	上層	9.0	21	7.9	4.5	4.9	2.8	0.74	0.28	<0.01	<0.01	0.03	0.086	0.016	0.003	42	27	3.9	5.9	15	35	20	0.9
	下層	7.2	18	6.6	4.4	3.7	2.7	0.55	0.27	<0.01	<0.01	0.03	0.074	0.011	0.002	33	27	4.0	5.9	15	34	20	1.0
高浜沖	上層	13	38	12	5.2	6.3	3.1	1.2	0.39	<0.01	<0.01	0.03	0.15	0.034	0.007	130	24	3.5	5.5	14	30	16	1.6
	下層	6.9	29	9.0	4.8	5.2	2.9	0.88	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.13	0.016	0.004	100	24	3.6	5.5	14	30	20	2.1
玉造沖	上層	11	24	10	4.7	5.7	3.0	1.0	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.12	0.023	0.004	97	26	3.7	5.7	15	33	18	1.1
	下層	3.2	42	8.8	4.7	4.3	2.8	1.1	0.49	0.01	0.01	0.24	0.17	0.026	0.017	80	25	3.6	5.6	15	31	21	3.0
湖心	上層	8.1	21	7.2	4.4	4.2	2.8	0.71	0.28	<0.01	<0.01	0.03	0.094	0.014	0.004	51	28	3.9	6.1	15	37	19	1.3
	下層	6.8	26	7.1	4.6	3.6	2.8	0.64	0.28	<0.01	<0.01	0.04	0.089	0.014	0.005	44	28	3.9	6.0	15	37	19	1.5
西の洲沖	上層	10	19	7.9	4.3	5.0	2.8	0.61	0.27	<0.01	<0.01	0.03	0.084	0.015	0.003	44	29	3.3	6.2	16	38	20	1.1
	下層	7.2	22	7.1	4.5	4.4	2.8	0.63	0.27	<0.01	<0.01	0.03	0.087	0.012	0.005	50	29	3.9	6.1	15	37	19	1.3
麻生沖	上層	9.2	25	8.2	4.6	4.9	2.9	0.65	0.29	<0.01	<0.01	0.03	0.089	0.014	0.003	46	33	4.3	7.0	17	45	21	1.1
	下層	8.7	31	8.5	4.8	5.4	2.9	0.71	0.27	<0.01	<0.01	0.03	0.10	0.012	0.003	49	32	4.1	6.6	16	43	23	1.2
土浦沖	上層	10	25	9.1	5.0	4.5	3.1	1.3	0.71	0.32	0.01	0.06	0.14	0.021	0.003	100	29	5.1	5.7	17	35	26	1.9
	下層	6.4	39	8.8	5.1	4.3	3.2	1.4	0.80	0.41	0.02	0.23	0.16	0.019	0.006	67	30	5.3	5.7	17	36	24	2.7
山王川沖	上層	8.9	31	10	5.2	4.8	3.2	1.0	0.37	0.01	<0.01	0.03	0.15	0.024	0.004	100	19	3.2	4.6	14	22	23	3.3
	下層	7.2	41	10	5.6	4.5	3.2	1.1	0.47	0.10	<0.01	0.08	0.18	0.021	0.006	100	19	3.3	4.6	14	21	22	3.8
安塚沖	上層	9.3	24	9.1	5.1	3.8	3.1	3.4	2.8	2.4	0.06	0.07	0.15	0.021	0.008	100	21	3.9	7.3	16	26	23	8.9
	下層	7.9	34	9.6	5.5	4.0	3.2	3.8	3.1	2.7	0.07	0.23	0.17	0.024	0.012	74	21	3.9	7.3	16	25	23	9.9
阿玉沖	上層	9.5	36	10	5.0	4.1	3.0	1.6	0.63	0.25	0.02	0.04	0.18	0.023	0.006	160	23	3.6	7.1	16	28	20	4.8
	下層	8.3	27	10	5.2	4.1	3.0	1.4	0.66	0.28	0.02	0.05	0.16	0.017	0.004	150	22	3.6	7.1	15	28	23	5.0
武井沖	上層	8.5	26	9.0	4.5	4.0	2.7	1.0	0.32	<0.01	<0.01	0.04	0.14	0.018	0.004	110	26	3.4	7.5	16	33	21	1.2
	下層	6.6	24	8.3	4.4	3.9	2.7	0.83	0.27	<0.01	<0.01	0.03	0.12	0.015	0.006	86	26	3.4	7.5	16	33	17	1.4
釜谷沖	上層	10	16	7.9	4.4	4.6	2.7	0.67	0.27	<0.01	<0.01	0.03	0.083	0.012	0.002	46	27	3.4	7.7	16	34	16	1.0
	下層	7.8	24	9.0	4.4	3.8	2.7	0.89	0.26	<0.01	<0.01	0.03	0.12	0.011	0.002	88	27	3.4	7.7	16	69	17	1.2
神宮橋	上層	10	19	8.8	4.9	5.2	3.1	0.72	0.29	<0.01	<0.01	0.03	0.11	0.013	0.002	46	47	4.6	9.5	18	66	19	0.2
	下層	9.5	24	9.8	4.8	5.7	3.0	0.81	0.29	<0.01	<0.01	0.03	0.12	0.012	0.002	60	45	4.5	9.4	18	63	19	0.1
外浪逆浦	上層	9.4	21	8.4	5.0	3.2	0.73	0.31	0.31	<0.01	<0.01	0.03	0.083	0.017	0.002	41	53	5.1	9.1	18	77	22	0.1
	下層	9.2	21	8.8	5.2	5.1	3.3	0.75	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.10	0.011	0.002	44	52	5.1	9.0	18	76	22	0.1
息櫃	上層	9.1	12	7.9	4.8	4.7	3.3	0.65	0.30	<0.01	<0.01	0.03	0.072	0.011	0.002	29	52	5.1	9.0	18	76	22	0.2
	下層	7.3	14	7.9	5.1	4.1	3.3	0.61	0.25	<0.01	<0.01	0.03	0.076	0.009	0.002	23	52	5.1	9.0	18	76	23	0.3



表3 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(6月)

平成28年6月15日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chla (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
掛馬沖	上層	7.5	26	8.0	4.6	4.0	3.0	0.75	0.36	<0.01	<0.01	0.03	0.099	0.016	0.002	53	26	4.3	5.7	15	34	23	1.4
	下層	6.9	30	7.9	4.7	3.9	3.0	0.81	0.34	<0.01	<0.01	0.03	0.13	0.015	0.003	53	27	4.4	5.8	15	34	23	1.5
木原沖	上層	6.8	32	7.8	4.7	3.9	2.9	0.73	0.32	<0.01	<0.01	0.03	0.097	0.016	0.002	48	26	4.3	5.9	16	35	24	1.3
	下層	6.9	33	7.4	4.6	3.5	3.0	0.77	0.32	<0.01	<0.01	0.04	0.10	0.013	0.002	45	27	4.4	5.9	16	35	22	1.3
牛込沖	上層	6.8	23	7.3	4.6	3.5	3.0	0.71	0.35	<0.01	<0.01	0.04	0.084	0.017	0.005	45	27	4.2	6.1	16	36	22	1.8
	下層	6.5	25	6.8	4.5	3.7	3.0	0.83	0.33	<0.01	<0.01	0.04	0.10	0.015	0.006	35	28	4.3	6.2	16	36	22	1.8
高浜沖	上層	6.9	34	9.2	5.1	4.2	3.2	0.99	0.45	0.02	<0.01	0.07	0.13	0.032	0.017	93	25	3.8	5.7	15	32	20	3.3
	下層	6.3	47	8.8	4.8	4.2	3.2	1.1	0.44	0.02	<0.01	0.09	0.15	0.027	0.018	82	25	3.8	5.6	15	32	19	3.5
玉造沖	上層	6.6	31	7.7	4.7	3.7	3.1	0.88	0.46	<0.01	<0.01	0.12	0.13	0.033	0.021	52	29	4.2	6.2	15	38	20	2.8
	下層	6.0	45	8.0	4.6	3.7	3.1	0.96	0.51	<0.01	<0.01	0.14	0.15	0.030	0.023	46	29	4.2	6.2	15	38	21	3.0
湖心	上層	6.4	28	7.2	4.6	3.8	3.0	0.83	0.35	<0.01	<0.01	0.05	0.11	0.027	0.015	48	28	4.1	6.1	15	38	22	2.4
	下層	6.2	28	7.2	4.7	3.5	3.0	0.83	0.38	<0.01	<0.01	0.07	0.12	0.024	0.018	45	28	4.2	6.1	15	37	21	2.4
西の洲沖	上層	7.1	23	7.1	4.6	3.6	3.1	0.71	0.35	<0.01	<0.01	0.04	0.09	0.025	0.012	43	31	4.2	6.5	16	42	22	2.6
	下層	6.8	30	7.2	4.7	3.9	3.0	0.82	0.36	<0.01	<0.01	0.07	0.10	0.023	0.014	38	30	4.3	6.4	16	41	22	2.7
麻生沖	上層	8.2	25	7.7	4.9	4.1	3.3	0.74	0.34	<0.01	<0.01	0.04	0.091	0.020	0.006	45	33	4.4	6.8	16	46	22	2.6
	下層	8.2	21	7.4	4.7	4.3	3.2	0.78	0.34	<0.01	<0.01	0.04	0.099	0.018	0.007	45	33	4.5	6.8	16	46	21	2.6
土浦沖	上層	6.8	33	8.2	5.0	4.0	3.3	1.0	0.56	0.17	0.01	0.08	0.13	0.024	0.006	66	26	4.7	5.6	16	34	23	2.0
	下層	6.8	35	7.7	4.9	3.9	3.3	1.0	0.61	0.15	0.01	0.10	0.14	0.021	0.007	65	26	4.8	5.7	16	34	23	2.0
山王川沖	上層	7.2	39	10	5.7	4.6	3.6	1.3	0.62	0.19	0.01	0.05	0.18	0.029	0.013	100	19	3.4	4.6	13	22	19	3.8
	下層	6.7	40	9.7	5.8	4.4	3.7	1.3	0.64	0.22	0.01	0.06	0.18	0.027	0.014	98	19	3.4	4.5	13	21	18	4.0
安塚沖	上層	6.6	16	8.8	6.5	4.1	3.9	3.0	2.7	1.8	0.05	0.32	0.13	0.039	0.027	45	16	3.8	5.6	13	19	17	7.7
	下層	6.6	16	8.9	6.5	4.3	4.0	3.0	2.6	1.7	0.05	0.31	0.13	0.038	0.026	39	16	3.8	5.6	13	19	17	7.6
阿玉沖	上層	7.5	32	10	5.9	4.9	3.5	1.8	0.92	0.48	0.01	0.04	0.17	0.032	0.019	130	22	3.8	6.7	15	28	21	6.1
	下層	7.4	32	10	5.7	4.9	3.6	1.9	0.95	0.49	0.01	0.04	0.19	0.033	0.014	110	22	3.7	6.6	15	28	20	6.1
武井沖	上層	7.0	24	8.3	4.7	3.9	3.1	0.99	0.42	<0.01	<0.01	0.08	0.13	0.042	0.031	77	26	3.6	7.6	16	34	15	2.2
	下層	6.6	24	7.8	4.7	3.8	3.0	1.0	0.42	<0.01	<0.01	0.08	0.15	0.040	0.031	69	26	3.6	7.2	16	34	19	2.2
釜谷沖	上層	7.2	25	8.3	4.7	3.8	3.1	0.98	0.40	<0.01	<0.01	0.07	0.12	0.035	0.021	68	27	3.7	7.8	16	35	13	2.3
	下層	6.6	26	7.6	4.6	3.8	3.0	0.90	0.42	<0.01	<0.01	0.07	0.12	0.031	0.021	55	27	3.7	7.8	16	35	18	2.4
神宮橋	上層	8.9	20	8.7	5.2	4.1	3.4	0.95	0.36	<0.01	<0.01	0.04	0.12	0.029	0.013	68	46	4.9	9.3	18	64	21	1.9
	下層	8.8	21	8.4	4.9	4.2	3.3	0.94	0.37	<0.01	<0.01	0.04	0.13	0.027	0.013	66	44	4.6	9.1	18	63	21	1.9
外浪逆浦	上層	7.8	14	7.9	5.4	4.4	3.7	0.80	0.40	<0.01	<0.01	0.04	0.092	0.020	0.006	46	61	6	10	19	90	26	0.6
	下層	7.8	14	7.7	5.4	4.5	3.4	0.74	0.39	<0.01	<0.01	0.04	0.088	0.018	0.006	46	59	5.7	9.8	19	89	20	0.6
息橋	上層	8.1	12	8.1	5.5	4.4	3.7	0.76	0.38	<0.01	<0.01	0.04	0.084	0.017	0.003	36	60	5.8	10	20	93	23	0.5
	下層	7.6	12	7.7	5.4	4.3	3.4	0.73	0.36	<0.01	<0.01	0.04	0.084	0.015	0.003	37	59	5.7	9.9	19	92	22	0.5

表 4 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (7月)

	平成28年7月20日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chl.a (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
	採水層	層																						
掛馬沖	上層	6.0	20	6.8	5.2	3.7	3.2	0.89	0.79	0.07	0.03	0.30	0.11	0.060	0.048	3	28	5.0	6.5	16	36	21	4.7	
	下層	5.4	29	7.1	5.6	3.6	3.1	1.0	0.82	0.80	0.03	0.30	0.13	0.062	0.050	4	28	5.0	6.5	16	36	21	4.8	
木原沖	上層	5.7	20	6.8	5.1	3.7	3.1	1.0	0.80	0.06	0.04	0.32	0.13	0.063	0.052	12	28	4.6	6.1	17	36	21	4.7	
	下層	5.5	34	7.2	5.6	3.6	3.0	1.0	0.84	0.06	0.04	0.33	0.15	0.063	0.054	12	29	5.0	6.6	17	36	21	4.8	
牛込沖	上層	5.9	15	6.8	5.0	3.6	3.0	0.93	0.75	0.13	0.05	0.19	0.12	0.069	0.059	16	29	4.5	6.3	17	37	20	5.2	
	下層	5.6	15	6.3	5.2	3.6	3.1	0.92	0.78	0.13	0.05	0.21	0.11	0.072	0.063	12	30	5.0	6.7	17	38	20	5.2	
高浜沖	上層	6.0	26	8.2	5.4	3.7	3.2	1.1	0.87	0.32	0.06	0.12	0.15	0.072	0.053	26	27	4.5	6.3	16	32	15	6.6	
	下層	5.3	43	8.2	5.8	4.3	3.2	1.2	0.94	0.32	0.06	0.16	0.18	0.070	0.058	22	27	4.6	6.3	16	32	19	6.7	
玉造沖	上層	6.2	13	7.4	5.3	4.0	3.1	1.0	0.82	0.30	0.04	0.12	0.13	0.075	0.064	18	28	4.6	6.6	17	36	20	5.9	
	下層	3.0	33	7.4	5.4	3.9	3.0	1.1	0.97	0.35	0.03	0.22	0.16	0.083	0.077	21	28	4.7	6.7	17	35	19	6.5	
湖心	上層	5.7	12	6.6	5.2	3.8	3.1	0.96	0.77	0.20	0.05	0.12	0.11	0.075	0.043	16	30	4.8	6.8	17	39	20	5.5	
	下層	5.6	12	6.3	5.1	3.8	3.1	0.93	0.77	0.21	0.05	0.13	0.12	0.081	0.068	11	31	5.0	7.0	17	39	20	5.5	
西の洲沖	上層	6.3	12	6.7	4.9	4.1	3.1	0.91	0.75	0.27	0.03	0.07	0.12	0.083	0.072	16	31	4.8	6.9	17	41	19	5.8	
	下層	5.3	18	6.9	5.3	3.9	3.1	0.98	0.78	0.27	0.04	0.10	0.13	0.077	0.076	16	32	5.0	7.1	17	42	20	6.1	
麻生沖	上層	7.6	16	7.9	5.2	4.6	3.3	0.93	0.63	0.23	0.03	0.02	0.10	0.048	0.038	30	33	4.7	7.0	16	46	19	6.2	
	下層	7.4	15	7.7	5.3	4.8	3.2	0.93	0.63	0.23	0.03	0.03	0.10	0.048	0.039	38	36	5.1	7.6	18	49	20	6.2	
土浦沖	上層	6.6	22	8.9	5.3	4.9	3.3	1.4	0.90	0.34	0.02	0.16	0.12	0.026	0.010	81	27	5.5	6.0	17	32	23	4.7	
	下層	6.0	24	8.4	5.5	4.8	3.2	1.4	0.92	0.34	0.02	0.17	0.12	0.025	0.013	72	27	5.5	6.1	17	33	22	4.7	
山王川沖	上層	8.9	37	15	6.7	5.0	3.5	1.7	0.46	0.01	<0.01	0.02	0.20	0.056	0.039	140	23	4.1	5.5	15	24	19	7.5	
	下層	7.8	42	14	6.9	4.7	3.6	1.6	0.48	0.05	<0.01	0.02	0.21	0.059	0.046	110	22	4.1	5.5	15	23	19	7.7	
安塚沖	上層	8.8	19	9.1	5.3	4.2	3.0	3.8	3.0	2.5	0.06	0.06	0.12	0.031	0.019	65	21	4.3	8.5	19	24	22	11	
	下層	8.5	18	8.5	5.3	3.3	2.9	3.6	3.1	2.7	0.06	0.08	0.11	0.029	0.021	60	22	4.4	8.7	19	25	22	12	
阿玉沖	上層	1.1	29	15	7.6	5.3	4.0	2.1	0.76	0.21	0.02	0.02	0.18	0.032	0.014	150	28	5.0	6.6	17	36	21	9.2	
	下層	7.1	23	11	7.2	5.7	3.8	1.7	1.0	0.36	0.03	0.13	0.14	0.058	0.046	67	24	4.5	8.0	18	29	21	9.1	
武井沖	上層	8.9	13	9.8	6.3	5.2	3.5	1.1	0.53	0.07	0.02	0.02	0.11	0.060	0.048	53	30	5.0	6.8	17	38	20	5.7	
	下層	5.6	8	7.7	6.2	4.3	3.4	1.0	0.73	0.10	0.03	0.20	0.11	0.074	0.067	27	28	4.4	8.3	17	34	18	5.8	
釜谷沖	上層	10	16	11	6.3	4.6	3.5	1.1	0.46	0.01	0.01	<0.02	0.12	0.060	0.047	60	29	4.3	8.4	17	36	17	5.4	
	下層	8.3	15	9.5	6.2	4.4	3.2	1.0	0.51	0.06	0.03	0.02	0.11	0.061	0.051	60	29	4.5	8.5	18	36	17	5.4	
神宮橋	上層	8.6	30	10	5.6	5.0	3.7	1.1	0.44	0.02	0.02	<0.02	0.17	0.066	0.056	79	53	5.7	10	20	75	20	6.6	
	下層	8.5	30	9.6	5.8	4.8	3.7	1.1	0.43	0.03	0.02	0.02	0.13	0.065	0.057	59	54	5.9	10	20	76	14	6.6	
外浪逆浦	上層	5.8	12	7.2	5.6	4.5	3.8	0.93	0.69	0.04	0.02	0.23	0.10	0.068	0.055	12	53	6.1	9.6	19	78	23	5.0	
	下層	5.8	12	7.2	6.1	4.6	3.7	0.88	0.69	0.04	0.02	0.23	0.10	0.064	0.056	11	54	6.2	9.8	20	79	16	5.0	
息柵	上層	7.1	8	7.1	5.4	4.7	3.7	0.82	0.60	0.04	0.01	0.13	0.086	0.047	0.038	11	53	6.0	9.7	20	78	23	4.6	
	下層	6.3	8	7.2	5.6	5.0	3.7	0.84	0.58	0.04	0.01	0.15	0.078	0.049	0.041	9	54	6.2	10	20	79	23	4.6	

表5 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(8月)

平成28年8月26日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chla (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )	
掛馬沖	上層	10	23	82	53	4.4	3.1	1.0	0.65	0.30	0.04	0.03	0.11	0.037	0.020	55	27	4.7	5.9	14	34	20	1.5	
	下層	6.3	18	6.9	5.3	3.5	2.9	1.2	1.0	0.63	0.04	0.05	0.11	0.045	0.031	29	26	4.6	5.9	14	34	20	3.2	
木原沖	上層	8.4	23	7.6	5.4	4.1	3.1	0.83	0.50	0.09	0.05	0.03	0.13	0.053	0.038	38	26	4.7	6.0	16	32	19	0.6	
	下層	5.5	23	7.4	5.4	3.6	3.0	1.0	0.79	0.30	0.07	0.08	0.11	0.058	0.043	30	25	4.7	6.0	16	32	20	1.8	
牛込沖	上層	7.2	22	7.5	5.5	4.4	3.2	0.71	0.45	0.05	0.06	0.03	0.12	0.062	0.050	19	27	4.6	6.1	16	34	19	0.5	
	下層	5.1	24	7.1	5.4	3.8	3.2	0.82	0.52	0.08	0.07	0.05	0.12	0.065	0.058	30	27	4.6	6.1	15	34	20	0.8	
高浜沖	上層	8.2	22	9.4	5.7	4.3	3.3	1.1	0.72	0.36	0.03	0.03	0.10	0.041	0.024	51	25	4.2	5.9	15	31	19	1.0	
	下層	5.5	21	8.6	5.8	4.2	3.3	1.0	0.73	0.27	0.04	0.05	0.11	0.061	0.038	51	25	4.3	5.9	15	30	19	0.9	
玉造沖	上層	9.4	25	8.3	5.5	3.9	3.3	0.81	0.39	<0.01	0.01	0.03	0.14	0.061	0.045	42	26	4.3	6.1	15	33	19	0.4	
	下層	4.5	32	8.8	5.9	4.0	3.2	1.4	1.1	0.56	0.05	0.16	0.15	0.053	0.043	69	27	4.5	6.3	16	35	19	2.6	
湖心	上層	8.8	25	8.0	5.5	4.1	3.3	0.77	0.46	0.01	0.05	0.03	0.14	0.073	0.065	48	27	4.4	6.2	15	35	19	0.5	
	下層	5.6	24	7.4	5.4	3.9	3.3	0.73	0.54	0.05	0.08	0.03	0.15	0.073	0.069	37	28	4.5	6.2	15	35	19	0.6	
西の洲沖	上層	8.8	24	7.8	5.4	4.2	3.3	0.80	0.51	0.03	0.07	0.03	0.14	0.075	0.063	37	29	4.5	6.4	16	38	19	0.7	
	下層	3.9	39	7.9	5.7	3.8	3.2	0.98	0.61	0.09	0.15	0.04	0.18	0.082	0.080	41	29	4.5	6.4	16	38	18	1.3	
麻生沖	上層	7.5	24	7.5	5.3	3.9	3.3	0.79	0.51	0.07	0.09	0.03	0.13	0.079	0.063	37	30	4.5	6.5	16	40	19	1.2	
	下層	6.8	23	7.4	5.5	3.7	3.3	0.73	0.55	0.09	0.10	0.03	0.12	0.079	0.064	29	30	4.5	6.5	16	40	18	1.4	
土浦沖	上層	10	23	8.2	5.3	3.9	3.1	1.0	0.63	0.21	0.03	0.03	0.11	0.047	0.026	81	27	5.4	5.9	17	34	25	1.4	
	下層	5.6	23	6.5	4.7	3.0	2.7	1.5	1.3	0.91	0.03	0.12	0.10	0.048	0.037	31	29	5.7	6.0	17	35	23	5.5	
山王川沖	上層	8.8	22	9.4	5.5	3.8	3.3	1.6	0.97	0.57	0.02	0.04	0.13	0.030	0.011	110	22	3.8	5.1	15	23	20	2.5	
	下層	7.9	22	8.2	5.5	3.6	3.1	1.5	1.2	0.77	0.02	0.05	0.10	0.032	0.021	66	22	3.8	5.1	15	22	20	3.1	
安塚沖	上層	9.3	12	7.7	5.4	3.4	3.2	3.2	2.7	2.2	0.05	0.03	0.086	0.017	0.005	86	22	3.8	9.8	20	26	26	7.0	
	下層	9.1	11	7.6	5.5	3.4	3.1	3.1	2.7	2.2	0.05	0.04	0.073	0.013	0.005	80	21	3.8	9.7	20	25	25	7.2	
阿玉沖	上層	7.0	15	8.7	6.4	4.2	3.4	2.5	2.0	1.1	0.15	0.28	0.15	0.082	0.065	58	22	3.8	7.3	16	27	19	8.0	
	下層	6.6	13	7.6	6.0	4.0	3.3	2.5	2.2	1.4	0.11	0.30	0.11	0.066	0.054	44	22	3.9	7.2	15	26	19	7.8	
武井沖	上層	8.5	20	10	6.6	4.6	3.8	1.4	0.65	0.07	0.13	0.03	0.18	0.10	0.096	94	25	3.8	7.6	16	31	17	7.8	
	下層	2.9	19	8.9	6.7	4.3	3.7	1.6	1.2	0.48	0.11	0.29	0.19	0.11	0.11	36	24	3.8	7.0	14	30	17	8.4	
釜谷沖	上層	10	20	11	6.5	4.4	3.8	1.2	0.46	<0.01	<0.01	0.03	0.19	0.10	0.095	55	25	3.8	7.7	16	32	17	7.5	
	下層	5.1	19	9.7	6.3	4.2	3.7	1.2	0.64	0.02	0.06	0.17	0.16	0.10	0.11	100	25	3.9	7.6	16	31	16	7.8	
神宮橋	上層	10	32	12	6.6	4.4	3.8	1.2	0.41	<0.01	<0.01	0.03	0.22	0.10	0.087	100	28	4.0	7.9	16	36	17	6.1	
	下層	8.0	33	11	6.2	4.4	3.7	1.3	0.40	<0.01	<0.01	0.04	0.19	0.093	0.090	66	28	4.0	7.9	16	36	16	6.3	
外浪逆浦	上層	6.0	26	7.6	5.1	4.0	3.4	0.93	0.61	0.12	0.09	0.05	0.14	0.075	0.063	34	50	5.5	9.1	18	73	21	1.6	
	下層	5.8	28	7.5	5.7	3.9	3.4	0.92	0.59	0.12	0.09	0.05	0.14	0.070	0.065	23	50	5.5	9.0	18	72	21	1.7	
息橋	上層	7.1	23	7.6	5.5	3.9	3.4	0.87	0.55	0.08	0.07	0.03	0.15	0.069	0.060	45	50	5.5	9.0	18	72	21	1.7	
	下層	6.8	28	7.3	5.6	3.9	3.4	0.95	0.57	0.09	0.08	0.06	0.14	0.072	0.068	49	50	5.5	9.0	18	72	21	1.3	
																								1.4

表6 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(9月)

	平成28年9月16日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	B-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chla (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
	採水層	測定値																						
掛馬沖	上層	6.1	22	6.5	5.0	3.5	2.9	0.94	0.82	0.82	0.35	0.050	0.07	0.12	0.046	0.038	9	24	4.3	5.1	14	33	20	1.9
	下層	6.0	24	6.8	5.1	3.6	2.9	1.0	0.81	0.81	0.35	0.050	0.06	0.11	0.050	0.039	9	23	4.3	5.1	14	32	21	2.0
木原沖	上層	5.8	27	6.8	5.0	3.7	3.0	0.93	0.73	0.73	0.35	0.030	0.04	0.13	0.053	0.041	10	24	4.3	5.1	14	32	20	1.3
	下層	5.9	30	7.1	5.1	3.4	3.0	0.92	0.64	0.64	0.35	0.030	0.03	0.12	0.051	0.041	10	24	4.4	5.2	14	33	20	1.3
牛込沖	上層	5.4	22	6.7	5.0	3.6	3.0	0.94	0.81	0.81	0.42	<0.01	0.02	0.13	0.063	0.053	3	25	4.4	5.3	14	35	20	1.2
	下層	5.2	23	6.8	5.1	3.8	3.1	0.98	0.82	0.82	0.43	<0.01	0.02	0.13	0.069	0.054	5	24	4.3	5.2	14	34	20	1.2
高浜沖	上層	6.6	19	8.0	5.5	3.9	3.2	1.0	0.70	0.70	0.21	0.060	0.06	0.13	0.049	0.038	32	20	3.9	4.6	13	26	18	1.4
	下層	6.1	31	8.8	5.4	4.0	3.2	1.0	0.67	0.67	0.21	0.050	0.08	0.10	0.051	0.040	33	20	3.9	4.6	13	26	18	1.4
玉造沖	上層	5.8	15	7.4	5.2	4.1	3.2	1.0	0.76	0.76	0.26	0.120	0.08	0.11	0.055	0.045	24	22	4.1	4.9	13	29	19	1.4
	下層	5.0	16	7.2	5.5	3.7	3.1	1.1	0.79	0.79	0.27	0.130	0.07	0.10	0.057	0.048	19	22	4.1	4.9	13	30	19	1.4
湖心	上層	5.7	21	6.7	5.1	3.8	3.1	0.88	0.71	0.71	0.32	0.010	0.03	0.13	0.073	0.066	4	29	4.5	5.8	15	40	20	1.0
	下層	5.6	22	6.7	5.2	4.3	3.2	0.93	0.61	0.61	0.31	0.010	0.03	0.14	0.078	0.065	5	29	4.5	5.9	15	40	20	1.0
西の洲沖	上層	5.7	20	7.0	5.1	3.6	3.1	0.89	0.72	0.72	0.36	<0.01	0.02	0.12	0.068	0.061	7	27	4.4	5.5	14	38	20	1.0
	下層	5.5	45	8.0	5.3	4.1	3.1	1.0	0.68	0.68	0.36	<0.01	0.02	0.17	0.065	0.060	9	27	4.4	5.5	14	37	20	1.1
麻生沖	上層	7.7	14	7.2	5.0	3.9	3.2	0.74	0.53	0.53	0.13	0.050	<0.02	0.11	0.058	0.049	19	31	4.6	6.1	15	43	20	0.8
	下層	7.5	14	6.8	5.3	3.7	3.2	0.76	0.41	0.41	0.13	0.050	<0.02	0.11	0.055	0.049	22	30	4.6	6.1	15	43	20	0.7
土浦沖	上層	7.6	11	6.8	4.4	3.1	2.6	1.4	1.1	1.1	0.82	0.020	0.02	0.085	0.020	0.009	28	16	4.5	4.3	16	22	23	6.4
	下層	6.7	14	6.3	4.4	2.9	2.5	1.3	1.1	1.1	0.85	0.020	0.06	0.080	0.022	0.014	18	16	4.4	4.4	16	21	24	7.0
山王川沖	上層	9.0	19	8.9	4.4	3.4	2.6	1.8	1.4	1.4	1.0	0.020	<0.02	0.13	0.021	0.003	83	10	3.5	3.2	10	12	16	6.8
	下層	8.5	21	8.2	4.6	3.1	2.5	1.8	1.3	1.3	1.0	0.020	<0.02	0.10	0.015	0.005	64	10	3.5	3.1	10	11	16	7.1
安塚沖	上層	6.4	10	5.9	3.9	2.4	2.2	5.1	5.0	5.0	4.1	0.100	0.21	0.10	0.035	0.031	12	17	5	7.1	17	22	24	12.0
	下層	6.6	13	6.1	4.1	2.5	2.2	5.0	4.7	4.7	4.0	0.100	0.20	0.094	0.033	0.028	18	17	5	7.1	17	22	24	11.0
阿玉沖	上層	7.4	20	8.3	4.9	3.2	2.6	3.3	2.8	2.8	2.4	0.080	0.09	0.11	0.031	0.021	52	17	4.6	6.6	15	23	21	8.5
	下層	7.1	20	7.8	4.7	3.1	2.6	3.4	2.4	2.4	2.4	0.080	0.10	0.10	0.031	0.023	51	17	4.5	6.6	15	23	21	8.3
武井沖	上層	6.6	12	8.6	5.8	4.2	3.4	1.4	1.0	1.0	0.55	0.100	<0.02	0.10	0.060	0.053	37	25	4.0	7.1	15	34	18	4.6
	下層	5.0	14	8.2	5.9	4.1	3.4	1.3	1.0	1.0	0.61	0.080	<0.02	0.12	0.067	0.059	36	25	4.1	7.2	16	35	19	4.8
釜谷沖	上層	8.2	16	8.9	6.0	4.6	3.6	1.1	0.68	0.68	0.23	0.070	<0.02	0.13	0.059	0.049	52	27	4.1	7.5	16	37	18	4.3
	下層	7.3	16	8.7	6.0	4.4	3.5	1.0	0.56	0.56	0.25	0.080	<0.02	0.12	0.061	0.049	55	27	4.1	7.4	16	37	19	4.4
神宮橋	上層	7.2	40	10	5.8	4.9	3.5	1.2	0.56	0.56	0.11	0.060	0.04	0.19	0.063	0.053	53	30	4.3	7.7	16	40	18	3.0
	下層	6.9	43	10	6.0	4.8	3.6	1.1	0.62	0.62	0.11	0.080	0.04	0.16	0.064	0.052	63	30	4.3	7.7	16	40	18	3.0
外浪逆浦	上層	5.6	19	7.8	5.3	3.9	3.3	0.94	0.74	0.74	0.11	0.080	0.15	0.14	0.078	0.071	23	38	5.1	7.2	16	53	21	1.2
	下層	5.7	19	7.5	5.7	4.1	3.4	1.0	0.70	0.70	0.10	0.080	0.15	0.14	0.082	0.074	25	36	4.8	6.8	15	51	20	1.3
息柵	上層	6.0	21	7.6	5.5	3.8	3.3	0.89	0.66	0.66	0.15	0.080	0.07	0.12	0.066	0.060	19	34	5.0	6.6	15	48	20	1.1
	下層	5.9	23	7.3	5.6	3.9	3.3	0.86	0.63	0.63	0.15	0.080	0.07	0.10	0.068	0.059	18	33	4.9	6.5	15	47	20	1.1

表 7 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (10月)

	平成28年10月19日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chla (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
	採水層	採水層																						
掛馬沖	上層	8.9	14	59	4.3	4.0	2.7	1.1	0.86	0.95	0.01	0.02	0.02	0.079	0.019	0.012	23	23	4.2	5.0	14	28	23	4.2
	下層	8.7	16	64	4.1	3.9	2.7	1.0	0.66	0.85	0.01	<0.02	<0.02	0.079	0.019	0.011	31	22	4.2	4.9	14	28	22	4.3
木原沖	上層	8.7	14	6.1	4.4	4.1	2.8	1.1	0.85	0.51	<0.01	0.01	0.04	0.073	0.021	0.014	23	22	4.2	5.0	14	29	22	4.0
	下層	8.6	18	6.4	4.3	3.9	2.8	1.0	0.71	0.51	0.01	0.01	0.04	0.080	0.020	0.014	27	22	4.3	5.1	15	29	22	4.2
牛込沖	上層	8.1	15	6.2	4.7	4.0	2.9	1.0	0.87	0.53	<0.01	0.02	0.085	0.085	0.038	0.030	14	21	4.3	5.2	14	33	21	2.9
	下層	7.7	16	6.0	4.6	3.9	2.9	1.0	0.63	0.54	<0.01	0.02	0.095	0.085	0.038	0.030	17	21	4.3	5.2	14	33	21	3.0
高浜沖	上層	9.3	18	7.7	4.4	4.2	2.9	1.4	1.0	0.70	0.05	0.02	0.097	0.016	0.009	0.009	57	18	3.7	4.4	12	19	18	4.7
	下層	9.3	18	8.1	4.5	4.1	2.8	1.4	0.77	0.69	0.05	<0.02	<0.02	0.095	0.017	0.007	66	19	3.8	4.4	12	20	19	4.8
玉造沖	上層	7.9	13	6.6	4.5	3.9	2.8	1.3	0.98	0.62	0.05	0.04	0.082	0.082	0.030	0.024	36	20	4.1	4.9	13	28	20	3.6
	下層	8.0	14	7.1	4.8	3.8	2.8	1.2	0.95	0.63	0.05	0.04	0.083	0.028	0.021	0.021	38	20	4	4.8	13	26	20	3.8
湖心	上層	7.5	15	6.0	4.5	3.8	2.9	1.1	0.87	0.52	0.01	0.03	0.087	0.041	0.035	19	21	4.3	5.2	14	33	21	3.0	
	下層	8.0	17	6.1	4.6	3.9	2.9	1.0	0.79	0.52	0.01	0.03	0.085	0.042	0.034	13	21	4.3	5.3	14	33	21	3.0	
西の洲沖	上層	8.3	13	5.9	4.6	3.9	3.0	0.95	0.88	0.47	0.01	0.03	0.085	0.045	0.045	0.038	14	21	4.4	5.5	14	36	21	2.8
	下層	7.5	16	6.1	4.8	3.9	3.0	1.0	0.79	0.47	0.01	0.03	0.093	0.044	0.031	12	21	4.4	5.4	14	36	21	2.9	
麻生沖	上層	10	18	7.8	5.1	5.0	3.4	0.79	0.44	0.08	0.01	0.02	0.087	0.020	0.006	36	21	4.9	6.5	15	49	21	3.7	
	下層	9.9	18	7.8	5.2	4.9	3.4	0.79	0.37	0.08	0.01	<0.02	0.083	0.018	0.005	46	21	4.9	6.4	15	49	21	3.8	
土浦沖	上層	9.3	10	6.0	4.0	3.6	2.4	1.8	1.3	1.2	0.02	0.02	0.089	0.014	0.006	37	26	4.8	5.2	18	27	26	7.8	
	下層	8.8	11	6.1	4.0	3.3	2.4	1.7	1.5	1.1	0.02	0.03	0.074	0.012	0.005	21	26	4.7	5.1	17	27	26	7.8	
山王川沖	上層	9.8	14	6.4	3.4	3.1	1.9	2.3	1.8	1.6	0.03	0.02	0.089	0.012	0.006	41	19	2.5	3.8	12	11	19	9.8	
	下層	9.8	16	6.7	3.3	3.3	1.9	2.3	1.8	1.6	0.03	<0.02	0.093	0.012	0.004	57	19	2.6	3.7	12	11	19	10	
安塚沖	上層	8.7	18	5.2	3.0	2.5	1.7	6.3	6.0	5.3	0.12	0.15	0.099	0.019	0.016	26	26	4.5	8.3	18	26	26	13	
	下層	8.5	15	5.3	3.0	2.4	1.7	6.4	6.0	5.3	0.12	0.14	0.098	0.019	0.015	16	26	4.4	8.2	18	25	26	13	
阿玉沖	上層	9.5	18	6.8	3.8	3.4	2.2	4.6	3.9	3.6	0.10	0.04	0.080	0.010	0.005	43	23	4.5	7.5	17	23	23	10	
	下層	9.5	23	7.2	3.9	3.5	2.2	4.5	4.1	3.5	0.10	0.02	0.095	0.010	0.004	33	23	4.4	7.5	17	23	23	11	
武井沖	上層	7.6	17	7.1	5.1	4.4	3.2	1.9	1.4	1.0	0.07	0.02	0.087	0.026	0.018	35	20	4.2	6.9	15	30	20	4.1	
	下層	7.0	29	8.0	5.2	4.5	3.2	2.0	1.7	1.0	0.08	0.03	0.11	0.027	0.022	38	20	4.1	6.8	15	29	20	4.5	
釜谷沖	上層	9.1	19	8.2	5.6	4.8	3.5	1.2	0.72	0.35	0.08	0.02	0.099	0.023	0.014	41	20	4.1	7.2	15	34	20	2.0	
	下層	8.5	21	8.3	5.5	4.8	3.4	1.3	0.88	0.36	0.08	0.02	0.12	0.025	0.014	46	19	4.0	7.0	15	33	19	2.0	
神宮橋	上層	10	29	10	5.8	5.7	3.6	1.0	0.43	0.05	0.01	0.02	0.13	0.031	0.017	65	21	4.7	8.1	16	51	21	0.6	
	下層	10	36	10	5.7	5.7	3.6	1.0	0.44	0.04	0.01	0.02	0.15	0.030	0.016	63	21	4.6	8.0	16	50	21	0.6	
外浪逆浦	上層	8.5	11	7.5	5.1	4.9	3.4	0.93	0.61	0.24	0.03	0.04	0.11	0.030	0.023	26	22	5.4	7.4	16	58	22	3.2	
	下層	8.5	13	7.6	5.5	4.4	3.4	1.0	0.65	0.24	0.03	0.04	0.10	0.030	0.022	35	22	5.2	7.2	15	58	22	3.2	
息橋	上層	9.4	30	7.1	5.3	4.5	3.4	0.84	0.40	0.21	0.03	<0.02	0.076	0.027	0.015	38	23	5.4	7.5	16	60	23	3.2	
	下層	9.1	29	7.3	5.3	4.5	3.4	0.83	0.62	0.21	0.03	0.02	0.090	0.026	0.014	35	22	5.2	7.4	16	59	22	3.3	

表 8 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (11月)

	平成28年11月16日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	B-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chl.a (μg L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
	採水層	測定値																						
掛馬沖	上層	11	19	7.6	4.3	4.6	4.6	2.6	1.4	0.95	0.50	0.01	<0.02	0.084	0.022	0.002	93	20	4.2	5.0	14	27	22	4.2
	下層	10	17	6.7	4.3	4.0	2.6	1.2	0.84	0.84	0.51	0.01	<0.02	0.080	0.013	0.001	57	20	4.1	5.0	14	28	22	4.3
木原沖	上層	10	16	6.7	4.5	4.3	2.8	1.0	0.77	0.38	0.01	<0.02	<0.02	0.083	0.016	0.002	45	22	4.2	5.3	14	29	21	4.0
	下層	10	16	6.4	4.5	4.2	2.8	0.99	0.99	0.60	0.38	0.01	<0.02	0.083	0.014	0.002	41	22	4.2	5.3	14	30	21	4.2
牛込沖	上層	9.6	16	6.7	4.7	4.2	2.9	1.0	0.70	0.39	0.01	0.02	0.085	0.023	0.008	38	23	4.3	5.4	14	31	21	2.9	
	下層	8.9	16	6.1	4.6	3.9	2.9	0.97	0.65	0.65	0.38	0.01	0.04	0.079	0.020	0.008	22	23	4.2	5.4	14	32	20	3.0
高浜沖	上層	12	16	8.4	4.6	4.9	2.8	1.5	1.0	0.67	0.03	<0.02	<0.02	0.084	0.017	0.002	61	17	3.6	4.8	13	21	19	4.7
	下層	10	14	7.6	4.4	4.3	2.7	1.4	1.1	0.88	0.02	0.02	0.080	0.012	<0.001	<0.001	39	17	3.6	4.9	13	22	19	4.8
玉造沖	上層	11	17	8.2	4.6	4.6	2.8	1.4	1.0	0.56	0.02	<0.02	<0.02	0.083	0.019	0.002	86	19	3.8	5.0	13	24	19	3.6
	下層	8.8	16	6.9	4.8	4.0	2.9	1.2	0.92	0.50	0.02	0.07	0.087	0.016	0.005	30	22	4.1	5.3	13	30	20	3.8	
湖心	上層	9.5	13	6.0	4.5	4.1	2.9	1.0	0.71	0.37	0.01	0.02	0.074	0.016	0.006	30	25	4.3	5.7	14	34	21	3.0	
	下層	9.2	16	6.4	4.7	4.2	2.9	0.96	0.74	0.37	0.01	0.03	0.074	0.018	0.007	31	25	4.3	5.7	14	33	20	3.0	
西の洲沖	上層	9.4	16	6.1	4.5	4.1	2.9	1.0	0.71	0.37	0.01	0.03	0.081	0.021	0.010	41	25	4.3	5.6	14	33	21	2.8	
	下層	9.0	18	6.6	4.6	4.3	2.9	1.0	0.76	0.38	0.01	0.04	0.084	0.021	0.011	40	25	4.3	5.6	14	34	21	2.9	
麻生沖	上層	12	18	8.4	4.9	5.0	3.1	1.2	0.66	0.28	0.01	<0.02	<0.02	0.10	0.022	0.002	95	27	4.5	6.0	14	37	20	3.7
	下層	12	17	7.9	4.8	4.8	3.0	1.0	0.68	0.31	0.01	0.02	0.087	0.018	0.002	80	28	4.5	6.1	14	37	17	3.8	
土浦沖	上層	9.5	12	5.9	4.2	3.7	2.5	1.8	1.2	1.1	0.01	0.04	0.073	0.013	0.001	43	22	4.9	5.0	16	28	25	7.8	
	下層	8.4	12	6.1	4.2	3.6	2.5	1.6	1.4	1.0	0.01	0.09	0.076	0.014	0.002	38	20	4.6	5.0	16	26	23	7.8	
山王川沖	上層	10	18	6.1	3.5	3.2	1.9	2.2	1.9	1.6	0.02	<0.02	<0.02	0.093	0.016	0.003	40	10	2.6	3.5	11	10	17	9.8
	下層	9.4	18	5.9	3.7	3.1	2.0	2.0	1.8	1.4	0.02	0.05	0.086	0.010	0.001	46	11	2.6	3.7	11	12	17	10	
安塚沖	上層	7.4	12	4.4	3.1	2.0	1.6	6.4	6.1	5.4	0.02	0.50	0.10	0.044	0.039	0.039	7	18	4.4	8.2	18	24	24	13
	下層	7.5	9	4.2	3.1	2.0	1.6	6.4	6.1	5.4	0.02	0.39	0.11	0.042	0.040	0.040	5	18	4.3	8.2	18	24	24	13
阿玉沖	上層	10	16	6.3	3.6	3.2	1.9	4.8	3.9	3.8	0.02	0.04	0.085	0.012	0.001	75	18	4.1	7.5	16	23	21	10	
	下層	9.9	19	6.6	3.7	3.4	1.9	4.9	4.5	3.8	0.02	0.07	0.085	0.012	0.002	71	18	4.1	7.5	16	24	21	11	
武井沖	上層	8.5	16	6.8	4.9	4.4	3.0	1.9	1.7	1.0	0.09	0.17	0.071	0.016	0.005	41	22	4.1	7.4	15	31	20	4.1	
	下層	7.5	25	7.5	5.1	4.3	3.0	2.0	1.6	0.97	0.09	0.22	0.10	0.017	0.007	0.007	41	22	4.1	7.3	15	31	20	4.5
釜谷沖	上層	8.7	22	7.4	5.2	4.6	3.2	1.6	1.2	0.52	0.06	0.24	0.088	0.017	0.007	55	24	4.1	7.4	15	31	19	2.0	
	下層	7.9	23	7.3	5.1	4.5	3.2	1.4	1.0	0.48	0.06	0.25	0.088	0.017	0.008	42	24	4.1	7.4	15	33	19	2.0	
神宮橋	上層	10	29	8.4	5.2	5.2	3.2	1.1	0.66	0.27	0.03	0.03	0.12	0.018	0.003	85	31	4.2	7.5	15	43	20	0.6	
	下層	10	38	8.6	5.2	5.3	3.2	1.1	0.73	0.27	0.03	0.03	0.11	0.018	0.003	93	29	4.3	7.5	15	43	20	0.6	
外浪逆浦	上層	10	20	7.6	5.1	4.8	3.2	1.0	0.51	0.24	0.01	<0.02	0.092	0.016	0.002	70	37	4.9	7.2	15	50	20	3.2	
	下層	10	23	7.9	5.1	4.8	3.2	0.99	0.65	0.23	0.01	0.02	0.091	0.016	0.002	68	36	4.9	7.1	15	51	21	3.2	
息櫃	上層	10	13	7.0	5.1	4.6	3.2	0.92	0.60	0.60	0.22	0.01	<0.02	0.075	0.015	0.001	58	40	5.1	7.6	15	58	18	3.2
	下層	9.9	13	7.4	5.1	4.6	3.2	0.95	0.61	0.61	0.23	0.01	0.02	0.070	0.013	0.002	50	40	5.1	7.6	15	58	18	3.3

表9 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(12月)

	平成28年12月20日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chla (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
	採水層	採水層																						
掛馬沖	上層	11	6.4	4.4	3.8	2.6	1.0	0.86	0.53	0.01	<0.02	0.087	0.011	0.003	23	21	3.7	4.7	12	27	22	4.1		
	下層	10	6.1	4.4	3.8	2.6	1.0	0.83	0.52	<0.01	0.02	0.074	0.010	0.002	23	21	3.9	4.8	13	29	22	4.1		
木原沖	上層	11	6.0	4.4	3.8	2.7	0.94	0.73	0.41	<0.01	0.02	0.055	0.011	0.003	22	22	3.7	4.9	13	30	22	3.6		
	下層	11	6.2	4.6	3.7	2.8	0.96	0.74	0.40	<0.01	0.02	0.063	0.010	0.003	18	22	3.8	4.9	13	30	22	3.5		
牛込沖	上層	10	6.0	4.4	3.7	2.8	0.88	0.68	0.34	<0.01	0.03	0.080	0.012	0.005	20	22	3.8	5.0	13	29	21	3.3		
	下層	10	6.0	4.7	3.8	2.8	0.91	0.66	0.35	<0.01	0.03	0.080	0.013	0.005	21	22	3.9	5.0	13	30	21	3.3		
高浜沖	上層	10	6.4	4.4	3.6	2.7	1.5	1.2	0.85	0.02	0.04	0.066	0.015	0.003	24	18	3.2	4.6	12	25	20	4.6		
	下層	10	6.0	4.5	3.5	2.6	1.4	1.2	0.85	0.02	0.06	0.062	0.012	0.003	19	17	3.3	4.6	12	22	19	4.7		
玉造沖	上層	11	6.4	4.5	3.7	2.8	1.2	0.99	0.62	0.01	0.03	0.063	0.014	0.003	28	21	3.5	4.9	12	27	21	3.8		
	下層	10	6.3	4.9	3.6	2.7	1.3	1.0	0.68	0.01	0.06	0.064	0.013	0.004	20	20	3.6	4.9	12	26	20	4.1		
湖心	上層	10	6.0	4.6	3.8	2.8	0.87	0.73	0.35	<0.01	0.03	0.050	0.017	0.004	19	23	3.7	5.0	13	31	22	3.1		
	下層	10	6.1	4.6	3.9	2.8	0.91	0.73	0.35	<0.01	0.03	0.064	0.013	0.004	19	23	3.8	5.0	13	30	20	3.1		
西の洲沖	上層	10	6.1	4.6	3.9	2.8	0.9	0.67	0.31	<0.01	0.04	0.080	0.015	0.006	21	23	3.8	5.0	13	31	22	3.3		
	下層	10	6.6	4.7	4.2	2.8	0.92	0.67	0.31	<0.01	0.04	0.077	0.014	0.007	24	23	3.8	5.0	13	31	21	3.4		
麻生沖	上層	12	7.2	4.9	4.5	3.1	0.82	0.55	0.19	0.01	<0.02	0.07	0.012	0.002	31	34	4.3	6.6	14	47	22	4.4		
	下層	12	7.0	5.0	4.4	3.1	0.85	0.53	0.19	0.01	0.02	0.061	0.010	0.002	30	34	4.3	6.6	14	47	22	4.5		
土浦沖	上層	10	5.6	3.9	3.2	2.3	2.2	2.0	1.6	0.01	0.07	0.071	0.014	0.006	16	22	4.6	4.7	15	27	27	8.0		
	下層	9.8	5.6	3.9	3.3	2.4	2.1	1.9	1.5	0.01	0.09	0.088	0.015	0.008	19	21	4.2	4.6	15	27	26	8.2		
山王川沖	上層	10	5.2	3.2	2.7	1.8	2.3	2.1	1.7	0.02	0.02	0.073	0.016	0.006	25	11	2.3	3.5	11	10	18	9.2		
	下層	10	5.4	3.3	2.7	1.8	2.4	2.1	1.8	0.02	0.02	0.085	0.014	0.006	10	11	2.3	3.5	11	11	18	9.4		
安塚沖	上層	9.6	3.6	2.6	1.7	1.4	8.1	7.9	6.4	0.06	1.3	0.10	0.046	0.046	20	22	4.2	8.7	18	28	29	14		
	下層	9.6	3.8	2.8	1.7	1.4	8.2	7.7	6.3	0.06	1.3	0.10	0.045	0.044	4	22	4.2	8.5	17	30	28	14		
阿玉沖	上層	13	5.8	3.4	3.0	1.9	5.4	5.1	4.4	0.06	0.06	0.059	0.012	0.003	34	21	3.7	7.7	16	28	24	11		
	下層	13	5.7	3.4	3.0	1.9	5.5	5.0	4.5	0.06	0.06	0.066	0.010	0.003	35	21	3.7	7.7	16	29	23	11		
武井沖	上層	11	6.3	4.4	3.8	2.6	2.3	2.0	1.6	0.03	0.09	0.082	0.011	0.003	33	22	3.6	6.9	14	28	21	5.0		
	下層	10	6.3	4.5	3.7	2.6	2.5	2.1	1.7	0.03	0.10	0.062	0.010	0.003	30	21	3.6	6.9	14	29	21	5.3		
釜谷沖	上層	11	6.4	4.8	4.2	3.0	1.4	1.2	0.76	0.02	0.05	0.054	0.009	0.001	23	23	3.6	6.8	14	32	21	2.4		
	下層	10	7.1	5.1	4.3	3.0	1.5	1.2	0.76	0.02	0.06	0.078	0.010	0.002	31	23	3.5	6.7	14	34	21	2.3		
神宮橋	上層	12	6.6	4.9	4.2	3.0	1.0	0.83	0.41	0.02	0.02	0.064	0.011	0.001	25	33	4.0	7.6	15	45	22	2.5		
	下層	11	7.5	5.2	4.5	3.0	1.1	0.78	0.39	0.02	0.02	0.087	0.014	0.003	36	34	3.9	7.5	14	46	22	2.5		
外浪逆浦	上層	12	6.6	4.7	4.3	3.1	0.90	0.65	0.26	0.01	0.04	0.067	0.012	0.002	31	43	4.8	7.8	15	61	24	3.6		
	下層	11	6.9	5.0	4.3	3.1	0.95	0.64	0.26	0.01	0.04	0.072	0.011	0.003	32	43	4.7	7.7	15	61	24	3.6		
息櫃	上層	11	6.8	5.0	4.2	3.1	0.89	0.63	0.25	0.01	0.03	0.063	0.011	0.002	28	42	4.8	7.6	15	59	23	3.9		
	下層	11	6.6	5.0	4.4	3.1	0.89	0.62	0.25	0.01	0.04	0.066	0.010	0.002	30	42	4.6	7.4	15	60	23	4.0		

表 10 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (1月)

平成29年1月17日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	DTP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chl.a (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
掛馬沖	採水層	12	6	5.4	4.4	3.4	2.7	0.92	0.76	0.45	<0.01	0.02	0.041	0.013	0.002	12	23	4.2	5.5	14	29	22	3.5
	上層	12	8	5.7	4.3	3.6	2.7	0.99	0.80	0.47	<0.01	0.02	0.048	0.010	0.002	16	22	4.1	5.5	14	29	23	5.5
木原沖	採水層	12	8	5.8	4.5	3.7	2.7	0.90	0.64	0.36	<0.01	0.02	0.053	0.013	0.002	19	23	4.1	5.7	15	29	21	3.6
	上層	12	12	5.9	4.4	3.8	2.7	1.0	0.81	0.47	<0.01	0.02	0.065	0.010	0.002	18	23	4.1	5.6	15	29	22	7.2
牛込沖	採水層	12	6	6.0	4.5	3.7	2.8	0.93	0.72	0.36	<0.01	0.02	0.050	0.012	0.002	21	24	4.1	5.7	15	30	21	3.4
	上層	12	15	6.1	4.6	3.7	2.7	0.98	0.78	0.44	<0.01	0.02	0.088	0.010	0.002	23	23	4.1	5.6	15	30	22	6.8
高浜沖	採水層	12	9	6.0	4.1	3.8	2.5	1.7	1.4	1.0	0.01	<0.02	0.059	0.010	0.001	30	19	3.6	5.5	15	23	19	3.6
	上層	12	10	6.1	4.1	3.7	2.5	2.0	1.6	1.2	0.02	0.02	0.070	0.009	0.002	35	18	3.3	5.4	14	22	20	1.5
玉造沖	採水層	12	7	5.6	4.3	3.6	2.6	1.3	1.1	0.72	0.01	0.02	0.048	0.010	0.001	22	21	3.8	5.6	14	27	21	3.3
	上層	12	8	5.9	4.6	3.6	2.7	1.1	0.93	0.55	0.01	0.03	0.057	0.008	0.001	23	22	3.9	5.7	15	28	21	1.5
湖心	採水層	12	7	5.7	4.5	3.7	2.8	0.88	0.65	0.33	<0.01	0.02	0.051	0.011	0.001	15	25	4.1	5.8	15	32	22	3.7
	上層	11	41	7.9	4.5	4.2	2.7	1.1	0.67	0.34	<0.01	0.02	0.13	0.010	0.002	22	25	4.0	5.7	15	34	22	1.1
西の洲沖	採水層	12	21	6.4	4.7	4.1	2.8	0.82	0.59	0.26	<0.01	0.02	0.084	0.013	0.003	26	27	4.2	6.0	15	35	21	5.4
	上層	12	22	6.7	4.7	4.0	2.8	0.94	0.60	0.26	<0.01	0.03	0.094	0.012	0.003	28	27	4.1	5.9	15	36	21	1.1
麻生沖	採水層	13	9	6.3	4.7	4.1	2.9	0.72	0.56	0.25	<0.01	<0.02	0.049	0.014	0.003	22	31	4.5	6.6	15	43	22	6.1
	上層	12	11	6.3	4.6	4.1	2.9	0.88	0.60	0.26	<0.01	<0.02	0.063	0.011	0.002	23	31	4.3	6.4	15	42	22	5.6
土浦沖	採水層	12	7	5.4	4.2	3.3	2.5	1.4	1.3	1.0	0.01	0.04	0.053	0.011	0.003	16	24	4.7	5.7	17	29	25	4.4
	上層	12	14	5.8	4.1	3.3	2.5	1.7	1.5	1.0	0.01	0.04	0.072	0.011	0.003	20	24	4.5	5.6	17	29	25	5.7
山王川沖	採水層	12	8	5.5	3.7	3.2	2.2	1.9	1.6	1.3	0.02	0.02	0.055	0.009	0.003	25	16	3.1	5.0	14	19	19	4.0
	上層	12	8	5.7	3.8	3.3	2.2	1.8	1.6	1.3	0.02	0.02	0.056	0.009	0.002	25	17	3.1	5.0	14	19	19	2.9
安塚沖	採水層	11	5	3.5	2.6	1.6	1.3	8.1	8.0	6.5	0.07	1.3	0.094	0.037	0.033	11	21	4.5	9.5	19	27	28	3.5
	上層	11	5	3.7	2.6	1.7	1.3	8.3	7.9	6.6	0.07	1.4	0.10	0.037	0.034	11	21	4.4	9.4	19	27	28	2.9
阿玉沖	採水層	12	10	5.8	3.3	2.9	1.7	5.7	5.3	4.8	0.06	0.08	0.065	0.012	0.004	46	22	4.0	8.8	18	29	25	3.9
	上層	12	9	6.1	3.3	3.0	1.7	5.5	5.4	4.8	0.06	0.08	0.070	0.012	0.005	46	21	3.9	8.6	18	29	24	2.8
武井沖	採水層	12	12	6.1	4.3	3.7	2.4	2.6	2.2	1.8	0.02	0.03	0.061	0.009	0.002	42	23	3.9	7.7	16	29	21	3.6
	上層	12	14	6.5	4.2	3.7	2.5	2.7	2.3	1.8	0.02	0.03	0.065	0.009	0.002	40	23	3.7	7.5	16	29	22	2.8
釜谷沖	採水層	12	13	6.8	4.6	4.1	2.8	1.5	1.2	0.82	0.01	0.03	0.063	0.010	0.002	39	24	3.9	7.4	15	31	21	3.4
	上層	11	15	7.0	4.7	4.1	2.8	1.6	1.1	0.82	0.01	0.03	0.070	0.010	0.002	38	24	3.8	7.4	15	33	21	3.6
神宮橋	採水層	12	15	6.9	4.8	4.2	2.9	1.2	0.91	0.53	0.01	<0.02	0.057	0.011	0.002	35	31	4.2	8.0	16	43	22	4.2
	上層	12	19	7.0	5.0	4.2	2.9	1.2	0.95	0.53	0.01	0.02	0.069	0.012	0.002	33	31	4.0	7.9	16	41	22	3.6
外浪逆浦	採水層	12	15	6.6	5.0	4.2	3.0	0.92	0.65	0.26	0.01	0.05	0.078	0.011	0.003	28	45	5.1	8.4	17	65	18	4.1
	上層	12	14	6.8	4.9	4.2	3.0	1.0	0.67	0.27	0.01	0.05	0.078	0.012	0.002	29	45	4.9	8.2	16	64	24	3.6
息櫃	採水層	12	8	6.3	4.9	4.1	3.0	0.88	0.60	0.25	0.01	<0.02	0.060	0.010	0.002	28	45	5.1	8.5	17	63	24	5.2
	上層	12	8	6.6	4.8	4.1	3.0	0.87	0.59	0.25	0.01	<0.02	0.059	0.011	0.002	31	46	5.0	8.4	17	64	24	3.5



表 11 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (2月)

平成29年2月14日		DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	D-COD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	D-TN (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	TP (mgL <sup>-1</sup> )	D-TP (mgL <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgL <sup>-1</sup> )	Chla (μg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mgL <sup>-1</sup> )	SRSI (mgL <sup>-1</sup> )
掛馬沖	上層	12	7	6.1	4.3	3.9	2.7	0.97	0.77	0.45	<0.01	<0.02	0.041	0.005	0.001	29	23	4.0	5.8	15	31	23	3.3
	下層	12	9	6.1	4.4	4.1	2.7	1.0	0.75	0.44	<0.01	<0.02	0.051	0.007	0.001	27	24	4.0	5.8	15	31	23	3.3
木原沖	上層	12	8	6.2	4.4	3.9	2.7	0.85	0.69	0.37	<0.01	<0.02	0.055	0.007	0.001	30	24	3.8	5.8	15	32	22	3.3
	下層	12	10	6.2	4.5	4.0	2.7	0.90	0.65	0.37	<0.01	<0.02	0.056	0.009	0.001	30	24	3.9	5.9	15	33	23	3.3
牛込沖	上層	12	9	6.4	4.6	3.9	2.7	0.88	0.67	0.40	<0.01	<0.02	0.057	0.007	0.001	30	24	3.8	5.9	15	32	22	3.3
	下層	12	11	6.2	4.5	3.8	2.7	0.91	0.66	0.40	<0.01	<0.02	0.061	0.009	0.002	22	24	3.9	6.0	15	33	23	3.3
高浜沖	上層	12	6	5.9	4.2	3.6	2.5	1.5	1.3	1.0	0.01	<0.02	0.048	0.007	0.001	23	20	3.4	5.7	15	24	21	5.3
	下層	12	7	6.0	4.1	3.6	2.5	1.7	1.3	1.0	0.01	0.02	0.049	0.008	0.001	27	20	3.4	5.8	15	23	21	5.3
玉造沖	上層	13	8	6.3	4.3	3.9	2.7	1.1	0.93	0.66	0.01	<0.02	0.057	0.008	0.001	28	23	3.8	6.0	15	31	21	4.2
	下層	11	10	6.3	4.6	3.8	2.7	1.1	0.82	0.53	<0.01	0.06	0.061	0.009	0.001	25	24	3.9	6.0	15	32	22	3.9
湖心	上層	12	9	5.9	4.3	3.9	2.7	0.89	0.69	0.38	<0.01	<0.02	0.055	0.008	0.001	28	24	3.9	5.9	15	33	23	3.3
	下層	12	10	6.0	4.4	3.8	2.7	0.93	0.67	0.38	<0.01	<0.02	0.056	0.009	0.002	28	24	3.9	5.9	15	31	22	3.2
西の洲沖	上層	12	9	6.3	4.3	4.0	2.8	0.86	0.61	0.33	<0.01	<0.02	0.057	0.008	0.002	31	26	4.0	6.2	15	36	23	3.3
	下層	12	10	6.3	4.5	3.9	2.7	0.90	0.57	0.34	<0.01	<0.02	0.062	0.008	0.001	36	26	4.0	6.1	15	35	22	3.5
麻生沖	上層	13	12	6.9	4.5	4.2	2.8	0.84	0.56	0.24	<0.01	<0.02	0.063	0.008	0.001	35	31	4.2	6.8	16	46	24	3.4
	下層	13	12	6.9	4.6	4.2	2.8	0.86	0.54	0.24	<0.01	0.02	0.069	0.009	0.001	28	31	4.2	6.8	16	43	24	3.2
土浦沖	上層	12	9	6.3	4.3	3.8	2.7	1.8	1.5	1.2	0.01	0.02	0.061	0.008	0.001	30	28	5.2	6.1	18	34	28	5.0
	下層	12	12	6.2	4.4	3.9	2.7	1.6	1.4	1.1	0.01	0.02	0.063	0.009	0.002	19	28	5.1	6.1	17	34	29	4.8
山王川沖	上層	12	8	5.8	3.7	3.2	2.2	2.1	1.6	1.3	0.01	<0.02	0.058	0.007	0.002	23	18	2.9	5.3	14	19	21	6.9
	下層	12	10	5.8	3.8	3.2	2.2	1.9	1.5	1.3	0.01	0.02	0.068	0.008	0.002	31	18	2.9	5.4	15	18	20	6.8
安塚沖	上層	11	8	5.0	2.8	2.1	1.6	7.7	7.0	5.9	0.08	0.83	0.092	0.010	0.007	31	23	4.3	9.6	19	31	29	14
	下層	11	8	5.2	3.0	2.1	1.6	7.6	7.1	6.3	0.08	0.83	0.092	0.012	0.007	32	23	4.3	9.7	20	31	29	14
阿玉沖	上層	12	6	5.2	3.1	2.7	1.7	5.4	5.2	4.3	0.06	0.12	0.048	0.005	0.002	36	23	3.8	9.3	19	31	26	12
	下層	13	6	5.5	3.2	2.8	1.6	5.9	5.3	4.4	0.06	0.12	0.053	0.007	0.002	35	23	3.8	9.4	19	31	25	12
武井沖	上層	12	10	6.3	4.1	3.8	2.5	2.2	1.8	1.4	0.02	<0.02	0.051	0.005	0.001	36	23	3.6	7.7	16	33	23	4.0
	下層	11	12	6.4	4.2	3.9	2.5	2.2	1.9	1.4	0.02	0.02	0.059	0.006	0.001	31	24	3.6	7.8	16	33	23	4.1
釜谷沖	上層	12	10	6.6	4.5	4.1	2.7	1.4	1.1	0.79	0.01	<0.02	0.046	0.005	<0.001	33	25	3.7	7.6	16	33	22	2.5
	下層	11	12	6.7	4.5	4.1	2.7	1.5	1.1	0.82	0.01	0.02	0.051	0.007	0.001	34	25	3.7	7.6	16	34	22	2.5
神宮橋	上層	12	17	7.1	4.5	4.3	2.8	1.0	0.72	0.42	0.01	<0.02	0.074	0.008	0.001	34	41	4.4	8.9	17	58	27	2.5
	下層	12	26	7.2	4.5	4.4	2.9	1.1	0.72	0.42	0.01	<0.02	0.079	0.008	0.001	38	42	4.5	9.0	17	59	25	2.6
外浪逆浦	上層	12	11	6.8	4.8	4.5	3.0	1.0	0.53	0.24	0.01	0.02	0.056	0.006	0.001	29	53	5.2	9.4	18	80	27	2.6
	下層	12	10	7.1	4.8	4.5	3.0	0.89	0.54	0.24	0.01	0.02	0.058	0.007	0.001	34	54	5.3	9.6	18	81	27	2.6
息櫃	上層	12	8	7.0	4.7	4.4	3.0	0.83	0.44	0.16	0.01	<0.02	0.055	0.006	<0.001	35	62	5.6	10	19	97	30	3.4
	下層	12	9	7.2	4.9	4.3	3.0	0.75	0.43	0.16	0.01	0.02	0.056	0.007	0.001	31	66	5.8	11	20	100	31	2.6



## 1-2 水質変動に関する調査研究

### 1 目的

COD や窒素，リンといった水質項目の組成を知ることは，水質変動を解析する際に重要である。これまででも，各水質項目を溶存態と懸濁態に，さらに，溶存態を有機態や無機態に分けた分析・解析が行われているが，懸濁態をそれ以上に分画した研究例は少なく，その組成については不明な点が残されている。

そこで，本研究では，浮遊物質の分画により各水質項目の懸濁態成分を植物プランクトン由来と底泥由来に区分し，懸濁態成分のうち底泥由来の占める割合について検討した。

### 2 方法

解析には 2014 年 4 月以降の霞ヶ浦を対象とした当センターの水質モニタリング結果のうち，西浦湖心の懸濁態 COD (p-COD)，懸濁態 TN (p-TN)，懸濁態 TP (p-TP)，浮遊物質 (SS)，揮発性浮遊物質 (VSS)，不揮発性浮遊物質 (FSS) を用いた。

VSS 濃度は SS 濃度測定後のろ紙の焼成 (450 °C, 2h) 前後の重量差から，FSS 濃度は SS と VSS の濃度差から算出した。なお，VSS は主に植物プランクトン由来，FSS は主に底泥由来と仮定した。

浮遊物質は VSS と FSS の和であるので，(1) 式が成り立つ。

$$\text{懸濁態濃度} = K_{VSS} \cdot VSS + K_{FSS} \cdot FSS \quad \dots(1)$$

ここで， $K_{VSS}$  と  $K_{FSS}$  は単位当たりの VSS 及び FSS に含まれる各水質項目の含有率であり，各項目の  $K_{VSS}$  および  $K_{FSS}$  の算定には，植物プランクトン<sup>1)</sup> 及び底泥<sup>2)</sup> の各水質項目の含有量を用いた。各  $K_{VSS}$  および  $K_{FSS}$  の値は表 1 のとおりである。

表 1 各水質項目の  $K_{VSS}$  及び  $K_{FSS}$

p-COD		p-TN		p-TP	
$K_{VSS}$	$K_{FSS}$	$K_{VSS}$	$K_{FSS}$	$K_{VSS}$	$K_{FSS}$
0.35	0.06	0.050	0.006	0.0062	0.0017

### 3 結果の概要

各懸濁態水質項目の実測値と (1) 式による推定値を比較したところ，推定値は実測値の季節変動を概ね再現できたことが確認された (図 1)。そこで，各懸濁態水質項目のうち，底泥由来 (FSS 成分) の占める割合を 2014 年 4 月から 2016 年 10 月の期間で計算すると，p-COD, p-TN, p-TP でそれぞれ 25%, 19%, 35%であった。また，その割合の年平均値は，2014 年では p-COD, p-TN, p-TP でそれぞれ 21%, 16%, 29%であったが，2016 年 (4 月から 10 月) では，それぞれ 36%, 28%, 46% と高くなっていた。

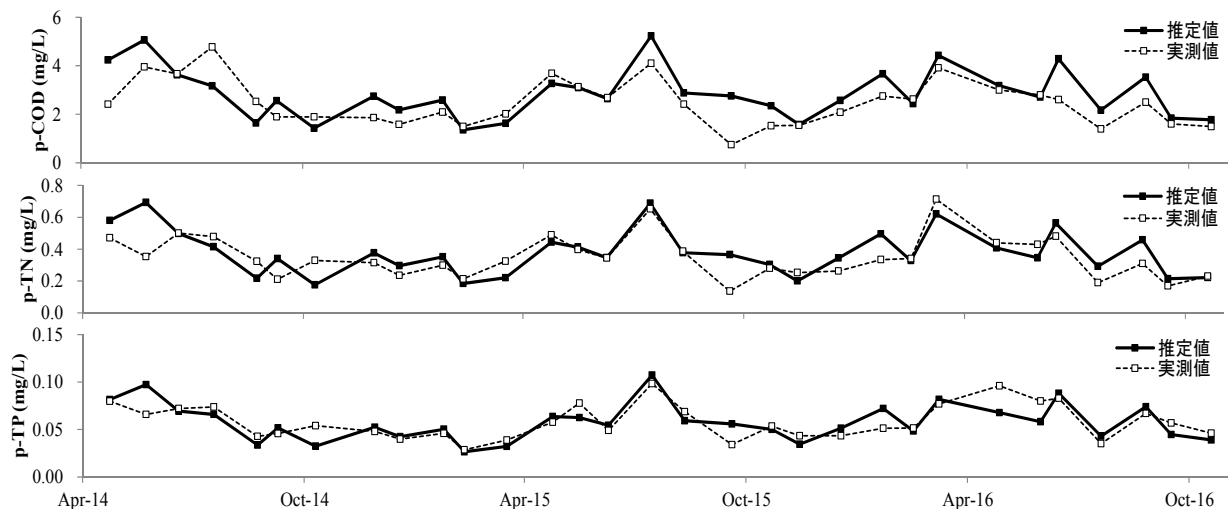


図1 2014年以降における西浦湖心のp-COD(上), p-TN(中), p-TP(下)の実測値と推定値の比較

### 1-3 平成 28 年度のアオコ発生について

#### 1 調査の概要

6月7日から9月16日までの計13回、湖内のアオコの発生状況や水質調査を実施した。水質調査は、アクリル製のカラムを使用して水面下20cmまでの湖水を採水し、フィコシアニン濃度（藍藻類に含まれる色素）、クロロフィルa、窒素（TN, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N）、りん（TP, PO<sub>4</sub>-P）の測定に供試した。

水質調査の結果と気象予報を元に「アオコ情報」を13報発信し、関係機関にメールで送付すると同時に、センターのホームページに掲載した。

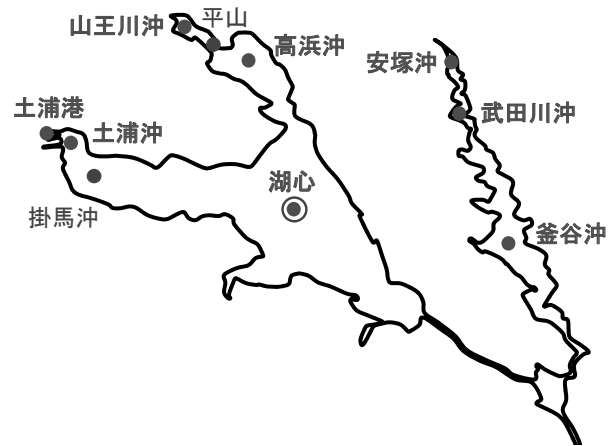


図1 霞ヶ浦地点図（赤は調査地点を示す）

#### 2 アオコの発生状況

##### (1) 平成 28 年度のフィコシアニン濃度の推移（図 2）

西浦では、7月20日に山王川沖で1000 µg/L（アオコレベル3から4程度）と高い濃度を示したが、土浦港、土浦沖及び湖心では低濃度で推移し、100 µg/L（アオコレベル1から2程度）を超える期間はなかった。北浦では、7月12日に武田川沖で660 µg/L（アオコレベル2から3程度）と、北浦の調査地点での最大値を示した。

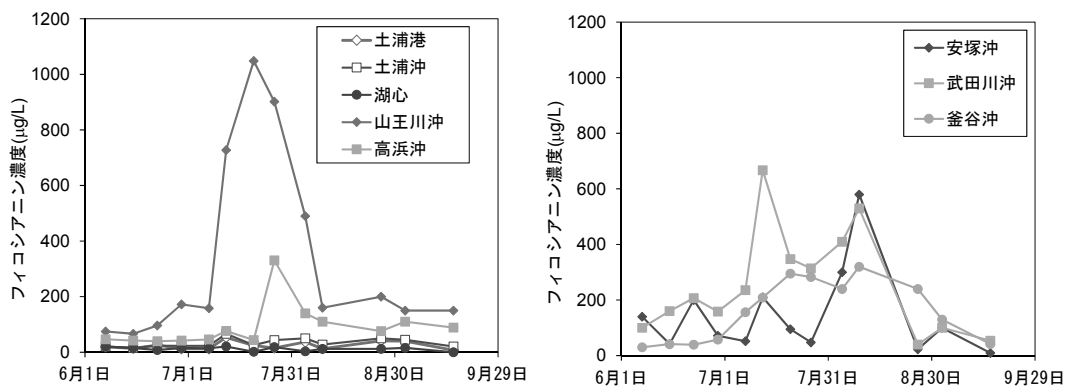


図2 フィコシアニン濃度の推移（左：西浦，右：北浦）

##### (2) 過去 3 年間との比較（図 3）

平成 28 年度のフィコシアニン濃度は、土浦港、土浦沖及び湖心では、平成 25 年度から平成 27 年度よりも低濃度で推移した。山王川沖の7月中旬から7月下旬の間及び釜谷沖の7月中旬から8月上旬までの間は、平成 25 年度以降で最も高くなった。

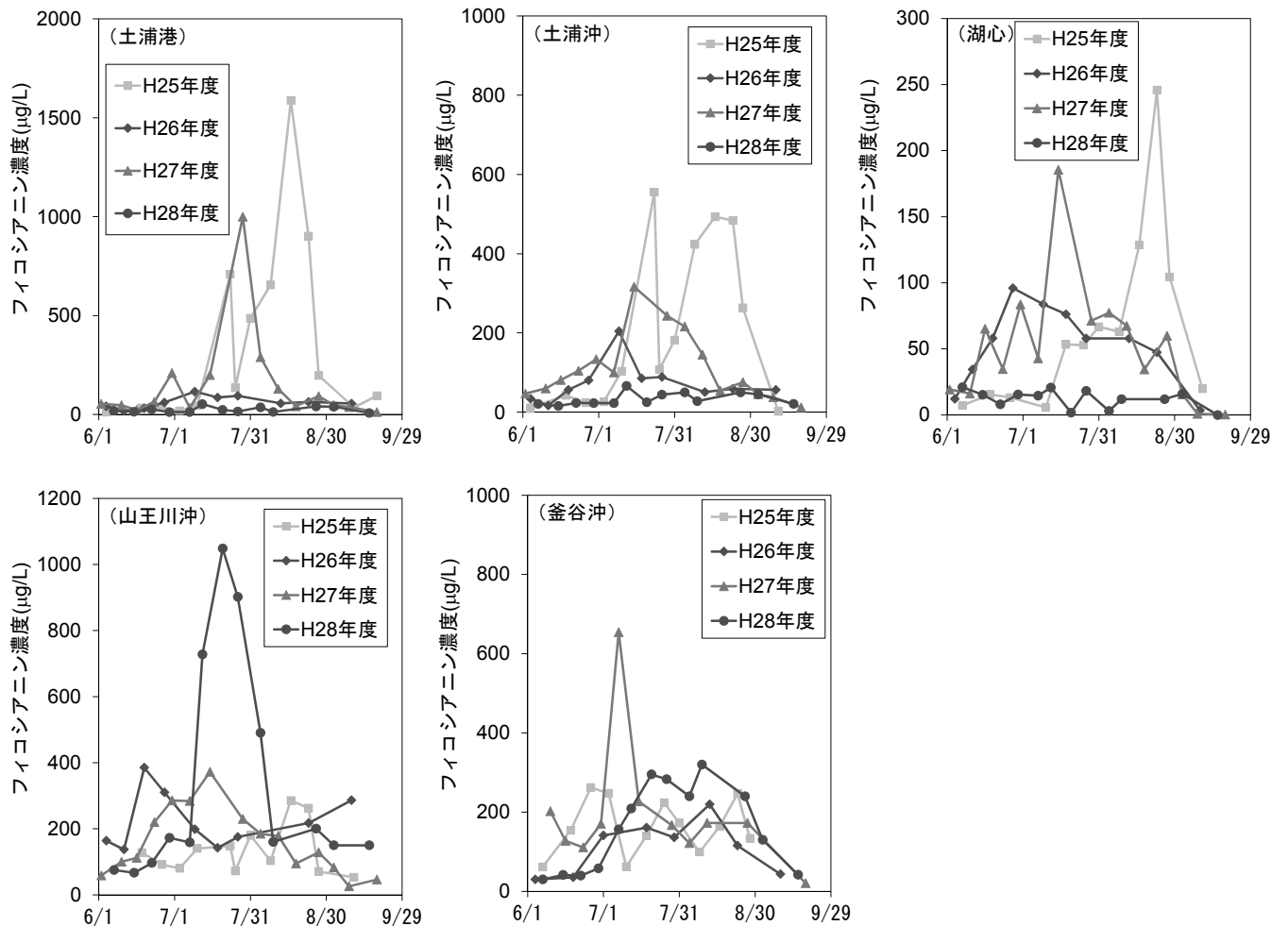


図3 湖内5地点におけるフィコシアニン濃度の推移

### 3 アオコの発生と栄養塩及び気象等との関係

平成28年度の霞ヶ浦におけるアオコの発生の特徴は、高浜入では発生がみられたが、土浦入ではアオコの発生がほとんど見られなかったことである。

そこで、土浦入でアオコの発生がほとんど見られなかった原因を検討するため、初めに過去の状況と比較した。

#### 【過去の状況との比較】

##### (1) 栄養塩 (図4)

土浦沖、湖心及び山王川沖の溶存無機態窒素 (DIN)・りん酸態りん ( $PO_4\text{-P}$ ) を過去3年間と比較すると、7月中旬から8月上旬にかけてDINが高く、その他については同程度であった。

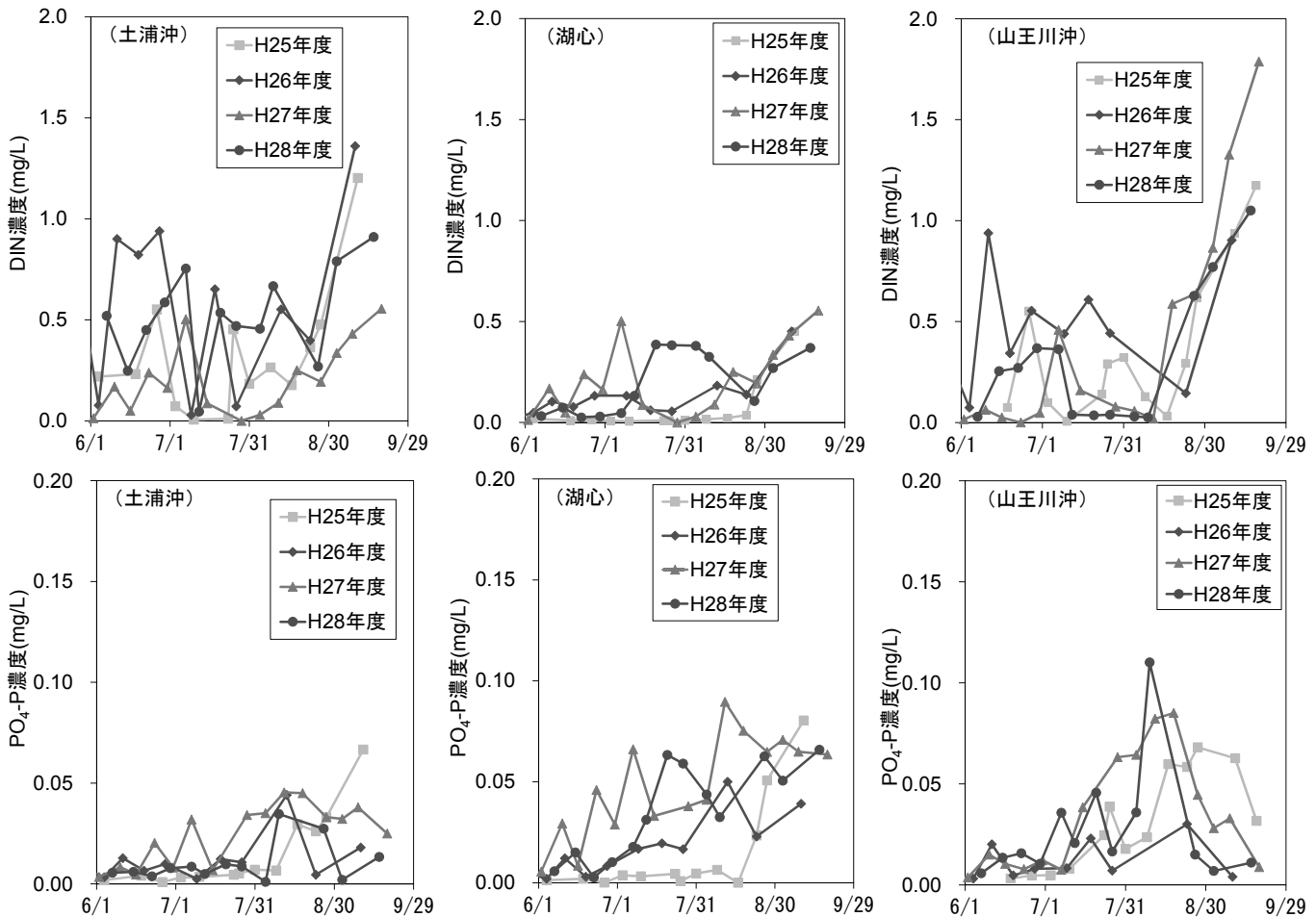


図4 DIN (上) とりん酸態りん(PO<sub>4</sub>-P) (下) の推移

(2) 気象等

① 日照

図5につくば(館野)における日照時間の推移を示した。過去3年間と比較すると、平成28年度の7月の日照時間は短かった。

② 風

図6に湖心における風向を示した。平成28年度の湖心における風向は、過去3年間と比較すると、7月下旬から8月上旬にかけては北方向からの風が多かったが、全体的には南方向からの風が多く、概ね同じ傾向であった。

③ 水温

図7に掛馬沖、湖心及び平山における水温の連続測定結果を示した。7月下旬に全地点で、水温の急激な低下が見られた。

日照に関して地点間差は考えにくい。また、風による集積効果に関しても、土浦沖及び山王川沖の両地点では、南～東方向の同じ方向からの風により藍藻類が集積すると考えられるため、地点間差は考えにくい。これらのことから今年度のアオコの発生状況には、水温が大きく関係していると考えられたため、土浦沖、湖心及び山王川沖の水温の比較を行った。

【地点間の比較】

平成28年度の6月から7月における湖内の水温の地点差は、山王川沖近くの平山と比較して土浦沖近くの掛馬沖及び湖心では低かった。また、7月下旬に全地点で、水温の急激な低下が見られた(図8)。

土浦沖及び湖心では、7月下旬の水温低下の影響を受けて藍藻類の増殖が見られないまま終息を迎えたと考えられる。なお、山王川沖では6月から7月までの水温が十分高く、7月下旬の水温の低下の影響を受ける前に藍藻類は増殖できたと考えられる。また、水温が低くなった原因としては、気温が低かったこと(図9)、及び日射量が少なかったことがあげられる(図10)。

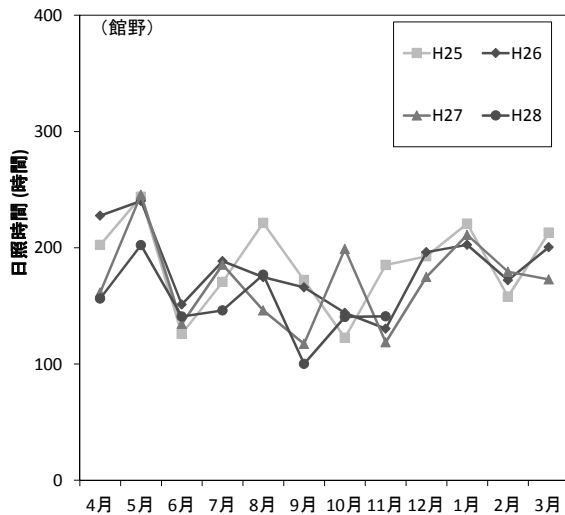


図5 館野における日照時間の推移

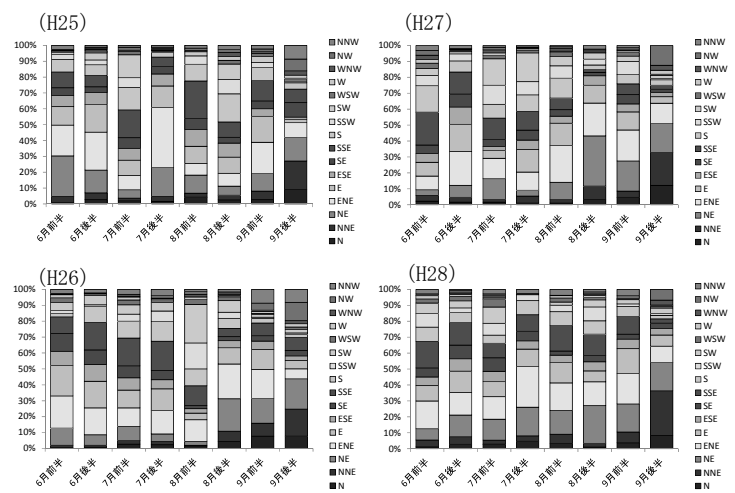


図6 湖心における風向の推移

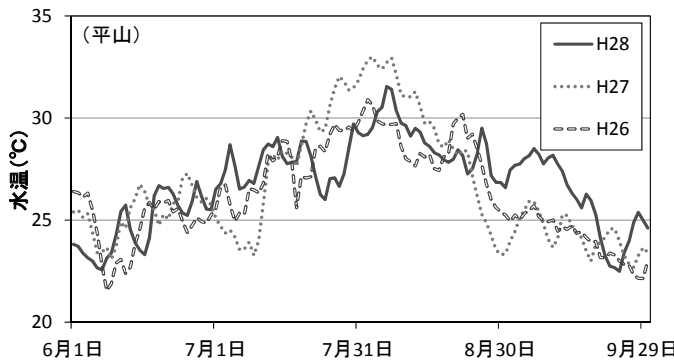
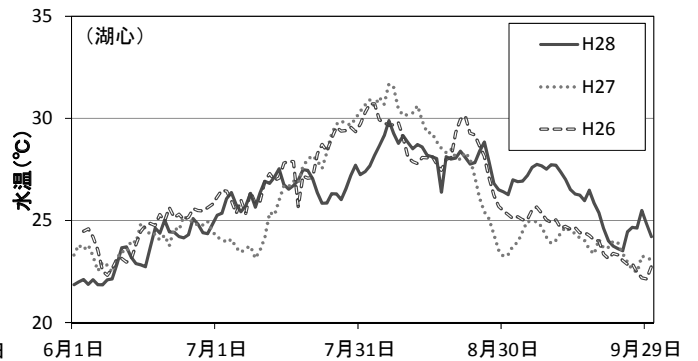
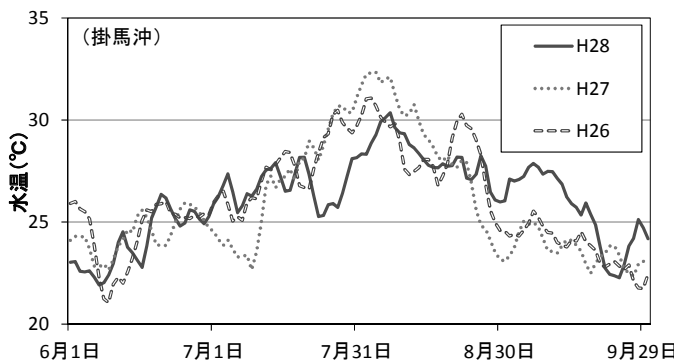


図7 掛馬沖, 湖心及び平山における水温の過去との比較



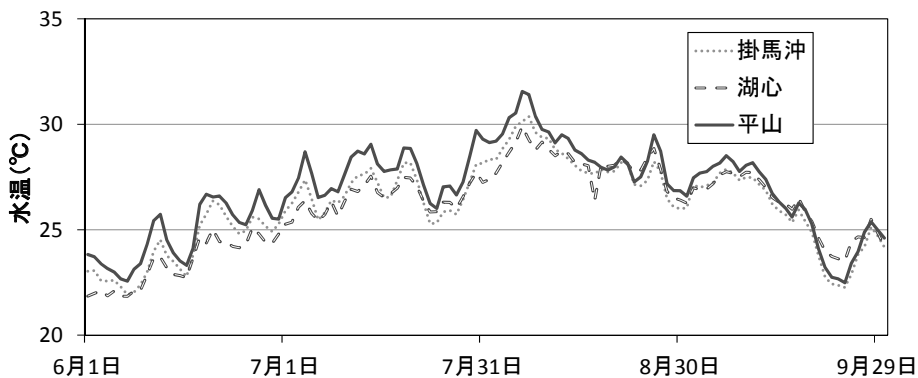


図8 掛馬沖、湖心及び平山における水温の地点間比較

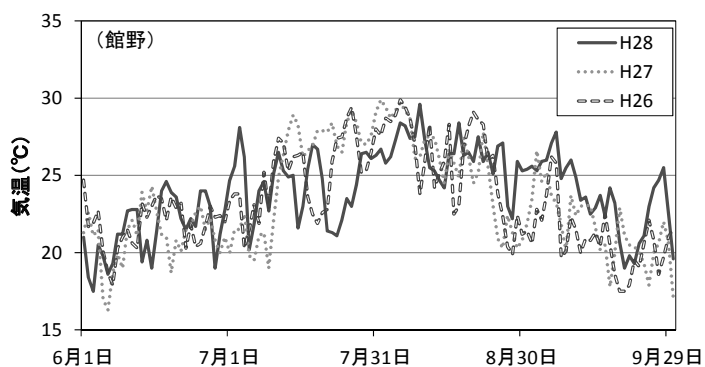


図9 館野における気温の推移

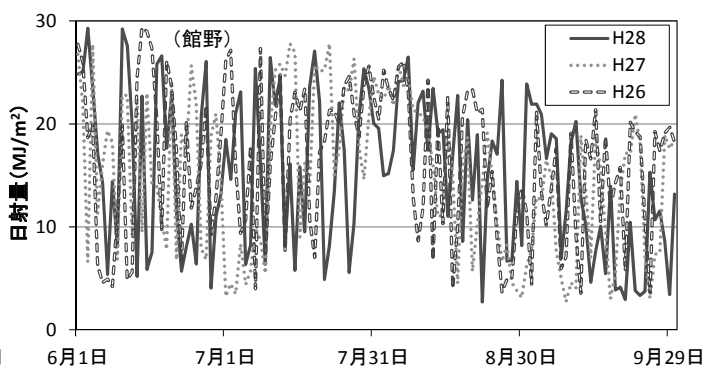


図10 館野における日射量の推移

#### 4 まとめ

平成28年度の土浦沖は、山王川沖と比べて6月から7月にかけて水温が低く、アオコが少なかった。さらに、7月下旬に水温が低下したことで土浦沖ではアオコが発生できなかったと考えられる。

## 1-4 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、規模等を精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。

平成 28 年度には、対象地点である土浦入にて集中的に底泥中と湖水中におけるマイクロシスティスの存在量を調査すると同時に、水柱における藍藻類の日周運動観測を予定した。また、アオコ増殖に影響する環境因子を検討するため、過去のデータ等を用いてアオコ増殖モデルの構築を試みた。

### 2 方法

#### (1) 試料採取

採取地点は、土浦入内の土浦港 (St. TK)、土浦沖 (St. TO)、掛馬観測所 (St. KU) の他、湖心 (St. KS) とした (図 1、表 1)。採泥は簡易コアサンプラー (KB 型、離合社) を用いて船の左舷・右舷・船尾から 1 回ずつ行い、この平均値を地点の値とした。採水は内径 10 cm、高さ 50 cm のアクリル製カラムを用いて行い、水面から 20 cm 深さまでの湖水を採取し、Whatman GF/F ( $\phi=25\text{mm}$ ) で 20mL を濾過した。泥の採取は 4 月から 11 月に月に一度行い、湖水の採取は、泥採取と同時期の他、6 月から 9 月までは、ほぼ毎週行った。

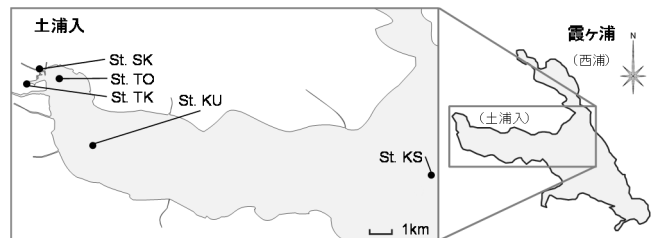


図 1 調査地点概略図

表 1 調査地点の世界測地系座標

地点	緯度	経度	略号
土浦港	36° 04'45"N	140° 12'33"E	St. TK
土浦沖	36° 04'49"N	140° 13'21"E	St. TO
掛馬沖	36° 03'17"N	140° 14'50"E	St. KU
湖心	36° 02'17"N	140° 24'15"E	St. KS

#### (2) DNA 分析

DNA の抽出・精製には、Extrap Soil DNA Kit Plus ver.2 (日鉄エンジニアリング社) を用いた。Power SYBR® Green Master Mixes (Thermo Fisher Scientific) とリアルタイム PCR (7500 Real-Time PCR System, Applied Biosystems) を用いて、遺伝子量を測定した。測定は既往研究<sup>1)</sup>を参考にした。また、一細胞あたりの遺伝子量が一定であるという仮説のもと、実験室で培養したマイクロシスティス (NIES-87, 国立環境研究所) の細胞濃度を計数・算出し、その培養液を用いて細胞数を推定した。

#### (3) アオコ発生機構解明のための生態系モデルの構築

アオコが大発生した平成 23 年から、平成 27 年までの 4 年間における 6 月から 9 月のデータを用いて、霞ヶ浦土浦入を対象に、流動サブモデルと水質サブモデルから構成される生態系モデルの構築を委託した。各計算格子は土浦港入湾において 75m 格子、その他掛馬沖までの領域を 225m 格子、鉛直層分割を湖底から 0.5m とした。

### 3 結果

#### (1) 底泥中におけるマイクロスティスの変動

平成 28 年度における底泥中マイクロスティスの変動が明らかになった(図 1)。平成 28 年も平成 27 年の同地点の平均値と同様の  $10^4 \sim 10^5$  cell g-wet sediment<sup>1</sup> で推移していた。平成 27 年と比較して、7 月から 8 月の底泥中細胞濃度の増加がみられなかった理由は、今年度の土浦入湖水中のマイクロスティス濃度が低かったためと考えられた。

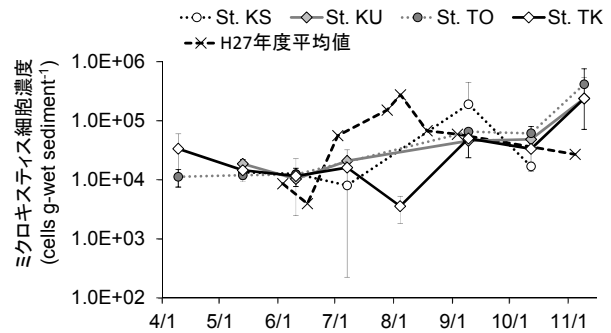


図 2 湖底表層泥中のマイクロスティス細胞濃度。エラーバーは標準偏差を示す。

#### (2) 水柱中におけるアオコの日周運動

今年度は土浦入においてマイクロスティスを主とするアオコの発生がみられなかったため、予定していた日周運動の計測を行うことができなかった。そこで文献調査を行い、マイクロスティスの日周鉛直運動に伴う知見を集めた。湖沼における藍藻類の鉛直分布は、湖沼環境や藻類種によって異なった。マイクロスティスの鉛直分布も、夜や朝方に表層に集積する知見<sup>2,3)</sup>の一方で、日中は湖底に沈む<sup>4)</sup>知見もあり、ばらついていて。霞ヶ浦の高浜入中央部でマイクロスティスの鉛直分布を測定した Takamura and Yasuno<sup>5)</sup>は、早朝 6 時までには表層に著しく集積し 14 時半までには水深 1.2m から 1.8m 層に集積が移行したことを示したが、鉛直分布には、水温や光量のみならず、群体サイズやガス胞サイズなどの生理学的影響もあると考察していた。

#### (3) 生態系モデルを用いたアオコ発生機構の検討

表 2 に示す実測値を用いて生態系モデルの構築を行った。流動サブモデルによる流況の再現確認のため、掛馬沖の水温計算値と実測値を比較し、再現性を確認した。水質サブモデルは、霞ヶ浦全域で内部生産による負荷の影響が大きいことから、植物プランクトンの生産や消費の他、有機物の分解や底泥での溶出と酸素消費を考慮した。また、植物プランクトンはアオコ原因であるマイクロスティスとそれ以外の藻類の 2 種を想定した。掛馬沖の COD 計算値と実測値を比較して水質サブモデルの再現確認を行ったが、概ね再現できていた。詳細は研究報告 1-2 に記す。

表 2 生態系モデルに用いた実測値データの出典

データ	出典
河川流量	国土交通省 水文水質データベース
気象条件	気象庁 データベース
湖沼水位	国土交通省 水文水質データベース (国土交通省)湖心水位データ
河川水質	環境省 公共用水域データ
湖内水質	茨城県 霞ヶ浦環境科学センターモニタリングデータ 茨城県 霞ヶ浦環境科学センターアオコ情報データ 茨城県 土浦港直接浄化実証事業等 環境省 公共用水域データ 国立環境研究所 霞ヶ浦データベース 水資源機構 自動観測所データ

#### <参考文献>

- 1) N. Tomioka, A. Imai and K. Komatsu. J. Plank. Res., 33, 8, 1263-1273. 2011
- 2) Okino, T. Jap. J. Bot., 20, 381-402, 1973
- 3) Reynolds, C. S., Proc. r. Soc. Lond. B., 184, 29-50, 1973
- 4) Ganf, G. G., J. Ecol., 62, 611-629, 1974
- 5) N. Takamura and M. Yasuno, Hydrobiologia, 112, 53-60, 1984

## 1-5 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窒素濃度は長年上昇傾向にあり、平成27年度には平均値で5.6 mg/Lとなり、これは西浦流入河川の約2倍であった。<sup>1)</sup> 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、北浦流域では農業が盛んに行われていることから、畑地に投入された化成肥料や堆肥・家畜排せつ物（以降「堆肥等」）に由来する窒素成分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。また、堆肥等に由来する有機態窒素の土壌中での無機化（無機態窒素への分解）には時間がかかることや、土壌粒子への無機態窒素の吸着等により、施肥（特に堆肥等）由来の窒素が流域内の土壌に蓄積していると考えられ、その影響が長期間継続すると推定される。

本年度は、北浦流入河川のうち流域面積が最も大きい巴川と、流域面積が2番目に大きく窒素濃度が最も上昇している銚田川の2河川流域を対象に、河川、地下水ならびに土壌に関する現地調査を実施するとともに、窒素成分の河川濃度及び流出量、地下水濃度ならびに土壌蓄積量を把握・予測する「銚田川・巴川窒素動態モデル」の構築を行った。

### 2 方法

#### (1) 河川調査

##### 1) 調査頻度・地点

毎月1回、平水時（降雨に伴う出水の影響がない状態）に調査を行った。調査地点は、銚田川では9地点（H1～H9）、巴川では9地点（T1～T9）それぞれ設定した（図1）。

##### 2) 測定項目

流量、pH、電気伝導率（EC）、懸濁物質（SS）、化学的酸素要求量（全量（COD）、溶存態（D-COD））、全有機態炭素（TOC）、溶存有機態炭素（DOC）、全窒素（TN）、溶存態全窒素（D-TN）、硝酸態窒素（NO<sub>3</sub>-N）、亜硝酸態窒素（NO<sub>2</sub>-N）、アンモニア態窒素（NH<sub>4</sub>-N）、全リン（TP）、溶存態全リン（D-TP）、リン酸態リン（PO<sub>4</sub>-P）、溶存態無機イオン（カリウム（K<sup>+</sup>）、ナトリウム（Na<sup>+</sup>）、カルシウム（Ca<sup>2+</sup>）、マグネシウム（Mg<sup>2+</sup>）、塩化物（Cl<sup>-</sup>）、硫酸（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）、反応性溶存態ケイ素（SRSi）

#### (2) 地下水調査

##### 1) 調査地点

11月に、銚田川・巴川流域内にある8つの井戸（W1～W8）で採水を行った（図1）。このうち、W1～W3及びW7では、平成20年度以降、NO<sub>3</sub>-N + NO<sub>2</sub>-N濃度が環境基準値（10 mg/L）を続けて超過している。<sup>2)</sup>

##### 2) 測定項目

pH、EC、DOC、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、無機イオン（K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）

#### (3) 土壌調査

##### 1) 調査地点

銚田町民プール跡地（図2）において、1月25日に土壌ボーリング調査を行い、地表面から深さ10mまでの不攪乱土壌コアを採取した。調査地点は、約40年前～5年前までプールの構造物が設置されており、その後は荒地となっている。また、プール構造物設置前は畑地であった可能性が高い。なお、同地点では3年前にも同様の土壌ボーリング調査が行われている。<sup>3)</sup>

また、畑地に施用された堆肥等に含まれる窒素成分の土壌中での形態変化及び溶脱に関する知見を得るため、茨城県農業総合センター農業研究所（水戸市）内肥料連用畑圃場（以降「肥料連用畑圃場」）において、11月5日に同様の土壌ボーリング調査を行った。本圃場では、32年前より各種肥料（堆肥等を含む）の連用試験を行っており、本調査では乾燥豚糞連用区及び無施肥区の2試験区で土壌を採取した。なお、本圃場の土壌は、銚田川・巴川流域にも広く分布する黒ボク土（表層腐植質黒ボク土）である。また、本圃場では深さ400～500cmに地下水面が存在していた。

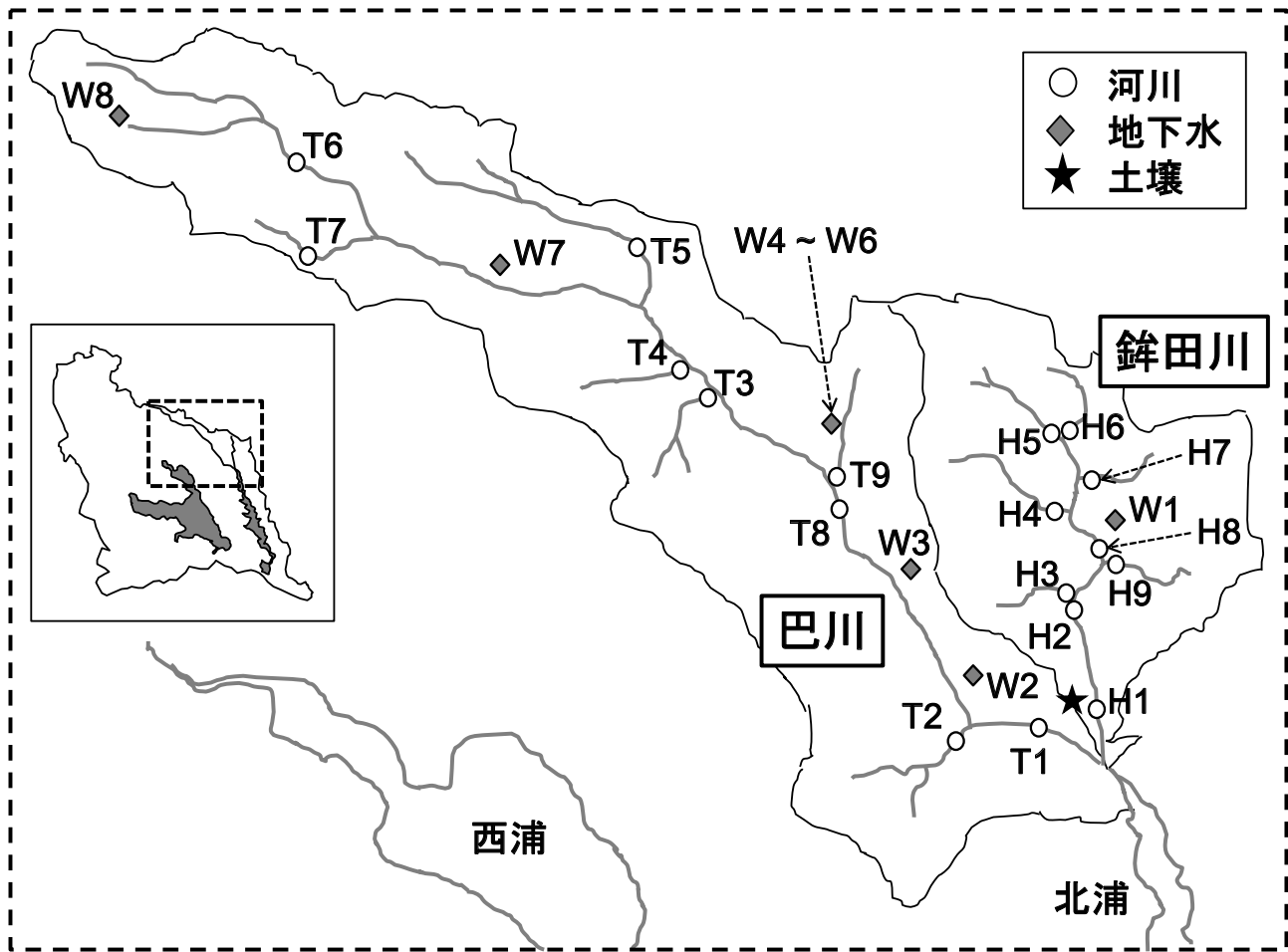


図1 調査地点

2) 測定項目

土壌コア試料を層位別に分け、各層の土壌間隙水を採取し、DOC、D-TN、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、D-TP 及び PO<sub>4</sub>-P を測定した。

(4) 銚田川・巴川流域窒素動態モデルの構築

銚田川・巴川流域における窒素成分の河川濃度及び流出量、地下水濃度ならびに土壌蓄積量を把握・予測するため、土壌-表流水-地下水系における窒素成分の反応及び移行を計算するモデルを構築した（委託業務）。

3 結果の概要

(1) 銚田川・巴川の窒素濃度（別表1～12）及び負荷量

- 銚田川の各調査地点における TN 濃度は、灌漑期（5～8月）は平均値で 3.2～20 mg/L、非灌漑期（9～3月）は同 8.2～20 mg/L となり、特に本流下流部（H1、H2）ならびに中流部左岸より流入する 1 支流（H9）において高い値を示した。これらの地点では、NO<sub>3</sub>-N が TN の大部分を占める他の地点と異なり、NH<sub>4</sub>-N が TN の 28～41%（年平均値）と高い割合を占め、かつ TN 濃度が NH<sub>4</sub>-N 濃度とほぼ同様の変動パターンを示したことから、NH<sub>4</sub>-N が TN 濃度を押し上げている主な要因であると考えられる。一方、巴川の各調査地点における TN 濃度は、灌漑期は平均値で 2.1～5.8 mg/L（採水しなかった T8、T9 を除く）、非灌漑期は同 4.1～9.5 mg/L と銚田川に比べて低く、またいずれの地点でも NO<sub>3</sub>-N が TN の大部分を占めていた。
- 各河川最下流部における TN 流出量（= TN 濃度×流量）は、銚田川（H1）では灌漑期、非灌漑期

の平均値でそれぞれ 6.4 g/s, 12 g/s, 巴川 (T1) では同 19 g/s, 17 g/s であった。巴川は銚田川と比べて TN 濃度は低い流量が大きいので、流出量としては銚田川より大きくなった。

- (2) 地下水の窒素濃度 (別表 1 3) 及びその汚染要因
- ・ 調査した 8 井戸のうち 5 つ (W1 ~ W3, W7, W8) において、環境基準値 (10 mg/L) を超える濃度の  $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$  (99.9%以上が  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) が検出された。
  - ・  $\text{NO}_3\text{-N}$  の汚染要因について、地下水の主要イオン組成をもとに検討した結果、高濃度 (10 mg/L 以上) の  $\text{NO}_3\text{-N}$  が検出された地点では、いずれも畑地に施用された硫酸塩化成肥料や堆肥等が主な要因であり、特に W1 及び W2 では  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度が高かったことから前者の影響が大きいと推定された。<sup>4,5)</sup>
- (3) 土壌間隙水の窒素濃度 (別表 1 4)
- ・ 銚田町民プール跡地では、プール構造物撤去後覆土された部分 (深さ 0 ~ 353 cm) 以深の土層において、D-TN 濃度が深さ 800 cm 以浅では 1.0 ~ 9.0 mg/L であったのに対し、それ以深では 20 mg/L 以上となっていた。3 年前の調査時には、覆土 (深さ 0 ~ 290 cm) を除く全層で高濃度 (30 mg/L 以上) の D-TN が検出されたこと<sup>3)</sup>から、過去畑地に施用された化成肥料や堆肥等に由来すると想定される窒素成分が 3 年間で約 5 m 以上溶脱したと推定される。本地点では、覆土を除く全層が砂質であることから、窒素が溶脱しやすい状況であったと考えられる。
  - ・ 肥料連用畑圃場では、地下水水面より上層 (深さ 0 ~ 350 cm) における D-TN 濃度が、乾燥豚糞連用区では無肥料区の 2.6 ~ 6.4 倍となっており、特に作土層 (深さ 0 ~ 約 40 cm) で高かった。
- (4) 銚田川・巴川流域窒素動態モデルの構築
- ・ 構築したモデルを用いて水流動計算を行った結果、河川流量及び地下水位の各実測データに対して概ね良好な再現性が確認された。また、境界条件を調整することにより、地下水位の再現性を向上できる可能性が示された。  
来年度は、構築したモデルをさらに改良し、窒素成分の反応及び移行に関するシミュレーションを行う予定である。

## 引用文献

- 1) 茨城県(2016): 平成 27 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果, 434 pp.
- 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) 北村立実, 鈴木雄一, 江口定夫, 吉尾卓宏, 大内孝雄, 黒田久雄(2013): 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, **9**, 63-67.
- 4) 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**, 255-263.
- 5) 三上英敏, 高田雅之, 三島啓雄(2009): 地下水硝酸汚染に係わる汚染源簡易判定の手順, 北海道環境科学研究センター所報, **35**, 27-34.

別表 1 河川の現地測定及び水質分析結果 (4 月)

調査日:平成28年4月26日

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L
巴川 T1	2.04	7.5	30.4	13	5.5	3.2	2.5	1.6	5.0	4.9	4.2	0.04	0.08	0.088	0.028	0.015	3.3	19	17	7.2	20	24
T2	0.20	7.6	28.6	4.4	2.6	1.5	0.89	0.76	6.8	6.7	6.5	0.01	0.04	0.034	0.015	0.013	1.2	14	16	9.5	17	24
T3	0.08	7.5	31.0	7.2	4.3	2.8	2.0	1.6	7.6	7.6	6.8	0.03	0.09	0.051	0.016	0.009	2.1	14	21	8.7	18	26
T4	0.30	7.5	25.2	37	11	4.6	5.4	2.7	3.5	2.7	2.2	0.02	0.06	0.17	0.013	0.002	2.7	16	14	5.2	17	21
T5	0.11	7.5	25.5	40	11	4.9	4.4	2.6	2.5	1.8	1.4	0.03	0.12	0.23	0.007	0.007	3.9	19	13	3.9	21	22
T6	0.80	7.0	24.8	18	9.0	8.2	3.5	2.5	3.7	3.4	3.0	0.06	0.09	0.12	0.013	0.009	4.4	14	14	4.6	19	26
T7	0.09	7.3	22.2	6.8	5.2	4.0	2.7	2.0	3.5	3.2	2.9	0.01	0.05	0.058	0.010	0.004	3.3	15	11	3.6	18	15

別表 2 河川の現地測定及び水質分析結果 (5 月)

調査日:平成28年5月19日(銚田川),5月24日(巴川)

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L
銚田川 H1	0.24	7.3	45.7	13	8.1	6.4	4.3	3.8	11	11	6.5	0.33	4.2	0.14	0.062	0.041	7.9	26	21	11	41	43
H2	0.39	7.5	47.3	6.8	7.6	6.6	4.3	3.8	16	15	7.8	0.31	7.4	0.094	0.051	0.032	9.4	21	22	12	33	52
H3	0.02	7.7	37.8	6.8	7.8	6.7	4.3	3.9	7.6	7.1	6.5	0.05	0.20	0.085	0.047	0.033	6.3	21	23	9.0	31	27
H4	0.10	7.6	36.7	2.4	3.3	2.7	1.6	1.4	9.9	9.6	9.3	0.02	0.03	0.042	0.033	0.026	2.0	20	21	9.7	35	19
H5	0.10	7.6	23.3	8.0	5.6	4.7	3.2	2.6	3.4	3.2	2.9	0.01	0.06	0.073	0.040	0.028	2.0	11	14	6.0	14	20
H6	0.03	7.3	37.8	10	5.2	4.3	2.5	2.1	8.7	8.5	8.1	0.04	0.12	0.11	0.069	0.049	2.7	23	20	9.3	33	39
H7	0.07	7.5	36.3	16	5.2	4.1	2.6	2.2	10	9.8	9.3	0.02	0.04	0.10	0.044	0.030	2.5	16	22	12	21	45
H8	0.24	7.5	33.2	4.8	4.2	3.4	2.1	1.9	8.2	7.5	7.3	0.03	0.10	0.055	0.033	0.023	2.7	17	20	9.0	25	27
H9	0.07	7.6	77.2	8.0	12	11	7.5	6.9	31	31	9.8	0.66	20	0.22	0.13	0.098	21	35	29	19	58	97
巴川 T1	2.10	7.2	29.6	10	6.2	5.2	3.1	2.9	3.6	3.4	3.0	0.06	0.13	0.099	0.046	0.037	3.7	19	16	6.5	23	21
T2	0.19	7.3	29.8	9.2	5.7	4.8	2.6	2.4	5.3	5.3	4.9	0.05	0.06	0.070	0.035	0.024	1.5	14	16	9.8	18	25
T3	0.09	7.3	30.6	3.6	5.0	4.7	2.8	2.6	6.1	6.0	5.5	0.03	0.05	0.048	0.028	0.018	2.5	14	19	8.3	19	23
T4	0.23	7.3	26.9	10	6.8	5.5	3.7	3.1	2.8	2.7	2.2	0.03	0.13	0.065	0.027	0.017	2.9	16	15	5.7	19	20
T5	0.17	7.2	25.6	33	11	6.4	4.8	3.7	1.8	1.4	0.76	0.04	0.25	0.26	0.042	0.024	4.5	19	12	3.6	23	19
T6	0.58	7.1	23.5	11	6.3	5.1	3.2	2.8	1.6	1.5	1.1	0.01	0.11	0.075	0.023	0.017	3.4	14	12	4.2	18	22
T7	0.07	7.2	23.9	8.4	5.6	4.6	3.2	2.4	2.5	2.3	1.9	0.02	0.10	0.061	0.024	0.016	3.3	17	11	4.0	19	18

別表3 河川の現地測定及び水質分析結果(6月)

調査日:平成28年6月10日(銚田川),6月14日(巴川)

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L
銚田川 H1	0.60	-	46.2	18	8.1	6.4	4.1	3.4	11	10	6.0	0.40	3.8	0.16	0.063	0.045	8.2	24	23	11	36	39
H2	0.21	7.4	48.3	6.8	6.4	5.8	4.4	3.0	14	14	8.0	0.54	5.7	0.095	0.049	0.035	9.7	21	24	13	33	49
H3	0.03	7.4	42.2	3.2	7.3	6.7	4.0	3.6	7.4	7.1	6.8	0.09	0.19	0.071	0.052	0.042	7.6	24	25	9.8	34	22
H4	0.11	7.5	38.9	6.8	4.6	3.6	2.1	1.9	8.8	8.7	8.2	0.06	0.06	0.076	0.050	0.044	2.2	22	22	10	37	16
H5	0.08	7.5	25.4	7.6	7.1	6.5	3.8	3.6	3.0	2.9	2.5	0.03	0.11	0.074	0.043	0.029	2.4	12	15	6.6	15	16
H6	0.03	7.4	39.2	14	6.4	4.9	2.9	2.4	6.9	6.7	6.2	0.06	0.06	0.10	0.055	0.043	2.5	26	21	9.3	35	34
H7	0.04	7.4	39.3	3.2	3.7	3.4	2.0	1.8	11	11	10	0.03	0.03	0.061	0.042	0.037	2.2	17	25	13	22	43
H8	0.15	7.5	33.6	3.6	5.2	4.7	2.5	2.3	7.1	7.1	6.8	0.05	0.07	0.065	0.041	0.026	2.8	16	21	9.4	23	22
H9	0.06	7.5	60.2	7.2	8.1	7.3	4.4	4.0	16	16	6.7	0.78	8.2	0.25	0.19	0.16	15	37	25	16	54	66
巴川 T1	5.57	7.2	23.5	30	9.3	5.8	4.2	3.3	2.8	2.5	2.1	0.03	0.10	0.19	0.048	0.032	3.2	14	12	4.7	15	15
T2	0.20	7.3	26.3	13	6.8	4.8	3.2	2.7	4.7	4.4	4.0	0.03	0.09	0.12	0.057	0.047	1.8	12	14	8.6	14	17
T3	0.13	7.3	22.9	6.8	6.3	5.5	3.4	3.1	3.1	3.0	2.7	0.03	0.08	0.061	0.029	0.017	2.2	11	14	5.4	14	14
T4	0.18	7.3	25.0	6.4	6.7	6.3	3.6	3.2	2.5	2.3	1.9	0.03	0.13	0.051	0.026	0.016	2.7	16	14	5.4	19	14
T5	0.35	7.3	21.0	20	8.2	6.3	3.6	3.2	1.7	1.6	1.0	0.03	0.16	0.14	0.044	0.032	3.8	15	10	2.9	18	13
T6	0.68	7.2	21.6	18	6.5	5.0	3.0	2.7	1.8	1.7	1.3	0.01	0.08	0.095	0.029	0.018	3.5	13	12	3.8	15	17
T7	0.16	7.1	22.2	18	6.8	4.7	3.0	2.5	2.5	2.3	1.9	0.01	0.09	0.086	0.020	0.010	3.0	15	11	3.6	18	16



別表4 河川の現地測定及び水質分析結果(7月)

調査日:平成28年7月7日(銚田川),7月27日(巴川)

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	SRSI mg/L
銚田川 H1	0.10	-	7.3	42.6	4.4	4.5	3.9	2.4	2.1	8.2	7.3	0.22	0.69	0.096	0.057	0.047	5.6	25	24	12	35	33	欠測
H2	0.24	7.4	48.0	5.2	4.9	4.3	2.2	2.0	2.0	14	8.6	0.86	4.2	0.062	0.033	0.023	10	21	25	13	31	53	欠測
H3	0.03	8.4	41.2	10	7.2	5.6	3.4	2.9	2.9	8.4	7.8	0.06	0.06	0.063	0.039	0.028	6.8	23	25	10	34	23	欠測
H4	0.10	7.9	38.8	4.0	3.2	2.3	1.5	1.3	1.3	8.6	8.3	0.02	0.04	0.044	0.031	0.024	2.3	22	23	11	35	18	欠測
H5	0.00	7.6	26.4	9.2	7.0	5.8	3.7	3.5	3.1	3.1	2.6	0.02	0.12	0.085	0.037	0.023	2.6	13	17	7.7	15	20	欠測
H6	0.03	7.5	37.1	16	5.9	4.2	2.9	2.1	6.9	6.9	6.6	0.03	0.06	0.099	0.043	0.034	2.7	22	22	10	29	34	欠測
H7	0.04	7.5	39.6	2.4	3.2	2.7	1.7	1.4	11	10	9.9	0.02	0.02	0.037	0.023	0.019	2.5	17	25	14	21	47	欠測
H8	0.10	7.6	33.4	4.0	3.3	2.9	1.7	1.6	7.4	7.3	7.2	0.03	0.05	0.043	0.027	0.021	2.8	16	21	10	20	25	欠測
H9	0.05	7.4	63.1	18	(95) <sup>a</sup>	(120) <sup>a</sup>	52	33	16	15	8.0	1.2	6.1	0.44	0.37	0.31	13	32	27	17	48	65	欠測
巴川 T1	2.98	7.4	31.6	7.6	5.0	4.1	2.5	2.2	3.7	3.7	3.4	0.03	0.08	0.070	0.034	0.029	3.2	21	18	7.6	22	20	13
T2	0.19	7.4	29.9	14	5.5	3.1	2.4	1.6	5.9	5.9	5.7	0.01	0.06	0.072	0.021	0.018	1.6	13	17	10	16	23	14
T3	0.06	7.3	30.9	2.8	4.8	4.2	2.6	2.2	5.0	5.0	4.6	0.03	0.06	0.053	0.022	0.016	2.1	15	21	8.6	18	19	13
T4	0.20	7.2	28.2	6.0	6.8	6.0	4.1	3.5	2.4	2.4	2.0	0.03	0.13	0.061	0.031	0.022	2.5	18	16	6.2	21	18	9.3
T5	0.31	7.2	28.4	22	9.0	5.6	4.9	3.2	1.7	1.4	0.78	0.06	0.23	0.19	0.050	0.038	5.6	24	13	3.7	25	17	11
T6	0.48	7.1	26.1	16	6.6	4.7	4.1	2.8	1.2	0.97	0.59	0.01	0.13	0.091	0.023	0.013	3.4	18	14	4.9	21	18	7.9
T7	0.06	7.1	26.6	10	7.0	5.2	5.0	3.0	2.1	2.0	1.7	0.01	0.08	0.078	0.031	0.019	3.5	20	13	4.4	24	18	6.7

<sup>a</sup> D-CODの分析値(120 mg/L)がCODの分析値(95 mg/L)を大幅に超過したため、参考値とした。

別表5 河川の現地測定及び水質分析結果 (8月)

調査日:平成28年8月3日(鉾田川H1~H6), 8月25日(鉾田川H7~H9, 巴川)<sup>a</sup>

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	SRSI mg/L
鉾田川 H1	1.80	7.2	42.0	7.6	5.0	4.2	3.0	2.3	8.0	8.0	7.2	0.29	0.38	0.087	0.045	0.040	5.6	23	25	13	32	34	15
H2	1.32	7.3	47.4	28	7.9	5.0	5.4	2.4	13	13	9.6	1.1	2.0	0.18	0.067	0.060	9.4	22	27	14	33	43	15
H3	0.04	7.5	43.3	8.0	5.5	4.6	5.5	2.7	8.1	8.1	7.7	0.04	0.04	0.074	0.047	0.043	7.9	26	26	10	37	24	14
H4	0.13	7.4	35.8	2.4	2.4	2.0	1.7	1.1	9.2	9.2	8.9	0.01	0.03	0.032	0.024	0.024	1.5	17	23	10	26	17	15
H5	0.04	7.4	27.1	4.8	4.5	4.2	4.4	2.6	3.3	3.2	3.1	0.02	0.06	0.041	0.026	0.021	1.5	13	19	7.7	15	18	15
H6	0.03	7.2	43.6	8.0	3.9	3.3	3.5	2.0	8.2	8.2	7.4	0.04	0.06	0.085	0.060	0.053	2.0	30	24	11	39	33	15
H7	0.26	7.2	42.5	18	4.6	2.9	2.0	1.5	12	12	12	0.02	0.05	0.11	0.048	0.048	4.4	16	26	14	26	54	13
H8	0.72	7.4	35.1	8.4	4.0	3.1	1.7	1.5	8.5	8.2	7.9	0.02	0.04	0.048	0.031	0.031	3.4	14	22	10	23	34	13
H9	0.11	7.2	64.1	7.2	7.0	6.6	3.7	3.4	18	18	11	0.85	6.0	0.14	0.086	0.086	16	31	29	19	54	61	16
巴川 T1	9.15	7.3	24.9	24	6.5	4.1	2.5	2.1	4.4	4.2	3.7	0.05	0.14	0.11	0.036	0.036	4.6	12	14	4.7	16	21	10
T2	0.13	7.5	30.0	9.6	4.1	2.2	1.3	0.96	7.1	7.0	6.8	0.01	0.04	0.042	0.019	0.019	1.4	13	17	11	19	25	16
T3	0.08	7.3	27.2	2.4	3.8	3.4	2.0	1.9	5.0	5.0	4.5	0.02	0.05	0.021	0.012	0.010	2.5	10	19	7.5	15	24	11
T4	0.22	7.2	26.9	4.0	4.6	4.1	2.8	2.3	5.5	5.5	5.0	0.06	0.07	0.027	0.016	0.013	3.3	11	19	6.4	16	21	9.9
T5	0.95	7.2	22.4	23	5.9	3.6	2.4	1.8	5.2	5.1	4.5	0.03	0.13	0.081	0.017	0.017	5.3	10	14	3.5	15	21	8.2
T6	2.51	7.1	22.3	24	6.0	4.6	2.2	1.9	3.8	3.7	3.2	0.05	0.14	0.088	0.029	0.028	5.1	10	13	3.8	15	23	8.1
T7	0.63	7.1	16.9	18	6.6	3.9	2.4	1.9	3.1	2.7	2.5	0.01	0.04	0.065	0.015	0.012	3.3	7.8	10	2.6	12	14	6.5

<sup>a</sup> 8月3日に行った鉾田川での調査中に大雨となり,以降の調査の継続が困難な状況となったため調査を打ち切り,同日に調査できなかった3地点(H7~H9)の調査を8月25日に行った。

別表6 河川の現地測定及び水質分析結果(9月)

調査日:平成28年9月15日(鉾田川);9月27日(巴川)

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	SRSi mg/L	
																								鉾田川
	H2	0.91	7.4	39.7	15	5.6	4.0	2.7	2.1	9.7	9.2	8.5	0.15	0.37	0.11	0.068	0.050	4.9	19	23	12	30	32	15
	H3	0.07	7.4	38.6	9.6	5.2	4.1	2.8	2.1	7.9	7.9	7.4	0.04	0.09	0.071	0.050	0.032	7.0	21	24	9.2	31	24	16
	H4	0.11	7.1	36.4	1.6	1.9	1.8	1.1	0.96	10	9.6	9.6	0.01	0.04	0.037	0.037	0.019	2.0	19	23	10	33	16	16
	H5	0.12	7.2	30.0	13	4.3	3.2	2.1	1.7	6.4	6.3	5.8	0.02	0.06	0.051	0.032	0.015	2.2	12	18	8.8	19	26	14
	H6	0.06	7.2	35.0	22	8.3	6.1	3.8	2.9	7.2	7.2	6.5	0.04	0.06	0.18	0.12	0.074	3.4	18	21	9.1	23	36	12
	H7	0.05	7.2	43.6	5.6	3.2	2.5	1.7	1.4	14	14	13	0.03	0.07	0.068	0.053	0.034	3.7	17	28	15	26	55	14
	H8	0.32	7.3	35.3	12	4.2	3.0	2.0	1.6	8.7	8.6	8.2	0.02	0.05	0.070	0.052	0.033	3.0	16	22	10	24	29	15
	H9	0.12	7.3	50.9	8.0	6.3	5.3	3.4	2.9	12	12	9.8	0.38	1.4	0.16	0.12	0.069	7.8	25	26	18	43	37	16
巴川	T1	4.85	7.2	29.2	13	4.1	2.8	1.8	1.4	5.5	5.4	5.2	0.05	0.07	0.086	0.029	0.029	4.4	15	17	6.5	19	23	12
	T2	0.24	7.2	30.2	6.0	2.7	1.9	1.1	0.78	6.8	6.8	6.7	0.01	0.05	0.040	0.020	0.020	1.2	13	17	11	18	25	15
	T3	0.14	7.2	29.8	4.4	3.0	2.4	1.4	1.3	6.3	6.3	6.2	0.03	0.07	0.028	0.009	0.008	2.7	11	20	8.4	16	28	11
	T4	0.30	7.2	32.7	5.2	3.2	2.9	1.8	1.4	8.6	8.4	8.3	0.04	0.07	0.033	0.015	0.013	4.3	12	23	8.1	19	28	10
	T5	0.54	7.2	25.4	18	4.7	2.7	2.0	1.4	6.2	6.2	6.0	0.04	0.12	0.11	0.035	0.033	5.4	12	16	4.3	17	22	9.2
	T6	1.50	7.1	24.1	13	4.2	2.9	1.7	1.6	4.6	4.6	4.2	0.04	0.04	0.11	0.058	0.053	5.3	11	14	4.4	16	24	8.5
	T7	0.27	6.9	19.6	8.8	3.2	2.1	1.3	0.96	4.8	4.4	4.4	0.01	0.04	0.039	0.009	0.007	3.1	8.7	12	3.3	14	17	6.8

別表7 河川の現地測定及び水質分析結果 (10月)

調査日:平成28年10月6日(鉾田川), 10月19日(巴川)

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	SRSi <sup>-</sup> mg/L
	H2	0.98	7.4	43.9	10	4.8	3.5	1.9	1.6	13	10	0.67	1.7	0.088	0.043	0.040	6.8	19	24	13	31	40	15
	H3	0.06	7.5	43.6	4.8	3.6	2.8	1.6	1.4	9.8	9.7	0.04	0.06	0.054	0.030	0.028	8.5	23	26	10	35	23	18
	H4	0.08	7.5	38.3	1.2	1.5	1.3	0.74	0.70	10	10	0.01	0.03	0.017	0.012	0.013	1.8	20	23	10	35	16	16
	H5	0.14	7.5	31.0	12	3.8	2.3	1.6	1.1	7.4	7.3	0.01	0.04	0.049	0.011	0.010	2.2	13	19	9.3	20	28	14
	H6	0.09	7.4	34.9	15	5.1	3.3	2.2	1.7	8.2	8.1	0.02	0.04	0.075	0.026	0.022	2.8	16	22	10	22	36	13
	H7	0.08	7.3	43.7	2.4	3.0	2.9	1.5	1.5	13	13	0.06	0.05	0.049	0.034	0.033	3.1	17	28	15	27	55	14
	H8	0.31	7.4	35.6	8.4	3.2	2.4	1.4	1.1	9.2	9.2	0.02	0.04	0.052	0.025	0.023	2.8	17	22	10	25	30	15
	H9	0.29	7.5	73.0	6.4	10	9.8	4.1	3.8	28	13	4.6	11	0.19	0.12	0.10	24	32	29	21	60	79	16
巴川	T1	3.31	7.2	31.1	7.2	3.8	2.6	1.7	1.4	5.8	5.5	0.05	0.04	0.066	0.028	0.028	4.3	18	18	7.3	21	22	14
	T2	0.34	7.1	30.6	5.2	2.7	1.5	1.0	0.72	7.5	6.8	0.01	0.02	0.029	0.014	0.014	1.3	14	17	11	19	25	16
	T3	0.11	7.3	31.2	2.8	2.7	2.2	1.4	1.3	7.5	7.1	0.02	0.04	0.019	0.007	0.007	2.4	12	21	9.3	17	26	12
	T4	0.17	7.4	33.0	4.4	3.3	2.6	1.8	1.5	8.1	7.4	0.04	0.08	0.031	0.013	0.013	3.6	13	23	8.7	19	25	12
	T5	0.34	7.4	26.8	16	4.9	2.9	2.1	1.6	5.5	4.7	0.03	0.12	0.10	0.049	0.048	5.6	15	15	4.3	20	19	12
	T6	0.68	7.3	25.7	9.6	7.2	7.4	2.0	1.7	4.7	4.1	0.04	0.05	0.085	0.050	0.036	6.0	14	14	4.8	18	22	9.6
	T7	0.12	7.2	19.9	3.2	2.2	1.6	1.0	0.90	5.4	4.7	0.01	0.05	0.021	0.008	0.008	3.2	8.9	12	3.6	13	16	7.5

別表8 河川の現地測定及び水質分析結果(11月)

調査日:平成28年11月16日(銚田川), 11月29日(巴川)

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	SRSi mg/L
	0.85	-	48.3	5.6	5.0	4.2	2.5	2.1	15	15	9.0	0.72	4.5	0.17	0.10	0.10	8.6	23	24	13	36	43	16
	1.04	7.4	44.1	5.2	3.9	3.1	1.9	1.6	14	14	9.8	0.20	2.5	0.19	0.13	0.13	5.8	20	25	13	32	37	16
	0.06	7.4	52.7	2.8	2.9	2.5	1.5	1.3	9.4	9.4	8.8	0.03	0.06	0.043	0.021	0.016	8.9	42	26	10	63	30	17
	0.08	7.4	38.9	1.6	1.4	1.3	0.74	0.65	11	11	10	0.01	0.01	0.019	0.012	0.012	1.9	21	24	11	35	19	16
	0.16	7.4	31.4	7.6	2.9	1.9	1.3	0.95	8.0	8.0	7.5	0.01	0.02	0.031	0.009	0.009	2.1	13	20	9.8	20	31	14
	0.09	7.3	35.9	5.6	3.8	2.9	1.9	1.6	9.5	9.3	8.7	0.01	0.03	0.12	0.081	0.041	2.3	18	22	10	22	39	13
	0.09	7.2	43.8	2.0	2.3	2.0	1.2	1.1	14	14	13	0.03	0.05	0.033	0.020	0.014	2.9	17	29	16	27	58	14
	0.32	7.3	35.9	5.2	2.5	2.1	1.1	0.92	10	10	9.5	0.02	0.02	0.039	0.020	0.016	2.8	17	23	11	25	32	15
	0.30	7.5	56.5	7.2	6.1	4.7	3.4	2.7	19	18	11	0.29	6.0	0.54	0.37	0.37	9.1	26	28	19	44	43	16
	欠測	7.4	31.0	12	4.4	3.0	2.0	1.6	5.9	5.8	5.1	0.05	0.14	0.082	0.023	0.019	3.9	19	16	6.6	25	21	13
	欠測	7.4	30.0	2.8	2.0	1.5	0.88	0.73	7.1	7.1	7.0	0.01	0.03	0.028	0.015	0.012	1.2	13	16	10	18	25	15
	欠測	7.4	29.3	12	3.1	2.1	1.3	1.1	6.7	6.7	6.6	0.02	0.05	0.026	0.007	0.004	1.9	11	20	8.2	17	24	13
	欠測	7.4	31.0	4.0	2.9	2.6	1.9	1.4	8.2	7.6	7.5	0.02	0.07	0.024	0.009	0.006	3.1	12	21	7.9	19	25	11
	欠測	7.4	25.5	4.8	3.3	2.5	1.6	1.4	5.4	5.4	4.9	0.02	0.08	0.067	0.033	0.033	4.4	14	14	3.9	20	19	11
	欠測	7.3	24.8	5.2	3.4	2.5	1.7	1.5	4.4	4.1	4.1	0.02	0.03	0.044	0.017	0.007	4.8	13	14	4.6	19	22	9.0
	欠測	7.2	20.2	0.0	1.6	1.5	0.86	0.81	4.6	4.4	4.2	0.01	0.02	0.017	0.012	0.011	3.2	8.9	11	3.7	15	15	8.5
	欠測	7.4	29.7	8.8	3.9	2.8	1.8	1.5	5.5	5.3	5.2	0.06	0.10	0.064	0.023	0.020	4.4	17	17	6.0	22	20	13
	欠測	7.4	44.5	6.0	2.0	1.1	0.80	0.67	9.2	9.2	8.8	0.06	0.14	0.044	0.025	0.024	1.9	27	24	13	52	10	17

別表9 河川の現地測定及び水質分析結果 (12月)

調査日：平成28年12月10日(鉾田川), 12月21日(巴川)

項目 地点	流量	pH	EC	SS	COD	D-COD	TOC	DOC	TN	D-TN	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TP	D-TP	PO <sub>4</sub> -P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SRSI
	m <sup>3</sup> /s	-	mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
鉾田川 H1	0.92	7.2	52.2	4.0	4.5	4.1	2.5	2.3	17	17	9.7	0.18	6.8	0.12	0.082	0.076	7.9	25	22	12	39	46	16
H2	0.91	7.4	53.8	4.0	4.5	4.0	2.6	2.2	19	19	11	0.16	8.2	0.16	0.11	0.11	8.3	23	23	13	36	49	16
H3	0.07	7.5	60.6	2.0	2.1	2.0	1.1	1.0	11	11	11	0.04	0.06	0.023	0.011	0.011	8.3	49	26	11	77	17	17
H4	0.11	7.5	40.0	0.8	0.97	0.97	0.51	0.50	11	11	11	0.01	0.03	0.014	0.013	0.013	1.5	20	22	10	37	16	16
H5	0.15	7.5	32.2	4.8	2.0	1.5	0.94	0.71	8.3	8.3	8.2	0.01	0.03	0.021	0.007	0.007	1.6	13	18	9.3	22	27	15
H6	0.08	7.5	35.5	1.6	1.9	1.7	0.99	0.86	9.8	9.8	9.8	0.01	0.04	0.028	0.017	0.017	1.6	15	20	10	23	36	13
H7	0.05	7.4	45.1	0.8	1.8	1.7	0.93	0.86	14	14	14	0.05	0.11	0.026	0.015	0.015	2.4	17	26	15	25	54	15
H8	0.37	7.4	37.1	2.8	1.8	1.5	0.82	0.71	11	11	10	0.02	0.03	0.024	0.015	0.015	2.2	17	21	10	26	28	16
H9	0.20	7.5	66.0	5.2	6.8	6.0	4.2	3.5	24	24	11	0.29	12	0.46	0.39	0.39	11	28	26	19	46	54	16
巴川 T1	2.98	7.1	36.2	4.0	2.6	1.9	1.2	1.0	6.1	6.1	5.9	0.04	0.08	0.050	0.018	0.018	3.6	26	16	7.6	33	25	14
T2	0.13	7.2	31.2	2.4	1.8	1.2	0.74	0.60	7.7	7.6	7.4	0.02	0.04	0.021	0.010	0.009	1.2	14	16	11	19	29	15
T3	0.11	7.2	32.2	1.2	1.6	1.4	0.79	0.73	7.8	7.8	7.7	0.03	0.07	0.017	0.007	0.008	1.9	12	20	9.3	17	29	15
T4	0.16	7.2	33.0	1.6	2.3	2.0	1.2	1.1	8.9	8.7	8.5	0.03	0.13	0.029	0.014	0.014	3.0	13	21	8.6	19	27	12
T5	0.22	7.1	29.1	2.8	3.8	3.2	1.9	1.7	5.7	5.7	5.2	0.05	0.56	0.101	0.071	0.062	5.4	18	14	4.2	25	21	12
T6	0.48	7.1	25.6	3.2	3.4	2.7	1.5	1.3	5.4	5.4	4.6	0.02	0.05	0.043	0.015	0.006	4.5	13	12	4.8	18	24	9.6
T7	0.09	7.0	20.9	0.0	1.3	1.0	0.64	0.60	5.1	4.8	4.8	0.01	0.02	0.032	0.027	0.028	3.5	8.5	10	4.3	12	16	10
T8	2.41	7.1	33.3	2.8	2.7	2.2	1.3	1.2	6.2	6.0	5.7	0.06	0.12	0.054	0.028	0.025	4.5	21	17	6.8	25	23	15
T9	0.16	7.2	45.7	3.6	1.5	1.0	0.60	0.51	9.3	9.0	8.9	0.05	0.07	0.031	0.021	0.019	1.9	26	23	13	53	15	17

別表 10 河川の現地測定及び水質分析結果 (1月)

調査日:平成29年1月11日(銚田川), 1月18日(巴川)

項目 地点	流量	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	SRSi mg/L
	m <sup>3</sup> /s																						
銚田川 H1	0.31	-	52.2	5.2	4.9	4.1	2.8	2.4	17	17	9.4	0.10	7.6	0.11	0.059	0.050	7.7	22	22	12	35	49	15
H2	0.89	7.3	53.2	6.0	4.7	3.8	2.7	2.3	19	19	11	0.10	8.2	0.10	0.060	0.053	8.0	22	24	13	35	53	16
H3	0.08	7.3	54.3	1.6	2.3	2.0	1.2	1.0	12	11	11	0.04	0.00	0.030	0.016	0.013	6.7	38	26	11	61	20	17
H4	0.05	7.3	39.6	0.0	1.2	1.0	0.66	0.55	11	11	11	0.01	0.03	0.018	0.013	0.013	1.4	21	23	10	37	15	15
H5	0.13	7.3	33.1	3.2	2.1	1.6	1.0	0.80	8.3	8.3	8.1	0.01	0.04	0.023	0.010	0.008	1.5	13	19	9.3	20	29	14
H6	0.04	7.2	37.4	2.0	2.8	2.4	1.5	1.2	9.9	9.6	9.5	0.02	0.06	0.16	0.15	0.046	1.6	18	21	9.8	23	37	13
H7	0.10	7.1	47.0	1.6	2.2	2.0	1.2	1.0	15	15	15	0.05	0.13	0.048	0.036	0.032	3.1	17	28	15	28	57	12
H8	0.27	7.2	38.6	1.6	1.9	1.5	0.98	0.75	11	11	11	0.02	0.06	0.037	0.023	0.018	2.4	17	22	11	27	31	15
H9	0.20	7.3	63.2	4.0	5.6	4.6	3.2	2.8	22	22	10	0.26	11	0.22	0.15	0.13	9.8	28	25	19	46	61	16
巴川 T1	2.10	7.3	34.4	4.0	2.7	2.1	1.3	1.1	7.1	7.1	6.1	0.06	0.15	0.053	0.024	0.021	3.5	21	17	7.9	24	22	16
T2	0.23	7.4	31.7	3.2	2.4	1.7	1.0	0.82	8.2	8.1	7.6	0.03	0.10	0.029	0.013	0.012	1.3	13	16	10	17	26	16
T3	0.05	7.3	32.9	0.4	1.4	1.2	0.66	0.59	8.7	8.7	7.7	0.02	0.05	0.019	0.010	0.011	1.6	12	22	9.1	17	26	16
T4	0.05	7.3	33.6	3.6	2.2	1.8	1.1	0.90	9.3	9.1	8.4	0.04	0.14	0.028	0.012	0.012	2.5	13	22	8.7	17	23	14
T5	0.10	7.3	31.0	8.4	4.4	3.3	2.1	1.7	4.3	4.3	3.7	0.03	0.12	0.11	0.064	0.057	6.5	23	14	3.7	27	16	15
T6	0.13	7.3	29.9	7.6	3.6	2.8	1.8	1.5	4.6	4.6	3.8	0.04	0.12	0.085	0.021	0.015	4.8	22	12	4.8	25	21	12
T7	0.02	7.2	21.1	0.8	1.5	1.3	0.80	0.66	4.5	4.5	4.1	0.02	0.01	0.087	0.079	0.079	4.8	8.0	10	4.9	10	11	15
T8	1.84	7.3	36.0	2.8	2.7	2.3	1.4	1.2	6.4	6.2	5.6	0.07	0.25	0.064	0.032	0.027	4.4	23	18	7.1	25	21	17
T9	0.17	7.3	44.3	6.4	2.0	1.6	0.91	0.68	11	11	8.9	0.13	0.61	0.059	0.041	0.037	2.1	21	24	13	45	14	17

別表 1 1 河川の現地測定及び水質分析結果 (2月)

調査日：平成29年2月15日(鉾田川)、2月22日(巴川)

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	SRSi <sup>-</sup> mg/L
鉾田川 H1	0.61	7.6	58.0	4.8	5.5	4.6	3.2	2.7	21	21	10	0.18	9.9	0.14	0.091	0.082	9.9	26	25	14	39	66	16
H2	0.65	7.8	48.4	6.8	3.6	2.4	1.8	1.3	15	15	12	0.13	3.1	0.14	0.088	0.087	5.2	21	25	14	32	41	15
H3	0.09	7.8	55.9	24	4.3	2.5	1.8	1.1	12	12	11	0.03	0.08	0.082	0.012	0.008	9.1	41	27	11	63	22	17
H4	0.03	7.9	39.9	0.0	0.98	0.79	0.57	0.37	12	11	11	0.02	0.02	0.015	0.012	0.012	1.5	20	23	10	33	16	15
H5	0.08	7.9	34.7	10	2.6	1.1	1.2	0.54	9.8	9.5	9.0	0.01	0.03	0.047	0.011	0.010	1.5	14	21	10	20	31	16
H6	欠測	7.8	43.3	2.0	3.5	2.7	1.8	1.3	13	13	12	0.03	0.03	0.25	0.24	0.060	1.9	23	24	12	24	47	15
H7	0.08	7.7	47.9	1.6	1.7	1.3	0.94	0.61	16	16	15	0.05	0.08	0.044	0.030	0.026	3.4	17	30	16	28	63	11
H8	0.17	7.8	39.3	2.8	1.7	1.3	0.85	0.53	13	13	12	0.03	0.05	0.036	0.022	0.019	2.7	17	24	12	25	35	15
H9	0.24	7.7	58.0	4.0	4.3	3.3	2.3	1.7	17	17	11	0.29	5.3	0.20	0.15	0.14	6.3	29	26	19	45	50	16
巴川 T1	0.99	7.5	37.3	6.8	4.0	2.9	1.9	1.5	6.0	6.0	5.4	0.07	0.18	0.074	0.029	0.029	3.6	25	18	8.5	30	24	17
T2	0.20	7.6	31.1	2.8	2.3	1.5	0.90	0.68	7.6	7.6	7.2	0.02	0.08	0.029	0.015	0.015	1.3	13	17	11	18	26	15
T3	0.05	7.5	32.9	0.8	1.6	1.4	0.75	0.67	7.6	7.6	7.2	0.03	0.06	0.022	0.017	0.017	1.6	12	22	9.4	17	25	17
T4	0.01	7.4	34.2	1.2	2.8	2.5	1.4	1.2	8.6	8.5	8.1	0.07	0.16	0.028	0.020	0.019	2.1	13	25	9.8	18	23	15
T5	0.07	7.5	34.7	9.2	6.1	4.9	3.3	2.6	2.6	2.4	1.8	0.03	0.21	0.20	0.15	0.14	7.1	33	13	3.4	36	14	18
T6	0.08	7.4	35.2	5.2	6.4	5.3	3.6	3.0	2.5	2.2	1.5	0.08	0.39	0.16	0.060	0.045	6.7	30	13	5.8	33	20	13
T7	0.03	7.5	18.8	1.6	2.5	1.8	1.2	0.91	2.4	2.4	2.1	0.01	0.03	0.19	0.19	0.19	5.6	7.0	9.1	5.3	9.2	6.4	19
T8	1.53	7.4	36.5	4.0	3.4	2.7	1.7	1.4	5.7	5.7	5.0	0.09	0.35	0.092	0.052	0.048	4.6	25	20	7.7	27	20	18
T9	0.15	7.4	42.3	3.6	1.9	1.6	0.81	0.65	9.1	9.0	8.6	0.15	0.29	0.036	0.022	0.019	1.9	20	26	14	45	14	18



別表 1 2 河川の現地測定及び水質分析結果 (3月)

調査日：平成29年3月8日(銚田川), 3月23日(巴川)

項目 地点	流量 m <sup>3</sup> /s	pH	EC mS/m	SS mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TOC mg/L	DOC mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	SRSi mg/L
銚田川 H1	0.72	7.5	58.1	5.6	6.0	5.1	3.4	2.9	21	20	9.6	0.15	10	0.15	0.086	0.079	10	25	25	14	39	59	16
H2	0.57	7.3	49.4	2.4	4.1	3.6	2.2	1.9	17	17	11	0.15	6.1	0.086	0.059	0.055	7.7	20	25	14	31	49	16
H3	0.06	7.4	44.9	4.0	2.6	2.0	1.2	0.98	12	11	11	0.03	0.09	0.035	0.016	0.012	7.7	24	28	11	38	23	17
H4	0.06	7.4	38.4	0.0	1.2	0.96	0.60	0.49	12	11	11	0.02	0.02	0.016	0.012	0.010	1.6	20	24	11	33	15	15
H5	0.09	7.4	33.6	5.2	2.4	1.4	0.94	0.67	8.8	8.6	8.2	0.01	0.03	0.032	0.014	0.012	1.6	14	21	10	20	29	17
H6	0.04	7.4	40.5	3.2	3.8	3.0	1.9	1.5	11	11	11	0.03	0.02	0.25	0.23	0.091	1.7	22	23	11	24	42	14
H7	0.06	7.3	45.3	0.4	1.7	1.5	0.82	0.73	14	14	14	0.05	0.04	0.030	0.024	0.018	2.2	17	29	16	26	56	14
H8	0.20	7.4	37.8	3.2	2.0	1.5	0.82	0.65	11	11	11	0.03	0.03	0.040	0.023	0.013	2.5	17	24	11	24	31	16
H9	0.16	7.3	61.5	3.2	5.4	4.6	3.0	2.6	21	21	11	0.27	9.7	0.19	0.15	0.092	9.5	27	27	19	43	60	17
巴川 T1	2.61	7.4	34.6	11	4.9	3.7	2.4	1.9	5.5	5.2	4.8	0.06	0.16	0.081	0.028	0.010	3.2	21	17	7.7	25	21	16
T2	0.19	7.6	30.7	2.4	1.9	1.5	0.81	0.66	7.5	7.5	6.9	0.01	0.03	0.035	0.016	0.015	1.1	13	16	10	17	26	16
T3	0.06	7.4	31.6	0.8	1.9	1.9	1.0	0.90	7.3	7.3	7.0	0.02	0.02	0.020	0.012	0.010	1.4	12	21	8.9	16	24	16
T4	0.02	7.3	33.7	1.2	2.8	2.4	1.5	1.3	8.3	7.5	7.3	0.05	0.14	0.035	0.023	0.014	1.8	13	23	9.2	17	22	15
T5	0.08	7.4	33.9	6.8	5.4	4.3	2.8	2.3	2.1	2.1	1.8	0.02	0.12	0.17	0.11	0.072	6.3	31	13	3.5	37	15	16
T6	0.08	7.3	33.0	5.6	5.3	4.7	3.0	2.6	2.1	2.0	1.2	0.06	0.26	0.14	0.051	0.024	5.7	29	12	5.2	32	22	13
T7	0.02	7.4	19.2	0.0	2.1	2.0	1.2	1.1	2.4	2.4	2.1	0.01	0.01	0.11	0.094	0.090	4.5	8.2	9.1	4.7	11	10	13
T8	1.83	7.4	34.7	5.6	3.9	3.2	1.9	1.6	5.4	5.2	4.4	0.07	0.35	0.092	0.044	0.036	4.0	22	18	7.1	24	20	16
T9	0.16	7.3	42.4	3.2	2.3	1.9	1.1	0.89	9.3	8.9	7.9	0.10	0.65	0.054	0.032	0.024	2.3	21	24	13	45	13	17

別表 1 3 地下水の水質分析結果

井戸	pH	EC mS/m	DOC mg/L	NO <sub>3</sub> -N		NO <sub>2</sub> -N mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	K <sup>+</sup> meq/L	Na <sup>+</sup> meq/L	Ca <sup>2+</sup> meq/L	Mg <sup>2+</sup> meq/L	Cl <sup>-</sup> meq/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/L
				mg/L	meq/L									
W1	7.2	45.7	0.13	15	1.1	0.002	0.012	0.011	0.031	0.77	1.3	1.6	0.73	1.4
W2	7.2	36.5	0.14	14	0.97	0.002	0.009	0.010	0.030	0.63	1.0	1.1	0.47	0.94
W3	7.0	43.3	0.12	17	1.2	0.002	0.008	0.014	0.080	0.71	1.5	1.1	0.90	0.51
W4	7.2	30.1	0.10	8.6	0.61	0.001	0.009	0.007	0.035	0.88	0.74	0.61	0.47	0.65
W5	7.0	28.4	0.10	8.8	0.63	0.001	0.005	0.005	0.034	1.0	0.56	0.49	0.61	0.39
W6	7.2	23.8	0.15	3.0	0.22	0.002	0.007	0.055	0.058	0.44	0.91	0.40	0.45	0.18
W7	6.4	46.2	0.20	22	1.6	0.002	0.008	0.006	0.042	0.73	1.3	1.4	0.81	0.77
W8	6.6	42.8	0.15	20	1.5	0.002	0.015	0.007	0.019	0.84	0.89	1.7	0.53	0.21

## 別表 1 4 土壌間隙水の分析結果

(1) 鉾田町民プール跡地

深さ	DOC	D-TN	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	D-TP	PO <sub>4</sub> -P
cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
0-118	12	0.60	0.34	0.02	0.04	0.053	0.027
118-136	12	1.0	0.68	0.02	0.04	0.056	0.012
136-353	5.7	0.29	0.19	0.02	0.04	0.014	0.004
353-531	14	1.0	0.95	0.01	0.04	0.013	0.005
531-555	12	3.0	2.9	0.01	0.04	0.013	0.004
555-582	6.2	4.0	3.7	0.01	0.02	0.008	0.001
582-628	17	5.0	4.5	0.02	0.06	0.071	0.022
628-650	10	4.0	3.7	0.02	0.04	0.049	0.013
650-764	28	5.6	4.6	0.28	0.35	0.96	0.37
764-800	31	9.0	8.0	0.28	0.79	0.69	0.26
800-850	35	21	19	0.23	0.48	0.19	0.088
850-900	30	29	28	0.25	0.67	0.53	0.19
900-950	17	21	18	1.4	0.94	3.8	1.1
950-1000	22	39	38	0.14	0.35	0.071	0.078

## 別表 14 (続き)

## (2) 茨城県農業総合センター農業研究所内肥料連用畑圃場—乾燥豚糞連用区

深さ	DOC	D-TN	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	D-TP	PO <sub>4</sub> -P
cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
0-42	16	39	35	0.06	0.40	0.13	0.13
42-189	3.2	1.9	1.7	0.02	0.09	0.003	0.003
189-192	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
192-356	2.9	2.2	1.9	0.02	0.10	0.002	0.002
356-800	18	3.0	2.1	0.19	0.69	0.042	0.042

n.a.: 層が薄く試料を採取できなかつたため、分析できなかつた。

## (2) 茨城県農業総合センター農業研究所内肥料連用畑圃場—無施肥区

深さ	DOC	D-TN	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	D-TP	PO <sub>4</sub> -P
cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
0-35	15	15	13	0.11	0.39	0.082	0.082
35-167	3.5	0.30	0.19	0.02	0.09	0.004	0.004
167-200	7.7	0.54	0.28	0.06	0.20	0.009	0.009
200-315	2.3	0.66	0.55	0.02	0.08	0.001	0.001
315-336	2.6	0.78	0.69	0.02	0.08	0.002	0.002
336-400	21	3.9	2.8	0.21	0.92	0.029	0.029
400-500	15	4.6	3.8	0.14	0.68	0.017	0.017

## 1-6 水質予測モデルの活用による浄化対策効果の検証

### 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 水質予測モデルによる再現精度の向上

#### (1) 目的

平成 26 年度に行った現況再現では、平成 22 年度以降の北浦（特に釜谷沖）の TN 濃度で、実測値と再現結果に乖離が見られていた（図 1）。その原因として、1) 流入負荷の再現性が低い、2) 湖内生態系の再現性が低い、の二つが考えられる。しかし、北浦の安塚沖の TN 濃度の再現性が高い（図 2）ことから、釜谷沖で乖離が見られていた原因は 2) にあると考えられる。

そこで、湖内生態系を表す植物プランクトンの増殖に関わる係数の感度解析を行い、北浦の TN 濃度の実測値をより再現できるパラメータの値の設定を行った。

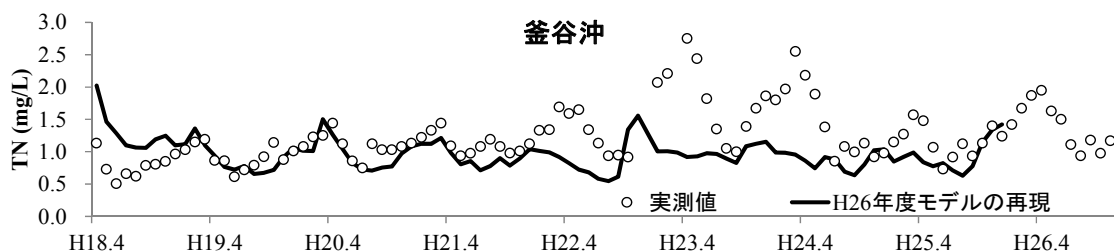


図 1 湖心と釜谷沖における TN 濃度の実測値と現況再現結果

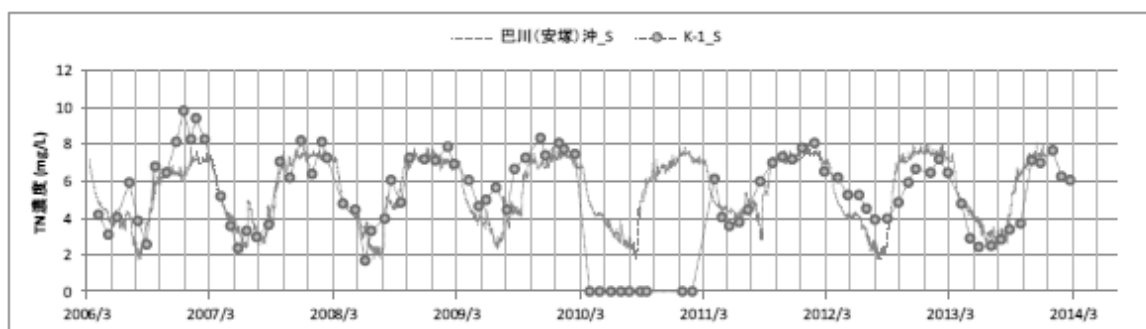


図 2 安塚沖における TN 濃度の実測値と現況再現結果

#### (2) 変更したパラメータ

変更したパラメータは植物プランクトンの増減に係る表 1 に示したパラメータである。各パラメータの概要は以下のとおりである。

- ・ 植物プランクトンに係るパラメータ
  - ① 藍藻類の最小 N/C 比  
藍藻類に含まれる最小の窒素, 炭素比であり, 生産速度を大きく変化させるパラメータ。値を下げることで増殖が促進される。
  - ② 藍藻類以外の成長速度係数  
藍藻類以外の成長速度に関わるパラメータ。
- ・ 動物プランクトンに係る係数
  - ① 最大捕食速度係数  
植物プランクトンを捕食する際の速度に関わるパラメータ。
  - ② 食餌に関わる半飽和係数  
動物プランクトンの満腹度と捕食速度の関係を表すパラメータ。

表 1 変更したパラメータの一覧

	変更前	変更後
(1) 植物プランクトンに係る係数		
① 藍藻類の最小 N/C 比	0.075758	0.0584
② 藍藻類以外の成長速度係数	1.1	1.3
(2) 動物プランクトンに係る係数		
① 最大捕食速度係数	0.6	0.5
② 食餌に関わる半飽和係数	1500	2000

### (3) 結果

パラメータを変更した結果, 平成 22 年度以降の北浦の計算値は, 秋から春先にかけて濃度が上昇・低下する傾向を概ね再現できるようになった (図 3)。また, 平成 18~平成 25 年 12 月の全期間の平均 TN 濃度を見ると, 実測値が 1.2 mg/L であるのに対しパラメータ変更前は 0.97 mg/L と低い値であったが, パラメータ変更後は 1.1 mg/L と, より実測値に近い値となった。

しかし, 平成 21 年度以前の計算値をパラメータ変更前後で比較すると, パラメータ変更前の計算値は実測値を概ね再現していたが, パラメータ変更後の計算値は実測値より高く推移する結果となった。

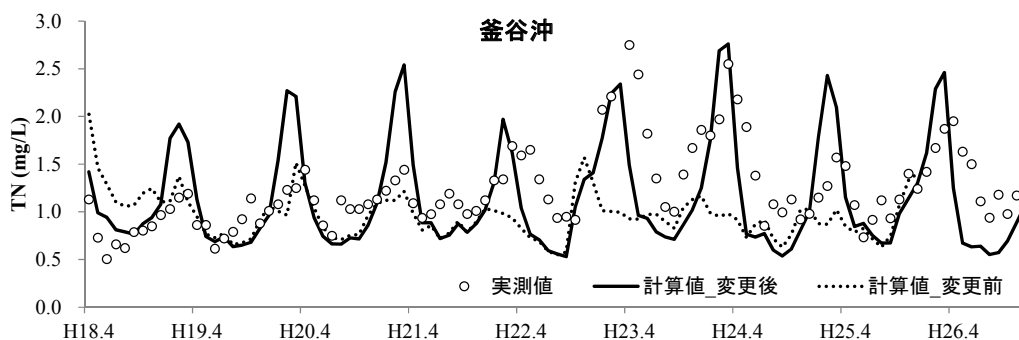


図 3 釜谷沖における TN 濃度の実測値とパラメータ修正前後の計算値

修正したパラメータを用いて、平成 18 年度以降の水質を計算したところ、より実測値に近くなったことが確認された（図 4）。

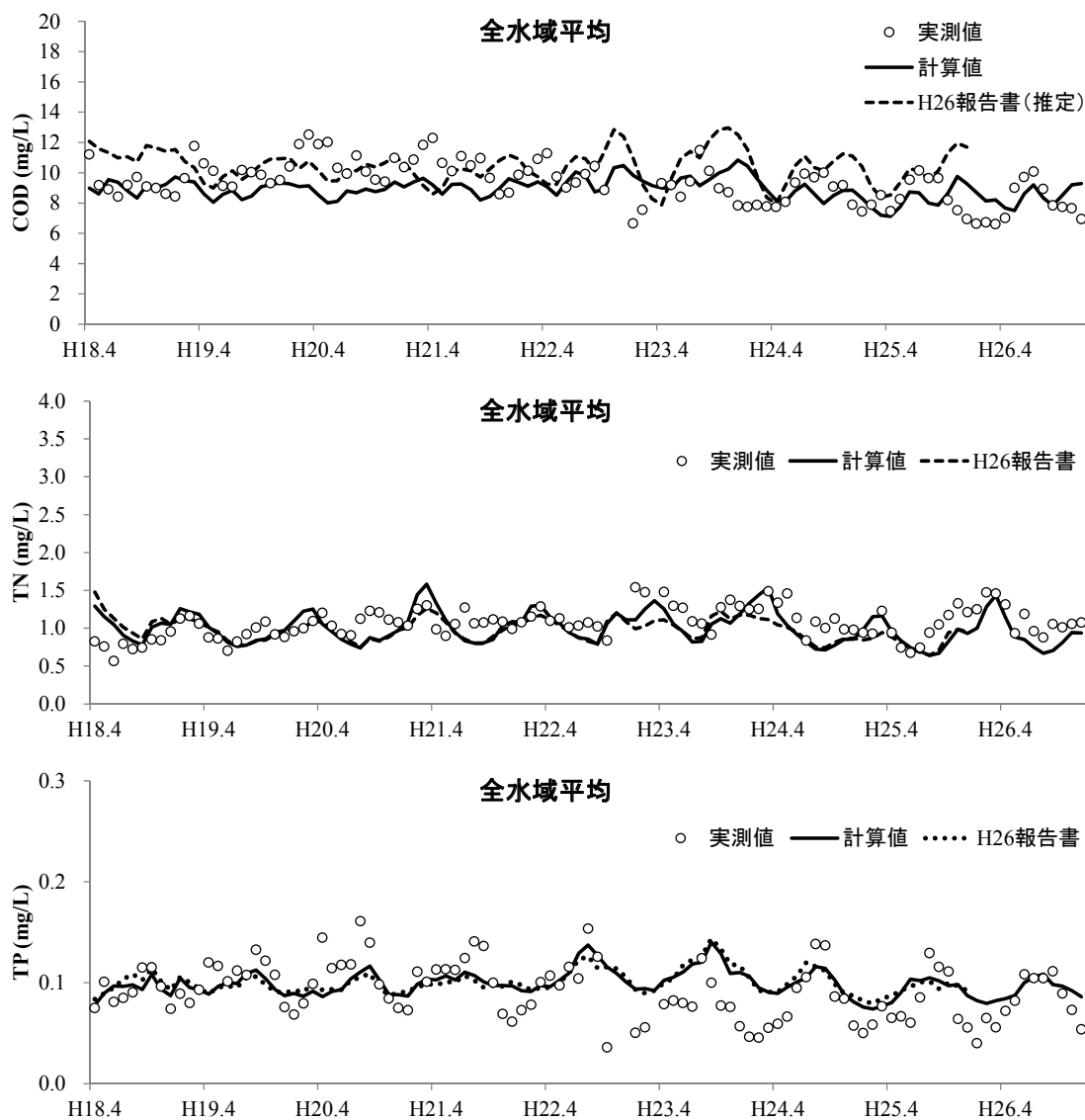


図 4 平成 18 年度以降における、全水域平均（息栖を除く環境基準点 7 地点）の COD（上）、TN 濃度（中）、TP 濃度（下）の実測値と計算値の比較

### 3 平成 27 年度の水質再現

#### (1) 目的

上述した「2 水質予測モデルによる再現精度の向上」で修正したパラメータを設定した水質予測モデルを用いた、平成 27 年度の水質変動の再現性を検証した。

#### (2) 結果

水質予測モデルによる計算結果と実測値およびパラメータ修正による再計算結果を図 5～6 に示す。

水質予測モデルによる TN 濃度の変動は、春先から夏季にかけての低下、夏季から冬季にかけて上昇しており、実測値の変動と概ね一致した。しかし COD と TP 濃度については、実測値では夏季に高くなる傾向が見られるものの、水質予測モデルによる計算結果では、COD では夏季に低下し、TP 濃度では夏季に高くないなど、実測値の変動と一致しない点が多く見られた。

この結果から、水質予測モデルによる夏季の COD と TP 濃度が高くない可能性の一つに、夏季に増殖する藍藻類の再現性が低いことが想定される。そこで、藍藻類が増殖するようパラメータを再設定し、再度再現計算を実施した。

その結果、完全に一致しているわけでは無いものの、夏季に COD 及び TP 濃度が高くなる傾向が見られた。このことから、藍藻類の増殖が、夏季の COD と TP 濃度の上昇をもたらしていることが、水質予測モデルからも推測された。



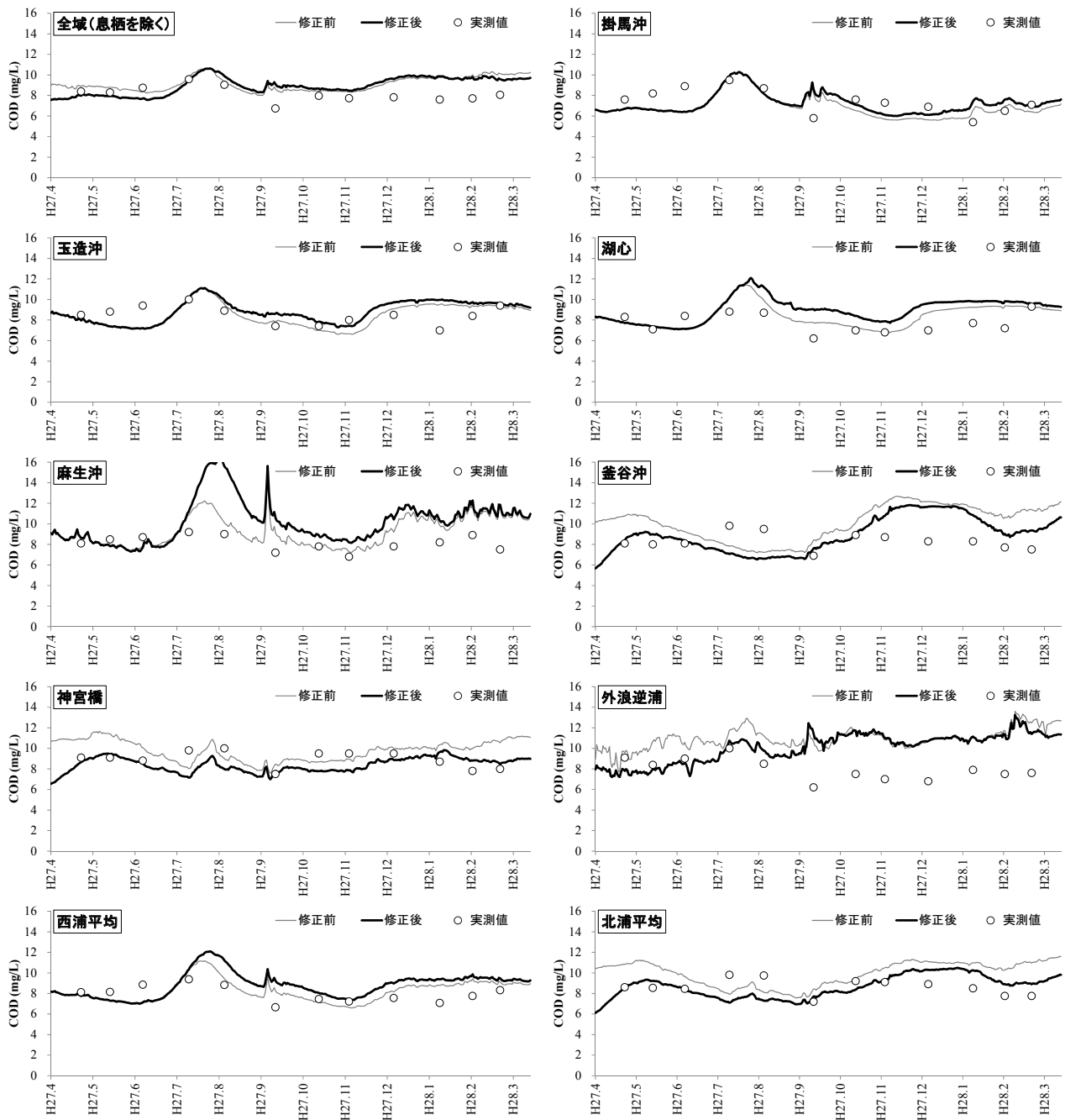


図5 平成27年度の水質変動(COD)の計算結果と実測値およびパラメータ修正による再計算結果

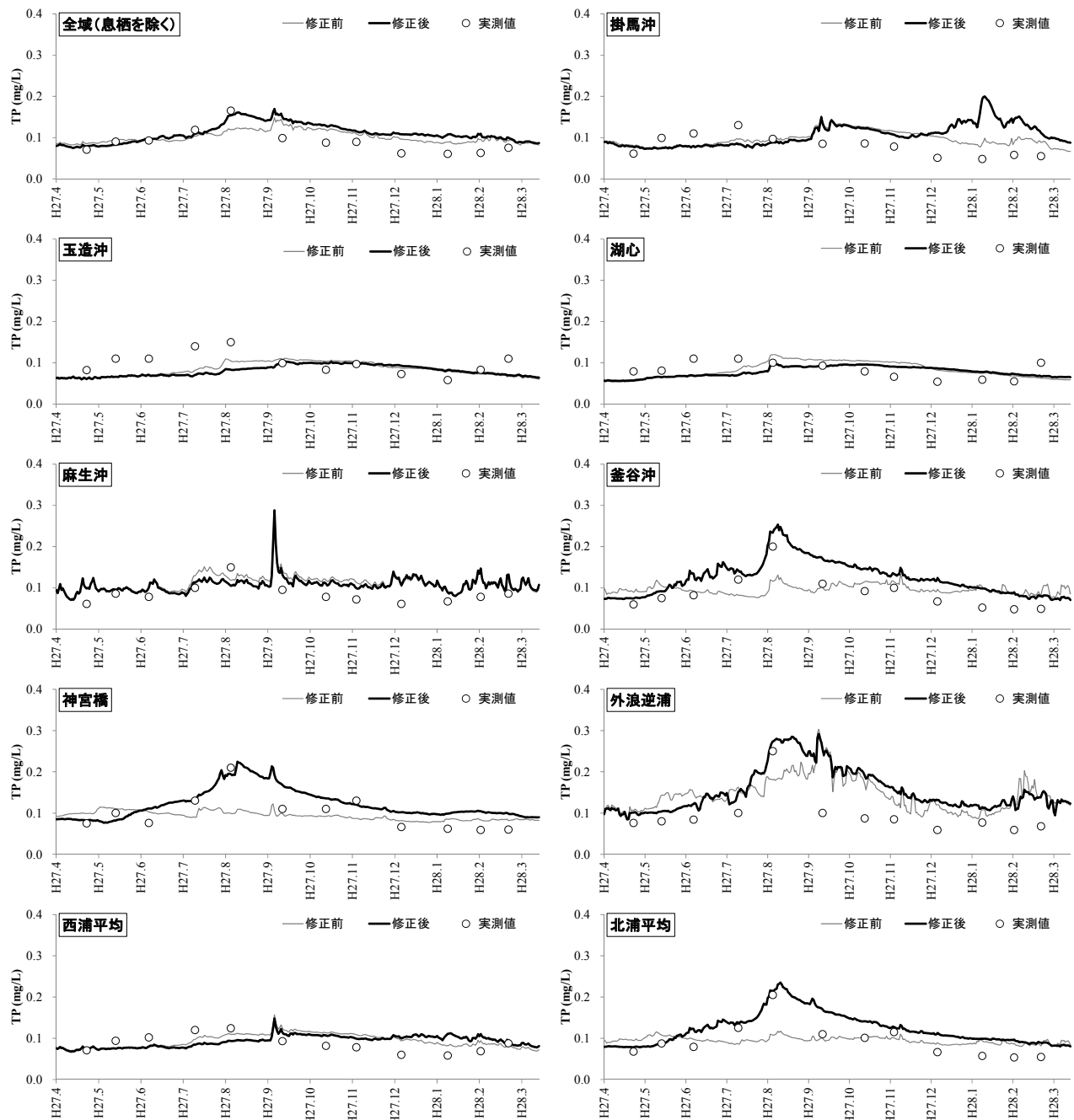


図6 平成27年度の水質変動（TP）の計算結果と実測値およびパラメータ修正による再計算結果

#### 4 今後の課題

植物プランクトンの増殖に関わるパラメータを変更することで、水質の再現性は高くなったものの、より霞ヶ浦の水質変動の再現性を高める必要がある。

特に、CODとTP濃度の季節変動についてはいまだ再現性が十分とは言えないことから、今後は、植物プランクトンの増殖に関わるパラメータだけではなく、窒素やりんに関するパラメータ等も修正し、より再現性を高める必要がある。

## 1-7 外浪逆浦の汚濁機構の解明に関する調査研究事業

### 1 目的

霞ヶ浦では、湖内に8地点の環境基準点が設置され、COD、窒素、りん等の水質項目が測定されている。下流部に位置する外浪逆浦では、周りに北利根川、鱒川以外に大きな流入河川がないにもかかわらず、りんが高くなる傾向が見られており、りんの内部負荷の可能性が考えられる。りんは底層で嫌気化が occurs と底泥から溶出してこることから、窪地の影響が考えられたため、窪地での温度躍層の破壊条件について調査した。

### 2 調査方法

#### (1) 水質調査

- ・調査日：6月7日、6月22日、6月29日、7月14日、8月10日、8月26日、9月15日
- ・調査地点：外浪逆浦北部窪地（図1）
- ・採水深度：0.5 m, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m
- ・水質項目：水温、DO、SS、COD、D-COD、TN、D-TN、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、TP、D-TP、PO<sub>4</sub>-P
- ・連続測定：水温計（HOBO pro v2）で水面下1 mから10 mまで1 m間隔で、1時間毎に測定



図1 調査地点図

#### (2) 気象等

風速は、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所の潮来の測定値を用いた。水門の開閉時間は、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所の測定結果を用いた。

### 3 結果の概要

#### (1) 水質

##### ア CODの測定結果

6月と9月は各深度で差が見られなかったが、7月と8月は、上層で高く、下層で低くなる傾向が見られた。また、上層（水面下0.5 m）の推移をみると、8月に高くなった。

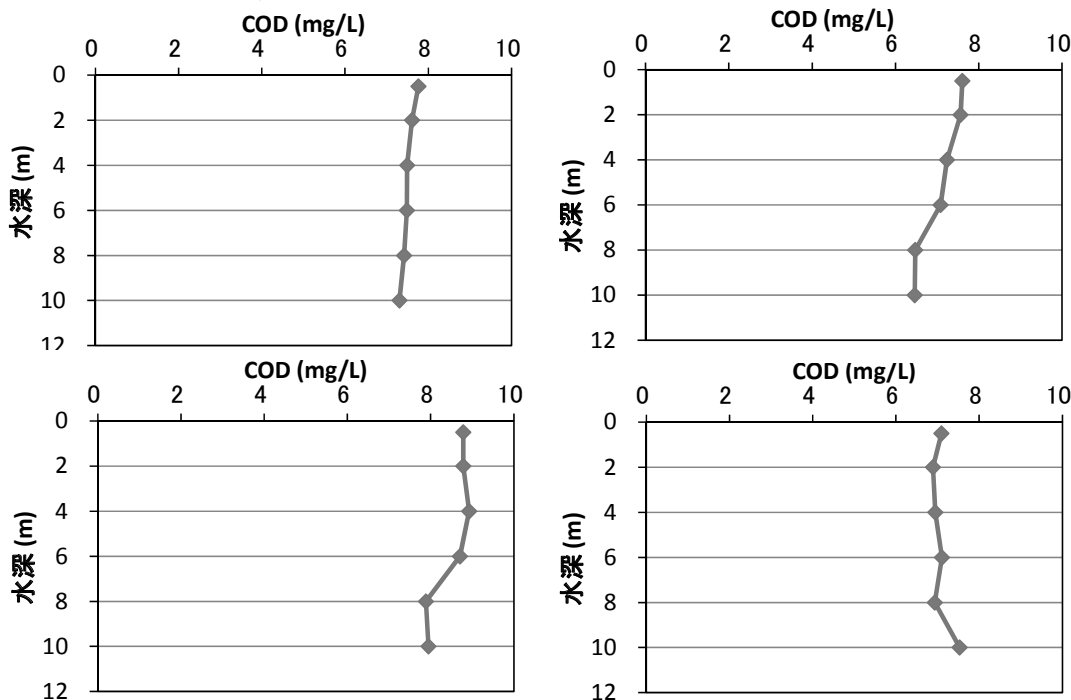


図2 CODの鉛直分布の推移

イ 窒素の測定結果

全窒素 (TN) は、6月は上下で差が見られなかったが、7月から9月は水深10 mの地点で高くなっていった。また、上層の推移をみると、6月から8月は概ね同程度であったが、9月に濃度が上昇していた (図3)。形態別にみるとNH<sub>4</sub>-Nが水深10 mで高く、底層での有機物の分解の可能性が示唆された (図4)。

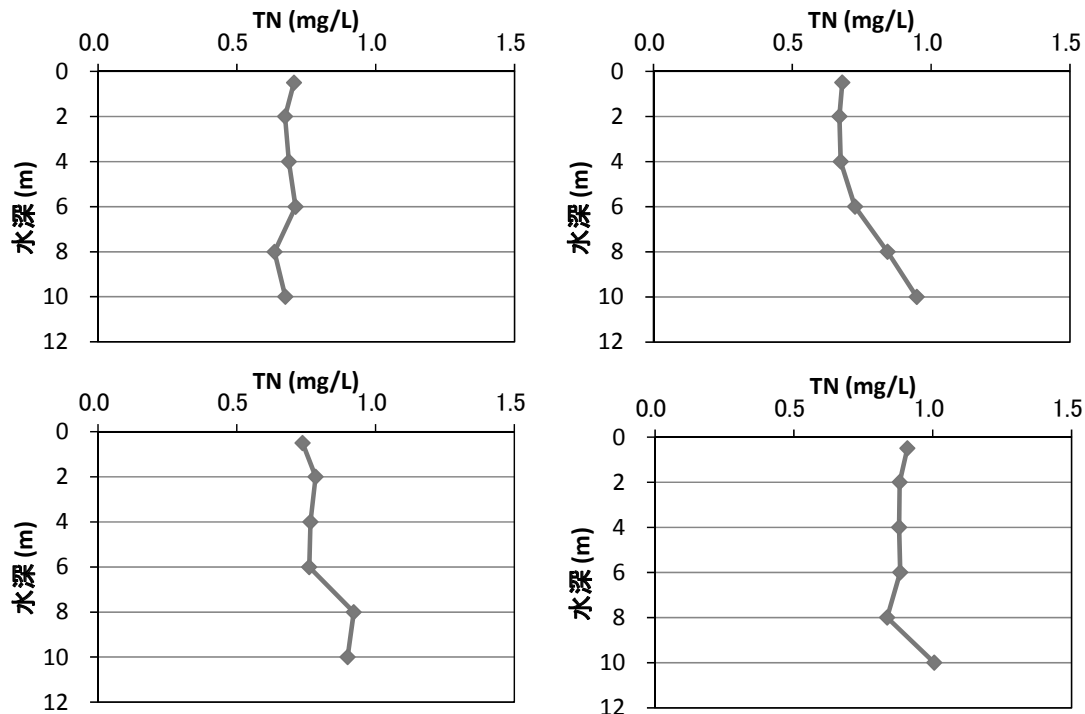


図3 TNの鉛直分布の推移

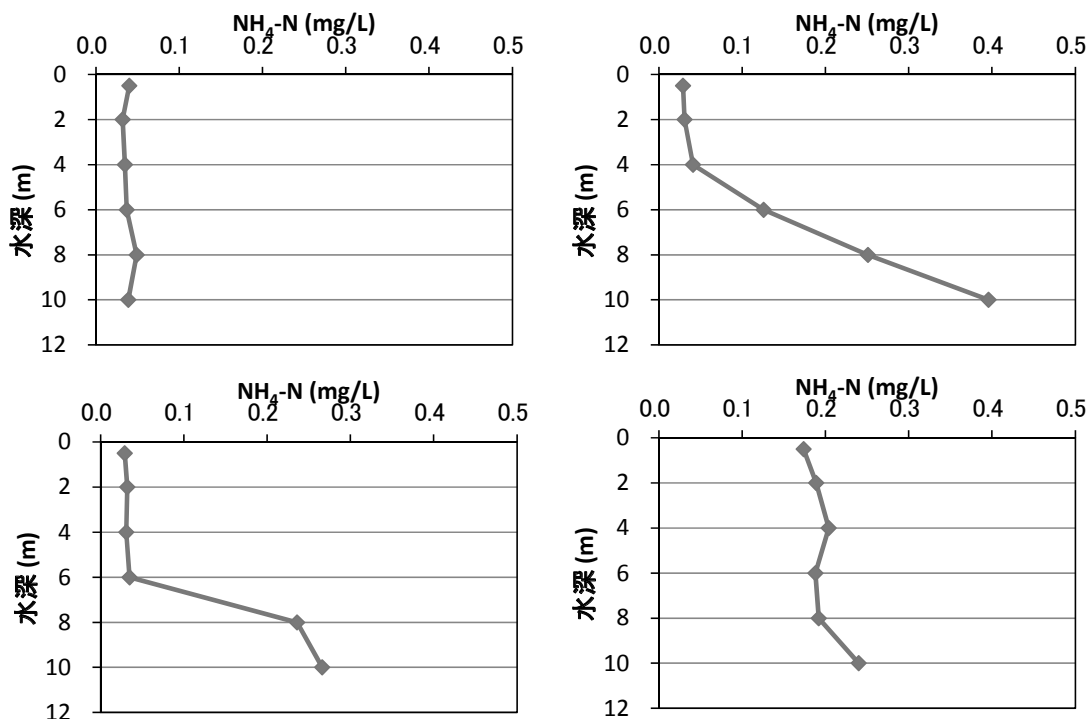


図4 NH<sub>4</sub>-Nの鉛直分布の推移

ウ リンの測定結果

全りん (TP) は、6月は上下で差が見られなかったが、7月から9月は下層で濃度が上昇した。また、上層の推移をみると、6月及び7月に比べ8月及び9月に濃度が上昇した (図 5)。PO<sub>4</sub>-P を見ると、6月及び9月は上下で差が見られなかったが、7月及び8月は下層で濃度が上昇した (図 6)。9月には、TP が下層で上昇していたものの PO<sub>4</sub>-P が上昇していないことから、植物プランクトンの増殖又は巻き上げの影響が考えられるが、COD が増加していないことから、巻き上げの影響と推察される。

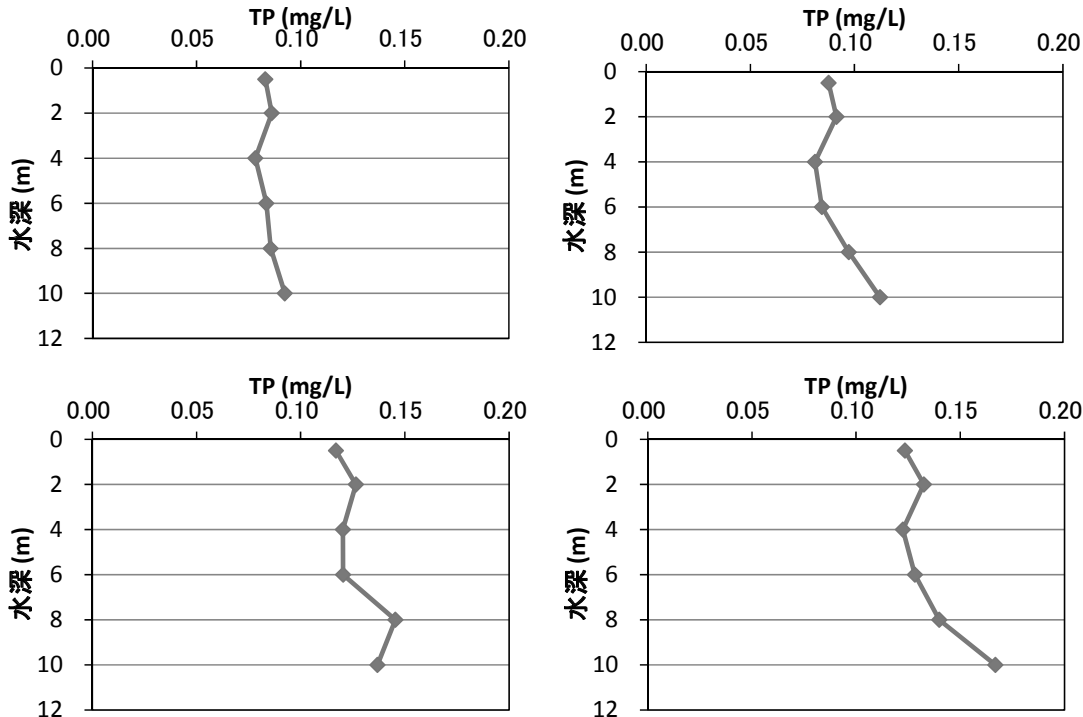


図 5 TP の鉛直分布の推移

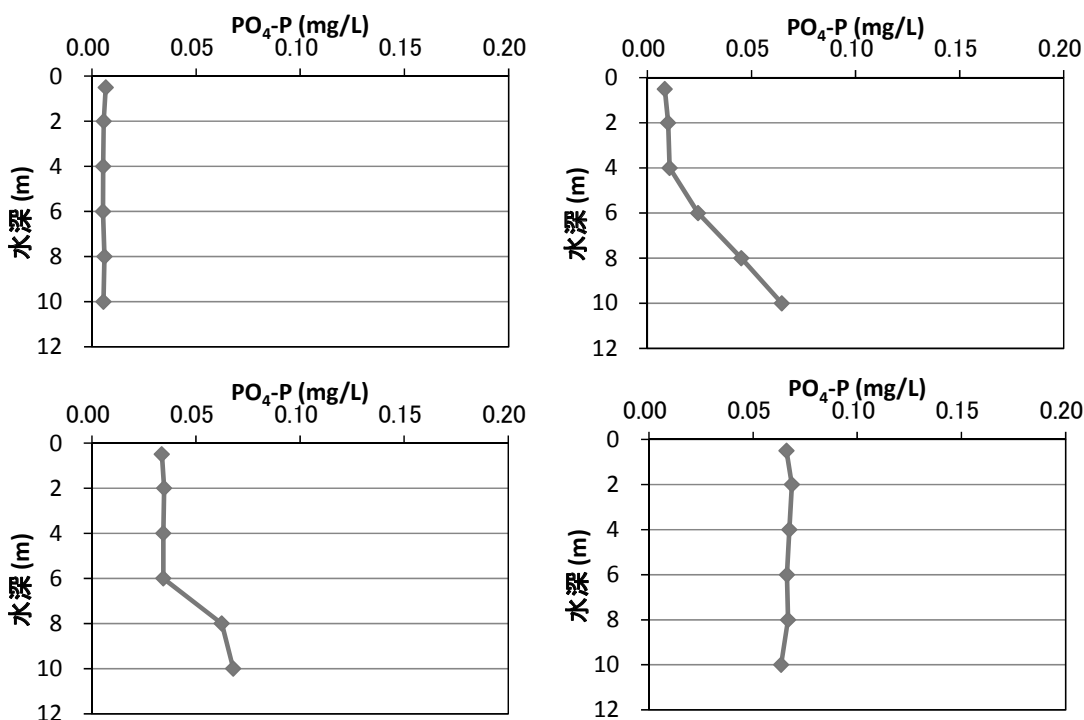


図 6 PO<sub>4</sub>-P の鉛直分布の推移

## (2) 水温の連続測定結果

次に、温度躍層の破壊条件について検討を行った。温度躍層の破壊因子としては、風の影響と水門の開閉による湖流の変化が考えられたため、これら2つについて検討を行った。

初めに風の影響について検討を行ったところ、北東方向からの5 m/s以上の風が吹くと温度躍層が破壊されやすく、反対に南方向からの風は温度躍層を破壊しにくいことが明らかになった(図7)。この理由は明らかではないが、外浪逆浦の形状からなる湖流の変化や、北東方向からの風による気温の低下等の影響が考えられる。

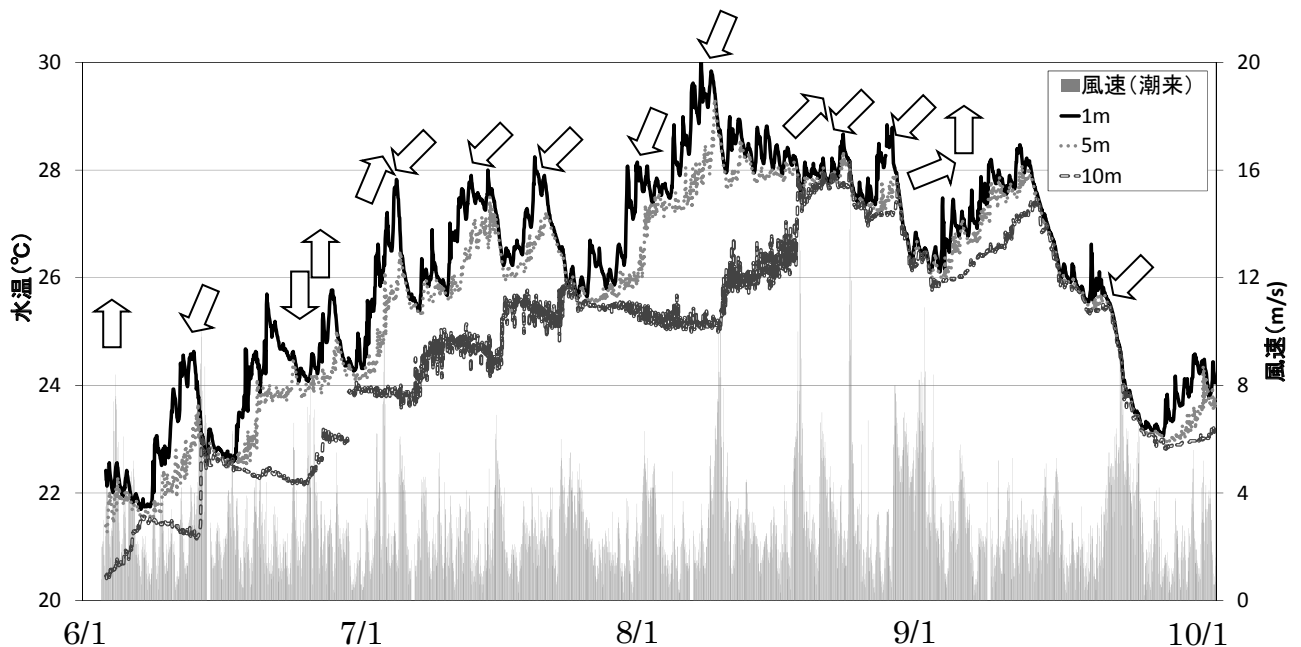


図7 水温と風の関係

次に、水門の開閉の影響について検討した。9月の中旬には、水門が頻繁に開閉しているにもかかわらず、温度躍層が発達した期間が見られていることから、水門の開閉は温度躍層の破壊には寄与しないと推定される。

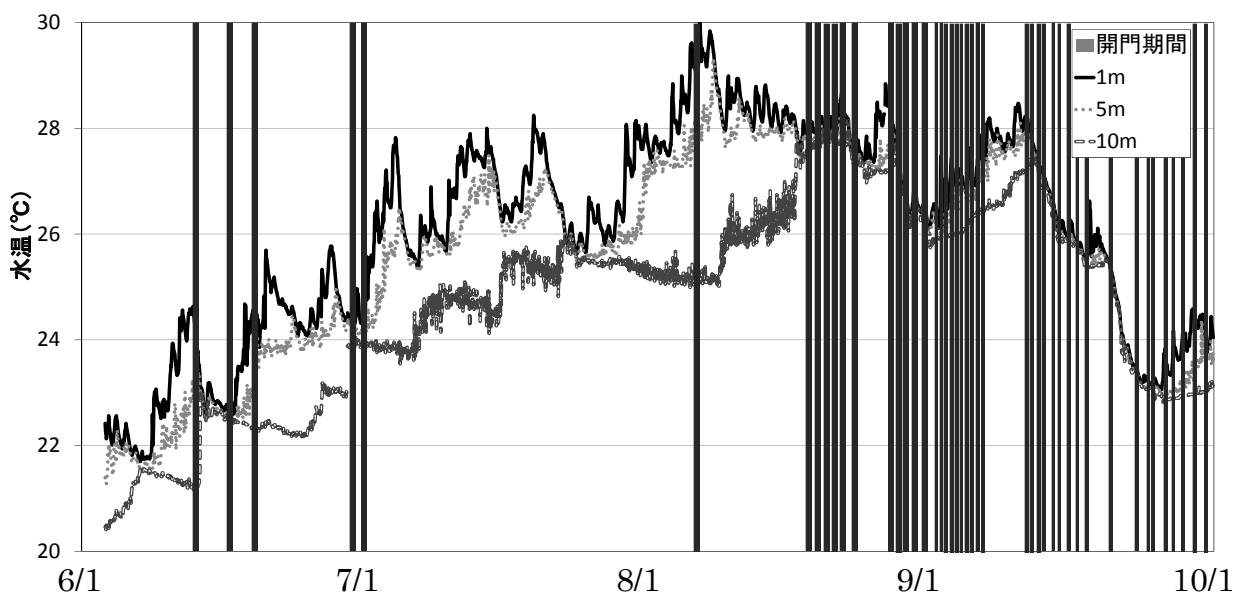


図8 水温と水門の開閉の関係

## 1-8 農業環境負荷低減研究事業 (レンコン田における石灰窒素の適正施用法の検討)

### 1 目的

レンコンネモグリセンチュウ防除のためにレンコン田で使用される石灰窒素の肥効特性及び環境への影響調査を県農業総合センター園芸研究所と共同研究で行い、窒素施用量の削減の可能性について検証する。

### 2 方法

石灰窒素を施用したレンコン田（調査区A）と石灰窒素を施用しないレンコン田（調査区B）において、田面水の水質分析を行い、圃場内のCOD, 窒素, りんの動向について調査した。

また、生育期の8月から収穫の12月までの流出負荷量の差について調査した。

- ・調査圃場：土浦市田村地区内、面積は調査区A, 調査区Bともに10a  
調査区Aの石灰窒素施用量は100kg/10a
- ・調査期間：平成28年4月5日から平成28年12月14日（田面水調査）  
平成28年8月3日から平成28年12月6日（負荷量調査）
- ・調査項目：水質（pH, COD, 窒素, りん等）、流量
- ・調査方法：水質分析は、田面水は週1回、用水は用水ポンプ稼働時に採水して分析  
流量は、用水量は、「排水量+蒸発散量」で推定。排水量は、排水の流出口に三角堰を設置し、水位から流量を計算  
流入負荷量は、用水量と水質、降水量と水質から計算。流出負荷量は、排水量と水質から計算。差引負荷量は、「流出負荷量-流入負荷量」で求めた。

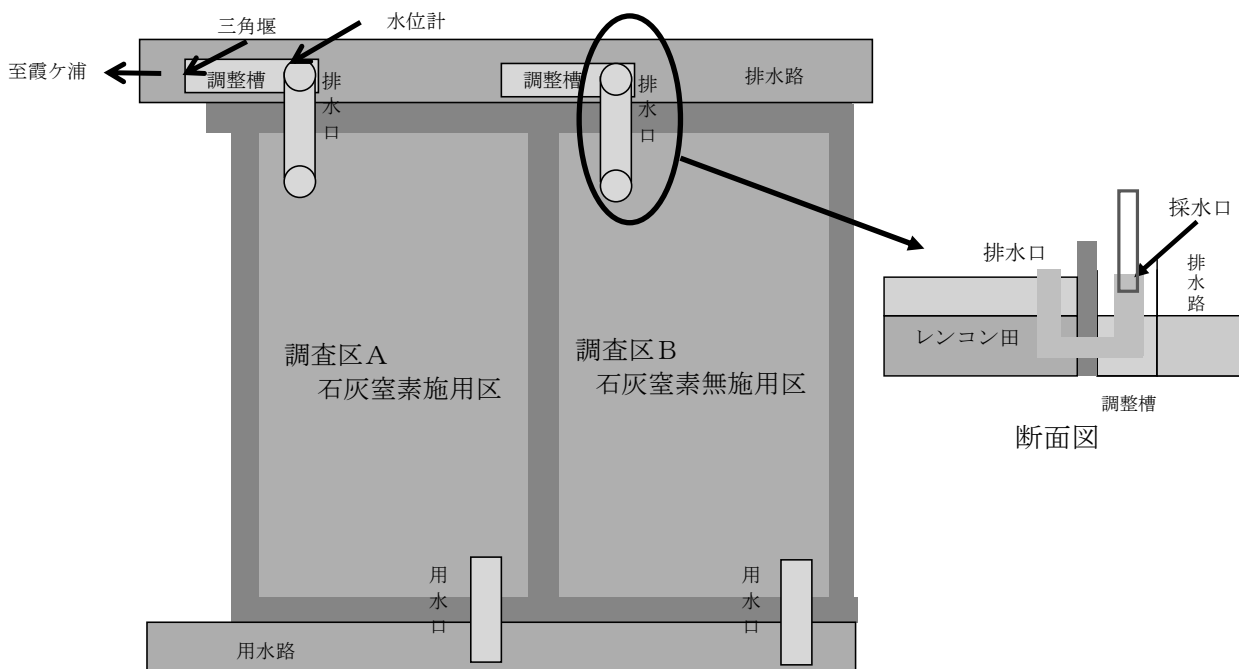


図1 調査圃場 概要図

### 3 結果の概要

#### (1) 田面水調査

調査期間中の田面水中の pH, SS, COD, 窒素, リン, 各態窒素濃度の推移は図 2 から図 7 のとおりである。

pH は, 調査区 A が調査区 B より 4 月は高く, 5 月以降は両調査区とも同様の傾向で推移した。

SS は, 調査区 B において, 4 月から 6 月中旬にかけて高い値で推移した。藻類が多く発生していたことが原因と考えられる。また, 11 月末から 12 月始めに収穫作業があり, 調査区 A, 調査区 B ともに堀取りに伴う濁水で高い値を示した。

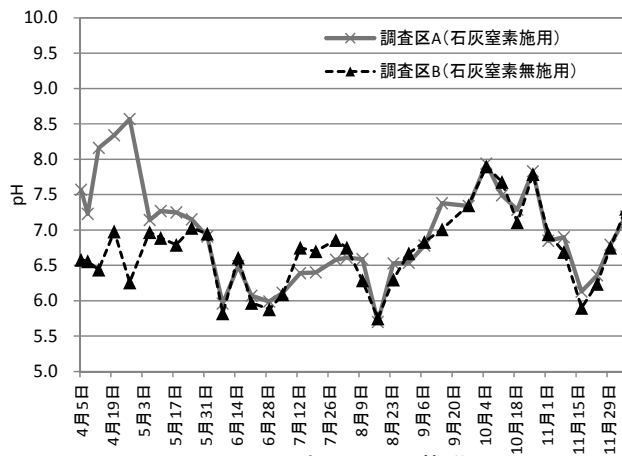


図 2 田面水の pH の推移

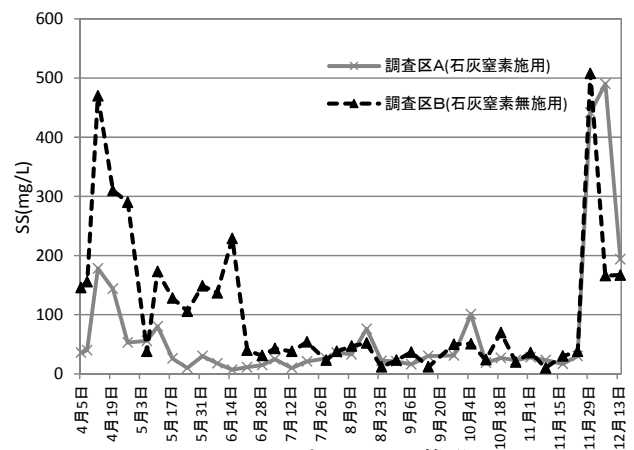


図 3 田面水の SS の推移

窒素については, 調査区 A の田面水中濃度は, 4 月に高くなり, 5 月以降は下降し, 安定していた。4 月の上昇は, 石灰窒素の影響であることが考えられる。窒素の流出を防ぐためには, 施用後の水管理が重要となることが分かった。

リンについては, 懸濁態のリンが調査区 B で多い原因としては, 石灰窒素を施用しなかったことで発生した藻類由来の有機体のリンが多いためと考えられる。

調査区 A では, 4 月から溶存態のリンが多く, 以降も 8 月まで同様の傾向であった。原因としては, 石灰窒素の施用による pH の上昇で, 土壌から一部のリン酸が溶出していた<sup>1)</sup>ことが考えられる。

このことから, 石灰窒素を施用した場合, リンについても施用量の調整が必要となる可能性が示唆された。

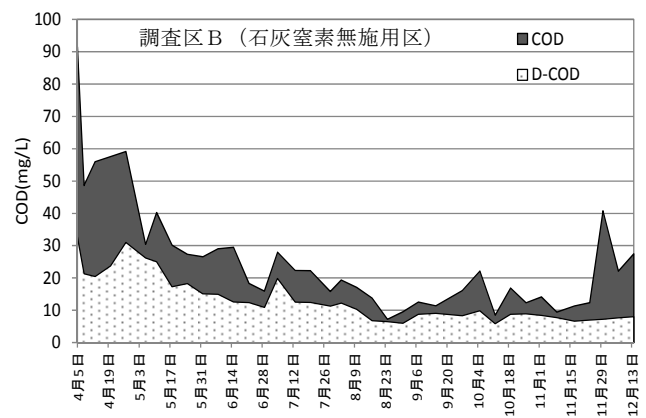
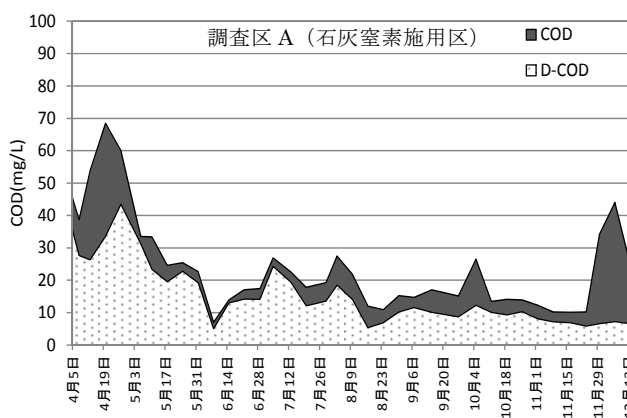


図 4 田面水濃度の推移 (COD)



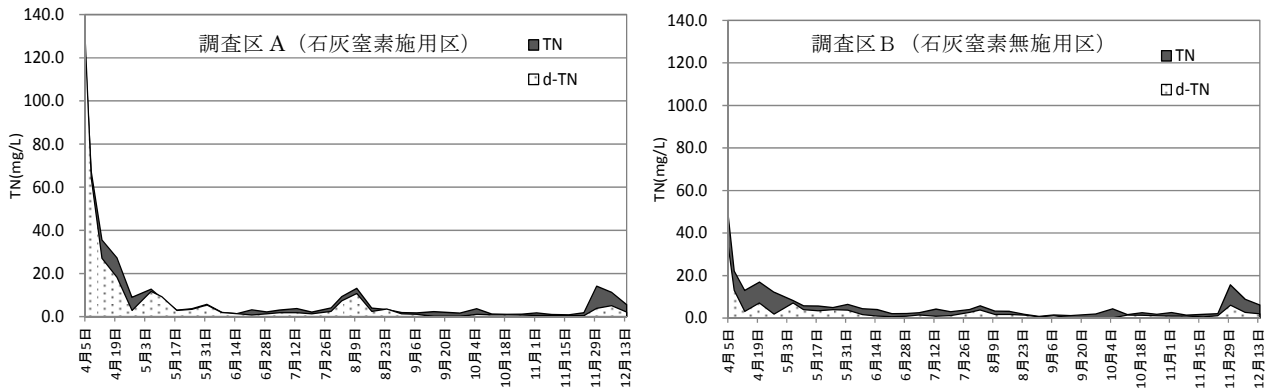


図5 田面水濃度の推移（窒素）

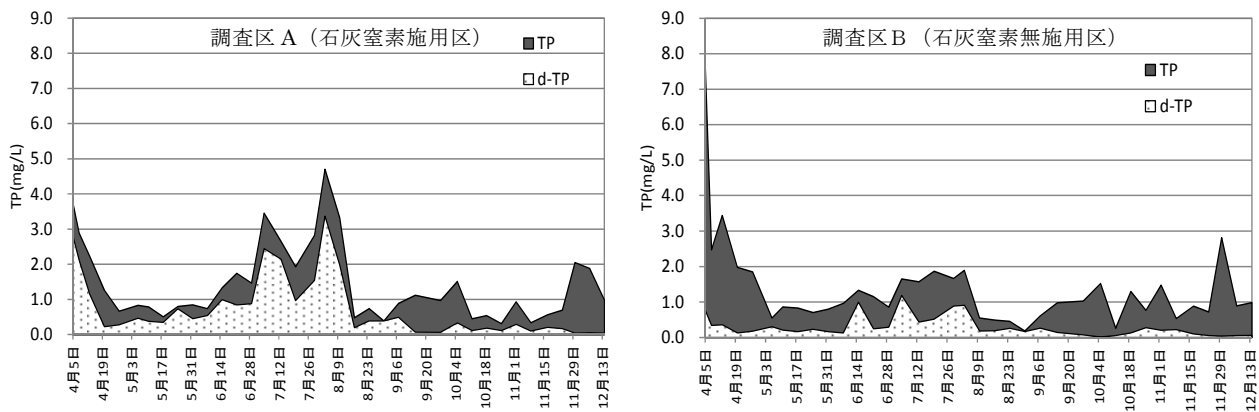


図6 田面水濃度の推移（りん）

石灰窒素はカルシウムシアナミド ( $\text{CaCN}_2$ ) が主成分であり、シアナミド ( $\text{CN}_2\text{H}_2$ ) を経て、アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4$ ) に分解される。

田面水の溶存態の各態窒素濃度は、アンモニア態窒素が両区とも施肥後の4月に高い濃度を示し、調査区Aは調査区Bに比較して高い値であった。以降、6月には両区とも低い濃度に落ち着き、追肥後の7月と収穫作業の11月末に高い値を示した。

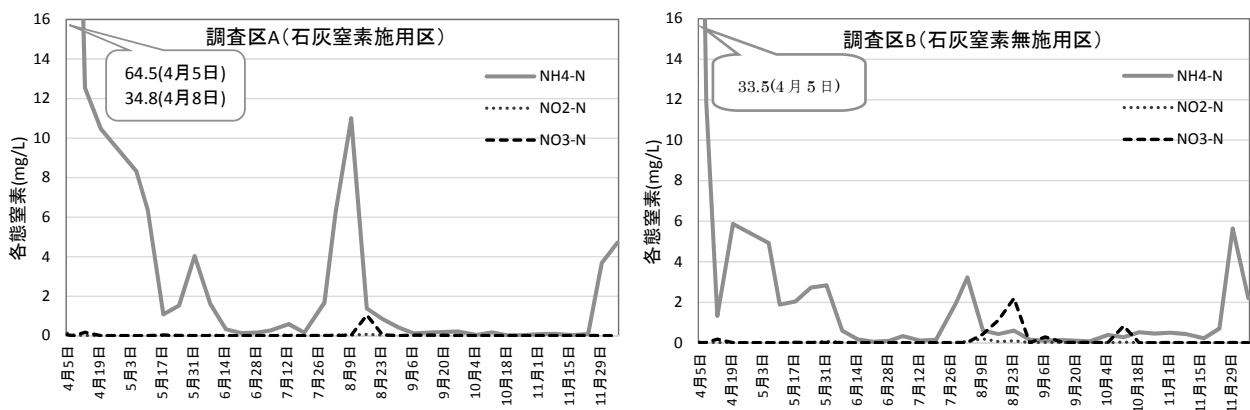


図7 田面水濃度の推移（各態窒素）

## (2) 流出負荷量調査

調査期間中の流入負荷量，流出負荷量，差引負荷量は，表 1 のとおりである。

各水質項目とも流出負荷量は流入負荷量より少なくなることが分かった。項目別に見ると COD，全りんでは，石灰窒素施用区と無施用区の間で差し引き負荷量の大きな差は見られなかったが，全窒素では，石灰窒素施用区は，無施用区と比較して差引負荷量の削減量が小さくなることが分かった。

表 1 流入負荷量，流出負荷量及び差引負荷量 kg/10a

	COD		全窒素		全りん	
	調査区 A (施用)	調査区 B (無施用)	調査区 A (施用)	調査区 B (無施用)	調査区 A (施用)	調査区 B (無施用)
流入負荷量	9.8	9.4	1.90	1.82	0.417	0.396
流出負荷量	6.4	5.7	1.59	0.99	0.375	0.355
差引負荷量	-3.4	-3.7	-0.30	-0.82	-0.042	-0.041

## 4 参考文献

- 1) 花山奨，安中武幸(2014)：田面水中の pH 変化が水田土壌からのリン溶出におよぼす影響，農業農村工学会論文集 No291，p49～50

## 1-9 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肥効特性や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、試験区（混合たい肥複合肥料）と対照区（化成肥料を施用）の負荷量を比較した。

- ・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：試験区，対照区とも 100 m<sup>2</sup>
- ・施肥量：試験区，対照区とも同量。

基肥 N : P : K = 0.686kg : 0.98kg : 0.98kg / 100 m<sup>2</sup>

追肥 N : P : K = 0.294kg : 0kg : 0kg / 100 m<sup>2</sup>

- ・調査期間：平成 28 年 5 月 24 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，用水流入時に採水  
排水は，自動採水機で三角堰から採水  
流量は，用水は水道メーターの記録，排水は三角堰に水位計を設置して計算  
降水量は，アメダスデータ  
各負荷量は，「水量×水質」で計算

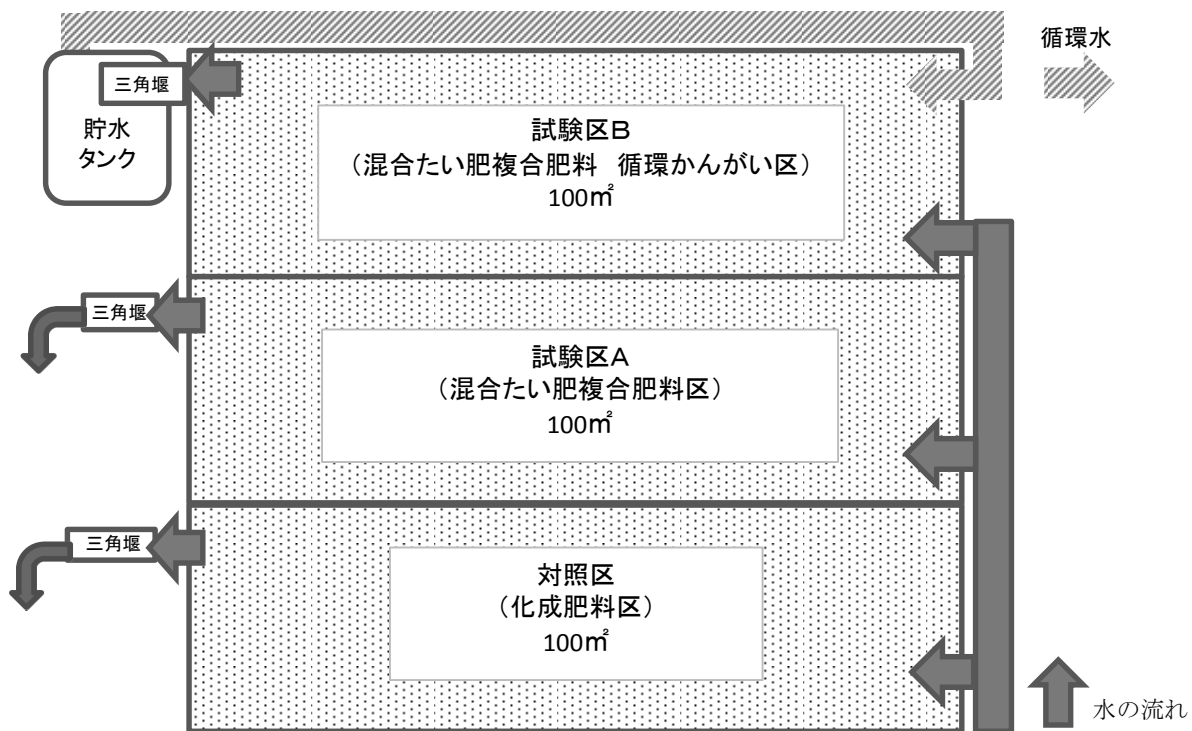


図 1 調査圃場概要図

## (2) 可給態窒素溶出速度調査

混合たい肥複合肥料を粒径 4mm 未満と 4mm 以上に分別し、可給態窒素溶出濃度を測定した。

- ・ 供試肥料：N：P：K=10：5：5 豚ふんたい肥 50%使用（全窒素 10%に占める有機態窒素 18%）
- ・ 施肥量：調査区 1：土壌 15 g  
調査区 2：土壌 15 g + 肥料 0.19 g（粒径 4mm 未満）  
調査区 3：土壌 15 g + 肥料 0.19 g（粒径 4mm 以上）
- ・ 調査期間：試験開始日，25 日後，56 日後，84 日後
- ・ 調査項目：全窒素（TN）
- ・ 調査方法：たん水保温静置法<sup>1)</sup> に準じて実施した。

農業研究所内圃場の土壌（化成肥料施用区）を採取，乾燥後にポリビン内で肥料と混合し，蒸留水 20ml を加えて軽く混合した。試験開始日測定の以外のサンプル（25 日，56 日，84 日）は，30℃のインキュベーター内で静置して培養した。

測定時には，10%KCL 液 100ml を加えて混合し，30 分後にろ過（ろ紙の孔径 1.0 μm）し，ろ液中の TN 濃度を定量した。



図 2 混合たい肥複合肥料(粒径別)

## 3 結果の概要

## (1) 現地実証調査

調査期間中の水収支は表 1，COD，全窒素（TN），全りん（TP）濃度の排水の平均水質は表 2，流入負荷量は表 3，流出負荷量は表 4 のとおりである。試験区 B では，循環かんがいにより排水の再利用が行われるが，降水量が多かった 8 月 17 日以降は，循環水を戻す事が出来なかったため全量排水とした。

差引負荷量は表 5 のとおりである。TN は，試験区，対照区とも負荷が削減されることが分かった。

対照区（化成肥料区）と試験区 A（混合たい肥複合肥料区）との比較では，全項目について，試験区 A の負荷量が高かったが，対照区と試験区 B（混合たい肥複合肥料区（循環））との比較では，全項目で試験区 B の負荷量が低く，循環かんがいを実施することで流出負荷を抑えられることが分かった。

表 1 水収支

	流入水		流出水
	用水	降雨	
試験区 A 混合たい肥複合肥料区	93	58.4	67.9
試験区 B 混合たい肥複合肥料区（循環）	100	58.4	11.0
対照区 化成肥料区	102	58.4	39.6

表 2 排水の平均水質

mg/L

	COD	TN	TP
試験区A 混合たい肥複合肥料区	11	1.3	0.120
試験区B 混合たい肥複合肥料区 (循環)	11	1.1	0.096
対照区 化成肥料区	10	0.74	0.077

表 3 流入負荷量

kg/10a

	COD	TN	TP
試験区A 混合たい肥複合肥料区	3.0	1.4	0.042
試験区B 混合たい肥複合肥料区 (循環)	3.1	1.5	0.044
対照区 化成肥料区	3.2	1.5	0.045

表 4 流出負荷量

kg/10a

	COD	TN	TP
試験区A 混合たい肥複合肥料区	7.0	0.64	0.068
試験区B 混合たい肥複合肥料区 (循環)	1.4	0.09	0.010
対照区 化成肥料区	4.1	0.26	0.040

表 5 差引負荷量

kg/10a

	COD	TN	TP
試験区A 混合たい肥複合肥料区	4.0	-0.76	0.026
試験区B 混合たい肥複合肥料区 (循環)	-1.7	-1.4	-0.034
対照区 化成肥料区	0.9	-1.2	-0.005

## (2) 可給態窒素溶出速度調査

ろ液中の TN 濃度は、図 3 のとおりである。

調査した混合たい肥複合肥料については、被覆材等を施した造粒処理はおこなっていないため、崩れやすい状態であり、溶出濃度については、粒径の違いによる差は見られなかった。

TN 濃度は、調査期間を通して上昇することはなく、この調査期間内で有機物由来の窒素分が時間をおいて無機化していることは確認できなかった。

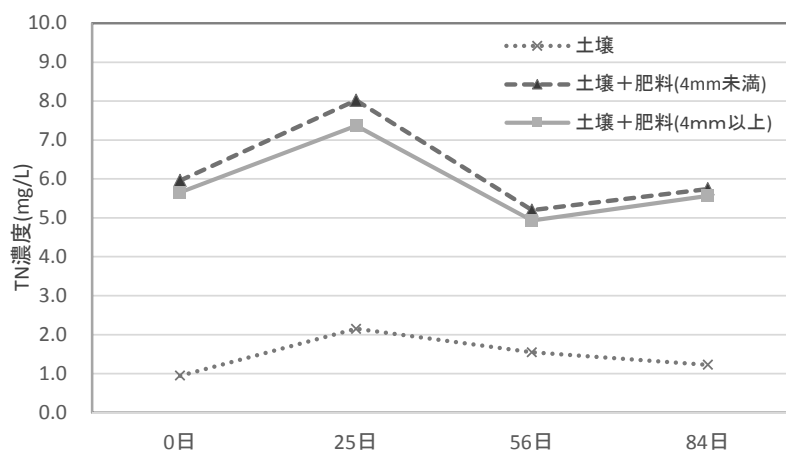


図 3 TN 濃度の推移

1) 日本土壤肥料学会監修 土壤環境分析法委員会編：土壤環境分析法，博友社，1997，p. 255～257

## 1-10 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（直接大気降下物負荷）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1参照), それぞれおく手側から1系列, 2系列3系列と区別した。

#### (2) 調査時期

平成28年4月より平成29年3月まで。

#### (3) 調査方法

デポジット法を用いて, 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, 最大月三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。



図1 試料採取器具

試料は奥から1系列, 2系列, 3系列と区別した。

#### (4) 分析項目及び測定方法

分析項目はSS, COD, TN, TP, 各態窒素, PO<sub>4</sub>-P, 水量である。T-N, T-Pの測定には, オートアナライザー(BRAN+LUEBBE, AutoAnalyzer3)を用いた。NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-Pの分析には, Whatman GF/B (poresize φ=1μm)で懸濁物を除去した濾水を用い, オートアナライザー(BRAN+LUEBBE, AACS-II)で測定した。

### 3 結果

#### CODの推移

(1) 平成28年度における直接待機降下物負荷の推移を月別に示す。CODについては4, 5月及び3月に高い値を示した。

#### (2) TNの推移

TNについてはCODと似て春季に高い挙動を示した。

#### (3) TPの推移

TPについては5月に最も高い値を示した。

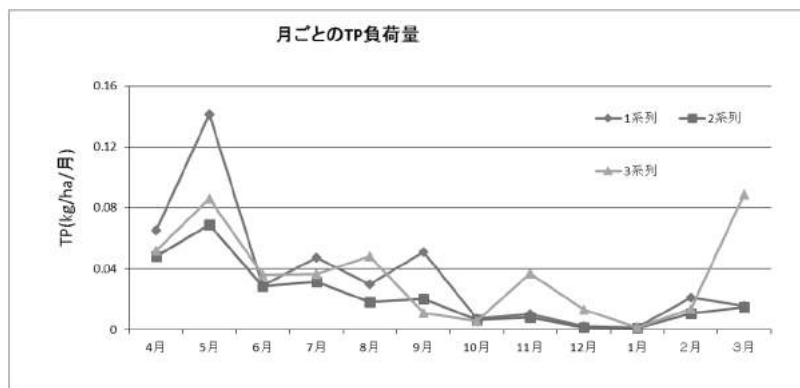
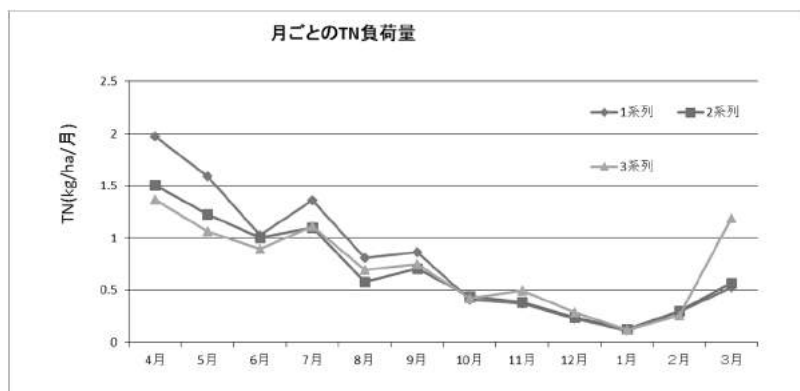
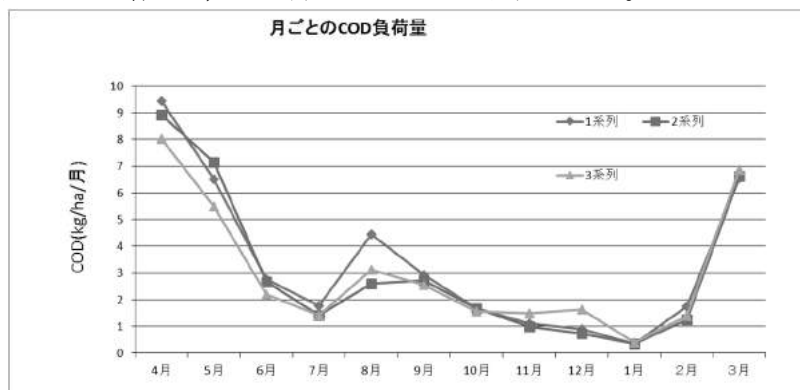
表1 大気直接降下物に係る原単位の比較

	COD (kg/ha/年)	T-N (kg/ha/年)	T-P (kg/ha/年)
今回結果 中央値	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
印旛沼・手賀沼	35.0	8.69	0.33

※ 第6期霞ヶ浦湖沼水質保全計画の原単位の単位を変更した。

#### 4 考察

他の湖沼の負荷量と比較してCODについては高い傾向であり、周辺の土地利用の影響も考えられる。今後、調査地点を増やし、より詳細なデータを提供したい。



## 1-11 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を削減するために、循環かんがいによる負荷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かんがい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、河川から取水したかんがい水を農業排水として排出せず、かんがい水として循環・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する(図1)。

調査は、北浦流域の茨城県行方市の北浦土地改良区内及び外浪逆浦、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、循環かんがい区及び非循環かんがい区の流入・流出負荷を調査し、流出負荷から流入負荷を差し引いた「差引き負荷」を比較して検証した。

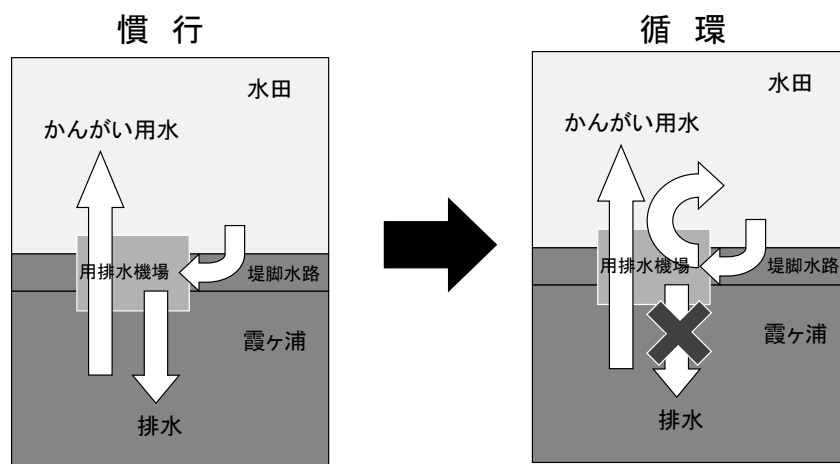


図1 循環かんがいの仕組み



図2 調査地区位置図



(1) 北浦土地改良区内調査

循環かんがい区として、北浦土地改良区第6揚排水機場、非循環かんがい区として第2排水機場において調査を実施した。(図3)

調査地域は、水稻とれんこんの複合栽培地域であり、れんこんの作付割合が高い。



図3 調査区全体図

(ア) 循環かんがい区 (図3)

- ・調査地区：行方市繁昌 北浦土地改良区第6 機場内  
作付面積：11.9ha，作付作物割合：水稻 34.2%，れんこん 65.8%
- ・調査期間：平成28年4月1日～8月15日
- ・測定項目：SS, COD, TN, TP等
- ・調査方法：週1回の頻度で取水水門、堤脚水路から採水して水質を分析，送水ポンプの稼働状況は北浦土地改良区の管理記録を利用した。

①流量

流入水：『送水量×送水面積に占める循環区面積割合』で算出

流出水：他エリアへ循環水を混合して送水を行うため、『他エリアへの送水量(送水量×送水面積に占める循環区以外の面積割合)×循環水割合((送水量-北浦からの取水量)÷送水量)』で推定

北浦からの取水量は『ゲート断面積×ゲート開度×流速』で推定

②水質

流入水：『北浦からの取水の水質×取水量÷流入水量+循環水の水質×循環水量÷流入水量』により推定

流出水：堤脚水路水の水質

③降水量・・降水量は銚田のアメダスデータを利用

④蒸発散量・・ペンマンの式により算出

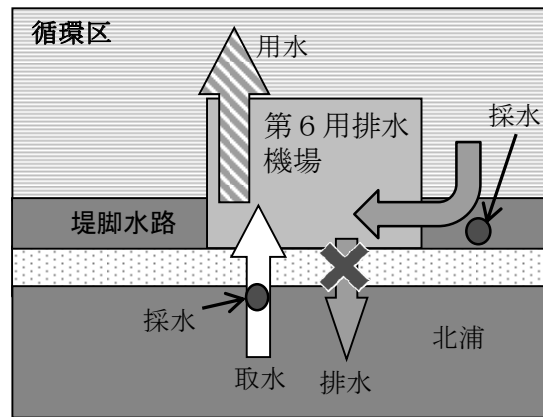


図4 循環かんがい区の概要図（北浦土地改良区）

(イ) 非循環かんがい区（図4）

- ・調査地区：行方市繁昌 北浦土地改良区第2 機場内  
作付面積：4.2ha，作付作物割合：水稲 26.2%，れんこん 73.8%
- ・調査期間：平成 28 年 4 月 1 日～8 月 15 日
- ・測定項目：SS, COD, TN, TP 等
- ・調査方法：週 1 回の頻度で機場内の水路から採水して水質を分析，送水ポンプの稼働状況は北浦土地改良区の管理記録を利用した。

①流量

流入水：『送水量×送水面積に占める非循環区面積割合』で算出

流出水：『送水量+降水量-蒸発散量』で推定

②水質

流入水：『北浦からの取水の水質×取水量／流入水量+循環水の水質×循環水量／流入水量』により推定

流出水：機場内水路の水の水質

③降水量・・降水量は銚田のアメダスデータを利用

④蒸発散量・・ペンマンの式により算出

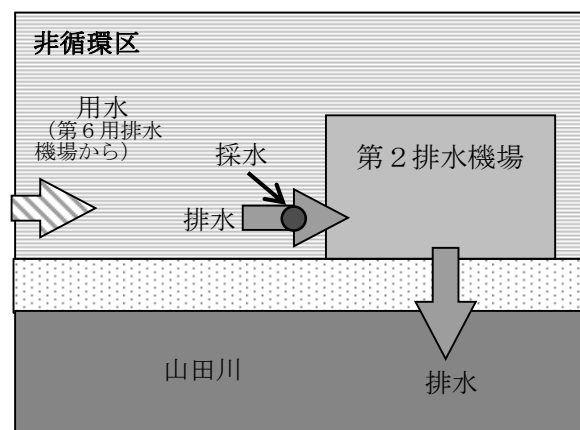


図5 非循環かんがい区の概要図（北浦土地改良区）

(2) 潮来市土地改良区内調査

循環かんがい区として，潮来市土地改良区十番揚排水機場，非循環かんがい区として，潮来排水機場において調査を実施した。（図6）



図6 調査区全域図

(ア) 循環かんがい区

- ・調査地区：潮来市土地改良区 十番揚排水機場内  
作付面積：87.8ha，作付作物割合：水稲 100%
- ・調査期間：平成 28 年 4 月 1 日～8 月 15 日
- ・測定項目：SS, COD, TN, TP 等
- ・調査方法：①流量  
 流入水：送水ポンプ稼働状況から算出  
 流出水：排水ポンプ稼働状況から算出  
 用水，排水ポンプの稼働状況は，潮来市土地改良区の管理記録を利用した。
- ②水質  
 流入水：週 1 回の頻度で常陸利根川との水門付近から採水して分析  
 流出水：1 日 1 回の頻度で自動採水器を利用して機場内水路から採水して分析
- ③降水量・・降水量は鹿嶋のアメダスデータを利用
- ④蒸発散量・・ペンマンの式により算出

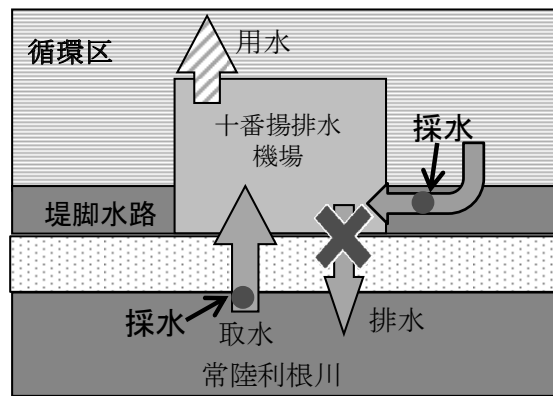


図7 循環かんがい区の概要図（潮来市土地改良区）

#### (イ) 非循環かんがい区（図4）

- ・調査地区：潮来市土地改良区 潮来排水機場内  
作付面積：81.3ha，作付作物割合：水稻 98.8%，れんこん 1.2%
- ・調査期間：かんがい期（平成28年4月1日～8月15日）  
非かんがい期（平成28年9月1日～平成28年12月31日）
- ・調査方法：①流量  
流入水：『排水量＋蒸発散量－降水量』で推定  
流出水：排水ポンプ稼働状況から算出  
排水ポンプの稼働状況は潮来市土地改良区の管理記録を利用した。
- ②水質  
流入水：週1回の頻度で前川との水門付近から採水して分析  
流出水：1日1回の頻度で自動採水器を利用して機場内水路から採水して分析
- ③降水量・・降水量は鹿嶋のアメダスデータを利用
- ④蒸発散量・・ペンマンの式により算出

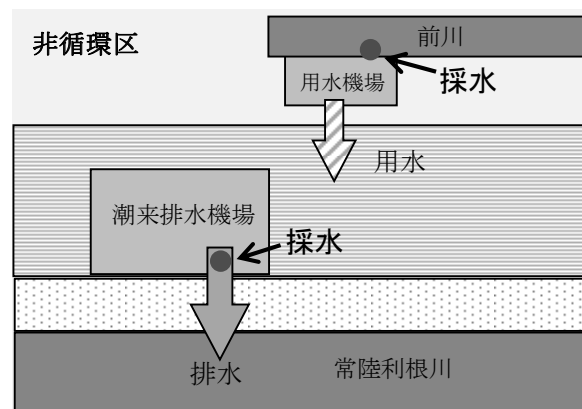


図8 非循環かんがい区の概要図（潮来市土地改良区）

### 3 結果の概要

#### (1) 北浦土地改良区内調査

循環かんがい区、非循環かんがい区の流出水の平均水質を表1に示す。

循環かんがい区では、非循環かんがい区と比較し、CODとTNで低い値を示したが、TPについては非循環かんがい区の方が低い値を示した。

循環かんがい区と非循環かんがい区の流入・流出負荷量及び差引き負荷量は表2のとおりである。

差引き負荷量については、プラスでは汚濁型、マイナスでは浄化型である。CODと窒素は循環かんがいを行うことによって差引き負荷量は浄化型となった。循環かんがい区と非循環かんがい区の差引き負荷の差(表2)を循環かんがいによる負荷削減効果とすると、循環かんがいを実施することでCODは18.5kg/km<sup>2</sup>/d、窒素は1.29 kg/km<sup>2</sup>/dの負荷削減効果が得られることがわかった。一方、りんは循環かんがい区では汚濁型となり、非循環かんがい区では浄化型であった。(表2)

表1 調査区の流出水の平均水質 (mg/L)

	COD	TN	TP
循環かんがい区	12.7	2.65	0.363
非循環かんがい区	16.2	3.01	0.318

表2 調査区の流入・流出及び差引き負荷量 (kg/km<sup>2</sup>/d)

	COD		TN		TP	
	循環	非循環	循環	非循環	循環	非循環
流入負荷量	83.8 (55.3)	84.2 (55.6)	15.69 (10.90)	15.76 (10.90)	1.802 (0.538)	1.811 (0.540)
流出負荷量	76.1 (55.2)	95.0 (73.7)	14.53 (10.60)	15.90 (12.60)	1.903 (0.587)	1.440 (0.400)
差引き負荷量	-7.7 (-0.17)	10.8 (18.1)	-1.16 (-0.22)	0.13 (1.63)	0.100 (0.048)	-0.370 (-0.140)

( ) 内は溶存態の値

## (2) 潮来市土地改良区内調査

### (ア) かんがい期調査

循環かんがい区、非循環かんがい区の用水、排水の平均水質を表3に示す。

排水の平均水質は、TNは循環区で濃度が高く、TPは非循環区で濃度が高かった。

表3 調査区の調査期間中の平均水質 (mg/L)

区分		採水地点	COD	TN	TP
循環区	用水	常陸利根川	7.8	0.78	0.091
	排水	十番揚排水機場	10.9	1.52	0.135
非循環区	用水	前川	9.4	1.06	0.134
	排水	潮来排水機場	11.0	1.34	0.284

調査区の水収支を表4に示す。循環区においても機場内の水量の増加などの状況により、排水が実施されており、非循環区の40%程度の排水量であった。

差引き負荷量については、循環区では、すべての項目で浄化型になることが分かった。非循環区では、TNは浄化型であったがCOD、TPについては汚濁型となり、特にTPは流出負荷量も高くなることが分かった。非循環区は市街地からの排水と生活エリアからの雑排水が混入していることが影響していると考えられる。

表4 調査区の水収支

m<sup>3</sup>/ha

	月, 期間別	流入		流出	
		用水	降水	排水	蒸発散
循環区	4月	190	117	41	96
	5月	175	105	152	130
	6月	154	123	166	119
	7月	154	56	93	138
	8月(15日まで)	57	41	66	79
	調査期間内計	730	440	518	562
非循環区	4月	322	117	295	96
	5月	420	105	345	130
	6月	293	123	248	119
	7月	411	56	280	138
	8月(15日まで)	184	41	123	79
	調査期間内計	1630	440	1291	562

表5 循環かんがい区, 非循環かんがい区の流入・流出及び差引き負荷量

(kg/km<sup>2</sup>/d)

	COD		TN		TP	
	循環	非循環	循環	非循環	循環	非循環
流入負荷量	45.3 (32.1)	102.0 (65.2)	6.36 (4.44)	13.01 (7.21)	0.495 (0.162)	1.358 (0.289)
流出負荷量	38.8 (29.3)	102.4 (78.4)	4.61 (3.98)	12.14 (10.50)	0.464 (0.135)	2.610 (0.844)
差引き負荷量	-6.5 (-2.7)	0.4 (13.1)	-1.74 (-0.45)	-0.86 (3.30)	-0.030 (-0.026)	1.252 (0.554)

( ) 内は溶存態の値

## (イ) 非かんがい期調査

流出水の平均水質は表6のとおりである。各水質項目ともかんがい期の平均濃度と比較して同様の濃度であった。

流入・流出及び差引き負荷量は表7のとおりである。流入負荷量は降雨のみで算出した。調査地区では、非かんがい期においても市街地、住宅地からの雨水や生活排水の一部が流入していることから定期的に排水を実施しており、排出負荷量が高い値となった。

表6 非かんがい期における流出水の平均水質

(mg/L)

	COD	TN	TP
非循環かんがい区	10.2	1.33	0.270

表7 非かんがい期における流入・流出及び差引き負荷量

(kg/km<sup>2</sup>/d)

	COD	TN	TP
流入負荷量	5.4	3.85	0.054
流出負荷量	72.1	10.05	2.005
差引き負荷量	66.7	6.20	1.951

## 1-12 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，稼働した。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 28 年度検証内容

- (1) 汚泥返送運転（磁性粉再利用）  
最適な汚泥返送割合及び経費削減について検討する。
- (2) 長時間連続運転  
従来の 1 クール 28 日運転から 1 クール 50 日運転に変更した場合の水質改善効果を検証する。

### 3 調査方法

#### (1) 調査内容

- ① 調査期間：平成 28 年 6 月 19 日～9 月 29 日
- ② 運転条件：1 クール 50 日の運転を 2 クール
- ③ 調査回数：第 1 クールは稼働 1 日及び 3 日前と稼働後 7 回，第 2 クールは稼働前日と稼働後 6 回の計 16 回
- ④ 調査地点数：図 1 に示す。浄化対象水域 6 地点，土浦港内 2 地点の計 8 地点
- ⑤ 水質分析項目：全りん (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 (NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N)，りん酸イオン (PO<sub>4</sub>-P)，クロロフィル a，動植物プランクトンなど 計 24 項目

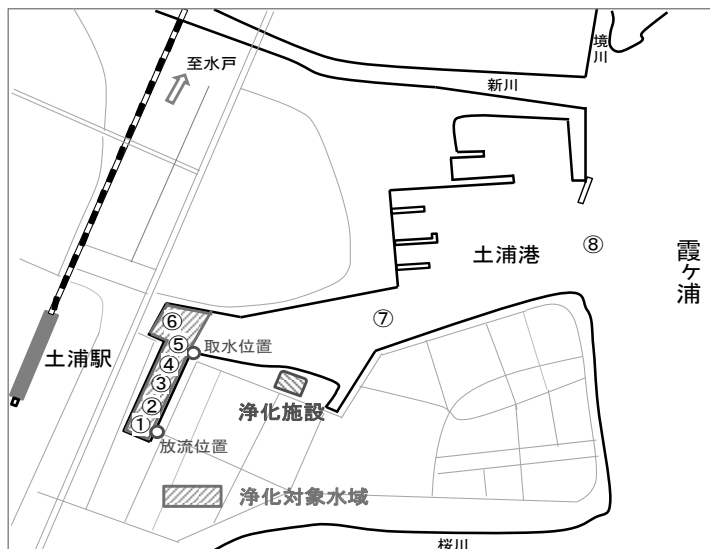


図 1 浄化施設設置場所および平成 28 年度調査地点

## (2) 浄化施設稼働条件状況

各クールの日程と1日当りの処理水量を表1に示す。

表1 稼働状況

運転時期	期間	処理水量 (m <sup>3</sup> /日)
第1クール	6/22～8/10	10,000m <sup>3</sup>
		汚泥返送 (日中)
第2クール	8/11～9/29 (8/11～16薬注無循環運転)	10,000m <sup>3</sup>
		汚泥返送 (24時間)

## 4 結果概要

## (1) 汚泥(磁性粉)返送率の検証

費用の削減や発生した汚泥の再利用を目的に、薬品のなかでコスト比率の高い磁性粉の投入量を少なくし、その分汚泥として発生した磁性粉を再利用する検討を行った。土浦港から採水した原水と汚泥(磁性粉)返送率を変えた処理水の水質の推移をみることによって返送率の最適値を求めた。浄化施設の処理対象水質であるTPとSSの原水、処理水および除去率の結果を表2に示す。ちなみに目標処理水水質はTPが0.03mg/L以下、SSが5mg/L以下で、H28年度は目標を達成した。

表2 磁性粉返送率とTP,SSの原水、処理水の水質及び除去率

採水日	TP			SS			汚泥返送運転
	原水(mg/L)	処理水(mg/L)	除去率(%)*	原水(mg/L)	処理水(mg/L)	除去率(%)	磁性粉返送率(%)
6/22	0.10	0.007	93	15	3	80	0
6/26	0.089	0.017	81	12	3	75	0
7/06	0.11	0.021	81	12	3	75	32
7/16	0.096	0.020	79	9	2	78	0
7/26	0.085	0.021	75	11	3	73	32
8/05	0.071	0.014	80	10	2	80	32
8/10	0.092	0.012	87	13	2	85	52
8/17	0.11	0.012	89	18	2	89	52
8/25	0.10	0.013	87	12	2	83	52
9/04	0.081	0.020	75	11	3	73	52
9/14	0.089	0.017	81	11	3	73	56
9/24	0.069	0.013	81	5	4	20	60

\*除去率(%) = (1 - 処理水/原水) × 100

汚泥返送率が56%までTP,SSの除去率はほとんど変わらず、新規磁性粉を56%まで減らせることが確認できた。

## (2) 長時間連続運転による水質改善効果の検証

従来の28日運転から50日運転に変更した場合の水質改善効果を検証した。検証は平成28度と同時期でかつ測定地点を同一8か所にした平成27年度の施設稼働前後の改善率(式1)を比較することによって行った。改善率を求めるにあたり、水質はその時の気象条件(天気、気温、風など)に左右されるために土浦港入口付近の地点⑧(施設稼働の影響が最も小さく、水質は湖水に近い)を基準とした。

$$\text{改善率} = (1 - \text{各地点の水質の値} / \text{地点⑧の水質の値}) \times 100 \dots \text{式1}$$

図2に平成27年度、図3に平成28年度の目標水質であるTPの施設稼働前後の水質と改善率



を示す。平成 27 年度は第 3, 4 クール,平成 28 年度は第 1, 2 クールの平均値を用いた（同処理水量で比較：10,000m<sup>3</sup>/日）。

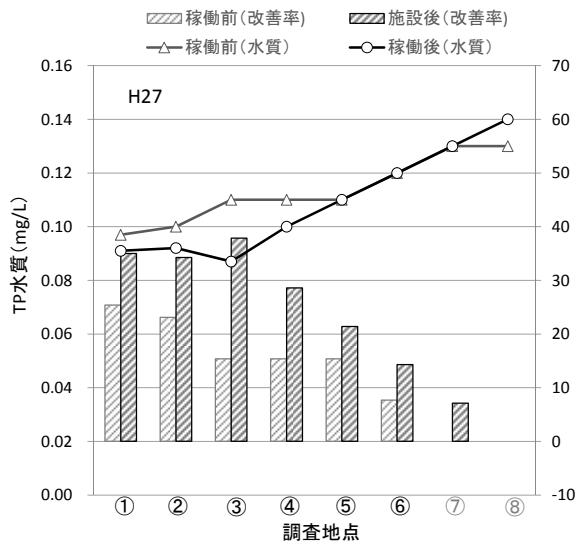


図 2 H27 年度各地点の TP の水質と改善率

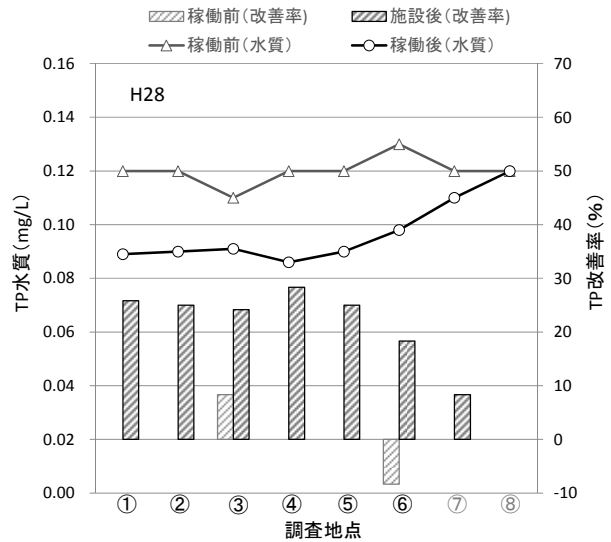


図 3 H28 年度各地点の TP の水質と改善率

平成 27 年度の水質は稼働前、稼働後共に概ね地点⑧から地点①にかけて下降する傾向が見られ、改善率は地点①から⑦にかけて小さくなっていった。これに対して、平成 28 年度は稼働前の水質は同程度で、稼働後は地点⑧から地点⑥にかけて下降し地点①～⑤はほぼ同じ値を示していた。稼働後の改善率は地点①～⑤までは大きく、地点⑥、地点⑦の順となっていた。以上より、施設を稼働することによって、水質が改善され、放流口から遠くなる地点⑥、⑦では改善される割合が小さくなることが分かった。ただし、平成 27 年度のように水質の状況によっては、施設稼働前でも地点⑧と各地点の水質の差によって、見かけ上改善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ははっきりしない。そこで、 $\Delta$ TP 改善率 (=稼働後の改善率 - 稼働前の改善率) を求め、図 4 に示した。図より、平成 27 年は地点①～④の $\Delta$ 改善率が高く、平成 28 年度は地点①～⑥で $\Delta$ 改善率がほぼ一定で大きいことが認められた。両者の $\Delta$ 改善率を比較することで、連続稼働日数が長い平成 28 年度の水質改善範囲が拡大し、かつ改善効果が大きくなることが明らかになった。参考までに他の水質の改善率、 $\Delta$ 改善率を表 4 に示す。

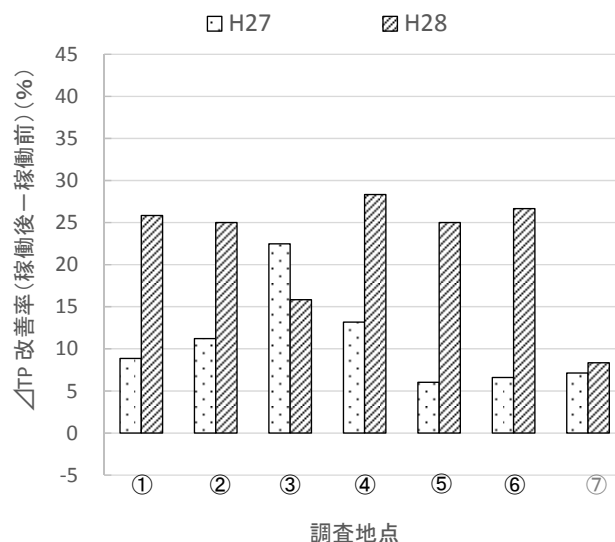


図 4 平成 27, 28 年度の各地点の $\Delta$ TP 改善率比較

## 5 まとめ

- ① 費用や汚泥の削減を図る方策として、汚泥返送運転による磁性粉の削減実験を行い、56%まで新規投入磁性粉を削減できることが確認できた。
- ② 施設の連続稼働運転日を28日間から50日間に変更することによって、浄化範囲が広く、かつ水質改善効果が大きくなることが明らかになり、連続稼働期間が長いほど浄化効果が大きくなることが示唆された。











表4 平成27～28年度改善率

			地点①	地点②	地点③	地点④	地点⑤	地点⑥	地点⑦
TP	H27	稼働前	25	23	15	15	15	7.7	0.0
		稼働後	35	34	38	29	21	14	7.1
		△(稼働後-稼働前)	10	11	22	13	6.0	6.6	7.1
	H28	稼働前	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	-8.3	0.0
		稼働後	26	25	24	28	25	18	8.3
		△(稼働後-稼働前)	26	25	16	28	25	27	8.3
SS	H27	稼働前	36	36	28	28	20	12	8.0
		稼働後	35	43	30	22	17	8.7	4.3
		△(稼働後-稼働前)	-1.2	7.5	2.4	-6.3	-2.6	-3.3	-3.7
	H28	稼働前	5.3	11	21	16	11	5.3	5.3
		稼働後	5.9	18	24	24	18	18	5.9
		△(稼働後-稼働前)	0.6	7.1	2.5	7.7	7.1	12	0.6
COD	H27	稼働前	23	23	23	15	15	7.7	7.7
		稼働後	33	29	29	20	15	9.1	9.1
		△(稼働後-稼働前)	10	6.0	6.0	4.6	0.1	1.4	1.4
	H28	稼働前	6.5	4.3	3.3	8.7	4.3	-4.3	-1.1
		稼働後	29	24	24	16	14	5.6	5.2
		△(稼働後-稼働前)	22	20	20	7.6	10	9.9	6.3
クロロフィルa	H27	稼働前	27	19	17	8.3	0.0	0.0	-8.3
		稼働後	16	6.9	1.1	-11	-1.1	-8.0	-4.6
		△(稼働後-稼働前)	-11	-12	-16	-20	-1.1	-8.0	-4.6
	H28	稼働前	17	17	33	8.3	8.3	-17	17
		稼働後	47	34	30	26	17	13	-2.3
		△(稼働後-稼働前)	30	18	-3.0	18	8.9	29	-19
透明度	H27	稼働前	27	8.1	10	15	13	-1.6	4.8
		稼働後	28	31	24	22	22	7.5	0.0
		△(稼働後-稼働前)	1.0	23	14	7.9	10	9.1	-4.8
	H28	稼働前	12	13	16	20	14	5.8	8.7
		稼働後	9.1	19	21	17	10	13	7.8
		△(稼働後-稼働前)	-3.0	6.0	5.0	-3.4	-4.1	7.2	-0.9
TN	H27	稼働前	5.6	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.6
		稼働後	13	13	13	13	6.7	0.0	0.0
		△(稼働後-稼働前)	7.8	7.8	13	13	6.7	0.0	5.6
	H28	稼働前	-7.1	7.1	14	7.1	0.0	-7.1	7.1
		稼働後	12	12	12	12	5.9	12	5.9
		△(稼働後-稼働前)	19	4.6	-2.5	4.6	5.9	19	-1.3



## 1-13 公募型新たな水質浄化空間創出事業

### 1 目的

「公募型新たな水質浄化空間創出事業」で選定された浄化装置の実証実験において、浄化処理前後の水質を分析して、リンの削減に関する評価をする。

### 2 浄化装置について

#### (1) 設置場所及び概要

浄化装置は、土浦市が管理する生活排水路浄化施設（土浦市虫掛）敷地内に設置した。新川に流入する虫掛排水路の水をくみ上げ、生物担体（バイオモジュール）により浄化する施設の前段階に浄化装置を設置することで、複合的な浄化効果を期待した。

本装置は図1に示すとおり、3つの水槽（鉄イオン発生槽×2、反応槽）から構成され、その処理水は生活排水路浄化施設の好気性ろ床槽に放流される。鉄イオン発生槽では、鉄イオン溶出体（特開 2007-268511）をドラム型カートリッジに入れて鉄(II)イオンを溶出させる。この鉄(II)イオンがリン酸イオンと結合して沈降することで、水中のリンを除去する。

なお、鉄(II)イオンにより放流水の嫌気化が懸念されるため、水槽内で曝気をしている。

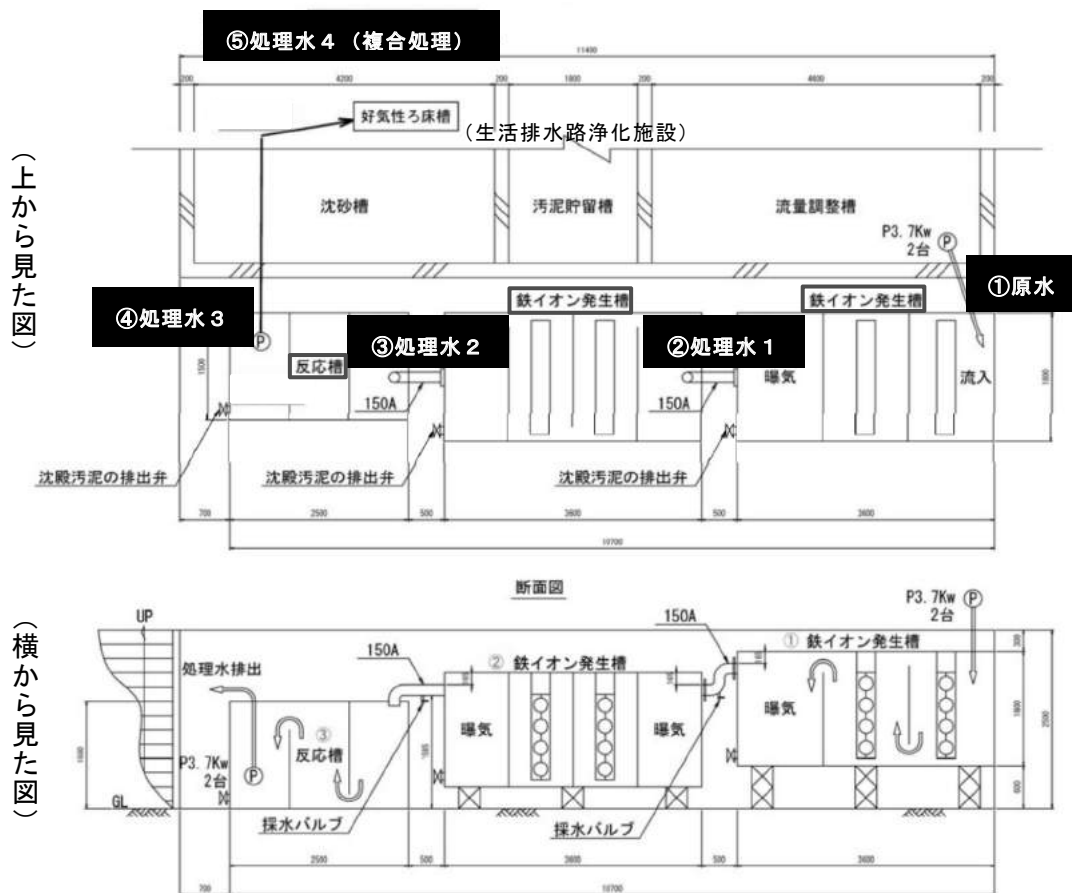


図1 装置の概略図

## (2) 稼働状況 (表 1)

平成 28 年 4 月から 10 月の間に、ドラムの回転速度や設置数を変更して計 3 クールの稼働をした (平成 27 年度に第 3 クールまで実施しているため、平成 28 年度は第 4 クールから第 6 クールとした)。第 4 クールは 4 月 27 日から 6 月 21 日までの期間で、ドラムの回転速度を 1 回転/45 秒, 1 回転/30 秒, 1 回転/15 秒 (すべて曝気なし), 1 回転/30 秒 (曝気あり) とした。第 5 クールは 7 月 1 日から 8 月 24 日までの期間で、回転ドラムのユニット数を 4, 3, 2 (すべて下流側で曝気), 4 (上流側で曝気) とした。第 6 クールは 9 月 2 日から 10 月 26 日の期間で、各鉄イオン発生槽で曝気し、期間の後半では反応槽に充填剤を設置した。

表 1 試験装置の稼働内容

クール 流量	ドラム回転速度	曝 気	鉄イオンドラム ユニット数	備考	
第4クール 400m <sup>3</sup> /日	4-1	1回転/45秒	4		
	4-2	1回転/30秒			
	4-3	1回転/15秒			
	4-4	1回転/30秒		あり	反応槽に曝気装置2台設置
第5クール 500m <sup>3</sup> /日	5-1	1回転/30秒	4	反応槽に曝気装置2台設置	
	5-2		3		
	5-3		2		
	5-4		4	鉄イオン発生槽1に曝気装置2台設置	
第6クール 550m <sup>3</sup> /日	6-1	1回転/30秒	4	各鉄イオン発生槽に曝気装置設置	
	6-2			あり	
	6-3				反応槽に充填剤を設置
	6-4				

## 3 調査方法

## (1) 採水

各クール内の各条件において 2 回ずつ採水を実施した。採水箇所は図 1 に示した原水及び各処理過程 (処理水 1~4) で、ひしゃくを用いて採水した。

## (2) 水質分析項目

懸濁物質 (SS), pH, 電気伝導率 (EC), 溶存酸素濃度 (DO), 化学的酸素要求量 (COD, D-COD), 全窒素濃度 (TN, D-TN), 全リン濃度 (TP, D-TP), 各態窒素濃度 (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N), リン酸態リン濃度 (PO<sub>4</sub>-P), 鉄濃度 (T-Fe, D-Fe)

## 4 結果

各処理水の水質分析結果を、別表に示す。以下では、装置が処理対象としているリン濃度について報告する。

## (1) ドラムの回転速度について (第 4 クール)

第 4 クールにおける TP 及び PO<sub>4</sub>-P 濃度の原水に対する削減率を図 2 に示す。回転速度 (1 回転/45 秒, 1 回転/30 秒, 1 回転/15 秒) ごとに比較すると、1 回転/30 秒の削減率が一番高くなった。また、その速度で曝気をすることで削減率が上がり (4-4 クール), 削減率は 30% を上

回った。PO<sub>4</sub>-P に関しては、TP より削減率が高く、リン酸が鉄イオンとの反応等により懸濁物に変化しても沈降していない可能性が示唆された。

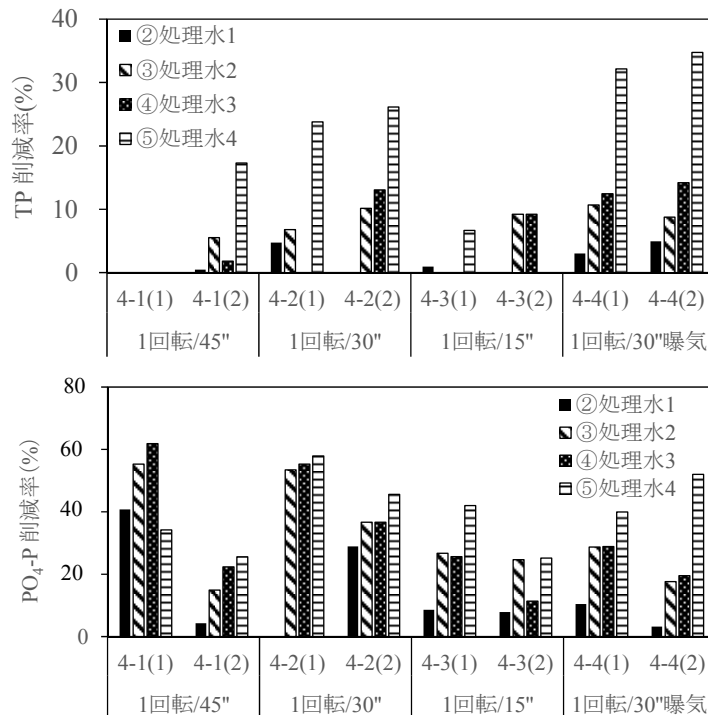


図2 第4クールにおけるリンの削減率（上：TP，下：PO<sub>4</sub>-P）

(2) 鉄イオン溶出装置のユニット数について（第5クール）

第5クールの結果より、1ユニットあたりのTPの削減量を図3に示す。処理水4での削減率をみると、2ユニットに減らした5-3クールの削減率が高かった。また、5-1クールと5-4クールを比較すると、上流部で曝気をしたほうが安定して高い削減率となった。

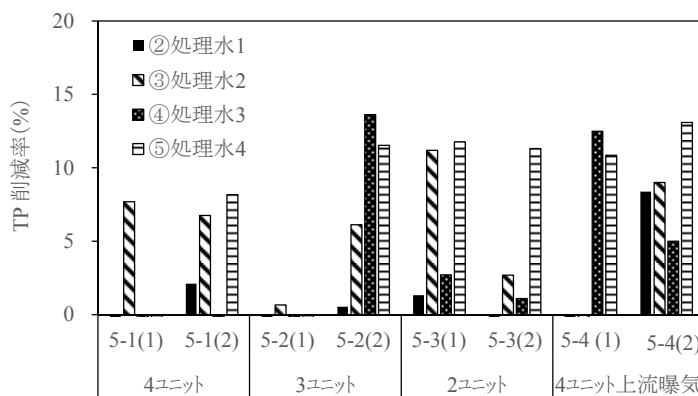


図3 1ユニットあたりのTP削減率

(3) 充填剤の効果について（第6クール）

第6クールにおける原水のTP濃度に対する削減率を図2に示す。6-1～6-2クールと6-3～6-4クールを比較すると、充填剤の設置した6-3～6-4クールのほうが、TP濃度の削減効果がみられ

た。充填剤による懸濁態の沈殿による削減効果がみられたと考えられる。

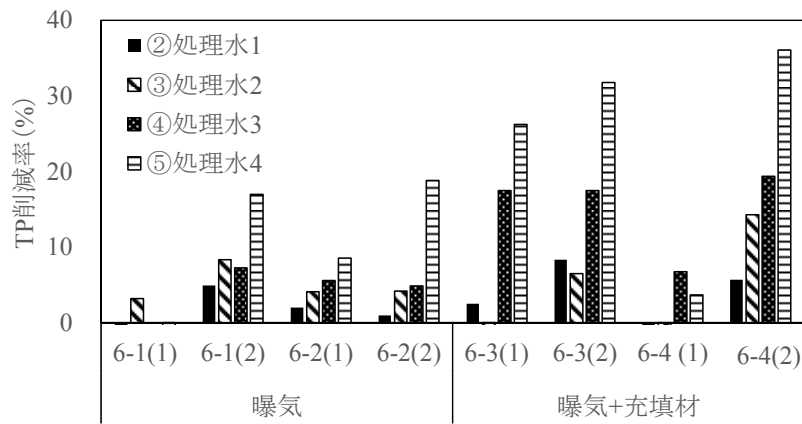


図4 1ユニットあたりのTP削減率

別表 水質分析結果

ケール	採水日	採水箇所															
		SS mg/L	pH	EC mS/m	DO mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	T-Fe mg/L	D-Fe mg/L
4-1	4月28日	48	-	22	6.4	12	6.4	2.5	2.1	0.35	0.11	1.0	0.08	0.07	0.74	3.2	0.2
4-1	4月28日	53	7.7	23	-	12	6.5	2.7	2.1	0.41	0.084	1.1	0.08	0.04	0.74	4.4	0.2
4-1	4月28日	54	7.7	24	-	12	6.7	2.7	2.4	0.44	0.084	1.1	0.09	0.03	0.75	6.8	0.3
4-1	4月28日	55	7.6	24	-	12	6.6	2.7	2.4	0.47	0.071	1.1	0.09	0.03	0.77	6.4	0.2
4-1	4月28日	51	7.6	30	7.8	11	5.9	3.2	2.7	0.54	0.082	1.3	0.10	0.05	0.81	5.4	0.2
4-1	5月10日	43	7.6	22	5.4	9.5	5.0	2.1	1.8	0.43	0.13	0.88	0.08	0.09	0.67	2.8	0.2
4-1	5月10日	43	7.4	22	-	9.8	5.1	2.4	1.9	0.43	0.11	0.84	0.09	0.09	0.65	3.4	0.2
4-1	5月10日	44	7.3	21	-	9.4	5.0	2.1	2.0	0.41	0.087	0.79	0.09	0.08	0.66	4.4	0.2
4-1	5月10日	42	7.3	21	-	9.4	5.0	2.1	1.9	0.43	0.081	0.76	0.09	0.07	0.69	4.4	0.2
4-1	5月10日	38	7.2	21	7.2	8.7	4.6	1.9	1.4	0.36	0.076	0.58	0.08	0.07	0.79	3.7	0.3
4-2	5月12日	20	7.2	34	3.6	8.0	5.7	2.9	2.5	0.72	0.26	1.4	0.10	0.27	0.68	3.1	0.3
4-2	5月12日	21	7.2	36	-	8.0	5.6	2.8	2.7	0.68	0.20	1.3	0.11	0.19	0.69	3.4	0.3
4-2	5月12日	24	7.3	36	-	8.1	5.4	2.8	2.7	0.67	0.14	1.3	0.12	0.12	0.69	4.8	0.3
4-2	5月12日	31	7.3	35	-	8.7	5.4	2.9	2.4	0.77	0.13	1.3	0.12	0.12	0.70	5.4	0.2
4-2	5月12日	23	7.3	34	6.0	7.3	5.0	2.8	2.5	0.55	0.11	1.2	0.13	0.11	0.86	4.3	0.1
4-2	5月20日	38	7.5	32	5.5	8.5	6.0	2.3	2.1	0.44	0.10	0.80	0.09	0.09	0.66	2.6	0.2
4-2	5月20日	53	7.6	32	-	9.5	6.1	2.3	2.0	0.49	0.071	0.68	0.09	0.06	0.71	-	0.1
4-2	5月20日	37	7.5	32	-	8.1	5.7	2.1	1.9	0.40	0.064	0.70	0.09	0.05	0.69	3.6	0.2
4-2	5月20日	38	7.4	32	-	8.1	5.9	2.0	1.9	0.39	0.065	0.69	0.09	0.05	0.68	3.6	0.1
4-2	5月20日	36	7.5	30	7.0	7.9	5.5	2.0	1.8	0.33	0.056	0.52	0.08	0.05	0.79	3.3	0.1
4-3	5月26日	27	7.6	35	4.0	8.5	6.2	3.2	2.9	0.93	0.57	2.0	0.14	0.56	0.53	2.5	0.1
4-3	5月26日	28	7.5	37	-	8.9	6.5	3.2	3.0	0.92	0.51	2.0	0.15	0.51	0.54	2.7	0.1
4-3	5月26日	31	7.3	37	-	8.7	6.2	3.5	3.2	1.1	0.39	2.2	0.16	0.41	0.55	3.6	0.2
4-3	5月26日	27	7.3	37	-	8.7	6.4	3.5	3.2	1.1	0.41	2.2	0.18	0.42	0.57	3.4	<0.1
4-3	5月26日	27	7.3	36	5.7	8.3	6.2	3.2	3.0	0.87	0.33	1.8	0.19	0.33	0.78	3.0	<0.1
4-3	6月3日	35	7.2	37	3.8	9.0	6.2	2.8	2.5	0.44	0.09	1.4	0.14	0.08	0.79	3.7	0.5
4-3	6月3日	30	7.0	38	-	9.2	6.1	2.9	2.6	0.46	0.08	1.4	0.15	0.07	0.79	4.1	0.5
4-3	6月3日	34	7.1	38	-	8.8	5.9	2.8	2.5	0.40	0.06	1.4	0.15	0.06	0.81	4.8	0.5
4-3	6月3日	35	7.1	37	-	8.5	6.0	2.8	2.5	0.40	0.07	1.3	0.15	0.07	0.82	4.7	0.4
4-3	6月3日	35	7.2	37	6.1	9.1	5.6	2.9	2.6	0.45	0.06	1.3	0.17	0.06	0.95	4.4	0.4

ケール	採水日	採水箇所	SS mg/L	pH	EC mS/m	DO mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	T-Fe mg/L	D-Fe mg/L
4-4	6月10日	1 原水	23	7.7	30	3.6	8.3	6.3	2.6	2.4	0.45	0.18	0.95	0.13	0.17	0.98	2.3	0.2
4-4	6月10日	2 処理水①	23	7.5	31	-	8.4	6.2	2.5	2.4	0.45	0.17	0.98	0.13	0.15	0.99	2.4	<0.1
4-4	6月10日	3 処理水②	22	7.4	31	-	8.2	6.1	2.5	2.4	0.43	0.14	0.92	0.14	0.12	1.01	2.6	<0.1
4-4	6月10日	4 処理水③	22	7.4	32	-	8.0	6.1	2.6	2.4	0.43	0.14	0.91	0.14	0.11	1.0	2.6	<0.1
4-4	6月10日	5 処理水④(複合処理)	21	7.4	28	6.5	7.7	5.8	2.5	2.3	0.32	0.12	0.76	0.13	0.10	1.1	2.3	0.1
4-4	6月17日	1 原水	18	7.4	44	3.6	8.5	6.7	5.1	4.8	1.1	0.66	3.2	0.19	0.67	1.2	2.3	<0.1
4-4	6月17日	2 処理水①	18	7.4	42	-	8.1	6.8	4.9	4.8	1.0	0.61	3.1	0.19	0.65	1.2	2.4	<0.1
4-4	6月17日	3 処理水②	18	7.4	42	-	8.4	6.9	4.9	4.7	0.98	0.51	3.0	0.22	0.56	1.2	2.6	<0.1
4-4	6月17日	4 処理水③	18	7.5	41	-	8.4	6.8	4.7	4.7	0.92	0.50	2.9	0.22	0.55	1.2	2.5	<0.1
4-4	6月17日	5 処理水④(複合処理)	18	7.5	40	6.2	8.1	6.2	4.2	4.0	0.70	0.32	2.2	0.24	0.33	1.3	2.7	<0.1
5-1	7月5日	1 原水	22	8.2	26	5.2	6.6	4.4	1.0	0.80	0.12	0.033	0.13	0.02	0.03	0.44	2.3	<0.1
5-1	7月5日	2 処理水①	24	7.9	27	-	6.7	4.3	1.0	0.78	0.12	0.027	0.12	0.02	0.02	0.44	3.6	0.1
5-1	7月5日	3 処理水②	25	7.7	27	-	6.5	4.2	0.93	0.77	0.11	0.023	0.12	0.02	0.02	0.43	5.4	0.1
5-1	7月5日	4 処理水③	26	7.7	27	-	6.4	4.2	1.0	0.77	0.12	0.023	0.12	0.02	0.02	0.43	5.4	0.1
5-1	7月5日	5 処理水④(複合処理)	24	7.6	27	7.4	6.2	4.2	0.92	0.84	0.12	0.026	0.11	0.02	0.02	0.45	4.9	<0.1
5-1	7月12日	1 原水	20	7.6	26	5.0	6.1	4.5	1.1	1.0	0.15	0.063	0.23	0.03	0.06	0.49	1.2	<0.1
5-1	7月12日	2 処理水①	21	7.3	28	-	6.1	4.4	1.1	1.0	0.14	0.055	0.21	0.03	0.04	0.48	2.8	<0.1
5-1	7月12日	3 処理水②	22	7.4	28	-	5.9	4.2	1.1	0.92	0.14	0.045	0.21	0.03	0.03	0.47	4.2	<0.1
5-1	7月12日	4 処理水③	23	7.4	29	-	6.1	4.3	1.1	0.93	0.15	0.048	0.21	0.04	0.03	0.47	4.2	<0.1
5-1	7月12日	5 処理水④(複合処理)	22	7.5	28	7.3	6.0	4.2	1.1	0.92	0.13	0.045	0.18	0.03	0.03	0.48	4.2	<0.1
5-2	7月20日	1 原水	18	7.8	26	5.7	6.4	4.3	1.0	0.91	0.13	0.045	0.13	0.02	0.04	0.50	1.2	<0.1
5-2	7月20日	2 処理水①	17	7.6	27	-	6.5	4.5	1.0	0.86	0.14	0.044	0.13	0.02	0.03	0.49	1.6	<0.1
5-2	7月20日	3 処理水②	18	7.5	27	-	6.2	4.4	1.1	0.85	0.13	0.040	0.12	0.03	0.03	0.49	2.6	<0.1
5-2	7月20日	4 処理水③	18	7.5	27	-	6.1	4.4	1.1	0.90	0.14	0.039	0.12	0.03	0.03	0.49	2.6	<0.1
5-2	7月20日	5 処理水④(複合処理)	17	7.5	27	7.3	6.0	4.5	1.1	0.92	0.14	0.040	0.13	0.03	0.03	0.52	2.2	<0.1
5-2	7月27日	1 原水	13	8.3	27	6.5	6.2	4.4	1.0	0.82	0.15	0.059	0.16	0.02	0.05	0.43	1.2	<0.1
5-2	7月27日	2 処理水①	18	7.8	28	-	6.2	4.4	0.93	0.83	0.15	0.055	0.16	0.02	0.05	0.44	1.6	<0.1
5-2	7月27日	3 処理水②	19	7.5	28	-	6.0	4.3	0.87	0.80	0.14	0.044	0.16	0.03	0.04	0.43	2.4	<0.1
5-2	7月27日	4 処理水③	20	7.4	28	-	5.8	4.3	0.93	0.82	0.13	0.046	0.14	0.02	0.04	0.43	2.4	<0.1
5-2	7月27日	5 処理水④(複合処理)	24	7.5	28	7.4	5.7	4.3	0.89	0.80	0.13	0.047	0.12	0.03	0.04	0.45	2.3	<0.1

クール	採水日	採水箇所	SS mg/L	pH	EC mS/m	DO mg/L	COD mg/L	D-COD mg/L	TN mg/L	D-TN mg/L	TP mg/L	D-TP mg/L	NH <sub>4</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	T-Fe mg/L	D-Fe mg/L
5-3	8月3日	1 原水	16	8.0	29	4.8	6.0	4.7	0.90	0.81	0.17	0.090	0.22	0.03	0.09	0.34	0.9	<0.1
5-3	8月3日	2 処理水①	16	7.8	29	-	6.3	4.6	0.90	0.79	0.17	0.089	0.20	0.03	0.08	0.34	1.2	<0.1
5-3	8月3日	3 処理水②	16	7.6	29	-	6.1	4.6	0.86	0.77	0.15	0.083	0.19	0.03	0.08	0.34	1.6	<0.1
5-3	8月3日	4 処理水③	16	7.6	29	-	6.1	4.8	0.83	0.78	0.17	0.082	0.19	0.03	0.08	0.34	1.7	<0.1
5-3	8月3日	5 処理水④(複合処理)	12	7.6	29	7.1	6.0	4.6	0.84	0.71	0.15	0.075	0.15	0.03	0.07	0.33	1.5	<0.1
5-3	8月9日	1 原水	13	7.7	29	5.9	6.4	5.1	0.67	0.57	0.14	0.084	0.10	0.01	0.08	0.20	0.8	<0.1
5-3	8月9日	2 処理水①	14	7.5	31	-	6.4	5.0	0.62	0.53	0.14	0.077	0.09	0.01	0.08	0.20	1.0	<0.1
5-3	8月9日	3 処理水②	12	7.6	29	-	6.0	5.0	0.61	0.53	0.13	0.076	0.09	0.01	0.07	0.19	1.3	<0.1
5-3	8月9日	4 処理水③	13	7.5	30	-	6.0	4.8	0.64	0.52	0.14	0.073	0.08	0.01	0.07	0.19	1.2	<0.1
5-3	8月9日	5 処理水④(複合処理)	13	7.5	30	6.9	6.2	5.0	0.58	0.48	0.12	0.070	0.08	0.01	0.06	0.18	1.2	<0.1
5-4	8月16日	1 原水	17	7.7	31	6.9	6.2	4.8	0.74	0.65	0.13	0.065	0.09	0.01	0.06	0.26	1.2	0.1
5-4	8月16日	2 処理水①	16	7.4	32	-	6.0	4.7	0.69	0.61	0.14	0.064	0.09	0.01	0.06	0.25	1.5	0.1
5-4	8月16日	3 処理水②	16	7.4	32	-	6.0	4.6	0.77	0.60	0.14	0.061	0.10	0.01	0.05	0.26	1.9	<0.1
5-4	8月16日	4 処理水③	15	7.5	32	-	5.9	4.4	0.71	0.60	0.12	0.057	0.09	0.01	0.05	0.26	1.8	<0.1
5-4	8月16日	5 処理水④(複合処理)	16	7.4	31	6.9	6.0	4.7	0.71	0.58	0.12	0.056	0.08	0.01	0.05	0.24	1.9	<0.1
5-4	8月25日	1 原水	57	7.6	20	7.3	8.6	4.9	2.0	1.8	0.31	0.090	0.12	0.02	0.10	1.3	2.7	0.1
5-4	8月25日	2 処理水①	55	7.4	21	-	8.6	5.2	2.0	1.7	0.28	0.094	0.13	0.02	0.10	1.3	3.1	0.1
5-4	8月25日	3 処理水②	52	7.4	21	-	8.2	5.0	1.9	1.9	0.28	0.080	0.12	0.02	0.08	1.3	3.6	0.1
5-4	8月25日	4 処理水③	53	7.3	21	-	8.0	5.0	1.9	1.8	0.29	0.078	0.12	0.02	0.08	1.3	3.6	0.1
5-4	8月25日	5 処理水④(複合処理)	46	7.3	20	7.0	8.0	5.1	2.0	1.7	0.27	0.082	0.11	0.03	0.08	1.3	3.2	0.1
6-1	9月6日	1 原水	19	7.6	23	6.8	4.8	3.0	1.9	1.7	0.12	0.035	0.13	0.02	0.03	1.4	3.0	0.2
6-1	9月6日	2 処理水①	19	7.4	27	-	4.8	3.2	1.8	1.7	0.12	0.033	0.12	0.03	0.03	1.4	4.5	0.1
6-1	9月6日	3 処理水②	23	7.4	26	-	4.7	3.0	1.7	1.7	0.12	0.029	0.12	0.03	0.02	1.3	5.3	0.1
6-1	9月6日	4 処理水③	21	7.4	26	-	4.7	3.1	1.8	1.7	0.12	0.031	0.12	0.03	0.02	1.4	5.7	0.1
6-1	9月6日	5 処理水④(複合処理)	20	7.5	27	6.9	4.4	3.0	1.7	1.7	0.12	0.036	0.11	0.03	0.03	1.4	5.1	<0.1
6-1	9月13日	1 原水	17	7.6	26	7.2	5.0	3.8	1.8	1.8	0.23	0.11	0.23	0.03	0.11	1.4	1.9	0.3
6-1	9月13日	2 処理水①	17	7.4	27	-	4.7	3.8	1.9	1.8	0.22	0.10	0.22	0.04	0.09	1.4	2.5	0.2
6-1	9月13日	3 処理水②	19	7.4	27	-	4.5	3.4	1.8	1.8	0.21	0.076	0.21	0.05	0.07	1.4	3.5	0.2
6-1	9月13日	4 処理水③	22	7.4	26	-	5.0	3.6	1.9	1.7	0.22	0.077	0.20	0.05	0.07	1.4	3.7	0.1
6-1	9月13日	5 処理水④(複合処理)	23	7.4	26	7.3	4.8	3.3	1.8	1.8	0.19	0.066	0.14	0.04	0.04	1.4	3.9	0.1

クール	採水日	採水箇所	SS	pH	EC	DO	COD	D-COD	TN	D-TN	TP	D-TP	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	NO <sub>3</sub> -N	T-Fe	D-Fe
			mg/L	-	mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
6-2	9月21日	1 原水	24	7.6	22	5.3	12	9.7	1.6	1.6	0.53	0.30	0.20	0.03	0.25	0.84	3.0	0.3
6-2	9月21日	2 処理水①	27	7.3	23	-	11	9.9	1.7	1.5	0.52	0.25	0.19	0.04	0.22	0.84	3.4	0.3
6-2	9月21日	3 処理水②	26	7.3	23	-	12	9.4	1.5	1.5	0.50	0.24	0.18	0.04	0.19	0.85	3.9	0.3
6-2	9月21日	4 処理水③	26	7.2	22	-	11	9.5	1.7	1.5	0.50	0.24	0.18	0.04	0.20	0.84	4.0	0.3
6-2	9月21日	5 処理水④(複合処理)	27	7.3	20	7.3	11	9.2	1.7	1.4	0.48	0.23	0.17	0.04	0.18	0.89	3.8	0.3
6-2	9月28日	1 原水	21	7.6	39	4.1	10	8.7	3.0	2.9	1.1	0.63	1.9	0.12	0.61	0.45	2.4	0.1
6-2	9月28日	2 処理水①	20	7.4	42	-	10	8.8	3.2	2.9	1.0	0.60	1.9	0.13	0.59	0.46	2.6	<0.1
6-2	9月28日	3 処理水②	19	7.4	42	-	9.8	8.6	3.0	2.9	1.0	0.53	1.9	0.14	0.51	0.47	3.0	<0.1
6-2	9月28日	4 処理水③	20	7.4	42	-	9.8	8.4	3.2	2.9	1.0	0.52	1.8	0.15	0.51	0.49	3.0	<0.1
6-2	9月28日	5 処理水④(複合処理)	19	7.4	41	5.9	10	8.7	3.0	2.6	0.85	0.41	1.5	0.16	0.40	0.62	3.1	<0.1
6-3	10月4日	1 原水	25	7.5	46	-	16	11	4.2	3.1	1.3	0.48	2.3	<0.01	0.46	<0.01	2.9	0.1
6-3	10月4日	2 処理水①	26	7.4	49	-	16	10	4.2	3.1	1.3	0.46	2.3	<0.01	0.44	<0.01	3.0	<0.1
6-3	10月4日	3 処理水②	30	7.3	49	-	16	10	4.2	3.4	1.3	0.39	2.3	<0.01	0.37	<0.01	3.4	<0.1
6-3	10月4日	4 処理水③	23	7.4	49	-	15	11	4.1	3.2	1.1	0.40	2.2	<0.01	0.36	<0.01	2.5	<0.1
6-3	10月4日	5 処理水④(複合処理)	25	7.3	49	2.2	16	10	4.1	3.2	0.95	0.30	2.3	0.01	0.26	<0.01	2.4	<0.1
6-3	10月12日	1 原水	16	7.8	45	4.8	10	8.1	3.0	2.8	0.60	0.24	1.8	0.19	0.19	0.58	2.4	0.1
6-3	10月12日	2 処理水①	17	7.6	46	-	9.9	8.2	3.0	2.9	0.55	0.23	1.7	0.19	0.21	0.58	2.4	0.1
6-3	10月12日	3 処理水②	15	7.5	46	-	9.8	8.0	2.9	2.7	0.56	0.20	1.6	0.21	0.19	0.60	2.6	0.1
6-3	10月12日	4 処理水③	13	7.5	46	-	9.5	7.9	2.9	2.7	0.49	0.19	1.5	0.22	0.14	0.70	2.4	0.1
6-3	10月12日	5 処理水④(複合処理)	15	7.5	45	6.5	8.8	7.3	2.5	2.4	0.41	0.15	1.1	0.25	0.14	0.82	2.4	0.1
6-4	10月18日	1 原水	14	7.4	34	5.1	8.3	7.0	2.1	2.1	0.52	0.25	1.3	0.11	0.26	0.54	1.7	0.1
6-4	10月18日	2 処理水①	13	7.2	35	-	8.2	6.7	2.2	2.1	0.53	0.26	1.3	0.12	0.26	0.55	1.8	0.1
6-4	10月18日	3 処理水②	11	7.3	33	-	8.4	7.0	2.3	2.1	0.53	0.25	1.3	0.13	0.25	0.57	2.2	0.1
6-4	10月18日	4 処理水③	10	7.3	31	-	8.2	6.9	2.2	2.2	0.48	0.26	1.2	0.14	0.26	0.63	1.9	0.1
6-4	10月18日	5 処理水④(複合処理)	14	7.3	34	6.2	8.5	7.3	2.4	2.2	0.50	0.22	1.1	0.14	0.22	0.79	2.0	0.1
6-4	10月26日	1 原水	16	7.5	54	4.7	8.0	6.5	4.5	4.0	0.66	0.35	2.6	0.14	0.33	0.88	2.2	0.1
6-4	10月26日	2 処理水①	15	7.4	57	-	8.1	6.5	4.0	3.8	0.62	0.32	2.5	0.14	0.31	0.89	2.2	0.1
6-4	10月26日	3 処理水②	15	7.4	57	-	7.8	6.3	4.0	3.7	0.57	0.27	2.4	0.15	0.24	0.94	2.4	0.1
6-4	10月26日	4 処理水③	15	7.4	58	-	7.6	6.3	4.1	3.7	0.53	0.25	2.3	0.15	0.13	1.0	2.2	0.1
6-4	10月26日	5 処理水④(複合処理)	14	7.3	57	6.5	7.3	6.2	4.1	3.8	0.42	0.17	2.0	0.17	0.15	1.2	2.3	0.1



## 1-14 霞ヶ浦湖岸ハス田からの流出負荷量抑制対策のための基本的研究

## 1 目的

霞ヶ浦湖岸のハス田からの栄養塩類の流出を削減するため、河川財団の河川基金を活用し、茨城大学、農研機構農業環境変動研究センター、県農業総合センター園芸研究所との共同研究により流出負荷量抑制対策を検討する。

当センターは、農地基盤整備後のハス田地帯の負荷量調査を行う。

## 2 方法

- ・調査概要：土浦市手野地区は、土浦駅の北東部の霞ヶ浦湖岸沿いに広がるレンコン生産地帯であり、平成7年度から平成27年度にかけて、全国で初のレンコンを対象作物とした基盤整備が実施され、農地の区画、用排水施設、農道整備等が実施された。そこで、土浦市の手野土地改良区を調査地区として、流入負荷および流出負荷量を調査する。
- ・調査面積：148.6ha
- ・調査期間：平成28年9月7日から平成29年9月6日（予定）
- ・調査項目：水質（COD, 窒素, りん等）、流量（用水量, 排水量）、降水量
- ・調査方法：用水および排水の流れは図1に示すとおりである。

第1用水機場においては、水路内で霞ヶ浦からの取水と水田エリアからの排水が混合された形であり、排水は一部循環される形となっている。（図2）  
各圃場への用水はパイプライン化されたため、用水路からの水は、現在ほとんど利用されておらず、エリア内を通過して排水される形となっている。

## (1) 水質

## ア. 用水

- ①第1用水機場・・・水路から自動採水器で1日1回採水
- ②第2用水機場・・・境川から1週に1度の頻度で採水
- ③用水路・・・用水路上部から1週に1度の頻度で採水

## イ. 排水

手野機場内水路から自動採水器で1日1回採水

## (2) 水量

## ア. 用水

- ①第1用水機場・・・ポンプの運転記録
- ②第2用水機場・・・ポンプの運転記録
- ③用水路・・・週1回流量を測定し、調査期間の平均値から推定

## イ. 排水

- ①自然排水・・・手野機場内2か所に設置した流速計、水位計の値から推定
- ②機械排水・・・ポンプの運転記録

## ウ. 降水量 アメダスデータ

## (3) 負荷量

「水量×水質」で計算

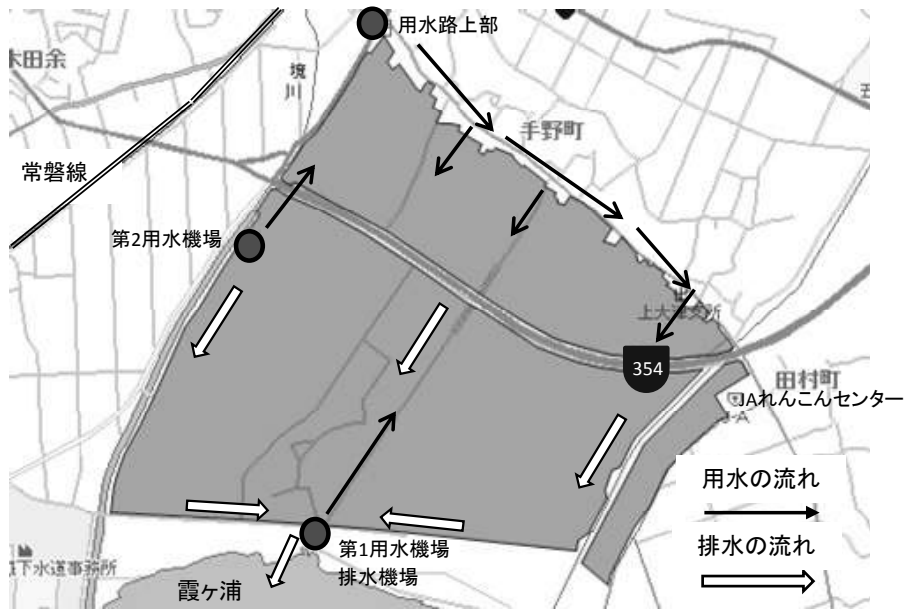


図1 調査地区概要図

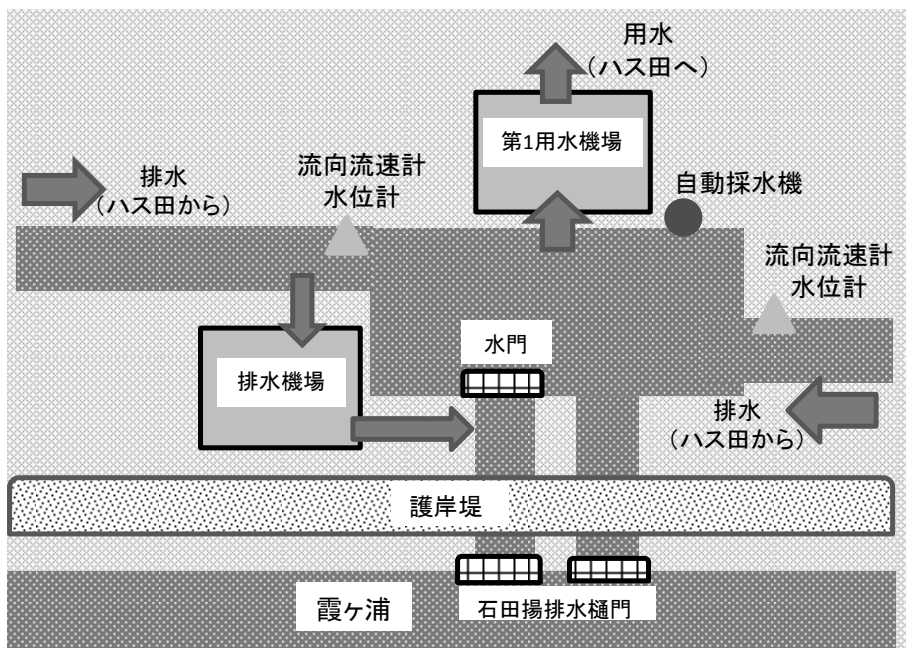


図2 第1用水機場，排水機場付近

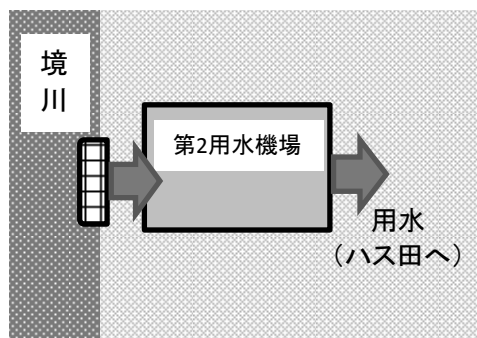


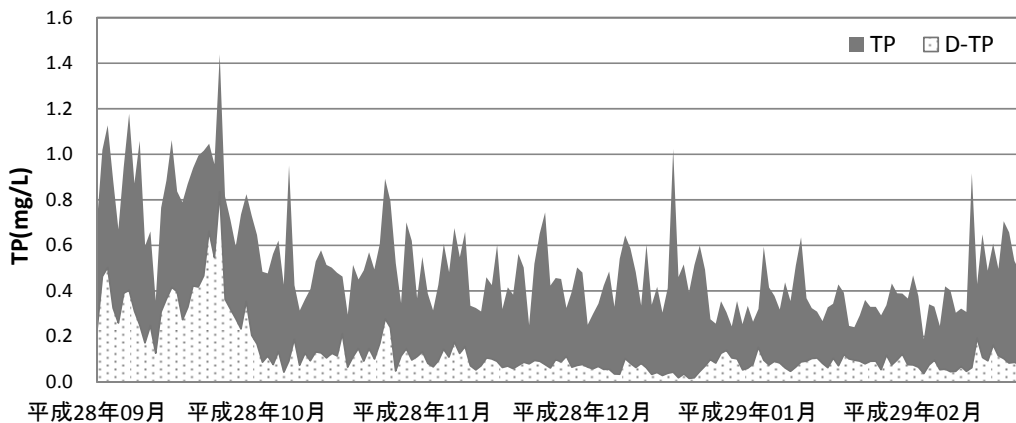
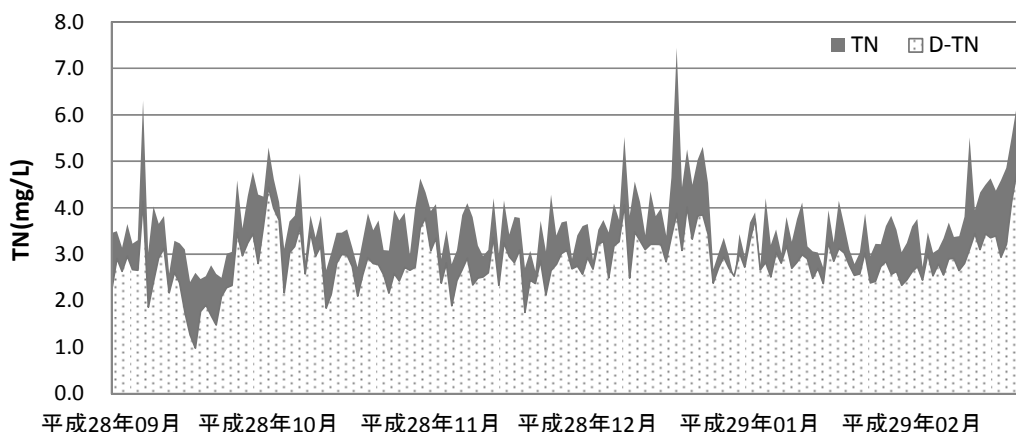
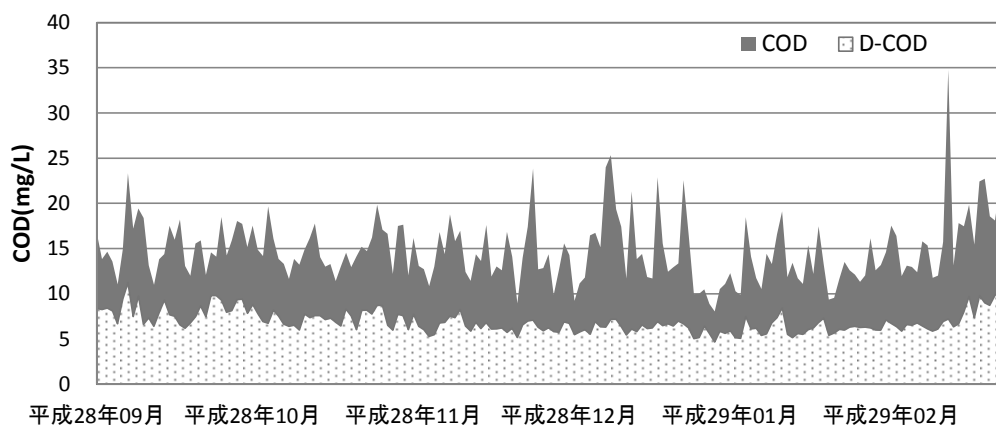
図3 第2用水機場付近

### 3 結果の概要

調査期間中であるため、途中経過として平成28年9月7日から平成29年2月28日までの結果について取りまとめた。

排水の各水質項目の推移を図4、図5に示し、負荷量の推移を表1に示す。排水負荷量には、用水として循環利用される分も含まれている。収穫の最盛期である12月中下旬には、COD、TN、SS濃度が上昇し、施肥作業の開始する2月以降は、TN、SSが上昇の傾向を示しており、農作業の影響と考えられる。

平成29年9月の全調査終了後に年間の流入負荷量、正味の排出負荷量を算出し、差引負荷量について結果を算出する。



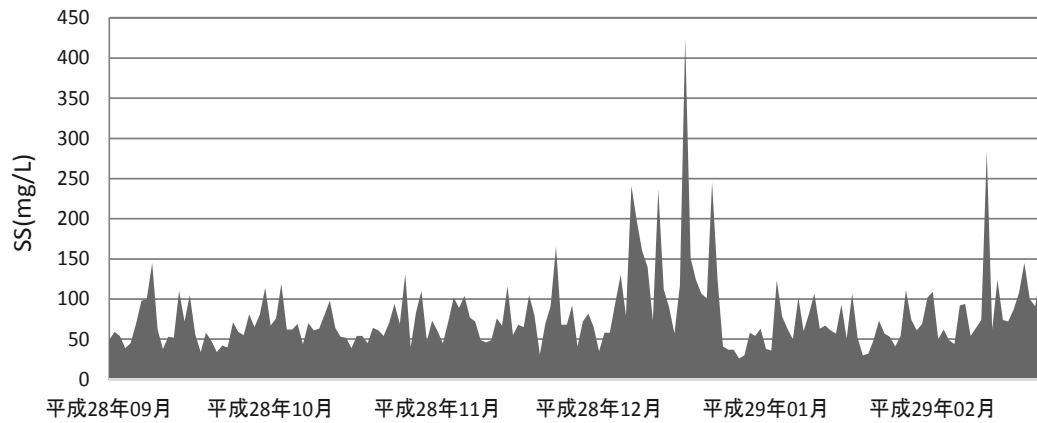


図4 排水中のCOD, TN, TP, SS濃度の推移

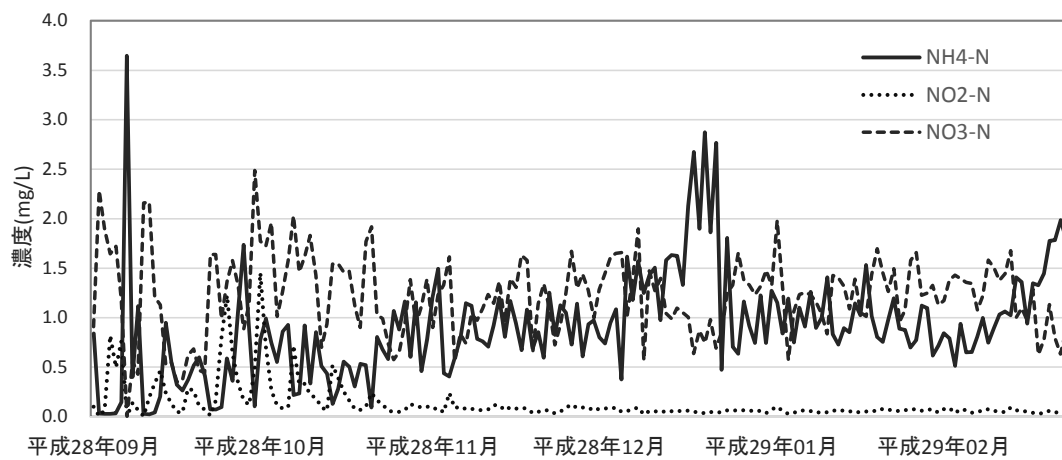


図5 排水中の各態窒素濃度の推移

表1 月別の排水負荷量の推移

kg/ha

期間	負荷量			
	COD	TN	TP	SS
平成28年9月(9/7~9/30)	51.2	10.6	3.04	234
平成28年10月	51.2	12.3	1.94	241
平成28年11月	50.3	12.0	1.71	283
平成28年12月	58.7	16.0	1.82	514
平成29年1月	40.6	7.0	1.14	222
平成29年2月	50.0	11.4	1.27	318

## 1-15 農地～国レベルでの窒素動態の実態を反映した

### 新たな窒素負荷指標の開発

#### 1 共同研究の趣旨

本研究は、農研機構 農業環境変動研究センターを代表機関とする農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業に係る研究事業である。

農地～国レベルでの窒素動態の実態（水田の脱窒，反応性窒素リサイクル，地目・作目別，農法別による窒素溶脱率の違い等）を反映した新たな窒素負荷指標を開発し，低窒素負荷農畜産業を「見える化」することを目標としている。

#### 2 当センターの分担内容

「水田等における循環かんがいによる窒素流出に及ぼす影響の解明と規定パラメータの抽出」

水田やハス田における循環かんがいや節水かんがいの窒素流出に関する既往文献データやモニタリングデータ等に基づき，霞ヶ浦流域等を対象として，水田やハス田等における循環かんがい等の環境保全的水管理手法が，窒素流出負荷に及ぼす影響を明らかにするとともに，新たな窒素負荷指標の計算に必要な経験的パラメータ（循環かんがいにおける窒素除去係数等）を抽出し，他の分担機関で開発する新たな窒素負荷指標の計算フレームに組み込む。

#### 3 平成 28 年度の調査内容

##### (1) 調査及び文献収集

茨城県潮来市において循環かんがいの現地調査を実施し，窒素除去効果を算出して窒素フローをモデル図化した。

また，循環かんがいに関する文献を 42 本収集するとともに，当センターが実施した過去の循環かんがい調査結果についてまとめた。窒素除去を規定するパラメータとして考えられる項目について，窒素削減効果との関係を検討した。

##### (2) 結果

茨城県潮来市での調査結果をもとに作成した窒素フローモデル図を図 1 に，文献及び当センターの過去の調査結果から窒素除去効果データを整理し，窒素削減量との相関を調べた結果を表 2 に示す。相関を分析した結果，「流入（用水）負荷量」，「流入水平平均濃度」，「施肥量」については，窒素削減効果に影響がある可能性が高いことがわかった。「循環水利用率」は地域により循環方式が異なることから地域毎に利用することは可能と考えられる。「降水量」については，調査期間等による影響を調べて効果を再検討する。また，「土壌型」は各地域間の差がないこと，「脱窒量」についてはデータがないこと，「水稻収穫量」は影響がないと考えられることから，次年度は検討から外すこととした。

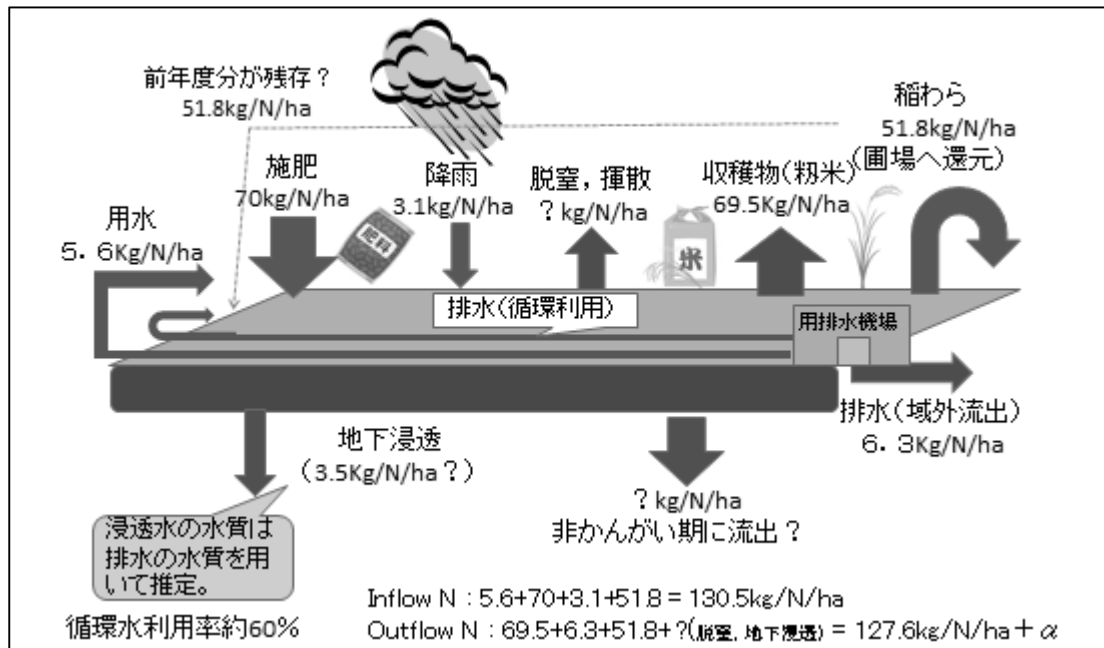


図1 平成28年度現地調査(茨城県潮来市)の窒素フローモデル

表1 各パラメータと窒素削減効果の関係 ※霞ヶ浦湖岸, 琵琶湖湖岸データのみ

窒素除去効果の調査項目	データ数	相関係数
流入(用水) 負荷量と負荷削減量	n=15	0.60 (p<0.05)
流入(用水) 負荷量と負荷削減率	n=13	0.54 (p<0.10)
循環水利用率と負荷削減量	n=13	-0.16
循環水利用率と負荷削減率	n=13	-0.06
循環水利用率と負荷削減量(霞ヶ浦のみ)	n=7	0.86 (p<0.05)
循環水利用率と負荷削減率(霞ヶ浦のみ)	n=7	0.86 (p<0.05)
流入水平均濃度と負荷削減量	n=7	0.76 (p<0.05)
調査期間降水量と負荷削減量	n=14	0.28
調査期間降水量と負荷削減率	n=14	0.30
施肥量と負荷削減量	n=13	0.84 (p<0.01)
水稻收穫量と負荷削減量	n=12	-0.25
水稻收穫量と負荷削減率	n=10	0.00

## 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28年4月から平成29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, D-COD, SS, TN, D-TN, TP, D-TP, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, TOC, DOC, Chl.a, SRSi
- ・連続測定：多項目水質計（東亜DKK製 WQC-24）をH4地点の上層及び下層に設置し、1時間間隔で水温、ECを測定

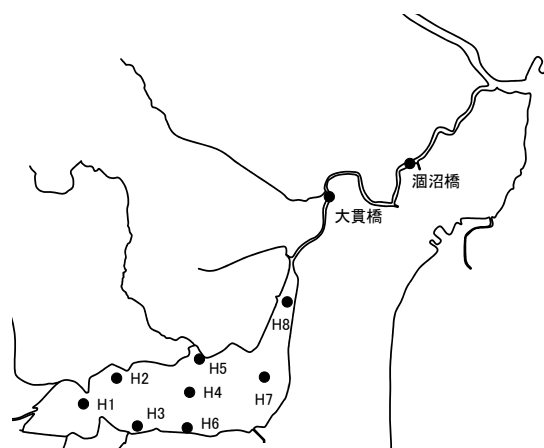


図1 調査地点

## (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生体積、動物プランクトンの個体数

## 3 結果の概要

## (1) 水質

図2に湖内全地点平均のCODの月別推移を示す。上層（図2(a)）においては、6, 11, 12月にやや高かったが、ほぼ過去平均値で推移した。下層（図2(b)）においては、5月から7月に過去平均値と比べて低く推移したが、そのほかの月は過去平均値並で推移した。年平均値は、上層が7.7 mg/L、下層が6.7 mg/Lで平成15~26年平均の上層7.6 mg/L、下層7.3 mg/Lと比較して下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、11月以降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1.6 mg/L、下層が1.4 mg/Lであり、平成15~26年度平均の上層1.6 mg/L、下層1.5 mg/Lと比べて低濃度であった。

TPの月別推移（図4）については、特に上層において、6月から8月において過去平均値を大きく上回って推移し、8月には湖内全地点平均で0.22 mg/Lまで上昇した。この濃度の上昇は、特に湖内の上流部でみられ、最も上流のH1においては7月に0.28 mg/Lであった。年平均値は、上層、下層ともに0.11 mg/Lで、平成15~26年度平均の上層0.090 mg/L、下層0.10 mg/Lと比較して高い値であった。

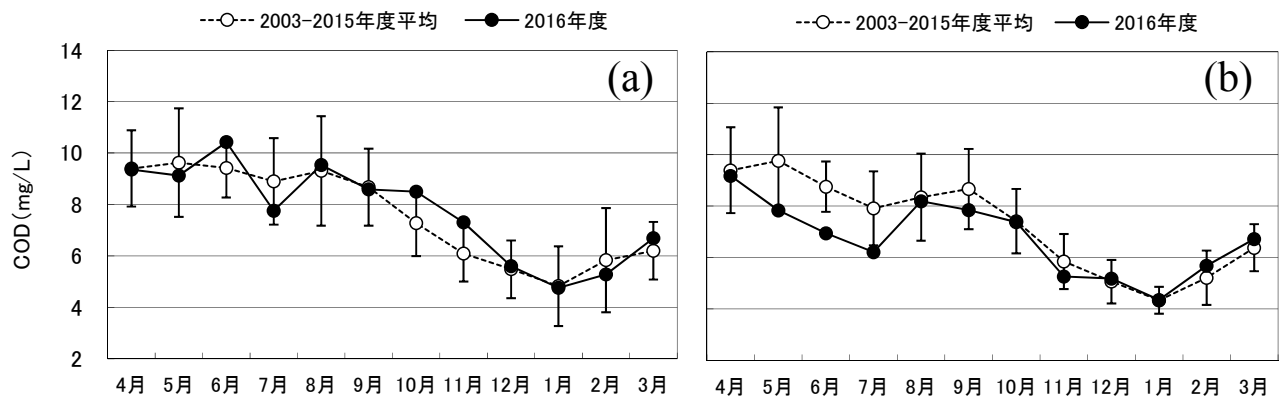


図2 CODの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは±標準偏差)

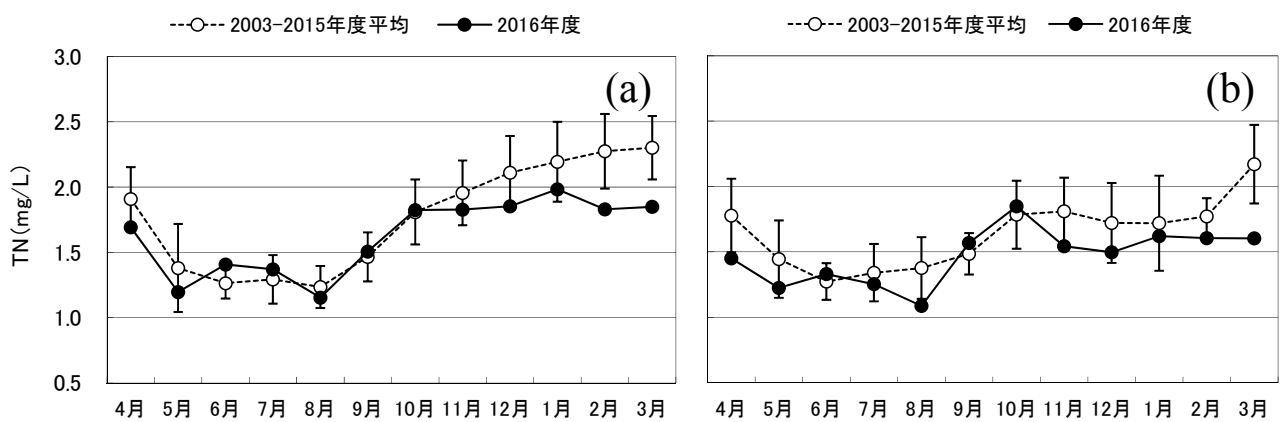


図3 TNの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは±標準偏差)

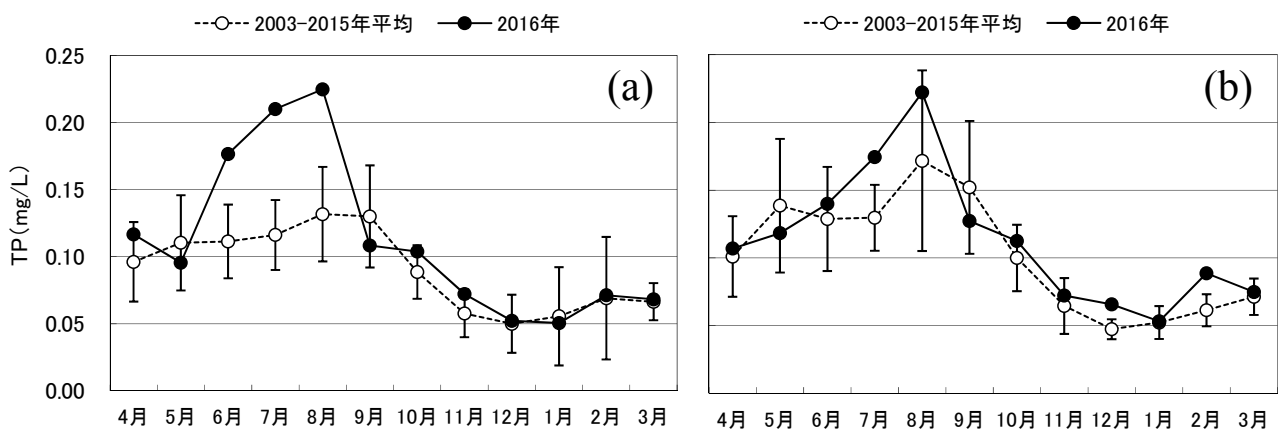


図4 TPの月別推移 ((a)上層, (b)下層, エラーバーは±標準偏差)



図5に、H4地点における(a)EC と(b)水温の連続測定結果を示す。EC は5月から上下層で差がみられることがあり、8月まではおおよそ10日～20日でECが低下した。8月下旬から10月中旬までは上層、下層ともECが低く、同程度の値で推移した。10月中旬からはECが大きくなり、上下層の差も大きくなった。

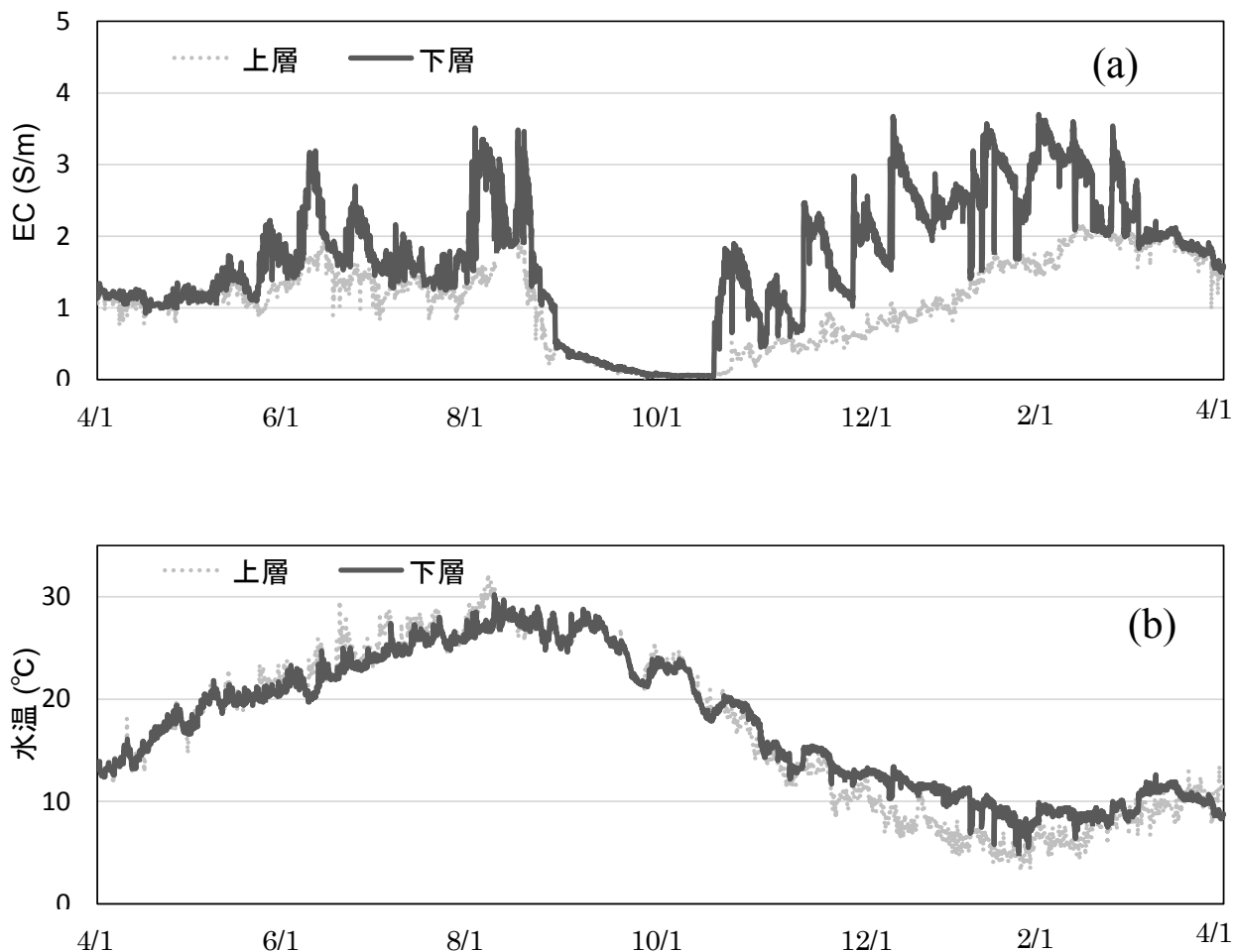


図5 上下層における(a)EC 及び(b)水温の経時変化

(2) 植物プランクトン

図6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28年度は特に夏において植物プランクトンの発生が少なかった。また、平成27年度の12月から2月にかけて発生した赤潮の原因となったクリプト藻、渦鞭毛藻は、平成28年度は優占しなかった。

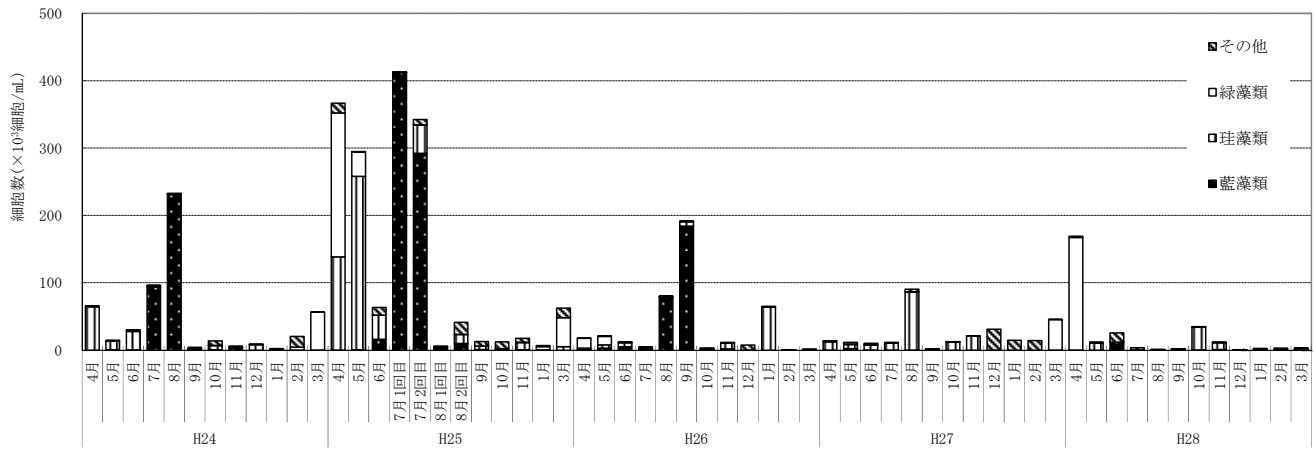


図6 H4における近年5年間の植物プランクトン細胞数の推移

表 1 水質調査結果一覧 (4月)

平成28年4月16日		天気 くもり		気温 14.2℃ (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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.60	2.1	15.5	9.2	13	57	10	4.5	5.1	2.4	1.5	0.86	0.03	0.63	0.03	0.12	0.038	0.006	89	10	3.5	7.1
酒沼 1 下層			15.4	9.2	13	67	10	4.5	5.2	2.3	1.4	0.77	0.03	0.52	0.03	0.12	0.031	0.006	88	12	4.2	6.6
酒沼 2 上層	0.60	2.4	15.3	9.2	13	52	10	4.3	4.8	2.4	1.6	0.88	0.03	0.59	0.03	0.11	0.031	0.005	88	9.9	3.4	7.0
酒沼 2 下層			14.9	9.2	12	61	9.5	4.3	4.8	2.3	1.4	0.74	0.02	0.52	0.03	0.099	0.025	0.003	78	11	4.0	6.7
酒沼 3 上層	0.65	2.5	15.0	9.2	14	51	10	4.4	4.7	2.3	1.8	1.0	0.03	0.78	0.03	0.12	0.035	0.006	98	9.5	3.3	7.2
酒沼 3 下層			15.6	9.0	11	71	9.6	4.3	5.4	2.3	1.4	0.73	0.02	0.51	0.03	0.11	0.030	0.004	79	12	4.3	6.7
酒沼 4 上層	0.60	2.9	15.9	9.1	13	50	9.5	4.1	4.8	2.2	1.8	1.1	0.03	0.74	0.03	0.13	0.036	0.004	120	9.1	3.0	7.3
酒沼 4 下層			15.2	8.9	8.8	71	8.7	3.8	4.8	2.2	1.4	0.80	0.05	0.53	0.03	0.10	0.029	0.004	70	12	4.8	6.5
酒沼 5 上層	0.60	2.2	15.2	9.2	13	52	9.1	4.0	4.6	2.3	1.6	0.92	0.02	0.67	0.03	0.10	0.030	0.003	80	8.1	3.3	6.9
酒沼 5 下層			15.0	9.2	12	58	9.0	4.1	4.3	2.4	1.4	0.79	0.02	0.58	0.03	0.097	0.026	0.003	69	11	3.5	6.8
酒沼 6 上層	0.65	2.7	15.1	9.1	13	46	9.1	4.1	4.0	2.2	1.8	1.1	0.03	0.87	0.03	0.12	0.033	0.004	91	8.1	2.8	7.4
酒沼 6 下層			15.3	8.8	7.8	71	8.3	3.8	4.6	2.3	1.4	0.83	0.06	0.51	0.03	0.10	0.029	0.004	68	13	4.8	6.6
酒沼 7 上層	0.60	2.4	14.2	9.1	12	52	9.2	4.0	4.8	2.3	1.6	0.96	0.02	0.69	0.03	0.10	0.031	0.003	74	9.1	3.2	6.9
酒沼 7 下層			15.2	9.1	10	78	9.3	3.9	4.9	2.4	1.4	0.74	0.02	0.51	0.03	0.11	0.026	0.002	90	11	4.1	6.7
酒沼 8 上層	0.65	2.3	15.7	9.2	13	48	8.0	3.5	4.2	2.4	1.5	0.94	0.02	0.70	0.03	0.096	0.027	0.002	70	9.7	3.2	6.9
酒沼 8 下層			15.0	9.1	10	63	9.0	4.2	4.5	2.2	1.4	0.81	0.02	0.59	0.03	0.10	0.027	0.003	80	11	4.0	6.7

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	-	23.0	15.9	8.8	10	54	7.5	3.7	4.0	2.3	1.7	1.1	0.04	0.86	0.02	0.14	0.048	<0.001	58	10	3.5	7.0
大貫橋	-	17.0	15.9	9.1	11	54	8.9	4.1	4.4	2.4	1.6	0.98	0.03	0.73	0.03	0.10	0.033	0.002	93	10	3.6	6.9

表2 水質調査結果一覧(5月)

平成28年5月13日 天気 晴れ/曇り 気温 21.0℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-ITN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.65	2.0	23.1	8.7	11	35	9.4	4.1	5.5	2.5	1.2	0.72	0.02	0.34	0.03	0.11	0.020	<0.001	150	6.2	2.9	5.9
酒沼 1 下層			20.9	8.4	6.6	48	8.0	3.8	4.3	2.5	1.2	0.73	0.10	0.26	0.02	0.12	0.022	0.003	96	15	5.5	5.8
酒沼 2 上層	0.55	2.4	22.1	8.9	13	38	9.1	3.9	5.6	2.6	1.2	0.68	0.03	0.30	0.03	0.10	0.019	0.001	120	11	3.8	6.0
酒沼 2 下層			21.7	8.8	8.5	43	7.4	3.5	4.1	2.5	1.0	0.62	0.02	0.26	0.02	0.084	0.018	0.001	100	13	5.5	5.6
酒沼 3 上層	0.65	2.7	23.0	8.6	13	31	9.1	4.1	5.6	2.6	1.3	0.85	0.02	0.47	0.03	0.089	0.016	<0.001	120	11	3.2	6.1
酒沼 3 下層			20.5	8.1	2.8	54	7.2	3.7	3.7	2.4	1.3	0.99	0.45	0.16	0.02	0.14	0.020	0.003	75	16	6.2	6.3
酒沼 4 上層	0.55	3.2	21.5	8.9	13	40	9.2	3.6	5.4	2.4	1.1	0.55	0.02	0.18	0.03	0.091	0.018	0.002	110	13	4.2	5.8
酒沼 4 下層			20.3	8.4	5.4	48	7.0	3.4	3.7	2.4	1.2	0.75	0.15	0.22	0.02	0.10	0.021	0.003	83	16	6.2	5.7
酒沼 5 上層	0.60	2.2	23.5	9.0	14	41	9.4	3.6	5.2	2.6	1.1	0.56	0.03	0.18	0.03	0.10	0.019	0.002	120	12	4.4	5.7
酒沼 5 下層			21.1	8.5	5.2	33	8.5	3.4	4.5	2.5	1.2	0.73	0.10	0.25	0.02	0.13	0.016	0.001	100	15	5.4	5.8
酒沼 6 上層	0.75	2.8	20.6	8.8	12	35	8.8	3.7	5.2	2.6	1.2	0.77	0.02	0.39	0.03	0.083	0.016	<0.001	110	10	3.4	6.0
酒沼 6 下層			19.8	8.2	3.7	55	7.4	3.4	3.8	2.4	1.3	0.87	0.27	0.23	0.02	0.14	0.016	0.001	100	16	6.0	6.0
酒沼 7 上層	0.55	2.6	22.0	8.9	13	47	9.3	3.5	5.9	2.4	1.0	0.50	0.02	0.12	0.03	0.096	0.021	0.002	110	13	4.8	5.8
酒沼 7 下層			21.1	8.8	6.7	23	8.3	3.3	4.9	2.3	1.0	0.58	0.02	0.23	0.02	0.091	0.016	0.001	95	14	5.5	5.7
酒沼 8 上層	0.60	2.4	24.2	8.6	10	47	8.7	3.3	5.5	2.6	1.1	0.55	0.03	0.16	0.02	0.099	0.019	<0.001	89	15	5.1	5.7
酒沼 8 下層			21.1	8.4	4.5	69	8.9	3.7	4.4	2.4	1.2	0.72	0.11	0.23	0.02	0.13	0.018	0.002	95	16	6.0	6.0

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-ITN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	-	50.0	20.9	8.1	7.9	35	4.5	2.4	2.6	1.8	1.0	0.92	0.08	0.58	0.02	0.062	0.017	0.005	22	18	7.4	5.6
大貫橋	-	20.0	22.3	8.5	9.0	44	7.7	3.3	4.4	2.4	1.0	0.66	0.03	0.30	0.02	0.079	0.017	0.001	83	15	5.4	5.7

表3 水質調査結果一覧(6月)

平成28年6月22日 天気 くもり 気温 23.7℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
潤沼 1 上層	0.50	2.2	25.5	8.4	9.3	26	11	5.2	4.6	3.3	1.5	0.75	0.04	0.29	0.02	0.22	0.055	0.027	120	11	3.7	7.3
潤沼 1 下層			25.3	8.0	3.9	57	9.8	4.5	5.0	3.1	1.5	1.1	0.51	0.16	0.02	0.21	0.039	0.020	30	14	5.3	7.1
潤沼 2 上層	0.60	2.6	25.5	8.7	11	24	9.9	5.0	4.9	3.2	1.4	0.63	0.04	0.17	0.02	0.18	0.046	0.017	64	13	4.6	6.9
潤沼 2 下層			25.2	8.1	2.8	43	8.6	4.5	4.5	3.1	1.4	1.0	0.54	0.12	0.02	0.17	0.038	0.015	30	16	5.8	6.9
潤沼 3 上層	0.60	2.8	25.5	8.8	9.0	31	10	5.0	5.2	3.3	1.2	0.52	0.04	0.07	0.02	0.16	0.043	0.012	110	14	4.8	6.7
潤沼 3 下層			24.6	8.1	3.5	46	6.8	4.3	3.9	2.9	1.2	0.91	0.36	0.15	0.02	0.10	0.028	0.005	21	19	7.0	6.1
潤沼 4 上層	0.65	3.3	25.5	8.6	9.6	51	9.5	4.6	5.8	3.3	1.2	0.55	0.04	0.08	0.02	0.14	0.040	0.008	110	14	5.1	6.5
潤沼 4 下層			24.2	7.9	1.7	30	5.0	3.6	3.4	2.8	1.2	1.0	0.55	0.13	0.02	0.096	0.038	0.015	16	21	8.2	5.8
潤沼 5 上層	0.65	2.5	26.1	8.7	12	27	11	4.8	6.2	3.4	1.5	0.57	0.04	0.09	0.02	0.19	0.052	0.021	140	14	5.3	6.5
潤沼 5 下層			25.7	8.2	3.1	44	8.3	4.3	4.3	3.1	1.4	0.99	0.46	0.12	0.02	0.16	0.031	0.008	27	17	6.3	6.5
潤沼 6 上層	0.60	2.9	25.5	8.7	11	28	10	5.0	6.8	3.4	1.2	0.45	0.04	0.01	0.01	0.16	0.043	0.012	110	14	5.1	6.5
潤沼 6 下層			24.0	8.1	3.0	39	6.3	3.8	3.8	2.8	1.4	1.0	0.57	0.07	0.03	0.18	0.053	0.030	28	20	8.2	5.8
潤沼 7 上層	0.60	2.7	25.5	8.7	11	30	11	4.9	6.9	3.2	1.4	0.44	0.03	<0.01	0.01	0.17	0.044	0.013	120	15	5.4	6.5
潤沼 7 下層			23.9	7.9	3.6	57	4.8	3.0	3.4	2.4	1.0	0.75	0.25	0.17	0.02	0.10	0.031	0.012	21	26	10	4.6
潤沼 8 上層	0.65	2.5	26.4	8.8	11	35	9.5	4.3	5.2	3.3	1.4	0.51	0.04	0.06	0.02	0.17	0.045	0.014	150	16	5.7	6.4
潤沼 8 下層			24.5	8.1	3.8	34	6.0	4.0	3.4	2.7	1.1	0.82	0.27	0.18	0.02	0.097	0.024	0.003	36	22	8.5	5.3

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
潤沼橋	-	33.0	24.5	8.20	6.1	34	6.5	4.1	3.4	2.9	1.1	0.75	0.17	0.20	0.02	0.11	0.025	0.003	47	20	7.6	5.7
大貫橋	-	26.0	25.5	8.40	9.0	30	8.9	4.8	4.1	3.2	1.3	0.61	0.04	0.14	0.02	0.15	0.038	0.008	94	17	6.2	6.2

表4 水質調査結果一覧(7月)

平成28年7月26日 天気 くもり/雨 気温 24.1℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSI (mg/L)
酒沼 1 上層	0.55	2.2	27.0	8.8	8.8	46	10	5.7	6.7	3.5	1.5	0.65	0.04	<0.01	<0.01	0.28	0.066	0.016	150	8.0	3.0	6.4
酒沼 1 下層			26.7	8.4	4.0	76	8.5	5.2	6.0	3.4	1.2	0.84	0.29	<0.01	<0.01	0.20	0.066	0.033	38	12	4.3	6.7
酒沼 2 上層	0.55	2.5	27.0	8.5	6.4	49	8.1	5.2	6.0	3.5	1.5	0.69	0.13	<0.01	<0.01	0.24	0.069	0.022	85	11	3.9	6.4
酒沼 2 下層			26.6	8.1	3.0	60	6.7	4.5	4.4	3.2	1.3	0.93	0.45	<0.01	<0.01	0.18	0.081	0.051	40	14	4.9	6.5
酒沼 3 上層	0.55	2.7	26.0	8.9	12	39	9.4	5.0	7.1	3.1	1.3	0.46	0.04	<0.01	<0.01	0.19	0.044	0.011	140	6.9	2.5	7.0
酒沼 3 下層			26.1	8.4	3.4	65	7.0	4.7	8.4	3.1	1.2	0.85	0.36	<0.01	<0.01	0.17	0.066	0.038	28	13	4.6	6.5
酒沼 4 上層	0.60	3.1	25.9	8.5	5.7	46	7.1	5.0	8.2	3.5	1.4	0.81	0.26	<0.01	<0.01	0.21	0.090	0.031	150	11	4.4	6.3
酒沼 4 下層			26.0	8.0	2.9	59	5.6	4.0	7.9	3.0	1.2	0.91	0.46	0.07	0.01	0.17	0.097	0.070	21	16	5.9	6.4
酒沼 5 上層	0.60	2.4	26.5	8.4	6.0	49	6.6	4.8	4.7	3.3	1.3	0.76	0.24	<0.01	<0.01	0.18	0.078	0.035	190	13	4.7	6.4
酒沼 5 下層			26.4	8.2	4.1	55	6.0	4.3	4.1	3.3	1.2	0.83	0.40	<0.01	<0.01	0.16	0.076	0.050	36	14	5.2	6.5
酒沼 6 上層	0.55	2.7	25.9	8.7	10	44	8.6	4.8	5.1	3.3	1.3	0.46	0.04	<0.01	<0.01	0.20	0.046	0.013	150	8.4	2.8	6.6
酒沼 6 下層			25.8	8.1	2.2	62	6.4	4.5	4.3	3.2	1.5	1.0	0.64	<0.01	<0.01	0.22	0.12	0.097	38	15	5.2	6.7
酒沼 7 上層	0.65	2.7	26.2	7.5	6.0	48	6.4	4.7	4.5	3.3	1.2	0.59	0.13	<0.01	<0.01	0.17	0.064	0.022	160	14	5.0	6.2
酒沼 7 下層			26.0	7.8	4.0	49	5.2	4.2	3.8	3.1	1.2	0.81	0.37	0.06	0.01	0.15	0.076	0.045	28	15	5.4	6.2
酒沼 8 上層	0.65	2.5	26.5	7.9	6.1	43	5.6	4.3	4.0	3.2	1.2	0.77	0.26	0.06	0.01	0.17	0.076	0.037	200	16	5.6	6.2
酒沼 8 下層			26.0	7.6	2.7	44	4.3	3.9	3.0	2.8	1.0	0.89	0.37	0.17	0.02	0.13	0.095	0.072	49	21	7.8	5.6

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSI (mg/L)
酒沼橋	-	50.0	24.6	7.4	5.3	52	2.5	1.7	1.8	1.5	0.7	0.65	0.14	0.29	0.01	0.066	0.048	0.035	63	31	13	4.1
大貫橋	-	50.0	26.2	6.8	10	37	5.4	3.9	3.6	2.6	1.1	0.87	0.35	0.18	0.02	0.13	0.091	0.068	120	17	5.9	5.7

表5 水質調査結果一覧(8月)

平成28年8月12日		天気 晴れ		気温 26.9℃ (水戸10時, 気象庁データ)																		
採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (μg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.60	2.0	29.0	8.8	8.7	23	11	6.7	4.4	3.7	1.3	0.51	0.05	<0.01	<0.01	0.22	0.069	0.018	110	6.7	5.4	5.3
酒沼 1 下層			28.4	8.6	5.1	19	9.6	6.3	4.3	3.5	1.0	0.54	0.10	<0.01	<0.01	0.17	0.095	0.056	64	5.9	6.7	5.3
酒沼 2 上層	0.80	2.5	28.5	8.5	6.1	17	8.9	6.2	4.1	3.5	1.1	0.53	0.07	0.01	<0.01	0.18	0.093	0.049	76	5.8	6.8	5.1
酒沼 2 下層			28.5	8.5	5.3	16	8.4	6.1	4.0	3.4	0.97	0.56	0.12	0.01	<0.01	0.16	0.091	0.056	63	5.5	6.8	5.2
酒沼 3 上層	0.60	2.6	28.4	8.7	9.7	23	11	6.6	4.6	3.6	1.3	0.50	0.05	<0.01	<0.01	0.24	0.054	0.011	150	6.7	5.3	5.5
酒沼 3 下層			28.1	8.6	5.1	21	8.7	6.0	4.0	3.4	1.0	0.53	0.11	0.0	<0.01	0.21	0.092	0.059	70	5.8	7.1	5.0
酒沼 4 上層	0.80	3.1	28.6	8.4	6.4	15	9.8	6.6	4.4	3.5	1.1	0.51	0.06	<0.01	<0.01	0.23	0.088	0.043	69	5.4	6.9	4.9
酒沼 4 下層			28.2	8.5	4.3	13	7.9	5.8	4.1	3.3	1.2	0.63	0.22	<0.01	<0.01	0.25	0.11	0.086	67	5.2	7.4	5.3
酒沼 5 上層	0.75	2.3	28.7	8.6	7.8	15	9.1	6.1	4.4	3.5	0.98	0.46	0.05	<0.01	<0.01	0.20	0.073	0.035	76	5.3	7.1	5.0
酒沼 5 下層			28.7	8.5	5.8	13	8.6	6.1	4.0	3.2	1.2	0.58	0.15	<0.01	<0.01	0.25	0.10	0.073	80	5.2	7.3	5.2
酒沼 6 上層	0.65	2.6	28.3	8.7	9.3	20	10	6.4	4.7	3.4	1.2	0.47	0.04	<0.01	<0.01	0.23	0.049	0.011	120	6.1	6.0	5.1
酒沼 6 下層			28.3	8.5	5.7	18	8.6	6.0	4.2	3.3	1.0	0.49	0.08	<0.01	<0.01	0.21	0.085	0.055	73	5.3	7.1	5.2
酒沼 7 上層	0.80	2.6	29.0	8.5	7.0	16	8.9	6.2	4.2	3.5	1.1	0.46	0.06	<0.01	<0.01	0.23	0.079	0.038	96	5.3	7.1	4.6
酒沼 7 下層			28.9	8.4	4.1	12	7.1	5.6	4.0	3.3	1.1	0.71	0.28	0.01	<0.01	0.24	0.13	0.10	55	5.2	7.3	5.4
酒沼 8 上層	0.90	2.4	29.3	8.2	5.5	12	7.2	5.7	4.1	3.1	1.2	0.69	0.25	0.01	0.01	0.24	0.12	0.10	59	5.1	7.4	5.4
酒沼 8 下層			28.5	7.7	2.6	10	6.6	5.5	3.5	2.8	1.3	1.0	0.57	0.05	0.01	0.26	0.18	0.16	18	4.9	7.6	5.8
酒沼橋	-	50.0	28.4	7.60	2.4	7	4.9	3.5	2.9	2.6	1.1	0.98	0.37	0.19	0.02	0.20	0.15	0.13	8	4.6	8.1	5.6
大貫橋	-	50.0	28.5	7.70	2.5	10	6.1	5.9	3.3	2.6	1.1	0.90	0.35	0.11	0.02	0.21	0.14	0.12	25	5.0	7.5	5.6

表6 水質調査結果一覧(9月)

平成28年9月17日 天気 晴れ 気温 27.1℃ (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)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.65	2.3	26.1	8.7	8.9	16	7.8	4.6	3.7	2.0	1.6	1.2	0.03	0.97	0.01	0.11	0.030	0.014	51	0.43	0.22	9.3
酒沼 1 下層			24.4	8.1	5.0	23	6.6	4.0	2.5	1.8	1.8	1.5	0.11	1.2	0.02	0.16	0.060	0.036	38	0.40	0.29	10
酒沼 2 上層	0.55	2.6	26.5	8.5	10	23	8.7	4.7	4.1	2.3	1.5	0.97	0.02	0.70	<0.01	0.11	0.019	0.002	69	0.90	0.41	8.7
酒沼 2 下層			25.5	8.4	6.1	38	8.3	4.8	3.7	2.3	1.5	1.0	0.07	0.74	0.01	0.14	0.028	0.016	39	1.2	0.40	8.7
酒沼 3 上層	0.60	2.8	27.0	8.7	9.8	17	8.6	4.8	4.0	2.2	1.5	1.0	0.02	0.77	<0.01	0.10	0.019	0.002	60	0.92	0.42	8.8
酒沼 3 下層			25.6	8.5	7.6	23	7.5	4.9	3.6	2.3	1.5	1.0	0.02	0.78	0.01	0.10	0.016	0.002	40	1.3	0.53	8.5
酒沼 4 上層	0.60	3.5	26.7	8.3	9.1	20	8.9	4.9	3.8	2.3	1.4	0.95	0.02	0.68	<0.01	0.099	0.018	0.001	41	1.0	0.43	8.5
酒沼 4 下層			26.2	8.1	5.9	36	8.6	4.7	3.8	2.4	1.5	0.99	0.03	0.68	0.02	0.12	0.014	0.002	27	1.8	0.78	8.3
酒沼 5 上層	0.60	2.4	27.6	8.6	9.8	21	9.0	5.0	4.5	2.3	1.5	0.93	0.03	0.65	0.01	0.11	0.018	0.001	58	1.1	0.53	8.5
酒沼 5 下層			25.8	8.3	5.6	26	8.3	4.9	3.3	2.3	1.5	1.1	0.09	0.76	0.02	0.11	0.030	0.016	39	1.2	0.67	8.6
酒沼 6 上層	0.65	2.9	26.9	8.6	9.5	17	8.5	4.7	3.7	2.3	1.4	0.95	0.03	0.67	<0.01	0.094	0.018	0.002	68	1.0	0.54	8.4
酒沼 6 下層			25.5	8.5	6.4	29	8.2	4.8	3.5	2.3	1.5	1.0	0.03	0.75	0.01	0.11	0.016	0.002	58	1.1	0.55	8.4
酒沼 7 上層	0.50	2.7	26.5	7.3	7.2	30	9.4	5.2	4.6	2.4	1.4	0.89	0.02	0.59	0.01	0.11	0.017	0.001	65	1.9	0.79	8.2
酒沼 7 下層			26.0	7.5	5.2	43	8.6	4.7	3.7	2.4	1.5	1.0	0.10	0.68	0.02	0.13	0.027	0.010	47	1.9	0.76	8.5
酒沼 8 上層	0.55	2.5	28.1	8.0	5.8	26	7.8	4.7	3.5	2.4	1.4	1.0	0.10	0.67	0.02	0.11	0.029	0.014	37	1.7	0.65	8.4
酒沼 8 下層			26.0	7.6	3.5	29	6.7	4.9	2.9	2.4	1.5	1.3	0.32	0.71	0.03	0.11	0.065	0.040	6.6	3.0	1.1	8.4

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	-	32.0	26.0	8.0	4.2	17	6.3	4.5	2.7	2.2	1.5	1.3	0.26	0.76	0.03	0.10	0.065	0.053	6.7	4.3	1.4	8.5
大貫橋	-	31.0	26.2	7.6	4.2	15	6.7	4.8	2.9	2.4	1.4	1.3	0.27	0.73	0.03	0.10	0.061	0.048	11	2.8	1.0	8.1



表7 水質調査結果一覧 (10月)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)	天気		雨のち曇り		気温		21.3□ (水戸10時, 気象庁データ)	
																							流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)
酒沼 1 上層	0.60	2.3	19.8	8.9	10	15	7.6	3.8	3.5	1.7	2.0	1.5	0.02	1.2	0.03	0.11	0.018	0.004	89	0.45	0.15	9.5								
酒沼 1 下層			19.0	8.1	7.6	22	6.2	3.1	2.5	1.4	2.3	2.0	0.10	1.6	0.03	0.13	0.042	0.032	37	0.38	0.18	10								
酒沼 2 上層	0.55	2.6	20.0	9.0	10	22	8.7	4.3	4.5	2.1	1.7	1.2	0.02	0.94	0.03	0.12	0.015	0.004	120	0.52	0.29	9.2								
酒沼 2 下層			19.4	7.9	7.1	30	7.4	4.2	3.7	2.1	1.8	1.4	0.16	0.93	0.03	0.12	0.022	0.012	58	2.3	0.85	9.0								
酒沼 3 上層	0.65	2.9	19.8	9.3	13	18	8.7	4.3	4.1	2.1	1.8	1.1	0.02	0.84	0.03	0.10	0.017	0.004	130	0.47	0.27	9.2								
酒沼 3 下層			19.4	8.0	6.2	42	7.8	4.1	3.7	2.1	1.8	1.4	0.22	0.86	0.03	0.14	0.023	0.014	73	2.8	1.1	9.0								
酒沼 4 上層	0.65	3.4	19.5	9.1	13	17	9.0	4.1	4.2	2.1	1.8	1.2	0.01	0.89	0.03	0.097	0.015	0.003	87	0.48	0.26	9.4								
酒沼 4 下層			19.5	8.9	11	18	8.1	4.3	3.9	2.0	1.8	1.2	0.02	0.93	0.03	0.093	0.014	0.002	100	0.88	0.39	9.1								
酒沼 5 上層	0.70	2.5	20.0	9.0	12	19	8.6	4.4	4.5	2.1	1.7	1.2	0.02	0.91	0.03	0.097	0.013	0.003	110	0.75	0.27	9.0								
酒沼 5 下層			19.0	8.0	7.1	21	7.6	4.3	3.7	2.2	1.8	1.4	0.11	1.0	0.03	0.11	0.016	0.006	78	0.80	0.40	9.3								
酒沼 6 上層	0.60	2.9	19.7	9.2	12	19	8.4	4.3	3.7	2.0	1.9	1.2	0.02	0.96	0.03	0.10	0.016	0.003	130	0.46	0.26	9.2								
酒沼 6 下層			19.4	9.0	10	21	8.0	4.3	3.7	2.0	1.9	1.3	0.02	1.0	0.03	0.10	0.013	0.002	100	0.54	0.29	9.4								
酒沼 7 上層	0.60	2.7	19.0	9.0	12	19	8.9	4.6	4.2	2.2	1.7	1.2	0.02	0.85	0.03	0.097	0.015	0.002	120	0.68	0.29	9.0								
酒沼 7 下層			19.0	8.7	11	21	8.4	4.3	4.4	2.2	1.7	1.2	0.02	0.90	0.03	0.096	0.013	0.001	96	1.0	0.51	8.9								
酒沼 8 上層	0.70	2.7	19.6	9.1	12	20	8.1	4.3	4.2	2.1	1.7	1.2	0.02	0.89	0.03	0.094	0.014	0.001	110	0.89	0.40	8.8								
酒沼 8 下層			19.5	7.9	7.6	24	5.5	3.2	2.8	1.8	1.4	1.1	0.10	0.75	0.02	0.091	0.029	0.016	39	12	4.5	7.2								

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	-	50	21.0	8.0	7.5	21	4.2	2.7	2.2	1.6	1.0	0.89	0.08	0.53	0.02	0.066	0.030	0.020	20	24	9.0	4.1
大貫橋	-	19	20.0	8.6	10	27	7.6	4.2	4.4	2.1	1.6	1.3	0.02	0.90	0.03	0.095	0.012	0.002	86	17	5.9	8.5

表8 水質調査結果一覧 (11月)

平成28年11月18日

天気 晴れ

気温 10.5℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.45	2.3	13.5	8.6	13	14	6.1	3.2	2.8	1.5	1.9	1.4	0.01	1.16	0.02	0.073	0.008	0.004	41	4.6	1.2	9.5
酒沼 1 下層			14.6	7.9	6.8	22	6.1	2.9	3.2	1.7	1.6	1.1	0.20	0.71	0.02	0.083	0.011	0.004	60	13	4.6	7.2
酒沼 2 上層	0.45	2.6	13.2	8.9	11	18	8.7	3.3	3.7	1.7	1.8	1.3	0.01	1.01	0.02	0.090	0.014	0.006	66	5.3	1.6	8.5
酒沼 2 下層			14.5	7.9	6.7	21	5.0	2.9	2.8	1.7	1.5	1.1	0.34	0.56	0.02	0.071	0.009	0.003	38	15	5.3	7.2
酒沼 3 上層	0.45	2.8	13.2	9.1	12	16	7.4	3.6	3.7	1.8	1.9	1.5	0.01	1.2	0.03	0.073	0.015	0.007	54	6.2	1.8	8.3
酒沼 3 下層			14.5	7.7	3.7	25	4.2	2.3	2.4	1.6	1.4	1.2	0.44	0.52	0.03	0.073	0.010	0.003	24	20	7.5	6.5
酒沼 4 上層	0.50	3.2	13.0	9.0	13	15	8.0	3.1	3.9	1.8	1.8	1.3	0.01	0.99	0.02	0.066	0.010	0.003	65	3.0	1.8	8.4
酒沼 4 下層			14.3	7.9	6.5	27	4.3	2.3	2.5	1.5	1.3	1.0	0.17	0.60	0.03	0.066	0.008	0.001	39	23	7.7	6.0
酒沼 5 上層	0.50	2.4	13.6	9.0	12	17	7.7	3.2	3.7	1.7	1.8	1.2	0.01	0.93	0.02	0.079	0.010	0.004	77	6.0	1.8	8.6
酒沼 5 下層			14.0	8.7	9.0	23	6.6	3.1	3.6	1.7	1.7	1.2	0.03	0.90	0.02	0.077	0.007	0.002	63	7.1	2.4	8.4
酒沼 6 上層	0.50	2.9	13.3	8.9	11	16	6.8	3.3	3.4	1.8	2.0	1.6	0.01	1.2	0.02	0.066	0.010	0.003	50	3.5	1.7	7.6
酒沼 6 下層			14.6	7.9	3.7	25	4.1	2.6	2.4	1.6	1.6	1.2	0.44	0.56	0.03	0.077	0.010	0.002	29	18	6.8	6.7
酒沼 7 上層	0.45	2.7	13.2	8.7	13	15	7.0	3.2	3.7	1.8	1.7	1.2	0.01	0.94	0.02	0.063	0.008	0.002	53	6.0	1.9	7.8
酒沼 7 下層			13.5	8.8	12	24	6.7	3.1	3.8	1.7	1.7	1.2	0.01	0.94	0.02	0.068	0.009	0.001	56	7.0	2.6	7.8
酒沼 8 上層	0.50	2.7	14.1	8.8	10	19	6.7	2.9	3.6	1.7	1.7	1.2	0.02	0.94	0.02	0.067	0.010	0.001	52	8.5	3.4	7.7
酒沼 8 下層			14.2	8.5	9.5	21	5.1	2.6	2.6	1.6	1.5	1.1	0.01	0.80	0.02	0.063	0.008	0.001	46	16	5.2	6.7

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	-	>50	16.5	8.0	8.3	20	2.1	1.5	1.6	1.1	0.78	0.65	0.05	0.40	0.01	0.046	0.011	0.002	13	33	13	3.6
大貫橋	-	18.0	14.5	8.4	11	18	5.3	2.6	3.4	1.7	1.5	1.1	0.01	0.86	0.02	0.065	0.008	0.001	57	11	3.8	7.3

表9 水質調査結果一覧 (12月)

平成28年12月19日		天気 晴れ		気温 7.0 (水戸10時, 気象庁データ)																		
採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.80	2.1	9.3	8.7	12	10	5.5	2.7	2.5	1.5	1.8	1.5	0.04	1.2	0.03	0.055	0.011	<0.001	25	10	3.5	8.3
酒沼 1 下層			11.0	7.8	5.3	17	5.8	2.8	2.5	1.5	1.6	1.2	0.38	0.57	0.03	0.083	0.012	<0.001	38	17	6.1	7.2
酒沼 2 上層	0.80	2.6	8.2	8.9	13	9	6.4	3.0	2.8	1.5	1.8	1.4	<0.01	1.1	0.02	0.052	0.009	<0.001	32	10	3.2	8.2
酒沼 2 下層			8.0	8.7	7.3	10	5.0	2.5	2.5	1.5	1.4	1.1	0.07	0.69	0.03	0.054	0.011	<0.001	57	8.5	2.8	6.3
酒沼 3 上層	0.95	2.7	11.6	7.7	12	8	5.2	3.0	2.3	1.4	1.9	1.7	0.01	1.4	0.03	0.047	0.008	<0.001	28	26	9.9	8.6
酒沼 3 下層			10.5	8.2	4.9	13	4.3	1.8	2.3	1.4	1.3	0.93	0.22	0.45	0.02	0.072	0.013	0.001	53	19	7.0	5.2
酒沼 4 上層	1.0	3.2	7.9	8.7	12	6	5.0	2.6	2.4	1.4	1.9	1.6	0.01	1.4	0.03	0.047	0.008	<0.001	30	8.6	2.9	8.4
酒沼 4 下層			7.0	7.7	3.8	13	4.3	2.1	2.1	1.3	1.1	0.84	0.18	0.42	0.03	0.065	0.010	0.001	45	29	11	4.6
酒沼 5 上層	0.80	2.3	8.0	8.9	13	8	5.9	2.7	2.8	1.5	1.8	1.5	0.01	1.1	0.03	0.052	0.009	<0.001	34	10	3.2	8.1
酒沼 5 下層			8.2	8.8	12	12	6.2	2.9	2.8	1.6	1.8	1.4	0.01	1.1	0.02	0.063	0.009	<0.001	43	10	3.5	7.6
酒沼 6 上層	0.85	2.7	7.2	8.7	13	6	5.3	2.6	2.3	1.4	2.0	1.8	0.01	1.5	0.03	0.048	0.008	<0.001	30	8.9	2.8	8.8
酒沼 6 下層			11.5	7.8	4.5	10	4.6	2.3	2.1	1.3	1.2	0.93	0.21	0.46	0.02	0.067	0.013	0.002	50	25	9.8	5.4
酒沼 7 上層	0.90	2.4	7.5	8.6	13	8	5.8	2.8	2.6	1.5	1.8	1.5	0.01	1.1	0.03	0.055	0.008	<0.001	32	9.3	3.1	8.2
酒沼 7 下層			7.7	8.7	13	11	5.9	2.7	2.5	1.5	1.9	1.5	0.01	1.2	0.03	0.065	0.009	<0.001	36	10	3.3	8.0
酒沼 8 上層	0.65	2.5	8.5	8.8	13	12	5.7	2.7	2.5	1.5	1.8	1.5	0.01	1.1	0.02	0.062	0.008	<0.001	34	11	3.8	7.9
酒沼 8 下層			8.0	8.8	12	15	5.4	2.8	2.6	1.5	1.8	1.5	0.01	1.1	0.02	0.056	0.008	<0.001	35	11	3.8	7.7

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	-	>50	12.6	8.2	9.5	13	1.4	1.4	1.2	1.0	1.2	1.0	0.09	0.72	0.01	0.040	0.011	0.005	6	25	10	5.8
大貫橋	-	36.0	9.4	8.6	11	9	4.5	2.4	2.4	1.4	1.6	1.4	0.01	1.0	0.02	0.051	0.007	<0.001	30	14	5.0	7.4

表 10 水質調査結果一覧 (1月)

平成29年1月6日 天気 晴れ 気温 4.0℃ (水戸10時, 気象庁データ)

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
湖沼 1 上層	10:09	1.05	2.2	6.6	8.4	13	9	5.0	2.4	2.0	1.4	1.9	1.7	0.05	1.3	0.03	0.048	0.012	0.001	15	14	4.2	8.4
湖沼 1 下層				9.6	7.4	3.4	7	4.8	2.3	2.3	1.6	1.5	1.2	0.44	0.48	0.03	0.051	0.013	0.001	22	20	7.4	6.9
湖沼 2 上層	10:26	1.30	2.5	6.2	8.5	13	6	4.8	2.2	2.1	1.5	1.9	1.7	0.01	1.3	0.02	0.043	0.010	0.001	19	13	4.2	8.3
湖沼 2 下層				10.4	7.5	3.1	8	4.2	2.3	2.0	1.4	1.5	1.3	0.42	0.51	0.03	0.049	0.012	0.002	19	23	8.4	6.4
湖沼 3 上層	9:53	1.15	2.7	6.6	8.4	13	11	7.0	2.6	2.6	1.5	2.1	1.7	0.02	1.3	0.03	0.091	0.019	0.006	47	14	4.2	8.5
湖沼 3 下層				10.5	7.5	2.8	10	4.1	1.8	2.1	1.4	1.5	1.2	0.40	0.51	0.04	0.057	0.013	0.002	19	25	9.3	6.1
湖沼 4 上層	9:20	1.20	3.0	5.5	8.3	13	7	4.9	2.1	2.2	1.4	2.0	1.7	0.01	1.3	0.02	0.056	0.011	0.001	23	14	4.1	8.6
湖沼 4 下層				9.8	7.7	4.5	8	3.7	1.8	1.9	1.3	1.4	1.2	0.31	0.59	0.03	0.045	0.013	0.001	19	24	9.2	6.0
湖沼 5 上層	10:40	1.20	2.3	6.4	8.4	13	6	4.0	2.1	2.1	1.4	2.0	1.8	0.01	1.5	0.03	0.037	0.008	<0.001	12	12	3.8	8.6
湖沼 5 下層				8.1	8.2	11	9	5.7	2.3	2.5	1.6	1.9	1.5	0.03	1.0	0.03	0.071	0.015	0.001	54	16	5.5	7.6
湖沼 6 上層	9:40	1.30	2.7	6.5	8.4	13	4	4.1	2.3	1.9	1.4	2.1	1.8	0.07	1.4	0.03	0.043	0.008	<0.001	12	14	4.0	8.7
湖沼 6 下層				9.4	7.5	3.3	8	4.0	2.2	2.0	1.4	1.6	1.3	0.53	0.49	0.04	0.056	0.011	0.002	23	24	8.8	6.4
湖沼 7 上層	8:58	1.20	2.5	6.0	8.3	12	7	4.7	2.3	2.2	1.4	2.0	1.8	0.01	1.4	0.03	0.043	0.008	<0.001	17	12	4.0	8.3
湖沼 7 下層				6.9	8.3	11	8	4.3	2.0	2.2	1.4	1.9	1.6	0.05	1.0	0.03	0.045	0.008	<0.001	16	15	5.2	7.7
湖沼 8 上層	10:55	1.05	2.6	7.5	8.2	10	10	3.6	1.7	2.0	1.4	1.8	1.6	0.07	1.1	0.03	0.043	0.008	<0.001	12	17	5.8	7.5
湖沼 8 下層				7.5	8.1	10	16	4.0	2.0	2.0	1.3	1.8	1.5	0.07	1.0	0.02	0.051	0.007	0.001	13	18	6.4	7.2

	採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
湖沼橋	11:47	-	>50	10.6	8.1	9.0	7	1.5	0.9	1.0	0.8	1.0	0.9	0.14	0.53	0.02	0.039	0.025	0.018	1	33	13	4.4
大貫橋	11:35	-	>50	10.0	8.0	9.2	8	2.1	1.1	1.3	1.0	1.3	1.2	0.11	0.75	0.02	0.039	0.012	0.005	5	27	9.9	5.9

表 11 水質調査結果一覧 (2月)

平成29年2月4日 天気 晴れ 気温 7.1℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
湖沼 1 上層	1.10	2.2	7.6	8.8	13	10	5.2	3.2	2.3	1.6	1.6	1.3	0.02	0.92	0.02	0.057	0.014	0.005	17	17	6.3	8.3
湖沼 1 下層			7.7	8.4	9.0	14	7.2	3.3	3.7	1.7	1.8	1.2	0.08	0.63	0.02	0.11	0.016	0.005	34	22	7.8	7.1
湖沼 2 上層	1.20	2.4	8.2	8.8	13	8	5.0	3.2	2.3	1.7	1.6	1.3	0.01	0.89	0.02	0.057	0.013	0.003	20	18	6.1	8.1
湖沼 2 下層			8.1	8.2	8.3	17	8.0	3.4	4.1	1.8	1.9	1.1	0.10	0.59	0.03	0.13	0.017	0.003	50	24	8.7	6.6
湖沼 3 上層	1.10	2.7	6.5	8.8	13	8	5.6	3.2	2.3	1.6	1.9	1.5	0.02	1.1	0.02	0.066	0.012	0.003	19	16	5.6	8.6
湖沼 3 下層			7.5	7.7	4.0	14	4.8	2.8	2.2	1.5	1.3	1.0	0.23	0.41	0.03	0.077	0.014	0.003	25	29	11	5.4
湖沼 4 上層	1.20	3.0	6.1	8.8	13	8	4.6	3.0	2.2	1.6	1.8	1.4	0.01	1.0	0.02	0.063	0.012	0.003	20	17	5.6	8.5
湖沼 4 下層			8.0	7.7	2.8	8	4.0	2.3	2.1	1.3	1.1	0.82	0.14	0.37	0.04	0.062	0.011	0.002	17	33	13	4.8
湖沼 5 上層	1.20	2.2	8.3	8.8	13	9	5.2	3.2	2.5	1.7	1.8	1.4	0.02	0.91	0.02	0.078	0.013	0.002	26	18	6.7	8.2
湖沼 5 下層			7.4	8.8	12	8	5.0	3.0	2.4	1.6	1.7	1.3	0.05	0.84	0.02	0.076	0.012	0.001	15	19	6.5	7.9
湖沼 6 上層	1.10	2.7	5.6	8.8	13	10	5.9	3.2	2.5	1.6	2.1	1.6	0.02	1.1	0.02	0.081	0.015	0.007	39	16	5.4	8.8
湖沼 6 下層			7.5	7.8	4.4	12	5.2	2.9	2.5	1.5	1.4	1.0	0.21	0.43	0.03	0.086	0.015	0.004	21	28	10	5.8
湖沼 7 上層	0.65	2.4	5.6	8.6	12	12	6.5	3.4	2.9	1.7	2.2	1.4	0.02	0.91	0.02	0.11	0.019	0.006	52	17	6.2	8.3
湖沼 7 下層			6.2	8.7	12	10	5.2	3.1	2.5	1.6	1.8	1.3	0.04	0.83	0.02	0.085	0.012	0.002	18	19	6.7	7.8
湖沼 8 上層	0.95	2.6	9.5	8.6	11	8	4.2	2.8	2.3	1.6	1.6	1.2	0.02	0.74	0.02	0.062	0.012	0.002	23	21	7.4	7.1
湖沼 8 下層			8.3	8.6	10	17	6.1	3.0	2.5	1.6	1.8	1.2	0.03	0.73	0.02	0.093	0.016	0.005	46	23	8.2	7.0

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	EC (mS/cm)	CT (g/L)	SRSi (mg/L)
湖沼橋	-	>50	10.5	8.2	11	5	1.6	1.4	1.0	0.9	1.3	1.2	0.23	0.63	0.02	0.049	0.033	0.026	2	28	10	5.7
大貫橋	-	>50	10.0	8.3	10	6	2.6	2.1	1.4	1.1	1.3	1.1	0.11	0.63	0.02	0.047	0.028	0.017	7	26	11	6.0

表 12 水質調査結果一覧 (3月)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	CF (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼 1 上層	0.90	2.2	10.2	8.4	12	16	6.8	3.5	3.1	2.1	1.8	1.4	0.01	0.84	0.04	0.080	0.021	0.002	19	18	6.7	6.3
酒沼 1 下層			10.0	8.2	9.2	24	7.9	3.8	3.6	2.1	1.7	1.2	0.02	0.69	0.04	0.10	0.023	0.002	46	23	8.6	5.1
酒沼 2 上層	0.80	2.5	10.4	8.5	13	23	7.1	3.4	3.3	2.1	1.8	1.4	0.01	0.82	0.04	0.082	0.020	0.001	27	20	7.2	6.1
酒沼 2 下層			9.9	8.2	8.9	16	7.3	3.5	3.0	2.0	1.7	1.2	0.02	0.71	0.04	0.10	0.019	0.001	29	24	8.7	5.1
酒沼 3 上層	0.90	2.8	10.0	8.4	12	16	6.2	3.5	2.8	2.0	1.9	1.6	<0.01	1.0	0.04	0.061	0.016	<0.001	15	17	6.1	7.1
酒沼 3 下層			9.6	8.1	8.8	21	6.0	3.2	2.9	2.0	1.5	1.2	0.06	0.66	0.04	0.070	0.019	0.001	19	24	8.6	4.9
酒沼 4 上層	0.90	3.1	9.3	8.5	12	17	7.1	3.2	3.0	2.0	1.8	1.5	<0.01	0.91	0.04	0.065	0.017	<0.001	17	19	6.6	6.5
酒沼 4 下層			9.8	8.2	9.6	39	5.6	2.6	2.3	1.8	1.4	1.2	0.04	0.59	0.02	0.059	0.015	<0.001	15	27	10	4.8
酒沼 5 上層	0.75	2.2	9.5	8.5	13	18	6.7	3.3	3.0	2.0	1.9	1.5	0.01	0.92	0.04	0.070	0.017	0.001	22	19	6.8	6.6
酒沼 5 下層			9.2	8.5	13	18	7.4	3.3	3.0	2.0	1.7	1.4	<0.01	0.83	0.03	0.073	0.018	<0.001	23	20	7.6	6.1
酒沼 6 上層	1.05	2.8	10.0	8.4	12	14	6.4	3.3	2.8	2.0	1.9	1.7	<0.01	1.0	0.03	0.062	0.016	<0.001	15	18	6.2	7.0
酒沼 6 下層			9.5	8.2	8.5	18	6.6	3.5	2.7	2.0	1.5	1.2	0.05	0.61	0.04	0.070	0.019	0.001	22	23	8.5	5.0
酒沼 7 上層	0.85	2.5	9.0	8.3	12	14	6.6	3.2	2.8	2.0	1.8	1.6	<0.01	0.95	0.03	0.064	0.016	<0.001	16	18	6.8	7.0
酒沼 7 下層			9.6	8.4	12	24	6.6	2.8	2.6	1.9	1.7	1.4	<0.01	0.82	0.03	0.066	0.016	<0.001	16	21	7.6	6.3
酒沼 8 上層	1.00	2.5	9.8	8.4	12	19	6.6	3.2	2.7	2.0	1.9	1.7	<0.01	1.0	0.03	0.061	0.016	<0.001	14	21	6.7	6.3
酒沼 8 下層			9.5	8.3	11	13	6.4	2.5	2.5	1.8	1.6	1.4	<0.01	0.83	0.03	0.062	0.015	<0.001	15	22	8.1	6.2

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	EC (mS/cm)	CF (g/L)	SRSi (mg/L)
酒沼橋	-	>50	11.5	8.0	9.1	26	3.1	1.1	1.1	1.0	0.72	0.65	0.08	0.30	0.01	0.045	0.029	0.016	3	38	16	2.7
大貫橋	-	>50	10.2	8.2	11	20	5.7	2.6	2.4	1.7	1.6	1.4	0.03	0.80	0.02	0.060	0.015	0.001	16	23	8.4	5.8

## 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、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

- ・ 調査期間及び頻度：平成28年4月～平成29年3月，月1回
- ・ 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1参照)
- ・ 調査項目：COD，全窒素(TN)，全りん(TP)等21項目
- ・ 分析方法：JIS K0102等に準拠

#### (2) プランクトン調査

- ・ 調査期間及び頻度：(1)と同じ
- ・ 調査地点：湖心(L1)
- ・ 調査項目：植物プランクトンの細胞数及び生体積，動物プランクトンの個体数

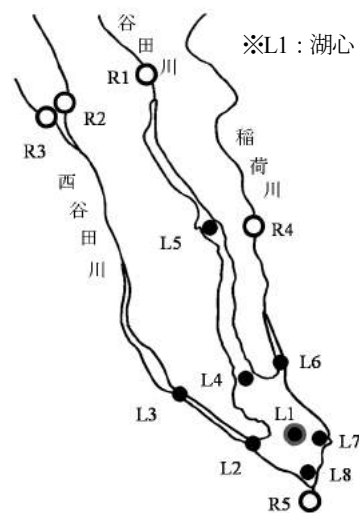


図1 牛久沼調査地点

### 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示す。また、植物プランクトン調査結果は平成23-28年度，動物プランクトン調査結果は平成16-28年度の出現状況を報告する。

#### (1) 湖内及び流入河川の水質の推移(図2参照)

- ① COD：湖内は横ばい～やや低下する傾向が見られている。流入河川はほぼ横ばいで推移している。
- ② 全窒素：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 全りん：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年度から低下傾向にある。
- ④ クロロフィルa：湖内は平成19年度以降に上昇する傾向がみられていたが，平成25年度からは減少する傾向が見られている。流入河川は横ばいで推移した。

#### (2) 平成28年度の水質(図3参照)

平成28年度と平成23-27年度の平均値(平年値)と比較した。

- ① COD：平成28年度は6.5mg/lで，前年度より0.2mg/l低く，平年値より1.1mg/l低かった。経月変化は平年値と異なり夏季に大幅に低くなった。
- ② 全窒素：平成28年度平均値は1.6mg/lで，前年度より0.1mg/l低く，平年値とは同程度であった。経月変化は夏季を除きほぼ例年通りであった。
- ③ 全りん：平成28年度平均値は0.080mg/lであった。前年より0.007mg/l高く，平年値より0.008mg/l高かった。経月変化は例年通りだが，4～8月に高めであった。
- ④ クロロフィルa：平成28年度平均値は44μg/lであった。前年とは同程度で，平年値より6μg/l低かった。経月変化は8～11月に大幅に低下した。

(3) プランクトン (図4 参照)

- ① 植物プランクトン (生体積) : 平成 28 年度は珪藻類が優占し, 期間を通じてアウラコセイラ属が優占した。ただし, 平成 24 年度及び平成 25 年度と比べると, 藻類全体の出現量が少なめであった。
- ② 動物プランクトン (個体数密度) : 平成 28 年度は動物プランクトン全体の出現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<sup>2)</sup> (図5 参照)

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 H14 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, 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) 日本陸水学会(2006) : 陸水の辞典、講談社
- (2) 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/etm/>

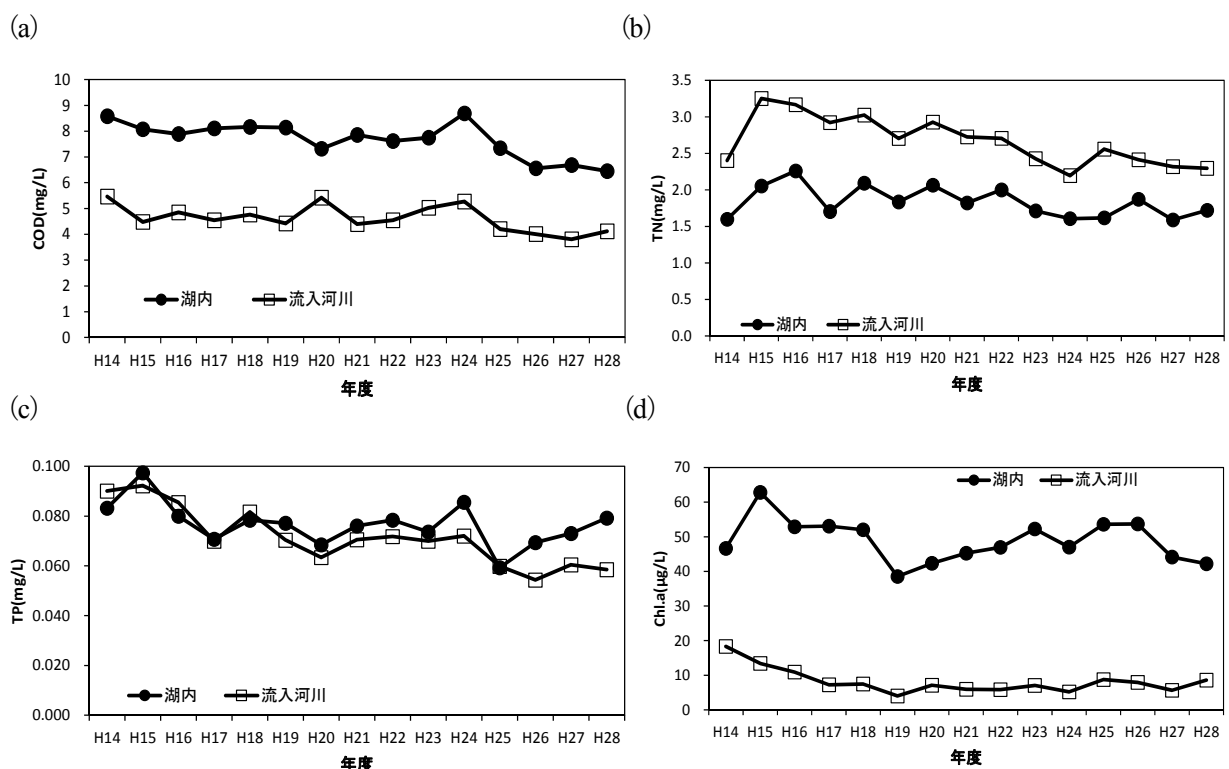


図2 湖内上層及び流入河川 (全地点平均) における水質の経年変化 (年度)

(a) COD, (b) 全窒素, (c) 全りん, (d) Chl.a



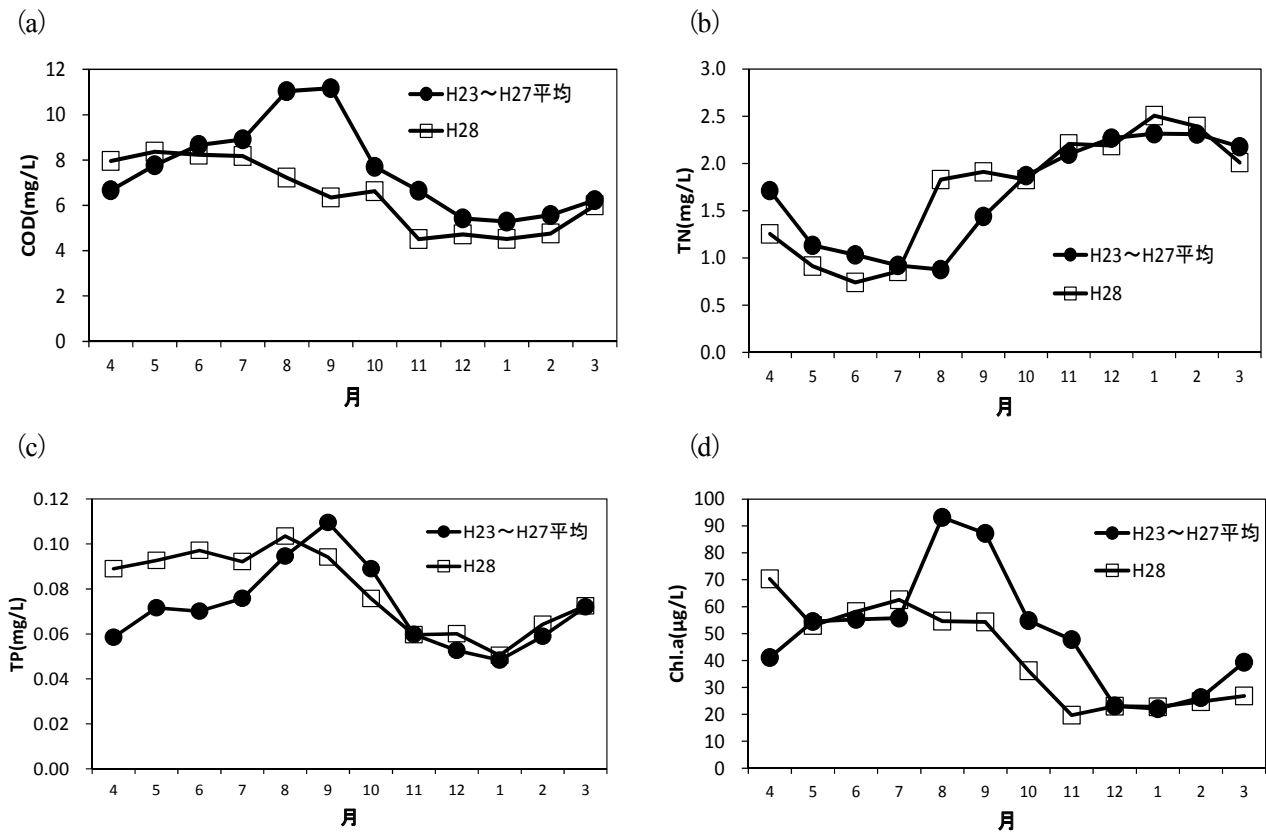


図3 湖内上層（全地点平均）における水質の経月変化  
(a) COD, (b) 全窒素, (c) 全りん, (d) Chl.a

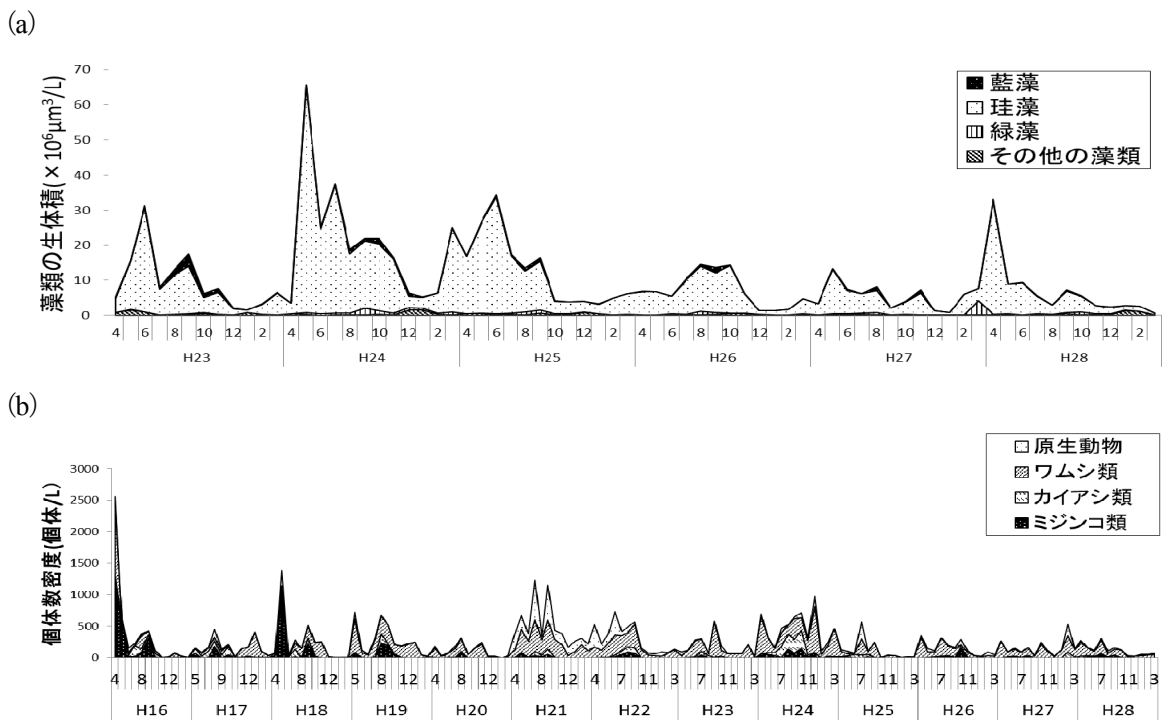


図4 湖心上層におけるプランクトンの変化  
(a) 植物プランクトンの生体積, (b) 動物プランクトンの個体数

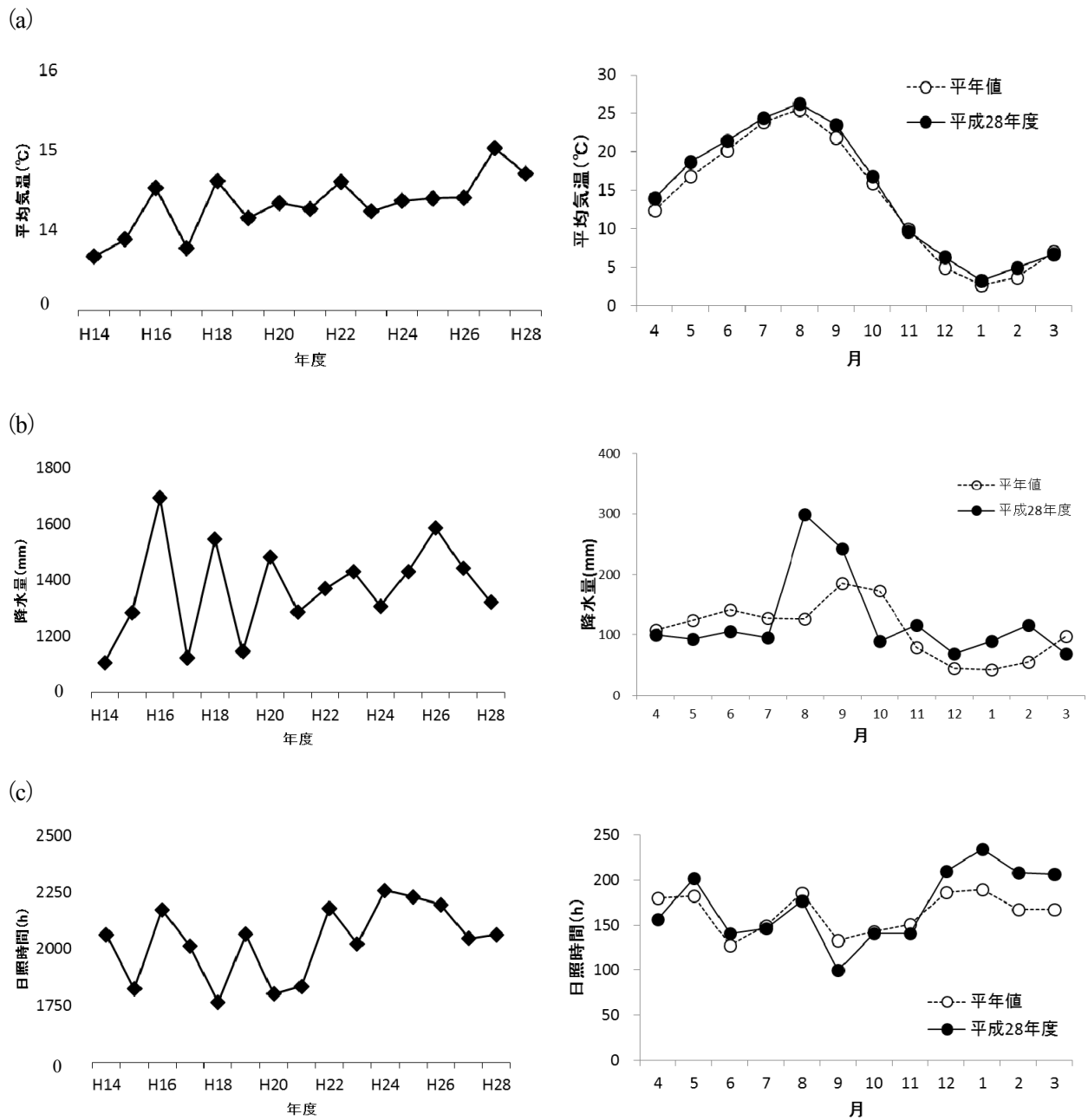


図5 つくば市（館野）における気象の状況  
 (a) 平均気温, (b) 降水量, (c) 日照時間 左図：経年変化, 右図：経月変化

表1 牛久沼の現地測定及び水質分析結果(4月, 5月)

Table with columns for sampling date (平成28年4月22日), weather (晴), and temperature (18.2°C). Rows include site names (e.g., 流入河川 R1-R6, 流出河川 R5) and various water quality parameters like pH, EC, DO, SS, COD, TOC, TN, NH4-N, NO2-N, NO3-N, TP, D-TP, PO4-P, Chl.a, and color. Includes a '種類' section with flow rate (流量).

Table with columns for sampling date (平成28年5月22日), weather (曇り), and temperature (17.5°C). Rows include site names (e.g., 流入河川 R1-R6, 流出河川 R5) and various water quality parameters like pH, EC, DO, SS, COD, TOC, TN, NH4-N, NO2-N, NO3-N, TP, D-TP, PO4-P, Chl.a, and color. Includes a '種類' section with flow rate (流量).

※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 17 columns: 採水日, 天気, 気温, 22.0℃, 10.00, 気象庁データ. Rows include 牛久沼調査 検査結果一覧 and 流入河川 R1-R5.

Table with 17 columns: 採水日, 天気, 気温, 21.6℃, 10.00, 気象庁データ. Rows include 牛久沼調査 検査結果一覧 and 流入河川 R1-R5.

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		平成28年8月28日														平成28年9月14日													
		採取日:							天気:							採取日:							天気:						
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)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色SI (mg/L)					
湖沼	L1	上層	8:59	1.7	0.50	29.5	7.8	14.4	8.0	9	7.9	3.4	2.6	1.9	1.5	1.2	0.06	0.03	1.0	0.091	0.013	0.002	0.002	71	5.7				
湖沼	L1	下層	8:59	1.7	0.45	28.5	7.8	14.2	8.2	3.1	7.8	3.4	2.7	1.8	1.5	1.2	0.06	0.03	1.0	0.10	0.009	0.002	0.002	48	5.8				
湖沼	L2	上層	9:15	1.7	0.45	29.5	7.7	17.1	5.8	17	6.0	3.4	2.3	1.9	1.7	1.4	0.10	0.02	1.2	0.094	0.013	0.005	0.005	26	5.3				
湖沼	L2	下層	9:15	1.7	0.45	28.0	7.3	14.3	4.1	22	6.2	3.3	2.3	1.9	1.9	1.6	0.17	0.02	1.2	0.11	0.020	0.013	0.013	13	5.8				
湖沼	L3	上層	9:28	2.2	0.45	28.7	7.2	15.3	4.9	18	5.9	3.6	2.2	1.9	1.8	1.6	0.17	0.02	1.4	0.11	0.019	0.013	0.013	16	6.0				
湖沼	L3	下層	9:28	2.2	0.55	28.0	7.1	15.1	4.7	23	6.3	3.4	2.4	1.9	1.9	1.7	0.18	0.02	1.4	0.10	0.020	0.015	0.015	13	6.1				
湖沼	L4	上層	9:45	1.3	0.55	30.0	7.5	14.1	6.6	21	7.6	3.5	2.5	1.6	1.3	0.05	0.03	1.0	0.099	0.011	0.003	0.003	72	5.6					
湖沼	L4	下層	9:45	1.3	0.50	30.0	7.3	18.9	4.5	13	5.1	3.1	2.1	1.8	2.4	2.4	0.18	0.03	2.0	0.10	0.022	0.018	0.018	10	7.5				
湖沼	L5	上層	10:00	2.1	0.60	29.5	7.5	23.3	7.3	21	9.7	3.4	3.7	1.9	2.4	1.9	0.07	0.03	1.6	0.14	0.024	0.009	0.009	85	7.6				
湖沼	L6	上層	10:23	2.1	0.60	28.0	7.3	23.7	5.4	33	6.9	2.9	2.6	1.6	2.0	1.9	0.17	0.03	1.6	0.13	0.014	0.008	0.008	16	10				
湖沼	L6	下層	10:23	2.1	0.45	31.5	7.7	15.2	8.8	24	8.0	3.7	3.0	2.1	1.4	0.96	0.04	0.03	0.75	0.10	0.011	0.002	0.002	82	5.9				
湖沼	L7	上層	8:53	1.1	0.45	31.5	7.7	15.2	8.8	24	8.0	3.7	3.0	2.1	1.4	0.96	0.04	0.03	0.75	0.10	0.011	0.002	0.002	82	5.9				
湖沼	L7	下層	8:53	1.1	0.45	31.5	7.7	15.2	8.8	24	8.0	3.7	3.0	2.1	1.4	0.96	0.04	0.03	0.75	0.10	0.011	0.002	0.002	82	5.9				
湖沼	L8	上層	10:40	2.5	0.60	30.2	7.9	15.5	8.9	20	7.6	3.5	3.1	1.9	1.9	1.4	0.04	0.03	0.85	0.086	0.010	0.002	0.002	76	5.2				
湖沼	L8	下層	10:40	2.5	0.60	29.0	7.9	13.3	5.8	37	8.1	3.3	2.6	1.9	1.5	1.1	0.06	0.03	0.93	0.10	0.008	0.002	0.002	52	5.4				
種類	地点名	流量	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-) <td>EC (mS/m) <td>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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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></td></td>	EC (mS/m) <td>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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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></td>	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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td>	NH <sub>4</sub> -N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td>	NO <sub>2</sub> -N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td>	NO <sub>3</sub> -N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td>	D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td>	PO <sub>4</sub> -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	RI		3:40	2.1	>0.5	28.0	7.6	33.7	8.9	5	3.3	2.4	1.5	1.4	2.9	2.8	0.08	0.02	2.8	0.047	0.017	0.016	0.016	1	11				
流入河川	RI2		12:20	0.75	0.24	28.0	7.5	29.2	7.3	23	5.3	2.7	2.1	1.5	3.0	2.9	0.11	0.02	2.7	0.093	0.019	0.020	0.020	6	9.7				
流入河川	RI3		12:35	0.16	>0.5	29.0	7.4	31.5	7.3	4	3.1	1.9	1.6	2.6	2.5	0.09	0.02	2.3	0.039	0.016	0.011	0.011	5	10					
流入河川	RI4		12:00	0.44	1.1	>0.5	27.5	27.5	7.7	26.3	8.3	4	3.2	2.4	1.4	1.3	0.04	0.01	1.8	0.035	0.009	0.012	0.012	2	11				
流出河川	RS		11:05	4.07	1.7	0.20	29.0	7.7	14.3	7.9	22	7.0	3.6	2.4	1.9	1.4	0.04	0.03	0.81	0.080	0.007	0.002	0.002	56	5.4				

牛久沼調査 検査結果一覧		平成28年9月14日														平成28年9月14日													
		採取日:							天気:							採取日:							天気:						
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)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色SI (mg/L)					
湖沼	L1	上層	8:47	1.9	0.65	25.5	7.8	19.7	6.6	19	7.5	3.8	3.4	2.1	0.98	0.68	0.03	0.03	0.52	0.080	0.011	0.002	0.002	82	5.8				
湖沼	L1	下層	8:47	1.9	0.70	25.5	7.9	19.1	6.2	22	7.8	3.8	3.5	2.1	0.99	0.74	0.03	0.03	0.53	0.095	0.011	0.001	0.001	81	5.8				
湖沼	L2	上層	8:56	1.9	0.70	25.0	7.7	23.8	7.2	11	5.7	3.0	2.8	1.7	2.5	2.1	0.05	0.03	2.0	0.075	0.009	0.003	0.003	54	9.5				
湖沼	L2	下層	8:56	1.9	0.65	25.0	7.6	25.1	6.9	17	5.6	3.0	2.4	1.7	2.6	2.3	0.07	0.03	2.1	0.085	0.008	0.002	0.002	43	9.7				
湖沼	L3	上層	9:08	2.5	0.65	24.0	7.6	23.3	6.4	13	5.2	3.1	2.4	1.6	2.3	2.2	0.10	0.03	2.0	0.082	0.010	0.003	0.003	28	8.8				
湖沼	L3	下層	9:08	2.5	0.65	24.3	7.5	22.9	6.2	18	5.3	3.1	2.5	1.6	2.5	2.2	0.12	0.03	1.9	0.082	0.010	0.004	0.004	23	8.8				
湖沼	L4	上層	9:26	1.6	0.80	25.0	7.6	21.4	7.9	12	5.9	3.2	2.8	1.7	2.0	1.5	0.04	0.04	1.4	0.075	0.009	0.002	0.002	72	8.3				
湖沼	L4	下層	9:26	1.6	0.80	25.5	7.6	21.5	7.7	12	6.1	3.1	2.9	1.6	1.9	1.3	0.04	0.04	1.4	0.068	0.009	0.001	0.001	69	8.4				
湖沼	L5	上層	9:45	2.6	0.30	24.0	7.2	11.9	4.6	24	6.3	4.1	2.6	2.0	1.5	1.3	0.12	0.01	1.0	0.15	0.032	0.020	0.020	6	4.9				
湖沼	L5	下層	9:45	2.6	0.30	24.0	7.2	11.5	5.2	27	6.5	4.2	3.1	2.0	1.5	1.3	0.12	0.01	1.1	0.15	0.030	0.022	0.022	7	5.1				
湖沼	L6	上層	10:07	2.3	0.60	24.0	7.1	8.8	5.8	10	4.4	3.2	2.0	1.5	0.88	0.88	0.12	0.01	0.45	0.088	0.018	0.012	0.012	7	3.2				
湖沼	L6	下層	10:07	2.3	0.60	24.0	7.1	8.1	6.2	14	4.7	3.2	2.1	1.5	0.89	0.72	0.12	0.01	0.46	0.086	0.021	0.013	0.013	7	3.3				
湖沼	L7	上層	8:39	1.4	0.55	25.5	7.7	30.3	7.2	26	7.8	4.0	3.5	2.2	1.2	0.74	0.02	0.02	0.52	0.10	0.011	0.001	0.001	94	5.7				
湖沼	L7	下層	8:39	1.4	0.55	25.5	7.7	30.3	7.2	26	7.8	4.0	3.5	2.2	1.2	0.74	0.02	0.02	0.52	0.10	0.011	0.001	0.001	94	5.7				
湖沼	L8	上層	10:24	2.8	0.70	25.0	7.3	15.5	8.0	21	8.0	3.9	3.4	2.2	1.1	0.71	0.02	0.02	0.49	0.089	0.009	0.001	0.001	92	5.9				
湖沼	L8	下層	10:24	2.8	0.70	25.5	7.4	19.4	7.0	28	8.4	3.9	3.3	2.1	1.3	0.79	0.03	0.02	0.54	0.10	0.011	0.001	0.001	82	6.0				
種類	地点名	流量	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-) <td>EC (mS/m) <td>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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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></td></td>	EC (mS/m) <td>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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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></td>	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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td>	NH <sub>4</sub> -N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td>	NO <sub>2</sub> -N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td>	NO <sub>3</sub> -N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-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>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td></td>	D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>比色SI (mg/L)</td> </td></td>	PO <sub>4</sub> -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	RI1		12:32	4.0	>0.5	23.7	7.4	23.6	7.3	4	3.4	3.0	1.7	1.5	3.0	2.6	0.04	0.01	2.5	0.053	0.018	0.016	0.016	2	10				
流入河川	RI2		12:00	1.0	0.7	0.29	24.0	7.5	23.1	6.5	17	5.4	3.9	2.3	2.0	2.7	0.04	0.01	2.3	0.093	0.026	0.022	0.022	4	8.8				
流入河川	RI3		12:14	0.0	1.2	>0.5	24.0	7.4	23.8	7.6	3	3.4	1.9	1.6	2.5	2.4	0.05	0.01	2.1	0.044	0.013	0.007	0.007	7	9.7				
流入河川	RI4		11:32	0.6	>0.5	24.0	7.5	21.0	6.8	4	4.3	3.8	2.3	1.9	1.6	1.5	0.02	0.01	1.3	0.051	0.019	0.011	0.011	5	9.8				
流出河川	RS		10:55	1.40	1.6	0.20	26.0	7.6	20.9	7.4	26	8.1	3.9	3.2	2.2	1.2	0.77	0.04	0.02	0.51	0.097	0.010	0.002	0.002	76	6.0			

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28年10月14日												天気：曇			気温：16.9℃												(つくば市霞野 10.00: 気温庁予一)											
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)																	
湖沼	L1	上層	8:54	1.6	0.65	17.7	8.4	26.8	9.3	24	8.3	3.2	4.1	1.9	1.7	1.2	1.2	0.04	0.03	1.0	0.088	0.008	0.006	64	7.8																
湖沼	L1	下層	8:54			18.0	8.4	23.4	9.5	28	8.6	3.3	4.2	1.9	1.7	1.2	0.04	0.03	0.99	0.085	0.008	0.005	57	7.6																	
湖沼	L2	上層	9:04	1.6	0.70	18.0	8.2	24.9	9.7	16	6.8	2.9	3.9	1.7	2.8	2.2	0.04	0.03	2.0	0.080	0.009	0.005	58	9.3																	
湖沼	L2	下層	9:04			18.3	8.1	24.9	9.3	16	6.9	3.0	4.0	1.7	2.7	2.2	0.03	0.03	2.0	0.082	0.010	0.005	56	9.3																	
湖沼	L3	上層	9:18	2.2	0.70	17.7	7.8	24.8	8.1	13	5.9	3.1	2.8	1.7	2.5	2.2	0.04	0.03	2.0	0.073	0.009	0.005	43	9.5																	
湖沼	L3	下層	9:18			17.7	7.7	24.3	9.1	16	6.1	3.1	2.9	1.7	2.5	2.2	0.04	0.03	2.0	0.076	0.008	0.005	38	9.7																	
湖沼	L4	上層	9:36	1.2	0.75	15.0	8.6	26.0	10	17	7.8	3.3	4.0	1.8	2.2	1.6	0.05	0.05	1.3	0.077	0.009	0.003	51	9.7																	
湖沼	L4	下層	9:36			15.3	7.6	24.6	8.2	9	4.5	2.6	2.2	1.5	2.4	2.3	0.12	0.03	1.9	0.057	0.007	0.004	18	10																	
湖沼	L5	上層	9:54	2.1	0.90	18.3	7.5	24.2	7.9	13	4.4	2.6	2.1	1.5	2.4	2.3	0.12	0.03	2.0	0.060	0.006	0.005	21	10																	
湖沼	L6	上層	10:15	2.0	1.10	18.0	7.5	24.3	8.4	8	4.3	2.8	2.0	1.5	2.2	1.9	0.14	0.03	1.7	0.064	0.011	0.009	19	11																	
湖沼	L6	下層	10:15			17.7	7.5	24.3	8.0	12	4.2	2.5	2.1	1.5	2.2	2.0	0.15	0.03	1.7	0.066	0.011	0.009	7	11																	
湖沼	L7	上層	8:43	1.1	0.60	18.0	8.4	26.4	8.4	25	7.8	3.4	3.8	2.0	1.7	1.2	0.06	0.03	1.0	0.085	0.007	0.003	52	7.4																	
湖沼	L8	上層	10:32	2.4	0.60	18.0	8.6	24.1	10	18	7.7	3.3	4.3	1.9	1.9	1.4	0.04	0.03	1.1	0.082	0.007	0.003	56	7.9																	
湖沼	L8	下層	10:32			18.0	8.6	24.4	10	17	7.7	3.3	4.0	1.9	2.1	1.5	0.04	0.03	1.3	0.084	0.007	0.003	44	8.3																	
種類			流量 (m <sup>3</sup> /s)		透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)																	
流入河川 R1			2.0	>0.5	18.0	8.1	15.7	11	1.1	2	2.1	1.6	1.1	0.9	3.5	3.5	0.05	0.03	2.7	0.029	0.020	0.019	2	14																	
流入河川 R2			0.6	0.5	18.5	7.7	34.6	9.2	5	5	3.1	2.3	1.4	1.2	2.9	2.9	0.09	0.03	3.3	0.051	0.020	0.020	2	11																	
流入河川 R3			0.1	>0.5	18.3	7.9	36.7	10	2	2	2.8	1.9	1.3	1.0	2.8	2.4	0.06	0.02	2.6	0.032	0.010	0.009	4	12																	
流入河川 R4			0.2	1.0	>0.5	17.0	7.9	31.2	10	<1	2.2	1.9	3.2	1.0	1.6	1.6	0.03	0.01	2.3	0.020	0.012	0.017	2	13																	
流出河川 R5			5.6	0.9	0.20	18.0	8.3	24.5	9.7	18	7.4	3.5	3.1	1.9	2.8	2.8	0.03	0.01	1.3	0.085	0.007	0.004	35	8.2																	

牛久沼調査 検査結果一覧			採水日：平成28年11月29日												天気：晴			気温：11.2℃												(つくば市霞野 10.00: 気温庁予一)											
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)																	
湖沼	L1	上層	8:53	1.7	0.80	9.5	7.6	23.5	8.5	16	5.1	2.7	2.9	1.5	2.0	1.6	0.08	0.03	1.3	0.05	0.012	<0.001	31	8.4																	
湖沼	L1	下層	8:53			9.5	7.7	23.8	9.4	12	5.2	2.7	3.0	1.5	2.1	1.7	0.09	0.03	1.4	0.05	0.012	<0.001	32	8.7																	
湖沼	L2	上層	9:03	1.7	0.50	9.5	7.4	28.8	6.8	18	4.2	2.6	1.9	1.5	3.2	2.7	0.22	0.04	2.3	0.10	0.016	0.005	6	11																	
湖沼	L2	下層	9:03			9.5	7.3	26.3	7.6	17	4.2	2.6	1.9	1.5	3.2	2.9	0.22	0.04	2.3	0.10	0.016	0.005	6	11																	
湖沼	L3	上層	9:18	2.2	0.70	10.3	7.4	26.6	7.2	14	3.5	2.7	1.8	1.4	3.0	2.8	0.17	0.03	2.1	0.14	0.016	0.005	3	9.8																	
湖沼	L3	下層	9:18			10.3	7.3	26.6	8.7	15	3.6	2.5	1.8	1.4	2.8	2.6	0.17	0.03	2.1	0.13	0.015	0.005	4	9.9																	
湖沼	L4	上層	9:38	1.4	1.00	9.7	7.8	24.00	10	8	4.8	2.6	2.7	1.4	1.8	1.4	0.03	0.03	1.1	0.04	0.011	<0.001	30	8.6																	
湖沼	L4	下層	9:38			9.8																																			
湖沼	L5	上層	9:55	2.2	1.20	11.0	7.6	25.9	7.2	7	2.9	2.1	1.4	1.2	1.6	1.4	0.15	0.02	1.2	0.11	0.018	0.009	6	6.6																	
湖沼	L5	下層	9:55			10.5	7.5	26.0	8.1	6	2.9	2.1	1.5	1.2	2.2	2.0	0.16	0.02	1.8	0.05	0.018	0.010	5	10																	
湖沼	L6	上層	10:17	2.1	0.70	11.2	7.4	19.5	8.0	8	4.5	3.1	2.1	1.5	1.2	1.4	0.07	0.02	1.1	0.07	0.014	0.002	14	4.6																	
湖沼	L6	下層	10:17			11.0	7.3	18.7	8.3	12	4.5	2.9	2.2	1.4	1.5	1.2	0.07	0.02	1.1	0.07	0.013	0.002	16	4.9																	
湖沼	L7	上層	8:45	1.2	0.80	9.5	7.5	21.9	9.2	9	5.5	3.4	3.3	1.9	1.5	1.0	0.02	0.02	1.0	0.05	0.011	<0.001	32	6.9																	
湖沼	L7	下層	8:45			9.5																																			
湖沼	L8	上層	10:33	2.6	0.90	11.0	7.8	22.1	11	14	5.6	2.9	3.1	1.6	1.6	1.2	0.041	0.02	1.3	0.05	0.010	<0.001	35	7.3																	
湖沼	L8	下層	10:33			10.7	8.0	22.3	10	15	5.6	2.9	3.2	1.6	1.6	1.5	0.040	0.02	1.3	0.05	0.009	<0.001	35	7.2																	
種類			流量 (m <sup>3</sup> /s)		透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)																	
流入河川 R1			1.4	>0.5	12.9	7.6	12.3	8.5	4	2.6	2.3	1.4	1.2	3.2	3.2	2.8	0.20	0.13	2.6	0.06	0.032	0.023	2	11																	
流入河川 R2			1.1	1.1	0.40	13.0	7.3	11.4	9.0	15	3.6	2.4	1.7	1.3	2.9	2.8	0.09	0.02	2.5	0.06	0.019	0.011	3	8.2																	
流入河川 R3			0.1	>0.5	13.7	7.4	12.7	9.1	11.0	3.0	2.1	1.4	1.4	1.3	2.6	2.5	0.09	0.02	2.1	0.04	0.013	0.005	4	8.2																	
流入河川 R4			0.3	1.1	>0.5	12.1	7.6	19.8	8.2	4.5	2.9	2.4	1.4	1.2	1.9	1.8	0.01	0.01	1.6	0.04	0.014	0.006	6	9.3																	
流出河川 R5			4.6	1.1	0.35	9.6	8.0	23.9	11	14	5.2	3.0	2.9	1.6	1.5	1.3	0.04	0.02	1.3	0.04	0.009	<0.001	33	7.5																	

※8月,10~11月, 1~3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5 牛久沼の現地測定及び水質分析結果(12月, 1月)

種類	地点名	採取日: 平成28年12月17日								天気: 晴								気温: 12.6℃								色度SI (mg/L)
		水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (μg/L)					
湖沼	L1	上層	8:40	1.9	0.90	5.0	7.5	25.7	11	10	4.6	2.6	2.4	1.5	2.6	2.3	0.02	0.02	0.040	0.004	0.002	26	10			
湖沼	L1	下層	8:40	2.9	0.90	5.5	7.7	29.0	11	10	4.7	2.6	2.5	1.5	2.7	2.4	0.02	0.02	0.046	0.004	0.001	28	10			
湖沼	L2	上層	9:05	2.0	0.80	5.5	7.8	26.1	10	9	4.7	2.5	2.3	1.5	2.6	2.4	0.02	0.02	0.051	0.005	0.002	27	10			
湖沼	L2	下層	9:05	2.1	0.60	5.5	7.7	25.7	11	10	4.5	2.8	2.3	1.5	2.7	2.4	0.02	0.02	0.045	0.005	0.002	26	10			
湖沼	L3	上層	9:16	2.1	0.60	5.2	7.5	22.2	10	12	4.2	3.0	2.1	1.6	2.4	2.3	0.06	0.02	0.060	0.012	0.007	10	8.7			
湖沼	L3	下層	9:16	1.6	0.85	5.7	7.3	22.0	11	11	4.3	2.9	2.2	1.5	2.5	2.4	0.08	0.02	0.075	0.013	0.008	9	8.6			
湖沼	L4	上層	9:34	2.4	0.85	5.5	7.7	24.5	11	13	5.4	2.7	3.1	1.5	2.1	1.9	0.04	0.02	0.065	0.005	0.001	36	9.9			
湖沼	L4	下層	9:34	2.4	0.85	5.5	7.6	24.8	11	18	6.2	2.7	3.3	1.5	2.2	1.9	0.04	0.02	0.057	0.005	0.001	37	10			
湖沼	L5	上層	9:54	2.4	0.85	6.5	7.6	19.5	10	14	4.2	2.6	2.0	1.4	1.8	1.8	0.09	0.02	0.082	0.012	0.007	14	8.5			
湖沼	L5	下層	9:54	2.4	0.85	6.3	7.5	20.0	10	16	4.3	2.5	1.9	1.3	2.0	1.9	0.08	0.03	0.089	0.010	0.005	15	9.2			
湖沼	L6	上層	10:15	2.2	0.70	7.5	7.4	18.1	10	13	4.9	2.7	2.0	1.4	1.7	1.6	0.12	0.02	0.068	0.009	0.005	11	7.8			
湖沼	L6	下層	10:15	2.2	0.70	7.3	7.3	17.9	10	13	4.5	2.8	2.1	1.4	1.7	1.6	0.12	0.02	0.066	0.014	0.010	15	7.9			
湖沼	L7	上層	8:35	1.4	0.75	6.7	7.2	12.0	11	12	5.1	3.1	2.6	1.7	1.8	1.7	0.03	0.02	0.056	0.006	0.002	28	9.2			
湖沼	L8	上層	10:32	2.7	0.75	6.7	7.7	23.9	11	14	5.5	3.0	3.0	1.6	1.7	1.8	0.02	0.02	0.060	0.004	0.001	32	9.3			
湖沼	L8	下層	10:32	2.7	0.75	6.5	7.7	24.3	11	18	5.8	3.0	3.1	1.6	1.9	1.7	0.02	0.02	0.058	0.004	0.001	35	9.5			
種類	地点名	流量 (m <sup>3</sup> /s)				水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (μg/L)	色度SI (mg/L)		
流入河川	R1	12:45	1.4	>0.5	8.5	7.5	30.1	10	10	19	1.5	1.0	0.9	2.9	2.9	0.11	0.02	0.11	0.02	2.6	0.925	0.007	0.007	1	14	
流入河川	R2	12:00	0.4	>0.5	8.5	7.5	49.3	10	6	3.0	1.8	1.3	1.0	3.5	3.5	0.11	0.02	0.11	0.02	3.1	0.944	0.011	0.011	1	11	
流入河川	R3	12:30	0.1	>0.5	12.0	7.4	30.4	10	3	2.4	2.0	1.2	1.0	3.1	3.3	0.12	0.03	0.12	0.03	2.7	0.928	0.011	0.010	4	13	
流入河川	R4	11:40	0.1	>0.5	8.5	7.4	26.9	11	<1	1.9	1.5	1.0	0.9	2.3	2.2	0.03	0.01	0.03	0.01	2.0	0.916	0.006	0.005	1	13	
流出河川	R5	11:00	0.0	0.8	6.0	7.5	25.4	11	8	4.7	2.8	2.4	1.6	2.0	2.0	0.02	0.02	0.037	0.003	0.001	26	10	9.6			

種類	地点名	採取日: 平成29年1月13日								天気: 晴								気温: 5.0℃								色度SI (mg/L)
		水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (μg/L)					
湖沼	L1	上層	8:51	1.5	0.80	5.5	7.5	26.2	12	14	5.3	2.6	2.9	1.5	2.6	2.2	0.04	0.02	0.057	0.006	0.001	33	10			
湖沼	L1	下層	8:51	1.7	0.80	5.5	7.7	25.4	12	12	5.1	2.6	2.8	1.8	2.5	2.1	0.04	0.02	0.055	0.006	0.001	32	10			
湖沼	L2	上層	9:01	1.7	0.90	5.3	7.7	26.5	12	8	4.6	2.7	2.5	1.6	2.6	2.5	0.04	0.02	0.048	0.006	0.001	27	10			
湖沼	L2	下層	9:01	1.7	0.80	5.3	7.7	25.6	12	12	5.0	2.7	2.7	1.6	2.6	2.3	0.06	0.02	0.052	0.006	0.003	30	10			
湖沼	L3	上層	9:14	1.7	0.80	5.7	7.6	26.5	11	10	4.3	2.5	2.0	1.5	2.9	2.7	0.08	0.02	0.049	0.007	0.002	18	10			
湖沼	L3	下層	9:14	1.7	0.80	5.7	7.4	26.3	11	11	4.1	4.1	2.5	2.0	2.5	2.9	0.08	0.02	0.050	0.007	0.002	20	10			
湖沼	L4	上層	9:33	1.3	0.80	5.7	7.6	24.8	12	14	5.0	2.6	2.9	1.6	2.4	2.0	0.07	0.03	0.048	0.005	<0.001	34	10			
湖沼	L4	下層	9:33	1.3	0.80	5.7	7.6	24.8	12	14	5.0	2.6	2.9	1.6	2.4	2.0	0.07	0.03	0.048	0.005	<0.001	34	10			
湖沼	L5	上層	9:50	2.1	0.85	6.3	7.6	26.5	11	8	3.3	2.1	1.7	1.3	2.6	2.5	0.13	0.03	0.061	0.009	0.004	15	12			
湖沼	L5	下層	9:50	2.1	0.85	6.3	7.6	26.9	11	9	3.4	2.1	1.7	1.2	2.7	2.5	0.13	0.03	0.064	0.008	0.003	17	12			
湖沼	L6	上層	10:13	2.1	0.95	6.5	7.5	23.9	11	8	3.2	2.3	1.7	1.3	2.3	2.2	0.19	0.03	0.050	0.012	0.007	6	11			
湖沼	L6	下層	10:13	2.1	0.95	6.2	7.4	23.9	10	9	3.5	2.4	1.7	1.3	2.4	2.1	0.18	0.03	0.051	0.011	0.006	6	11			
湖沼	L7	上層	8:42	1.1	0.90	5.5	7.1	27.2	11	10	5.2	3.2	3.0	1.8	2.0	1.8	0.05	0.02	0.048	0.004	0.002	22	9.2			
湖沼	L7	下層	8:42	1.1	0.90	5.5	7.1	27.2	11	10	5.2	3.2	3.0	1.8	2.0	1.8	0.05	0.02	0.048	0.004	0.002	22	9.2			
湖沼	L8	上層	10:30	2.4	0.85	6.3	7.6	26.4	11	10	5.2	3.1	3.0	1.7	2.3	1.9	0.06	0.02	0.046	0.004	0.002	26	9.3			
湖沼	L8	下層	10:30	2.4	0.85	6.0	7.7	24.2	11	15	5.5	3.1	3.2	1.7	2.2	1.9	0.06	0.02	0.048	0.005	0.002	28	9.4			
種類	地点名	流量 (m <sup>3</sup> /s)				水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L) <td>NH<sub>4</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>色度SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td></td>	NH <sub>4</sub> -N (mg/L) <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>色度SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td></td>	NO <sub>2</sub> -N (mg/L) <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>色度SI (mg/L)</td> </td></td></td></td></td>	NO <sub>3</sub> -N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>色度SI (mg/L)</td> </td></td></td></td>	TP (mg/L) <td>D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>色度SI (mg/L)</td> </td></td></td>	D-TP (mg/L) <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>色度SI (mg/L)</td> </td></td>	PO <sub>4</sub> -P (mg/L) <td>Chla (μg/L) <td>色度SI (mg/L)</td> </td>	Chla (μg/L) <td>色度SI (mg/L)</td>	色度SI (mg/L)		
流入河川	R1	13:10	0.4	>0.50	8.5	7.4	29.1	10	4	2.1	1.7	1.1	1.0	2.9	2.7	0.16	0.04	2.5	0.75	0.012	0.012	2	15			
流入河川	R2	12:08	0.2	>0.50	9.0	7.5	28.0	11	8	3.4	2.2	1.5	1.2	3.3	3.3	0.21	0.04	2.8	0.12	0.023	0.023	3	11			
流入河川	R3	12:23	0.0	>0.50	11.5	7.5	28.0	12	2	2.5	2.1	1.4	1.2	2.4	2.4	0.03	0.01	2.4	0.833	0.021	0.019	7	13			
流入河川	R4	11:36	0.0	>0.50	7.2	7.7	26.4	12	2	2.0	1.8	1.2	1.0	2.3	2.3	0.04	0.02	2.0	0.823	0.006	0.004	2	13			
流出河川	R5	11:03	0.6	0.41	6.8	7.5	25.4	12	12	5.1	3.0	2.9	1.7	2.3	2.3	0.06	0.02	1.7	0.848	0.005	0.001	26	9.6			

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				天気: 曇																天気: 晴															
				採水日: 平成29年2月1日				気温: 40.0℃				気温: 40.0℃				気温: 59.9℃				気温: 59.9℃															
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)											
湖沼	L1	上層	8:54	1.5	0.75	6.0	7.6	26.8	10	16	5.4	2.8	3.0	1.6	2.3	2.0	0.05	0.02	1.8	0.063	0.006	0.001	21	11											
湖沼	L1	下層	8:54			6.3	7.7	26.7	11	16	5.6	2.8	2.8	1.6	2.3	1.9	0.06	0.02	1.8	0.066	0.006	<0.001	23	11											
湖沼	L2	上層	9:06	1.6	0.80	5.7	7.8	28.8	8.9	9	4.8	2.8	2.5	1.6	2.2	2.1	0.03	0.02	1.9	0.057	0.006	0.001	22	11											
湖沼	L2	下層	9:06			6.2	7.9	27.2	11	11	4.9	2.9	2.6	1.6	2.1	2.0	0.03	0.02	1.9	0.058	0.006	<0.001	23	11											
湖沼	L3	上層	9:18	2.1	0.90	6.0	7.9	28.1	9.9	9	4.4	2.5	2.0	1.4	2.7	2.4	0.06	0.04	2.5	0.065	0.008	0.002	27	12											
湖沼	L3	下層	9:18			6.3	7.9	27.9	11	9	4.3	2.5	2.0	1.4	2.7	2.4	0.06	0.04	2.3	0.061	0.011	0.002	26	12											
湖沼	L4	上層	9:36	1.1	>0.90	5.0	7.8	26.9	9.3	11	4.7	2.8	2.4	1.6	2.1	2.0	0.05	0.02	1.8	0.058	0.007	0.001	21	11											
湖沼	L4	下層	9:36			6.2	8.0	28.9	10	10	4.0	2.1	1.9	1.2	2.9	2.6	0.03	0.04	2.2	0.065	0.009	0.002	40	13											
湖沼	L5	上層	9:52	2.0	0.85	6.6	8.0	29.0	11	10	4.1	2.2	1.8	1.2	2.7	2.5	0.03	0.04	2.2	0.064	0.007	0.003	40	13											
湖沼	L5	下層	9:52			6.6	8.0	29.0	10	7	3.8	2.5	1.9	1.4	2.2	2.2	0.08	0.03	1.8	0.064	0.014	0.008	18	11											
湖沼	L6	上層	10:15	1.8	1.00	6.7	7.9	28.3	10	7	3.8	2.5	2.0	1.4	2.2	2.2	0.08	0.03	1.8	0.075	0.016	0.010	20	11											
湖沼	L6	下層	10:15			7.0	7.9	28.0	11	10	4.4	2.6	2.0	1.4	2.2	2.1	0.05	0.02	1.7	0.069	0.008	0.002	22	11											
湖沼	L7	上層	8:45	1.0	0.75	6.5	7.1	28.7	11	16	5.3	3.0	2.7	1.6	2.2	2.1	0.05	0.02	1.8	0.075	0.016	0.010	20	11											
湖沼	L7	下層	8:45			6.5	7.1	28.7	11	16	5.3	3.0	2.7	1.6	2.2	2.1	0.05	0.02	1.7	0.069	0.008	0.002	22	11											
湖沼	L8	上層	10:30	2.4	0.70	6.5	7.9	26.6	8.7	19	5.6	3.0	2.7	1.6	2.3	2.0	0.05	0.02	1.8	0.075	0.007	0.001	26	10											
湖沼	L8	下層	10:30			6.5	7.8	26.3	9.8	20	5.5	3.0	2.7	1.6	2.3	2.0	0.05	0.02	1.8	0.080	0.006	0.002	25	10											
	種類	地点名	流量	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)											
	流入河川 R1		12:33	0.65	1.9	>0.5	9.7	7.6	29.3	4	2.5	1.9	1.2	1.1	2.8	2.7	0.16	0.05	2.3	0.071	0.027	0.022	4	16											
	流入河川 R2		12:03	0.04	1.0	>0.5	9.2	7.7	28.4	8	3.8	2.5	1.3	1.3	3.4	3.3	0.26	0.08	2.8	0.090	0.033	0.027	8	12											
	流入河川 R3		12:17	0.00	1.0	>0.5	10.3	7.7	28.6	10	1	2.3	1.2	1.0	2.7	2.7	0.10	0.04	2.4	0.042	0.022	0.020	3	13											
	流入河川 R4		11:30	0.01	0.9	>0.5	7.5	7.6	29.7	8.8	1	2.0	1.7	1.0	0.9	2.1	2.1	0.04	0.02	2.0	0.016	0.005	0.005	6	15										
	流出河川 R5		10:55	0.07	0.6	0.23	7.0	7.7	26.8	9.9	19	5.6	3.1	2.7	1.7	2.1	2.1	0.07	0.02	1.8	0.084	0.008	0.003	25	11										

牛久沼調査 検査結果一覧				天気: 晴																天気: 晴															
				採水日: 平成29年3月1日				気温: 59.9℃				気温: 59.9℃				気温: 59.9℃				気温: 59.9℃															
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/m)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	D-TN (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)											
湖沼	L1	上層	8:55	1.6	0.75	7.5	7.6	29.8	11.2	16	5.9	3.4	3.4	1.9	1.9	1.8	0.03	0.01	1.5	0.060	0.006	0.004	26	10											
湖沼	L1	下層	8:55			7.7	7.7	27.3	12.0	16	6.3	3.5	3.5	1.9	1.9	1.6	0.03	0.01	1.5	0.067	0.006	0.004	28	10											
湖沼	L2	上層	9:07	1.8	0.80	7.5	7.8	27.6	10.2	16	5.8	3.4	3.5	1.9	1.9	1.7	0.03	0.01	1.4	0.063	0.008	0.003	24	10											
湖沼	L2	下層	9:07			7.6	7.8	28.8	12.3	16	6.1	3.4	3.5	1.9	1.9	1.8	0.03	0.02	1.3	0.067	0.006	0.003	26	10											
湖沼	L3	上層	9:22	1.9	0.80	7.5	8.0	28.3	11.8	13	5.9	3.6	3.0	1.9	2.4	2.0	0.06	0.02	1.8	0.067	0.007	0.005	27	11											
湖沼	L3	下層	9:22			7.6	8.2	28.0	12.5	16	5.9	3.5	3.0	1.9	0.2	2.1	0.06	0.02	1.9	0.068	0.010	0.006	28	11											
湖沼	L4	上層	9:42	1.3	0.90	7.9	8.1	27.6	11.6	15	5.7	3.5	3.2	1.9	1.8	1.6	0.05	0.02	1.4	0.060	0.006	0.003	20	10											
湖沼	L4	下層	9:42			8.3	7.9	28.8	9.2	18	5.8	3.4	2.8	1.8	2.1	1.7	0.08	0.03	1.4	0.065	0.010	0.004	17	11											
湖沼	L5	上層	9:58	2.1	0.90	8.3	7.9	28.7	9.0	22	6.1	3.4	2.8	1.8	2.1	1.8	0.09	0.03	1.4	0.10	0.009	0.005	18	11											
湖沼	L5	下層	9:58			8.5	7.7	28.7	9.0	22	6.5	3.3	3.3	1.9	1.7	1.5	0.03	0.02	1.2	0.10	0.014	0.008	50	9.7											
湖沼	L6	上層	10:21	2.1	0.80	9.0	8.3	26.9	13.1	22	6.5	3.3	3.8	1.9	1.9	1.5	0.03	0.02	1.2	0.12	0.013	0.007	61	9.6											
湖沼	L6	下層	10:21			9.0	8.4	26.7	12.5	36	7.6	3.4	3.8	1.9	1.9	1.5	0.03	0.02	1.2	0.12	0.013	0.007	61	9.6											
湖沼	L7	上層	8:47	1.2	0.70	7.5	7.3	37.2	11.1	23	6.5	3.5	3.6	1.9	2.0	1.8	0.03	0.01	1.4	0.065	0.009	0.004	28	10											
湖沼	L7	下層	8:47			8.47	7.3	37.2	11.1	23	6.5	3.5	3.6	1.9	2.0	1.8	0.03	0.01	1.4	0.065	0.009	0.004	28	10											
湖沼	L8	上層	10:38	2.6	0.80	8.5	8.2	27.2	12.0	17	5.9	3.5	3.3	1.9	1.8	1.7	0.03	0.01	1.5	0.049	0.006	0.003	23	10											
湖沼	L8	下層	10:38			7.5	8.0	27.0	11.4	18	5.9	3.4	3.3	1.9	2.0	1.7	0.03	0.01	1.4	0.064	0.005	0.004	26	10											
	種類	地点名	流量	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-) <td>EC (mS/m)</td> <td>DO (mg/L)</td> <td>SS (mg/L)</td> <td>COD (mg/L)</td> <td>D-COD (mg/L)</td> <td>TOC (mg/L)</td> <td>DOC (mg/L)</td> <td>TN (mg/L)</td> <td>D-TN (mg/L)</td> <td>NH<sub>4</sub>-N (mg/L)</td> <td>NO<sub>2</sub>-N (mg/L)</td> <td>NO<sub>3</sub>-N (mg/L)</td> <td>TP (mg/L)</td> <td>D-TP (mg/L)</td> <td>PO<sub>4</sub>-P (mg/L)</td> <td>Chla (µg/L)</td> <td>比色Si (mg/L)</td>	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)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	D-TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (µg/L)	比色Si (mg/L)											
	流入河川 R1		13:30	0.3	1.7	>0.5	7.7	29.8	10.6	9	3.0	2.1	1.5	1.2	2.1	2.0	0.17	0.02	1.7	0.072	0.025	0.026	6	17											
	流入河川 R2		12:35	0.2	0.8	0.36	11.7	7.9	28.6	10.0	15	4.8	3.2	2.3	1.7	2.6	2.6	0.27	0.07	2.1	0.088	0.033	0.030	10	13										
	流入河川 R3		13:10	0.0	>0.5	13.2	7.8	29.3	14.1	8	3.6	2.2	1.6	1.3	2.4	2.3	0.10	0.03	2.1	0.057	0.027	0.027	8	15											
	流入河川 R4		12:00	0.1	1.3	>0.5	9.1	7.8	30.0	10.4	2	2.6	2.2	1.2	1.1	2.1	2.2	0.06	0.01	1.8	0.030	0.016	0.015	2	14										
	流出河川 R5		11:10	0.0	0.4	0.29	9.0	8.0	27.7	12.3	20	6.4	3.5	3.4	2.0	1.9	1.8	0.04	0.01	1.4	0.068	0.008	0.004	27	10										



## 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 ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ )
- ・無機元素成分 (Be, Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Y, Mo, Cd, Cs, Sb, Ba, La, Ce, Sm, W, Tl, Pb, Bi, Th, U)
- ・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 28 年 5 月 6 日～平成 28 年 5 月 20 日  
 夏季 平成 28 年 7 月 21 日～平成 28 年 8 月 4 日  
 秋季 平成 28 年 10 月 20 日～平成 28 年 11 月 3 日  
 冬季 平成 29 年 1 月 19 日～平成 29 年 2 月 2 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 16.7L/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: 日本ダイオネクス株式会社 ICS-2000 (※冬季調査 Thermo Fisher Scientific 社 Integriion)

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

## 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、秋季の濃度が最も高く、次いで冬季、春季、夏季の順であった。PM2.5 質量濃度の季節の平均値は春季  $10.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、夏季  $5.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、秋季  $14.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬季  $11.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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	17.2	3.4	10.4
夏季	9.6	3.1	5.2
秋季	25.2	4.7	14.3
冬季	20.6	3.7	11.5

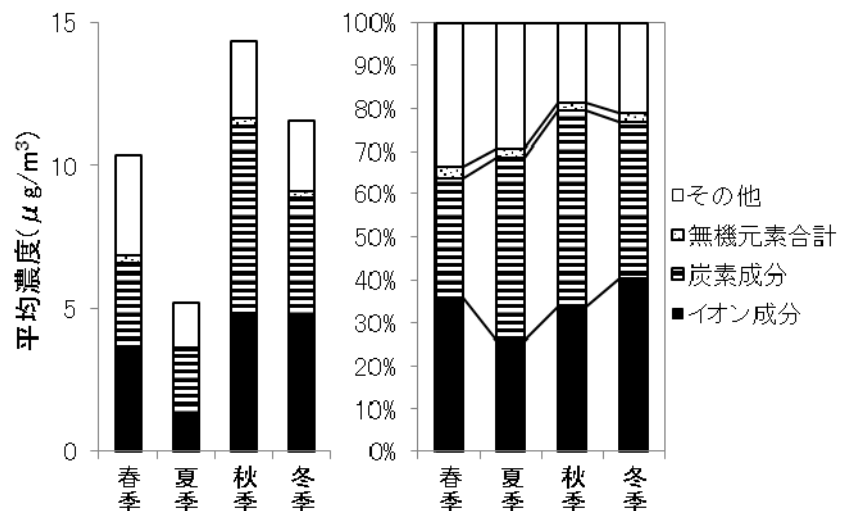


図 1 季節別 成分平均濃度及び割合  
(左：濃度，右：割合)

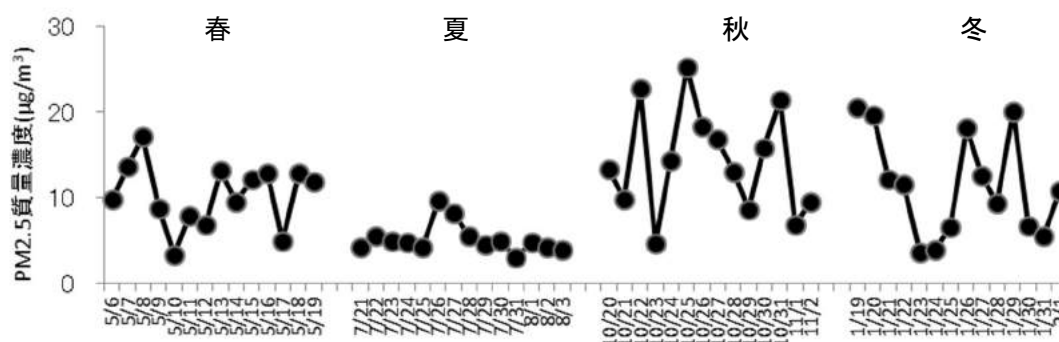


図 2 PM2.5 質量濃度推移 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

(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が影響していると考えられる。

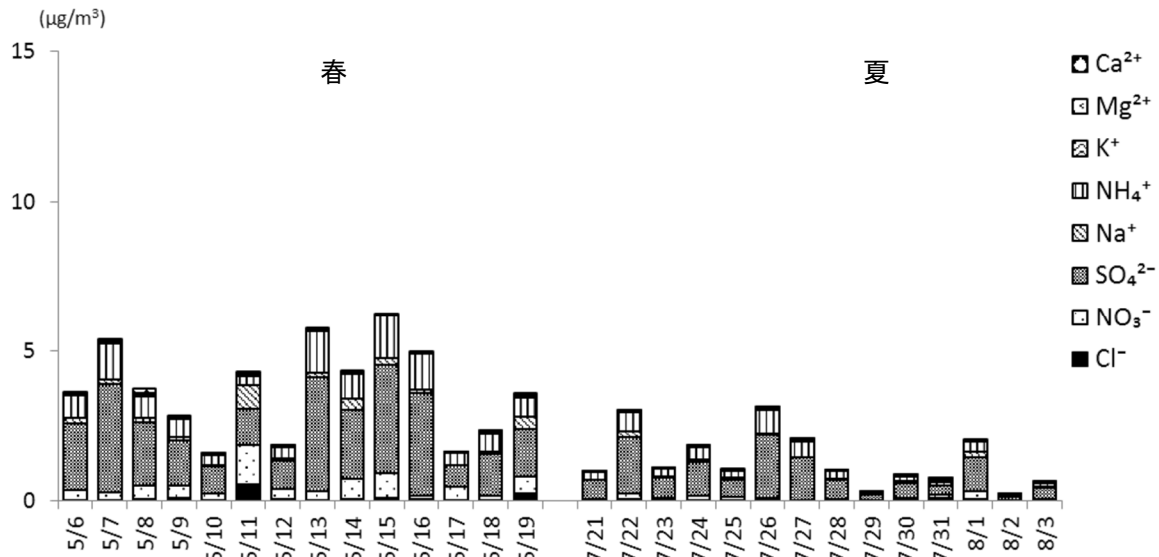


図 3-1 イオン成分濃度 (春季・夏季)

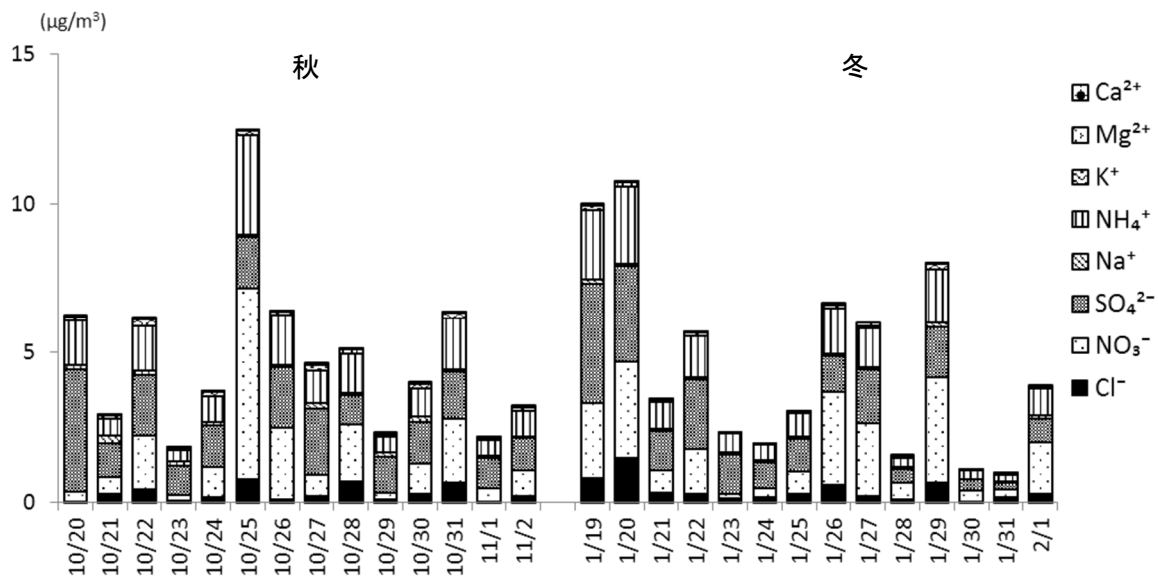


図 3-2 イオン成分濃度 (秋季・冬季)

(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。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 は春季で約 5 割, 秋季・冬季で約 3~4 割を占めていた, 特に秋季・冬季では PM2.5 質量濃度の増減と連動していた。WIOC は夏季で約 6 割以上を占め, 秋季・冬季では約 4 割を占めていた。Char-EC は秋季・冬季で高かった。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。

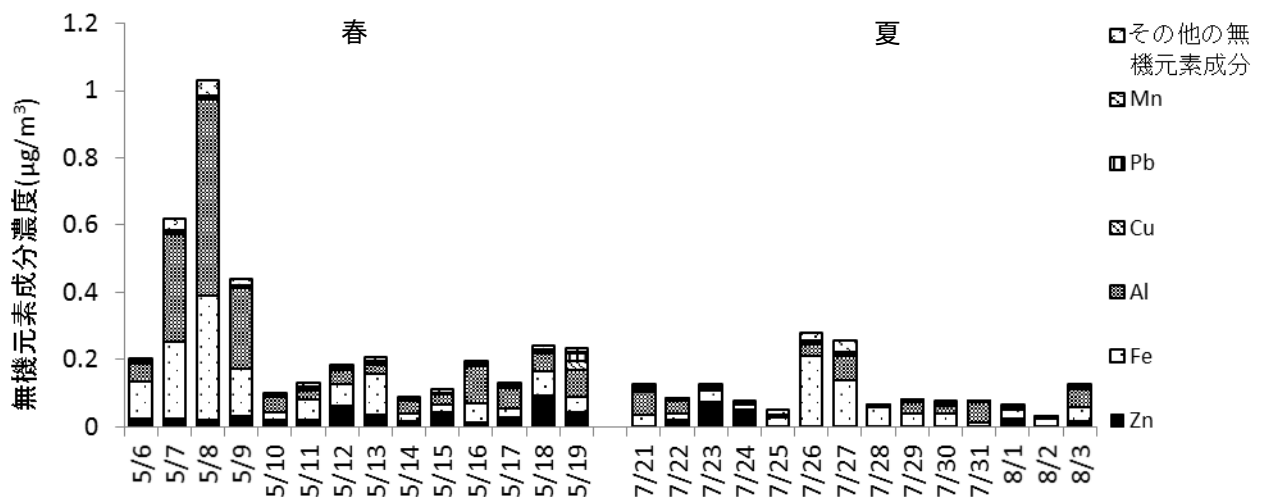


図 4-1 無機元素成分濃度 (春季・夏季)

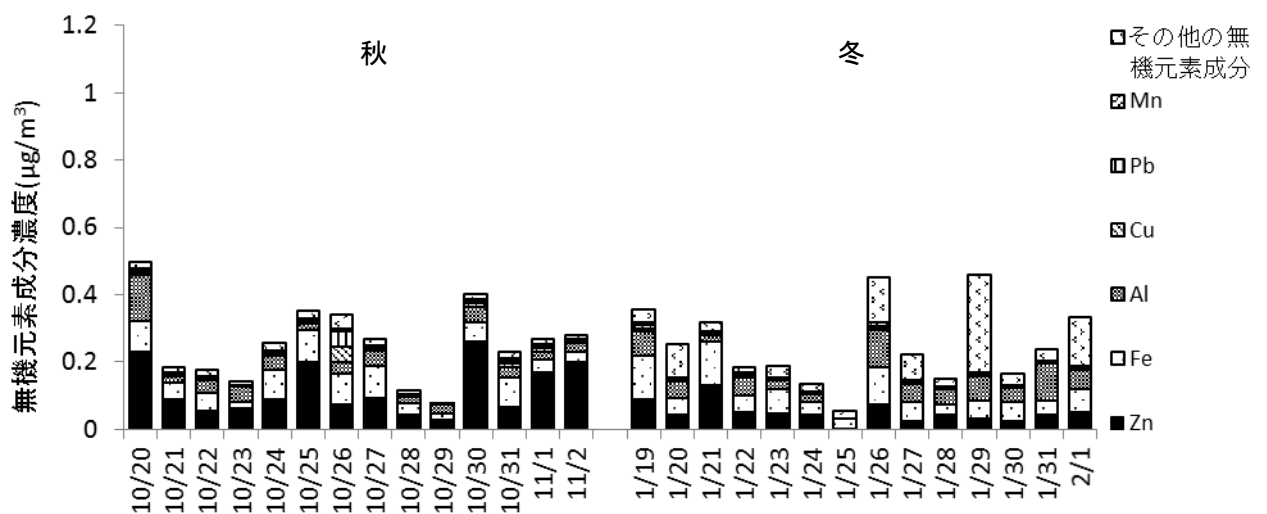


図 4-2 無機元素成分濃度 (秋季・冬季)

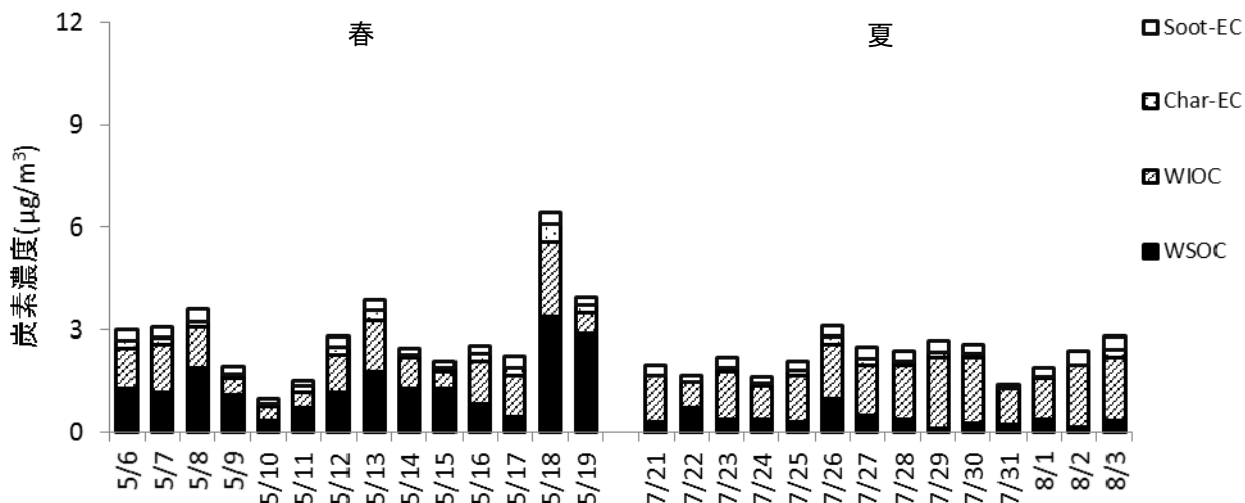


図 5-1 炭素成分濃度 (春季・夏季)

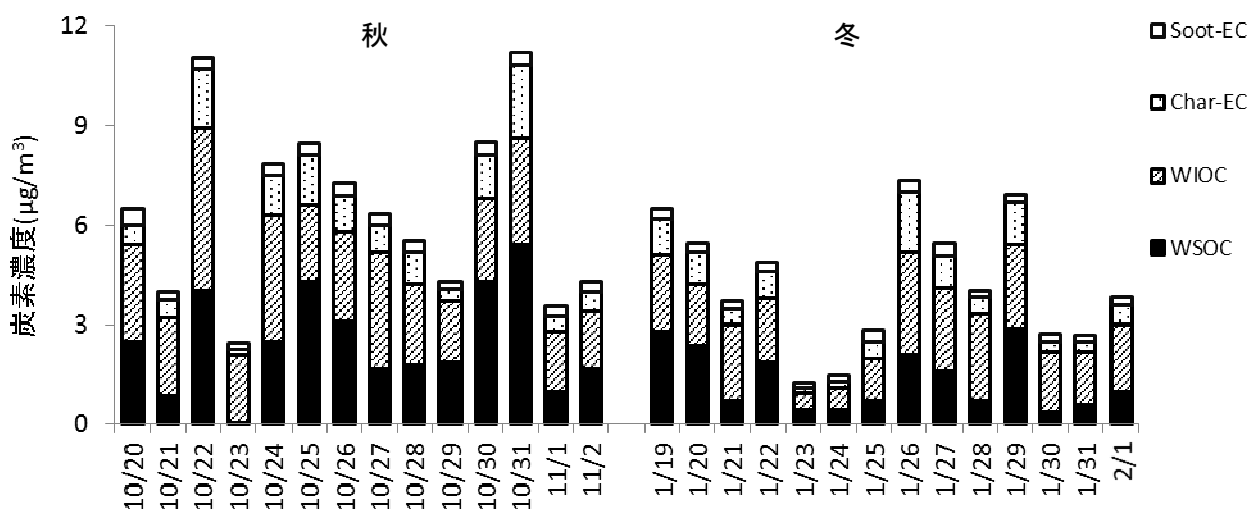


図 5-2 炭素成分濃度 (秋季・冬季)





## 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

平成 27 年度現在，全国において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，発令延日数が 46 日となっている<sup>1,2)</sup>。

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 年度現在 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<sup>3)</sup>。

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に，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) には植物起源の VOC も大きな割合を占めているという報告もある<sup>4)</sup>。

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 28 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<sup>5)</sup>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。

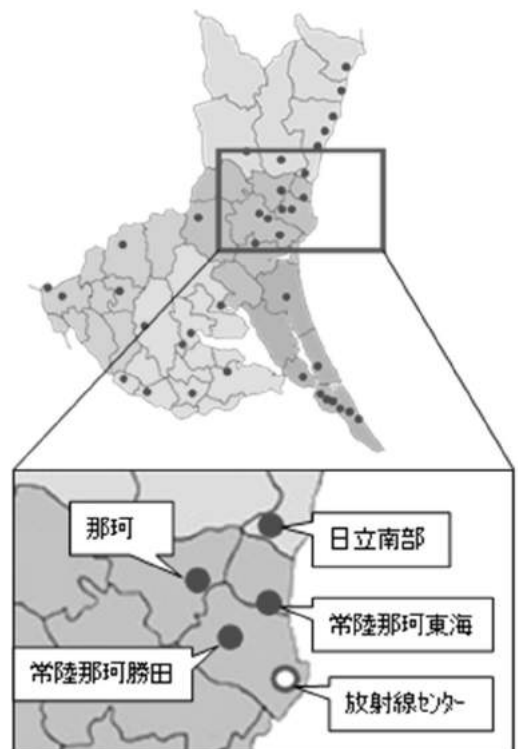


図 1 調査地点  
(● : 大気測定局設置地点)



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	$\alpha$ -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	$\beta$ -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) 予測モデルの構築

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。予測モデルの概要を図 2 に示す。

予測モデルは当日の早朝の入力データを自動で取り込み、午前 10 時に出力するスケジュールを設定した。

気象モデルの入力データは気象データとして GPV (格子毎の値) を、地形データには標高及び土地利用データを取得・収集して使用した (表 2, 3)。

排出量データ (排出インベントリ) は人為起源 VOC, 植物起源 VOC, バイオマス (植物質) 燃焼について取得・収集して CMAQ へ適用した (表 4)。

CMAQ の入力データとして、ウェブサイト 千葉県大気汚染常時監視情報 <sup>11)</sup> 及び環境省大気汚染物質広域監視システム <sup>12)</sup> からデータ

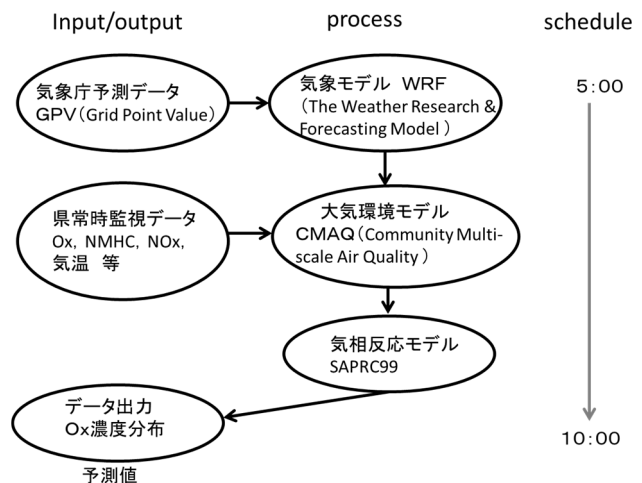


図 2 予測モデルフローチャート

を自動取得し、計算開始前の最新の  $O_x$  濃度等の状況を予測へ反映させた。

CMAQ の気相反応モデルには SAPRC99 を選択した。

WRF 及び CMAQ の計算条件は表 5、6 のとおりとし、3 領域（東アジア領域、中日本領域、茨城県領域）で段階的に計算した。

出力結果の表示方法は、格子サイズ 5km メッシュの分布図及び数値データとした。分布図の濃度段階は 6 段階（0.000～0.040, 0.041～0.060, 0.061～0.080, 0.081～0.119, 0.120～0.239, 0.240～）（単位：ppm）とした。

表 2 気象データ

気象データ名	入手先	使用目的
全球数値予報GPV (GSM)	(一財)気象業務 支援センター	大気場の初期値 境界値
メソ数値予報GPV (MSM)	(一財)気象業務 支援センター	大気場の初期値 境界値
北太平洋海面水温予報 格子点資料(OCN)	(一財)気象業務 支援センター	海面の初期値境界値
NCEP 地表面予測データ	NCEP	土壌等、地表面の情報

\* NCEP: 米国環境影響予測センター

表 3 地形データ

地形データ名	入手先	使用目的
国土地理院50mメッシュ	基盤地図情報ダウン ロードサービス <sup>*1</sup>	地表面の標高
土地利用 国土数値情報100m メッシュ	基盤地図情報ダウン ロードサービス	地表面の土地利用
GTOPO30	USGS <sup>*2</sup> ウェブサイト	全球の標高データ

\*1: 国土地理院ウェブサイト<sup>6)</sup>

\*2: 米国地質調査所ウェブサイト<sup>7)</sup>

表 4 排出量データ

排出量データ名	入手先	使用目的
REASv2	REASダウンロードサ イト <sup>*1</sup>	各化学物質の人為起源 排出量
GFEDv3	GFEDウェブサイト <sup>*2</sup>	バイオマス燃焼データ
MEGANv2.04	MEGANダウンロード サイト <sup>*3</sup>	植生VOCデータ

\*1: 国立環境研究所ウェブサイト<sup>8)</sup>

\*2: GFEDウェブサイト<sup>9)</sup>

\*3: GEOS-Chemウェブサイト<sup>10)</sup>

表 5 WRF の計算条件

	水平格子数 東西×南北	水平格子間隔 (km)	計算範囲 東西×南北(km)	鉛直層数
領域1	74×74	45	2,700×2,700	
領域2	52×34	15	675×450	27
領域3	46×46	5	200×200	

表 6 CMAQ の計算条件

	水平格子数	水平格子間隔	計算範囲	鉛直層数
	東西×南北	(km)	東西×南北(km)	
領域1	60×60	45	2,700×2,700	14
領域2	45×30	15	675×450	
領域3	40×40	5	200×200	

(4) 予測モデルの予測精度検証方法

平成 29 年 2 月 1 日から平成 29 年 2 月 28 日までの期間に図 3 及び表 7 に示す 30 地点において、予測値及び実測値を比較して、平均正規化誤差 30%以内を適合とした。なお、実測値は一般環境大気測定局における Ox 濃度を使用した。

予測値： 常時監視測定局所在地に対応するメッシュにおけるモデルにより算出された予測値

実測値： 常時監視測定局において測定した 1 時間値 (ppb を ppm に換算)

平均正規化誤差 (Mean Normalized Error, Mean Normalized Gross Error。以下、MNE という。)

$$MNE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|C_{mod}(i) - C_{obs}(i)|}{C_{obs}(i)} \times 100(\%)$$

$n$  : 地点数,  $C_{mod}$  : 予測値,  $C_{obs}$  : 実測値

予測値と実測値の比較は 1 時間値, 平均値 (10:00~20:00 の平均値。以下、日平均値という。), 最高値 (10:00~20:00 の最高値。以下、日最高値という。) の 3 項目について確認した。

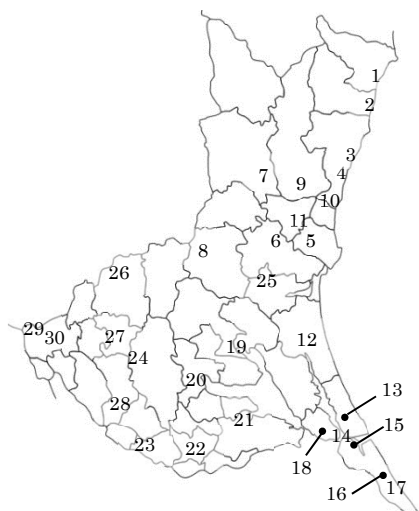


表 7 精度検証対象地点

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	鉾田保健所	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 7 参照)

3 調査結果及び考察

(1) 実態調査

表 8 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 28 年 5 月 18 日~19 日の期間は全地点で 60ppb 以上であり、共通して高い濃度となった。

表 8 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28年5月18日14:23~19日14:10	53	64	—	西北西	3.5	晴
	平成28年6月22日14:10~23日13:45	34	43	—	南南東	4.6	くもり
	平成28年8月9日13:40~10日13:56	38	56	—	東北東	1.7	晴
	平成28年9月27日14:15~28日14:07	19	41	—	西南西	1.8	晴
	平成28年10月18日14:10~19日14:10	37	52	—	北東	3.5	晴
	平成28年11月29日14:05~30日14:06	24	41	—	北西	1.9	晴
常陸那珂勝田	平成28年5月18日13:00~19日12:40	50	64	0.09	北北東	1.0	晴
	平成28年6月22日12:00~23日11:10	34	43	0.05	北	0.9	晴
	平成28年8月9日11:35~10日11:20	40	67	0.09	北	1.0	くもり
	平成28年9月27日11:25~28日11:30	19	39	0.09	南東	1.1	晴
	平成28年10月18日12:30~19日12:05	33	44	0.09	北北東	0.6	晴
	平成28年11月29日12:20~30日11:48	27	38	0.11	北北西	1.5	晴
那珂	平成28年5月18日13:40~19日13:35	50	61	—	西北西	2.3	晴
	平成28年6月22日13:40~23日13:07	40	48	—	東北東	1.6	くもり
	平成28年8月9日11:59~10日11:47	38	56	—	東北東	1.7	晴
	平成28年9月27日13:38~28日13:38	20	38	—	北	1.0	晴
	平成28年10月18日13:38~19日13:37	28	49	—	東北東	1.4	晴
	平成28年11月29日13:35~30日13:35	22	39	—	西	1.2	晴
常陸那珂東海	平成28年5月18日14:48~19日14:35	47	60	—	北北東	2.5	晴
	平成28年6月22日14:35~23日14:05	38	44	—	北北東	2.4	くもり
	平成28年8月9日14:00~10日14:20	45	77	—	北東	2.2	晴
	平成28年9月27日14:38~28日14:30			—	東南東	1.4	晴
	平成28年10月18日14:35~19日14:40			—	北北東	2.8	晴
	平成28年11月29日14:30~30日14:25	20	42	—	北	1.3	晴
放射線センター	平成28年5月18日11:17~19日10:55	44	60	—	—	—	晴
	平成28年6月22日11:30~23日10:40	38	41	—	—	—	晴
	平成28年8月9日10:50~10日10:40			—	—	—	くもり
	平成28年9月27日10:47~28日10:47	26	35	—	—	—	くもり
	平成28年10月18日10:55~19日10:45	24	30	—	—	—	くもり
	平成28年11月29日10:53~30日11:21	35	36	—	—	—	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( $\alpha$ -ピネンと $\beta$ -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27日の常陸那珂東海で $190 \mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$ であった。9月27日は全ての調査地点においてVOC全体のオゾン生成能が最大となったが、この採取期間の平均Ox濃度の地点平均値は21.0 ppbであり、オゾン生成への寄与は低かった。翌日9月28日の水戸の日照時間は0.7時間<sup>13)</sup>で、光化学反応が抑制される気象条件であったことがVOCのオゾン生成への寄与が低い要因と考えられた。複数の地点で最高Ox濃度が60 ppbであった5月18日及び8月9日は北寄りの風が多い上、気温及び日照時間も平年並みか平年より高めであり、かつVOC全体のオゾン生成能が低かったことから、Ox濃度が上昇した要因は、移流の影響に限らず調査地域内のVOCが光化学反応により消費されOxが生成したことによるものと推測された。

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全ての地点で 8 月，9 月に上昇した。上昇が最も顕著であった常陸那珂東海では 9 月 27 日に植物起源 VOC のオゾン生成能は合計で  $30.6 \mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$  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 年度の調査<sup>14, 15)</sup>と同様であり，特徴が見られた。

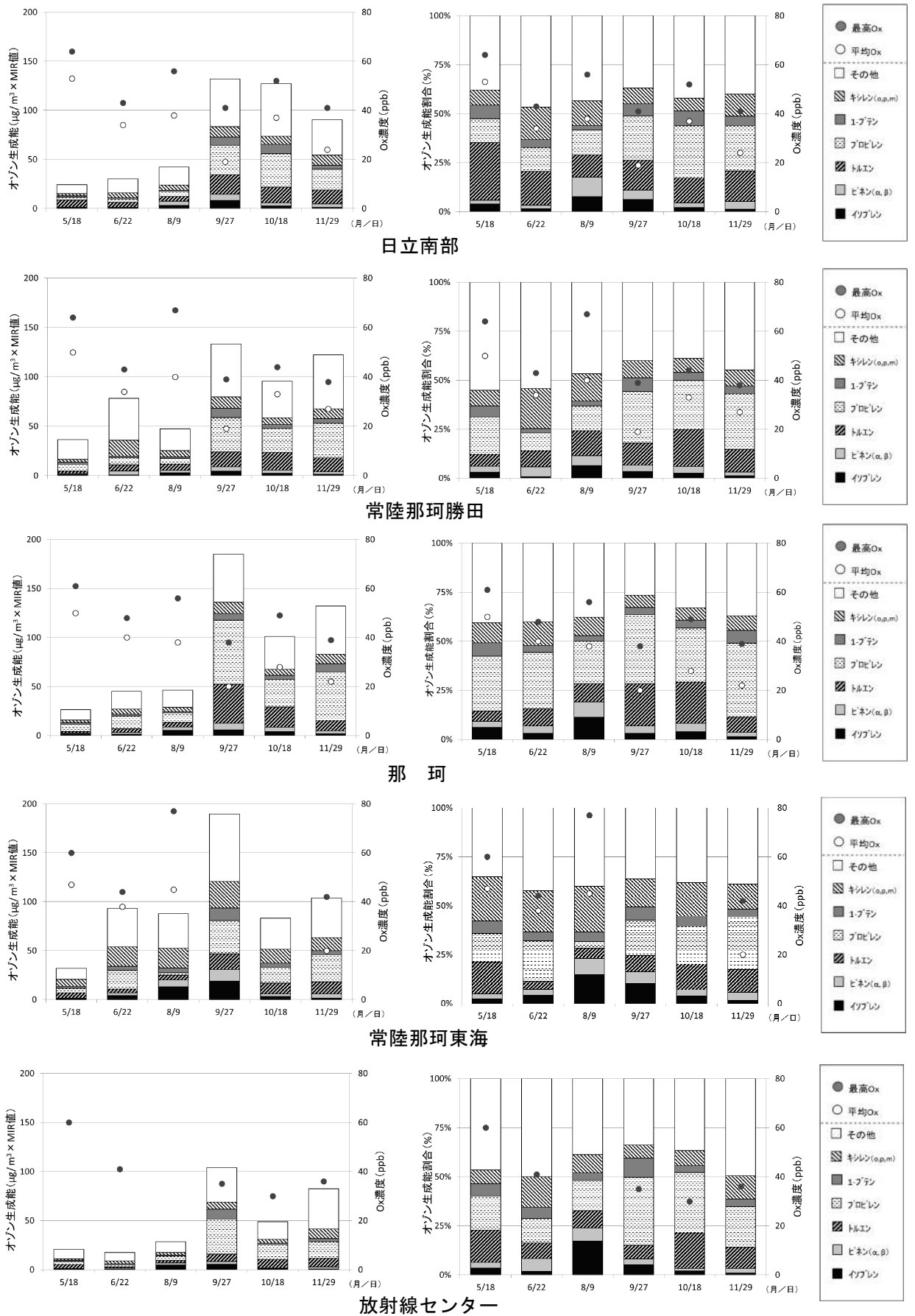


図4 平成28年度地点別オゾン生成能(左:オゾン生成能,右:オゾン生成能割合)

(2) 予測モデルの予測精度検証結果

図5に1時間値を用いた散布図を示す。全体的に実測値は0.0~60(ppb)の値を示しているが、予測値は20(ppb)以上の値を示している。また、予測値は、過大評価している場合がある。相関係数は0.09で両者の相関はほぼ無い。総量比(予測値/実測値)を見ると、0.64であり全地点全期間平均して7割程度である。また、MNEは29.60%であった。

図6に日平均値を用いた散布図を示す。相関係数は0.48でやや正の相関はあり、総量比(予測値/実測値)を見ると0.90であり平均して9割程度は予測されていることがわかった。また、MNEは15.22%であった。

図7に日最高値を用いた散布図を示す。全体的には予測値と実測値の対応は、ほぼ1対1の関係にあることがわかる。

相関係数は0.29でやや正の相関はあり、総量比(予測値/実測値)を見ると0.90であり日平均値と同様、平均して9割程度は再現していることがわかった。また、MNEは15.95%であった。

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27年度に引き続き実態の把握を進めた。

予測モデルを構築し、MNEが30%以内の範囲内にあることを確認した。

5 今後の方針

東海、ひたちなか地域におけるVOCについて特徴的な傾向を把握するため、平成29年度まで本調査を継続する予定である。なお、実態調査結果から得られた植物起源VOCの傾向について、排出量データの一部として予測モデルへ反映させる予定である。

予測モデルについては、春季・夏季のOxが高濃度になる時期にも十分な予測精度が得られるように、予測精度検証及び予測精度向上を実施する。

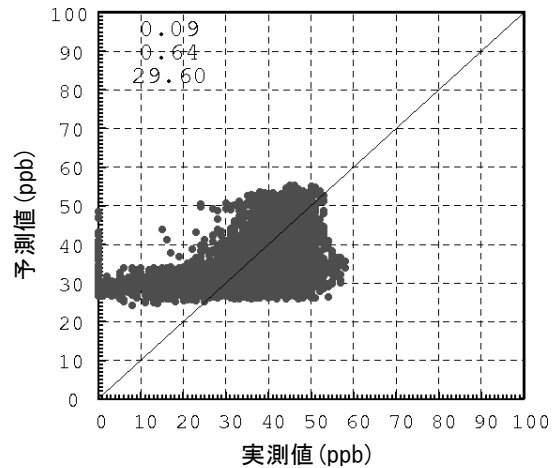


図5 予測値と実測値の散布図(1時間値)  
(図内の数字は、上から順に相関係数, 総量比(予測値/実測値), MNEを示す。図6, 7も同様)

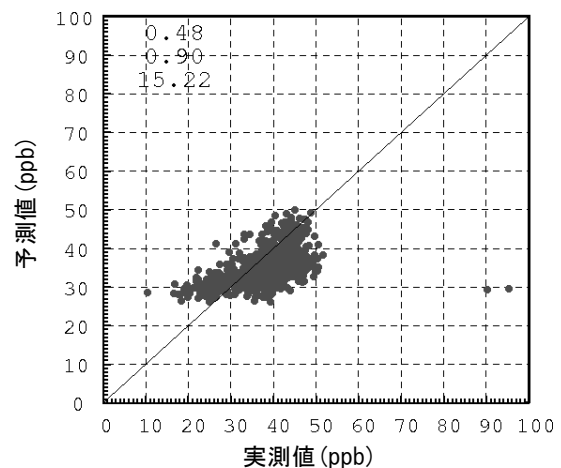


図6 予測値と実測値の散布図(日平均値)

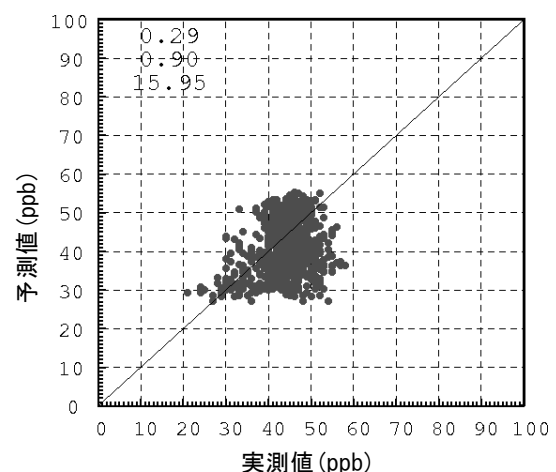


図7 予測値と実測値の散布図(日最高値)

## 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) 国土地理院, 基盤地図情報ダウンロードサービス  
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
- 7) 米国地質調査所, GTOPO30 ダウンロードサイト  
<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>
- 8) 国立環境研究所, REAS ダウンロードサイト  
<http://www.nies.go.jp/REAS/>
- 9) GFED ウェブサイト  
<http://www.globalfiredata.org/Data/index.htm>
- 10) GEOS-Chem, MEGAN ダウンロードサイト  
[http://wiki.seas.harvard.edu/geos-chem/index.php/Downloading\\_GEOS-Chem\\_source\\_code\\_and\\_data#Using\\_wget\\_to\\_download\\_files](http://wiki.seas.harvard.edu/geos-chem/index.php/Downloading_GEOS-Chem_source_code_and_data#Using_wget_to_download_files)
- 11) 茨城県大気汚染常時監視情報  
<http://www.taiki.pref.ibaraki.jp/data.asp>
- 12) 環境省大気汚染物質広域監視システム (そらまめ君)  
<http://soramame.taiki.go.jp/>
- 13) 気象庁ウェブサイト, 過去の気象データ  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 14) 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.
- 15) 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.



## 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 28 年 4 月から平成 29 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<sup>1)</sup>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	大気を真空容器に約 3.0 ml/min の流量で 24 時間採取	ガスクロマトグラフ質量分析法 (GC/MS) で分析
	酸化エチレン	臭化水素を含浸させた捕集剤を充填した捕集管	大気を約 700 ml/min の流量で 24 時間通気	捕集剤を溶媒で抽出後，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	大気を流量約 700 または 500 L/min の流量で 24 時間吸引して石英ろ紙上に捕集	石英ろ紙の一部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	オゾン除去能を有する固相カラムを前段に接続したジフェニルトラジンを含有する固相カラム	約 100 ml/min の流量で大気中のアルデヒド類を誘導体化しながら捕集	固相カラムを有機溶媒で抽出後，紫外可視検出器付 HPLC で分析
金属類	水銀及びその化合物	金を焼き付けした捕集剤を充填した捕集管	大気を約 100 ml/min の流量で 24 時間通気	捕集剤を加熱気化冷原子吸光度計に装着し分析
	水銀を除く 5 物質	ベンゾ [a]ピレンと同じ	ベンゾ [a]ピレンと同じ	石英ろ紙の一部を混酸で分解後，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 27 年度全国調査の集計結果<sup>2)</sup>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，すべての調査地点で環境基準以下であった。

## (2) 指針値が設定されている 9 物質

指針値の設定されているアクリロニトリル，塩化ビニルモノマー，クロロホルム，1,2-ジクロロエタン，1,3-ブタジエン，水銀及びその化合物，ニッケル化合物，ヒ素及びその化合物，マンガン及びその化合物の 9 物質について，すべ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，すべての調査地点で平成 27 年度全国調査<sup>2)</sup>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  $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最小値は日立市役所の  $0.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，県平均値は  $0.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成 27 年度の全国平均値  $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より低い値であった。図 2 に経年変化を示す。

## 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  $0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $0.063 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成27年度の全国平均値  $0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $0.026 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.048 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成27年度の全国平均値  $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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。最大値は日立市役所の  $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の  $0.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成27年度の全国平均値  $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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。最大値は筑西保健所の  $0.047 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の  $0.024 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.034 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成27年度の全国平均値  $0.083 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の  $0.0078 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.048 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成27年度の全国平均値  $0.041 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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。最大値は神栖消防及び土浦中村南の  $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の  $0.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成27年度の全国平均値  $0.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $0.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $0.064 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成27年度の全国平均値  $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と同程度の値であった。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  $0.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $0.026 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.079 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と平成27年度の全国平均値  $0.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より低い値であった。図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  $40 \text{ ng/m}^3$  より低い値であった。最大値は土浦中村南の  $1.5 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は水戸石川の  $0.78 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $1.1 \text{ ng/m}^3$  と平成 27 年度の全国平均値  $1.9 \text{ ng/m}^3$  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  $25 \text{ ng/m}^3$  より低い値であった。最大値は日立市役所の  $4.7 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は水戸石川の  $1.2 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $2.8 \text{ ng/m}^3$  と平成 27 年度の全国平均値  $3.6 \text{ ng/m}^3$  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  $6 \text{ ng/m}^3$  より低い値であった。最大値は日立市役所の  $2.3 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は神栖消防の  $0.89 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $1.5 \text{ ng/m}^3$  と平成 27 年度の全国平均値  $1.6 \text{ ng/m}^3$  と同程度の値であった。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  $140 \text{ ng/m}^3$  より低い値であった。最大値は神栖消防の  $45 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $9.9 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $27 \text{ ng/m}^3$  と平成 27 年度の全国平均値  $24 \text{ ng/m}^3$  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  $0.87 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は土浦中村南の  $0.80 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は  $0.84 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  と平成 27 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  $3.4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $1.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は  $2.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  と平成 27 年度の全国平均値  $7.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  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  $0.43 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は水戸石川の  $0.063 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は  $0.19 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  と平成 27 年度の全国平均値  $0.083 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  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  $0.32 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $0.057 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $0.17 \text{ ng/m}^3$  と平成 27 年度の全国平均値  $0.19 \text{ ng/m}^3$  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 $7.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は土浦中村南の $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成27年度の全国平均値 $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図19に経年変化を示す。

⑥ アセトアルデヒド

表3に示すとおり、最大値は神栖消防の $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と平成27年度の全国平均値 $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $0.033 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の $< 0.011 \text{ng}/\text{m}^3$ 、県平均値は $0.022 \text{ng}/\text{m}^3$ と平成27年度の全国平均値 $0.023 \text{ng}/\text{m}^3$ と同程度の値であった。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、最大値は土浦中村南の $3.5 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $1.6 \text{ng}/\text{m}^3$ 、県平均値は $2.6 \text{ng}/\text{m}^3$ と平成27年度の全国平均値 $4.8 \text{ng}/\text{m}^3$ 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27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（2016）  
[http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon\\_h27/index.html](http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h27/index.html)

表 3 平成 28 年度調査結果一覧（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・・・ $\text{ng}/\text{m}^3$

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27年度 全国平均 <sup>2)</sup> (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	H28.4～H29.3											
揮発性 有機化合物	ベンゼン	0.50	0.40	0.60	0.64	1.6	0.66	0.48	0.63	0.69	1.0 (0.36～2.9)	3
	トリクロロエチレン	0.086	0.063	0.18	0.58	0.092	0.093	0.079	0.18	0.17	0.48 (0.0060～11)	200
	テトラクロロエチレン	0.10	0.026	0.044	0.044	0.044	0.041	0.032	0.050	0.048	0.14 (0.010～1.3)	200
	ジクロロメタン	0.53	1.1	0.63	0.92	0.63	0.57	0.61	0.61	0.70	1.7 (0.19～29)	150
	アクリロトリル	0.024	0.025	0.032	0.047	0.044	0.028	0.043	0.032	0.034	0.083 (0.0060～3.2)	2 (指針値)
	塩化ビニルモノマー	0.0078	0.0088	0.023	0.0096	0.24	0.047	0.023	0.027	0.048	0.041 (0.0022～1.3)	10 (指針値)
	クロホルム	0.13	0.14	0.18	0.14	0.19	0.18	0.16	0.19	0.16	0.26 (0.0090～4.8)	18 (指針値)
	1,2-ジクロロエタン	0.070	0.064	0.071	0.066	0.74	0.11	0.081	0.072	0.16	0.19 (0.034～5.9)	1.6 (指針値)
	1,3-ブタジエン	0.038	0.026	0.045	0.056	0.33	0.044	0.031	0.058	0.079	0.11 (0.010～1.1)	2.5 (指針値)
	塩化メチル	0.81	0.83	0.85	0.86	0.86	0.87	0.81	0.80	0.84	1.5 (0.11～8.0)	—
	トルエン	1.8	1.6	3.0	3.2	2.5	2.3	2.6	3.4	2.6	7.6 (0.49～52)	—
	酸化エチレン	0.063	—	—	—	0.43	—	—	0.072	0.19	0.083 (0.020～0.74)	—
多環芳香族炭化水素	ベンゾ[a]ピレン	0.12	0.057	—	—	0.32	—	—	0.17	0.17	0.19 (0.018～2.8)	—
アルデヒド類	ホルムアルデヒド	3.9	—	—	—	7.2	—	—	3.3	4.8	2.6 (0.95～7.2)	—
	アセトアルデヒド	2.4	—	—	—	3.9	—	—	3.3	3.2	2.2 (0.52～12)	—
金属類	水銀及びその化合物	0.78	—	—	—	1.0	—	—	1.5	1.1	1.9 (0.91～3.7)	40 (指針値)
	ニッケル化合物	1.2	4.7	—	—	3.2	—	—	2.2	2.8	3.6 (0.13～53)	25 (指針値)
	ヒ素及びその化合物	1.1	2.3	—	—	0.89	—	—	1.6	1.5	1.6 (0.071～29)	6 (指針値)
	マンガン及びその化合物	20	9.9	—	—	45	—	—	32	27	24 (0.016～430)	140 (指針値)
	ベリリウム及びその化合物	0.024	< 0.011	—	—	0.023	—	—	0.033	0.022	0.023 (0.0020～0.40)	—
クロム及びその化合物	1.6	2.0	—	—	3.1	—	—	3.5	2.6	4.8 (0.19～43)	—	

2) 環境省，平成27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）

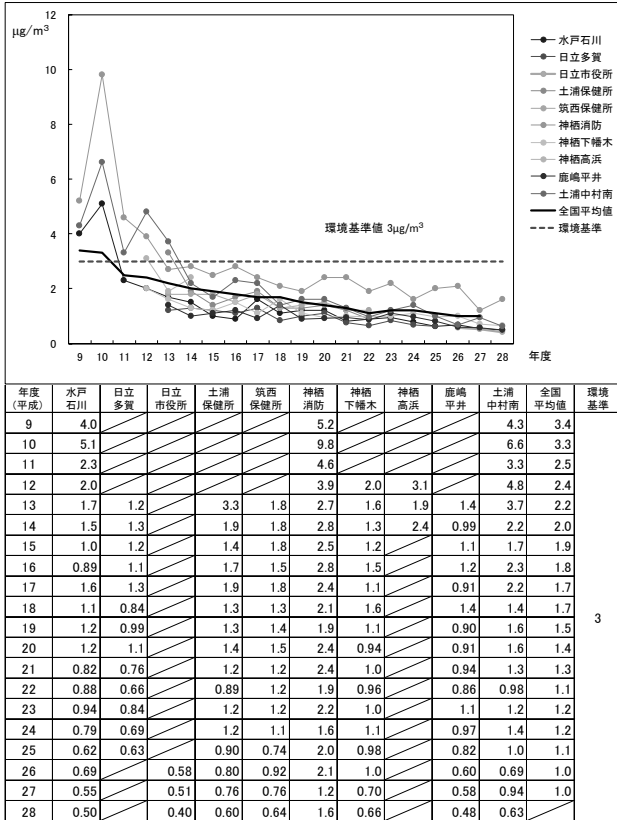


図2 経年変化 ベンゼン

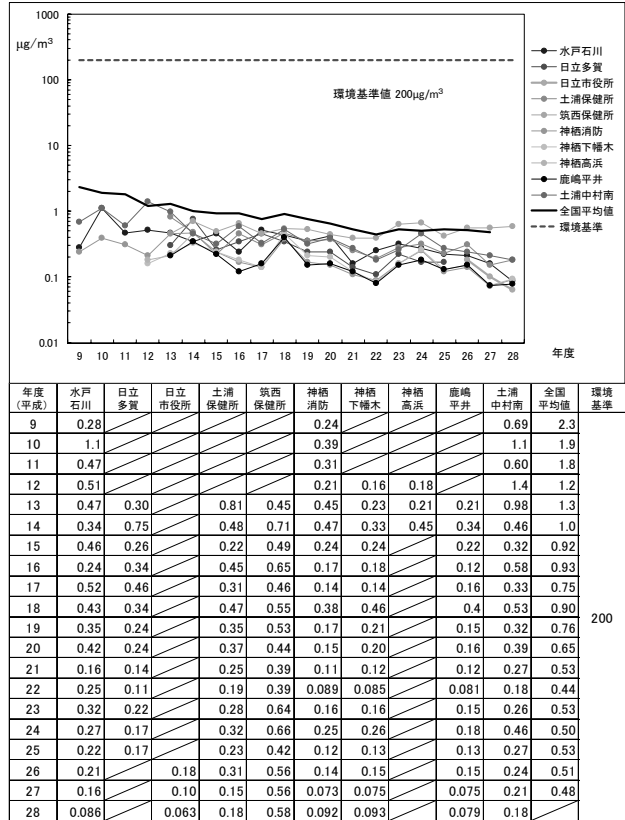


図3 経年変化 トリクロロエチレン

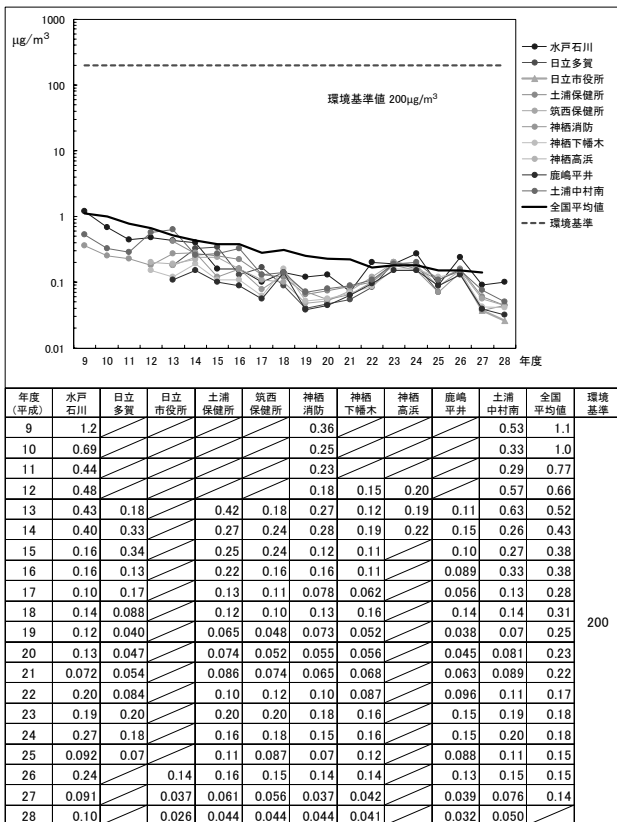


図4 経年変化 テトラクロロエチレン

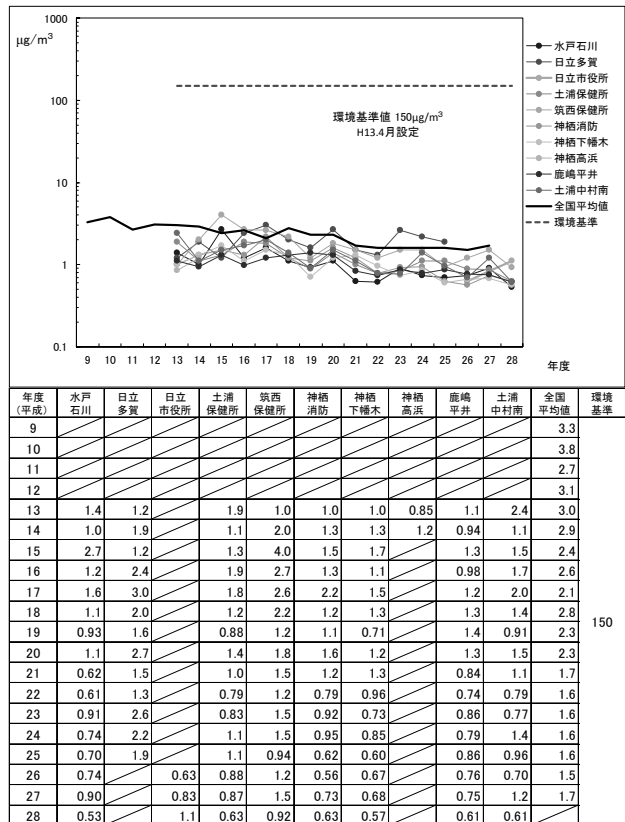


図5 経年変化 ジクロロメタン

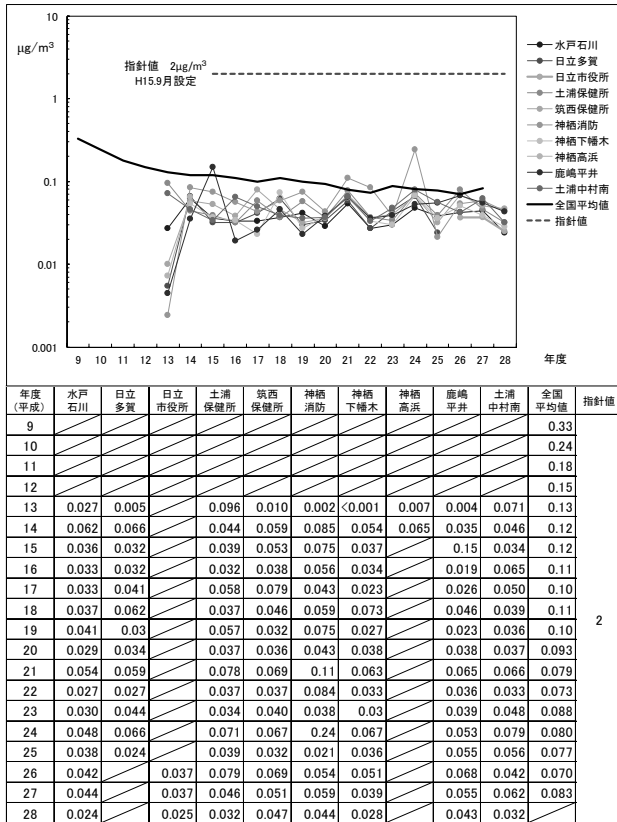


図6 経年変化 アクリロニトリル

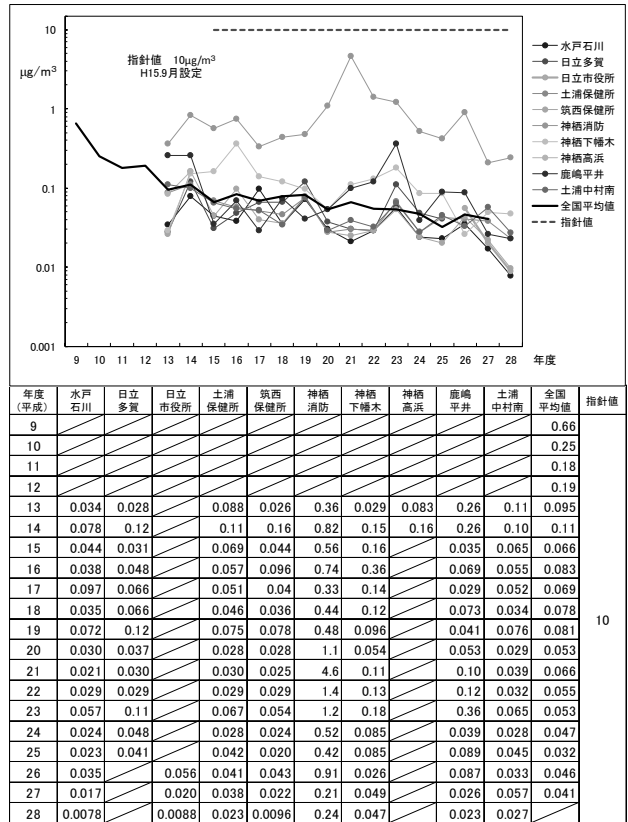


図7 経年変化 塩化ビニルモノマー

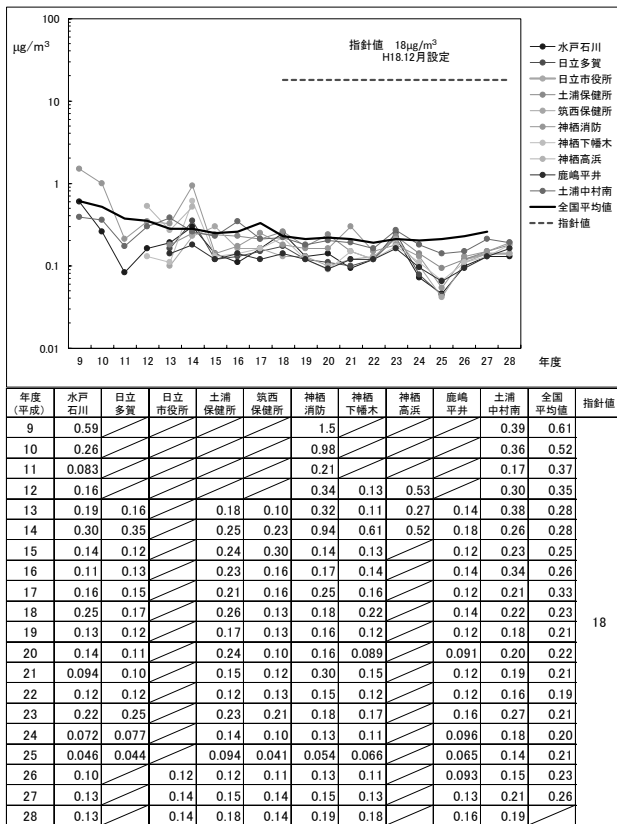


図8 経年変化 クロロホルム

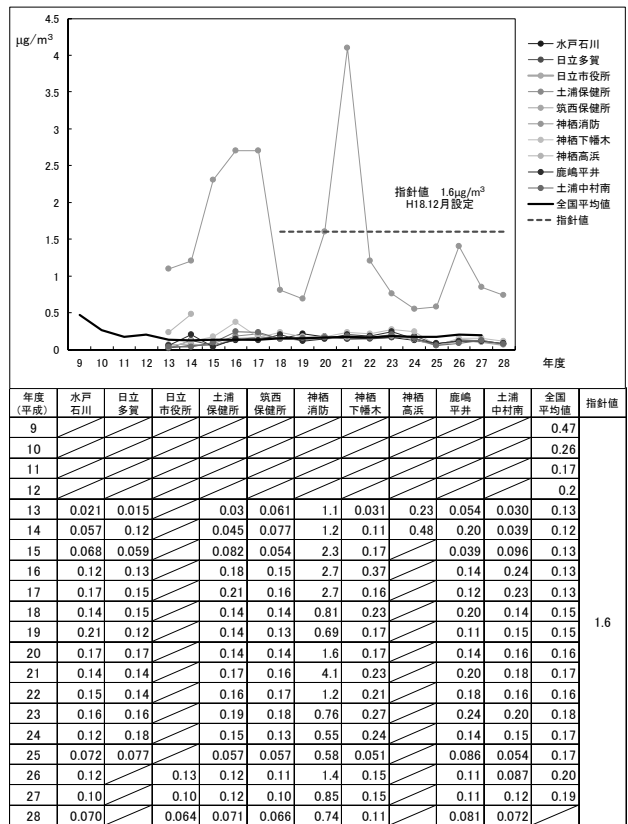


図9 経年変化 1,2-ジクロロエタン



VI 研究報告・調査報告

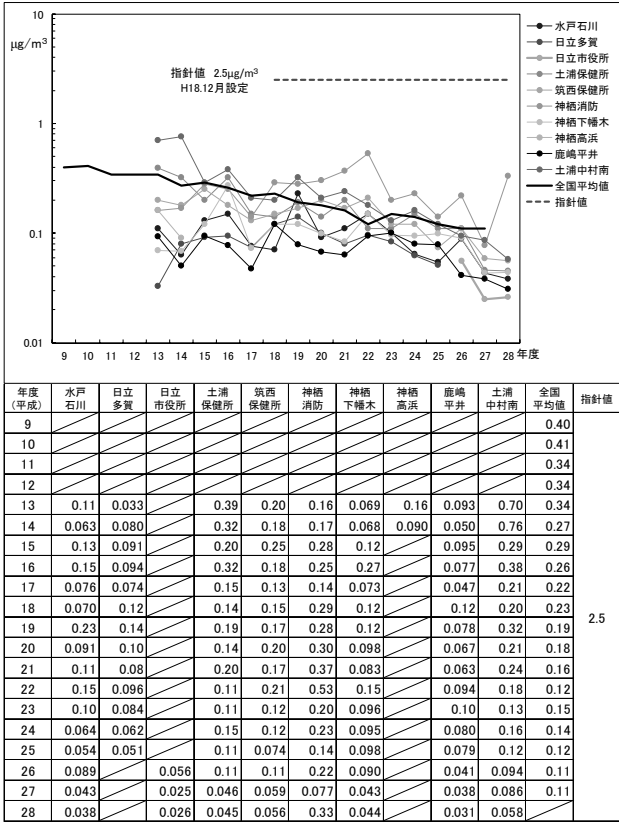


図10 経年変化 1,3-ブタジエン

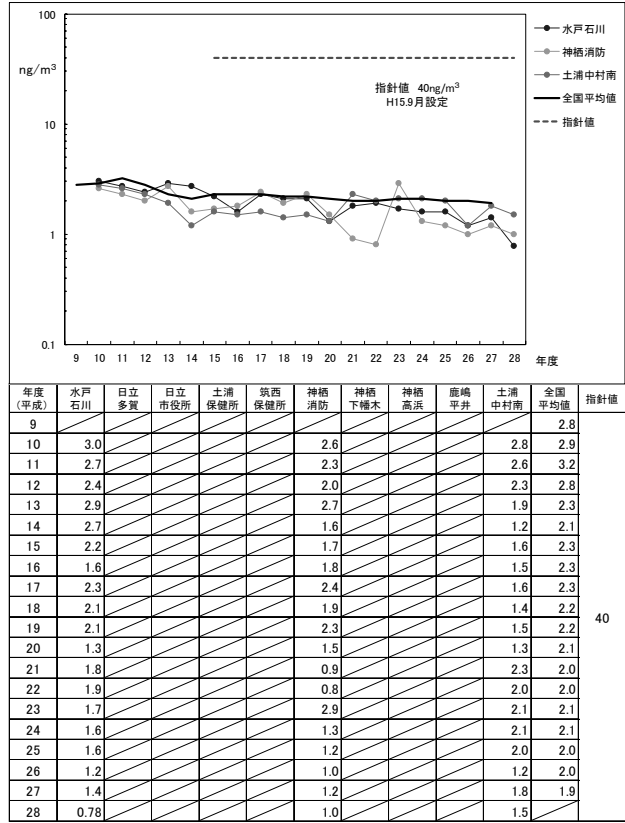


図11 経年変化 水銀及びその化合物

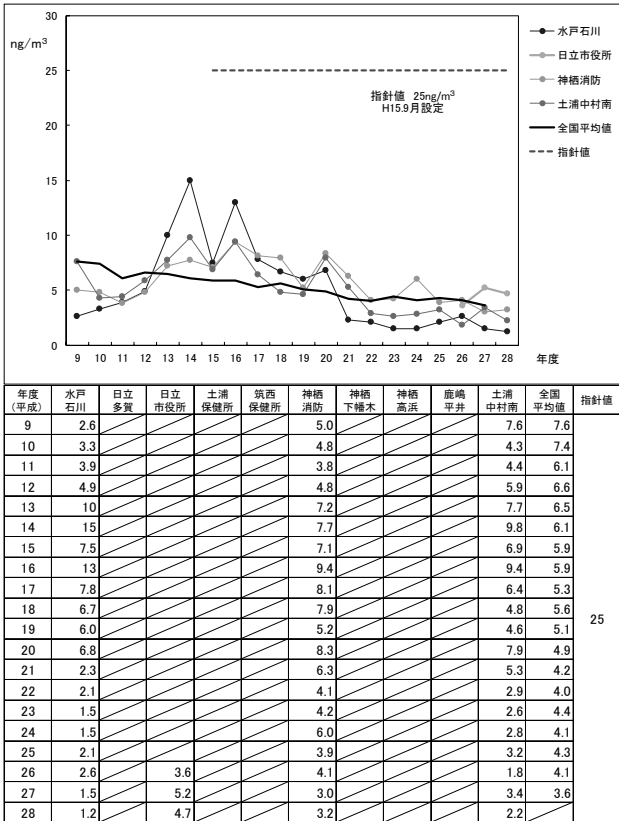


図12 経年変化 ニッケル化合物

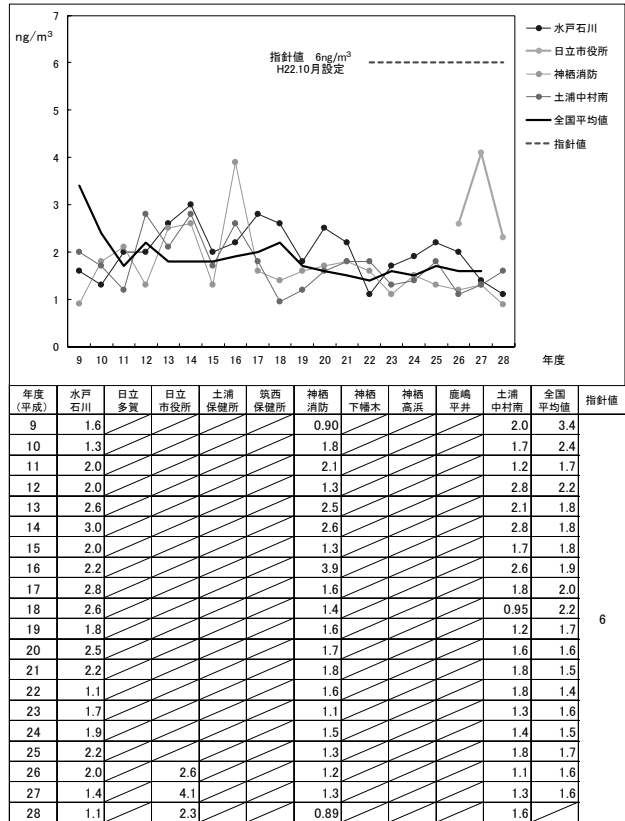


図13 経年変化 ヒ素及びその化合物

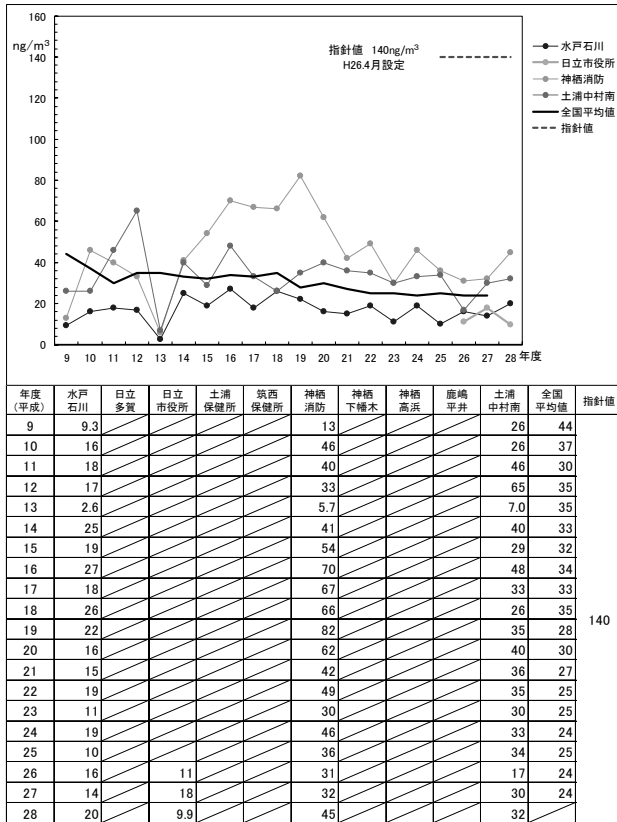


図14 経年変化 マンガン及びその化合物

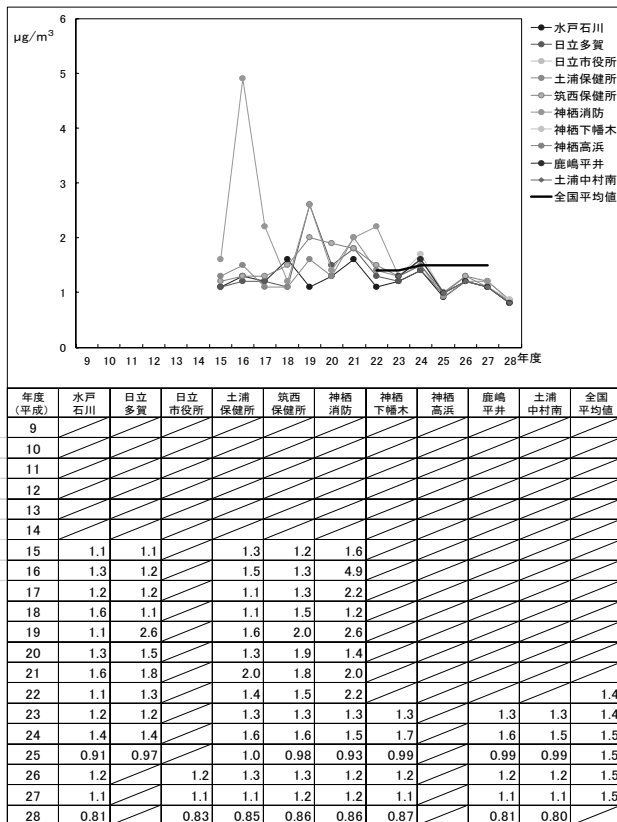


図15 経年変化 塩化メチル

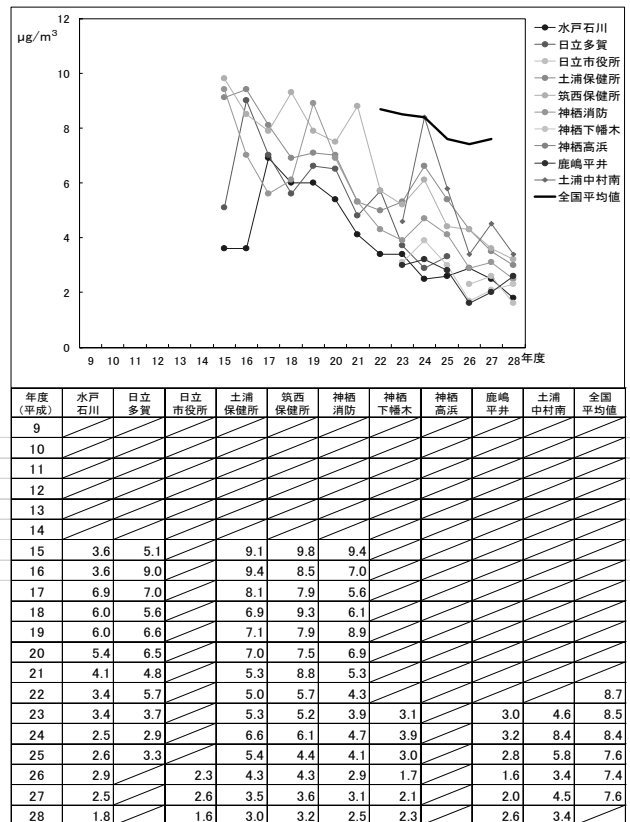


図16 経年変化 トルエン

VI 研究報告・調査報告

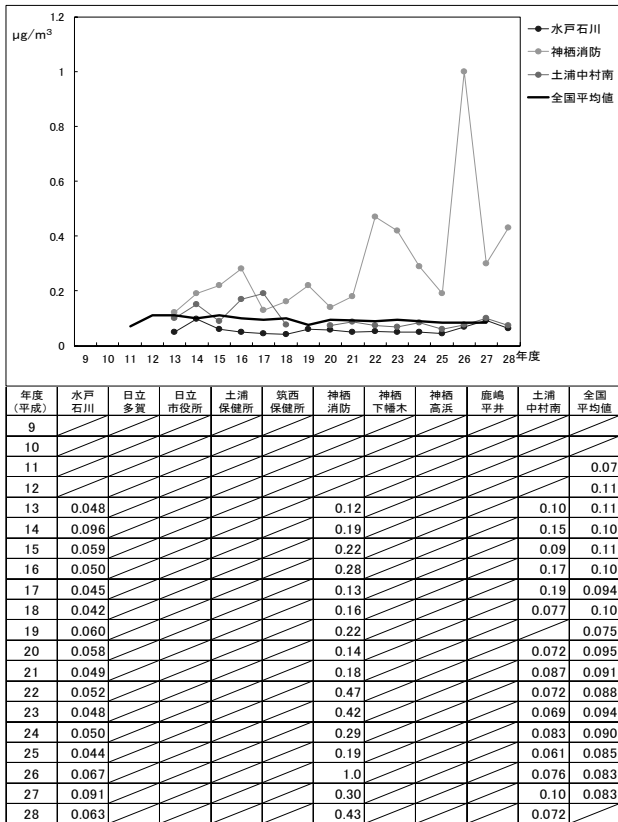


図17 経年変化 酸化エチレン

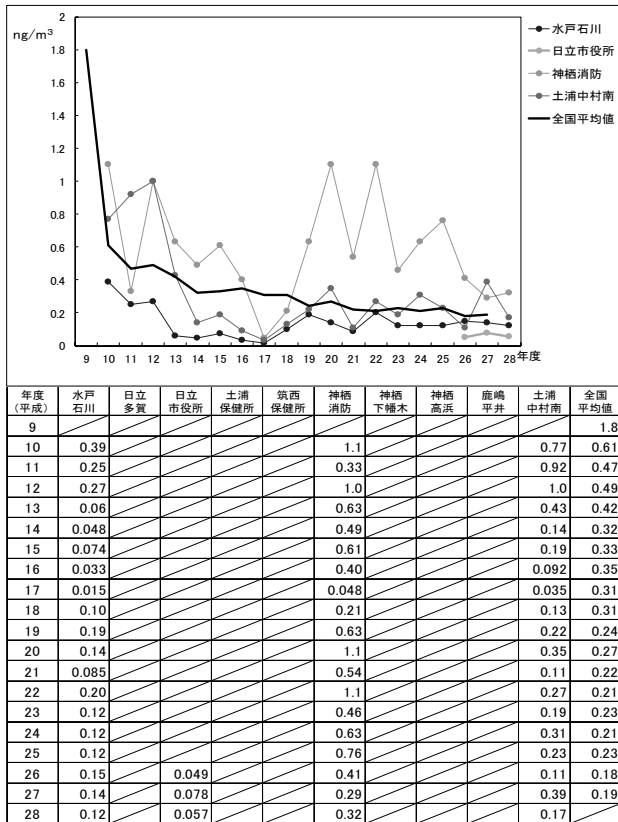


図18 経年変化 ベンゾ[a]ピレン

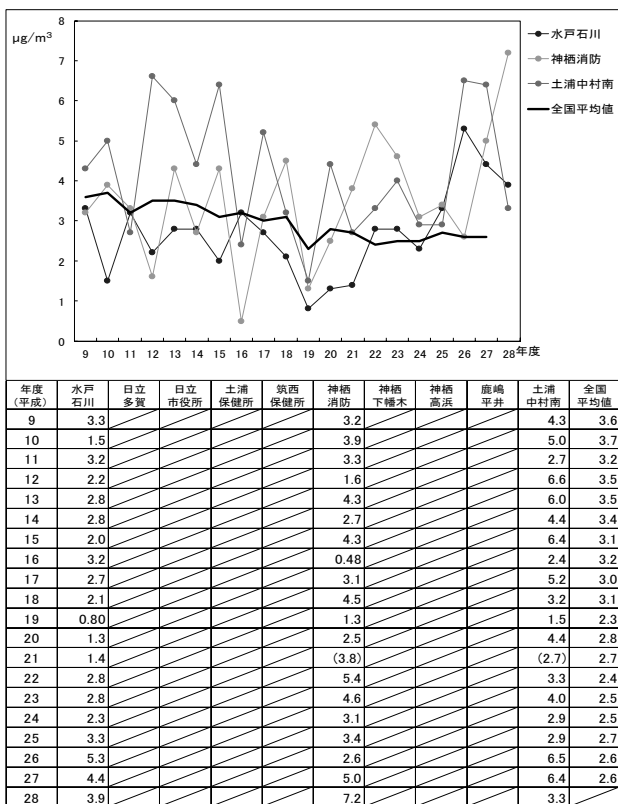


図19 経年変化 ホルムアルデヒド

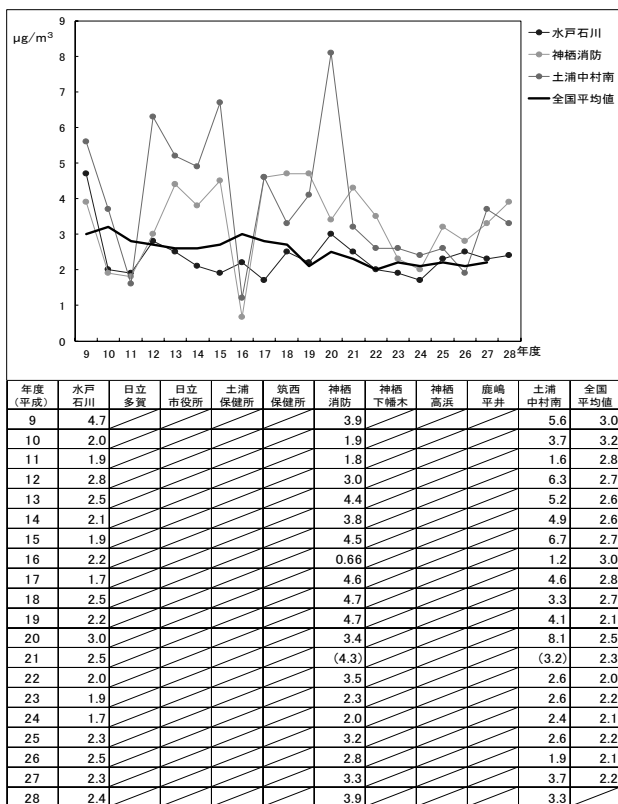
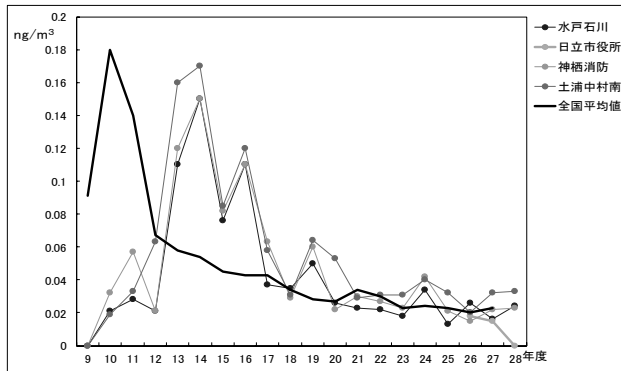


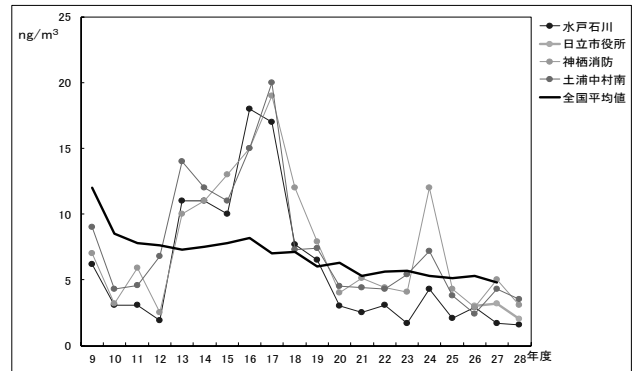
図20 経年変化 アセトアルデヒド

※(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	神栖下幡木	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	

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	神栖下幡木	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	

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<sup>1)</sup>である特定フロン及び温室効果ガス<sup>2)</sup>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28年5月から平成29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、国立病院及び住宅などがある。
- 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<sup>3)</sup>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27年度調査結果<sup>4)</sup>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及びCFC-113はやや高い値、CFC-12は低い値であった（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年度からはほぼ横ばいであり、県外2地点と同程度で推移していたが、平成27年度からは減少した。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、四塩化炭素はやや高い値、HCFC-22は低い値であり、HCFC-123、HCFC-141b、HCFC-142b、HCFC-225ca、HCFC-225cbに大きな変動はなかった。また、HCFC-21は不検出であった（表

1 及び図 3)。

県平均値と県外の値を比較すると、四塩化炭素は北海道と同程度、HCFC-22 は 川崎 < 北海道 < 茨城県、HCFC-141b は 茨城県 < 川崎 < 北海道、HCFC-142b は 川崎 < 北海道 < 茨城県 であった(表 1)。

表 1 平成 28 年度調査結果

単位：ppbv

物質名	地点別年平均値					H28 年度 県平均	H27 年度 県平均	経年調査結果 <sup>4)</sup>	
	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	0.19	-	-	-	-	0.19	0.17	0.23	0.24
CFC-12	0.34	-	-	-	-	0.34	0.43	0.51	0.52
CFC-113	0.062	-	-	-	-	0.062	0.052	0.072	-
-----									
<代替フロン等>									
四塩化炭素	0.081	0.081	0.080	0.083	0.082	0.082	0.067	0.078	-
HCFC-21	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	0.0010	< 0.0005	0.0009	-	-
HCFC-22	0.18	0.17	0.18	0.22	0.18	0.19	0.26	0.25	0.34
HCFC-123	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	0.0025	0.0006	< 0.0009	-	-
HCFC-141b	0.048	0.040	0.052	0.068	0.052	0.052	0.054	0.026	0.033
HCFC-142b	0.020	0.018	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.023	0.027
HCFC-225ca	0.0023	0.0028	0.0015	0.0031	0.010	0.0040	0.0021	-	-
HCFC-225cb	0.0027	0.0030	0.0027	0.0040	0.0092	0.0043	0.0035	-	-

4) 平成 27 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書，環境省（2016）

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

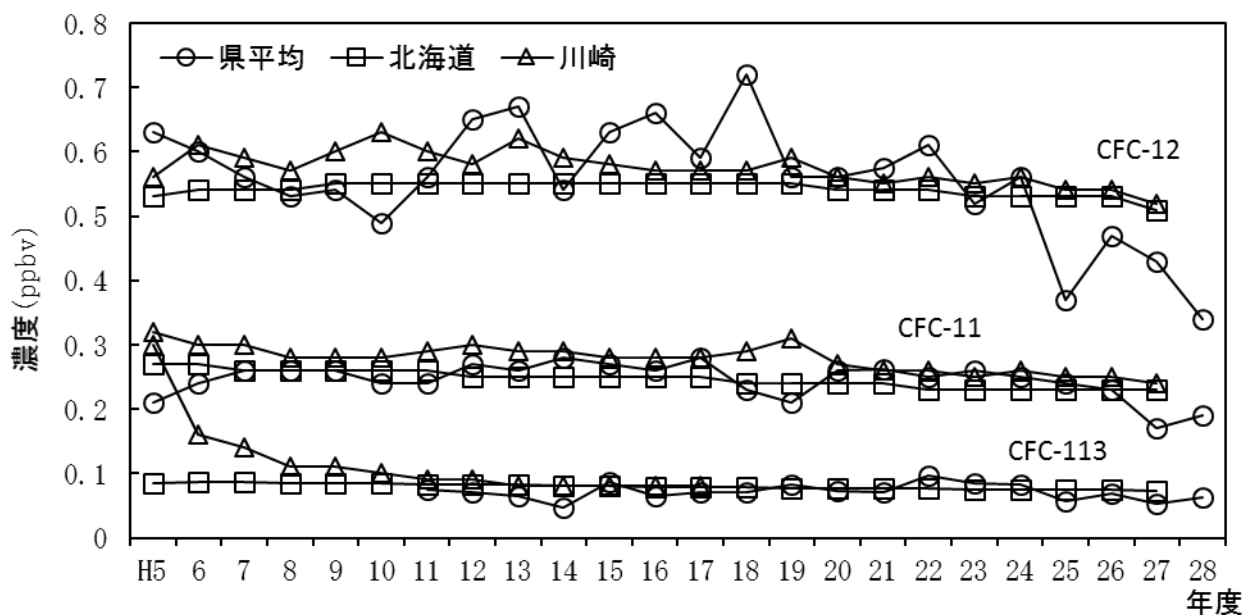


図 2 特定フロンの推移

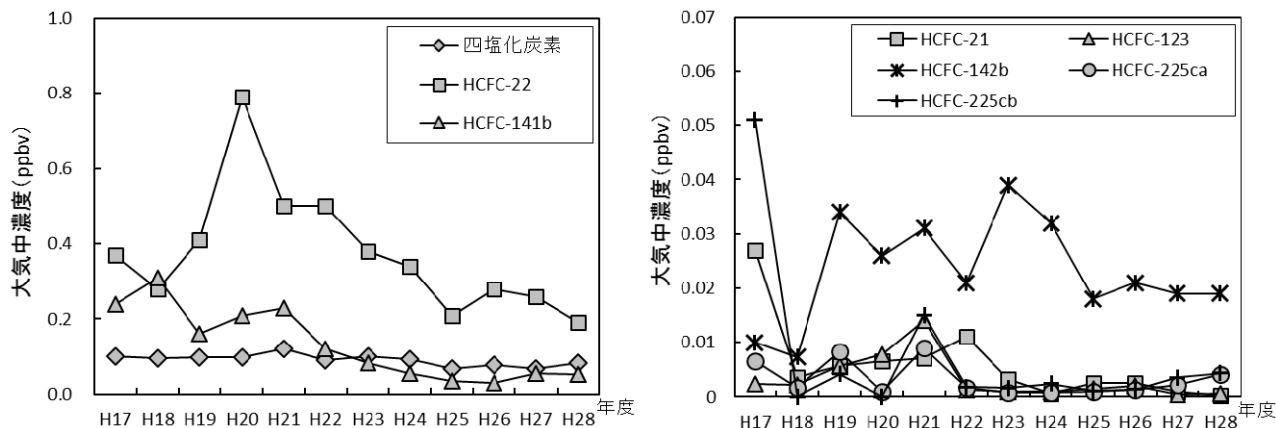


図 3 代替フロン等の推移 (左図: 年平均値  $\geq 0.05$  ppbv, 右図: 年平均値  $< 0.05$  ppbv)

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 27 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書, 環境省 (2016)  
<http://www.env.go.jp/earth/report/h28-04/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28年4月5日から平成29年4月4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:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  (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<sup>1)</sup>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

月毎の降雨採取期間を表1に、月毎の測定結果を表2に示す。月毎のpHは、4.57~6.08の範囲にあり、年平均値は5.32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28年度の年平均値は、平成27年度の年平均値5.07及び全国の平成27年度酸性雨調査結果<sup>2)</sup>の平均値4.83と比較して高かった。

#### (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<sup>2)</sup>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27年度酸性雨調査結果について, 環境省  
<http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/h27/index.html>





図 1 調査地点

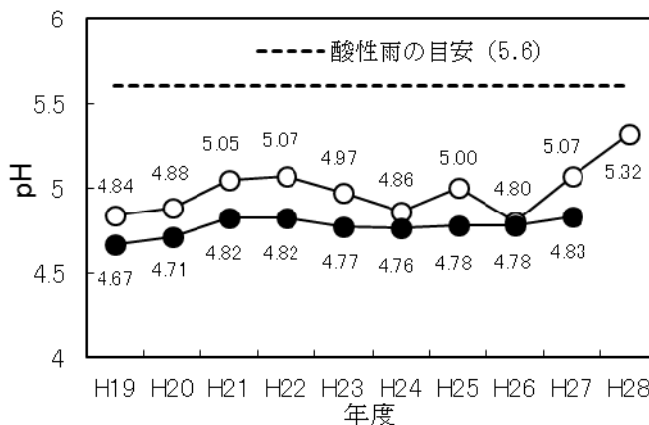


図 2 茨城県土浦市における降雨 pH の経年変化  
○：土浦市，●：全国平均

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

表 2 平成28年度調査結果

	降水量 <sup>1)</sup> (mm)	貯水量 (mL)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	イオン濃度 (mg/L)									
					$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	nss- $\text{SO}_4^{2-}$	nss- $\text{Ca}^{2+}$
4月	98	3,080	5.67	13.93	1.52	1.60	1.33	0.56	0.73	0.10	0.24	0.10	1.34	0.21
5月	74	2,319	5.64	7.82	0.89	0.81	0.40	0.38	0.24	0.04	0.12	0.04	0.83	0.11
6月	101	3,163	5.21	9.61	1.15	1.20	0.44	0.51	0.27	0.03	0.10	0.03	1.08	0.08
7月	83	2,618	4.57	20.40	2.02	2.15	0.31	0.64	0.15	0.02	0.06	0.02	1.99	0.05
8月	227	7,113	5.83	11.40	0.68	0.45	1.48	0.31	0.84	0.18	0.11	0.10	0.47	0.08
9月	195	6,121	5.26	8.51	0.58	0.62	0.52	0.28	0.35	0.09	0.05	0.05	0.49	0.04
10月	28	875	5.85	22.20	1.30	0.99	3.31	0.53	1.93	0.10	0.21	0.24	0.81	0.13
11月	110	3,468	5.89	8.51	0.75	0.67	1.00	0.28	0.52	0.04	0.05	0.06	0.62	0.03
12月	43	1,352	5.74	10.66	0.87	1.01	0.91	0.45	0.47	0.07	0.20	0.06	0.75	0.18
1月	21	663	6.08	24.40	1.97	1.31	2.63	0.98	1.39	0.09	0.44	0.19	1.62	0.39
2月 <sup>3)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3月	84	2,651	5.67	11.59	1.10	1.25	0.82	0.52	0.46	0.07	0.25	0.07	0.99	0.23
最大	227	7,113	6.08	24.40	2.02	2.15	3.31	0.98	1.93	0.18	0.44	0.24	1.99	0.39
最小	21	663	4.57	7.82	0.58	0.45	0.31	0.28	0.15	0.02	0.05	0.02	0.47	0.03
平均 <sup>2)</sup>	1,064	33,423	5.32	11.62	0.99	0.96	0.97	0.42	0.55	0.09	0.12	0.07	0.85	0.10

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。

3) 2月の結果は土埃混入による異常値により欠測。

## 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<sup>1)</sup>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0.08本/L、冬季0.07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28年8月19日(金) 10:00~14:00	<0.057	0.071	晴	東北東	2.1
		平成28年8月25日(木) 10:17~14:17	0.057		晴	東南東	2.1
		平成28年8月26日(金) 10:13~14:13	0.11		晴	南東	1.5
	冬季	平成28年1月11日(水) 10:00~14:00	0.17	0.094	晴	西北西	2.5
		平成28年1月12日(木) 10:15~14:15	0.086		晴	西	2.8
		平成28年1月13日(金) 10:00~14:00	0.056		晴	西	1.6

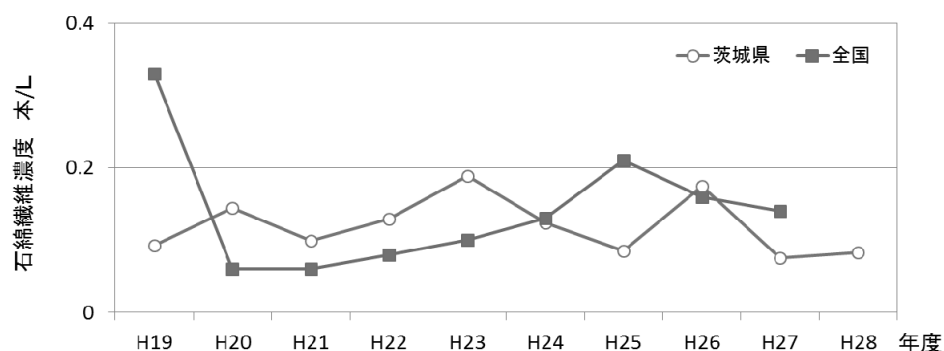


図2 一般環境(住宅地域)における石綿繊維数濃度  
(平成22年度以降の全国の値は、総繊維数濃度)

#### 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計画策定等調査業務報告書(平成18~27年度)

## 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28年6月3日～平成28年10月27日の期間内に連続2週間

年間値推定期間

平成28年4月1日～平成29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<sup>1)</sup>及び「航空機騒音測定・評価マニュアル<sup>2)</sup>」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<sup>3)</sup>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。

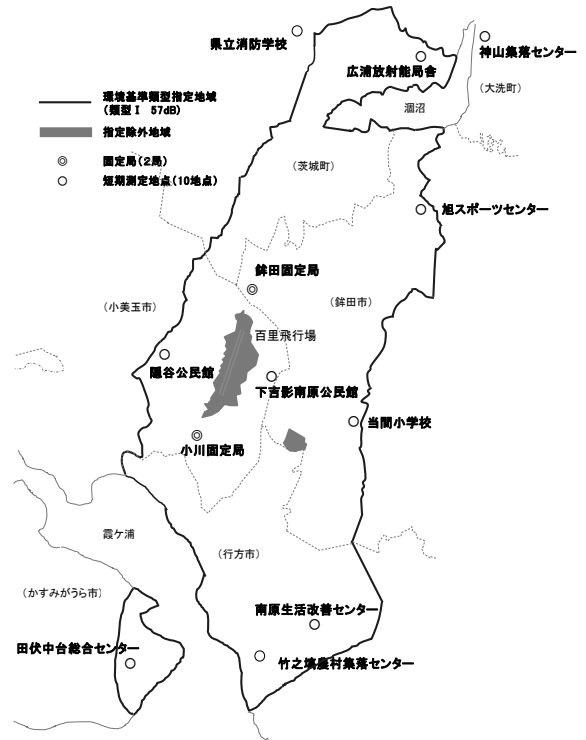


図1 調査地点

### 3 結果

#### (1) 平成28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625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位まで標記している。 $L_{den}$ 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 28 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	H28. 6. 3～ 6. 16	0	234	19	0	253	82.4	44.6	43.6	58.6	57.4
下吉影南原公民館	H28. 10. 14～10. 27	0	625	0	0	625	93.5	53.6	52.0	69.0	67.3
広浦放射能局舎	H28. 6. 3～ 6. 16	0	90	1	0	91	87.1	44.7	43.7	57.9	56.7
県立消防学校	H28. 10. 14～10. 27	0	42	2	0	44	88.4	41.6	39.2	54.5	52.7
神山集落センター	H28. 10. 14～10. 27	0	137	0	0	137	93.5	46.8	44.4	60.5	58.7
当間小学校	H28. 6. 3～ 6. 16	0	148	2	0	150	99.5	52.0	51.0	67.7	66.5
旭スポーツセンター	H28. 10. 14～10. 27	0	231	0	0	231	97.7	55.6	53.2	68.6	66.8
竹之埜農村集落センター	H28. 6. 3～ 6. 16	0	34	0	0	34	93.1	42.9	41.9	58.2	57.0
南原生活改善センター	H28. 10. 14～10. 27	0	58	1	0	59	96.4	47.6	46.0	62.7	61.0
田伏中台総合センター	H28. 6. 18～ 7. 1	0	123	18	0	141	97.3	53.1	55.0	66.8	68.5

## (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 28 年度の  $L_{den}$  推定値を表 2 及び図 2 に示す。下吉影南原公民館（平成 25 年度からの  $L_{den}$  推定値平均値 56.7dB）については、環境基準値（57dB）の超過が継続していたが、平成 28 年度は大きく値が減少し環境基準値以下となった。旭スポーツセンター（平成 25 年度からの  $L_{den}$  推定値平均値 54.6dB）及び田伏中台総合センター（平成 25 年度からの  $L_{den}$  推定値平均値 53.3dB）については、環境基準値の超過はなかったものの、やや高い水準で推移していた。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 14 となった。

## (4) W 値推定値の推移

平成 19 年度から平成 28 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	平均値
隠谷公民館	43.5	42.9	40.3	43.6	42.6
下吉影南原公民館	58.4	58.5	58.0	52.0	56.7
広浦放射能局舎	45.4	46.5	49.3	43.7	46.2
県立消防学校*	40.9	30.7	39.8	39.2	37.7
神山集落センター	47.0	45.5	47.7	44.4	46.2
当間小学校	46.7	53.5	50.9	51.0	50.5
旭スポーツセンター	55.3	53.5	54.9	53.2	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	41.7
南原生活改善センター	50.0	43.0	49.5	46.0	47.1
田伏中台総合センター	55.4	52.9	49.8	55.0	53.3

\*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。

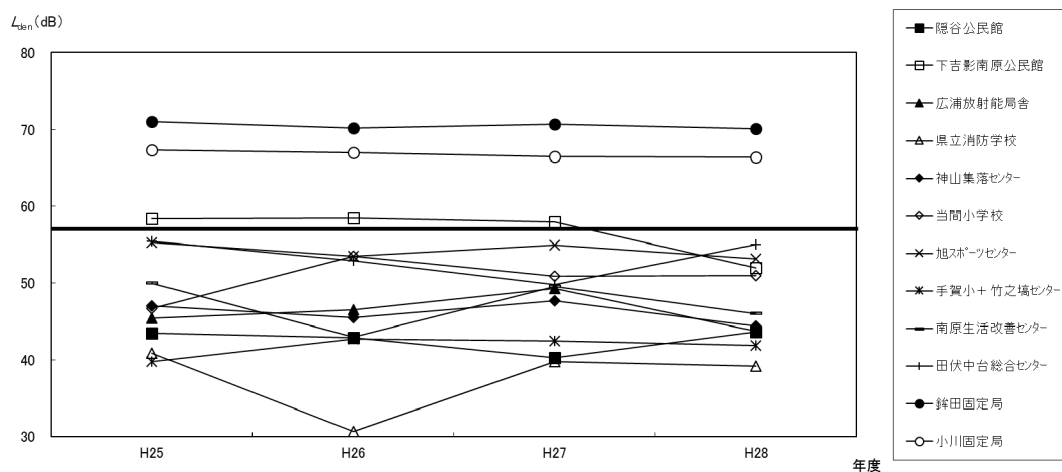


図2  $L_{den}$  推定値の経年変化グラフ

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	57.4	43.6	13.8
下吉影南原公民館	67.3	52.0	15.3
広浦放射能局舎	56.7	43.7	13.0
県立消防学校	52.7	39.2	13.5
神山集落センター	58.7	44.4	14.3
当間小学校	66.5	51.0	15.5
旭スポーツセンター	66.8	53.2	13.6
竹之埜農村集落センター	57.0	41.9	15.1
南原生活改善センター	61.0	46.0	15.0
田伏中台総合センター	68.5	55.0	13.5

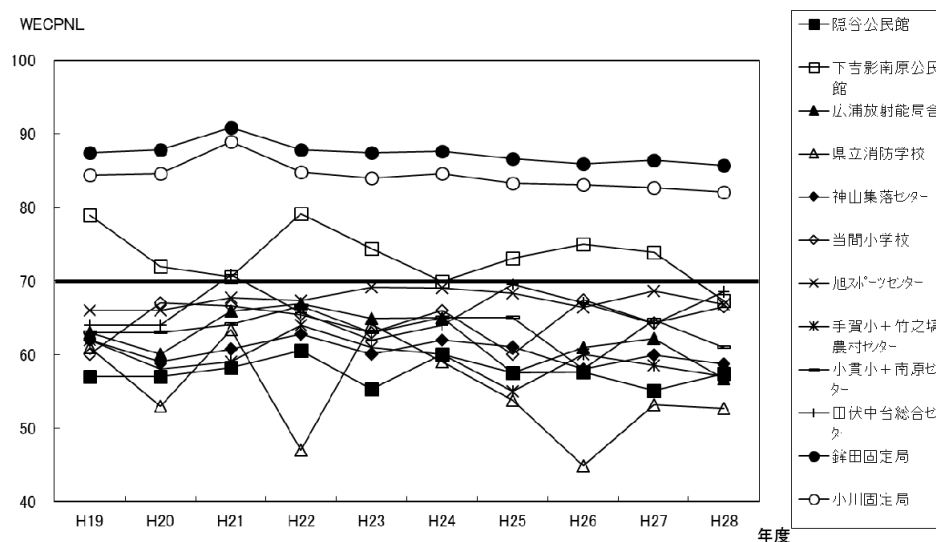


図3 WECPNL 推定値の経年変化グラフ

#### 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 24 年 11 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 28 年度は詳細環境調査及びモニタリング調査を実施した。

#### (1) 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<sup>1)</sup>である。

##### ア 試料採取

水質：平成 28 年 11 月 2 日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

大気：平成 28 年 11 月 29 日～12 月 2 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：エチレンオキシド，エチレングリコール，クロロメタン，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)，二硫化炭素，プロパン-1,2-ジオール，ブromoメタン（別名：臭化メチル），ホルムアルデヒド

大気：ジクロロベンゼン類，メチレンビス(4,1-フェニレン)=ジイソシアネート

#### (2) 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<sup>1)</sup>である。

##### ア 試料採取

水質：平成 28 年 11 月 2 日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：平成 28 年 11 月 2 日に利根川かもめ大橋で採取した。

生物：平成 28 年 11 月 17 日に常磐沖で漁獲したサンマを試料とした。

大気：平成 28 年 9 月 7～14 日に MV により、また平成 28 年 9 月 7～10 日に LV 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），HCH（ヘキサクロロシクロヘキサン）類，ポリブromोज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）

底質：PCB 類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），HCH（ヘキサクロロシクロヘキサン）類，ポ

リブロモジフェニルエーテル類，ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS），ペルフルオロオクタン酸（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）

生物：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，ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS），ペルフルオロオクタン酸（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），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，ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS），ペルフルオロオクタン酸（PFOA），ペンタクロロベンゼン，エンドスルファン，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），ジコホル

### 3 結果の公表

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

### 4 平成27年度調査結果

#### (1) 初期環境調査

平成27年度初期環境調査では，利根川河口かもめ大橋（神栖市）及び宮田川（日立市）の2地点で水質を採取し，茨城県霞ヶ浦環境科学センター（土浦市）の1地点で大気を採取した。水質の結果を表1に，大気の結果を表2に示す。

表1 平成27年度初期環境調査 水質の結果

調査地点	調査対象物質	単位：(ng/L)	
		測定値 検体1	検出下限値
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	N-エチルアニリン	nd	13
	銀及びその化合物	1.7	0.6
	2,3-ジメチルアニリン	nd	12
宮田川（日立市）	銀及びその化合物	120	0.6

(注) nd：不検出



表 2 平成 27 年度初期環境調査 大気の結果

単位：(ng/m<sup>3</sup>)

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)	N-ニトロソジメチルアミン	370	380	160	0.017

## (2) 詳細環境調査

平成 27 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 地点で水質及び底質を採取し、茨城県霞ヶ浦環境科学センター（土浦市）の 1 地点で大気を捕集した。水質の結果を表 3 に、底質の結果を表 4 に、大気の結果を表 5 に示す。

表 3 平成 27 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)	N,N-ジメチルドデシルアミン=N-オキシド	0.9	0.5

(注) nd：不検出

表 4 平成 27 年度詳細環境調査 底質の結果

単位：(ng/g-dry)

調査地点	調査対象物質	測定値			検出下限値
		検体 1	検体 2	検体 3	
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	N,N-ジメチルドデシルアミン=N-オキシド	0.11	0.071	nd	0.014

(注) nd：不検出

表 5 平成 27 年度詳細環境調査 大気の結果

単位：(ng/m<sup>3</sup>)

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)	イソブチルアルデヒド	nd	nd	nd	2,200

(注) nd：不検出

## (3) モニタリング調査

平成 27 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、小名浜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 6 に、底質の結果を表 7 に、生物の結果を表 8 に、大気の結果を表 9 に示す。

表 6 平成 27 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	160	※7.3	※21
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	55	0.6	1.8
HCH 類	460	※1.2	※3.6
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）	1,900	※14	※40
ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）	1,400	11	29
ペルフルオロオクタン酸（PFOA）	4,300	22	56
ペンタクロロベンゼン	97	0.5	1.5
ペンタクロロフェノール	2,200	85	260

(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。

表 7 平成 27 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	1,800	※22	※62
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	48	1	3
HCH 類	160	※1.0	※2.5
ヘキサブロモビフェニル類	nd	0.3	0.8
ポリブロモジフェニルエーテル類（臭素数が 4 から 10 までのもの）	120,000	※40	※120
ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）	54	1	3
ペルフルオロオクタン酸（PFOA）	27	1	3
ペンタクロロベンゼン	470	0.5	1.5
1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン類	1,300	※290	※740

(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 8 平成 27 年度モニタリング調査 生物（サンマ）の結果

調査地点：小名浜沖

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	※17	※52
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	1,700	6.5	20
ヘプタクロル類	190	※5	※14
トキサフェン類	1,400	※80	※240
HCH 類	610	※4.4	※13
ヘキサブプロモビフェニル類	nd	5	14
ポリブプ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(190)	※110	※330
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	28	2	4
ペルフルオロオクタン酸 (PFOA)	18	3.4	10
ペンタクロロベンゼン	200	4.0	12
エンドスルファン類	nd	※49	※150
1, 2, 5, 6, 9, 10-ヘキサブプロモシクロ ドデカン類	500	※50	※150
総ポリ塩化ナフタレン	68	※18	※54

(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。

表9 平成27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	82	※2.0	※5.9
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	150	0.2	0.5
アルドリン	nd	4	12
DDT 類	6.6	※0.36	※1.1
ヘプタクロル類	10	※0.3	※0.7
HCH 類	52	※0.3	※0.8
ヘキサブロモビフェニル類	nd	0.02	0.06
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(5)	※3	※8
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	7.2	0.06	0.19
ペルフルオロオクタン酸 (PFOA)	26	1.4	4.2
ペンタクロロベンゼン	81	0.2	0.6
エンドスルファン類	30	※0.5	※1.5
1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン類	nd	※1.8	※5.3
	1,200	11	29
ヘキサクロロブタ-1,3-ジエン	1,100	11	29
	980	11	29

(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28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27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28年度版 化学物質と環境(平成27年度 化学物質環境実態調査 調査結果報告書) (平成29年3月)

<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2016/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 11 河川 2 湖沼
- ・ 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 28 年 11 月～12 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 28 年 11 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 1 河川（夜越川）4 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 1 月に 1 回実施

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）

夜越川において全マンガンが指針値(0.2 mg/L)を超過した(0.54mg/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）

新利根橋(新利根川)において全マンガンが指針値(0.2 mg/L)を超過した(0.55mg/L)。

#### (3) 追跡調査（表 2）

全ての地点で水質の全マンガンが指針値(0.2 mg/L)を超過した。夜越川の周辺にはマンガン排出事業所は確認できず、同川周辺のマンガン分布状況をみるとその濃度は比較的高く<sup>1)</sup>、水田・住宅が多い地域である。このことから、河川中の全マンガン濃度が高い要因は、地質や農業などが関係していると考えられる。

### 参考文献

- 1) 産業技術総合研究所地質調査総合センター 日本全国の海と陸の地球化学図データベース  
<https://gbank.gsj.jp/geochemmap/>

表1 平成28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	26	27	30	54	140	98	99	163	102	121	124	125	136	138
水域名				玉川	浅川	茂宮川	石川川	廻沼	西谷田川	稲荷川	牛久沼	新利根川	山王川	園部川	梶無川	夜越川	前川
調査地点名				下玉川橋	浅川橋	郡島橋	入野橋	宮前	塚松橋	小室橋	牛久沼沼心	新利根橋	所橋	園部新橋	上宿橋	廻の内橋	湖末あやめ橋
1 日付				H28.11.29	H28.11.29	H28.11.29	H28.12.7	H28.12.19	H28.12.17	H28.12.17	H28.12.17	H28.11.30	H28.12.7	H28.11.30	H28.11.30	H28.11.30	H28.11.30
2 時間				10:45	11:35	12:31	11:47	09:20	12:00	11:23	08:45	13:35	10:10	10:37	10:17	11:13	11:55
3 天候				快晴	快晴	快晴	曇り	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	曇り	曇り	快晴	快晴	快晴
4 臭気	露 <sup>※1</sup>	通常の状況	通常の状況	無臭	無臭	川藁臭(微)	無臭	通常の状況	下水臭(微)	無臭	無臭	通常の状況	下水臭(微)	通常の状況	無臭	通常の状況	下水臭(微)
5 色相	露 <sup>※1</sup>	通常の状況	通常の状況	褐色・淡(明)	褐色・淡(明)	褐色・淡(明)	無色	褐色・淡(明)	無色	無色	緑褐色・淡(明)	褐色・淡(明)	無色	無色	無色	褐色・淡(明)	褐色・淡(明)
6 気温(℃)	露 <sup>※1</sup>	14.6	13.2	12.7	8.4	9.0	14.7	9.0	14.7	15.3	4.2	12.1	8.3	6.9	12.3	12.0	12.9
7 水温(℃)	露 <sup>※1</sup>	9.2	10.2	12.5	11.0	7.9	9.0	7.9	9.0	8.4	5.0	10.7	11.4	9.6	10.6	11.1	11.6
8 水深(m)	露 <sup>※1</sup>	0.63	0.51	1.55	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.97	1.85	4.24	0.51	1.78	0.45	0.73	1.62
9 全水深	露 <sup>※1</sup>	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
10 クロロホルム	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
11 トランス-1,2-ジクロロエチレン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
12 1,1,2-ジクロロプロパン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	0.2	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
13 p-ジクロロベンゼン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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 n-ヒキキサノン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
15 ダイアジン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
16 フェニトロチオン(MEP)	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
17 オキシドリン(有機顔)	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
18 クロロチニール(TPN)	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
19 プロピレニド	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
20 EPN	薬剤師会 <sup>※2</sup>	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
21 ジクロルボス(DDVP)	薬剤師会 <sup>※2</sup>	0.03	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
22 フェンブカルブ(BPMC)	薬剤師会 <sup>※2</sup>	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
23 イプロネホス(IBP)	薬剤師会 <sup>※2</sup>	-	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
24 トルエン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
25 キシレン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
26 フタル酸ジエチルヘキシル	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
27 ニツタル	露 <sup>※1</sup>	-	<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 モリブデン	露 <sup>※1</sup>	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
29 アンチモン	露 <sup>※1</sup>	0.02	<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
30 塩化ビニルモノマー	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
31 エピクロヒドリン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
32 全マンガン	露 <sup>※1</sup>	0.2	0.04	0.08	0.02	0.10	0.10	0.20	0.10	0.06	0.03	0.55	0.03	0.06	0.07	0.54	0.12
33 ウラン	露 <sup>※1</sup>	0.002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
34 フェネル	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
35 ホルムアルデヒド	薬剤師会 <sup>※2</sup>	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
36 4-ヒオキチルフェノール	薬剤師会 <sup>※2</sup>	0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
37 アニリン	薬剤師会 <sup>※2</sup>	0.02	<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
38 2,4-ジクロロフェノール	薬剤師会 <sup>※2</sup>	0.03	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
39 ビスフェノールA	薬剤師会 <sup>※2</sup>	0.992	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011

備考) ※1 露セ:茨城県霞ケ浦環境科学センター  
 ※2 薬剤師会:(一)茨城県薬剤師会検査センター

表2 平成28年度水環境化学物質調査 追跡調査結果一覧

地点番号		夜越川1	夜越川2	夜越川3	夜越川4	(参考)	
地点	指針値	上流①	上流②	堀の内橋	新東栄橋	実態調査結果	
日付		H29.1.18	H29.1.18	H29.1.18	H29.1.18	H28.11.30	
時間		14:28	13:36	11:24	10:15	11:13	
天候		快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	
気温 (°C)		14.2	12.6	10.2	8.5	12.0	
水温 (°C)		9.3	8.8	6.7	6.7	11.1	
水深 (m)		0.065	0.15	0.65	2.25	0.73	
流量 (m <sup>3</sup> /s)		0.02	0.058	0.031	1.02	-	
水質	全マンガン (mg/L)	0.2	0.27	0.36	0.42	0.39	0.54
	溶解性マンガン (mg/L)		0.26	0.32	0.39	0.33	-
	全鉄 (mg/L)		1.4	1.4	1.5	2.1	-
	pH		7.4	7.5	7.6	7.5	7.3
	SS (mg/L)		3.0	4.7	9.6	12	-
	EC (mS/m)		0.15	0.33	0.36	0.40	0.39
	透視度 (cm)		>50	>50	44	25	>50
	水色		無色	無色	褐色・淡(明)	褐色・淡(明)	褐色・淡(明)
	臭気		川藻臭(微)	川藻臭(微)	川藻臭(微)	無臭	下水臭(微)
底質	マンガン (mg/kg)		917	1,439	1,280	2,778	-
	鉄 (mg/kg)		22,953	45,605	43,256	78,321	-
	含水量 (%)		25.1	45.4	335	133	-
	強熱減量 (%)		1.93	7.27	39.9	16.5	-
	泥色		黒褐色	黒	黒	黒	-
	底質の状態		砂質	泥質(水生生物(ユスリカ)混入)	泥質	泥質(草・枝混入)	-
備考				環境基準点 指針値 超過地点	補助地点		

## 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	4	21
廃棄物対策課	0	0
環境政策課（県央環境保全室）	1	5
県北県民センター	1	9
鹿行県民センター	16	101
県南県民センター	6	31
県西県民センター	3	8
その他（公的機関・市町村など）	37	0
計	68	175

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	29	173
廃棄物関係	0	0
騒音関係	26	0
相談	11	0
計	68	175