

## VI 研究報告・調査報告

### 1 湖沼環境研究

#### (研究報告)

1- 1 霞ヶ浦における光環境の変化とその特徴	38
-------------------------	----

#### (調査報告)

1- 2 有機炭素の挙動の解明に関する研究	44
1- 3 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業	45
1- 4 アオコ調査事業	63
1- 5 銚田川流域における蓄積窒素調査事業	66
1- 6 霞ヶ浦流域からの負荷量の推定に関する研究	69
1- 7 霞ヶ浦における水質変動の要因に関する研究	70
1- 8 農業環境負荷低減研究事業	73
1- 9 農業排水再生プロジェクト事業	76
1-10 湖沼の水質保全に関する調査研究事業	78
1-11 牛久沼の水質保全に関する調査事業	95
1-12 牛久沼及びその流入河川の水生植物調査	105
1-13 霞ヶ浦水質等の詳細調査研究（水生植物による調査研究）	107
1-14 霞ヶ浦直接浄化対策検証事業	109
1-15 小規模事業場の排水処理施設改善のための調査研究	114

#### (平成 22～26 年度の 5 年間に取り組んだ調査研究成果の概要)

1-16 植物プランクトンの群集構造に影響する環境因子の解明研究(H22～H26)	116
1-17 有機炭素の挙動の解明に関する研究（H22～H26）	119
1-18 北浦流域の蓄積窒素に関する研究(H24～H26)	123
1-19 霞ヶ浦における水質変動の要因に関する研究(H25～H26)	126
1-20 農業排水再生プロジェクト事業(H22～H26)	129
1-21 農業環境負荷低減研究事業(H24～H26)	133
1-22 流域（市街地・水稲田）の原単位に関する研究(H24～H26)	136

### 2 大気・化学物質研究

#### (調査報告)

2- 1 微小粒子状物質（PM2.5）成分分析調査	138
2- 2 茨城県における光化学オキシダントの高濃度現象に関する研究	144
2- 3 有害大気汚染物質調査事業	149
2- 4 大気環境中のフロン濃度調査事業	161
2- 5 酸性雨の実態把握調査事業	164
2- 6 大気環境中の石綿調査事業	166
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	167
2- 8 化学物質環境実態調査事業	171
2- 9 水環境化学物質調査事業	177
2-10 公害事案等処理対策調査事業	179

## 1-1 霞ヶ浦における光環境の変化とその特徴

中村剛也

The Changes and Characteristics of Light Environment in Lake Kasumigaura (Nishiura).  
Koya NAKAMURA

キーワード：西浦, 光環境, 鉛直消散係数

## 1 はじめに

湖沼生態系の基礎となる植物プランクトンの一次生産には、水中の光合成に有効な光が、重要である。水中に入射する光は、水自身の他に、有色の溶存物質や水中に浮遊する植物プランクトン、無機態の懸濁物質による吸収や散乱により、深度に伴って減衰する<sup>1)</sup>が、湖沼における光の減衰は、主に、植物プランクトンによる影響が大きく、非生物な成分による減衰は大きく変化することなく、バックグラウンドとして働いていると考えられている<sup>2,3)</sup>。

水中の光環境を表す指標として、透明度があり、野内・外岡<sup>4)</sup>は、霞ヶ浦の透明度が1993年以前と1993年以降で、季節的な変遷などの特徴が大きく変化することを示し、その要因として、透明度を決定する要因が植物プランクトンから別の成分に変化したためであることを示した。また、霞ヶ浦では、1998年9月から10月に湖水が白く濁り、透明度が著しく低下する白濁現象が発生した<sup>5,6)</sup>。この現象の原因物質は、無機態の鉱物結晶であることが示されている<sup>6-8)</sup>。

この様に、霞ヶ浦の光環境は激しく変化しており、光の減衰に影響する成分も大きく変化したことが考えられる。本研究は、霞ヶ浦における光環境の変化を明らかにするため、水中入射光を減衰する成分を有機態懸濁物 (POM)、無機態懸濁物 (トリプトン)、有色溶存物質+水自身に分け、それぞれの成分の寄与率を評価した。

## 2 方法

本研究では、国立環境研究所が公開している霞ヶ浦データベース<sup>9)</sup>から1978年から2011年3月までの霞ヶ浦 (西浦) 湖心 (36° 02.142'N, 140° 24.222'E) のデータを用いて、光環境の指標である鉛直消散係数 ( $K_d$ ) に対する POM, トリプトン,

有色溶存物質+水自身の寄与率の経年変化を算出した。なお、本研究では、年平均を3月から翌年の2月までの平均値とした。

2.1 表層の鉛直消散係数 ( $K_{ds}$ ) の算出

水中に入射した光は式1で示される Lambert-Beer の法則で指数的に減衰する<sup>1)</sup>。

$$I_z = I_0 \times e^{-K_d \times z} \dots \text{式 1}$$

$I_z$ : 深度  $Z_m$  における光量子量,  $I_0$ : 水中に入射した水面直下の光量子量,  $K_d$ : 鉛直消散係数。

国立環境研究所が公開している水質データ<sup>9)</sup>は、水面から深度2mまでの柱状カラムサンプラーで採取された湖水の値である。そこで、鉛直消散係数も深度0mから2mで算出した。

表層の鉛直消散係数  $K_{ds}$  は、0mから2mで測定された7点の光量子量の自然対数値と深度で直線近似し、その傾きを求めることで得た。

## 2.2 POM・トリプトンの濃度の算出

SS は、POM とトリプトンによって構成されている。しかしながら、霞ヶ浦データベース<sup>9)</sup>に掲載されていたのはSS濃度のみであった。そこで、霞ヶ浦データベース<sup>9)</sup>に公開されている懸濁有機窒素 (PON) のデータと植物プランクトンの乾燥重量に対する N の含有率 6.3%<sup>10)</sup>を用いて、式2と式3でPOM濃度とトリプトン濃度を算出した。

$$POM (mg L^{-1}) = \frac{PON(mg L^{-1})}{0.063} \dots \text{式 2}$$

$$Tripton (mg L^{-1}) = SS(mg L^{-1}) - POM(mg L^{-1}) \dots \text{式 3}$$

霞ヶ浦データベース<sup>9)</sup>に公開されているSSは、GF/F 濾紙 (孔径 0.7 $\mu$ m; Whatman) に捕捉された

粒子である。

### 2.3 光減衰成分毎の寄与率の算出

Kirk<sup>1)</sup>は、水中に入射した光は、植物プランクトン(本研究におけるPOM)とトリプトン、有色溶存物質(CDM)、水自身の影響を受けて減衰することを示している。本研究も同様に、4成分で $K_{ds}$ が決定されると仮定した(式4)。各成分の鉛直消散係数は、それぞれの比鉛直消散係数と濃度をかけることで得られるため、式4は、式5に変換することができる。

$$K_{ds\ calc} = K_p + K_T + K_{CDM} + K_w \cdots \cdots \text{式4}$$

$$K_{ds\ calc} = \alpha * POM + \beta * \text{Tripton} + \delta * CDM + 0.039 \cdots \cdots \text{式5}$$

$K_p$ : POMの鉛直消散係数( $m^{-1}$ ),  $K_T$ : トリプトンの鉛直消散係数( $m^{-1}$ ),  $K_{CDM}$ : CDMの鉛直消散係数( $m^{-1}$ ),  $K_w$ : 水の鉛直消散係数( $0.039m^{-1}$ ),  $\alpha$ : POMの比鉛直消散係数( $m^2 g\ POM^{-1}$ ),  $\beta$ : トリプトンの比鉛直消散係数( $m^2 g\ Tripton^{-1}$ ),  $\gamma$ : CDMの比鉛直消散係数( $m^2 g\ CDM^{-1}$ )

また、霞ヶ浦の透明度は、SSと有意な関係がある<sup>4)</sup>。本研究でも表層のSS濃度と $K_{ds}$ の相関を検討したところ、有意で高い相関が得られたため、有色溶存物質と水の鉛直消散係数( $K_{CDM}+K_w$ )を $\gamma$ で表すこととし、式6からPOMおよびトリプトンの比鉛直消散係数 $\alpha$ ,  $\beta$ と $\gamma$ を求めた。

$$K_{ds\ calc} = \alpha * POM + \beta * \text{Tripton} + \gamma \cdots \cdots \text{式6}$$

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ は、 $K_{ds}$ を目的変数に、POMおよびトリプトンの濃度を説明変数とした重回帰分析を行うことで得た。重回帰分析には、Kyplot 5.0 (KyensLab, Japan)を使用した。また、重回帰分析で得られた $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ の値を用いて、式6から $K_{ds}$ の計算値( $K_{ds\ calc}$ )を求め、 $K_{ds\ calc}$ が $K_{ds}$ を十分説明しているかを検証した。その後、各年の光減衰成分の寄与率は、 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ の値を代入した式7で計算した $K_p$ および $K_T$ ,  $K_{CDM}+K_w$ を $K_{ds\ calc}$ で割ることで得た。

## 3 結果

### 3.1 $K_{ds}$ の経年変化

深度0 mから2 mにおける鉛直消散係数 $K_{ds}$ の季節変化を図1に示した。 $K_{ds}$ は、 $1.39 m^{-1}$ から $3.32 m^{-1}$ の範囲で変動し、最大値は2004年に観測された。1978年から1992年は概ね $2.00 m^{-1}$ 以下の値で推移し、平均値は $1.86 m^{-1}$ であった。相対照度の季節変動が不明瞭となった1993年から2010年にかけての $K_{ds}$ は、概ね $2.00 m^{-1}$ 以上の値で推移しており、 $K_{ds}$ の平均値は $2.64 m^{-1}$ であった。

### 3.2 POM・トリプトン濃度の経年変化

深度0 mから2 mにおけるSS濃度とSSの構成成分であるPOMとトリプトン濃度の経年変化を図2に示した。SSとPOM, トリプトン濃度は、それぞれ $9.3 mg\ L^{-1}$ から $33 mg\ L^{-1}$ ,  $5.2 mg\ L^{-1}$ から $14 mg\ L^{-1}$ ,  $1.8 mg\ L^{-1}$ から $25 mg\ L^{-1}$ の範囲で変動し、1993年以降の増加はトリプトン濃度の増加であることが示された。

本研究では、POMとトリプトン濃度の傾向によって、霞ヶ浦の経年変化をステージI(1978年~1992年の15年間), II(1993年~1998年の6年間), III(1999年~2006年の8年間), IV(2007年~2010年の4年間)の4つに時代区分した。

### 3.3 光減衰成分毎の $K_{ds}$ に対する寄与率の経年変化

SSとPOM, トリプトン濃度と $K_{ds}$ との関係を図3に示した。表層におけるSS濃度と $K_{ds}$ は、1978年から2010年の全ての年で、有意で高い正の相関を示し(Fig.3a;  $R^2 = 0.82$ ,  $P < 0.001$ ,  $n = 33$ ), ステージIIIを除いたステージIとII, IVの $K_{ds}$ は、POMに対して有意で高い正の相関を示した(図3b;  $R^2 = 0.76$ ,  $P < 0.001$ ,  $n = 25$ )。また、ステージIII(1999年から2006年)の $K_{ds}$ は、トリプトンに対して、有意で高い正の相関を示し(図3c;  $R^2 = 0.87$ ,  $P < 0.001$ ,  $n = 8$ )。以上のことから、霞ヶ浦の $K_{ds}$ は、SSを構成するPOMとトリプトンが制御しているとみなし、式7を用いてPOMとトリプトンの比鉛直消散係数 $\alpha$ ,  $\beta$ と有色溶存物質と水の鉛直消散係数 $\gamma$ を重回帰分析で決定した。

その結果、 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ は、それぞれ0.150, 0.070, 0.321となったため、得られた値を式6に代入し、式7を得た。

$$K_{ds\ calc} = 0.150 * POM + 0.070 * \text{Tripton} + 0.321 \cdots \cdots \text{式7}$$

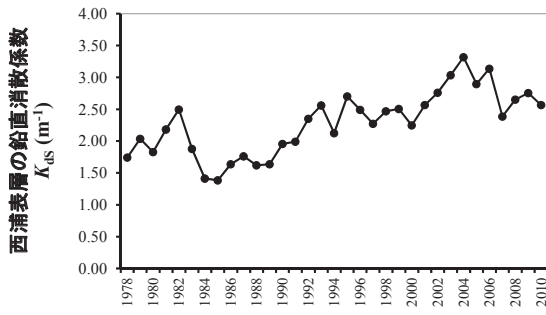


図1 霞ヶ浦湖心における鉛直消散係数  $K_{ds}$  の経年変化. 年平均は3月から翌年2月で計算

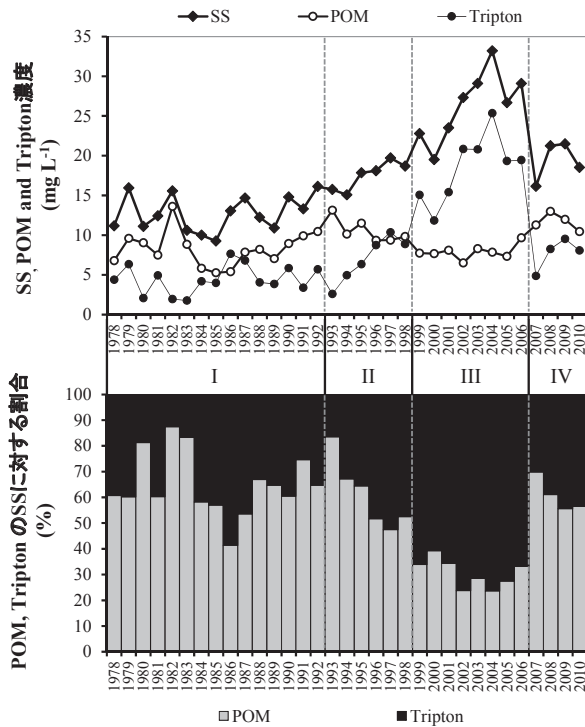
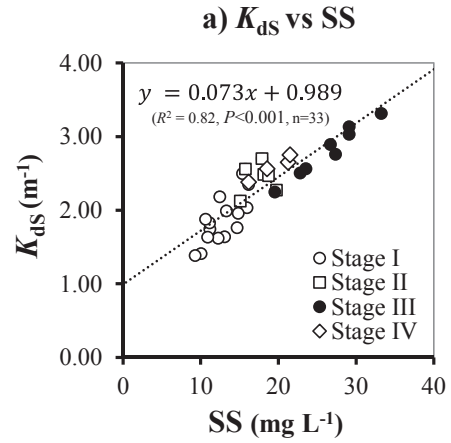
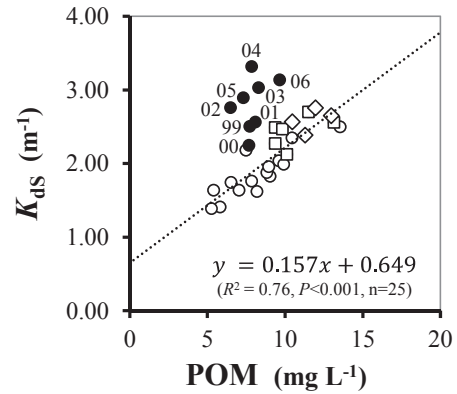


図2 霞ヶ浦湖心表層におけるSSおよびPOM、トリプトン濃度の経年変化(a)と組成割合(b).  
 ステージI: 1978年から1992年. ステージII: 1993年から1998年. ステージIII: 1999年から2006年.  
 ステージIV: 2007年から2010年. 年平均は3月から翌年2月で計算.



b)  $K_{ds}$  vs POM



c)  $K_{ds}$  vs Tripton

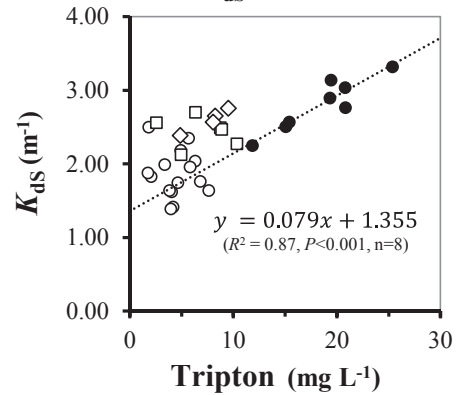


図3 霞ヶ浦湖心におけるSSと $K_{ds}$ との関係.

a) SS濃度と $K_{ds}$ , b) POM濃度と $K_{ds}$ , c) トリプトン濃度と $K_{ds}$ . ○: ステージI (1978年から1992年). ◇: ステージII (1993年から1998年). ●: ステージIII (1999年から2006年). □: ステージIV (2007年から2010年). SSと $K_{ds}$ との相関係数は1978年から2010年の33年で計算. POMと $K_{ds}$ との相関係数は1999年から2006年を除いた25年(○, ◇, □)で計算. トリプトンと $K_{ds}$ との相関係数は1999年から2006年の8年(●)で計算.

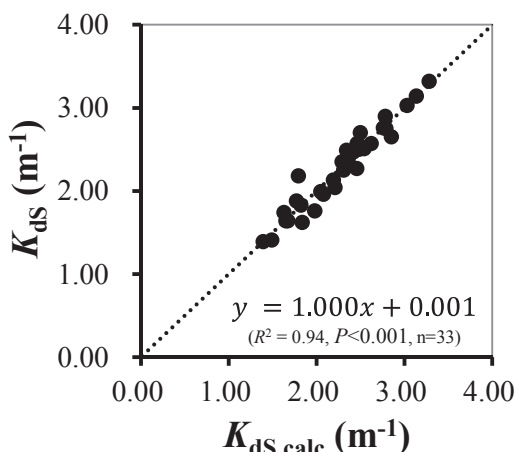


図4 各成分の鉛直消散係数から計算して求めた鉛直消散係数( $K_{d\text{ calc}}$ )と実測値の $K_{d\text{ s}}$ との関係。

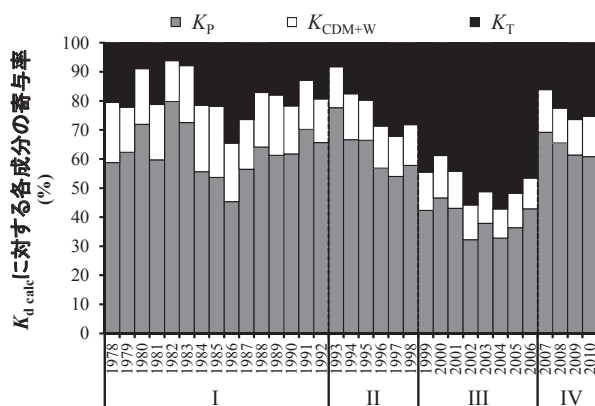


図5 霞ヶ浦湖心における各成分の光減衰寄与率の経年変化

表1 各ステージの光環境とSSの特徴。

ステージ	I	II&IV	III
期間	1978-1992	1993-1998, 2007-2010	1999-2006
n	15	10	8
$K_{d\text{ s}}$ ( $\text{m}^{-1}$ )	1.86	2.50	2.81
POM寄与率(%)	65	67	42
トリプトン寄与率(%)	17	20	46
溶存物質+水(%)	18	13	12
SS濃度( $\text{mg L}^{-1}$ )	13	18	26
POM濃度( $\text{mg L}^{-1}$ )	8.2	11	7.9
トリプトン濃度( $\text{mg L}^{-1}$ )	4.5	7.3	19

式7で求めた鉛直消散係数の計算値 ( $K_{d\text{ s calc}}$ ) と実測値 ( $K_{d\text{ s}}$ ) の関係を図4に示した。 $K_{d\text{ s calc}}$  と  $K_{d\text{ s}}$  は非常に高い正の相関を示し ( $R^2 = 0.94, P < 0.001, n = 33$ ), 回帰直線の傾きと切片は、それぞれ1.000, 0.001となった(図4)。

式7を基に算出した  $K_{d\text{ s}}$  に対する各成分の光減衰寄与率の経年変化を図5に示した。POMによる減衰寄与率は、35%から82%の範囲で変動し、ステージIIIの8年間を除いて、約60%の光がPOMによって減衰していた(表1)。一方で、トリプトンの寄与率は、1978年から1992年(ステージI)では概ね20%で推移していたが、1993年から2002年にかけて経年的に増加した。特に、ステージIIIはトリプトンの寄与率が概ね40%以上になった。その後のステージIVになると、トリプトンの寄与率が大きく減少し、ステージIやIIと同程度である20%前後で推移した(表1)。

ステージの特徴を表1に示した。なお、ステージIIとIVは同様の傾向であったため、まとめて示した。ステージIとステージII, IVは、POM寄与率は同程度であるが、 $K_{d\text{ s}}$  は大きく上昇した。ステージIIIは、トリプトンの寄与率と  $K_{d\text{ s}}$  が高い傾向であった。

#### 4 考察

一般的に、霞ヶ浦のような富栄養湖における  $K_d$  の変動は、植物プランクトン現存量に対して、有意で高い正の相関を示すため<sup>2), 3), 11)</sup>,  $K_d$  は式8に示されるように、トリプトンを含む非生物的成分 ( $K_{NP}$ ) を切片として、植物プランクトンの比鉛直消散係数  $k_c$  ( $\text{m}^2 \text{ mg Chl.a}^{-1}$ ) を傾きとした植物プランクトン現存量  $C$  ( $\text{mg Chl.a m}^{-3}$ ) の関数で表される<sup>1)</sup>。

$$K_d = k_c \times C + K_{NP} \dots \text{式8}$$

しかし、霞ヶ浦の  $K_d$  は、非生物的成分であるトリプトン濃度も大きく変化し、植物プランクトンと共に  $K_d$  変動の制御要因になることが明らかとなった(図4)。

植物プランクトンによって捕捉される PAR の割合 ( $K_p/K_d$  比,  $K_p$ : POMの鉛直消散係数,  $K_d$ : 鉛直消散係数) は、植物プランクトンの現存量の増加にしたがって上昇する<sup>1), 12)-14)</sup>。他にも、Chl.aが約  $100 \mu\text{g L}^{-1}$  に達するような富栄養化した湖沼では、植物プランクトンの光減衰寄与率が50%から80%であることが報告されている<sup>12)-14)</sup>。した

がって、ステージⅠおよびⅡとⅣにおける、霞ヶ浦の植物プランクトンによる PAR 捕捉効率(図5, 表1)は、他の富栄養湖と同程度であったと考えられた。

ステージⅡとⅣでは、トリプトンの鉛直消散係数  $K_T$  の上昇が起きていたものの、POM の光減衰寄与率は約 60% のまま維持されていた(図5, 表1)。これは、POM の鉛直消散係数  $K_p$  も  $K_T$  の上昇と共に上昇したためである。上述したように、トリプトンなどの非生物的な成分によって光が制限され始めており、非生物の減衰に植物プランクトンの自己被陰を加えた  $Z_{eu}$  は、ステージⅠではおよそ 3 m に達していたが、ステージⅡやⅣでは 2 m 前後まで縮小していた(表1)。最大水深が 7 m の霞ヶ浦では、植物プランクトンの生産がプラスになる  $Z_{eu}$  が約 1 m 縮小されることは、植物プランクトン群集に大きな影響を与えると推定された。しかし、これらのステージの POM はステージⅠより高くなった。この時、霞ヶ浦では *Planktothrix* が出現しており、高い優占率を示していた<sup>9)</sup>。*Planktothrix* は光が制限された環境で優占することが指摘されている藍藻である<sup>15), 16)</sup>。このことから、ステージⅡとⅣの期間ではトリプトンによる光の遮蔽の影響を受けていたが、光が制限された環境に適応できる種が出現したことで、 $K_p$  の光減衰寄与率がステージⅠと同様に 60% 前後を維持できたと考えられた。

霞ヶ浦湖水中のトリプトン濃度が増加する要因は、堆積物の再懸濁もしくは流入河川からの供給が考えられる。Effler et al.<sup>17)</sup> は、New York (USA) の 7 貯水池 9 水域の調査から、これらの水域では、降雨時の濁水流入と堆積物の再懸濁によるトリプトン濃度の変動が、光環境を制御していることを明らかにしている。納屋ら<sup>18)</sup> は、北浦(最大水深 7 m)におけるセディメントトラップによる調査から、沈殿物の 80% が湖底堆積物の再懸濁によるものであるとしている。霞ヶ浦は、北浦に隣接した湖沼であり、ほぼ同じ水深であるため、湖底堆積物の再懸濁が起これ、潜在的にトリプトンが増加しやすい環境であることが考えられる。しかしながら、通常では、堆積物の再懸濁は一時的なものであり、1993 年から 2004 年にかけてのトリプトンの連続的な増加を説明するには不十分である。また、流入河川からの SS 供給量は、減少する傾向にあり、湖内のトリプトン濃度を増加さ

せた要因ではないことが指摘されている<sup>19)</sup>。

本研究で見られたステージⅢのトリプトンの減衰寄与率の増加は、トリプトンが原因であるとされている白濁現象を反映していると考えられた。本研究の結果、白濁現象を引き起こしたトリプトンの連続的な増加(図4)は、1993 年から起きていたことが示された。白濁現象の原因物質は粒計が 1  $\mu\text{m}$  以下の炭酸カルシウムの結晶が主な成分であるとされており<sup>7)</sup>、長期間湖水に浮遊しやすいもの<sup>20)</sup>であったことが示唆されている。また、関ら<sup>20)</sup>は、1997 年から 2004 年にかけて、堆積物が巻き上がりやすくなっていることを示している。したがって、1993 年から①霞ヶ浦の底質の変化に伴った巻き上げ量の増加と②再懸濁物の湖水への長期的な浮遊によるトリプトンの蓄積が起きており、人の目でも確認できるようになった現象が白濁現象であったと推定された。

白濁現象は、霞ヶ浦においてのみの現象ではない。アメリカの五大湖のエリー湖やミシガン湖、オンタリオ湖では、炭酸カルシウムの微粒子によって湖水が白濁する現象(Whiting Event)が確認されている<sup>21), 22)</sup>。したがって、本研究で得られた式7で示される知見は、湖水の白濁が起こる湖沼を対象とした研究に、有益な情報を提供すると考えられた。

## 謝辞

本研究は国立環境研究所の霞ヶ浦データベースを利用して頂いた。この場を借りて謝意を表す。

## 5 参考文献

- 1) Kirk, J. T. O. (2010) Light & Photosynthesis in Aquatic Ecosystem 3<sup>rd</sup> edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- 2) Megard, R. O., J. C. Settles, H. A. Boyer and W. S. Combs Jr. (1980) Lights, Secchi disk and Trophic States. *Limnology and Oceanography*, 25: 373-377.
- 3) Tilzer, M. M (1983) The importance of fractional light absorption by photosynthetic pigments for phytoplankton productivity in Lake Constance. *Limnology and Oceanography*, 28: 833-846.
- 4) 野内孝則, 外岡建夫 (2004): 透明度から見た霞ヶ浦北浦の環境変動. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 39: 24-41.

- 5) 岩崎順, 外岡建夫 (2000) 1999年7月に霞ヶ浦で発生した濁水について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 36: 16-19.
- 6) 春日清一 (2005): 霞ヶ浦西浦の白濁は何を示すのか. 霞ヶ浦研究会報, 8: 2-3.
- 7) 宇田川弘勝, 高村典子 (2007) 霞ヶ浦における湖水白濁現象の原因物質の特定. 陸水学雑誌, 68: 425-432.
- 8) 関智弥, 福島武彦, 今井章雄, 松重一夫 (2006): 霞ヶ浦の濁度上昇と底泥巻上げ現象. 土木学会論文集 G, 62: 122-134.
- 9) 国立環境研究所 (2014) 霞ヶ浦データベース. <http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/index.html>. 2014年11月7日時点.
- 10) Redfield, A.C. (1958) The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist*, 46: 205-221.
- 11) Lorenzen, M.W. (1980) Use of Chlorophyll - Secchi disk relationships. *Limnology and Oceanography*, 25: 371-372.
- 12) Jewson, D. H. (1977): Light penetration in relation to phytoplankton content of the euphotic zone of Lough Neagh, N. Ireland. *Oikos*, 28: 74-83.
- 13) Megard, R. O., W. S. Combs Jr., P. D. Smith and A. S. Knoll (1979): Attenuation of light and daily integral rates of photosynthesis attained by planktonic algae. *Limnology and Oceanography*, 24: 1038-1050.
- 14) Dubinsky, Z. and Berman T. (1981): Light utilization by phytoplankton in Lake Kinneret (Israel). *Limnology and Oceanography*, 26: 660-670.
- 15) Tilzer, M. M (1987): Light-dependence of photosynthesis and growth in cyanobacteria: implications for their dominance in eutrophic lakes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 21: 401-412.
- 16) Reynolds, C. S. (2006): Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
- 17) Effler, S. W, M. G. Perkins, N. Ohrazda, D. A. Matthews, F. P. Gelda, D. L. Johnson and C. L. Stepchczuk (2002) Tripton, transparency and light penetration in seven New York reservoirs. *Hydrobiologia*, 468: 213-232.
- 18) 納谷友規, 谷村好洋, 土谷卓, 阿部川秀人, 中里亮治, 天野一男 (2004) 浅い湖における沈降粒子の挙動と珪藻殻堆積過程 北浦におけるセディメントトラップ実験結果. 陸水学雑誌. 65: 203-213.
- 19) Fukushima, T., S. Kawamura, T. Seki, Y. Onda, A. Imai and K. Matsushige (2005) Why has Lake Kasumigaura become turbid?. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 29: 732-737.
- 20) 関智弥, 福島武彦, 今井章雄, 松重一夫 (2006) 霞ヶ浦の濁度上昇と底泥巻上げ現象. 土木学会論文集 G, 62: 122-134.
- 21) Strong, A. E and B. J. Eadie (1978) Satellite observations of calcium carbonate precipitations in the Great Lakes. *Limnology and Oceanography*, 23: 877-887.
- 22) NASA Earth Observatory (2014) <http://earthobservatory.nasa.gov/?eocn=topnav&eoci=home> 2014年11月7日時点.

## 1-2 有機炭素の挙動の解明に関する研究

### 1 目的

霞ヶ浦のCODは、溶存態が約6割を占め、溶存態CODの由来は、河川からの流入と底泥からの溶出、湖内の植物プランクトンによるものが考えられる。そこで、CODよりも厳密な有機物量の指標である有機炭素量を用いて、湖内における炭素循環及び有機物発生源を明らかにし、CODの抑制対策に資することを目的とする。

### 2 方法

#### (1) 研究期間

平成22年4月から平成26年6月

#### (2) 研究手法

##### ① 植物プランクトンによる有機物の産生量と分解速度の算定について

$^{13}\text{C}$ でラベルした炭酸水素ナトリウムを添加した湖水の培養試験により、植物プランクトンによる有機物の産生量を求めた。また、この培養液の暗所分解試験を行い、 $^{13}\text{C}$ でラベルされた有機炭素の消長をモデル化すること(図1)で、植物プランクトン生産物の分解速度を求めた。この一連の実験は、毎月行い、1年間の季節変動も把握した。

##### ② 底泥からの溶出量について

底泥からの溶出量は、西浦湖心の底泥を用いた溶出実験の結果から推定した。また、堆積量については、文献値を用いた。

##### ③ 河川からの流入量について

河川からの流入量は、国立環境研究所から提供を受けたデータに基づき算定した。

##### ④ モデルによる推計

①の結果を用いて植物プランクトン生産物の湖内動態をモデル化し、②、③の情報も踏まえて1年間の有機炭素の収支を求めた。

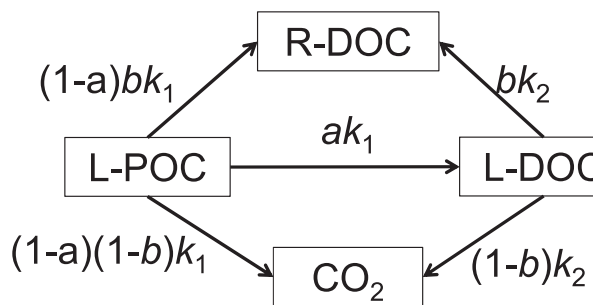


図1 有機炭素分解過程の概念図

L-POC：易分解性懸濁態有機炭素，R-DOC：難分解性溶存有機炭素，L-DOC：易分解性溶存有機炭素， $k_1$ ：L-POC減少速度， $k_2$ ：L-DOC減少速度， $a$ ：L-POCからL-DOCへの変化割合， $b$ ：L-POC及びL-DOCからR-DOCへの変化割合

### 3 結果

得られた結果は、①有機炭素は懸濁態と溶存態が、ほぼ同量存在する、②溶存態有機炭素の80%(全体の40%)は難分解性である、③溶存態有機炭素は湖内で56%(全体の28%)生成される、④溶存態有機炭素の32%(全体の16%)は植物プランクトン由来である、以上をまとめると図2になる。

湖内の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から、CODを低減するためには、窒素・りんを削減し、植物プランクトンの増殖抑制をする必要性が改めて示された。

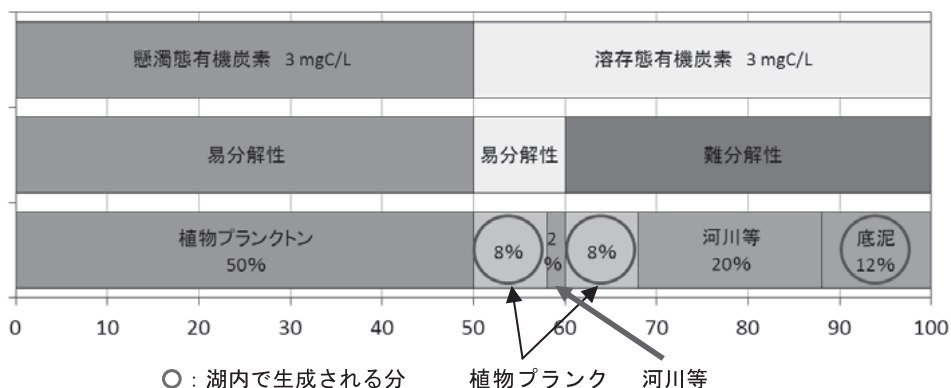


図2 湖内の有機炭素の由来別割合



## 1-3 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業

### 1 目的

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

### 2 方法

#### (1) 調査期間

平成 26 年 4 月から平成 27 年 3 月

#### (2) 調査区分

月 1 調査及び週 1 調査

#### (3) 調査地点、調査頻度及び試料採取方法

[月 1 調査]

西浦、北浦、常陸利根川の全 16 地点(図 1)。

[週 1 調査]

図 1 の 16 地点のうち、掛馬沖、高浜入、湖心の 3 地点

湖水試料は上層(水面下 0.5 m)及び下層(湖底直上 0.5 m)で採水した。植物プランクトンの検体は鉛直カラムを用いて湖底直上 0.5 m から鉛直引きして採取した湖水を試料とした。動物プランクトンの検体は、植物プランクトンの試料採取時に残った湖水を、40  $\mu\text{m}$  プランクトンネットで濾し、ネットに残った湖水を試料とした。

#### (4) 測定項目

pH, 溶存酸素量(DO), 化学的酸素要求量(COD, d-COD), 懸濁物質(SS), 全窒素濃度(TN, DTN), 全りん濃度(TP, DTP), 各態窒素濃度( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ), りん酸イオン濃度( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), 有機体炭素量(TOC, DOC), クロロフィル濃度(Chl.a, Chl.b, Chl.c), イオン濃度( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), 反応性溶存ケイ素濃度(SRSi)

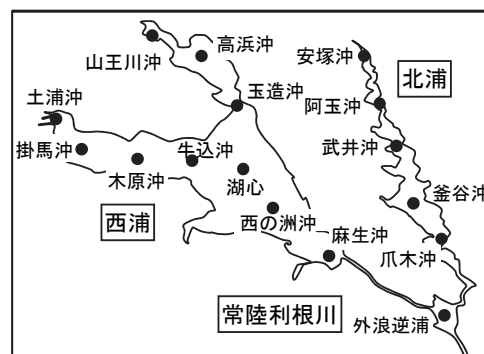


図 1 調査地点

### 3 結果の概要

#### (1) COD

- 湖心、釜谷沖の両地点で、4 月(湖心: 7.0 mg/L, 釜谷沖: 6.9 mg/L)と 5 月(湖心: 8.6 mg/L, 釜谷沖: 8.5 mg/L)は過去 5 年(2008-2012 年度)の平均値(以下、「平均値」という。)(4 月: 湖心、釜谷沖ともに 10 mg/L, 5 月: 湖心で 9.8 mg/L, 釜谷沖で 9.7 mg/L)を下回り、湖心では 7 月(9.5 mg/L)に平均値(8.9 mg/L)を上回ったものの 8 月以降は両地点で平均値を下回った(図 2)。

図 3 に、霞ヶ浦の代表地点である湖心の上層で週 1 調査を行った結果を示した。春先は COD の変動が特に激しく、9 月以降は変動が穏やかであることがわかった。また、掛馬沖及び高浜入では、湖心部よりも変動が大きく、特に高浜沖では 6 月中旬～下旬にかけて、6 日間の間に COD が 4.7 mg/L も上昇した時期が見られた。

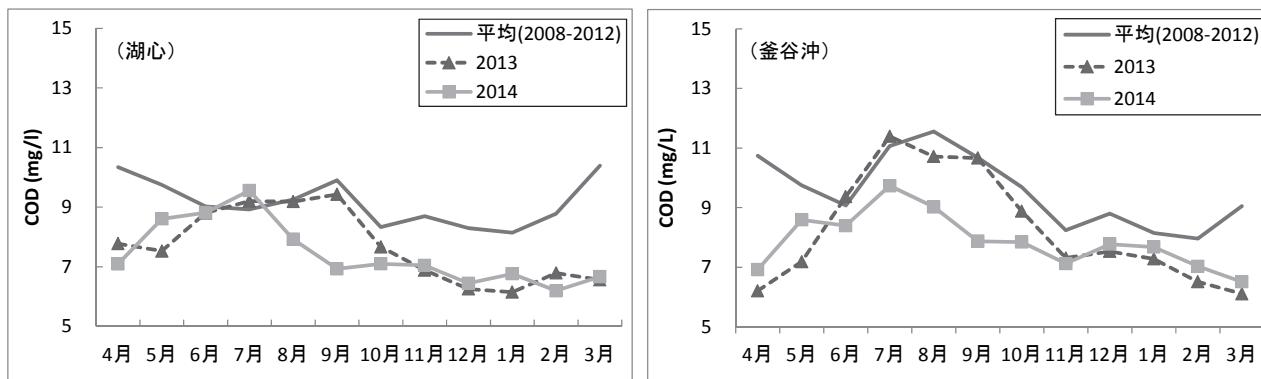


図2 本年度、昨年度及び過去5年平均のCOD経月変化  
(左：湖心，右：釜谷沖，どちらも上層)

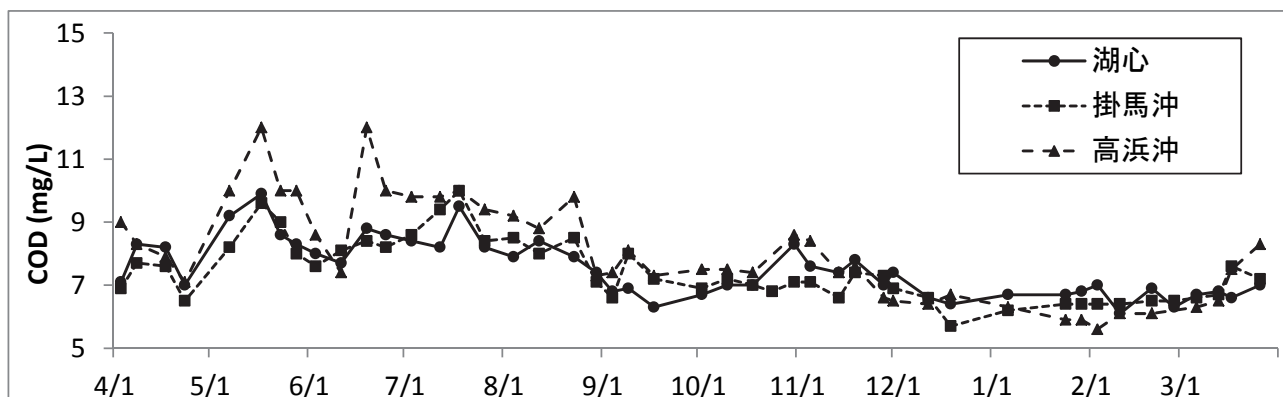


図3 CODの週別変動

(2) 窒素

- TNは、湖心では5月(0.67 mg/L), 7月(0.85 mg/L), 8月(0.78 mg/L), 11月(0.85 mg/L)は過去5年(2008-2012年度)の平均値(以下、「平均値」という。)(5月, 7月, 10月は1.0 mg/L, 8月は0.99 mg/L)を下回ったが、4月に平均値を上回った。その他の月は平均値並みで推移している。釜谷沖では、6月(1.5 mg/L)及び9月(1.1 mg/L)が平均値(6月:1.2 mg/L, 9月:1.0 mg/L)より高く、8月(1.0 mg/L), 10月(1.0 mg/L), 1月(1.5 mg/L)及び2月(1.6 mg/L)は平均値(8月:0.93 mg/L:10月:0.97 mg/L:1月:1.2 mg/L:2月:1.4 mg/L)を下回った(図4)。
- 溶存無機窒素濃度(DIN:硝酸態・亜硝酸態・アンモニア態窒素の合計濃度)は、湖心では4月(0.32 mg/L)は濃度が高かったものの5月から7月は低濃度(0.05 mg/L以下)で推移した。9月以降は濃度が上昇し、11月を除いて平均値並み～高めで推移した。釜谷沖では4月から6月は過去平均を上回ったが、その後低下して8月は低濃度(0.04 mg/L)で推移した。また、9月以降は濃度が上昇したものの平均値並み～低めで推移した(図4)。
- 図6に、TNの週別変化を示した。4月から5月にかけては、TNは減少傾向にあったが、6月2週目以降に、濃度が上昇していることが明らかになった。また、掛馬沖、高浜入では変動幅が大きく、流入河川を介し降雨の影響を受けやすいものと考えられた。

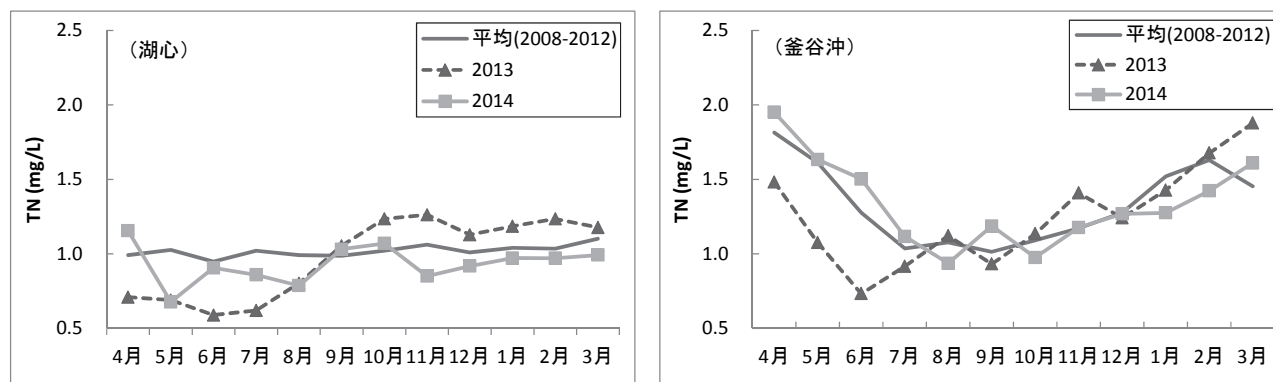


図4 本年度、昨年度及び過去5年平均のTN経月変化  
(左：湖心，右：釜谷沖，どちらも上層)

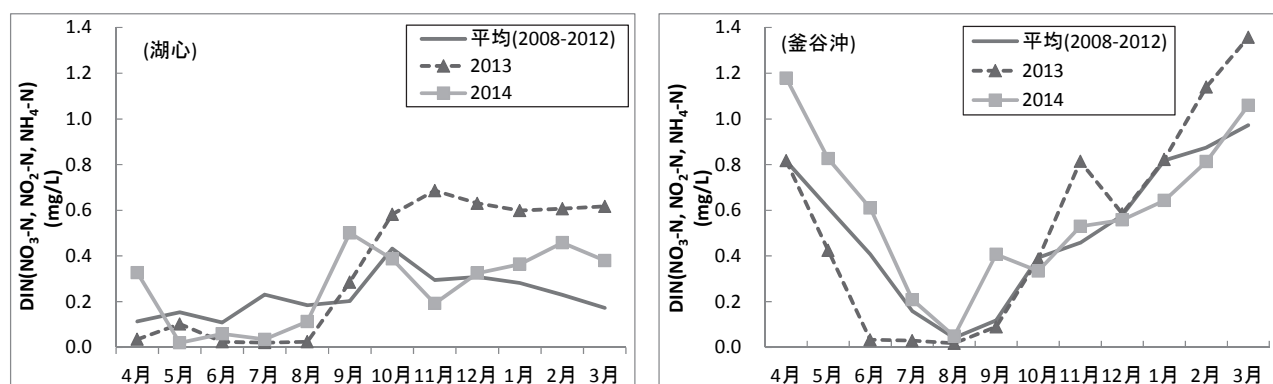


図5 本年度、昨年度及び過去5年平均のDIN経月変化  
(左：湖心，右：釜谷沖，どちらも上層)

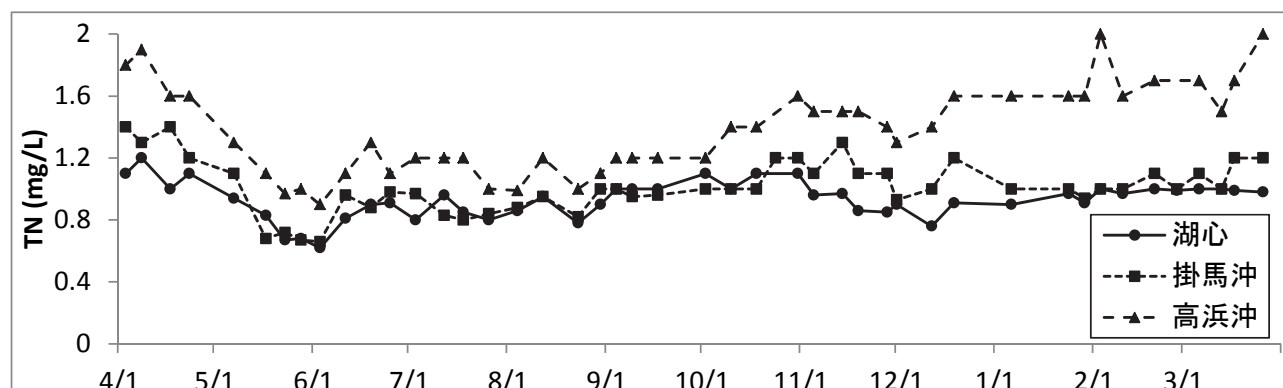


図6 TNの週別変化

(3) リン

- TPは、湖心では8月(0.074 mg/L)は過去5年(2008-2012年度)の平均値(以下、「平均値」という。)(0.098 mg/L)よりも低く、その他の月は平均値と同程度で推移した。釜谷沖では、すべての月で平均値を下回った(図7)。
- PO<sub>4</sub>-Pは、湖心では8月(0.016 mg/L)は平均値(0.038 mg/L)より低く、9月(0.041 mg/L)は平均値(0.018 mg/L)よりも高かったが、その他の月は平均値並みで推移した。釜谷沖では、8~10月を除いて0.01 mg/L以下で推移した。8~10月(8月:0.042 mg/L, 9月:0.049 mg/L, 10月:0.022 mg/L)は濃度が上昇したが、すべての月で平均値を下回った(図8)。

- TPの週別変化を図9に示した。TPは4月に上昇してその後6月1週目に濃度が下がったものの、8月上旬には濃度が上昇していることが明らかになった。また、湖心、掛馬沖、高浜入に共通して、6月上旬にP-TP濃度が減少している(図10)。このことは、植物プランクトン量が減少したことによるものと推察される。

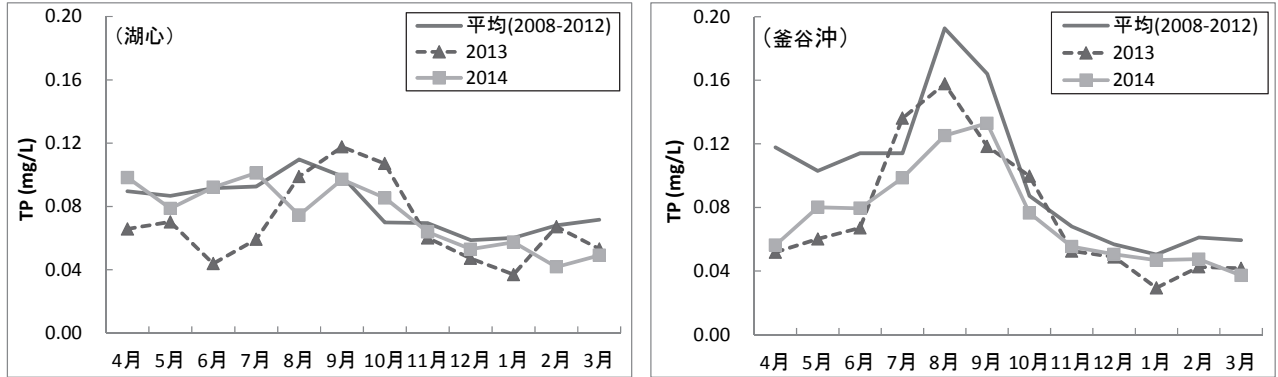


図7 本年度、昨年度及び過去5年平均のTP経月変化  
(左：湖心，右：釜谷沖，どちらも上層)

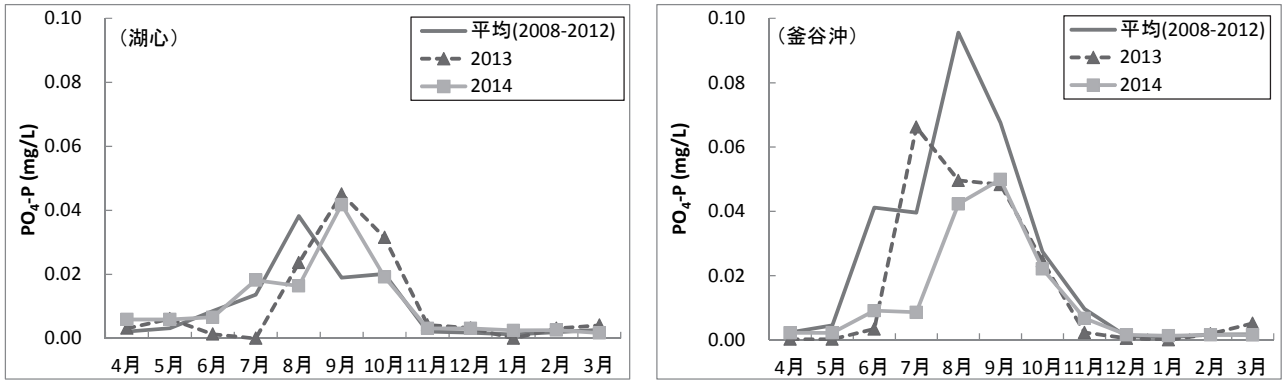


図8 本年度、昨年度及び過去5年平均のPO<sub>4</sub>-P経月変化  
(左：湖心，右：釜谷沖，どちらも上層)

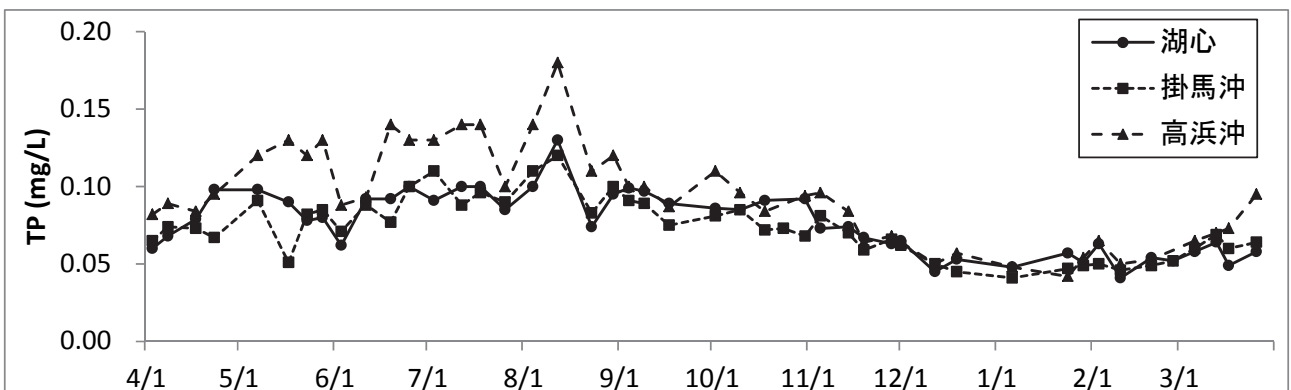


図9 TPの週別変化

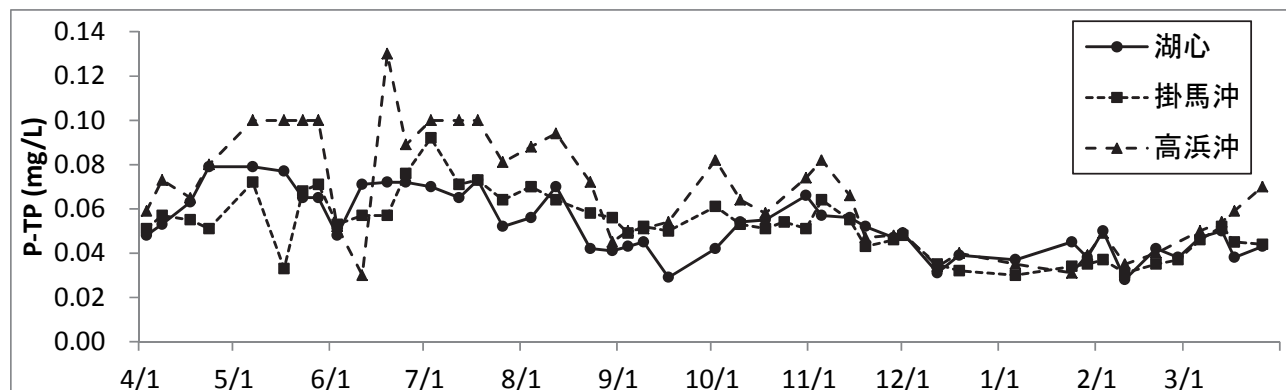


図 10 P-TP の週別変化

(4) 植物プランクトン

・年間を通じて概ね珪藻類が優占していたが、7月中旬には藍藻類が優占していた。9月の上旬には植物プランクトンの量が減少していた。このことは、8月下旬から9月上旬にかけて日照時間が短く、植物プランクトンの増殖に適していなかったことが考えられる。また湖心では、これまで緑藻類に分類されるヒザオリ (*Mougeotia*) の突発的な出現が見られていたが、平成 26 年度 11 月上旬にはユーアストルム (*Euastrum*) が突発的に増加した。

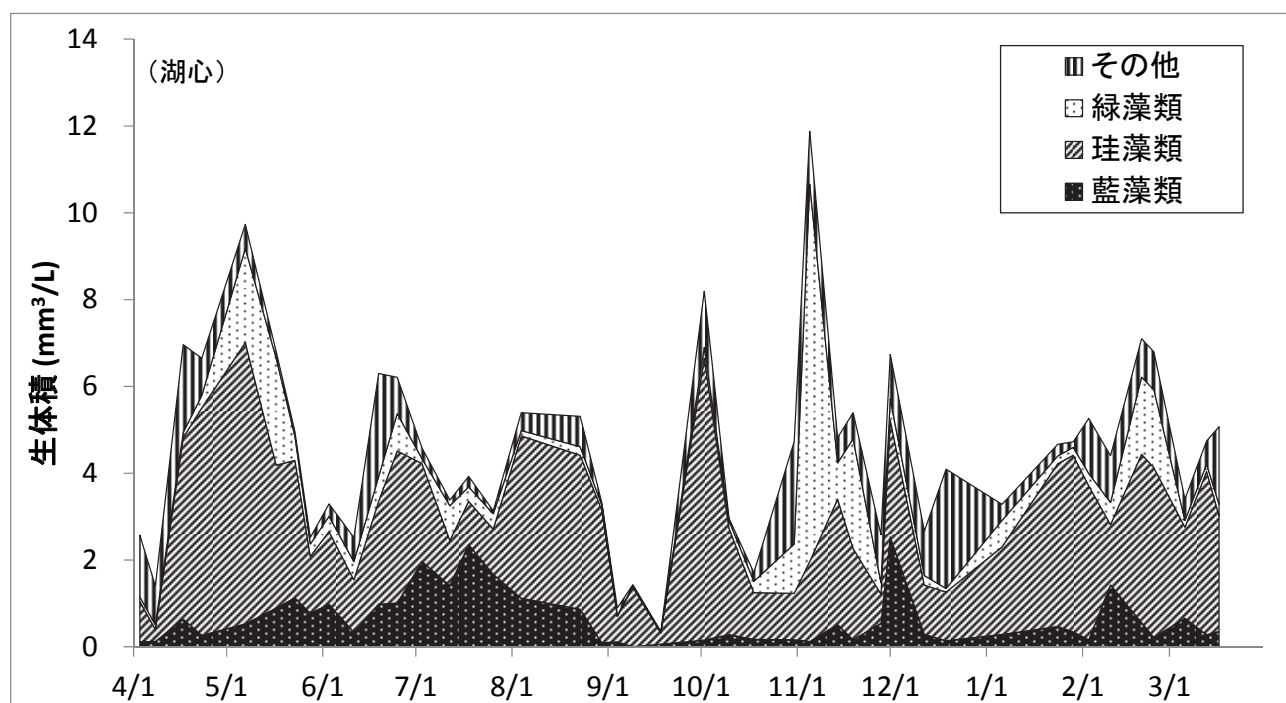


図 11 湖心における植物プランクトンの経時変化

(5) 動物プランクトン

- ・動物プランクトンは、9月から10月にかけて *Bosmina* (ゾウミジンコ属) が増加していた。
- ・6月上旬には大型のミジンコ類である *Daphnia* (ミジンコ属) が出現していた。このときの植物プランクトン量が減少していたことから、*Daphnia* の捕食圧により植物プランクトンが減少したと考えられ

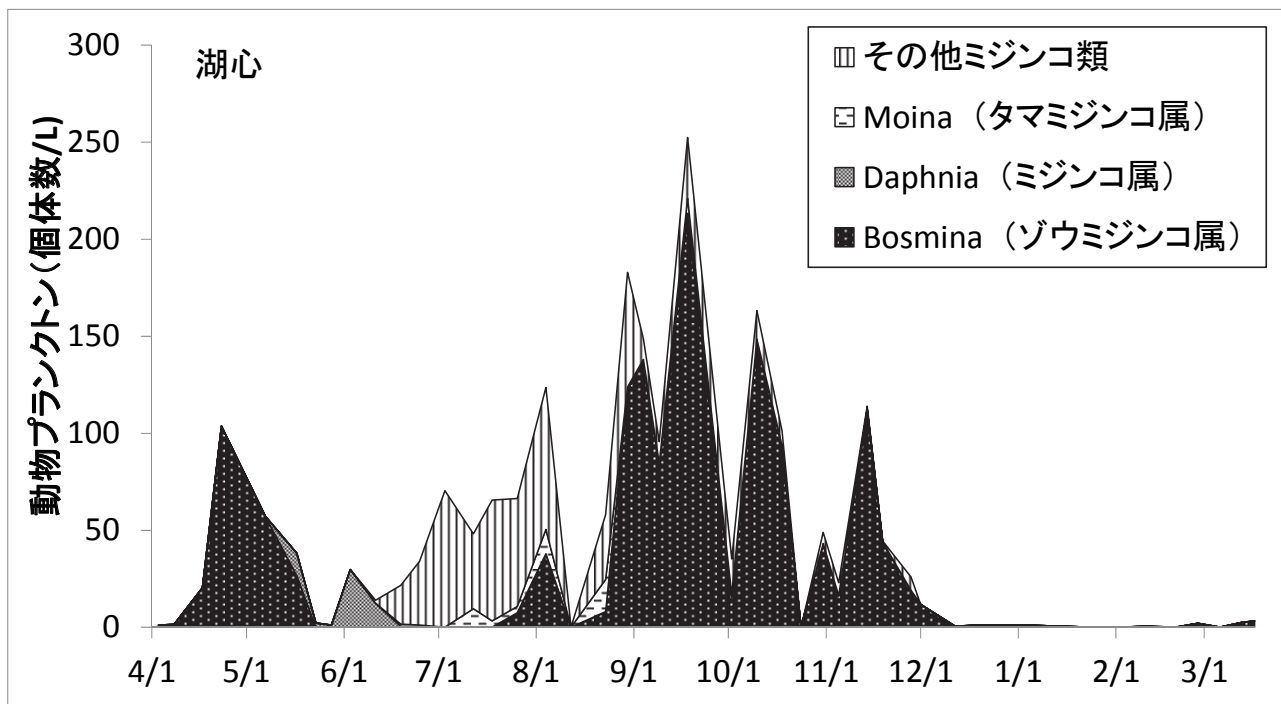


図 12 湖心における動物プランクトンの経時変化

表1 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(4月)

	平成26年4月23日				晴れのち曇り																											
	採水層		採水時刻	気温	透明度	水深	水温	pH	DO	SS	COD	d-COD	TOC	DOC	TN	DTN	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	TP	DTP	PO <sub>4</sub> -P	Chla	EC	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SRSI	
	上層	下層	(m)	(°C)	(m)	(m)	(°C)	(-)	(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)	(μg/L)	(mSm <sup>-1</sup> )	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	
掛高沖	上層		16:17	16.7	0.96	3.7	16.2	8.6	12	14	6.5	4.4	4.2	2.7	1.2	0.91	<0.02	0.53	0.01	0.087	0.015	0.003	36	24	24	24	4.8	6.3	18	26	24	4.2
	下層							7.7	10	26	6.4	4.4	3.9	2.5	1.4	1.1	0.04	0.71	0.01	0.076	0.008	0.003	29	24	24	24	4.8	6.3	18	26	24	4.2
木原沖	上層		15:51	18.5	0.77	5.3	16.0	8.5	11	16	6.5	4.4	4.0	2.7	1.0	0.78	0.03	0.39	0.01	0.064	0.014	0.003	34	24	24	26	5.9	5.6	14	32	25	2.9
	下層							7.6	9.2	40	7.1	4.5	3.9	2.6	1.2	0.91	0.09	0.47	0.01	0.084	0.009	0.006	29	24	24	25	4.9	6.5	17	27	24	3.5
牛込沖	上層		15:29	17.9	0.85	6.0	16.0	8.7	11	16	6.7	4.6	4.1	2.9	1.0	0.67	0.02	0.30	0.01	0.073	0.015	0.004	45	21	23	3.5	5.6	14	28	21	2.5	
	下層							8.2	10	28	7.3	5.2	4.3	2.7	1.1	0.69	0.06	0.29	0.01	0.085	0.008	0.004	37	25	27	4.8	6.8	17	30	22	2.7	
高浜沖	上層		14:03	19.1	0.75	3.9	16.6	9.2	12	17	7.1	4.6	4.0	2.7	1.6	1.1	<0.02	0.78	0.02	0.095	0.015	0.003	66	21	20	4.6	5.2	14	21	20	2.8	
	下層							8.7	10	25	7.9	4.8	4.1	2.6	1.7	1.1	0.03	0.74	0.02	0.10	0.008	0.003	60	21	21	4.3	6.3	16	22	20	2.8	
玉造沖	上層		13:46	20.4	0.82	6.5	16.9	9.1	12	18	7.1	4.6	4.1	2.7	1.4	1.0	<0.02	0.61	0.02	0.087	0.013	0.003	60	23	21	4.1	5.4	14	24	21	2.6	
	下層							8.3	10	18	7.3	5.0	4.4	2.8	1.2	0.77	0.09	0.33	0.01	0.086	0.008	0.003	49	25	27	4.8	6.9	18	30	22	2.6	
湖心	上層		13:00	20.0	0.72	5.9	19.7	8.6	11	20	7.0	4.6	4.2	2.8	1.1	0.68	0.04	0.27	0.01	0.098	0.018	0.006	55	25	25	4.6	6.0	16	30	22	2.4	
	下層							8.1	9.4	77	10	5.0	4.7	2.8	1.5	0.80	0.12	0.27	0.01	0.15	0.012	0.008	54	25	28	5.0	6.9	17	31	23	2.9	
西の洲沖	上層		12:37	19.6	0.99	5.5	17.2	9.1	11	12	6.2	4.6	4.0	2.9	0.90	0.59	<0.02	0.24	0.01	0.057	0.009	0.002	32	26	25	4.6	5.8	15	30	22	2.5	
	下層							8.1	10	19	7.6	5.2	4.5	2.8	0.99	0.66	0.06	0.26	0.01	0.085	0.008	0.003	46	26	29	4.9	7.2	18	33	24	2.8	
麻生沖	上層		11:58	19.2	0.81	1.7	16.8	9.2	13	15	7.4	4.7	4.6	2.9	0.83	0.41	<0.02	0.06	0.01	0.060	0.009	0.002	43	27	28	4.6	6.3	16	35	23	2.2	
	下層							9.2	13	21	8.6	5.3	4.9	2.9	0.95	0.40	<0.02	0.04	0.01	0.076	0.010	0.002	62	27	30	4.9	7.3	18	34	23	2.1	
土浦沖	上層		16:56	15.8	0.98	2.4	16.9	8.3	11	15	5.4	4.0	3.5	2.5	2.1	1.6	<0.02	1.2	0.02	0.084	0.018	0.004	40	25	23	5.0	5.7	18	25	26	5.6	
	下層							8.2	11	9	6.3	4.6	3.7	2.5	2.1	1.7	<0.02	1.3	0.02	0.087	0.020	0.003	36	25	25	5.3	6.4	19	25	26	5.6	
山王川沖	上層		14:41	19.9	0.70	1.6	17.6	9.2	14	46	7.6	3.8	3.8	2.2	2.6	1.8	<0.02	1.5	0.03	0.15	0.017	0.004	69	18	15	2.8	4.4	13	11	22	6.1	
	下層							9.2	15	64	9.5	4.1	4.6	2.2	2.4	1.8	<0.02	1.4	0.03	0.10	0.015	0.003	73	17	17	3.3	5.0	15	12	22	6.2	
安塚沖	上層		8:24	17.5	0.81	1.8	16.6	7.7	11	18	5.2	3.4	2.9	1.7	6.5	6.0	0.14	5.4	0.08	0.10	0.012	0.004	54	28	21	4.4	9.4	20	24	24	11	
	下層							8.1	12	21	6.1	3.6	2.8	1.7	6.3	6.0	0.10	5.4	0.08	0.12	0.014	0.004	69	28	23	4.7	10	22	25	24	11	
阿玉沖	上層		8:59	17.0	1.03	4.8	16.4	8.8	11	13	5.5	3.8	3.2	2.3	4.1	3.6	<0.02	3.1	0.05	0.070	0.011	0.002	52	24	20	4.1	7.8	17	21	20	7.7	
	下層							8.4	9.5	19	5.9	4.5	3.3	2.2	4.2	3.6	0.05	3.2	0.06	0.084	0.011	0.002	50	24	20	4.2	8.5	18	21	20	7.8	
武井沖	上層		9:37	15.6	1.24	7.0	16.7	8.6	11	13	6.0	4.0	3.6	2.5	2.5	2.2	<0.02	1.7	0.03	0.056	0.007	0.001	48	25	24	3.3	8.0	17	27	19	4.1	
	下層							8.3	10	16	6.4	5.0	3.6	2.5	2.4	2.1	0.03	1.6	0.03	0.072	0.007	0.001	48	25	24	4.2	8.7	18	27	18	3.8	
釜谷沖	上層		10:24	17.6	1.08	6.0	17.1	8.7	11	18	6.9	4.6	4.1	2.7	1.9	1.5	<0.02	1.1	0.02	0.056	0.006	0.002	51	25	24	3.6	8.0	17	28	18	2.0	
	下層							8.5	10	20	7.4	5.1	4.0	2.7	1.8	1.4	0.03	1.0	0.02	0.065	0.007	0.001	59	26	26	4.3	8.9	19	29	18	1.7	
爪木沖	上層		10:51	18.3	0.78	3.0	16.8	9.2	13	19	7.1	4.5	4.5	2.8	1.5	1.0	<0.02	0.69	0.02	0.063	0.007	0.001	62	28	28	3.9	8.4	17	34	19	0.8	
	下層							9.0	10	26	8.0	5.3	4.5	2.7	1.6	1.1	0.02	0.74	0.02	0.078	0.007	0.001	66	28	29	4.5	9.1	19	33	19	1.0	
外浪逆浦	上層		11:23	18.9	0.82	2.7	15.7	8.7	10	18	6.8	4.7	4.2	3.0	1.0	0.54	<0.02	0.16	0.01	0.071	0.010	0.002	57	34	41	5.2	8.6	19	53	24	2.1	
	下層							8.6	9.5	14	7.3	5.4	4.3	3.0	0.97	0.56	0.04	0.16	0.01	0.073	0.009	0.002	51	34	43	5.7	9.2	20	52	23	2.3	

表 2 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (5月)

平成26年5月23日		曇りのち晴れ																												
採水層	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	COD (mgL <sup>-1</sup> )	d-OOD (mgL <sup>-1</sup> )	TOC (mgL <sup>-1</sup> )	DOC (mgL <sup>-1</sup> )	TN (mgL <sup>-1</sup> )	DTN (mgL <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</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 (μgSm <sup>-3</sup> )	EC (mSm <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	
掛馬沖	上層	1500	19.6	0.52	3.7	21.2	9.0	18	9.0	5.0	4.8	2.8	0.72	0.32	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.082	0.014	0.002	62	25	24	4.2	5.5	14	28	24	0.1
	下層						8.6	8.5	18	9.3	4.3	4.0	2.8	0.87	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.007	0.002	83	26	25	4.5	5.8	16	29	24	0.3
木原沖	上層	1439	21.1	0.60	5.3	21.6	9.0	21	8.2	4.7	4.7	2.8	0.69	0.31	<0.02	<0.01	<0.01	0.078	0.013	0.006	46	26	24	4.1	6.0	15	30	23	0.1	
	下層						8.6	8.3	22	9.6	3.8	4.2	2.7	0.79	0.28	<0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.005	0.004	56	26	26	4.3	6.1	16	30	22	0.4
牛込沖	上層	1420	20.7	0.66	6.1	22.8	9.1	18	8.8	4.8	4.4	2.8	0.56	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.047	0.015	0.003	39	26	26	4.0	5.9	15	33	23	0.1	
	下層						8.5	7.7	19	8.3	3.9	3.6	2.7	0.76	0.29	<0.02	<0.01	<0.01	0.084	0.009	0.005	41	27	24	3.7	6.4	17	31	22	0.3
高浜沖	上層	1300	20.4	0.46	4.0	24.1	9.3	13	24	10	5.2	4.4	2.9	0.97	0.35	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.019	0.006	94	23	22	4.3	5.3	14	25	19	0.5
	下層						8.5	7.7	38	9.5	4.3	4.0	2.8	1.0	0.31	0.02	<0.01	<0.01	0.14	0.011	0.007	100	24	27	3.9	5.9	15	27	20	1.0
玉造沖	上層	1242	21.5	0.48	6.9	22.2	9.1	11	20	9.3	4.9	4.3	2.9	0.74	0.34	0.02	<0.01	<0.01	0.079	0.013	0.004	74	26	26	4.0	6.2	15	33	22	0.1
	下層						7.4	7.4	53	10	4.2	4.0	2.8	1.3	0.52	0.19	0.03	0.01	0.17	0.011	0.008	89	27	27	4.2	6.4	16	32	21	1.2
湖心	上層	1200	22.0	0.68	6.0	21.7	8.9	10	18	8.6	4.6	4.3	2.8	0.67	0.32	0.02	<0.01	<0.01	0.078	0.012	0.005	47	26	26	4.1	6.1	15	32	23	0.1
	下層						8.1	7.8	22	8.0	4.2	4.8	2.7	0.85	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.008	0.006	52	27	29	4.3	6.5	16	34	22	0.2
西の洲沖	上層	1136	21.5	0.62	5.4	21.8	8.7	9.9	16	9.0	4.8	4.3	2.8	0.75	0.31	0.02	<0.01	<0.01	0.088	0.013	0.005	49	27	28	4.1	6.4	16	35	22	0.1
	下層						8.1	7.6	18	9.1	3.9	3.8	2.8	0.83	0.30	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.008	0.006	68	28	29	4.4	6.6	16	34	22	0.3
麻生沖	上層	1057	20.9	0.56	1.6	20.4	8.7	10	22	9.1	4.8	4.7	2.8	0.76	0.30	<0.02	<0.01	<0.01	0.090	0.007	0.002	50	28	29	4.3	6.5	16	37	22	0.2
	下層						8.5	10	22	9.1	3.9	4.3	2.8	0.78	0.30	0.02	<0.01	<0.01	0.088	0.005	0.002	53	28	30	4.5	6.8	16	36	22	0.2
土浦沖	上層	1536	20.4	0.58	2.5	21.2	8.9	11	23	9.0	5.3	4.6	3.0	1.1	0.68	0.02	0.31	0.01	0.11	0.014	0.004	66	26	25	4.8	5.6	17	28	25	0.6
	下層						8.9	11	23	9.0	4.6	4.3	3.1	1.1	0.69	0.02	0.32	0.01	0.089	0.012	0.004	79	26	26	4.8	5.7	17	28	25	0.7
山王川沖	上層	1341	20.6	0.50	1.5	23.1	9.2	13	40	11	5.7	4.4	3.3	1.6	0.74	0.11	0.19	0.02	0.18	0.054	0.026	120	20	18	3.4	4.5	13	18	20	2.7
	下層						9.3	14	44	11	5.1	4.2	3.4	1.4	0.69	0.10	0.17	0.02	0.15	0.045	0.022	130	19	18	3.5	4.5	13	18	20	2.8
安塚沖	上層	747	15.1	0.63	1.8	18.6	7.3	8.5	14	8.9	5.8	3.8	3.3	3.6	3.0	0.15	2.5	0.06	0.13	0.020	0.009	39	24	18	4.0	6.6	16	22	22	7.5
	下層						7.3	6.9	22	7.1	5.6	3.5	3.2	3.8	3.5	0.31	2.8	0.06	0.11	0.029	0.022	17	24	19	4.3	6.9	16	21	22	8.1
阿玉沖	上層	823	14.8	0.78	4.8	20.3	9.0	8.8	21	8.8	5.1	3.7	2.8	2.6	2.0	0.08	1.4	0.05	0.10	0.017	0.005	95	26	22	3.8	8.0	17	27	22	2.6
	下層						8.8	7.1	33	8.5	5.1	3.5	2.8	2.6	2.0	0.09	1.4	0.05	0.10	0.011	0.004	90	27	23	4.0	8.6	18	27	22	3.6
武井沖	上層	855	14.6	0.91	7.1	20.2	8.8	6.7	17	8.1	4.9	3.9	2.8	2.1	1.4	0.04	0.96	0.05	0.13	0.013	0.004	61	27	24	3.7	8.0	17	29	19	0.1
	下層						7.9	9.8	24	9.5	5.1	3.7	2.8	1.9	1.5	0.17	0.93	0.05	0.084	0.009	0.006	75	27	25	3.8	8.4	18	29	19	0.7
釜谷沖	上層	936	17.5	0.80	6.3	20.0	8.6	9.4	17	8.5	5.0	3.9	2.8	1.6	1.1	0.03	0.75	0.04	0.080	0.011	0.002	64	27	25	3.6	8.0	17	30	19	0.1
	下層						8.6	8.6	24	8.1	5.1	3.7	2.8	1.6	1.1	0.04	0.75	0.04	0.079	0.006	0.001	68	27	26	3.9	8.3	17	30	19	0.2
爪木沖	上層	1002	16.7	0.52	2.7	19.1	9.0	11	31	10	5.1	4.4	2.9	1.2	0.71	0.02	0.33	0.03	0.086	0.009	0.002	97	29	30	3.9	8.2	17	37	19	0.2
	下層						8.9	10	35	10	5.1	4.1	2.9	1.5	0.66	0.03	0.28	0.02	0.13	0.007	0.002	110	30	32	4.1	8.6	18	38	19	0.4
外浪逆浦	上層	1028	19.8	0.57	2.1	20.0	8.5	9.1	17	8.3	5.2	4.5	3.3	0.76	0.36	0.02	<0.01	<0.01	0.077	0.009	0.002	43	45	57	5.7	10	20	81	25	0.1
	下層						8.6	8.8	17	8.1	5.1	4.4	3.2	0.86	0.35	0.03	<0.01	<0.01	0.097	0.007	0.002	52	46	60	5.9	10	20	83	25	0.1



表 3 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (6月)

平成26年6月18日		晴れのち曇り																												
採水層	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	OD (mg/L)	d-OD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (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)	DTP (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chla (μg/L)	EC (mS/cm)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	SRSI	
掛馬沖	上層	14:16	25.3	0.62	3.7	26.8	9.3	6.9	18	8.4	3.7	3.4	0.88	0.50	0.03	0.09	0.01	0.077	0.019	0.002	58	25	23	4.3	5.1	14	25	21	2.4	
	下層					8.2	11.0	23	7.8	4.8	3.6	2.9	1.0	0.59	0.14	0.14	0.01	0.11	0.014	0.007	47	25	25	4.6	5.4	15	24	21	3.0	
木原沖	上層	13:53	27.3	0.60	5.3	25.7	9.1	10	29	8.4	5.0	3.4	0.83	0.38	0.03	<0.01	<0.01	0.083	0.017	0.004	71	26	24	4.2	5.6	15	28	22	1.8	
	下層					7.7	7.7	58	9.3	4.8	4.1	3.5	1.0	0.37	0.08	0.01	<0.01	0.15	0.009	0.007	54	27	26	4.4	5.7	15	28	21	2.0	
牛込沖	上層	13:34	25.8	0.52	6.1	25.9	9.1	11	19	9.3	5.1	3.8	0.79	0.37	0.04	<0.01	<0.01	0.077	0.018	0.004	66	27	26	4.1	5.6	14	30	21	1.3	
	下層					7.4	6.9	35	8.1	4.9	3.6	2.9	0.86	0.41	0.09	0.01	0.10	0.018	0.014	42	28	27	4.4	6.1	16	31	21	1.6		
高浜沖	上層	12:09	25.8	0.41	4.1	27.0	9.5	14	30	12	5.5	4.2	1.3	0.41	0.03	0.01	0.01	0.14	0.017	0.003	120	25	22	3.7	5.0	13	26	18	4.6	
	下層					7.6	6.0	40	9.6	5.4	4.0	3.0	1.0	0.58	0.14	0.12	0.02	0.11	0.030	0.031	55	25	24	4.0	5.5	15	25	17	5.1	
玉造沖	上層	11:45	27.4	0.47	6.8	26.5	9.2	11	26	8.8	5.3	4.1	3.0	1.1	0.47	0.03	0.05	0.02	0.11	0.019	0.006	83	26	26	4.1	5.9	15	28	19	3.5
	下層					6.9	3.3	84	11	5.2	4.9	2.9	1.6	0.87	0.35	0.15	0.04	0.21	0.041	0.037	57	25	27	4.3	6.0	15	24	17	6.0	
湖心	上層	11:00	28.0	0.69	6.1	25.6	9.1	12	17	8.8	5.1	3.8	2.9	0.80	0.03	<0.01	0.02	0.082	0.019	0.006	69	29	26	4.2	5.7	15	32	20	1.9	
	下層					7.1	6.9	23	8.4	5.0	3.8	2.9	0.86	0.49	0.13	0.02	0.03	0.080	0.019	0.014	45	29	29	4.4	6.1	16	33	20	2.2	
西の洲沖	上層	12:37	26.4	0.62	5.5	24.9	9.1	10	18	8.6	5.0	3.7	3.0	0.81	0.03	<0.01	0.01	0.078	0.013	0.004	55	29	28	4.2	6.1	15	33	21	1.3	
	下層					7.2	6.5	33	8.3	5.0	3.9	2.9	0.92	0.44	0.10	0.03	0.02	0.10	0.016	0.010	53	29	29	4.5	6.3	16	32	21	1.6	
麻生沖	上層	10:12	25.9	0.63	1.6	23.9	9.2	11	20	10	5.2	3.9	3.0	0.84	0.03	<0.01	<0.01	0.084	0.012	0.005	64	29	29	4.4	6.1	15	36	20	1.0	
	下層					8.9	10	23	9.1	5.0	3.8	3.0	0.84	0.32	0.03	<0.01	<0.01	0.088	0.009	0.003	67	29	30	4.6	6.4	16	37	20	1.1	
土浦沖	上層	14:56	25.6	0.72	2.5	27.0	8.8	8.7	17	8.6	5.0	3.5	2.9	1.6	1.1	0.21	0.57	0.02	0.089	0.020	0.010	59	24	25	4.9	5.3	16	20	22	5.2
	下層					8.6	8.8	19	8.6	4.9	3.5	2.9	1.6	1.1	0.23	0.58	0.02	0.11	0.019	0.011	59	24	26	4.9	5.4	17	20	22	5.4	
山王川沖	上層	12:46	27.9	0.38	1.8	27.0	9.4	12	34	15	6.3	4.1	3.2	1.6	0.67	0.03	0.27	0.01	0.16	0.022	0.009	130	20	18	3.5	4.2	13	15	17	7.4
	下層					9.4	11	38	13	5.7	4.1	3.0	1.7	0.81	0.06	0.42	0.01	0.17	0.025	0.014	120	20	18	3.6	4.1	13	14	17	7.7	
安塚沖	上層	7:16	22.7	0.55	1.9	24.3	8.9	10	18	9.4	5.2	3.5	2.9	4.0	3.3	0.08	2.7	0.07	0.13	0.022	0.011	99	26	18	4.1	6.3	15	20	21	10
	下層					8.0	11	10	8.4	5.1	3.4	2.8	4.3	3.6	0.06	3.1	0.08	0.10	0.015	0.006	86	27	19	4.4	6.6	15	21	21	10	
阿玉沖	上層	7:54	24.0	0.59	4.9	25.2	8.6	9.0	20	9.4	5.6	3.8	3.2	2.1	1.4	0.13	0.81	0.04	0.15	0.024	0.011	86	25	22	3.9	7.7	17	21	18	7.6
	下層					7.4	6.9	18	8.1	5.6	3.7	3.1	1.9	1.4	0.16	0.84	0.04	0.10	0.016	0.008	56	25	23	4.1	8.2	17	21	17	7.8	
武井沖	上層	8:23	23.5	0.61	7.2	25.3	8.8	10	17	10	6.3	4.0	3.2	2.1	1.2	0.29	0.38	0.04	0.16	0.060	0.024	130	28	24	3.8	7.6	16	28	18	4.0
	下層					7.0	5.8	34	8.9	5.7	4.2	3.2	1.8	1.4	0.40	0.36	0.04	0.11	0.075	0.091	35	28	25	3.9	8.1	17	29	18	4.4	
釜谷沖	上層	8:51	24.4	0.81	6.3	24.7	8.9	11	12	8.3	5.8	3.9	3.2	1.5	1.0	0.34	0.22	0.03	0.079	0.023	0.009	55	29	25	3.7	7.6	16	30	17	3.3
	下層					7.1	6.2	25	8.3	5.4	3.9	3.1	1.5	1.2	0.24	0.21	0.03	0.088	0.025	0.019	29	29	26	4.0	7.9	17	30	17	3.6	
川木沖	上層	9:17	25.4	0.82	2.8	24.2	9.1	13	28	14	6.9	4.5	3.3	2.1	0.88	0.05	0.20	0.03	0.20	0.078	0.041	81	29	29	4.0	7.9	16	31	17	3.8
	下層					8.0	5.8	28	8.7	5.5	3.8	3.1	1.3	0.93	0.27	0.23	0.03	0.083	0.012	0.009	46	29	32	4.2	8.3	17	31	17	3.9	
外浪逆浦	上層	9:42	25.2	0.65	2.3	24.9	9.2	11	16	9.2	5.1	4.4	3.1	0.87	0.35	0.03	<0.01	0.11	0.009	0.003	59	32	57	5.8	10	19	42	20	1.4	
	下層					8.5	7.3	20	8.3	5.1	3.8	3.1	0.81	0.34	0.04	<0.01	<0.01	0.087	0.009	0.007	54	31	59	6.0	10	19	42	20	1.6	











表 9 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (12月)

採水層	採水時刻	平成26年12月19日											晴れ																
		気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	OD (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> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</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)	EC (mSm <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
掛高沖	上層	7:43	3.1	1.00	3.9	8.0	11	8	5.7	4.8	3.1	2.7	1.2	1.0	0.04	0.61	<0.01	0.045	0.013	0.002	16	23	21	3.9	5.2	14	24	23	4.7
	下層																												
木原沖	上層	8:23	4.2	0.82	5.5	7.3	11	13	6.2	4.8	3.3	2.9	1.0	0.83	0.06	0.40	<0.01	0.046	0.013	0.003	17	23	20	3.8	5.1	14	24	21	10
	下層																												
牛込沖	上層	10:11	6.4	1.05	6.4	7.3	11	8	6.5	5.0	3.5	3.0	1.0	0.77	0.06	0.34	0.01	0.064	0.013	0.003	25	23	22	3.8	5.3	13	27	19	3.0
	下層																												
高浜沖	上層	11:11	5.3	0.96	4.1	8.1	12	8	6.7	4.8	3.7	2.6	1.6	1.2	0.03	0.76	0.02	0.057	0.017	0.003	38	21	17	3.3	5.0	13	18	19	4.9
	下層																												
玉違沖	上層	11:46	6.4	0.92	6.5	8.7	12	8	6.3	4.7	3.7	2.8	1.3	1.0	0.04	0.63	0.01	0.055	0.015	0.004	31	22	20	3.5	5.3	13	23	20	4.3
	下層																												
湖心	上層	12:12	6.9	0.88	6.0	8.0	12	11	6.4	4.8	4.0	3.0	0.91	0.68	0.04	0.27	<0.01	0.053	0.013	0.003	26	24	23	3.9	5.4	14	28	21	2.8
	下層																												
西の洲沖	上層	12:42	8.1	0.58	5.5	7.9	11	25.0	7.6	5.1	4.1	3.1	1.0	0.66	0.11	0.19	<0.01	0.082	0.018	0.009	34	25	24	3.9	5.5	14	30	21	2.7
	下層																												
麻生沖	上層	13:09	8.6	0.55	1.8	8.0	12	16	7.4	5.2	4.3	3.2	0.91	0.92	0.02	0.14	<0.01	0.075	0.014	0.003	43	29	30	4.2	6.2	14	40	21	2.9
	下層																												
土浦沖	上層	7:24	2.5	1.10	2.5	7.9	11	6	5.6	4.6	3.1	2.6	1.7	1.6	0.08	1.0	0.01	0.051	0.015	0.006	14	39	22	4.4	5.4	16	25	24	6.6
	下層																												
山王川沖	上層	10:50	6.3	1.05	1.7	7.8	12	10	5.6	3.8	2.9	2.1	2.0	1.7	0.03	1.3	0.02	0.058	0.016	0.005	37	19	15	2.7	4.8	13	13	20	8.0
	下層																												
安塚沖	上層	15:51	7.9	1.12	2.2	7.2	10	6	3.9	3.0	1.8	1.5	6.5	6.3	0.23	5.7	0.07	0.081	0.040	0.033	3	35	24	3.4	8.8	18	29	23	13
	下層																												
阿玉沖	上層	15:30	8.9	0.92	4.9	7.2	13	10	5.9	3.5	2.7	1.9	4.3	4.0	0.03	3.3	0.04	0.051	0.011	0.002	44	32	21	3.2	8.6	17	26	21	10
	下層																												
武井沖	上層	15:05	8.8	0.90	7.3	7.3	13	12	7.2	4.7	4.1	2.7	2.0	1.7	0.02	1.1	0.03	0.049	0.011	0.002	64	29	21	3.4	7.3	15	27	19	3.3
	下層																												
釜谷沖	上層	14:40	8.2	0.91	6.4	7.4	13	13	7.7	5.0	4.5	3.1	1.2	0.96	0.02	0.50	0.02	0.050	0.011	0.001	62	28	21	3.3	7.0	14	26	19	1.0
	下層																												
川木沖	上層	14:23	8.5	0.72	2.9	7.4	13	16	8.0	5.1	4.7	3.1	1.0	0.76	0.02	0.34	0.01	0.049	0.010	0.001	57	32	24	3.4	7.2	15	30	20	0.9
	下層																												
外浪逆浦	上層	13:42	8.1	0.95	2.3	7.4	12	8	6.7	4.9	4.1	3.2	0.79	0.51	0.02	0.14	<0.01	0.048	0.010	0.001	33	43	44	4.6	8.1	16	63	23	3.1
	下層																												





表 11 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (2月)

採水層	平成27年2月10日										晴れ																		
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mgL <sup>-1</sup> )	SS (mgL <sup>-1</sup> )	OD (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> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</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)	EC (mSm <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
掛馬沖	上層	7:31	3.2	1.11	4.1	7.7	8.8	6	6.4	4.7	3.8	2.8	1.0	0.74	0.02	0.42	0.002	0.046	0.014	0.002	25	28	23	3.9	5.7	13	28	19	3.1
	下層					7.9	9.1	6	6.4	4.8	3.7	2.8	1.0	0.76	0.02	0.43	<0.01	0.047	0.012	0.002	24	28	23	3.8	5.7	13	27	20	3.2
木原沖	上層	8:08	3.4	1.20	5.9	7.7	8.1	5	6.2	4.9	3.8	2.9	1.0	0.71	0.02	0.39	<0.01	0.044	0.014	0.002	25	28	24	3.8	6.0	15	28	20	2.9
	下層					7.8	8.4	6	6.3	4.7	3.8	2.9	1.0	0.72	0.03	0.39	0.01	0.047	0.013	0.002	27	28	24	3.8	6.0	15	29	20	3.1
牛込沖	上層	8:30	3.5	1.15	6.6	7.7	8.8	7	6.4	4.7	3.8	2.9	1.0	0.73	0.03	0.39	<0.01	0.046	0.015	0.002	28	28	24	3.8	6.0	15	30	20	3.3
	下層					7.8	8.6	7	6.4	4.7	3.9	2.9	1.0	0.73	0.03	0.39	<0.01	0.051	0.013	0.002	28	28	25	3.8	6.1	15	30	20	3.1
高浜沖	上層	8:58	3.8	1.21	4.5	7.8	8.5	6	6.1	4.2	3.5	2.6	1.6	1.3	0.02	1.0	0.01	0.050	0.015	0.003	27	25	20	3.2	5.8	14	21	19	5.3
	下層					7.9	9.0	7	6.2	4.4	3.5	2.5	1.6	1.3	0.03	1.0	0.01	0.053	0.014	0.004	27	25	20	3.2	5.8	14	21	19	5.2
玉造沖	上層	9:58	5.0	1.12	7.4	7.8	12	6	6.1	4.4	3.6	2.7	1.3	1.0	0.03	0.69	0.01	0.048	0.014	0.002	30	27	23	3.5	6.0	15	26	20	4.1
	下層					7.9	12	8	6.4	4.7	3.7	2.8	1.2	0.93	0.04	0.60	0.01	0.052	0.012	0.002	28	28	24	3.7	6.1	15	28	20	3.7
湖心	上層	10:50	6.9	1.15	6.3	8.0	12	7	6.1	4.6	3.8	2.8	1.0	0.75	0.02	0.41	0.01	0.041	0.013	0.002	29	28	25	3.8	6.1	15	29	20	3.2
	下層					7.9	11	8	6.4	5.0	3.7	2.9	1.0	0.75	0.04	0.41	<0.01	0.048	0.013	0.003	28	28	24	3.8	6.1	15	29	20	3.2
西の洲沖	上層	11:20	7.0	1.16	5.9	7.9	11	8	6.5	4.7	3.9	3.0	0.92	0.69	0.03	0.36	<0.01	0.041	0.012	0.001	30	28	25	3.8	6.1	15	30	20	3.0
	下層					8.0	11	8	6.5	4.7	3.9	2.9	1.0	0.71	0.03	0.37	0.01	0.050	0.012	0.002	29	28	25	3.8	6.1	15	30	20	2.9
麻生沖	上層	12:10	8.0	0.99	2.1	8.0	12	9	6.9	4.8	4.0	2.9	1.0	0.67	0.02	0.34	<0.01	0.053	0.012	0.002	32	31	29	3.9	6.7	15	37	20	3.1
	下層					8.1	12	9	7.0	4.8	4.1	3.0	1.0	0.67	0.02	0.33	<0.01	0.053	0.012	0.002	32	31	30	4.0	6.8	16	37	21	3.2
土浦沖	上層	7:05	3.0	1.00	2.8	7.6	12	7	6.3	4.5	3.5	2.7	1.7	1.5	0.06	1.1	0.01	0.058	0.015	0.003	27	30	25	4.4	6.0	17	29	23	5.4
	下層					7.6	13	9	6.2	4.4	3.5	2.7	1.8	1.5	0.06	1.2	0.01	0.063	0.014	0.003	27	30	25	4.4	5.9	17	29	24	5.7
山王川沖	上層	9:32	3.9	0.98	1.9	7.9	12	7	4.4	3.1	2.3	1.8	2.5	2.2	0.06	2.0	0.02	0.059	0.017	0.006	21	22	16	2.3	4.9	14	13	21	9.1
	下層					7.8	12	8	4.7	3.2	2.4	1.8	2.4	2.2	0.06	1.9	0.02	0.060	0.015	0.006	20	22	16	2.3	4.9	14	13	21	8.9
安塚沖	上層	14:27	8.2	0.95	2.2	8.3	12	12	4.6	2.9	2.0	1.6	6.5	6.5	0.81	5.4	0.07	0.12	0.038	0.029	10	30	20	3.6	9.2	19	24	22	12
	下層					8.3	13	14	4.7	3.1	2.0	1.6	6.4	6.5	0.81	5.4	0.07	0.12	0.038	0.028	12	30	20	3.6	9.2	19	23	24	12
阿玉沖	上層	14:08	8.1	0.95	5.4	8.4	12	11	6.2	3.7	3.2	1.9	4.5	4.4	0.05	4.0	0.06	0.066	0.012	0.003	42	29	21	3.2	9.0	18	25	20	10
	下層					8.4	12	13	6.5	3.7	3.1	1.9	4.6	4.4	0.05	4.0	0.06	0.063	0.012	0.003	45	29	21	3.2	9.0	18	25	19	10
武井沖	上層	13:42	8.0	0.95	7.9	8.4	12	12	6.6	4.2	3.7	2.5	2.3	2.0	0.03	1.7	0.02	0.051	0.009	0.002	48	29	22	3.1	8.2	16	26	18	2.0
	下層					3.4	12	14	6.8	4.5	3.8	2.6	2.1	1.8	0.03	1.5	0.02	0.053	0.009	0.002	49	29	23	3.2	8.1	16	27	18	1.2
釜谷沖	上層	13:15	7.5	1.15	6.7	8.5	12	10	7.0	4.8	4.2	2.8	1.4	1.1	0.03	0.76	0.01	0.047	0.008	0.001	37	28	23	3.3	7.9	16	28	18	<0.1
	下層					8.5	12	16	7.4	4.8	4.2	2.8	1.4	1.0	0.03	0.73	0.01	0.057	0.008	0.001	37	28	23	3.3	7.8	15	27	17	<0.1
川木沖	上層	13:00	7.3	0.85	3.2	8.3	13	13	6.9	4.8	4.3	2.9	1.1	0.85	0.02	0.53	0.01	0.050	0.010	0.002	34	30	26	3.3	8.0	16	31	18	<0.1
	下層					8.3	13	13	7.2	4.7	3.9	2.8	1.1	0.86	0.02	0.53	0.01	0.050	0.009	0.002	30	30	26	3.4	8.2	16	32	19	<0.1
外浪逆浦	上層	12:39	8.1	0.90	2.5	8.0	11	10	6.7	5.1	4.0	3.1	1.0	0.62	0.03	0.27	0.01	0.056	0.014	0.003	38	46	52	4.8	9.7	18	75	22	2.6
	下層					8.0	12	10	6.8	5.0	4.1	3.1	1.0	0.65	0.04	0.27	0.01	0.060	0.012	0.003	41	46	53	4.9	9.8	18	75	22	2.6

表 12 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (3月)

	平成27年3月17日				晴れ																									
	採水層	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	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> )	NH <sub>4</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mgL <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</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/L)	EC (mSm <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	14:29	18.0	0.75	3.8	11.3	8.7	12	11	7.6	4.6	3.6	2.9	1.2	0.83	0.02	0.47	0.01	0.080	0.015	0.003	32	27	23	3.8	5.8	15	27	22	3.3
	下層																													
木原沖	上層	14:08	18.2	0.78	5.3	11.2	8.6	13	10	7.1	4.6	3.7	3.0	1.1	0.81	0.02	0.48	0.01	0.052	0.011	0.002	31	27	23	3.8	5.9	15	27	22	3.3
	下層																													
牛込沖	上層	13:48	17.0	0.81	6.0	10.6	8.7	13	9	7.4	4.9	3.8	3.0	1.0	0.70	0.02	0.36	<0.01	0.056	0.009	0.002	26	27	24	3.8	6.1	16	27	21	3.1
	下層																													
高浜沖	上層	12:15	17.1	0.65	3.8	10.6	8.7	13	13	7.5	4.4	3.6	2.6	1.7	1.2	0.02	0.99	0.01	0.073	0.013	0.003	54	24	20	3.3	5.7	15	21	19	4.9
	下層																													
玉造沖	上層	11:56	17.5	0.80	6.7	10.9	8.8	14	10	6.9	4.3	3.5	2.8	1.5	1.1	0.03	0.84	0.01	0.055	0.011	0.001	37	26	21	3.4	6.0	15	24	20	4.3
	下層																													
湖心	上層	11:17	17.3	0.91	5.9	9.1	8.7	12	8	6.6	4.6	3.9	3.0	1.0	0.66	0.03	0.34	<0.01	0.049	0.010	0.001	31	29	27	3.9	6.6	16	33	22	2.6
	下層																													
西の洲沖	上層	10:56	16.2	0.82	5.5	10.0	8.5	13	9	6.8	4.5	3.8	3.0	1.0	0.72	0.03	0.40	<0.01	0.051	0.010	0.001	31	29	26	3.9	6.5	16	32	22	3.0
	下層																													
麻生沖	上層	10:27	15.7	0.65	1.7	9.9	8.7	13	10	7.0	4.7	3.7	3.0	1.0	0.62	0.02	0.30	<0.01	0.048	0.009	0.001	36	29	26	3.9	6.4	16	32	21	2.6
	下層																													
土浦沖	上層	14:57	17.5	0.90	2.3	12.5	8.1	11	10	5.9	3.6	2.5	2.1	2.1	1.9	0.07	1.6	0.02	0.063	0.014	0.005	25	26	19	3.5	5.8	19	20	26	8.2
	下層																													
山王川沖	上層	13:06	16.7	0.55	1.7	12.2	8.6	12	16	6.2	3.2	2.5	2.1	2.4	1.9	0.02	1.7	0.02	0.086	0.015	0.005	56	20	14	2.4	4.7	13	12	19	7.8
	下層																													
安塚沖	上層	7:45	14.3	1.25	1.9	10.6	7.8	8.6	5	4.4	2.9	1.9	1.7	8.1	7.8	1.4	6.2	0.08	0.15	0.075	0.067	4	34	20	4.4	9.9	20	24	24	13
	下層																													
阿玉沖	上層	8:14	14.6	1.07	4.9	9.8	8.4	13	9	6.0	3.4	2.4	2.1	4.5	4.2	0.03	3.8	0.06	0.076	0.013	0.003	54	29	21	3.4	8.7	18	24	21	10
	下層																													
武井沖	上層	8:39	14.4	1.12	7.2	9.1	8.4	12	8	6.3	4.3	3.2	2.7	2.2	1.9	0.04	1.6	0.02	0.050	0.008	0.001	32	29	23	3.2	8.3	17	28	19	1.3
	下層																													
釜谷沖	上層	9:09	13.6	1.24	6.3	9.2	8.2	12	8	6.5	4.5	3.9	2.8	1.6	1.3	0.03	1.0	0.01	0.037	0.006	0.001	30	29	24	3.3	8.2	16	28	19	<0.1
	下層																													
爪木沖	上層	9:29	15.2	0.86	2.9	9.6	8.1	11	10	6.3	4.6	4.0	2.8	1.3	1.0	0.03	0.72	0.01	0.048	0.007	0.001	19	29	25	3.4	8.2	16	30	20	<0.1
	下層																													
外浪逆浦	上層	9:57	16.1	0.68	2.5	9.1	8.6	12	17	7.6	4.8	4.2	3.1	1.0	0.62	0.03	0.28	<0.01	0.067	0.011	0.002	44	32	32	4.1	7.3	16	41	21	2.4
	下層																													

## 1-4 アオコ調査事業

### 1 目的

霞ヶ浦のアオコ発生に関しては、アオコ回収等の対策に資する調査・研究が求められている。本事業では、アオコの原因となる藍藻類の出現状況を把握して、関係機関等に迅速に情報提供すると共に、アオコの発生要因について検討し、発生予測の精度を上げることを目的とする。

### 2 方法

#### (1) 調査期間

平成 26 年 6 月 4 日から平成 26 年 9 月 9 日（計 12 回）

#### (2) 調査地点

西浦調査は土浦港、土浦沖、湖心、山王川沖、高浜沖の 5 地点、北浦調査は安塚沖、武田川沖、釜谷沖の 3 地点で実施した(図1)。

#### (3) 測定項目及び測定方法

連続流れ分析法により全窒素・全リン(TN, TP)、各態窒素・リン( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ )濃度を測定した。フィコシアニン濃度は、湖水を一定量ろ過してリン酸緩衝液で抽出し、蛍光光度計を用いて検量線法で測定した。クロロフィル濃度も湖水を一定量ろ過してエタノールで抽出し、吸光光度計を用いてコネスコ法で算出した。また、採水時にグルタルアルデヒドを添加した試料を用意し、検鏡により植物プランクトンの同定計数も行った。



図1 調査地点図

### 3 アオコの発生状況

#### (1) フィコシアニン濃度の推移

フィコシアニンは、アオコの原因となる藍藻類等に含まれている色素で、すべての植物プランクトンに含まれているクロロフィルよりも、アオコの現存量を反映しやすいと考えられる。

フィコシアニン濃度は、西浦では山王川沖と高浜沖で、北浦では武田川沖でフィコシアニン濃度が高くなった。どちらも6月中旬が高く、山王川沖と高浜沖では  $400 \mu\text{g/L}$  程度（アオコレベル 2～3 程度）、武田川沖では  $1200 \mu\text{g/L}$  程度（アオコレベル 3 程度）であった。また、水温が高い 8 月にはフィコシアニン濃度は低く、 $300 \mu\text{g/L}$  程度（アオコレベル 2 程度）で推移する地点が多かった。

例年、濃度が高くなる土浦港では最大  $116 \mu\text{g/L}$  であり、昨年度より大幅に低かった（昨年度：最大  $1590 \mu\text{g/L}$ , H25.8.16）。

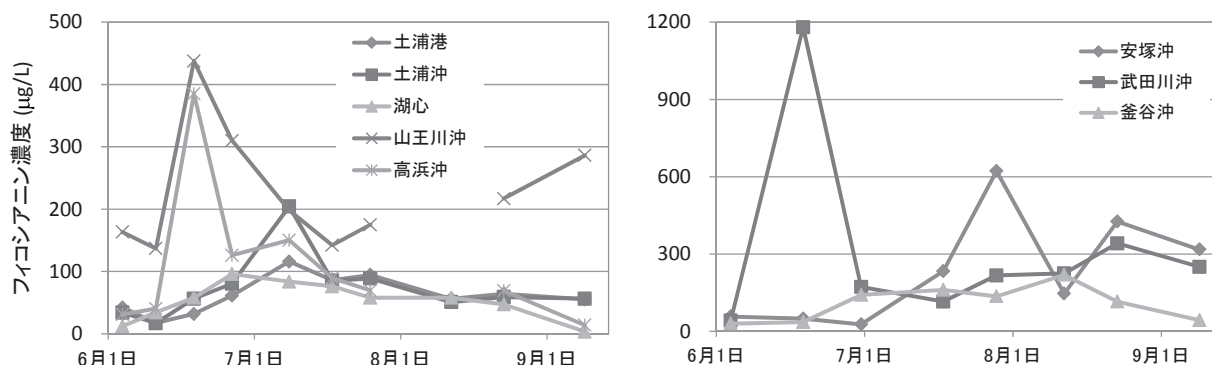


図2 フィコシアニン濃度の推移（左：西浦，右：北浦）

(2) 植物プランクトンの組成

図3に藍藻類の組成を示す。平成25年度と比べると、26年度の発生細胞数は藍藻類自体少なく、アオコの原因となる *Microcystis* や *Anabaena* の割合も小さかった。

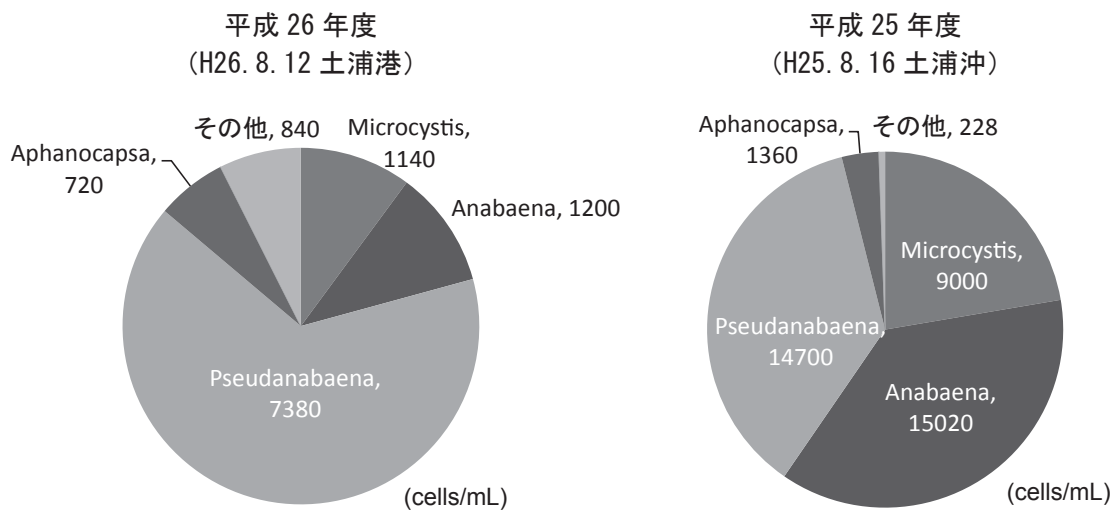


図3 平成26年度（左図）と25年度（右図）の藍藻類の組成

4 栄養塩及び気象条件との関係

(1) 栄養塩

図4に溶存態無機窒素（DIN）及びリン酸態リン（ $PO_4\text{-P}$ ）の濃度の推移を示す。昨年度と比較すると、26年度のほうが窒素，リンともに濃度が高い傾向にあり、アオコの発生が少なかった要因としての栄養塩の影響は少ないと考えられる。

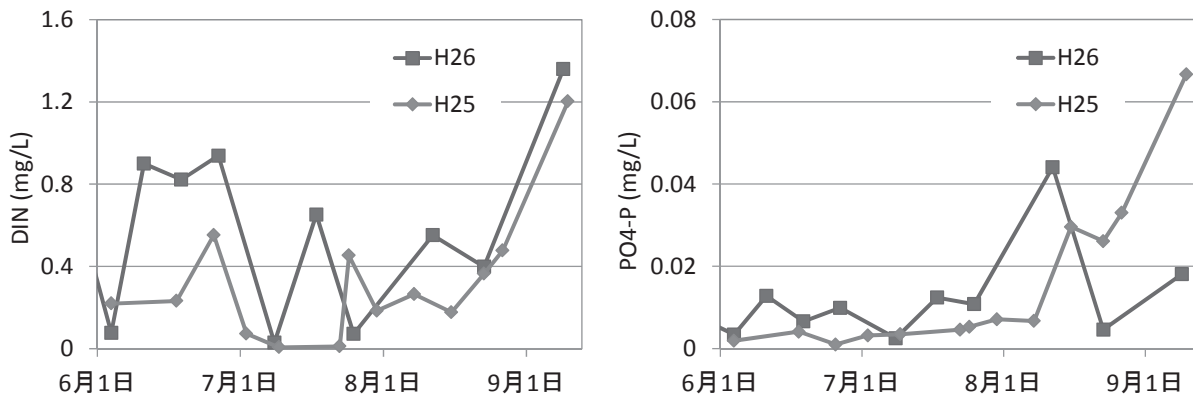


図4 溶存態無機窒素（DIN）とリン酸態リン（ $PO_4\text{-P}$ ）の25年度との比較

(2) 日照・降水

図5に、平成23年度から26年度の6、7、8月の合計日照時間を示す（点線は平年値）。近年は7～8月に平年値を超える日照時間であったのに対し、26年度は *Microcystis* の増殖ピークを向かえる8月に近年と比べると日照時間が少なかった（これに伴い、8月の平均水温も昨年度に比べて低かった。）。また、26年度の気象の特徴としては、晴天が長く続かず、降雨の頻度が高かった。図6に、1日に5mm以上の降雨が観測された日数を示す。6～8月いずれの月も26年度の降雨日数が一番多かった。

これらのことから、26年度の気象条件は、アオコの原因となる植物プランクトンの増殖に最適ではなかったと考えられる。

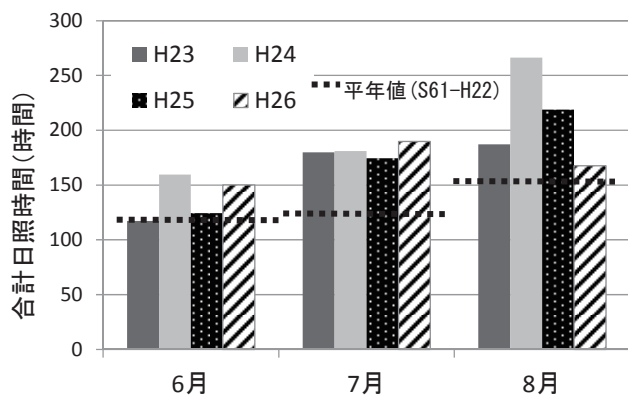


図5 6～8月の合計日照時間 (土浦)※

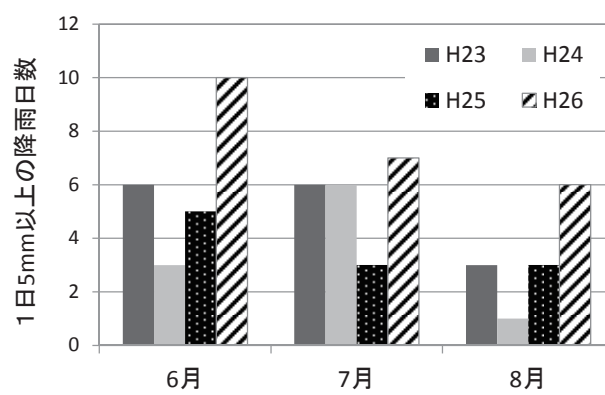


図6 1日5mm以上の降雨日数 (土浦)※

※ 気象庁 web ページ (<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 気象統計情報) より

## 1-5 銚田川流域における蓄積窒素調査事業

### 1 目的

県では湖沼水質保全計画等を通して、霞ヶ浦流域における窒素投入量の削減をしているが、銚田川の窒素濃度は長年上昇傾向にある（図1）。近年では窒素濃度が約10 mg/Lと年間を通して高く、その窒素濃度の多くは硝酸態窒素（NO<sub>3</sub>-N）である。銚田川流域には畑地が広く分布していることから、堆肥等により畑地に投入された窒素成分が地下を通して河川に流出していることが考えられる。施肥された窒素は、有機態から無機態への分解や、地下水から河川への流出に時間がかかるため、流域内に一時的に蓄積していると考えられる。

そこで、本事業では窒素について畑地土壌の鉛直分布と河川及び地下水の水質の調査を実施して、窒素の“蓄積”を把握することを目的とした。

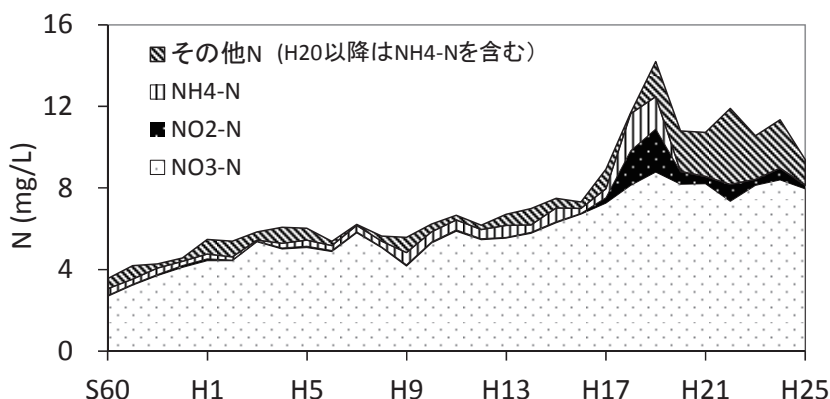


図1 銚田川の窒素濃度（公共用水域及び地下水の水質測定結果より）

### 2 方法

#### (1) 調査地点・頻度

土壌ボーリング調査は、平成26年9月に図2のBに位置する畑地（標高：約31m）で行った。この畑地では、ビニールハウスでメロンを栽培している。なお、調査日はメロンを収穫してから数か月経過しており、その間は施肥されていない。

河川調査は、h1～6の銚田川支流を対象に月1回の頻度で行った。

地下水調査は2か月に1回の頻度でI1（地下水位：約10m）、I2（地下水位：約40m）、I3（地下水位：約8m）の3地点で住宅にある井戸水を蛇口から採取した。I1とI2は畑地の中に立地し、I3は住宅集落の中に立地している。

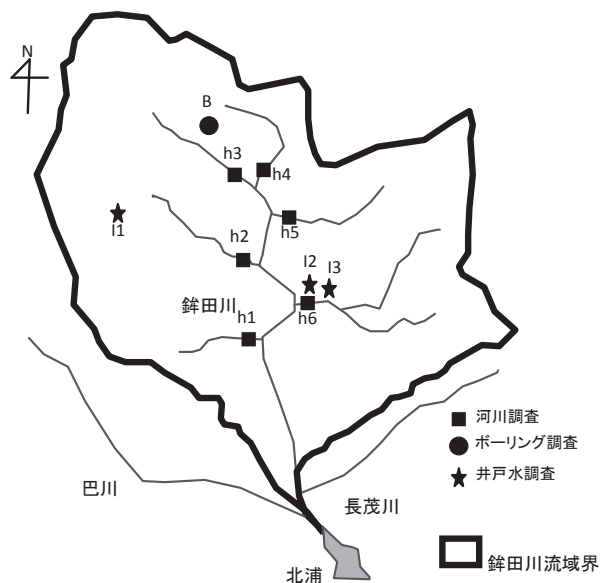


図2 調査地点

#### (2) 分析項目・方法

土壌本体の分析項目は全窒素（TN）で、元素分析計で分析した。

土壌間隙水（湿潤土壌を遠心分離、または蒸留水で抽出して採取）及び河川水、地下水の分析項目はTN、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）で、オートアナライザーによる連続流れ分析法で分析した。

### 3 畑地の土壌分析結果

土壌はボーリングマシンによって深さ 10 m を掘り、土性の変化に応じて層別に採取した。土質は、表層から 0.8 m が耕作土、0.8~2.7 m がローム、2.7~4.8 m が凝灰質粘土、それ以深が細砂であった。

土壌及び土壌間隙水の窒素濃度の測定結果を図 3 に示す。土壌の窒素含有量は表層で高く、1.3 mg/g-dry であった。土壌間隙水の溶存態窒素 (DTN) は NO<sub>3</sub>-N が大半を占めており、NO<sub>3</sub>-N 濃度は全深度において 8 mg/L 以上であった。特に表層に近いほど高く、深度 0~0.8 m の土壌は 74 mg/L、深度 0.8~2.4 m の土壌は 61 mg/L であった。また、NO<sub>2</sub>-N や NH<sub>4</sub>-N の濃度は、表層よりも地下水路付近の 7 m 以深で高かった。

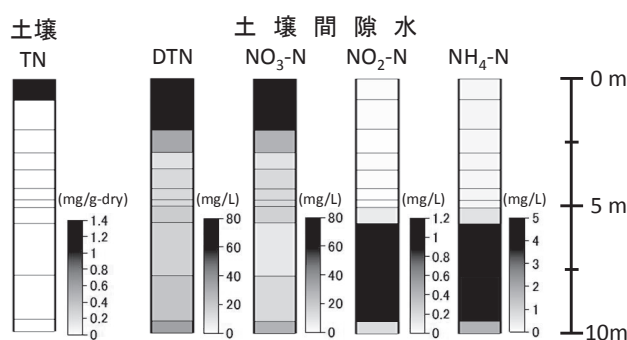


図 3 畑地土壌の窒素分布

### 4 河川水及び地下水の水質調査結果

支流の窒素濃度を図 4 に示す。なお、銚田川流域は農業が盛んであるため、かんがい期 (4 月から 9 月, 図 4 (a)) と非かんがい期 (10 月から 3 月, 図 4 (b)) に分けて示した。かんがい期, 非かんがい期どちらの時期においても、すべての支流で全窒素濃度は 5 mg/L を超えた。この中で一番高かった支流は h6 で、年平均で 13.7 mg/L であった。また、いずれの支流も全窒素濃度の大半を NO<sub>3</sub>-N が占めていた。かんがい期と非かんがい期を比べると、全支流で非かんがい期のほうが濃度は高かった。なお、h6 については、ほかの支流と比べて NO<sub>2</sub>-N や NH<sub>4</sub>-N の濃度が高く、ほかの支流とは異なる窒素負荷源が存在する可能性がある。

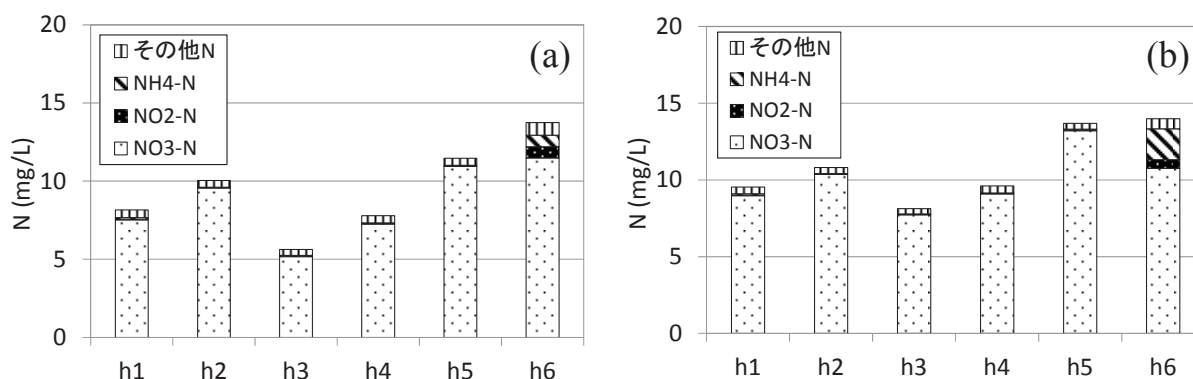


図 4 銚田川支流の窒素濃度 ((a)4-9 月平均, (b)10-3 月平均)

図 5 に TN 負荷量を示す。負荷量が一番高かった支流は H6 で、年平均で 4.4 g/s であった。また、全支流において、かんがい期 (4-9 月) より非かんがい期 (10-3 月) のほうが高かった。

次に、地下水の窒素濃度の年平均値を図 6 に示す。地点によって濃度が大きく異なった。一番濃度が高かった井戸は I1 で、22.4 mg/L であった。I1 は周辺に畑地が広がっており、また地下水位も浅いことから、施肥により投入された窒素の影響を受けやすいと考えられる。一方、濃度が低かった井戸は住宅集落の中に立地している I3 であった。

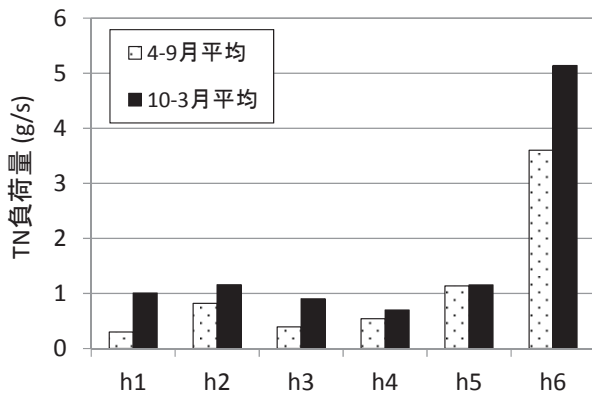


図5 銚田川支流の窒素負荷量

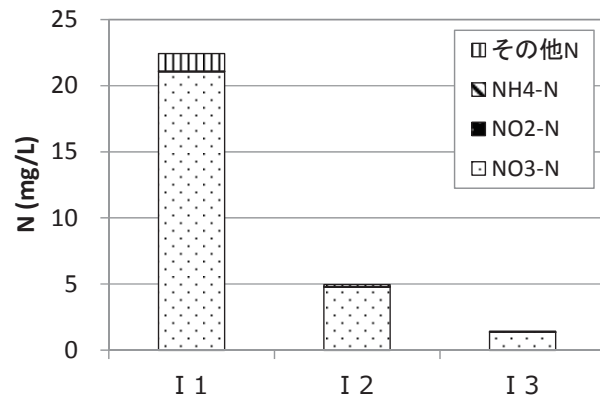


図6 銚田川流域の地下水の窒素濃度

### 5 まとめ

本事業において、銚田川流域の土壌、支流河川、地下水の窒素濃度を把握した。

土壌間隙水中や一部の地下水で高い濃度の NO<sub>3</sub>-N が観測された。これらは、過去に流域に投入されて蓄積しているものと考えられ、現在の銚田川の窒素濃度に影響を及ぼしていると考えられる。



## 1-6 霞ヶ浦流域からの負荷量の推定に関する研究

### 1 目的

霞ヶ浦流域においては、流入負荷量と排出負荷量の乖離が確認されている。その原因の一つとして、従来用いていた排出負荷量の推定精度が低いことが挙げられていた。そのような理由から平成23年度と24年度に市街地からの排出負荷量調査を実施した結果、乖離の原因は市街地ではない可能性が示唆された。

そこで、実際に流入負荷量と排出負荷量に乖離が見られている河川の複数地点において、流入負荷量と排出負荷量を把握し、両者を比較することで、乖離の原因を把握する。また、クロロフィル計や濁度計などのセンサーによる連続水質調査から負荷量を推定する方法がある。従来のL-Q式による負荷量と比較することで、流入負荷量の推定方法についても検討する。

### 2 調査方法

#### (1) 調査対象河川

園部川

#### (2) 調査地点

羽鳥橋 (①)、新大谷橋 (②)、月見橋 (③)、老田橋 (④)

(図1)

#### (3) 調査期間

平成28年2月まで

#### (4) 調査方法

##### ① 流入負荷量調査

現地では河川水を採取し、実験室に持ち帰り分析する。

##### ② 排出負荷量の推定

調査地点毎の流域内のフレームから排出負荷量を推定する。

##### ③ センサーによる連続水質調査

河岸から組んだ単管にセンサーを設置し、連続観測を行う。

#### (5) 調査項目

##### ① 流入負荷量調査

COD, N, P, SS

##### ② センサーによる水質調査

水位、流速、Chl-a、濁度、電気伝導度

### 3 平成26年度の事業内容

平成27年4月から調査を開始するために、調査地点4地点において、図2のように河岸に単管を組み、上流側から、流速計、クロロフィル・濁度計、電気伝導度計、水深計を設置した。

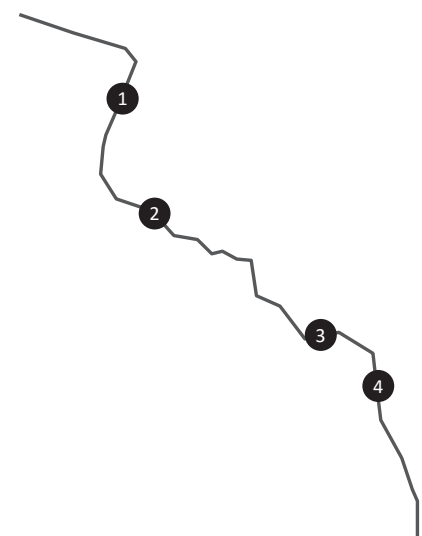


図1 園部川における調査地点

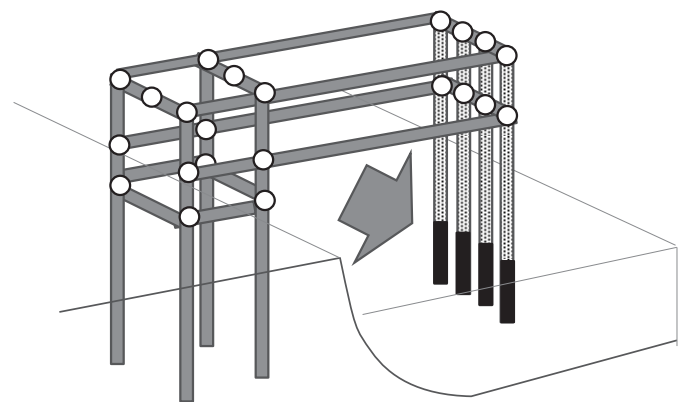


図2 センサーの設置方法

## 1-7 霞ヶ浦における水質変動の要因に関する研究

### 1 目的

霞ヶ浦水質予測モデルを構築し、水質変動の要因解析や水質浄化対策効果の検証を行うことを目的とする。

### 2 実施した研究の概要

平成 25 年度までに、西浦と北浦における水質予測モデルを個別に構築してきた。しかし、これまで構築したモデルでは、霞ヶ浦へ直接流入する下水道施設からの放流量・水質や、湖面に直接降る降雨を考慮していなかった。そのため、本年度は、水収支の再現性を高めるために、霞ヶ浦に直接放流する下水道施設からの放流量・負荷量及び湖面への直接降雨を考慮できるモデルに改良した。

また、従来個別に構築していた西浦と北浦の水質予測モデルを結合し（以下「霞ヶ浦水質予測モデル」）、長期間（平成 18 年度から平成 25 年 1 月）の水質再現性を検証した。

### 3 水質予測モデルの概要

基本構造は北浦水質予測モデル<sup>1)</sup>と同様で、湖水の流動を再現する「流動モデル」と湖内栄養塩や生物・化学的な現象を再現する「生態系モデル」の 2 つにより構成される。なお、本年度に修正した下水道放流水については霞ヶ浦浄化センターと潮来浄化センターを、直接降雨については、気象庁の降雨量データと降水原単位調査で測定された降雨水質を考慮した。

### 4 西浦、北浦水質予測モデルの連結

これまで構築した個別に構築した水質予測モデルを、北利根川を境に連結した。なお、連結後の計算メッシュは、西浦は 450 m、北利根川～外浪逆浦～北浦は 150 m と、従来の計算メッシュを維持した（図 1）。なお、連結するにあたって、流動モデルの計算結果で従来の再現精度が保たれていることを確認した。

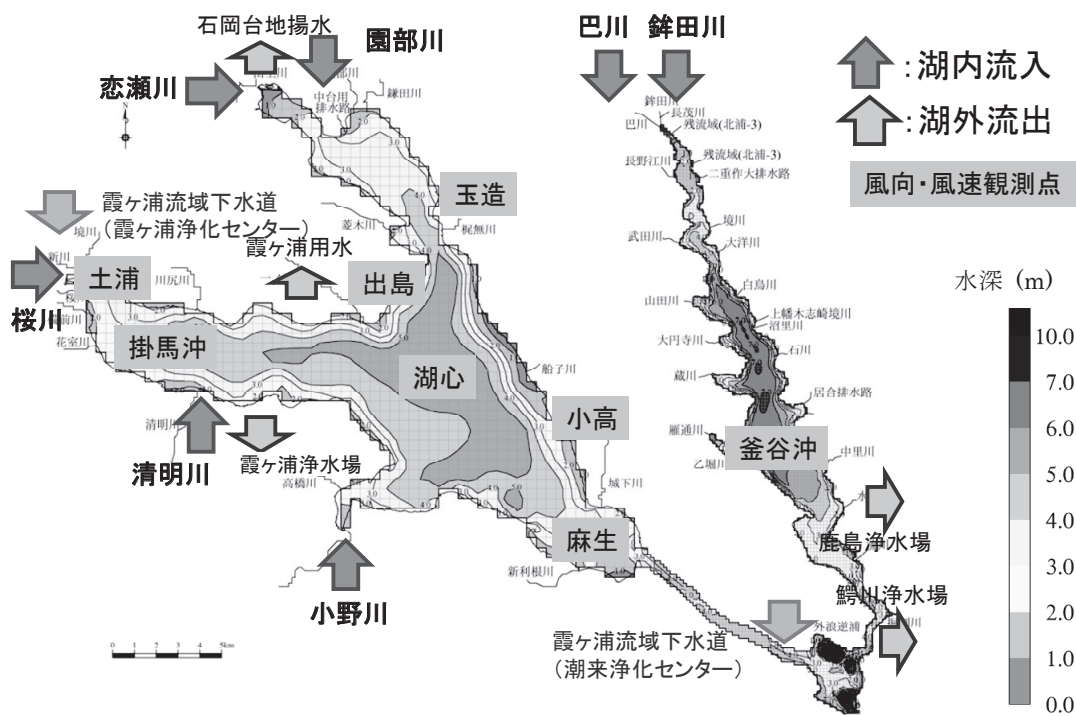


図 1 霞ヶ浦の水深図と流入出及び風向・風速が観測されている地点

## 5 長期間の水質再現結果

霞ヶ浦水質予測モデルを用いて、平成 18 年度から平成 25 年度（平成 25 年度については 12 月まで）の連続計算を実施した。その際の生態系モデルに係るパラメータについては、計算期間の COD、窒素、りんの実測値が観測値を再現できるように決定した。計算結果の再現性については、モデルに含まれていない息栖を除く環境基準点の計算値と観測値の年平均値（H25 年度は 4 月から 12 月までのデータを使用）を比較した。

その結果、COD と窒素については長期間の傾向が概ね再現できているが、特に窒素では、計算値が全体的に過小評価されていることが確認された（図 2）。また、りんについては特に平成 23 年度以降、実測値と計算値の解離が確認された。このように、窒素とりんについては、パラメータ等の修正により再現精度を高める必要がある。

なお、比較的再現性の高い COD について、特に近年で COD の高かった平成 21 年度と低かった H24 年度の面的な分布を比較したところ、COD が高くなる地域については両年ともほぼ同様な傾向であり、平成 24 年度は全域で COD が低下していたことが水質予測モデルによる計算結果からも確認された（図 3）。

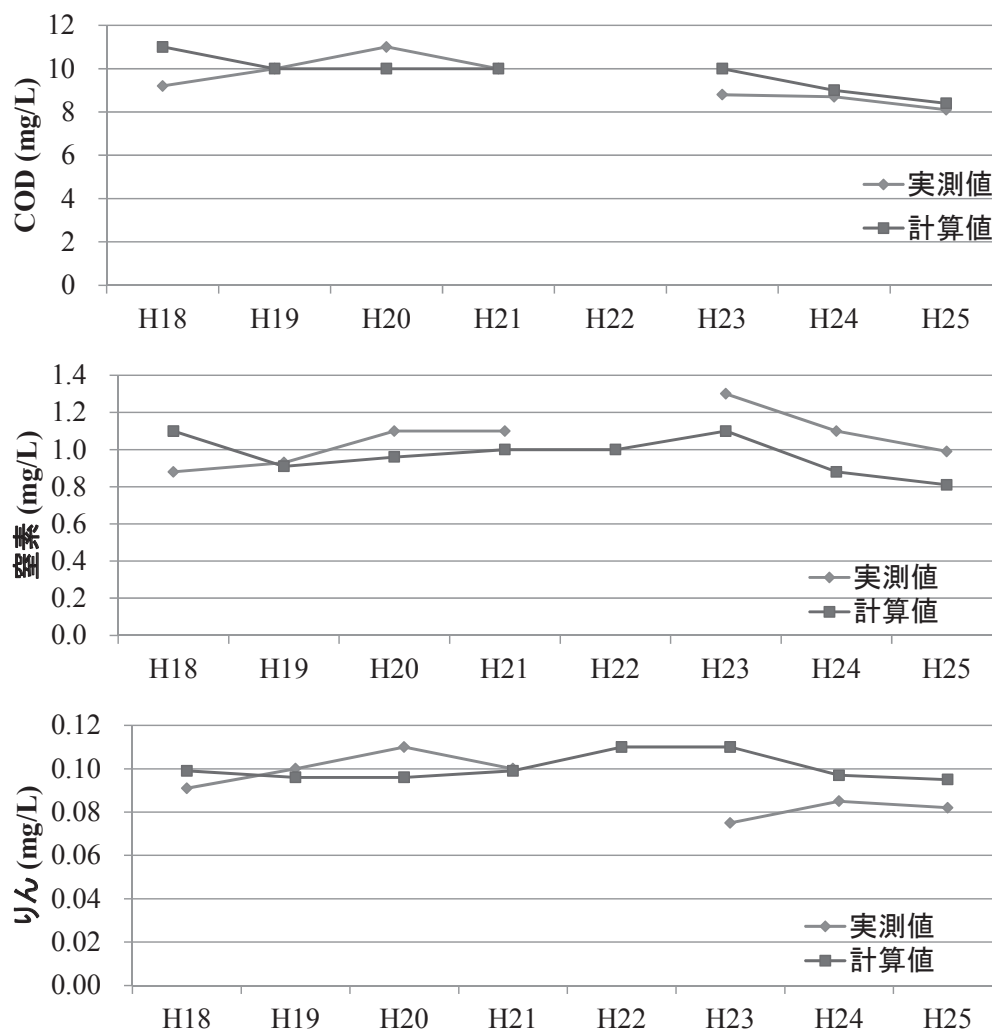


図 2 平成 18 年から平成 25 年度にかけての実測値と水質予測モデルによる計算値の比較

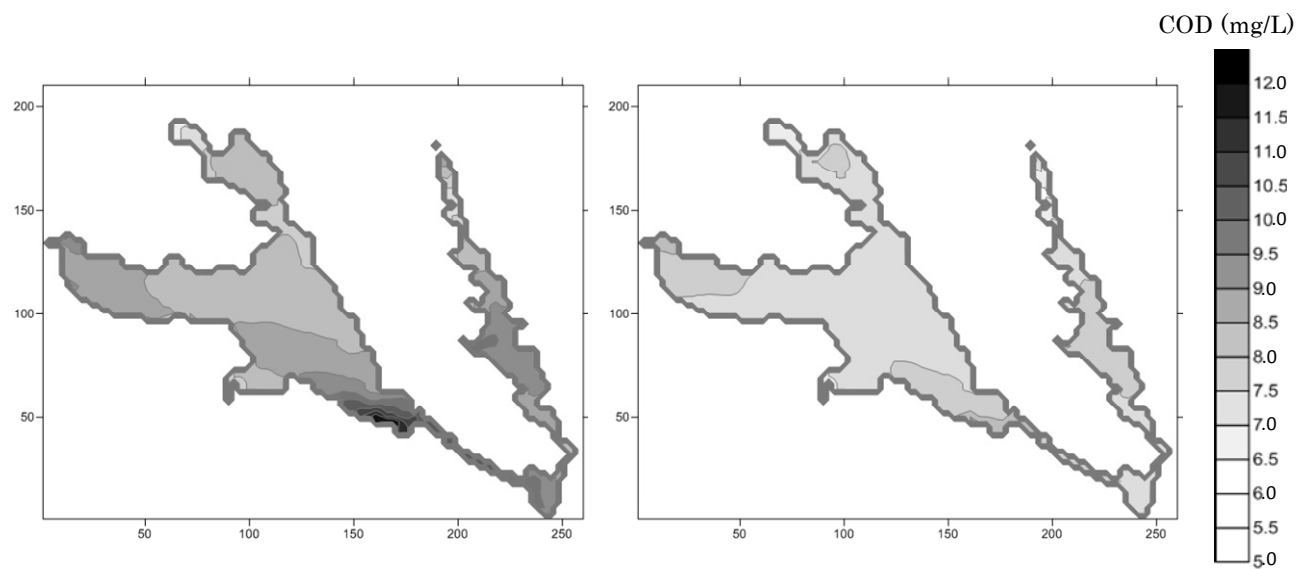


図3 平成21年度（左）と平成24年度（右）におけるCOD年平均値の水平分布

## 6 参考文献

- 1) 神谷（2011）北浦底泥からのリンの溶出が湖水に与える影響について，茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報，第7号，69-97

## 1-8 農業環境負荷低減研究事業

## 1 目的

霞ヶ浦流域からの農地から流出負荷を削減する手段の一つとして、レンコン田からの流出負荷の削減方法を確立することを目的とし、農業総合センター園芸研究所と共同で研究事業を実施した。

## 2 方法

霞ヶ浦流域で、従来の施肥方法を実施したレンコン田（対照区）と、新たな施肥方法（従来の施肥と比較して遅効性）を実施したレンコン田（試験区）の流出水及び田面水の水質分析を行い、成分濃度を比較した。

- ・調査圃場：土浦市田村地区。
- ・圃場面積：対照区，試験区とも 10 a
- ・調査期間：平成 26 年 4 月から 10 月
- ・調査項目：水質（COD，窒素，リン等），流量，降水量，蒸発散量
- ・調査方法： 流出水の採水は，レンコン田の流出口付近に自動採水機を設置し，1 日 1 回採水ポンプが作動するように設定した。ただし，自動採水機の採水口を流出口の水面付近に設置して，流出水がない場合は採水できないようにした。また，自動採水機とは別に週 1 回田面水を採水した。流入水については，調査期間中不定期に，用水ポンプ稼働時に用水路から採水した。

流量については，対照区も試験区も同様の水管理を行っているので，対照区の排水路に三角堰と水位計を設置し，水位から流量を計算した。降水量は土浦のアメダスデータを用いた。蒸発散量はペンマンの式より計算した。

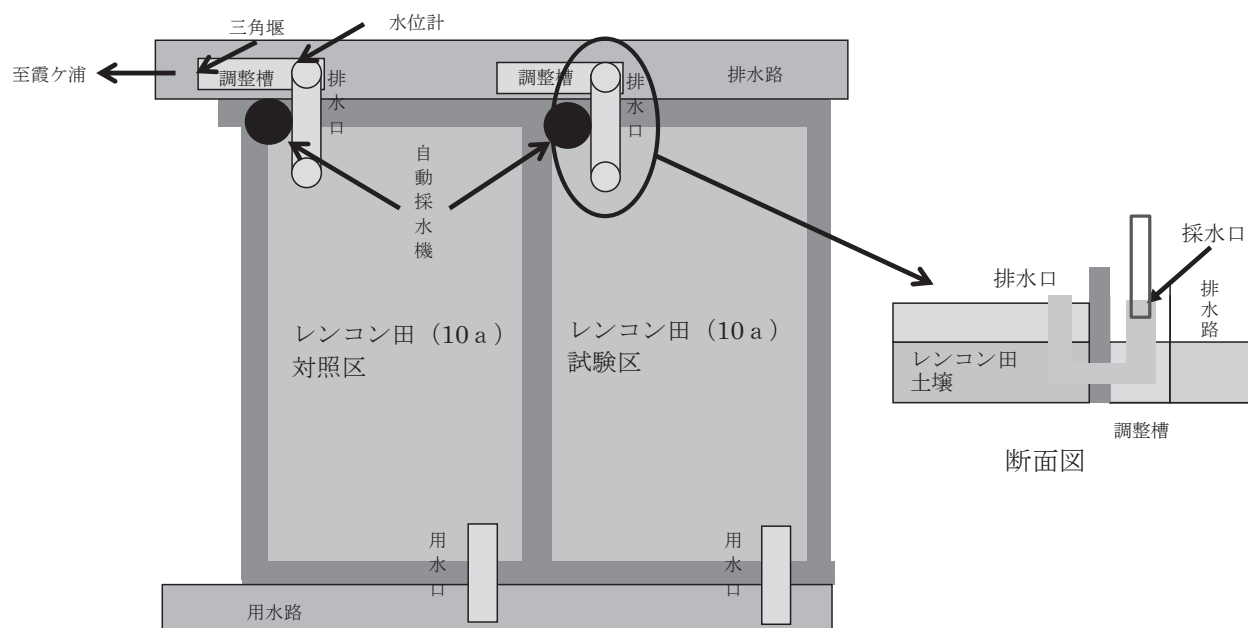


図1 調査圃場 概要図

3 結果の概要

(1) 田面水濃度

調査期間中の田面水中の全窒素，全リン濃度の推移は図2のとおりである。施肥は4月14日に  
行われており，施肥直後に濃度が上昇しているが，試験区の方は濃度が低く抑えられている。

また，溶存態濃度の割合を見ると，施肥直後の田面水では溶存態の割合が高く，施肥の影響が  
考えられる。

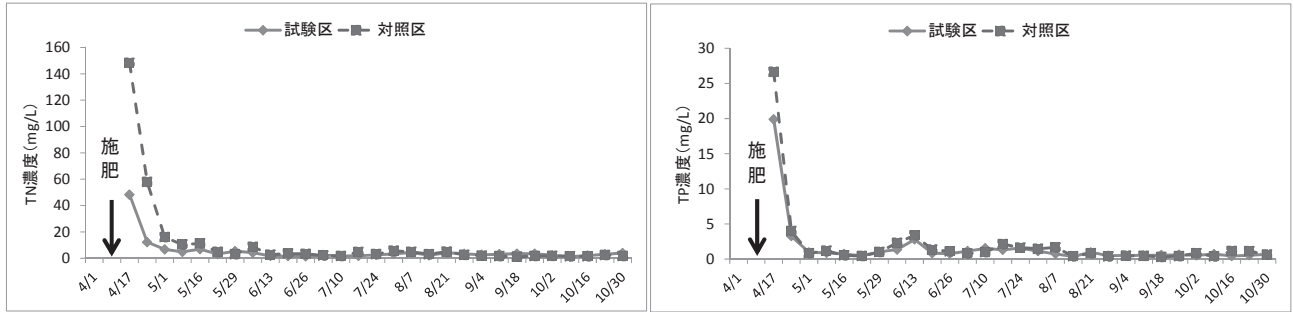


図2 調査期間中の田面水中窒素，リン濃度の推移

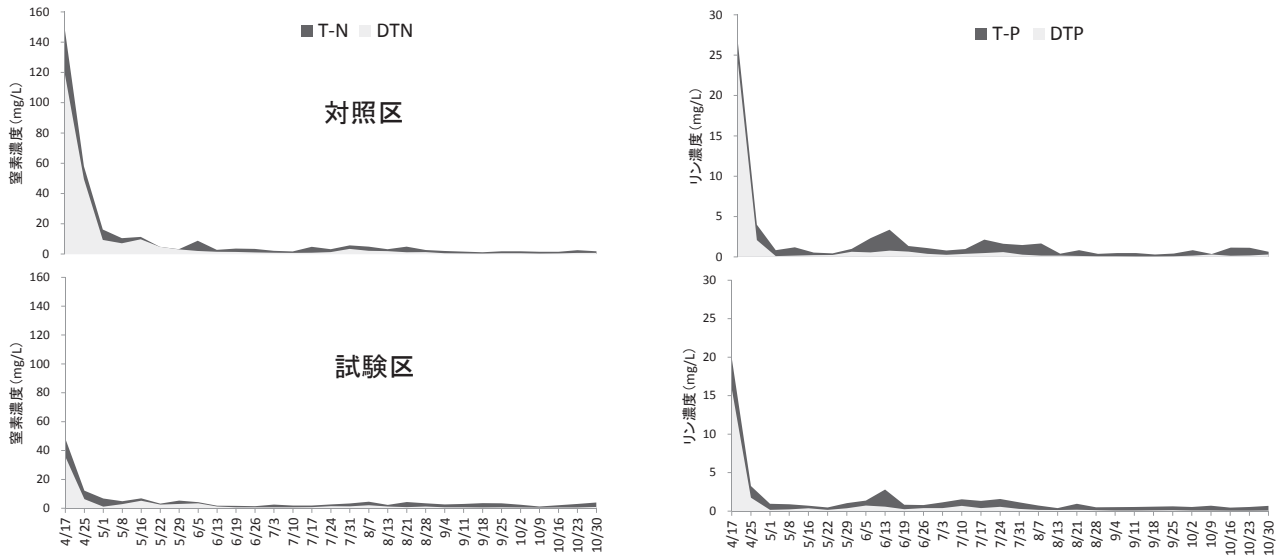


図3 調査期間中の田面水中窒素，リン濃度の溶存態の割合

(2) 水収支

水収支については，最初に圃場からの排水が確認された4月24日から最後に確認された9月11日までで積算した。排水が確認された日数は62日間で，掛け流しではなく節水管理が行われていた。また，用水は流入が不定期で把握が困難であったため計算値（流出水量+蒸発散量-降水量）とした。

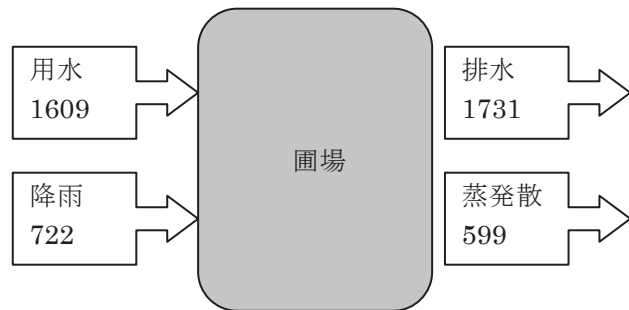


図4 圃場における水収支 (m³)

## (3) 物質収支

各負荷量は以下の方法で算出した。

- ・ 用水：流入水量と調査期間中の平均濃度から算出。
- ・ 降雨：降水量と霞ヶ浦環境科学センターで平成 25 年度に測定した平均濃度から算出。
- ・ 排水：月ごとの流量と平均濃度から負荷量を算出し，期間中の負荷量を積算。
- ・ 持出量：レンコンの収穫による持出量はレンコンの収量から算出  
 $\text{レンコンによる窒素吸収量} = \text{収量} \times 0.015 - 12$   
 $\text{レンコンによるリン吸収量} = \text{収量} \times 0.0075 - 7.1$  ※園芸研究所調査結果
- ・ 残存量：流入負荷量と流出負荷量の差し引きを残存量とした。

対照区と調査区で物質収支を比較すると，効率的な肥料の利用という考えから調査区では施肥量を減らしてある。一方，収穫物としての持出量は対照区と試験区はほぼ同等であるため，排水中に含まれる負荷量及び，圃場に残存したと思われる負荷量が減少し，環境への負荷削減効果が示された。

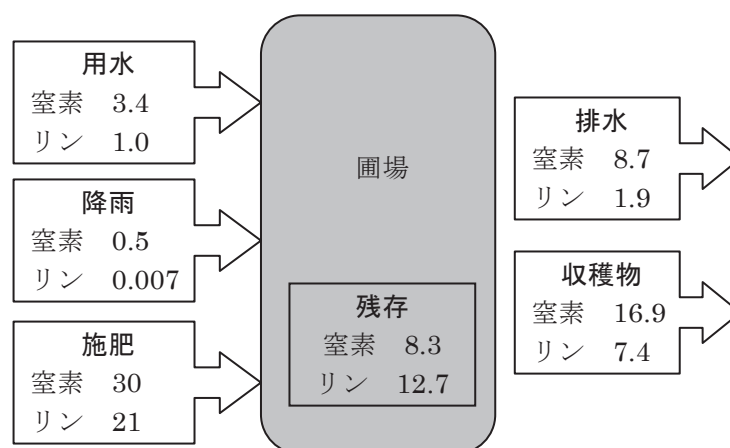


図5 対照区における調査期間中の物質収支 (kg/10a)

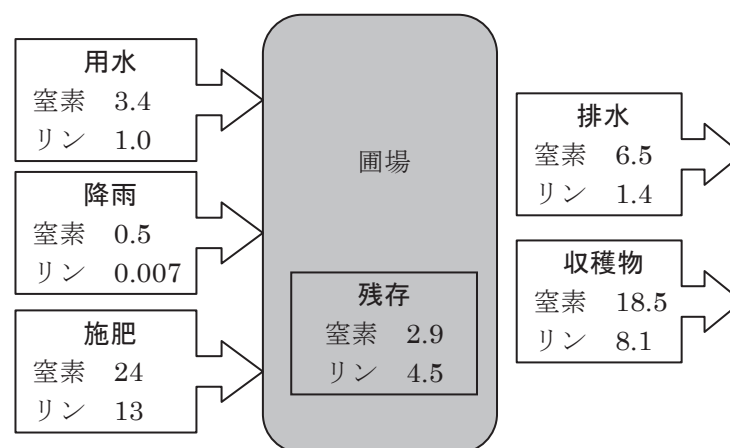


図6 調査区における調査期間中の物質収支 (kg/10a)

## 1-9 農業排水再生プロジェクト事業

### 1 目的

霞ヶ浦への流入汚濁負荷を削減するため霞ヶ浦流域の農地から、霞ヶ浦へ流入する汚濁負荷を削減する手法の一つとして、循環かんがいの効果を検証するため、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農業排水の再利用を行う循環かんがいシステムの施設整備を農村計画課で行い、霞ヶ浦環境科学センターでは、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)。調査は茨城県稲敷市の小野川流域で行った。抑制効果の検証方法は、調査流域において、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し引き負荷を比較した。

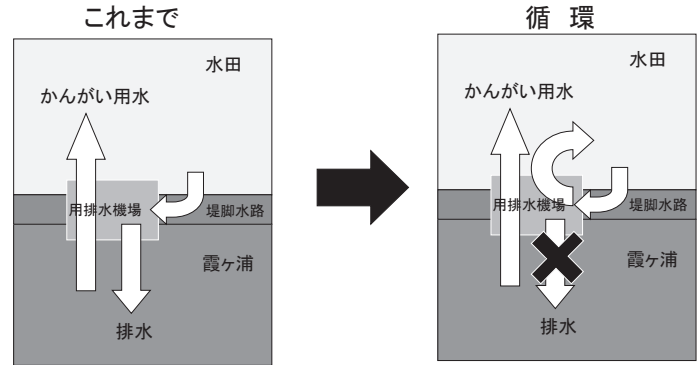


図1 循環かんがいによる効果の考え方

#### (1) 循環かんがい区(循環区)(図2)

- ・調査地区：稲敷市羽生地区(循環面積23.7ha, ほぼ全域水稲田)
- ・調査期間：かんがい期(平成26年4月10日～8月8日)
- ・測定項目：流量, COD, SS, T-N, T-P等
- ・調査方法：流量・・機場の流量調整槽に流向流速計を設置し、流向と流速を30分毎に測定し、流速と流量調整槽の出入口面積から流量を計算した。  
水質・・機場の流量調整槽に自動採水機を設置し、採水を1日1回行い、成分を分析した。  
降水量・降水量は江戸崎のアメダスデータを利用した。

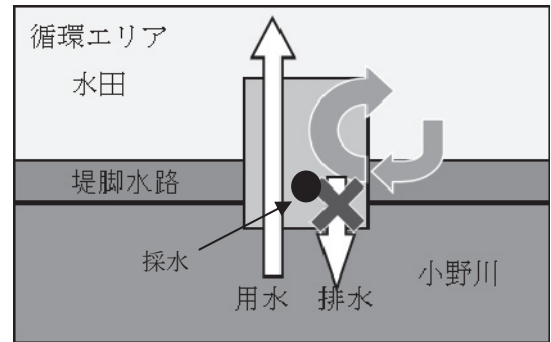


図2 循環かんがい区

#### (2) 非循環かんがい区(非循環区)(図3)

- ・調査地区：稲敷市羽賀沼地区(地区面積224ha, ほぼ全域水稲田)
- ・調査期間：かんがい期(平成26年4月10日～8月8日)
- ・測定項目：流量, COD, SS, T-N, T-P等
- ・調査方法：流量・・羽賀沼地区の流入, 流出は機場のポンプを通してのみ行われ, 樋門, 水路からの自然な流入, 流出はほとんどない。そのため, 流量は機

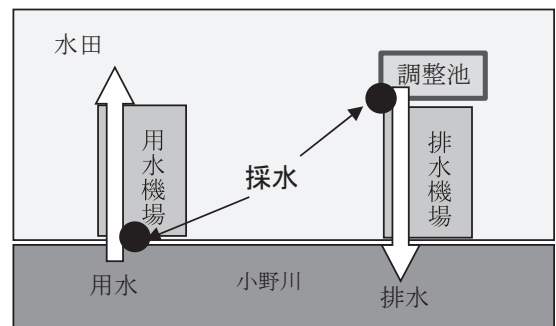


図3 非循環かんがい区



場ポンプの稼働記録とポンプの能力から計算した。

水質・流入水については用水路水口付近で週1回採水した。

流出水は排水機場の調整池に自動採水機を設置し、採水を1日1回行い、成分を分析した。

降水量・降水量は江戸崎のアメダスデータを利用した。

### 3 結果の概要

循環区、非循環区の流入・流出負荷量及び差引き負荷量は表1、図4のとおりである。

差引き負荷について、プラスは負荷が流出する汚濁型、マイナスは浄化型である。COD とリンは循環かんがいを行うことによって差引き負荷は汚濁型から浄化型となった。循環区と非循環区の差引き負荷の差(図4)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は約0.2kg/ha/d、リンは約0.004 kg/ha/dの負荷削減効果が得られた。

また、窒素は非循環区、循環区共に浄化型であった。差引き負荷を比較すると循環区の方が、浄化効果が低くなったように見えるが、これは、流入、流出負荷量の循環区と非循環区に差が大きいためである。両区とも浄化型であることから、浄化率 $((1 - \text{流出負荷量} / \text{流入負荷量}) \times 100)$ を求めたところ、非循環区は43%、循環区は62%となり、循環かんがい区の方が浄化率は高くなった。

表1 循環区、非循環区の流入・流出及び差引き負荷量 (kg/ha/d)

	COD		T-N		T-P	
	非循環	循環	非循環	循環	非循環	循環
流入負荷量	0.68	0.28	0.21	0.074	0.009	0.004
流出負荷量	0.77	0.17	0.12	0.028	0.012	0.003
差引き負荷量	0.09	-0.11	-0.090	-0.047	0.003	-0.001
浄化率			0.43	0.62		

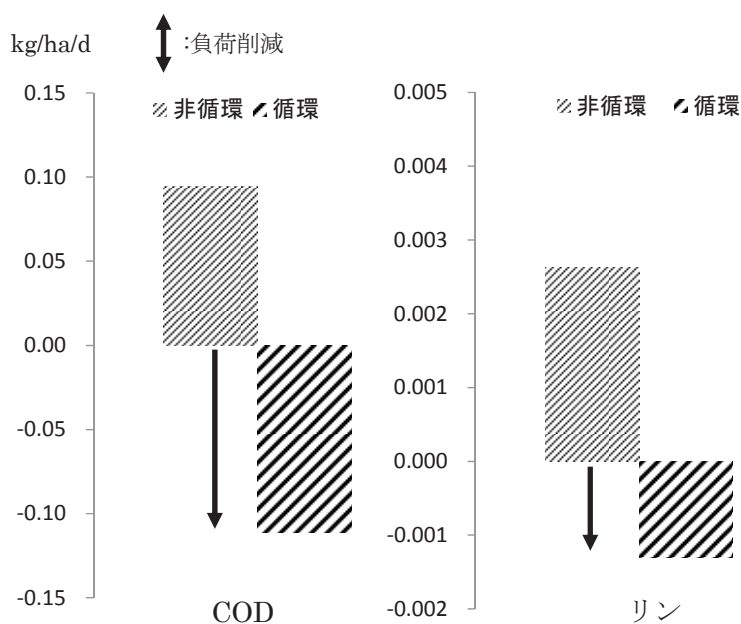


図4 差引き負荷の比較

## 1-10 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22年12月に第3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

図1に示した地点において、湖内に設定した8地点(H1~H8)では上層水(水面下0.5 m)及び下層水(湖底上0.5 m)をポンプにより採水した。下流の涸沼川に設定した2地点(大貫橋、涸沼橋)では、表層水をステンレス製バケツで採水した。調査期間は平成26年4月から平成27年3月で、毎月1回、計12回調査をした。現地では水深、透明度、水温、pH、電気伝導率を測定した。

また、H4地点において平成26年7月19日から平成27年3月6日まで、上層及び下層に多項目水質計を設置し、1時間間隔で現地の電気伝導率(EC)を測定した。

また、11月にはH4地点において底泥コアをサンプリングし、底泥からのリン溶出速度を調査した。

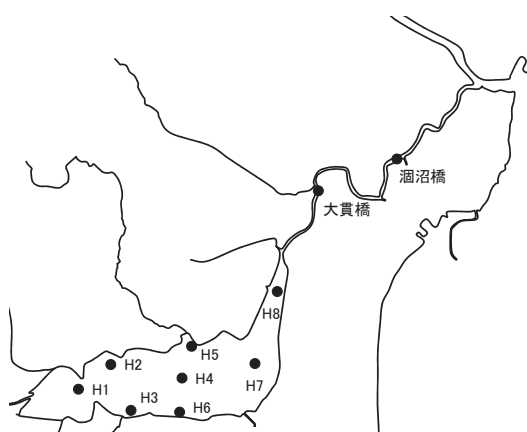


図1 調査地点

## (2) 分析方法

採取した水は当センターに持ち帰り、次の方法で分析した。懸濁物質(SS)については孔径 $1\mu\text{m}$ のろ紙(Whatman, GF/B)を用いてろ過した。DOについてはウインクラー-アジ化ナトリウム変法により、化学的酸素要求量(COD, D-COD)については過マンガン酸カリウム( $100^\circ\text{C}$ )による方法により分析した。有機体炭素量(TOC, DOC)については全有機炭素計(SHIMADZU TOC-V CSN)で、全窒素量(TN, D-TN)及び全リン量(TP, D-TP)については窒素リン自動分析装置(ブランルーベ社製 AUTOANALYZERⅢ)で、各態窒素量( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ )及びリン酸イオン量( $\text{PO}_4\text{-P}$ )については形態別窒素リン自動分析装置(ブランルーベ社製 AACS-II)で分析した。塩化物イオン濃度については硝酸銀滴定法により、反応性溶存ケイ素(SRSi)についてはモリブデンブルー法により分析を行った。クロロフィル濃度(Chl. a, Chl. b, Chl. c)については、エタノール抽出液の吸光度を測定し、ユネスコ法の計算式により求めた。

多項目水質計は東亜DKK製多項目水質計WQC-24(標準センサーモジュール)を使用した。

底泥からのリン溶出速度調査は、採取したコアサンプル(カラム直径7cm, 長さ50cm(泥の充填30cm, 直上水20cm))をゴム栓で密封して、 $10^\circ\text{C}$ と $25^\circ\text{C}$ の恒温槽に3本ずつセットし、一定期間(11月14日に開始, 11月22日までは毎日, それ以降は3から6日ごとに12月16日まで)毎に栓を外し、底泥が巻き上がらないように攪拌した後、DOの測定及び採水を行った。DOの測定は蛍光式溶存酸素計(HACK社HQ30d)のセンサー部をカラムに挿入して行った。採水したサンプルは窒素リン自動分析装置(ブランルーベ社製 AUTOANALYZERⅢ)で全リンを測定した。

## (3) プランクトン調査

湖内3調査地点(H1, 4, 7)において植物及び動物プランクトンの採集を行った。調査期間は水質調査と同様である。植物プランクトンの採集は上層水を400 mL採水し、動物プランクトンの採集はプランクトンネット(目合0.1mm)を湖底上0.5 mから湖水面まで鉛直曳きした。どちらの検体も採水後すぐにグルタルアルデヒド(サンプル中の濃度が約4%)で固定した。

## 3 結果の概要

## (1) 水質

平成26年度の月別推移を見ると、CODでは5月から7月にかけて過去平均値よりも低い値で推移したが、8月以降はほぼ過去平均値並で推移した。年平均値では、上層が6.7 mg/L、下層が6.6 mg/Lで平成15~25年平均の上層7.6 mg/L、下層7.3 mg/Lと比較して低い値となった。

TNの月別推移については年間を通してほぼ過去平均値並みに推移した。年平均値では、上層が1.71 mg/L、下層が1.68 mg/Lで平成15~25年平均の上層1.74 mg/L、下層1.63 mg/Lと同水準であった。

TPについては年間を通してほぼ過去平均値並みに推移した。上層が0.082 mg/L、下層が0.098 mg/Lで平成15~25年平均の上層0.089 mg/L、下層0.103 mg/Lと同水準であった。(図2, 3)

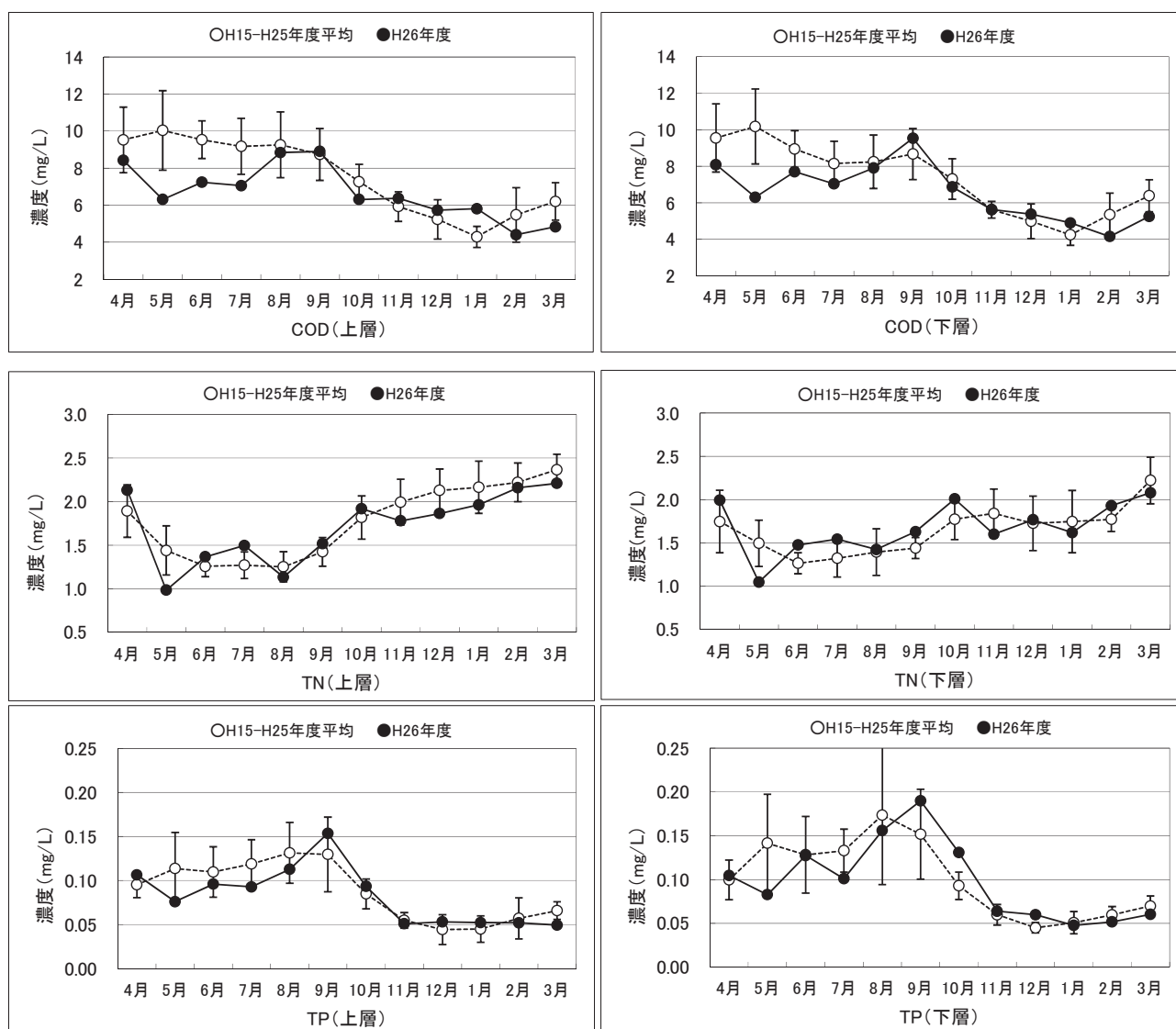


図2 平成26年度における、COD, TN, TP濃度の月別推移(湖内8地点平均)

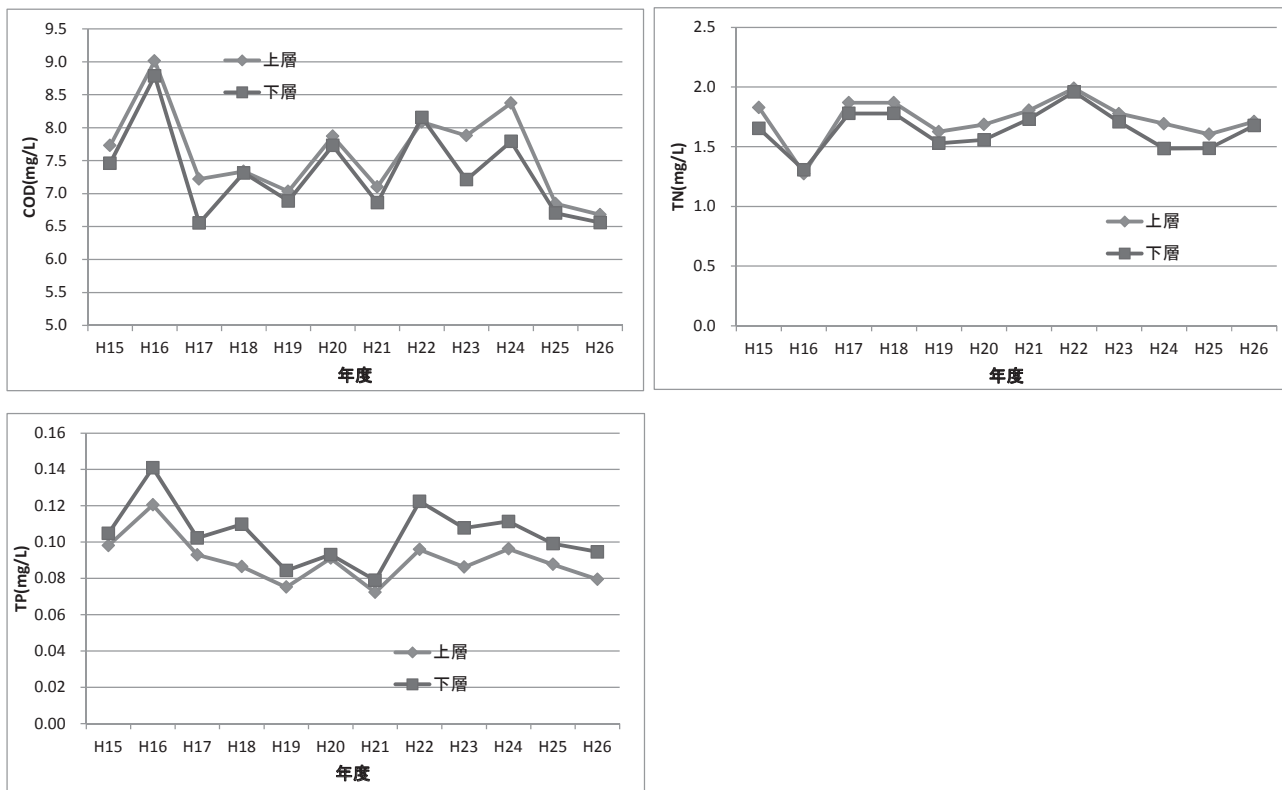


図3 湖内上層及び下層における水質の経年変化（湖内8地点平均）

多項目水質計によるECの調査結果では、夏期にはEC値は低く塩分躍層の形成はほとんど見られなかったが、10月から3月まではEC値が上昇し、上層と下層のEC値の差が大きくなり塩分躍層が形成されていた。（図4）

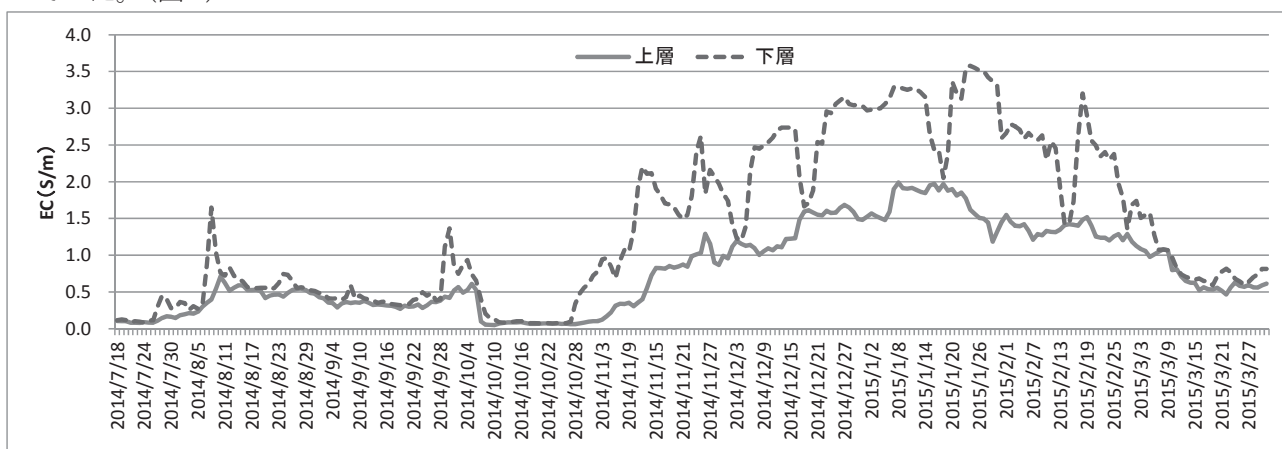


図4 多項目水質計によるEC値の推移（H4 宮前）

リンの溶出速度については、直上水中のD0が1mg/L以下になった日の濃度（初期値）と、12月16日（終値）の濃度及び直上水量から、それぞれ直上水中のリンの量を求め、量の差とその間の日数から溶出速度を求めた。

溶出速度＝直上水濃度（終値－初期値）×直上水量／算定期間日数／底泥表面積  
 結果は、10℃の時は4.31mg/m<sup>2</sup>/d、25℃の時は10.41mg/m<sup>2</sup>/dとなった。（図5）

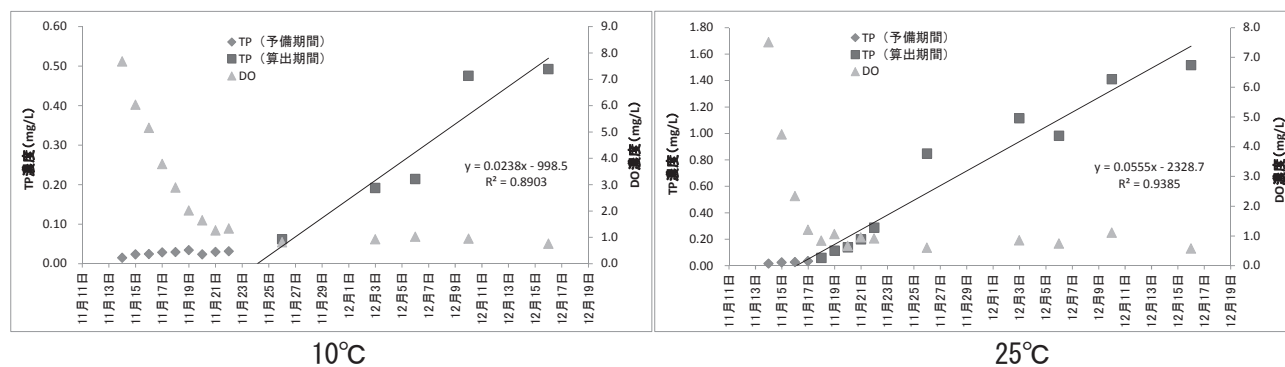


図5 TP及びDO濃度の推移

表1 溶出速度算出項目

	10°C	25°C
初期値濃度 (mg/L)	0.062	0.058
終値濃度 (mg/L)	0.493	1.516
水量 (L)	0.769	0.769
算定期間日数 (日)	20	28
底泥表面積 (m <sup>2</sup> )	0.0038	0.0038
溶出速度 (mg/m <sup>2</sup> /d)	4.31	10.41

(2) 植物プランクトン

平成26年度における植物プランクトン生体積の推移は図6のとおりで、4月から6月、11月、1月に多く、年間を通じてほぼ珪藻類が占めていた。

また、平成25年度と26年度の生体積の推移(図7)を比較すると、全体的に平成26年度の方が量は少なく、特に4月から6月は少なくなった。CODは4月から7月に過去平年値を下回っており、これも要因の一つと考えられる。

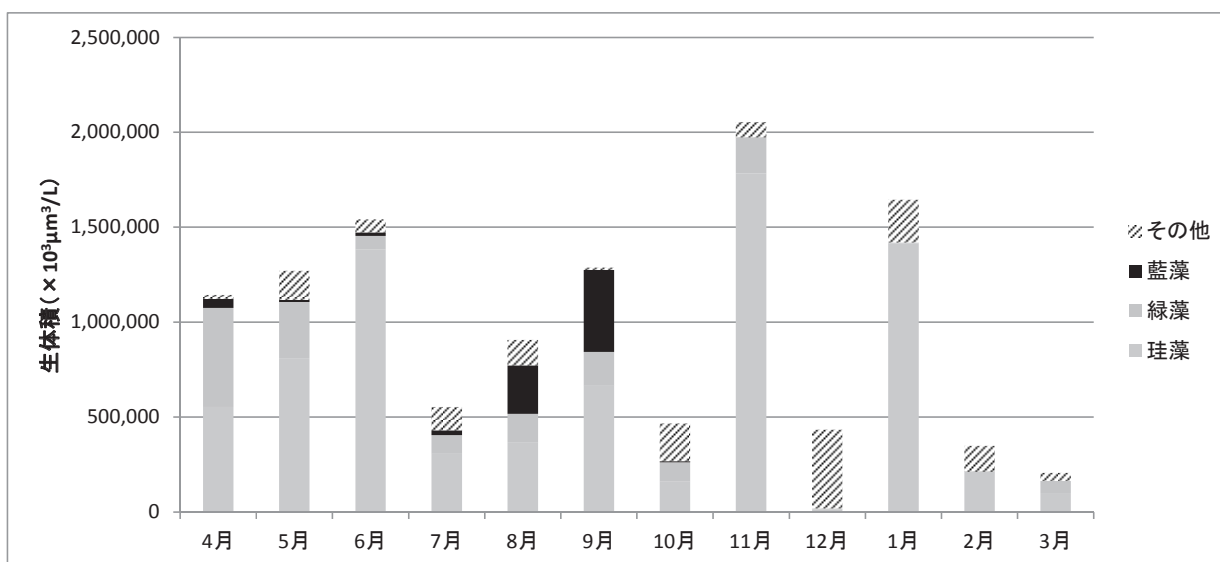


図6 平成26年度植物プランクトン生体積の推移(湖内3地点平均)

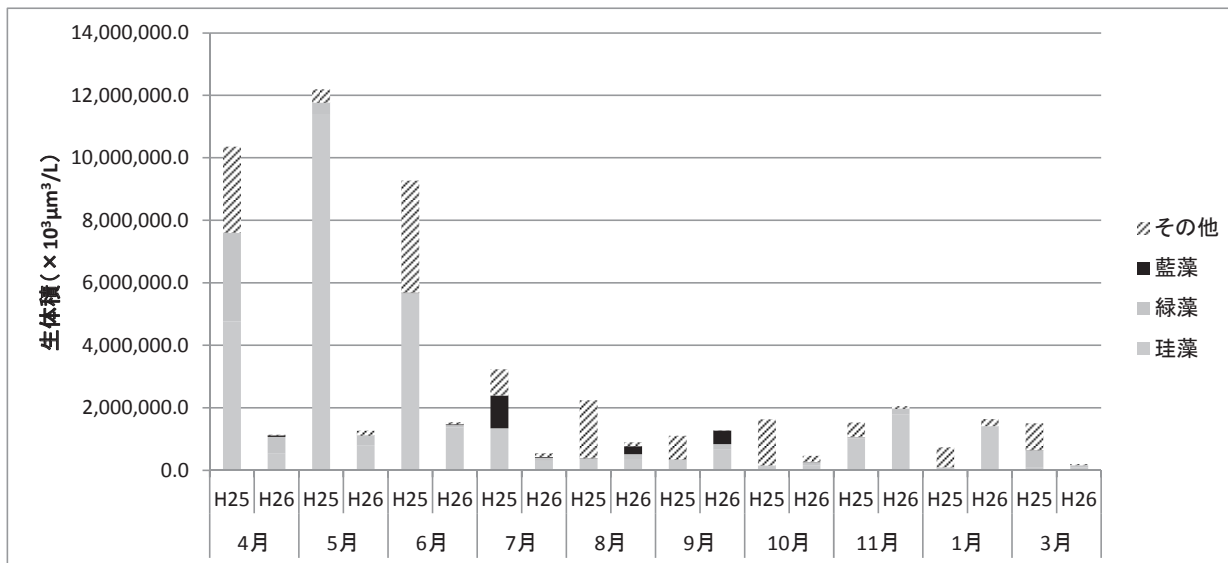


図7 平成25年度と26年度の植物プランクトン生体積数の推移の比較（湖内3地点平均）

表 1 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (4月)

平成26年4月19日 天気 晴れ 気温 13.1℃ (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 <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CF (g L <sup>-1</sup> )	SRSi (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼 1 上層	0.60	2.3	14.0	8.7	12.0	25	8.9	3.5	2.9	1.0	2.4	1.7	0.03	1.3	0.03	0.13	0.016	0.004	130	2.4	0.91	6.9
酒沼 1 下層			14.7	8.6	9.8	28	8.6	3.6	3.0	2.0	2.1	1.4	0.03	1.1	0.03	0.11	0.013	0.001	99	4.7	1.6	6.6
酒沼 2 上層	0.60	2.6	14.3	8.7	11.3	21	9.2	3.9	3.5	2.0	2.1	1.4	0.04	1.1	0.03	0.10	0.016	0.002	100	4.1	1.4	6.0
酒沼 2 下層			15.0	8.8	9.1	32	8.7	3.7	3.3	2.1	2.0	1.4	0.03	1.0	0.03	0.10	0.012	0.001	97	5.1	1.8	6.1
酒沼 3 上層	0.60	2.7	13.9	8.5	11.6	21	8.0	3.6	3.1	1.9	2.2	1.6	0.03	1.2	0.03	0.11	0.014	0.001	110	2.8	0.94	6.9
酒沼 3 下層			13.9	8.7	11.0	23	8.2	3.4	3.2	1.9	2.2	1.5	0.03	1.2	0.03	0.10	0.013	0.001	110	2.8	1.0	6.4
酒沼 4 上層	0.50	3.3	15.4	9.2	10.1	30	9.2	3.7	3.5	2.1	2.0	1.4	0.04	1.0	0.03	0.10	0.014	0.001	96	5.0	1.6	6.0
酒沼 4 下層			14.6	9.2	9.7	35	9.2	3.7	3.5	2.1	2.1	1.4	0.05	1.0	0.03	0.10	0.013	0.001	97	4.9	1.7	6.3
酒沼 5 上層	0.60	2.5	14.9	8.8	10.5	24	8.2	3.9	3.3	2.1	2.1	1.4	0.05	1.0	0.03	0.098	0.014	0.001	93	5.3	1.9	6.0
酒沼 5 下層			15.2	8.8	7.9	45	9.4	3.6	3.2	2.0	2.1	1.4	0.07	1.0	0.03	0.13	0.011	0.001	100	5.7	2.0	6.1
酒沼 6 上層	0.55	3.1	14.0	9.3	11.4	21	7.9	3.8	3.1	2.0	2.2	1.5	0.05	1.1	0.03	0.10	0.015	0.003	80	3.6	1.5	6.4
酒沼 6 下層			14.1	8.3	7.8	31	7.8	3.6	3.1	2.0	2.1	1.5	0.05	1.1	0.03	0.10	0.012	0.001	93	4.8	1.9	6.3
酒沼 7 上層	0.50	2.6	14.9	8.8	10.0	23	7.7	3.6	3.0	2.1	2.0	1.4	0.05	1.0	0.03	0.096	0.015	0.001	78	5.9	2.0	6.0
酒沼 7 下層			14.7	8.7	8.2	38	8.4	3.5	3.1	2.0	1.9	1.4	0.10	0.95	0.03	0.11	0.011	0.001	70	8.7	3.0	5.8
酒沼 8 上層	0.60	3.3	14.9	8.8	11.9	30	8.2	3.7	3.2	2.0	1.9	1.3	0.04	0.96	0.03	0.10	0.012	0.001	75	8.2	2.8	5.1
酒沼 8 下層			14.2	8.2	5.2	21	4.4	2.3	2.0	1.5	1.2	0.95	0.08	0.60	0.01	0.058	0.010	<0.001	27	25	9.8	4.3

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CF (g L <sup>-1</sup> )	SRSi (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼橋	-	50.0	13.7	8.2	6.5	13	2.3	1.2	1.1	0.8	1.0	0.90	0.17	0.51	0.01	0.042	0.013	0.007	5.0	31	12	3.7
大貫橋	-	26.8	15.0	8.5	7.2	17	5.8	2.5	2.3	1.7	1.4	1.0	0.02	0.77	0.02	0.064	0.011	<0.001	47	19	6.8	5.0

表 2 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (5月)

平成26年5月23日 天気 曇り 気温 15.4℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼 1 上層	0.70	2.2	19.5	8.7	8.2	22	7.8	4.7	3.3	2.5	1.3	0.78	0.01	0.46	0.01	0.12	0.020	0.004	46	7.6	2.9	2.6
酒沼 1 下層			19.5	8.5	6.8	22	7.3	4.3	3.1	2.5	1.1	0.69	0.07	0.28	0.01	0.11	0.020	0.004	37	11	3.8	2.0
酒沼 2 上層	0.90	2.5	20.0	8.7	9.5	13	6.8	4.6	3.1	2.5	0.97	0.55	0.01	0.23	0.01	0.082	0.019	0.002	31	11	4.0	1.3
酒沼 2 下層			19.5	8.7	7.6	27	7.6	4.6	3.0	2.5	1.0	0.60	0.06	0.22	0.01	0.096	0.018	0.003	24	12	4.1	1.4
酒沼 3 上層	0.95	2.6	19.5	8.8	8.7	52	7.2	4.7	3.0	2.4	0.97	0.54	0.01	0.22	0.01	0.074	0.020	0.003	25	12	4.2	1.3
酒沼 3 下層			19.0	8.8	8.0	16	6.7	4.3	2.8	2.5	0.95	0.56	0.01	0.23	0.01	0.070	0.019	0.003	25	12	4.3	1.3
酒沼 4 上層	0.90	3.2	19.5	8.5	8.7	13	6.4	4.1	3.0	2.5	0.94	0.53	<0.01	0.21	0.01	0.078	0.017	0.002	28	12	4.1	1.3
酒沼 4 下層			19.0	8.4	5.8	13	6.0	3.9	2.7	2.3	1.0	0.70	0.22	0.15	0.01	0.064	0.019	0.003	20	15	5.6	1.3
酒沼 5 上層	1.10	2.4	20.0	8.7	8.0	10	5.9	4.1	2.9	2.5	0.88	0.62	0.08	0.23	0.01	0.050	0.018	0.002	24	13	4.5	1.5
酒沼 5 下層			19.5	8.6	7.0	21	6.8	4.1	2.9	2.4	1.1	0.72	0.21	0.17	0.01	0.089	0.020	0.004	21	14	5.1	1.3
酒沼 6 上層	0.95	2.7	19.5	8.7	9.2	12	5.8	3.9	2.9	2.5	0.94	0.55	0.01	0.22	0.01	0.073	0.018	0.002	20	12	4.2	1.3
酒沼 6 下層			19.5	8.8	8.2	12	5.7	3.8	2.9	2.5	0.95	0.56	0.02	0.21	0.01	0.072	0.019	0.002	21	12	4.2	1.3
酒沼 7 上層	0.95	2.5	19.5	8.0	7.5	10	5.4	3.7	2.8	2.4	0.94	0.63	0.12	0.18	0.01	0.067	0.017	0.002	18	14	5.1	1.2
酒沼 7 下層			19.0	8.1	4.2	17	5.3	3.7	2.8	2.3	1.1	0.79	0.36	0.09	0.01	0.081	0.021	0.005	13	17	6.1	1.4
酒沼 8 上層	1.10	2.4	20.0	8.5	7.0	11	5.1	3.6	2.7	2.3	0.93	0.67	0.22	0.12	0.01	0.059	0.016	0.003	16	16	5.9	1.1
酒沼 8 下層			19.5	8.4	4.4	15	5.0	3.6	2.7	2.3	1.1	0.79	0.36	0.09	0.01	0.079	0.020	0.005	22	18	6.5	1.3

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼橋	-	50cm以上	20.0	8.2	4.6	15	5.0	3.5	2.8	2.4	1.1	0.89	0.28	0.25	0.01	0.096	0.038	0.022	18	15	5.1	1.9
大貫橋	-	50cm以上	19.5	8.2	5.6	12	4.5	3.4	2.9	2.5	1.1	0.85	0.26	0.25	0.01	0.076	0.025	0.011	14	15	5.4	1.9



表 3 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (6 月)

平成26年6月25日 天気 曇り 気温24.3℃ (水戸10時, 気象庁データ)

	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼 1 上層	9:40	0.70	2.2	24.0	8.9	10.1	16	7.0	4.1	3.1	2.2	1.6	1.1	0.03	0.85	0.01	0.11	0.017	0.005	71	0.55	0.24	7.4
酒沼 1 下層				22.5	8.8	6.2	20	6.3	4.1	2.8	2.1	1.6	1.3	0.13	0.96	0.02	0.13	0.052	0.046	18	0.35	0.09	7.2
酒沼 2 上層	9:46	0.65	2.5	24.0	8.6	10.5	20	7.7	4.2	3.8	2.3	1.4	0.95	0.02	0.62	0.01	0.099	0.016	0.003	81	0.93	0.30	6.6
酒沼 2 下層				24.0	8.6	6.2	34	8.6	4.4	4.5	3.6	1.4	0.92	0.14	0.46	0.02	0.14	0.012	0.002	69	1.3	0.51	6.1
酒沼 3 上層	9:30	0.80	2.6	24.5	9.1	10.4	13	6.8	3.9	3.1	2.9	1.5	1.0	0.02	0.76	0.01	0.081	0.013	0.002	55	0.86	0.33	7.0
酒沼 3 下層				24.0	8.9	8.2	44	8.2	4.0	3.6	2.5	1.6	1.1	0.02	0.78	0.01	0.14	0.011	0.002	59	0.93	0.35	7.1
酒沼 4 上層	9:10	0.85	3.3	25.5	9.1	10.4	14	7.1	4.3	3.5	3.6	1.1	0.66	0.02	0.32	0.01	0.077	0.013	0.001	71	1.9	0.65	5.1
酒沼 4 下層				25.0	9.1	7.8	28	7.9	4.2	4.3	2.9	1.3	0.77	0.04	0.40	0.02	0.10	0.013	0.001	73	1.9	0.68	5.4
酒沼 5 上層	10:00	0.70	2.3	25.5	8.8	10.6	19	7.7	4.2	3.6	2.6	1.2	0.62	0.02	0.29	0.01	0.098	0.015	0.002	81	1.8	0.62	5.2
酒沼 5 下層				24.5	9.0	8.2	20	7.6	4.0	3.9	3.7	1.2	0.75	0.03	0.41	0.01	0.099	0.012	0.002	76	1.8	0.62	5.5
酒沼 6 上層	9:20	0.75	2.8	25.0	9.1	10.4	16	6.6	4.1	3.8	2.5	1.4	0.93	0.02	0.59	0.01	0.087	0.013	0.001	65	1.3	0.44	6.3
酒沼 6 下層				24.5	8.9	7.7	21	6.6	4.0	3.4	2.5	1.4	0.97	0.02	0.63	0.02	0.10	0.013	0.001	63	1.3	0.46	6.6
酒沼 7 上層	8:55	0.60	2.6	25.5	9.1	9.9	23	7.6	4.0	3.7	2.6	1.2	0.66	0.02	0.32	0.01	0.10	0.014	0.002	92	1.9	0.67	5.3
酒沼 7 下層				24.0	9.0	6.4	47	8.2	4.1	4.7	3.7	1.4	0.84	0.05	0.45	0.02	0.14	0.011	0.002	68	2.0	0.67	5.7
酒沼 8 上層	10:15	0.55	2.4	24.5	8.9	8.5	25	7.4	4.2	3.9	3.4	1.2	0.74	0.02	0.39	0.02	0.11	0.013	0.001	74	2.0	0.61	5.5
酒沼 8 下層				24.0	8.9	7.2	47	8.2	4.2	4.2	3.3	1.5	0.83	0.04	0.45	0.02	0.14	0.012	0.002	74	2.0	0.73	5.7

	採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼橋	10:50	-	19.0	24.5	8.6	6.7	44	7.3	3.9	4.7	4.7	1.3	0.90	0.14	0.40	0.02	0.13	0.021	0.012	44	2.2	0.79	5.7
大貫橋	10:40	-	17.0	25.0	8.7	7.3	45	7.4	4.2	3.8	2.8	1.3	0.80	0.07	0.38	0.02	0.13	0.012	0.003	57	2.1	0.70	5.5

表 4 涸沼の現地調査及び水質分析結果 (7月)

平成26年7月18日 天気 曇り 気温23.1℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
涸沼 1 上層	0.75	2.3	25.5	8.9	7.5	18	6.9	4.2	2.5	2.2	1.5	1.1	0.03	0.85	0.01	0.11	0.017	0.004	45	0.40	0.18	10
涸沼 1 下層			25.5	8.7	7.4	17	6.4	4.0	2.4	2.2	1.6	1.2	0.03	0.97	0.01	0.10	0.016	0.006	36	0.35	0.20	8.7
涸沼 2 上層	0.80	2.7	26.0	8.7	7.6	17	7.5	4.4	2.8	2.4	1.5	0.98	0.03	0.66	<0.01	0.10	0.015	0.002	40	0.72	0.35	9.5
涸沼 2 下層			26.5	8.7	7.1	27	7.7	4.3	3.0	2.3	1.4	0.95	0.05	0.61	<0.01	0.095	0.014	0.003	35	1.0	0.41	9.2
涸沼 3 上層	0.75	2.7	26.0	8.8	7.4	22	8.0	4.3	2.9	2.3	1.4	0.92	0.03	0.60	<0.01	0.088	0.012	0.002	47	1.3	0.44	9.0
涸沼 3 下層			26.0	8.8	7.0	23	7.4	4.0	2.9	2.3	1.4	0.91	0.03	0.60	<0.01	0.093	0.013	0.003	43	1.3	0.45	9.3
涸沼 4 上層	0.75	3.3	26.5	8.6	7.7	18	6.7	4.0	2.9	2.3	1.4	0.90	0.03	0.58	<0.01	0.085	0.012	0.001	39	1.1	0.39	9.3
涸沼 4 下層			26.5	8.7	6.5	28	7.7	3.9	3.0	2.3	1.4	0.86	0.03	0.55	0.01	0.10	0.011	0.002	47	1.4	0.48	9.0
涸沼 5 上層	0.70	2.4	26.0	8.8	7.9	20	7.3	4.1	2.9	2.4	1.4	0.90	0.04	0.56	<0.01	0.089	0.013	0.002	47	1.1	0.44	9.0
涸沼 5 下層			26.5	8.9	7.3	23	7.2	4.0	3.0	2.3	1.4	0.96	0.07	0.59	<0.01	0.093	0.011	0.002	38	1.1	0.42	9.4
涸沼 6 上層	0.70	2.8	26.0	8.7	7.0	25	6.9	3.7	3.0	2.3	1.5	1.0	0.04	0.68	0.01	0.093	0.014	0.003	47	1.5	0.53	9.5
涸沼 6 下層			26.0	8.7	7.1	26	7.0	3.7	2.9	2.3	1.5	1.0	0.04	0.68	0.01	0.096	0.011	0.002	47	1.6	0.56	9.3
涸沼 7 上層	0.70	2.7	26.0	8.4	7.0	19	7.1	3.7	2.9	2.3	1.4	0.89	0.06	0.54	0.01	0.087	0.010	0.001	54	2.3	0.79	9.0
涸沼 7 下層			26.0	8.1	5.1	27	6.6	3.4	2.8	2.3	1.6	1.1	0.29	0.47	0.01	0.10	0.008	0.003	50	3.0	1.0	9.3
涸沼 8 上層	0.75	2.6	25.5	8.4	6.6	24	6.0	3.5	2.5	2.3	1.5	1.1	0.17	0.58	0.01	0.089	0.009	0.002	36	3.9	1.4	9.0
涸沼 8 下層			25.5	8.3	4.5	58	6.3	3.1	2.8	2.3	1.5	1.1	0.21	0.59	0.01	0.11	0.008	0.002	34	4.7	1.6	9.0

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
涸沼橋	-	50.0	24.0	8.0	5.8	18	2.2	1.5	1.5	1.3	1.4	1.2	0.21	0.78	0.02	0.069	0.034	0.032	3.8	10	3.5	10
大貫橋	-	44.3	25.5	8.1	4.9	15	4.1	2.9	2.2	2.2	1.3	1.1	0.17	0.64	0.01	0.071	0.020	0.014	15	7.8	2.6	8.1

表 5 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (8 月)

平成26年8月8日 天気 曇り 気温 29.5 °C (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼 1 上層	0.55	2.1	30.0	9.1	8.2	18	9.4	5.2	3.9	3.2	1.2	0.49	0.03	<0.01	<0.01	0.13	0.032	0.002	66	4.2	1.2	8.8
酒沼 1 下層			30.0	9.0	6.5	24	9.4	5.0	4.1	3.2	1.5	0.69	0.19	0.04	<0.01	0.18	0.031	0.003	71	4.6	1.5	8.8
酒沼 2 上層	0.60	2.5	30.0	9.1	10.1	18	9.8	5.3	4.0	3.2	1.1	0.48	0.03	<0.01	<0.01	0.12	0.027	0.001	62	3.6	1.1	9.1
酒沼 2 下層			29.5	8.6	2.7	25	7.7	4.2	3.3	2.6	1.6	1.0	0.49	0.10	0.01	0.15	0.030	0.008	45	12	4.2	7.8
酒沼 3 上層	0.65	2.6	30.5	9.1	8.8	16	9.6	5.4	4.1	3.2	1.1	0.50	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.029	0.001	45	4.2	1.2	8.7
酒沼 3 下層			29.5	8.6	1.9	32	8.5	4.2	3.7	2.8	1.8	1.1	0.68	0.04	0.01	0.22	0.052	0.034	44	11	3.1	8.6
酒沼 4 上層	0.80	3.1	30.0	9.1	8.9	17	8.6	4.9	3.9	3.3	1.1	0.51	0.03	<0.01	<0.01	0.10	0.031	0.001	36	3.9	1.3	8.6
酒沼 4 下層			27.0	8.5	6.2	25	6.0	3.4	2.5	2.2	0.98	0.58	0.09	0.15	0.01	0.097	0.020	0.001	34	18	6.7	6.3
酒沼 5 上層	0.65	2.2	30.5	9.2	11.3	18	9.0	4.9	4.0	3.1	1.1	0.48	0.03	<0.01	<0.01	0.12	0.027	0.002	49	3.9	1.3	8.7
酒沼 5 下層			30.0	9.1	6.2	20	8.3	4.7	3.6	2.9	1.3	0.68	0.20	0.05	<0.01	0.13	0.026	0.002	49	5.4	2.0	8.4
酒沼 6 上層	0.75	2.7	29.5	9.1	8.7	17	7.9	4.7	3.8	3.2	1.1	0.48	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.027	0.001	28	4.3	1.4	8.7
酒沼 6 下層			29.5	8.7	4.2	34	7.9	4.1	3.4	2.8	1.6	0.91	0.45	0.03	0.01	0.18	0.024	0.002	47	9.1	2.9	8.5
酒沼 7 上層	0.70	2.6	30.5	8.8	9.0	19	8.0	4.7	3.8	3.2	1.1	0.49	0.03	<0.01	<0.01	0.10	0.026	<0.001	35	3.8	1.3	8.4
酒沼 7 下層			30.0	8.8	6.3	17	7.6	4.4	3.4	3.0	1.2	0.58	0.11	0.03	<0.01	0.12	0.026	0.002	42	6.2	2.1	8.5
酒沼 8 上層	0.75	2.4	30.5	9.2	9.4	15	8.4	4.8	4.0	3.2	1.0	0.50	0.03	<0.01	<0.01	0.10	0.027	0.001	37	4.0	1.2	8.8
酒沼 8 下層			30.0	9.1	6.1	22	7.8	4.3	3.5	3.0	1.2	0.58	0.13	0.02	<0.01	0.13	0.025	0.002	49	6.1	2.0	8.6

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼橋	-	28.0	29.5	8.9	6.8	17	7.1	4.2	3.6	3.1	1.0	0.53	0.04	0.05	<0.01	0.10	0.024	0.001	43	6.2	2.0	8.5
大貫橋	-	26.6	30.0	9.1	7.7	22	8.3	4.7	3.8	3.1	1.1	0.48	0.03	<0.01	<0.01	0.12	0.026	0.001	50	4.6	1.5	8.7

表 6 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (9月)

平成26年9月20日 天気 曇り 気温 19.6 °C (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g L <sup>-1</sup> )	SRSt (mg L <sup>-1</sup> )
9:31	0.60	2.2	22.0	9.5	11.5	17	7.5	3.7	3.1	2.3	1.7	1.0	0.03	0.74	0.01	0.13	0.023	0.005	55	1.2	0.45	9.9
			22.5	9.3	3.6	33	9.3	4.4	3.8	2.9	1.9	1.0	0.50	0.21	0.01	0.25	0.042	0.027	70	1.2	1.0	8.7
9:40	0.55	2.5	22.5	9.1	10.3	22	9.0	4.5	3.9	2.8	1.5	0.58	0.04	0.21	<0.01	0.15	0.025	0.006	86	2.3	0.83	8.4
			23.0	9.1	3.9	50	10	5.0	4.0	3.0	1.9	0.89	0.48	0.07	<0.01	0.26	0.041	0.028	73	2.8	1.0	8.3
9:22	0.50	2.6	22.0	9.4	11.3	24	9.2	4.3	3.8	2.9	1.5	0.63	0.03	0.27	<0.01	0.14	0.024	0.005	87	2.2	0.75	8.3
			22.5	9.4	10.5	24	8.8	4.2	3.7	2.8	1.5	0.62	0.03	0.27	<0.01	0.14	0.023	0.004	69	2.2	0.78	8.7
9:03	0.40	3.1	22.5	8.7	7.9	35	9.7	4.7	4.0	3.2	1.4	0.41	0.04	0.03	<0.01	0.16	0.023	0.010	73	3.3	1.1	7.7
			23.0	9.1	7.7	43	10	4.7	4.0	3.2	1.4	0.41	0.05	0.03	<0.01	0.17	0.019	0.003	74	3.3	1.1	7.7
9:50	0.45	2.2	21.5	9.1	8.6	30	9.8	4.7	4.1	3.1	1.4	0.45	0.08	0.03	<0.01	0.15	0.022	0.004	69	3.1	1.0	7.9
			23.0	9.2	8.2	39	10	4.3	4.0	3.2	1.5	0.49	0.12	0.03	<0.01	0.17	0.019	0.003	64	3.1	1.0	8.0
9:13	0.60	2.7	22.0	9.2	9.9	24	8.2	4.0	3.7	2.9	1.5	0.63	0.03	0.28	<0.01	0.14	0.022	0.004	74	2.5	0.84	8.6
			22.0	9.3	9.4	25	8.5	4.0	3.7	2.8	1.5	0.66	0.04	0.30	<0.01	0.14	0.022	0.004	66	2.4	0.82	8.6
8:49	0.45	2.6	22.5	8.5	6.9	37	9.2	4.4	3.9	3.0	1.4	0.49	0.05	0.10	0.01	0.17	0.017	0.003	49	3.5	1.1	7.7
			22.5	8.4	6.9	37	9.5	4.2	4.1	3.0	1.5	0.50	0.07	0.10	0.01	0.18	0.017	0.003	41	3.6	1.2	7.7
10:03	0.45	2.5	22.0	9.1	8.2	28	8.6	4.5	4.0	3.1	1.4	0.48	0.03	0.12	0.01	0.15	0.019	0.003	72	3.6	1.2	7.7
			22.5	9.1	6.9	38	9.0	4.2	3.8	3.0	1.5	0.67	0.13	0.21	0.01	0.17	0.017	0.003	57	4.4	1.5	7.9

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g L <sup>-1</sup> )	SRSt (mg L <sup>-1</sup> )
10:47	-	17.0	22.0	8.7	6.3	30	7.6	3.8	3.4	2.8	1.3	0.75	0.14	0.27	0.01	0.15	0.017	0.005	43	6.7	2.2	7.9
10:40	-	14.0	22.5	9.0	6.8	36	8.6	4.0	3.8	3.0	1.4	0.57	0.07	0.14	0.01	0.16	0.018	0.007	69	4.3	1.5	7.7

表 7 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (10月)

平成26年10月10日		天気 晴れ		気温23.4℃ (水戸10時, 気象庁データ)																		
採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼 1 上層	0.80	2.3	20.5	7.9	7.6	8	5.3	3.7	3.0	2.1	2.1	1.9	0.08	1.4	0.01	0.080	0.031	0.021	19	0.28	0.14	7.8
酒沼 1 下層			19.5	7.8	6.8	10	4.8	3.3	2.4	1.9	2.2	2.1	0.16	1.4	0.01	0.084	0.035	0.029	4.7	0.23	0.14	9.0
酒沼 2 上層	0.75	2.7	20.5	7.8	7.2	11	5.6	4.2	3.0	2.5	2.0	1.8	0.09	1.3	0.01	0.089	0.033	0.024	16	0.33	0.13	7.2
酒沼 2 下層			20.5	7.4	3.3	50	8.7	4.6	3.3	2.8	2.2	1.8	0.46	0.91	0.03	0.18	0.061	0.055	15	0.82	0.27	7.3
酒沼 3 上層	0.55	2.9	21.0	8.1	7.8	13	6.3	4.7	2.8	2.5	1.8	1.6	0.06	1.1	0.01	0.084	0.034	0.023	21	0.51	0.16	6.2
酒沼 3 下層			20.0	7.8	5.8	40	7.7	4.6	3.2	2.5	2.0	1.7	0.18	1.1	0.01	0.14	0.041	0.033	13	0.59	0.18	6.5
酒沼 4 上層	0.70	3.3	20.5	8.7	8.2	10	5.8	4.4	2.8	2.5	1.9	1.7	0.10	1.2	0.01	0.089	0.035	0.026	17	0.51	0.15	6.5
酒沼 4 下層			20.0	7.8	4.0	23	7.0	4.6	3.1	2.7	1.9	1.6	0.40	0.75	0.03	0.13	0.046	0.039	18	2.2	0.66	5.4
酒沼 5 上層	0.65	2.5	21.0	7.6	6.9	15	6.6	4.6	3.0	2.6	1.8	1.5	0.11	1.0	0.01	0.11	0.037	0.027	23	0.74	0.25	6.0
酒沼 5 下層			20.5	7.4	6.6	20	6.6	4.8	3.0	2.6	1.8	1.5	0.18	0.94	0.02	0.11	0.041	0.033	13	1.1	0.29	6.1
酒沼 6 上層	0.70	2.9	20.5	8.3	7.5	12	6.3	4.6	4.1	2.6	1.9	1.6	0.07	1.1	0.01	0.096	0.034	0.023	20	0.62	0.15	5.9
酒沼 6 下層			20.0	8.0	6.5	15	6.2	4.6	3.7	2.6	2.0	1.8	0.16	1.2	0.02	0.11	0.050	0.041	12	0.64	0.30	6.1
酒沼 7 上層	0.60	2.7	21.0	8.8	6.9	13	7.6	4.6	6.2	2.6	1.8	1.5	0.09	1.0	0.01	0.098	0.034	0.023	22	0.91	0.29	5.3
酒沼 7 下層			20.5	8.4	4.6	41	6.5	4.7	3.3	2.6	1.9	1.5	0.31	0.80	0.02	0.14	0.041	0.034	19	1.5	0.50	5.4
酒沼 8 上層	0.60	2.8	21.5	7.7	6.1	25	6.9	4.6	3.2	2.6	1.7	1.5	0.19	0.86	0.02	0.11	0.038	0.030	17	1.2	0.47	5.3
酒沼 8 下層			20.5	7.5	5.3	36	7.4	4.6	3.2	2.7	1.8	1.5	0.21	0.86	0.02	0.13	0.040	0.024	16	1.3	0.43	5.3

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼橋	-	35.0	20.5	7.1	6.0	20	5.1	2.8	2.9	1.9	1.6	1.4	0.16	0.74	0.01	0.089	0.042	0.038	8.1	7.8	2.6	6.7
大貫橋	-	20.2	21.0	7.7	5.9	32	7.2	4.6	3.1	2.7	1.8	1.5	0.19	0.89	0.02	0.11	0.041	0.032	11	1.4	0.44	5.4

表 8 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (11月)

平成26年11月14日		天気 晴れ		気温14.9℃ (水戸10時, 気象庁データ)																		
採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼 1 上層	10:10	0.80	2.2	14.0	8.5	9.6	6.2	2.8	2.5	1.6	1.7	1.5	0.07	0.94	0.03	0.054	0.007	0.001	43	8.1	2.4	8.1
酒沼 1 下層				15.0	8.2	6.4	6.0	2.9	2.5	1.6	1.6	1.3	0.19	0.67	0.04	0.064	0.008	0.002	59	10	3.6	7.4
酒沼 2 上層	10:20	0.80	2.6	13.5	8.4	9.5	6.5	2.8	3.2	1.6	1.7	1.4	0.01	0.92	0.03	0.049	0.007	0.001	44	7.0	2.3	8.0
酒沼 2 下層				15.0	8.2	5.7	5.5	3.0	2.3	1.6	1.6	1.3	0.28	0.55	0.04	0.061	0.007	0.002	50	13	4.8	7.0
酒沼 3 上層	10:00	0.80	2.7	13.5	8.5	11.2	6.6	2.9	2.5	1.7	1.7	1.4	0.01	0.95	0.03	0.051	0.007	0.001	47	7.7	2.4	8.0
酒沼 3 下層				16.0	8.0	4.2	5.0	2.7	2.1	1.5	1.5	1.3	0.40	0.41	0.04	0.059	0.008	0.003	41	18	6.5	6.6
酒沼 4 上層	9:10	0.65	3.1	13.0	8.4	10.8	6.5	2.7	3.0	1.6	1.7	1.4	0.02	0.98	0.04	0.050	0.007	0.001	41	6.8	2.1	8.1
酒沼 4 下層				15.0	7.8	3.1	4.7	2.7	2.0	1.5	1.3	1.1	0.29	0.36	0.05	0.064	0.007	0.003	26	22	8.6	5.7
酒沼 5 上層	10:31	0.55	2.4	14.0	8.6	10.8	6.5	3.0	2.8	1.6	1.7	1.4	0.01	0.96	0.04	0.052	0.008	0.001	48	7.1	2.1	7.9
酒沼 5 下層				14.5	8.4	9.1	6.2	3.0	2.3	1.5	1.6	1.4	0.15	0.76	0.04	0.057	0.006	0.001	50	9.1	3.1	7.6
酒沼 6 上層	9:48	0.75	2.8	13.5	8.5	10.7	6.0	2.9	2.4	1.5	1.7	1.4	0.02	0.99	0.03	0.047	0.006	0.001	44	7.2	2.1	8.0
酒沼 6 下層				15.0	8.1	4.5	5.1	2.7	2.3	1.5	1.5	1.3	0.30	0.50	0.04	0.076	0.007	0.002	47	16	5.8	6.7
酒沼 7 上層	9:00	0.55	2.7	14.0	8.4	9.8	6.4	2.7	2.5	1.6	1.9	1.6	0.01	1.1	0.04	0.050	0.007	0.001	48	5.5	1.8	8.4
酒沼 7 下層				14.0	8.2	7.8	6.1	2.8	2.3	1.6	1.6	1.3	0.09	0.75	0.04	0.061	0.007	0.001	47	9.7	3.6	7.5
酒沼 8 上層	10:45	0.60	2.8	14.0	8.5	9.6	6.2	2.8	2.3	1.6	1.7	1.4	0.01	0.95	0.03	0.054	0.006	0.001	44	7.9	2.7	7.6
酒沼 8 下層				14.5	8.4	8.6	6.4	3.0	2.3	1.6	1.7	1.4	0.06	0.82	0.04	0.069	0.007	0.001	47	9.3	3.0	7.2

表 9 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (12月)

平成26年12月20日 天気 曇り 気温5.8℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (μg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
9:41	1.00	2.1	5.0	8.3	11.3	8	6.0	3.2	2.3	1.6	1.8	1.5	0.01	0.69	0.03	0.065	0.013	0.003	42	15	5.2	4.7
			6.5	8.2	10.1	10	5.6	3.3	2.4	1.7	1.7	1.3	0.02	0.58	0.04	0.071	0.012	0.003	41	17	5.9	4.3
9:57	1.10	2.4	5.5	8.6	10.4	10	5.5	3.0	2.5	1.6	1.7	1.4	0.01	0.63	0.03	0.043	0.010	0.003	31	16	5.4	4.4
			5.5	8.5	10.3	11	5.1	3.1	2.7	1.6	1.6	1.4	0.01	0.62	0.03	0.039	0.011	0.003	34	16	5.4	4.4
9:30	1.00	2.6	5.0	8.1	11.3	12	6.2	3.2	2.4	1.5	2.0	1.6	0.01	0.74	0.03	0.066	0.012	0.003	51	15	4.9	4.7
			6.0	8.1	7.6	11	5.4	3.2	2.6	1.5	1.6	1.3	0.01	0.57	0.04	0.057	0.011	0.003	36	17	5.8	4.3
9:08	1.10	3.1	4.0	7.7	10.2	9	5.7	3.0	2.6	1.5	1.8	1.5	0.01	0.71	0.03	0.046	0.011	0.003	36	15	5.0	4.7
			6.0	7.7	7.6	12	6.2	3.3	2.6	1.6	1.7	1.3	0.03	0.53	0.05	0.070	0.016	0.004	42	17	6.1	4.2
10:09	1.10	2.2	5.0	8.5	10.0	10	5.4	3.0	2.5	1.5	1.7	1.4	0.01	0.66	0.03	0.045	0.011	0.003	33	16	5.4	4.5
			5.5	8.4	10.4	11	5.3	3.2	2.4	1.5	1.7	1.4	0.01	0.65	0.03	0.044	0.011	0.003	33	16	5.4	4.5
9:20	1.05	2.7	5.0	8.0	10.5	11	6.2	3.0	2.5	1.5	1.9	1.5	0.01	0.75	0.03	0.060	0.012	0.003	41	15	4.9	4.7
			6.0	8.0	7.3	11	5.7	3.2	2.5	1.6	1.8	1.3	0.06	0.56	0.04	0.080	0.013	0.003	35	16	5.8	4.3
8:57	0.90	2.5	5.0	7.2	9.9	11	6.0	2.8	2.6	1.5	1.9	1.6	0.02	0.73	0.03	0.053	0.011	0.003	41	15	5.2	4.4
			5.0	7.5	8.6	12	5.1	2.8	2.1	1.5	1.9	1.5	0.01	0.69	0.03	0.064	0.010	0.003	19	16	5.5	4.4
10:23	1.10	2.5	5.5	8.6	10.0	11	4.8	2.8	2.1	1.5	1.8	1.5	0.01	0.71	0.03	0.046	0.011	0.003	19	16	5.6	4.5
			6.0	8.5	8.4	12	4.6	2.6	1.9	1.4	1.7	1.4	0.02	0.66	0.03	0.053	0.011	0.003	17	18	6.2	4.3

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (μg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
11:00	-	50.0	9.0	8.1	6.7	13	2.8	2.0	1.3	1.0	1.2	1.1	0.12	0.37	0.02	0.059	0.032	0.023	4.8	28	10	3.2
10:49	-	50.0	6.0	8.3	9.2	11	4.4	2.7	1.9	1.4	1.7	1.5	0.02	0.69	0.03	0.040	0.010	0.003	17	17	6.0	4.5

表 10 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (1月)

平成27年1月16日 天気 晴れ 気温 7.2 °C (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼 1 上層	0.60	2.3	7.0	8.6	10.1	11	6.1	2.0	3.5	1.5	1.9	1.6	0.02	0.80	0.04	0.049	0.012	0.004	39	17	6.0	6.4
酒沼 1 下層			6.5	8.6	8.3	11	5.7	2.0	3.0	1.5	1.7	1.3	0.02	0.65	0.04	0.045	0.011	0.004	45	21	7.3	5.7
酒沼 2 上層	0.60	2.6	6.5	8.7	8.8	10	6.1	1.8	3.1	1.4	1.8	1.4	0.02	0.72	0.04	0.047	0.008	0.003	39	19	6.6	6.1
酒沼 2 下層			6.5	8.6	7.5	12	5.5	1.7	2.8	1.4	1.6	1.3	0.04	0.61	0.04	0.043	0.008	0.004	43	21	7.6	5.5
酒沼 3 上層	0.80	2.7	6.0	8.6	8.9	10	5.9	1.8	3.0	1.4	2.0	1.7	0.02	0.87	0.04	0.053	0.008	0.003	39	17	5.6	6.5
酒沼 3 下層			6.5	8.5	7.2	11	5.4	1.9	2.9	1.4	1.7	1.3	0.04	0.62	0.04	0.052	0.009	0.004	41	21	7.7	5.5
酒沼 4 上層	0.60	3.2	5.5	8.5	8.2	10	5.6	1.8	3.1	1.4	1.8	1.5	0.02	0.74	0.04	0.044	0.007	0.003	43	18	6.4	5.9
酒沼 4 下層			6.5	8.3	5.8	8	4.6	1.2	2.4	1.3	1.5	1.2	0.09	0.52	0.04	0.045	0.009	0.004	31	23	8.6	5.2
酒沼 5 上層	0.70	2.4	7.0	8.6	7.8	9	5.7	1.4	3.0	1.3	1.7	1.4	0.02	0.69	0.04	0.044	0.009	0.004	42	20	6.7	5.9
酒沼 5 下層			6.0	8.6	7.5	11	5.9	1.5	2.9	1.3	1.7	1.3	0.02	0.65	0.04	0.044	0.007	0.004	45	21	7.0	5.7
酒沼 6 上層	0.70	2.9	6.0	8.6	8.7	13	5.6	1.4	3.1	1.4	2.0	1.7	0.03	0.90	0.04	0.055	0.007	0.003	37	16	5.3	6.5
酒沼 6 下層			6.0	8.5	7.2	12	5.0	1.3	2.9	1.4	1.6	1.3	0.04	0.62	0.04	0.047	0.009	0.003	39	21	7.2	5.2
酒沼 7 上層	0.60	2.8	5.5	8.4	9.0	12	5.7	1.7	3.0	1.4	1.8	1.5	0.02	0.72	0.04	0.047	0.009	0.003	44	19	6.4	5.7
酒沼 7 下層			6.5	8.3	5.8	13	3.8	1.3	2.7	1.4	1.4	1.2	0.13	0.48	0.04	0.049	0.013	0.005	21	25	8.8	4.6
酒沼 8 上層	0.55	2.7	6.0	8.8	8.4	16	5.7	1.8	3.0	1.6	2.3	2.0	0.06	1.0	0.04	0.079	0.009	0.003	36	16	5.1	6.0
酒沼 8 下層			7.0	8.5	4.8	13	3.3	1.0	2.2	1.3	1.4	1.2	0.16	0.47	0.03	0.056	0.013	0.006	20	25	8.8	4.8

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼橋	-	50以上	8.0	8.3	7.1	11	2.2	0.8	1.6	1.1	1.8	1.7	0.41	0.61	0.02	0.10	0.067	0.059	2.2	20	6.8	6.1
大貫橋	-	50以上	8.5	8.3	5.9	10	2.4	1.0	1.6	1.0	1.5	1.4	0.27	0.55	0.02	0.063	0.024	0.016	4.0	23	7.9	5.6



表 11 湖沼の現地調査及び水質分析結果 (2月)

平成27年2月20日		天気 晴れ		気温 6.4 °C (水戸10時, 気象庁データ)																		
採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
9:24	0.90	2.2	6.0	8.1	9.1	8	5.1	2.5	2.4	1.6	2.2	2.0	0.01	1.7	0.02	0.064	0.014	0.001	25	11	3.7	3.3
			6.0	7.9	8.7	8	4.9	2.4	2.7	1.6	2.0	1.8	<0.01	1.5	0.02	0.057	0.012	<0.001	29	15	5.2	2.9
9:34	1.00	2.7	6.0	8.0	9.3	8	4.9	2.5	2.4	1.6	2.2	1.9	<0.01	1.6	0.02	0.060	0.012	<0.001	25	13	4.4	3.2
			6.0	8.0	7.0	8	4.6	2.5	2.5	1.5	2.0	1.7	<0.01	1.5	0.02	0.053	0.010	<0.001	23	15	5.4	2.9
9:14	1.00	2.8	6.0	8.1	9.0	7	4.6	2.6	1.9	1.5	2.2	2.0	0.03	1.8	0.02	0.051	0.011	0.001	18	10	3.1	3.4
			6.0	7.8	7.2	8	4.2	2.2	2.4	1.5	2.0	1.7	0.02	1.5	0.02	0.050	0.010	<0.001	19	16	5.8	2.8
8:53	1.00	3.2	6.0	7.9	8.3	6	4.1	2.2	2.2	1.5	2.2	1.9	0.01	1.7	0.02	0.050	0.012	<0.001	19	11	3.5	3.2
			7.0	7.4	3.7	10	3.2	1.7	2.2	1.3	1.4	1.1	0.18	0.83	0.01	0.059	0.013	0.001	8.8	31	11	1.7
9:46	1.00	2.4	6.0	8.1	8.6	8	4.5	2.2	2.3	1.5	2.0	1.7	<0.01	1.6	0.02	0.050	0.013	<0.001	23	15	5.2	3.0
			6.0	8.1	8.0	8	4.7	2.4	2.4	1.5	2.0	1.7	<0.01	1.5	0.02	0.049	0.013	<0.001	26	15	5.4	2.9
9:04	1.00	2.9	6.0	8.1	8.2	7	3.8	2.0	1.9	1.5	2.2	2.0	0.02	1.8	0.02	0.051	0.012	<0.001	17	11	3.4	3.2
			5.5	7.9	6.7	6	4.0	2.0	2.4	1.6	2.0	1.8	0.01	1.6	0.02	0.046	0.012	<0.001	24	15	5.1	2.9
8:42	0.90	2.7	6.0	7.6	8.0	21	4.2	2.0	2.4	1.5	2.0	1.7	0.01	1.5	0.02	0.048	0.012	<0.001	23	15	5.3	2.9
			6.0	7.6	7.4	13	4.3	2.0	2.4	1.5	1.9	1.7	0.01	1.5	0.02	0.051	0.012	<0.001	26	17	5.9	2.7
10:00	1.00	2.6	6.0	8.1	7.1	6	4.0	2.1	2.3	1.5	1.9	1.7	0.01	1.5	0.02	0.042	0.011	<0.001	21	16	5.3	2.9
			6.0	8.0	7.1	16	3.3	1.5	2.1	1.4	1.7	1.5	0.04	1.3	0.02	0.048	0.012	<0.001	21	20	7.2	2.4

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	CT (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
10:35	-	50以上	7.5	7.7	6.3	13	1.6	0.8	1.5	1.1	0.94	0.84	0.08	0.63	0.01	0.038	0.019	0.011	5.6	36	13	1.3
10:25	-	50以上	7.0	7.9	7.4	16	3.2	1.7	2.0	1.4	1.6	1.4	0.05	1.2	0.02	0.050	0.011	<0.001	18	21	7.5	2.5

表 12 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (3月)

平成27年3月6日 天気 曇り 気温 8.4 °C (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼 1 上層	1.00	2.0	8.5	8.6	13.1	7	4.4	2.7	1.9	1.6	2.2	2.0	0.02	1.8	0.03	0.050	0.010	0.001	30	6.3	1.6	3.7
酒沼 1 下層			9.0	8.4	11.9	9	5.2	2.5	2.2	1.9	2.0	1.7	0.02	1.5	0.03	0.055	0.011	0.003	41	10	3.6	3.2
酒沼 2 上層	0.80	2.5	9.0	8.5	13.3	9	5.1	2.8	2.4	1.6	2.1	1.8	0.03	1.7	0.03	0.048	0.011	0.003	35	9.0	2.9	3.5
酒沼 2 下層			8.9	8.4	12.5	10	5.3	2.8	2.4	1.7	2.0	1.7	0.03	1.5	0.03	0.062	0.010	0.003	47	0.80	3.9	3.2
酒沼 3 上層	1.00	2.5	8.7	8.5	12.7	7	4.8	2.2	1.9	1.6	2.2	1.9	0.03	1.7	0.03	0.046	0.008	0.001	28	6.8	2.0	3.7
酒沼 3 下層			8.9	8.2	10.4	10	5.1	2.3	2.3	1.7	2.0	1.6	0.02	1.4	0.03	0.064	0.009	0.002	46	12	4.1	3.1
酒沼 4 上層	1.00	3.1	9.0	8.2	12.7	8	4.7	2.4	2.1	1.4	2.2	1.8	0.02	1.6	0.03	0.057	0.008	0.002	37	9.4	2.9	3.3
酒沼 4 下層			9.1	8.1	10.0	16	5.0	2.3	2.5	1.7	2.0	1.6	0.10	1.4	0.03	0.065	0.008	0.002	44	14	4.8	3.0
酒沼 5 上層	0.70	2.3	8.8	8.3	13.4	8	5.0	2.6	2.2	1.5	2.1	1.8	0.02	1.6	0.03	0.050	0.008	0.002	32	9.4	2.9	3.4
酒沼 5 下層			9.0	8.3	12.1	18	5.9	1.6	2.5	1.7	2.0	1.6	0.02	1.5	0.03	0.063	0.008	0.002	49	12	3.8	3.2
酒沼 6 上層	1.00	2.7	8.2	8.2	12.5	9	4.7	1.7	2.0	1.5	2.5	2.2	0.02	2.0	0.03	0.049	0.007	0.001	30	8.6	2.6	3.4
酒沼 6 下層			8.9	8.1	11.6	12	5.1	1.5	2.2	1.6	2.1	1.7	0.02	1.5	0.03	0.053	0.006	0.001	41	11	3.7	3.2
酒沼 7 上層	0.90	2.4	8.7	8.4	13.0	10	4.9	1.8	2.1	1.5	2.1	1.7	0.02	1.6	0.03	0.050	0.007	0.002	34	10	3.3	3.3
酒沼 7 下層			9.0	8.4	12.4	12	5.0	1.9	2.2	1.5	2.1	1.7	0.02	1.5	0.03	0.066	0.008	0.002	42	12	4.1	3.1
酒沼 8 上層	0.90	2.3	9.0	8.5	12.6	10	5.0	2.1	2.2	1.7	2.0	1.7	0.02	1.5	0.02	0.045	0.006	0.002	41	11	3.7	3.1
酒沼 8 下層			9.0	8.5	12.2	16	5.4	2.0	2.3	1.6	2.0	1.6	0.02	1.4	0.02	0.053	0.008	0.003	47	12	4.2	3.1

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	COD (mg L <sup>-1</sup> )	d-COD (mg L <sup>-1</sup> )	TOC (mg L <sup>-1</sup> )	DOC (mg L <sup>-1</sup> )	TN (mg L <sup>-1</sup> )	DTN (mg L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	TP (mg L <sup>-1</sup> )	DTP (mg L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	Chla (µg L <sup>-1</sup> )	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (g L <sup>-1</sup> )	SRSI (mg L <sup>-1</sup> )
酒沼橋	-	35.0	9.9	8.4	11.7	16	4.7	1.6	2.0	1.6	2.0	1.6	0.02	1.5	0.02	0.070	0.008	0.002	31	13	4.5	3.1
大貫橋	-	33.0	10.2	8.5	12.0	12	5.1	1.5	2.1	1.6	2.0	1.7	0.02	1.5	0.03	0.052	0.008	0.002	40	11	3.8	3.2

## 1-11 牛久沼の水質保全に関する調査事業

### 1 目的

牛久沼は茨城県南部に位置する湖面積 3.4 km<sup>2</sup>、平均水深 1 m の浅い湖沼<sup>1)</sup>であり、3つの肢節部を有する堰止め湖である(図1参照)。主に谷田川、西谷田川、稲荷川が牛久沼に流入し、小貝川を経て利根川に流出する。農業用水として利用されるほか、古くから漁場として親しまれる湖沼であるが、その水質は昭和 50 年代後半から悪化した。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 26 年 4 月～平成 27 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
- ・分析方法：JIS K0102 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) 上層
- ・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

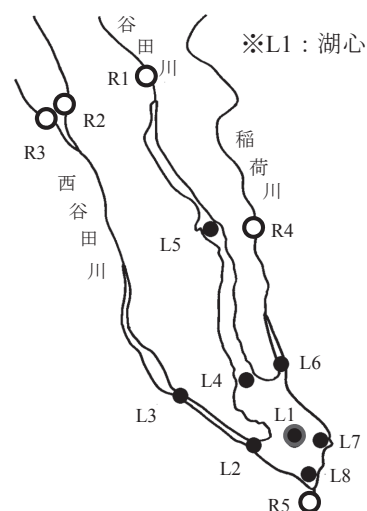


図1 牛久沼調査地点図

### 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。上層と下層は同様の傾向であったため本報告では上層の結果のみを示す。また、植物プランクトン調査結果は平成 23-26 年度，動物プランクトン調査結果は平成 16-26 年度の出現状況を報告する。

#### (1) 水質の経年変化(図2参照)

- ① COD：湖内及び流入河川は平成 14 年以降で最も低い値であった。
- 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 年度以降に減少する傾向がみられている。
- ③ 全りん：湖内は平成 14 年度以降で最も低い値であった前年度からやや増加した。流入河川は平成 14 年以降で最も低い値であった。
- ④ クロロフィル a：湖内は平成 19 年度以降に増加する傾向がみられている。流入河川は横ばいで推移した。

#### (2) 平成 26 年度の水質(図3参照)

過去 5 年平均値(平成 21-25 年度)と比較した。

- ① COD：過去 5 年平均値は 7.9mg/l で，平成 26 年度平均値は 6.6mg/l であった。経月変化の増減傾向は例年と異なり，夏季に大幅に低くなった。
- ② 全窒素：過去 5 年平均値は 1.7mg/l で，平成 26 年度平均値は 1.8mg/l であった。経月変化の増減傾向は例年どおりだが，6 月や 10 月に高めになった。
- ③ 全りん：過去 5 年平均値は 0.074mg/l で，平成 26 年度平均値は 0.069mg/l であった。経月変化の増減傾向は例年どおりだが，4 月や 9 月～10 月に低めであった。
- ④ クロロフィル a：4 月から 9 月まで平年並み～高めで推移した。10 月以降は例年並みに推移した。

(3) プランクトン (図4参照)

- ① 植物プランクトン (生体積) : 植物プランクトンは珪藻類が優占し、特に6月から10月まではアウラコセイラ属が極めて大きな割合を占めた。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26年度の優占種はワムシ類であった。ただし、10月にはゾウミジンコが優占した。

(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、平年値として過去30年間(1981年~2010年)の平均値を用いた。

- 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5月~8月に高めであった。
- ② 総降水量 : 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6月、10月は著しく多くなった。
- ③ 総日照時間 : 経年変化は、平成20年度以降に増加傾向であった。経月変化は平年に比べて長い月が9か月あった。

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/etrn/>

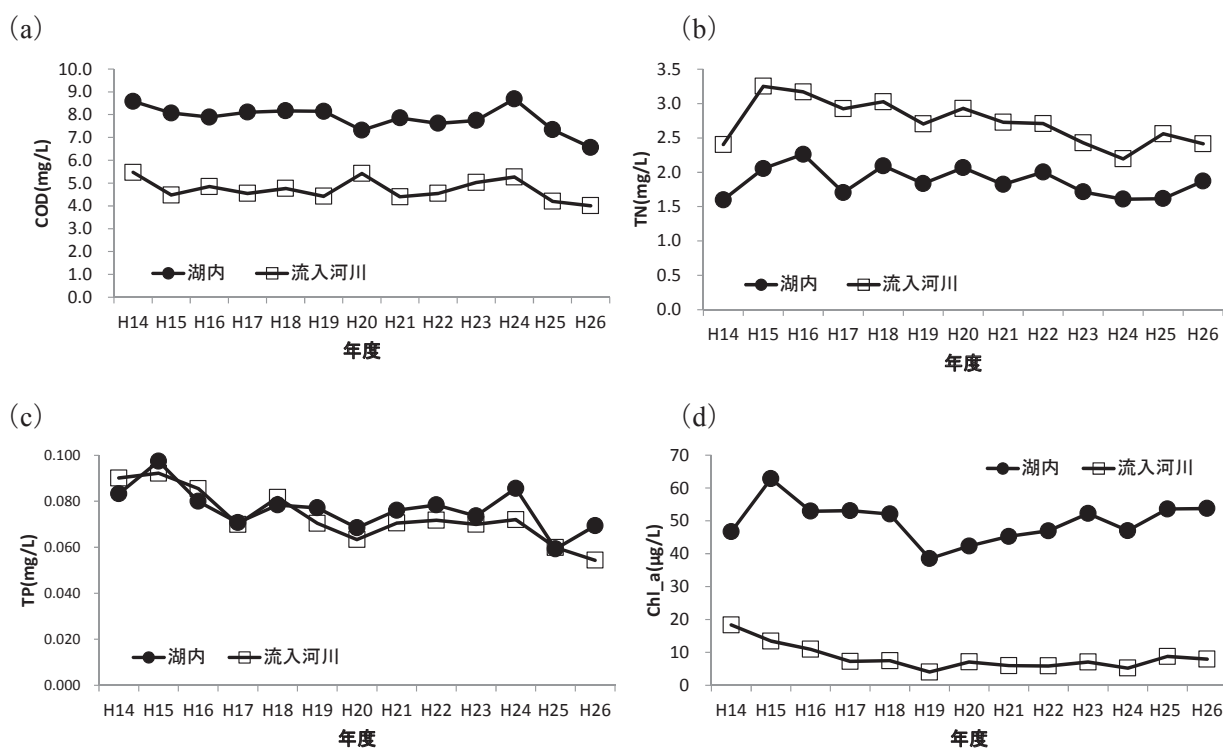


図2 湖内上層及び流入河川(全地点平均)における水質の経年変化  
(a) COD, (b) 全窒素, (c) 全りん, (d) Chl.a

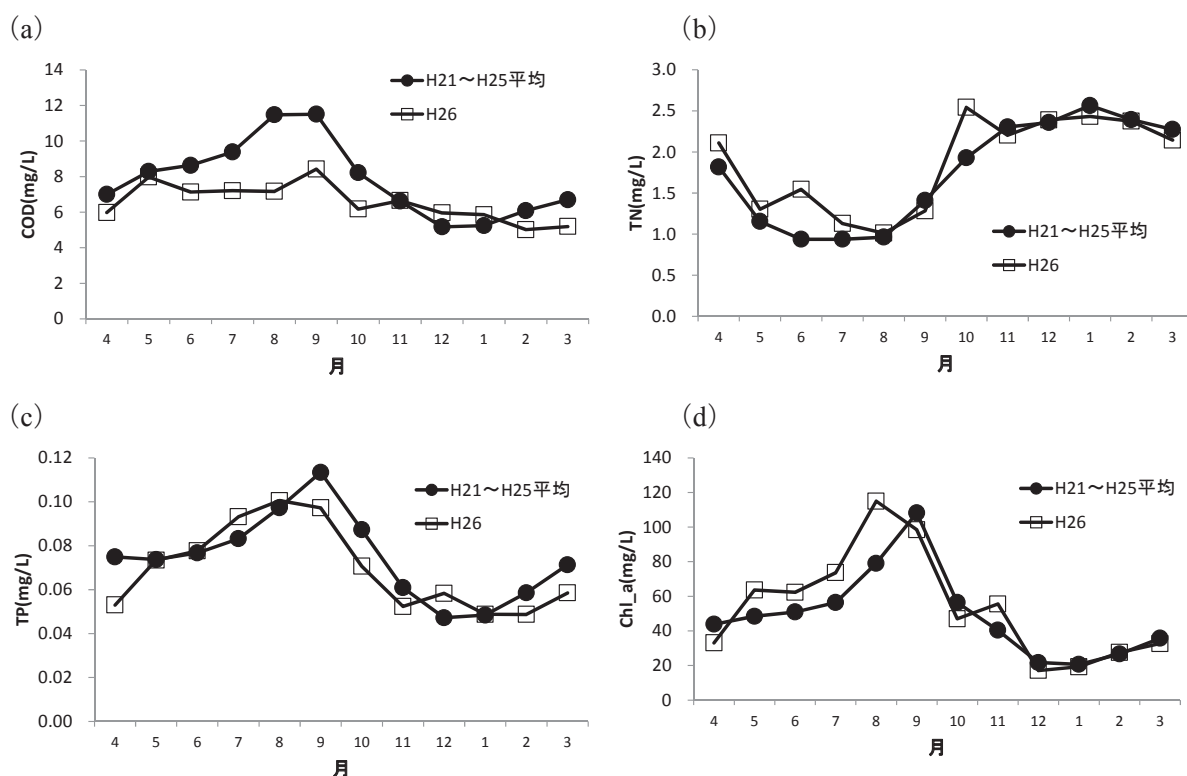


図3 湖内上層（全地点平均）における水質の経月変化  
(a) COD, (b) 全窒素, (c) 全りん, (d) Chl. a

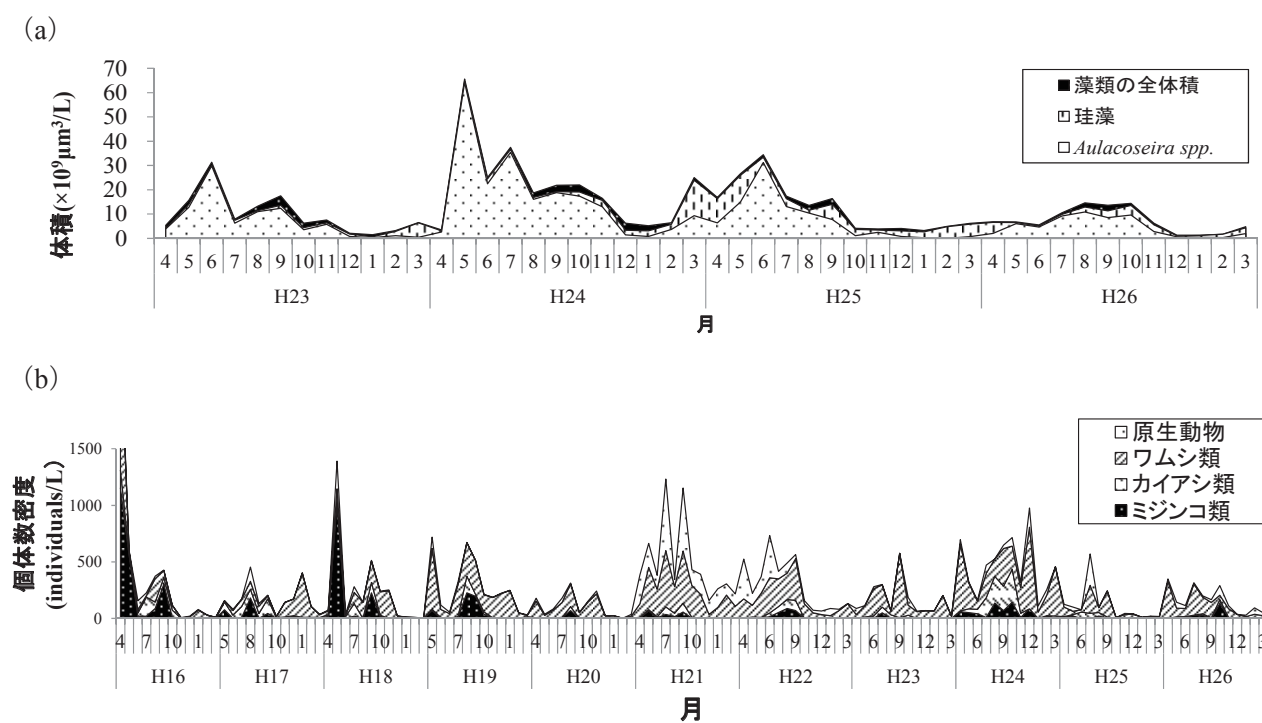


図4 湖心上層におけるプランクトンの変化  
(a) 植物プランクトンの生体積, (b) 動物プランクトンの個体数

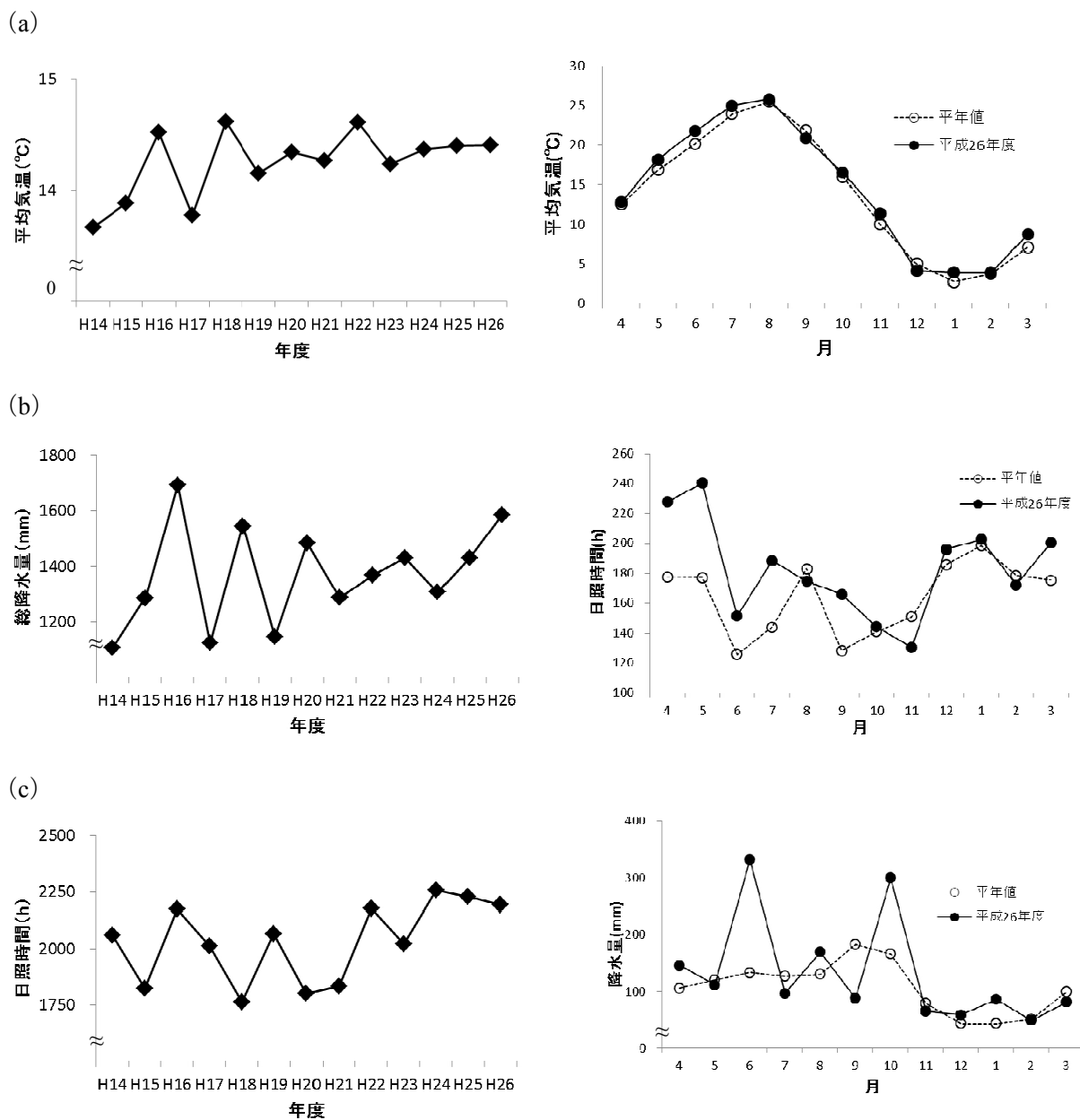


図5 つくば市（館野）における気象の状況

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















## 1-12 牛久沼及びその流入河川の水生植物調査

## 1 目的

牛久沼の水生植物については、昭和 60 年に農環研の塚野らにより調査が行われたという報告<sup>1)</sup>があるが、その後の報告が無いため、現在の状況については不明となっている。

そこで、牛久沼湖内及び牛久沼の流入河川の水生植物の現状把握を目的に調査を行った。

なお、本調査は国立環境研究所とのⅡ型共同研究「湖沼の生物多様性・生態系評価のための情報ネットワーク構築」の一環として実施した。

## 2 調査方法

## (1) 調査月日

牛久沼：平成 26 年 9 月 24 日及び 29 日

流入河川：平成 26 年 10 月 9 日

## (2) 調査地点

牛久沼については、湖心付近では約 300m メッシュで、西谷田川河口部付近では約 150m メッシュ、谷田川河口部付近では 500m で区分した 51 地点を調査地点とした（図 1, (a)）。また、西谷田川及び蓮沼川については、橋が架けられている地点を基準として、橋の上下 50m を調査地点とした（図 1(b)）。

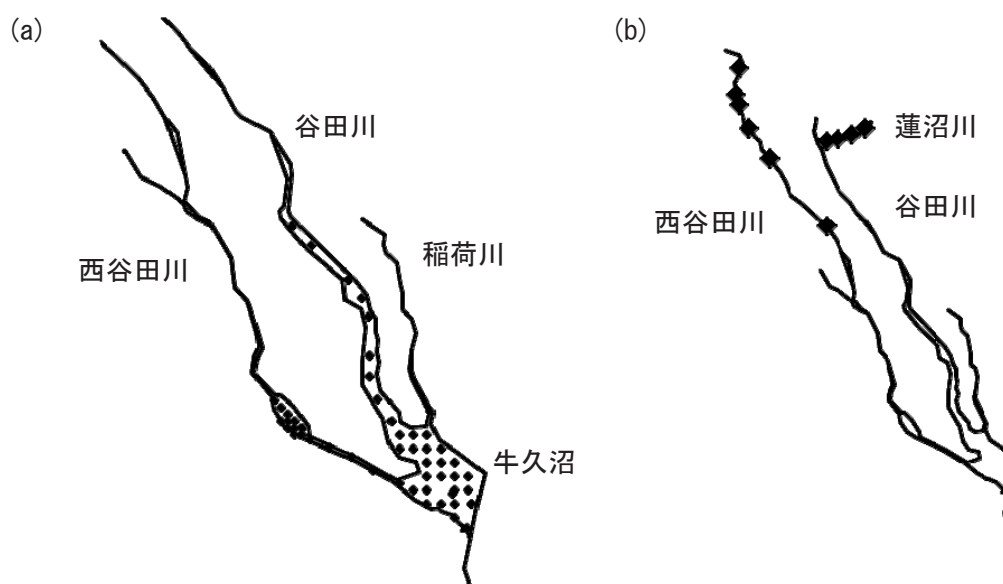


図 1 調査地点

a : 牛久沼, b : 流入河川

(3) 調査手法

水生植物は、沈水植物、浮葉植物及び抽水植物に区分し、生育している植物種を確認することとした。

牛久沼の湖内については、船上から四方へ熊手を投げ沈水植物を絡め取る方法により、その他の水生植物については直接草体を採取し、種類の識別を行なった。また、沿岸部の水生植物帯については、植生帯の縁の位置を GPS 記録し、範囲を確定した。

河川については、目視により水生植物の繁茂を判断し、繁茂している場合は、橋上から熊手を投げ、沈水植物を絡め取った。

3 調査結果

(1) 牛久沼の水生植物

牛久沼湖内においては、浮葉植物のコウホネとヒシが、抽水植物のハスと外来種であるオオフサモの繁茂が確認されたが、沈水植物は見られなかった。

(2) 流入河川の水生植物

流入河川においては、西谷田川の東亜橋周辺で沈水植物のイトヤナギモの繁茂が確認されたが、他の水生植物は見られなかった。

4 参考文献

- 1) 塚野豊，小林明晴，堀江秀樹 (1986): 茨城県東谷田川，西谷田川，および牛久沼における水生植物の分布，雑草研究，別号，講演会要旨，25，129-130

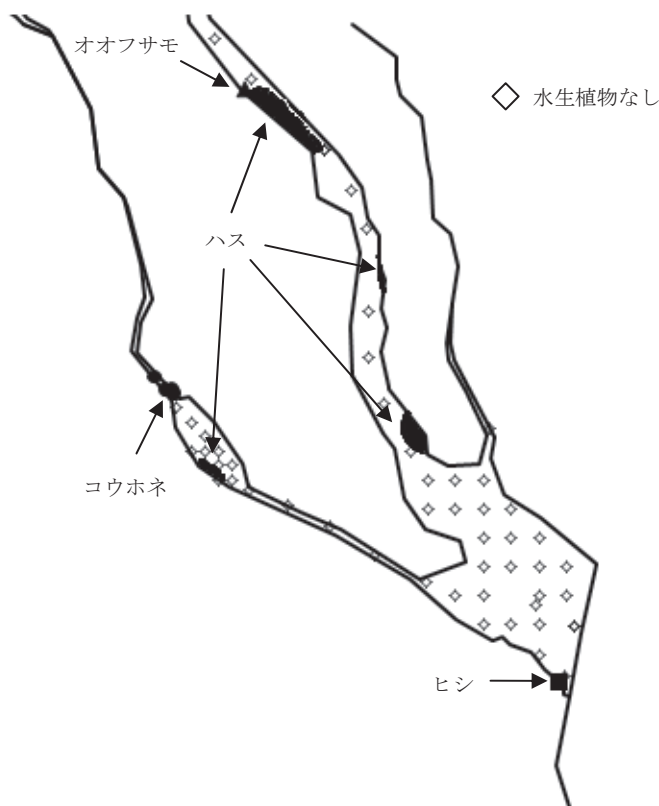


図2 牛久沼の水生植物

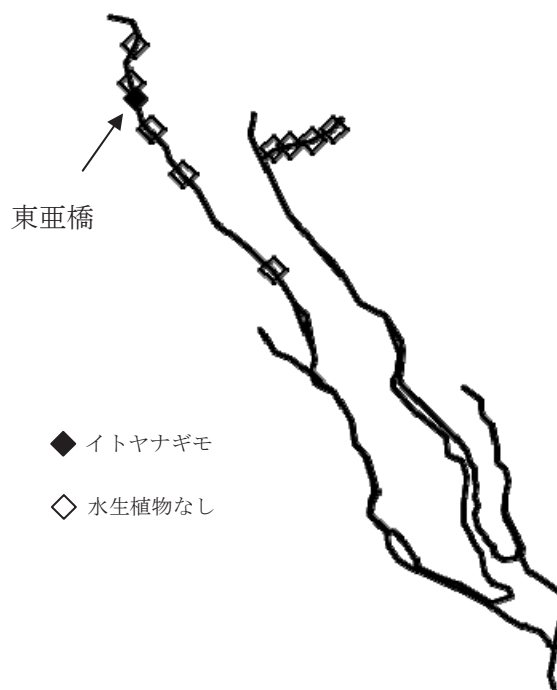


図3 流入河川の水生植物

## 1-13 霞ヶ浦水質等の詳細調査研究（水生植物による調査研究）

### 1 目的

霞ヶ浦における水生植物は、水質環境の悪化とともに減少しており、特に沈水植物が顕著に減少している。そこで、霞ヶ浦の湖辺において試験地を設置し、かつて沈水植物が繁茂していた底泥を試験地に移設することでシードバンクによる沈水植物の発芽・成長を検討し、あわせて沈水植物が水質に与える効果を明らかにする。

### 2 方法

#### (1) 調査期間

平成 24 年 4 月～平成 27 年 3 月

#### (2) 調査方法

試験は、土浦市田村地区で行っている自然再生事業の A 工区に試験池（5m×5m×1m（深さ））を 3 池設置し（図 1）、池ごとに条件を変えて比較を行った。

#### (3) 調査内容

図 1 試験池

##### ① 平成 24 年度

試験池①はエビモ、ササバモ、シャジクモを植付け（7 月上旬）、試験池②は水生植物を取り除き、試験池③は放置し、水質の変化を調べた。

##### ② 平成 25 年度

試験池①は山砂を入れ、沈水植物が繁茂していた霞ヶ浦の底泥を撒き、試験池②は沈水植物が繁茂していた霞ヶ浦の底泥を撒き、試験池③は放置し、沈水植物の発芽について調べた。

##### ③ 平成 26 年度

前年度から引き続き沈水植物の発芽と水質について調べた。

### 3 結果の概要

#### (1) 平成 24 年度の結果について

試験池①は、8 月上旬までササバモが繁茂したが、8 月中旬にはアオミドロの繁茂により、ササバモやエビモが衰退した。シャジクモは当初から成長が悪かった。試験池②は、透明度が低く、除草前でも水生植物は見られなかった。試験池③は、ウキヤガラ等の数種の水生植物の生育が 7 月頃から見られた。

水質調査は、7 月 13 日から 12 月 26 日の間に 12 回行った。8 月中旬に沈水植物が衰退したことから、沈水植物が繁茂していた 8 月までを期間 1、沈水植物が衰退した 9 月以降を期間 2 に分けて、表 1 に示した。沈水植物が衰退する 8 月末までの 4 回の、沈水植物を移植した試験池①の水質は期間 2 の水質よりも SS 及び TP が低く、沈水植物の水質改善効果があったと考えられる（表 1）。また、9 月から 12 月までの水質を見ると、試験池①の水質が他の池よりも悪化しており、沈水植物やアオミドロの遺骸が水質に影響したと考えられる。

表1 試験池の水質

		SS	COD	TP	TN
試験池①	期間1	5	19	0.038	0.99
	期間2	16	19	0.071	1.0
試験池②	期間1	42	25	0.074	1.3
	期間2	6	16	0.036	0.81
試験池③	期間1	10	23	0.047	1.3
	期間2	6	16	0.046	0.79

※期間1に7月～8月の4回の調査の平均値，期間2に9月～12月の8回の調査の平均値

## (2) 平成25年度の結果について

沈水植物は自然発芽しなかったため、7月に試験池に手を加えた。試験池①は山砂を入れ、沈水植物が生えていた底泥を撒き、試験池②は沈水植物が生えていた底泥のみを撒き、試験池③は放置状態とした。

しかし、沈水植物は発芽しなかった。この原因としては、沈水植物が生えていた底泥の移植時期が遅かったことが考えられる。

## (3) 平成26年度の結果について

沈水植物は7月になっても発芽しなかった。要因として、透視度が6～22cmと低く、降雨による土砂の流入等の影響が考えられた。

## 4 まとめ

霞ヶ浦では、かつて沈水植物が繁茂していたという記録もあることから、沈水植物の再生は可能であると考えられるが、実現するためには霞ヶ浦底泥からの沈水植物の発芽条件の確立と透視度の上昇等が必要である。



## 1-14 霞ヶ浦直接浄化対策検証事業

### 1 目的

平成 25 年度に秋季から冬季にかけて土浦港内の水質を調査し、土浦港の湖岸に設置した霞ヶ浦直接浄化実証施設（以下、浄化施設という）の水質改善効果を確認した。本年度は気温が上昇する春季から夏季にかけての水質改善効果を検証することを目的とする。

### 2 調査方法

#### (1) 調査内容

浄化施設は、平成 26 年 4 月 23 日から平成 26 年 9 月 24 日の間に 1 クール 28 日間とする運転で、4 クール稼働した。土浦港内の水質調査は、各クールの稼働 1 日前、稼働 4,13,28 日目、及び第 4 クールの稼働停止後 10 日目を加えた計 25 回実施した。水質調査の採水は、水面下 0.5 m と湖底面上 0.5 m で行い、併せて、流向・流速も測定した。なお、動植物プランクトンの調査は、各クール 1 回、稼働後 13 日目に地点②、⑤で実施し、水面下 0.5 m から採水した。

#### (2) 調査地点

調査地点は、図 1 に示す 6 地点（①～⑥）とした。

図 1 浄化施設設置場所および調査地点

#### (3) 測定項目

測定項目は、透明度、水素濃度イオン指数 (pH)、電気伝導率 (EC)、化学的酸素要求量 (COD, d-COD)、懸濁物質 (SS)、全リン (TP, DTP)、全窒素 (TN, DTN)、各態窒素濃度 (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N)、リン酸イオン (PO<sub>4</sub>-P)、有機体炭素量 (TOC, DOC)、クロロフィル濃度 (Chl.a, Chl.b, Chl.c)、酸化還元電位 (ORP)、溶存酸素 (DO)、流向、流速

#### (4) 浄化施設稼働条件

第 1, 2 クールの稼働時の処理水量条件を 5,000 m<sup>3</sup>/日、第 3, 4 クールを 10,000 m<sup>3</sup>/日とした。

### 3 結果概要

平成 26 年度の結果とともに平成 25 年度の秋季から冬季にかけて得られた結果との比較を含め、浄化施設の処理対象項目であるりんについて報告する。

(1) 各地点のりん濃度 (TP) の推移

浄化施設の処理対象項目である TP について、各地点の水質の推移を図 2 に示す。

各クールの稼働前と稼働後では明らかに稼働後の濃度が低下していた。濃度推移をみると平成 25 年度 (10 月～3 月) の濃度は低く、平成 26 年度の 4 月からの濃度が高くなる傾向がみられた。特に、平成 26 年度の第 1 クールと第 2 クール (春季) で濃度が高くなっていた。春になり、気温の上昇と共に、植物プランクトンの量が増え始めたことや処理水量が 5,000 m<sup>3</sup>/日と少ない条件で運転したためと考えられる。夏季の第 3, 4 クールで処理水量を 10,000 m<sup>3</sup>/日にしたことにより、濃度は低下傾向を示した。各調査地点間の濃度をみると、全調査期間で地点①, ② < 地点③, ④, ⑤ < 地点⑥の順になっている。地点⑥の土浦港入口は浄化施設の放流口から最も遠く、施設稼働の影響が小さいこと、霞ヶ浦と接しており、湖水の影響が大きいため値が高くなったと考えられる。

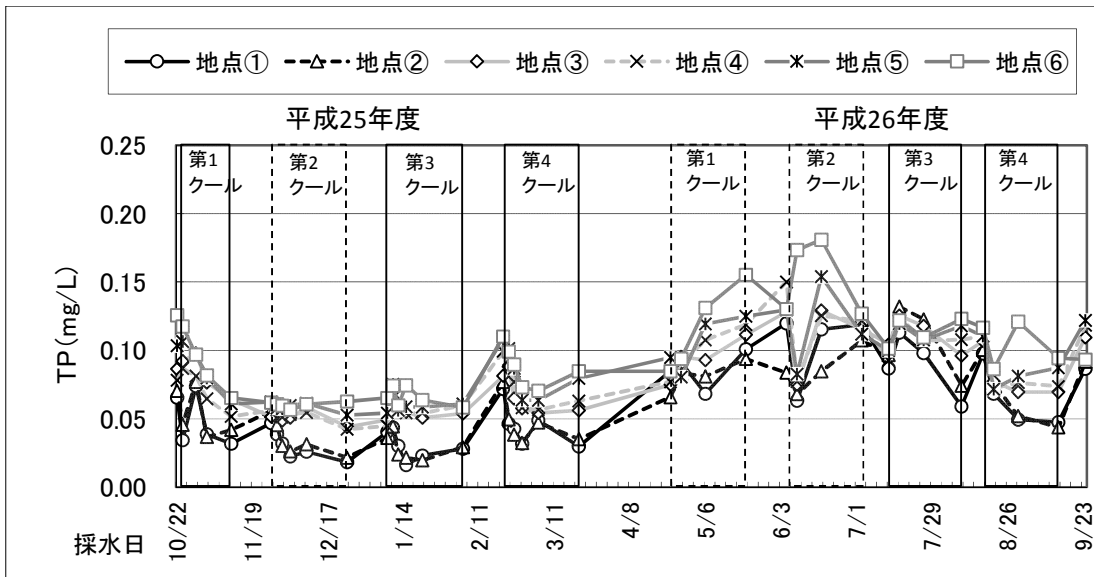


図 2 各地点の TP 濃度の推移

実線枠: 処理水量 10,000 m<sup>3</sup>/日, 破線枠: 処理水量 5,000 m<sup>3</sup>/日の稼働条件

(2) りんの改善率による水質評価

図 3 に地点毎の改善率 (総平均値) を示す。改善率は浄化施設稼働時の効果を推定するために湖水と同等と考えられる地点⑥の値を考慮して求めた (式 1)。表 1 に改善率を示した。改善率は、調査地点や季節の違い、処理水量などの条件によって傾向が見られる。改善率の総平均をみると、地点①, ② > 地点③ > 地点④ > 地点⑤の順になっており、浄化施設の放流口に近いほど改善効果が高い傾向がみられた。特に、地点①, ②は、その他の地点と比較して 2 倍以上、改善率が向上していた。次に、季節による改善率の違いを図 4 に示す。改善率は、各季節共に地点①, ② > 地点③ > 地点④ > 地点⑤の傾向は変わらない。処理水量条件を加えた改善率をみると、冬季 (10,000 m<sup>3</sup>/日), 冬季 (5,000 m<sup>3</sup>/日) > 夏季 (10,000 m<sup>3</sup>/日) > 夏季 (5,000 m<sup>3</sup>/日) の傾向がみられ、冬季のほうが夏季より、10,000 m<sup>3</sup>/日のほうが 5,000 m<sup>3</sup>/日より改善効果が大きくなることを確認できた。なお、各季節の値は、浄化施設が安定に稼働した、冬季 (5,000 m<sup>3</sup>/日): H25 年度第 2 クール, 冬季 (10,000 m<sup>3</sup>/日): H25 年度第 4 クール, 春季 (5,000 m<sup>3</sup>/日): H26 年度第 1, 2 クールの平均, 夏季 (10,000 m<sup>3</sup>/日): H26 年度第 4 クールを用いた。

$$\text{改善率} = \left( \frac{\text{地点⑥の水質の値} - \text{各地点の水質の値}}{\text{地点⑥の水質の値}} \right) \times 100 \quad \cdots \text{式 1}$$

\* 計算には稼働最終日の水質の値を使用、透明度は符号を反転

表 1 地点毎の TP 濃度と地点⑥の水質を考慮した改善率

水質	調査期間		地点①	地点②	地点③	地点④	地点⑤	地点⑥
T-P (mg/L)	H25-1クール 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	0.031	0.041	0.064	0.051	0.060	0.065
		改善率(%)	52	37	1.5	22	7.7	-
	H25-2クール 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	0.018	0.021	0.044	0.042	0.052	0.062
		改善率(%)	71	66	29	32	16	-
	H25-3クール 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	0.028	0.029	0.053	0.053	0.060	0.058
		改善率(%)	52	50	8.6	8.6	-3.4	-
	H25-4クール 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	0.029	0.035	0.050	0.063	0.079	0.088
		改善率(%)	67	60	43	28	10	-
	H26-1クール 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	0.10	0.093	0.11	0.11	0.12	0.15
		改善率(%)	33	38	27	27	20	-
	H26-2クール 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	0.11	0.10	0.11	0.12	0.11	0.12
		改善率(%)	8.3	17	8.3	0	8.3	-
	H26-3クール 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	0.058	0.074	0.096	0.10	0.11	0.12
		改善率(%)	52	38	20	17	8.3	-
	H26-4クール 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	0.047	0.043	0.069	0.076	0.086	0.095
		改善率(%)	51	55	27	20	9	-
平均(%)			48	45	21	19	10	-

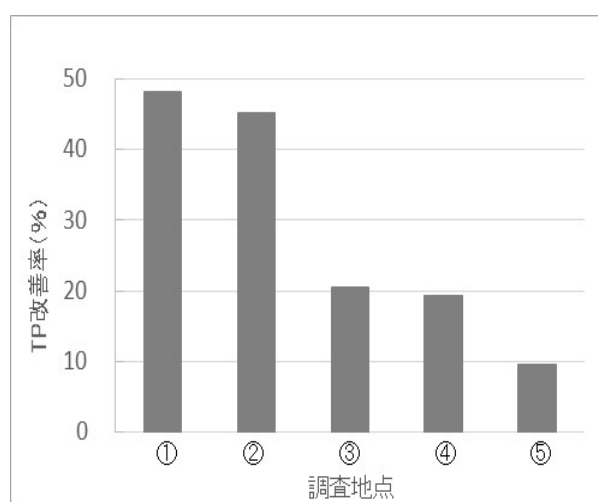


図 3 地点⑥の水質を考慮した TP の改善率(平均)

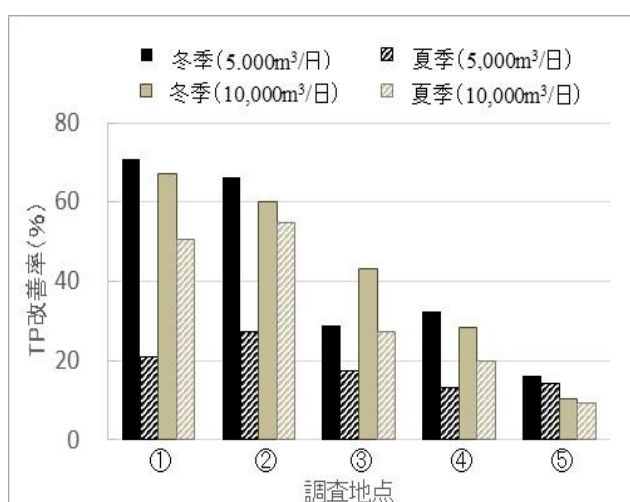


図 4 冬季と夏季・春季の TP 改善率

参考までに他の代表的な水質項目の改善率を表2に示す。

表2 地点毎のCOD, SS, TN, クロロフィルa濃度, 透明度と地点⑥の水質を考慮した改善率

水質	調査期間		地点①	地点②	地点③	地点④	地点⑤	地点⑥
COD (mg/L)	H25-1ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	3.7	4.5	5.2	4.6	5.0	5.1
		改善率(%)	27	12	-2.0	10	2.0	-
	H25-2ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	3.8	3.8	5.0	5.2	5.6	5.3
		改善率(%)	28	28	5.7	1.9	-5.7	-
	H25-3ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	4.6	4.9	6.4	6.3	6.7	6.2
		改善率(%)	26	21	-3.2	-1.6	-8.1	-
	H25-4ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	4.3	4.5	5.3	5.7	6.2	6.0
		改善率(%)	28	25	12	5.0	-3.3	-
	H26-1ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	7.9	8.2	9.2	10	10	11
		改善率(%)	28	25	16	9.1	9.1	-
	H26-2ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	9.9	9.4	9.1	9.4	9.2	8.6
		改善率(%)	-15	-9.3	-5.8	-9.3	-7.0	-
	H26-3ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	7.7	8.2	9.0	8.7	10	10
		改善率(%)	23	18	10	13	0	-
H26-4ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	5.6	5.8	7.2	7.5	7.6	7.6	
	改善率(%)	26	24	5.3	1.3	0	-	
平均(%)			22	18	4.7	3.6	-1.6	-
SS (mg/L)	H25-1ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	5	9	14	11	12	12
		改善率(%)	58	25	-17	8.3	0	-
	H25-2ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	2	3	7	8	8	6
		改善率(%)	67	50	-17	-33	-33	-
	H25-3ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	4	5	8	10	12	9
		改善率(%)	56	44	11	-11	-33	-
	H25-4ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	9	8	17	13	16	18
		改善率(%)	50	56	5.6	28	11	-
	H26-1ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	24	23	24	28	31	44
		改善率(%)	45	48	45	36	30	-
	H26-2ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	22	18	17	19	18	20
		改善率(%)	-10	10	15	5.0	10	-
	H26-3ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	13	15	17	20	24	21
		改善率(%)	38	29	19	4.8	-14	-
H26-4ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	9	8	12	13	13	14	
	改善率(%)	36	43	14	7.1	7.1	-	
平均(%)			42	38	10	5.6	-2.9	-
T-N (mg/L)	H25-1ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	2.3	2.4	2.4	2.5	2.8	2.8
		改善率(%)	18	14	14	11	0	-
	H25-2ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2
		改善率(%)	9.1	9.1	4.5	4.5	4.5	-
	H25-3ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	2.3	2.3	2.5	2.6	2.6	2.5
		改善率(%)	8.0	8.0	0	-4.0	-4.0	-
	H25-4ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	2.4	2.5	2.6	2.6	2.8	2.7
		改善率(%)	11	7.4	3.7	3.7	-3.7	-
	H26-1ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5
		改善率(%)	6.7	6.7	0	0	-6.7	-
	H26-2ヶル 5,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	1.8	1.9	1.7	1.8	1.6	1.5
		改善率(%)	-20	-27	-13	-20	-6.7	-
	H26-3ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.5
		改善率(%)	27	20	13	13	13	-
H26-4ヶル 10,000m <sup>3</sup> /日	最終日水質	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.7	
	改善率(%)	5.9	5.9	0	-5.9	-5.9	-	
平均(%)			8.2	5.6	2.8	0	-1.1	-

表 2 (つづき)

水質	調査期間		地点①	地点②	地点③	地点④	地点⑤	地点⑥
クロロフィルa ( $\mu\text{g/L}$ )	H25-1クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	11	17	23	23	24	25
		改善率(%)	56	32	8.0	8.0	4.0	-
	H25-2クール 5,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	6	6	16	16	16	13
		改善率(%)	54	54	-23	-23	-23	-
	H25-3クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	15	17	31	31	30	29
		改善率(%)	48	41	-6.9	-6.9	-3.4	-
	H25-4クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	16	18	36	39	34	34
		改善率(%)	53	47	-5.9	-15	0	-
	H26-1クール 5,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	91	95	100	110	100	100
		改善率(%)	9.0	5.0	0	-10	0	-
	H26-2クール 5,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	130	100	100	120	100	99
		改善率(%)	-31	-1.0	-1.0	-21	-1.0	-
	H26-3クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	85	100	110	110	110	120
		改善率(%)	29	17	8.3	8.3	8.3	-
	H26-4クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	35	37	64	68	84	72
		改善率(%)	51	49	11	5.6	-17	-
	平均(%)		34	30	-1.2	-6.8	-4.0	-
透明度 (m)	H25-1クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	1.2	1.0	0.81	0.94	0.89	0.97
		改善率(%)	24	3.1	-16	-3.1	-8.2	-
	H25-2クール 5,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	2.1	1.9	1.0	1.0	0.83	0.80
		改善率(%)	163	138	25	25	3.7	-
	H25-3クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	1.5	1.5	1.0	0.99	0.78	0.85
		改善率(%)	76	76	18	16	-8.2	-
	H25-4クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	1.3	1.2	0.81	0.84	0.71	0.65
		改善率(%)	100	85	25	29	9.2	-
	H26-1クール 5,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	0.65	0.60	0.60	0.55	0.55	0.45
		改善率(%)	44	33	33	22	22	-
	H26-2クール 5,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	0.50	0.45	0.50	0.50	0.50	0.38
		改善率(%)	32	18	32	32	32	-
	H26-3クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	0.75	0.70	0.53	0.50	0.45	0.47
		改善率(%)	60	49	13	6.4	-4.3	-
	H26-4クール 10,000 $\text{m}^3$ /日	最終日水質	0.95	0.90	0.83	0.85	0.70	0.47
		改善率(%)	102	91	77	81	49	-
	平均(%)		75	62	26	26	12	-

## 1-15 小規模事業場の排水処理施設改善のための調査研究

### 1 目的

飲食店等の小規模事業所に設置されている合併処理浄化槽排水の水質を向上させる技術の情報を収集・整理し、実施での実地調査を行うことにより、実際の合併処理浄化槽に適用可能な技術を開発する。その結果を踏まえて、技術的助言集（パンフレット）を作成し、立入検査を行うための技術資料（手引き書）を作成し、もって小規模事業所からの排水の水質改善を図り、霞ヶ浦の水質改善に資する。

### 2 調査内容

小規模事業所の合併処理浄化槽から排出されている水質の実態を把握するため、行政が行っている立入調査の結果を取りまとめた。

### 3 調査結果

県南県民センターにおける調査対象の霞ヶ浦流域 11 市町村における 1,132 の小規模事業所の内、平成 24 年度に県民センターが実施した 351 事業所での排水の水質検査結果の概要を表 1 に示す。

また、業種別の排水基準超過率を表 2 に、排水基準超過率の高い飲食業の業務内容別の排水基準超過率を表 3 に、ラーメン店・浄化槽種別排水基準超過率を表 4 に示す。

表 1 小規模事業所排水の水質検査結果概要

	SS	T-N	T-P
検査数	351	351	350
平均値 (mg/L)	33.2	32.6	5.3
最大値 (mg/L)	740	220	34
最少値 (mg/L)	1	0.16	0.01
基準超過率 (%) ※	19	28	35
基準値 (mg/L)	40 (30)	45	6

※基準値欄の数値は最大値、( ) 内の数値は日間平均値

表 2 業種別排水基準超過率

No.	業種名	事業所数	SS (%)	T-N (%)	T-P (%)	No.	業種名	事業所数	SS (%)	T-N (%)	T-P (%)
1	美容／理容	70	17	26	29	9	水産加工業	6	17	50	50
2	飲食業	65	40	28	38	10	薬局等	4	0	25	50
3	ガソリンスタンド	50	2	4	2	11	ホテル／旅館	4	0	25	25
4	弁当販売店等	33	39	3	21	12	自動車販売	4	25	0	0
5	コンビニ店	31	23	74	90	13	青果物店等	3	0	67	100
6	農協等	27	7	48	56	14	電気工事店等	3	0	0	67
7	学校／病院	24	8	25	17	15	養魚業	3	0	0	0
8	パチンコ店	7	0	57	86	16	その他	17	6	29	41

表の業種名の内、複数種あるものの内訳は以下のとおり。

No.4：豆腐店，弁当・仕出し，給食サービス，喫茶店，ファーストフード店

No.6：農業協同組合，農業団体，農林組合，農林水産団体，農林水産組合，野菜の販売

No.7：小学校，幼稚園，福祉施設，内科，歯科，銀行事務，ディサービス，自動車学校，学校

- No.10：薬店，薬問屋，酒店  
 No.13：青果物店，食料品店  
 No.14：電気工事店，電気部品組立  
 No.15：養殖業，養魚場  
 No.16：運送業，機械製造業，プロパンガス店，ゴルフ練習場，葬祭場，  
 自動車修理，芋類洗浄，繊維業，産業廃棄物処理業（No.16 は事業所数は 2 箇所以下）

表 3 飲食業の業務内容と排水基準超過率

No.	業種名	事業所数	SS(%)	T-N(%)	T-P(%)
1	飲食店*	14	36	36	50
2	ラーメン店	11	73	18	45
3	うどん/そば	8	38	25	25
4	ファミレス	5	60	0	0
5	割烹	4	75	50	50
6	日本料理店	4	0	25	25
7	中華店	4	0	25	50
8	とんかつ店	3	33	33	67
9	イタリアン店	2	0	0	0
10	寿司店	2	0	0	0
11	うなぎ店	2	0	0	0
12	焼き肉店	1	100	100	100
13	お好み焼き店	1	0	100	100
14	定食屋	1	0	100	100
15	居酒屋	1	100	0	0
16	てんぷら店	1	100	0	0
17	焼き鳥店	1	0	100	100
	計	65	40	28	38

※具体的な業種は不明

表 4 ラーメン店・浄化槽種別の排水基準超過率

	単独浄化槽			合併（N型含む）			不明		
	SS	T-N	T-P	SS	T-N	T-P	SS	T-N	T-P
1	120	22	3.8	50	46	12	40	62	7.4
2	420	37	10	10	12	4.3	40	10	1.7
3	100	7.9	1.3	110	31	6.8	88	18	4.5
4							100	26	7.4
5							250	31	6
検査数	3	3	3	3	3	3	5	5	5
超過数	3	0	1	2	1	2	3	1	2
超過率	100%	0%	33%	67%	33%	67%	60%	20%	40%

#### 4 まとめ

霞ヶ浦流域の 11 市町村における小規模事業場からの排出水の水質検査では、「飲食」、「コンビニ」、「美容/理容」、「弁当販売店等」、「ガソリンスタンド」の業種における排水基準超過率が高く、特に、「飲食業」の中ではラーメン店合併処理浄化槽の排水基準超過率が高いことが判明した。

## 1-16 植物プランクトンの群集構造に影響する環境因子の 解明に関する研究 (H22~H26)

### 1 目的

霞ヶ浦の有機的汚濁 (COD 上昇) の起源となる植物プランクトン、とりわけ糸状藍藻 *Planktothrix* の優占機構を明らかにする。

### 2 事業内容

- (1) 霞ヶ浦から分離した *Planktothrix* の増殖特性の検討
- (2) *Planktothrix* の優占機構の検討
- (3) 霞ヶ浦における光環境の長期的変遷の解析

### 3 結果の概要

#### (1) 霞ヶ浦から分離した *Planktothrix* の増殖特性の検討

霞ヶ浦から分離した *Planktothrix* を光強度及び温度を変えて培養を行い、増殖速度を調べた。霞ヶ浦の西浦では、透明度があまり高くない時期に *Planktothrix* の優占が

見られたことから、光強度が強くない条件下で比増殖速度が大きくなるものと考えられたが、比増殖速度は図 1 に示すように光強度または水温が高くなるに連れ、大きくなった。図 1 から、水温が 20°C 以下では光強度によらず、0.2~0.3 の比増殖速度が得られ、水温に依存しないことが判明した。

光強度が  $2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  で、水温が 28°C の比増殖速度が 24°C に比べ急激に低下している理由としては、光環境が悪い中で水温が高くなり、増殖よりも死滅する細胞が増えたためと考えられる。

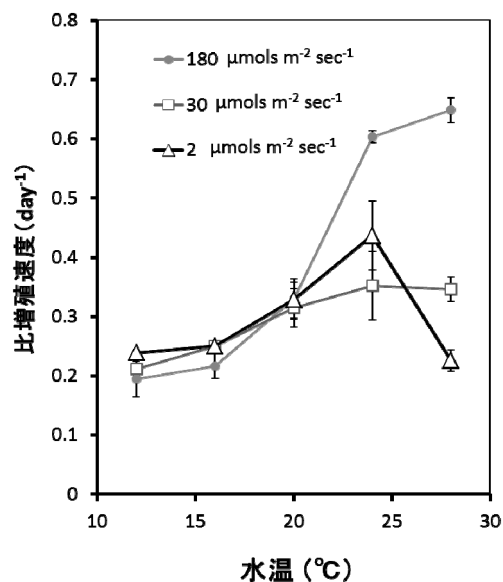


図 1 比増殖速度と光強度, 水温の関係

#### (2) *Planktothrix* の優占機構の検討

2月の霞ヶ浦の湖水を表層と深度 3 m で 1 週間培養し、培養前後での植物プランクトンの組成変化を調査した。培養前後の変化は、植物プランクトンの生体積及び組成比率でも、表層付近で培養したものは、ハリケイソウが優占し、深度 3 m で培養したものは、*Planktothrix* が優占した (図 2)。

このことから、*Planktothrix* は低水温の弱光環境下で、他の植物プランクトンとの競争に勝り、優占することが明らかとなった。



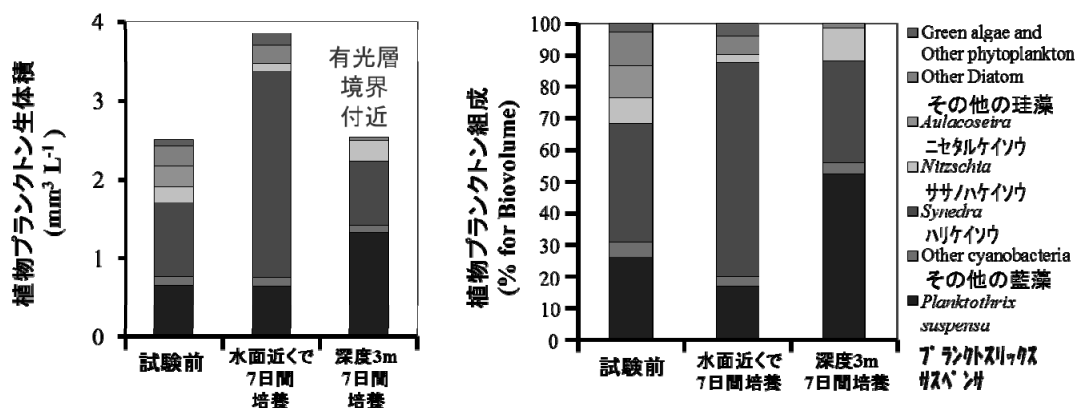


図2 植物プランクトン群集に対する光環境の影響

(3) 霞ヶ浦における光環境の長期的変遷の解析

国立環境研究所が公開している水中の光量子測定結果をもとに 1978 年から 2010 年間の  $I_0$  PAR (水中入射光量) と  $I_0$  PHY (植物プランクトンが利用した光量子量) の経年変化を求めた (図 3)。

水面に入射する光量子量  $I_0$  PAR は約  $250 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  でほぼ一定であったが、植物プランクトンが利用可能な光量子量  $I_0$  PHY は、約  $150 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  だが平均的な値であるが、約  $100 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  に低下する期間 (2002 年～2006 年) があったことが判明した。

図 4 には *Planktothrix* の生体積の推移とある光強度が水深に占める割合を示した。*Planktothrix* は  $0.1 \sim 10 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$  の光強度が占める割合が多い時期に優占し、光強度が弱すぎても、強すぎても優占しないことが明らかとなった。

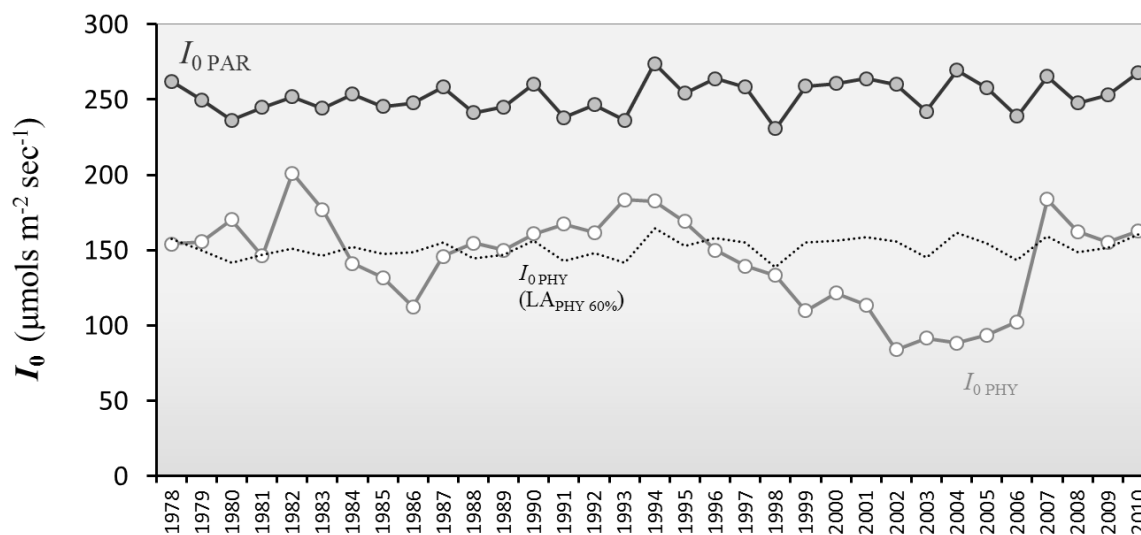


図3 水中の光量子量の推移

$I_0$  PAR: 水中入射光量,  $I_0$  PHY: 植物プランクトンが利用した光量子量

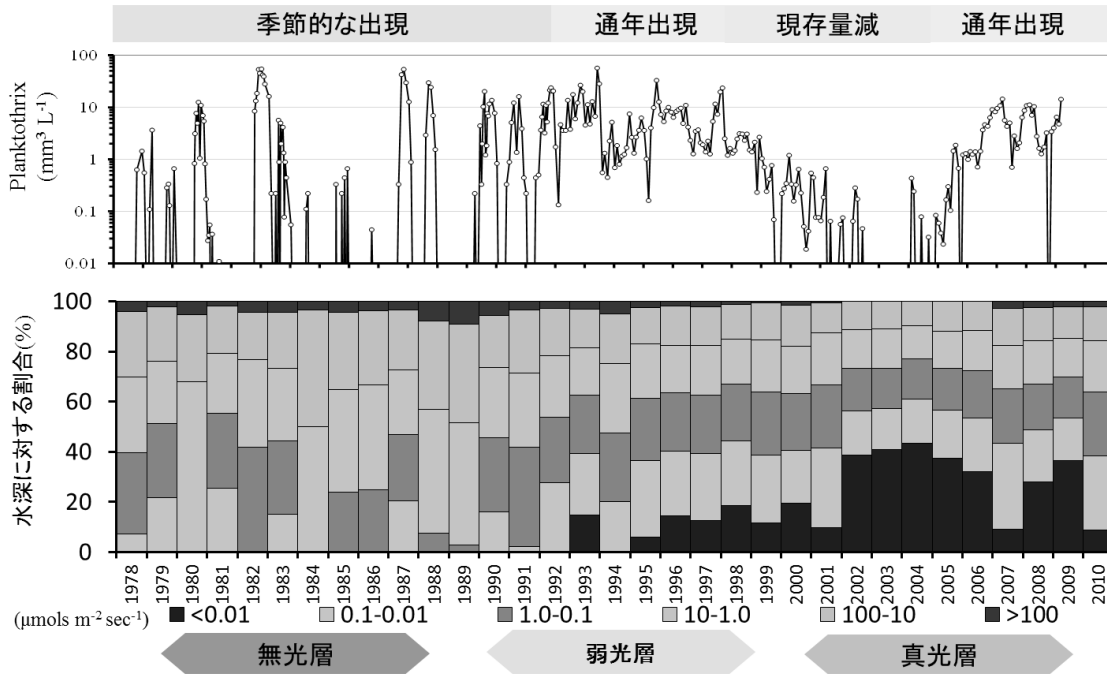


図4 Planktothrix の生体積と光強度の推移

光強度に影響を与える水中の懸濁物質について、成分を有機態と無機態に分けて解析したところ、水中の光強度が低下していた2002年から2006年は、無機懸濁物質が増加したことにより、水中の光強度が低下したことが判明した(図5)。

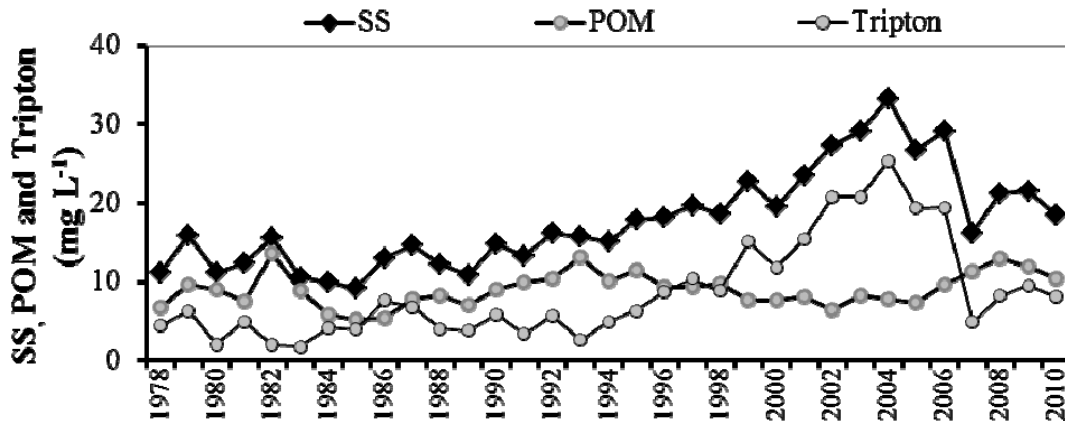


図5 SSとPOM(有機懸濁物質),トリプトン(無機懸濁物質)の推移

#### 4 まとめ

霞ヶ浦では、*Planktothrix* 優占に弱光層(光量子量  $0.1 \sim 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ )の発達が必要条件の1つであり、他の条件に加え、植物プランクトンの群集構造の変化に光環境が重要な役割を果たしていた。

この知見は、水質と合わせて考察することにより霞ヶ浦に出現する植物プランクトン種を予測することに貢献するものである。

## 1-17 有機炭素の挙動の解明に関する研究 (H22~H26)

### 1 目的

有機炭素の湖内における挙動を解明し、CODの増加に最も影響を及ぼしている要因を明らかにする。

### 2 事業内容

- (1) 植物プランクトンにより産生された有機炭素の挙動の検討
- (2) 植物プランクトン由来有機炭素の動態モデル構築
- (3) 有機炭素収支の検討

### 3 結果の概要

#### (1) 植物プランクトンにより産生された有機炭素の挙動の検討

湖水中の植物プランクトンが産生する有機炭素を<sup>13</sup>Cで標識し、その分解過程を追跡する実験を1年間にわたり毎月行った。実験の解析結果から、有機炭素の分解過程は図1に示した競争・連続反応モデルで表現できることが明らかとなった。図2に実験中の植物プランクトン由来DOC(溶存態有機炭素)の実測値とモデルによる計算値の比較例を示す。このモデルへのフィッティングにより、L-POC(易分解性懸濁態有機炭素)の分解速度は0.10~0.29

/day; 平均0.17/day, L-DOC

(易分解性溶存有機炭素)の

分解速度は0.016~0.077

/day; 平均0.034/dayと計算された。このことは、

L-DOCはL-POCよりも水中に

残存しやすいことを示

している。

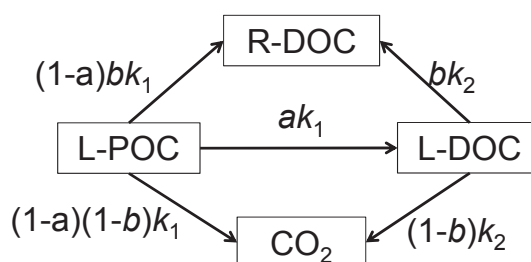


図1 有機炭素の分解モデル

L-POC: 易分解性懸濁態有機炭素, R-DOC: 難分解性溶存有機炭素, L-DOC: 易分解性溶存有機炭素,  $k_1$ : L-POC減少速度,  $k_2$ : L-DOC減少速度,  $a$ : L-POCからL-DOCへの変化割合,  $b$ : L-POC及びL-DOCからR-DOCへの変化割合

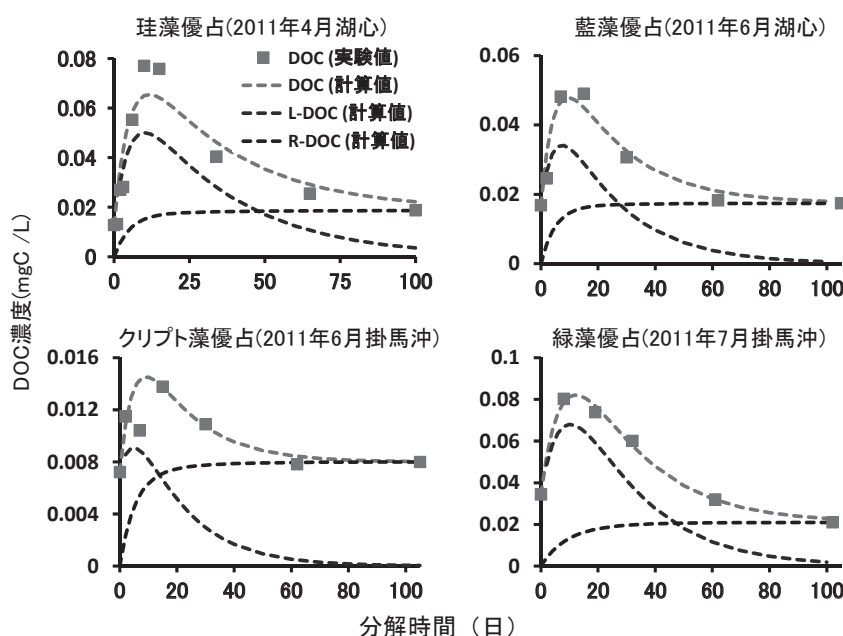


図2 植物プランクトン由来溶存態有機物の分解

(実験値とモデルによる計算値の比較。優占種が異なっていた実験を抜粋)

(2) 植物プランクトン由来有機炭素の動態モデル構築

(1)の実験結果を用いて、植物プランクトン由来有機炭素の動態モデルを構築した。このモデルは、西浦を1つの均質な箱と考え、植物プランクトン由来有機炭素の濃度を生産速度と分解速度、湖水回転率より算出するものである。このモデルによる計算結果の1例を図3に示す。有機炭素分解の最適温度( $T_0$ )が38.87°Cの時にL-POC濃度の実測値とモデル計算値が良い一致を示した。

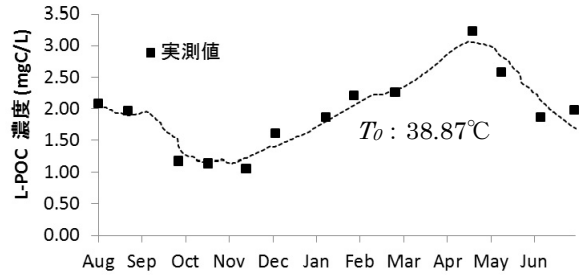


図3 L-POCの実測値とモデルによる計算値

(3) 有機炭素収支の検討

上記(2)のモデルから求めた植物プランクトンの産生する各種の有機炭素の変化量に、底泥からの溶出量及び河川水中の有機物量に関するデータを加え(表1)、湖内の有機炭素の物質収支を推計した。図4及び図5には懸濁態と溶存態に分けた有機炭素の収支を示す。

① 懸濁態有機物にかかる炭素収支

湖内に負荷されるPOCは、植物プランクトンによるものを主とし、河川等からのものを含め約65,000 tC/yが負荷され、その約75%が無機化、約6%が流出、約8%が溶存態有機物に変化、約11%が湖底に堆積すると試算された。

② 溶存態有機物にかかる炭素収支

湖内に負荷されるDOCは、植物プランクトン由来のDOCが約57%を占め、河川から流入するDOCの約2倍、底泥から溶出するDOCの約5倍に相当し、全体で約9,000 tC/yとなった。負荷されたDOCは、約52%が無機化、残り約48%が流出すると試算された。

③ 有機炭素の発生源別寄与率

懸濁態有機炭素の大部分と溶存態有機炭素の32%が植物プランクトン由来であり、また、湖内の有機炭素の78%が湖内で生じているものであることが判明した(図6)。

4 まとめ

有機炭素の収支からは、植物プランクトンによる負荷が大きく、湖内水質に対しては懸濁態のみならず溶存態の有機物量に多大な影響を与えていることが示され、植物プランクトンの増殖抑制策として、より一層の栄養塩の削減対策が必要と考えられた。

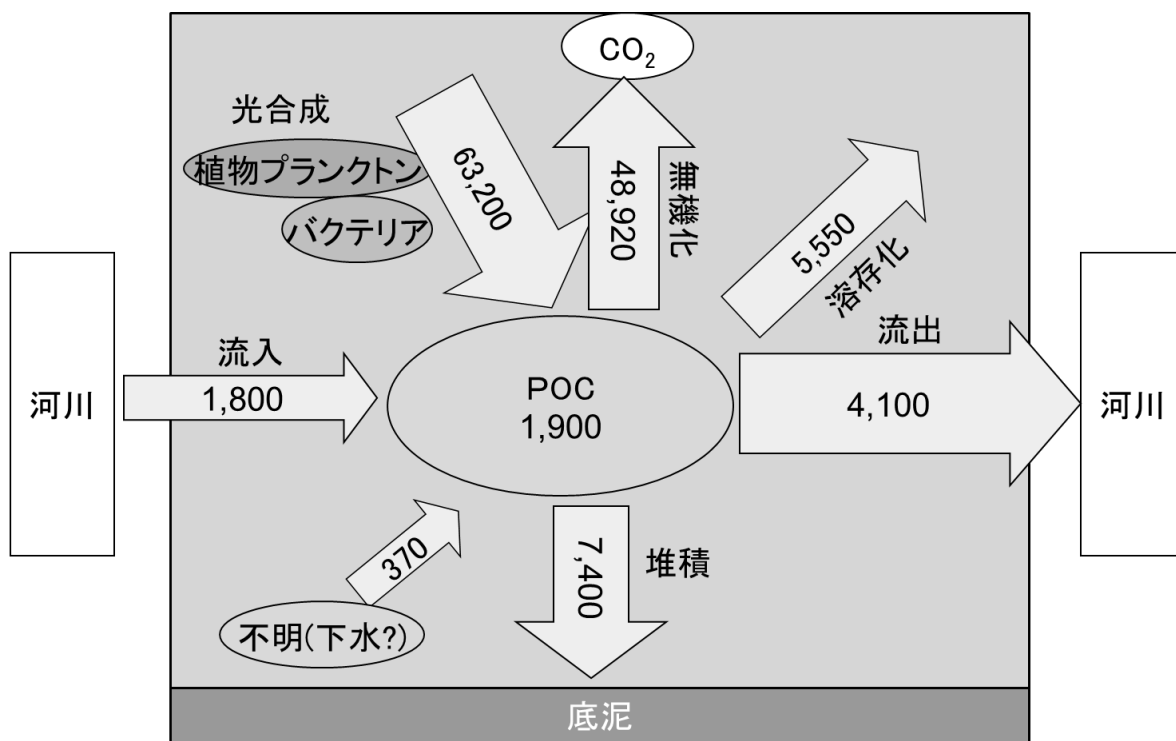


図4 西浦における POC の収支

各矢印内の数字の単位は tC/y, 楕円内の数字は現存量(tC), 河川からの流入量については, 国環研今井氏から提供されたデータを基に計算.

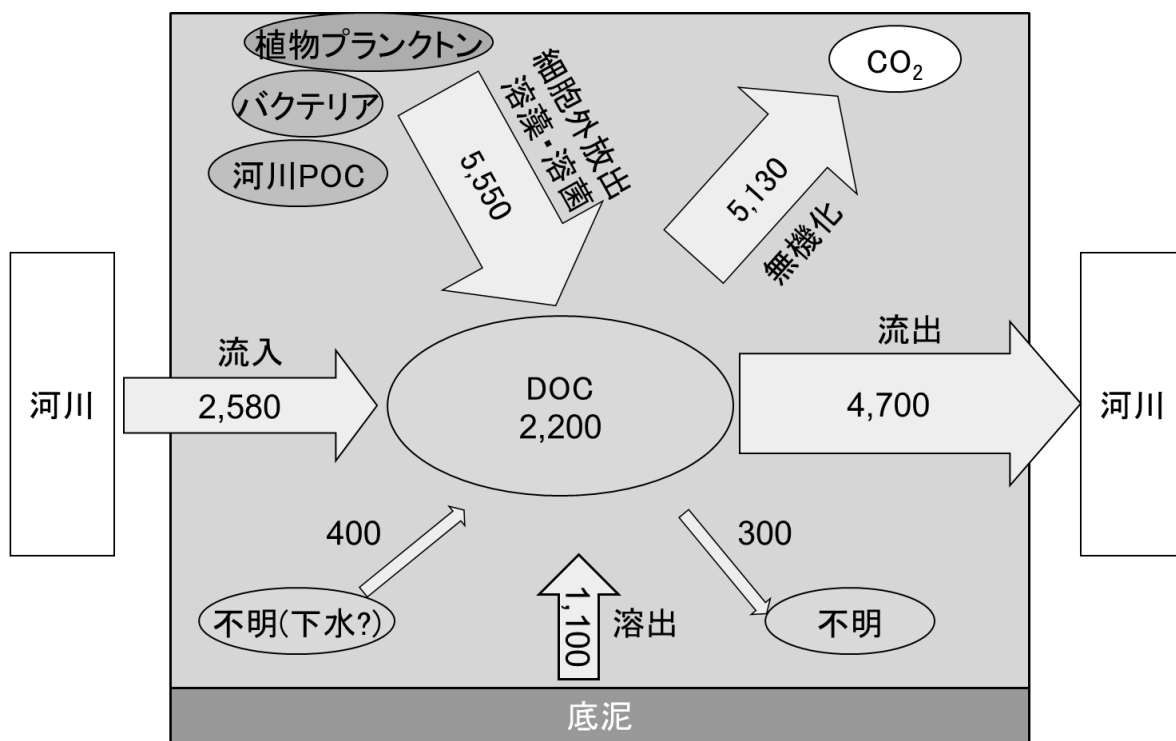


図5 西浦における DOC の収支

各矢印内の数字の単位は tC/y, 楕円内の数字は現存量(tC), 底泥溶出量は溶出実験から求めた, 河川からの流入量については, 国環研今井氏から提供されたデータを基に計算.

表 1 有機炭素の収支計算に用いた各種の値

		出典	備考
<b>河川関係</b>			
POC平均濃度 (gC/m <sup>3</sup> )	1.28	国環研今井氏より提供	桜、恋瀬、小野、花室の年平均POC濃度を流量加重平均
易分解割合 (%)	38	今井と松重(2004)	
難分解割合 (%)	62	同上	
DOC平均濃度 (gC/m <sup>3</sup> )	1.80	国環研今井氏より提供	桜、恋瀬、小野、花室の年平均DOC濃度を流量加重平均
易分解割合 (%)	31	今井と松重(2004)	
難分解割合 (%)	69	同上	
L-POCの行方割合(%)			
分解	95	本研究	現存量変化はないものと仮定
(無機化)	88	同上	同上
(L-DOCへ)	5	同上	同上
(R-DOCへ)	1	同上	同上
流出	5	同上	同上
L-DOCの行方割合(%)			
分解	88	同上	同上
(無機化)	87	同上	同上
(R-DOCへ)	1	同上	同上
流出	12	同上	同上
<b>底泥関係</b>			
底泥からの溶出 (gC/m <sup>2</sup> /d)	0.018	本研究	底泥コアを用いた溶出実験より
堆積速度 (gC/m <sup>2</sup> /y)	43	Kohzu et al. (2011)	
<b>その他の情報</b>			
西浦湖面積 (km <sup>2</sup> )	171		
西浦水量(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	661		霞ヶ浦全水量(850×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )×西浦面積(171km <sup>2</sup> ) 霞ヶ浦全面積(220km <sup>2</sup> )
西浦流入・流出水量(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /y)	1432	本研究	平成23年度第6期霞ヶ浦湖沼水質保全計画策定調査業務委託報告書の数値から計算
流出水有機炭素平均濃度 (gC/m <sup>3</sup> )			
L-POC	1.94	本研究	湖心の濃度＝流出水濃度と仮定
R-POC	0.93	同上	同上
L-DOC	0.74	同上	同上
R-DOC	2.53	同上	同上

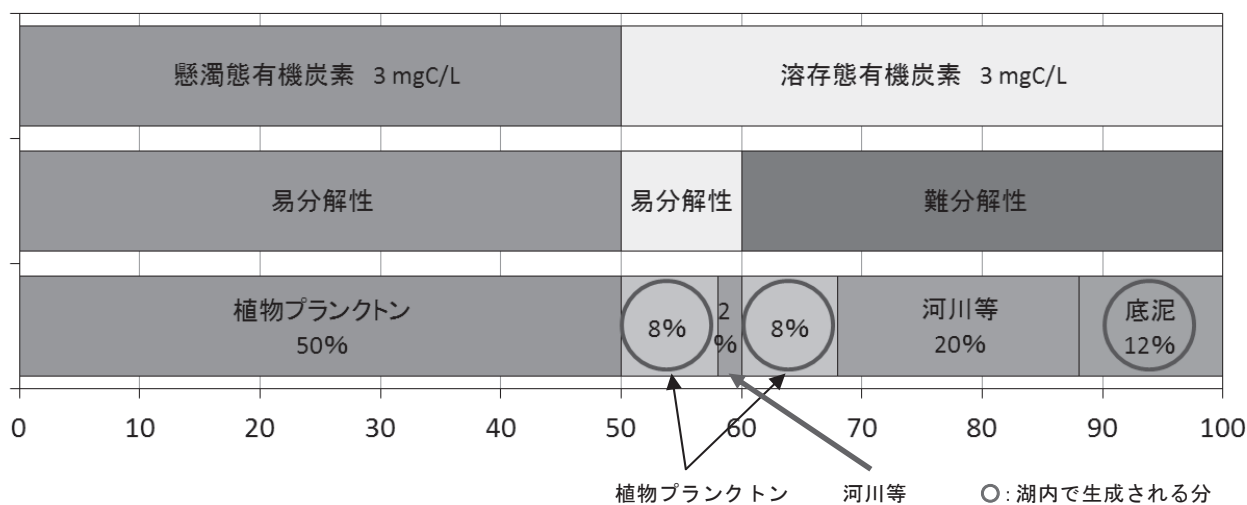


図 6 湖内の有機炭素の由来別割合

## 1-18 北浦流域の蓄積窒素に関する研究 (H24~H26)

## 1 目的

銚田川は、流域において窒素投入量の削減対策が行われているにもかかわらず、窒素濃度が長年上昇傾向にある。この理由として、過去に投入された窒素が、土壌や地下水に一時的に蓄積してから河川に流出していることが考えられる。そこで、本事業では、銚田川流域における窒素の“蓄積”状況を把握することを目的とした。

## 2 事業内容

- (1) 銚田川支流及び地下水の窒素濃度実態調査
- (2) 土壌及び土壌間隙水の窒素濃度調査
- (3) 銚田川流域における窒素循環モデルの構築

## 3 得られた成果

## (1) 銚田川支流及び地下水の窒素濃度実態調査

銚田川支流調査は、銚田川の支流6地点において、平成25年度から26年度にかけて月1回の頻度で実施した。その結果、かんがい期(4~9月平均)、非かんがい期(10~3月平均)どちらにおいても全地点で4 mg/Lを超える窒素濃度が確認された。このことから、銚田川は特定の地域のみが窒素濃度が高いわけではなく、流域全域で高くなっていることがわかった。なお、全地点で窒素濃度の7割以上を硝酸性窒素( $\text{NO}_3\text{-N}$ )が占めていた。また、H6はほかの地点に比べ、アンモニア性窒素( $\text{NH}_4\text{-N}$ )及び亜硝酸性窒素( $\text{NO}_2\text{-N}$ )の占める割合が高く、ほかの支流とは異なる窒素負荷源が存在する可能性がある。

次に、地下水の調査は、平成26年度に2か月に1回の頻度で、銚田川流域内の畑地内に設置されている2つの井戸(I1, I2)と、集落内の井戸(I3)の地下水を調査した。なお、井戸の深さはそれ

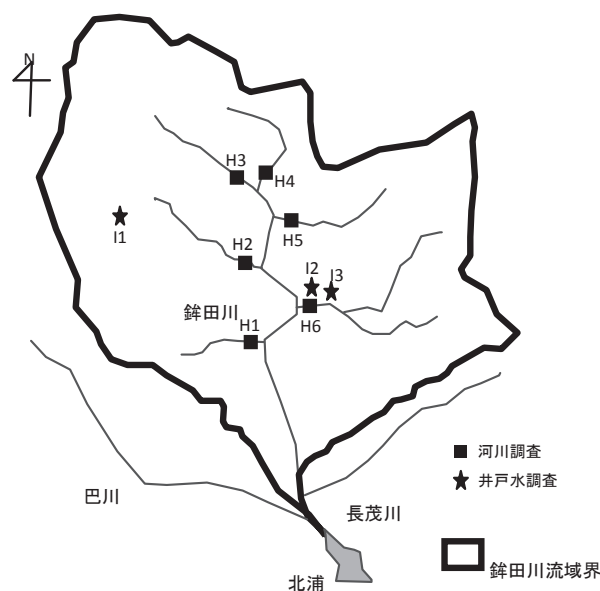


図1 調査地点

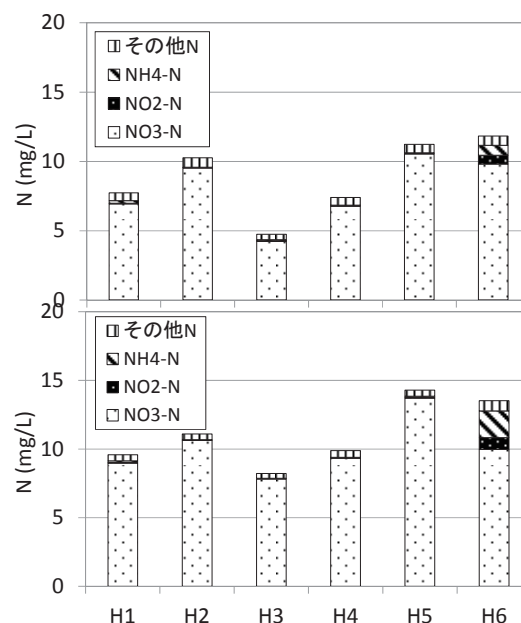
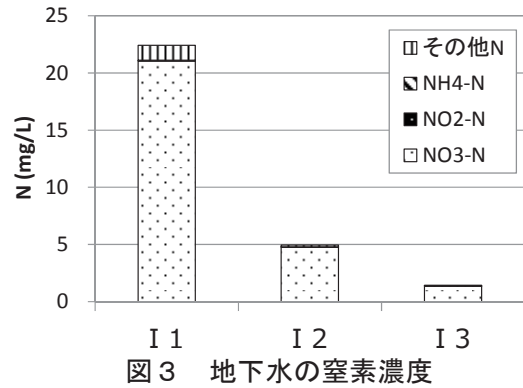


図2 支流の窒素濃度

ぞれ 10 m, 40 m, 8 m である。地下水の窒素濃度を測定したところ、畑地に立地している I1 は 22 mg/L, I2 は 5.0 mg/L で、集落に立地している I3 は 1.5 mg/L と畑地ほど高い濃度であった。また、畑地に立地している 2 つの地下水でも濃度が大きく異なっていたことから、同じ土地利用内の地下水であっても同程度の濃度とは限らず、場所や地下水の採取深度によって異なることが確認された。



(2) 土壌及び土壌間隙水の窒素濃度調査

メロンを栽培している畑地、休耕畑地、森林地、荒地、市街地の 5 か所において、土壌及び土壌間隙水の窒素濃度の鉛直分布を調査した。メロンを栽培している畑地及び森林地の結果を図 4 に示す。

土壌に含まれている窒素含有量では、畑地と森林地で大きな違いは無かったが、間隙水においては、森林地に比べて畑地で高濃度の窒素が確認された。また、畑地の間隙水の窒素濃度は、表層に近いほど高かった（深度 0~0.8 m の土壌では 74 mg/L）。このことから、施肥によって投入された窒素が土壌に鉛直浸透していると考えられる。一方、森林地で濃度が低かった理由として、森林地では施肥されていないので窒素投入量が少ないことや、窒素が木に吸収されていることが考えられる。

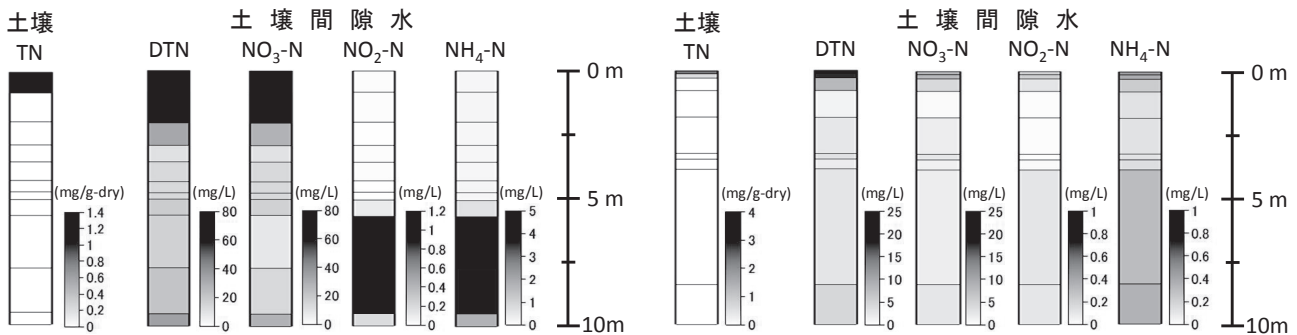


図4 土壌（左図：畑地，右図：森林地）の窒素鉛直分布

(3) 銚田川流域における窒素循環モデルの構築

銚田川の水質予測を行うとともに、流域土壌における窒素動態及び窒素の蓄積状態を検討することができるモデルを構築した。

このモデルは、地質データを考慮した有機態・無機態窒素の涵養・拡散地下水への移行及び霞ヶ浦への表面、中間、地下水流出を予測出来るモデルである。このモデルに気象データや土地利用・負荷投入量等のデータを入力することにより、河川水質の再現や将来予測、さらには土壌中に蓄積されている窒素量を推定することができる。



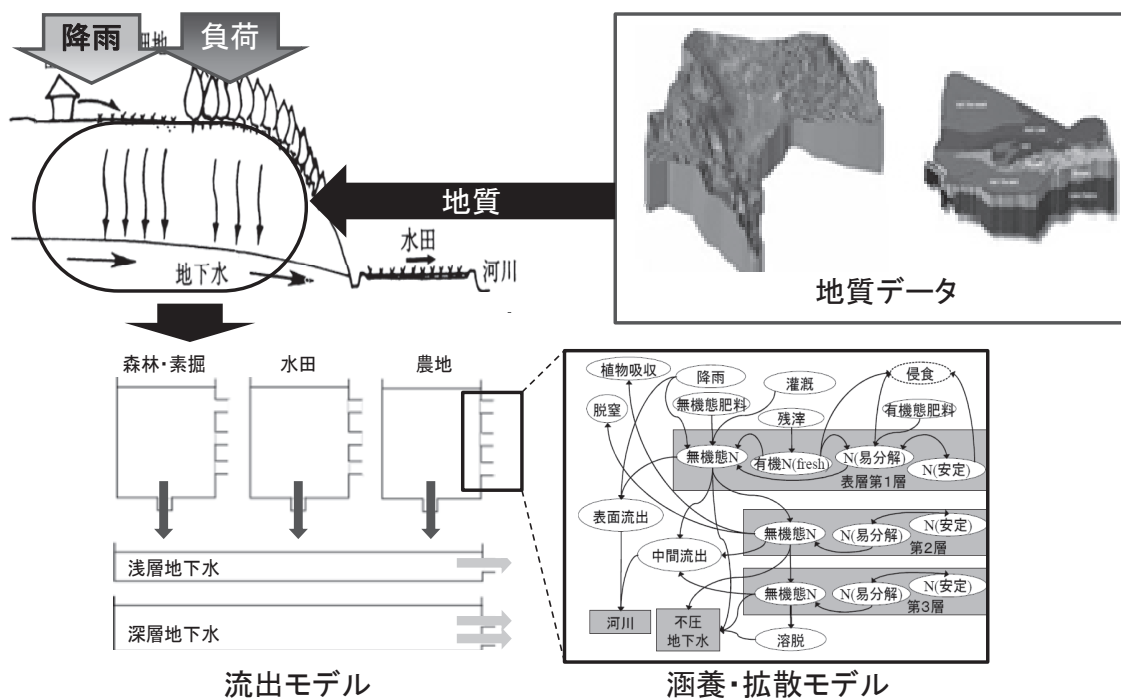


図5 モデルの概要

## 1-19 霞ヶ浦における水質変動の要因に関する研究 (H25~H26)

### 1 目的

霞ヶ浦の水質を再現できるシミュレーションシステムを構築し、霞ヶ浦全域における将来の水質予測、さらに霞ヶ浦の水質が改善されない原因を解明し、効果的な対策を検討する。

### 2 事業内容

- (1) 西浦の水質予測モデルの構築
- (2) 西浦の水質予測モデルによる対策効果の検証
- (3) 霞ヶ浦全域の水質予測モデルの構築及び再現性の検証

### 3 得られた成果

#### (1) 西浦における水質予測モデルの構築

構築した水質予測モデルは、北浦の水質予測モデル同様に、河川や気象、湖内データを用いて湖流や水位、水温等を計算する「湖流サブモデル」と、湖水の栄養塩濃度等を計算する「生態系サブモデル」から構成される(図1)。このモデルの特徴は、従来の霞ヶ浦の水質予測モデルでは検討していなかった、底泥の酸化還元電位に対応した底泥からのりの溶出を考慮している点である。

湖水の水平方向の計算メッシュサイズは、北浦では150 m四方だが、西浦では450 m四方とし、鉛直方向のサイズは0.5 mとした。

湖流サブモデルでは、連続の式や運動方程式等の流体力学の基礎方程式を基本とし、流体の粘性や熱収支を考慮し、湖流や水位、水温を計算している。

生態系サブモデルでは、動植物プランクトンの増殖や分解、魚類の漁獲、底泥からの溶出を考慮して栄養塩濃度を計算している。一方、底泥からの溶出では、有機物の分解・無機化の仮定で硝酸、鉄還元等の酸化還元電位の低下に伴う段階的な酸化分解過程を考慮している。

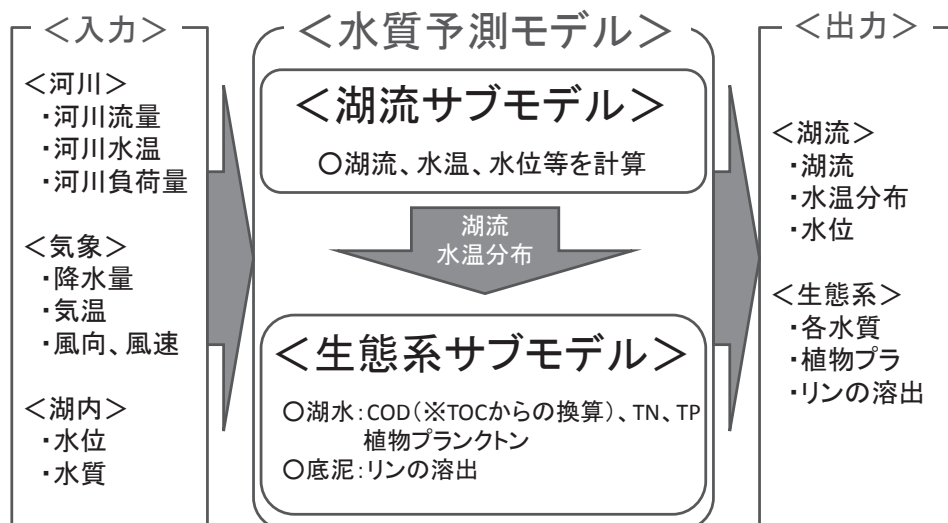


図1 西浦の水質予測モデルの概要

## (2) 西浦の水質予測モデルによる対策効果の検証

流域からの負荷量を削減した場合の水質を確認するために、負荷を現在より 30%削減した場合に、どの程度りん濃度が改善されるか検証した(図3)。その結果、削減した場合の5年平均値が 0.08 mg/L となり、流入負荷削減対策を講じない場合の 0.09 mg/L に比べて水質はやや改善されたが、負荷削減割合の 30%までは低減していないことが確認された。特に2010年の夏以降は負荷を削減した場合でも削減しない場合でも同様に推移していた。これは、流入負荷を削減したために湖内の N/P 比が変わり、結果として難分解性の有機物が増えたためだと推測される。なお、この状況は琵琶湖でも確認されている。

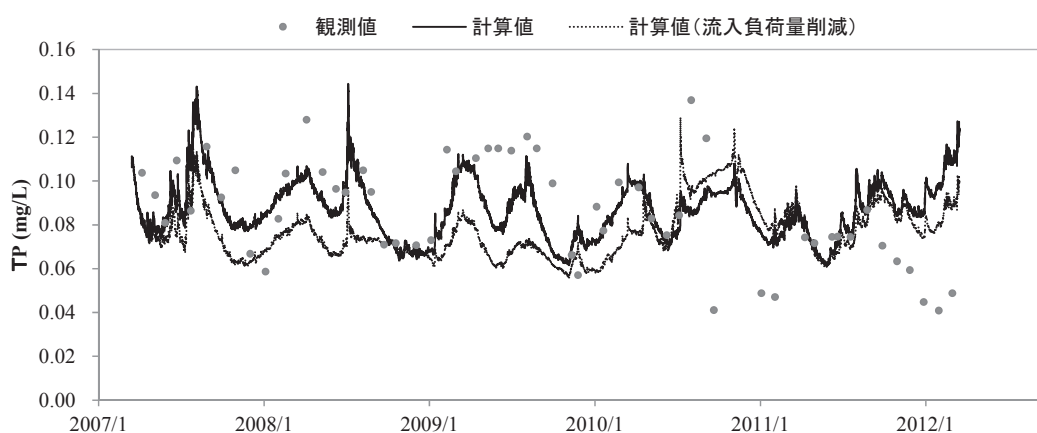


図2 西浦における TP 濃度の観測値と、西浦の水質予測モデルの再現計算値と負荷削減した場合の計算値

## (3) 霞ヶ浦全域の水質予測モデルの構築及び再現性の検証

個別に構築した西浦と北浦の水質予測モデルを、常陸利根川を境に結合させ、霞ヶ浦全域の水質予測モデルを構築した。

構築した全域の水質予測モデルを用いて、平成 18 年度から平成 25 年度(平成 25 年度については 12 月まで)の連続計算を実施し、モデルに含まれていない息栖を除く環境基準点の計算値と観測値の年平均値(H25 年度は 4 月から 12 月までのデータを使用)を比較した。

その結果、COD と窒素については長期間の傾向が概ね再現できているが、特に窒素では、計算値が全体的に過小評価されていることが確認された。また、りんについては特に平成 23 年度以降、実測値と計算値の乖離が確認された。このように、窒素とりんについては、パラメータ等の修正により再現精度を高める必要がある。

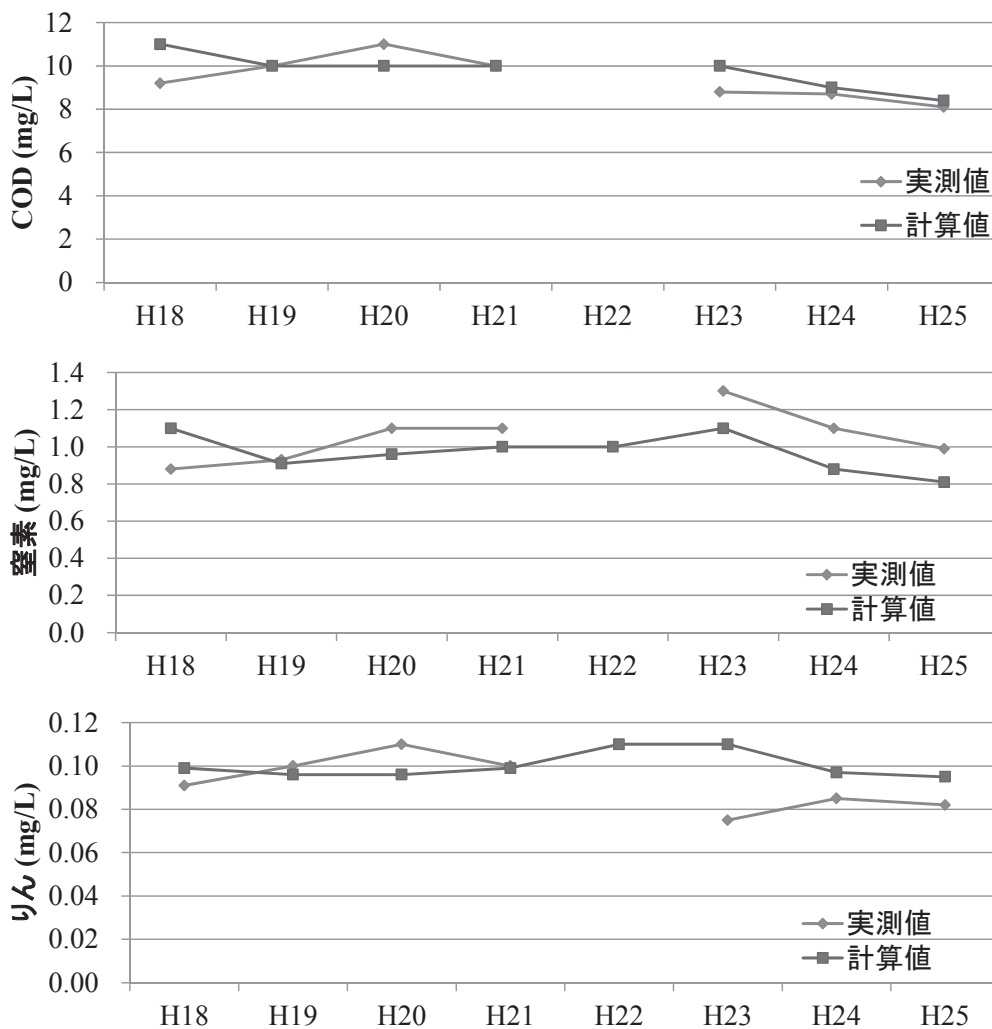


図3 霞ヶ浦全域の水質予測モデルによる再現計算値と実測値の比較

#### 4 成果の活用方法

今後も、霞ヶ浦の水質の再現性を高めるためにパラメータ等を修正することが必要ではあるが、現在実施及び検討されている対策の効果を数値化することができるので、効果的な対策を検討するうえで活用できる。

## 1-20 農業排水再生プロジェクト事業 (H24~H26)

## 1 目的

循環かんがいとは、かんがい水を農業排水として排出せず農業用水として再利用する方法であり、汚濁負荷物質の流出を抑制する方法として効果があると考えられる。

霞ヶ浦周辺の水田において、循環かんがいの実施による汚濁負荷物質の流出削減効果を検証する。

## 2 事業内容

循環かんがい区と非循環かんがい区の流入・流出負荷の把握および循環かんがい実施による負荷削減効果を検討する。

調査地区は、循環かんがい区が稲敷市羽生地区 23.7ha、非循環かんがい区が稲敷市羽賀沼地区の 224 ha、作付作物はほぼ全域水稲となっている。

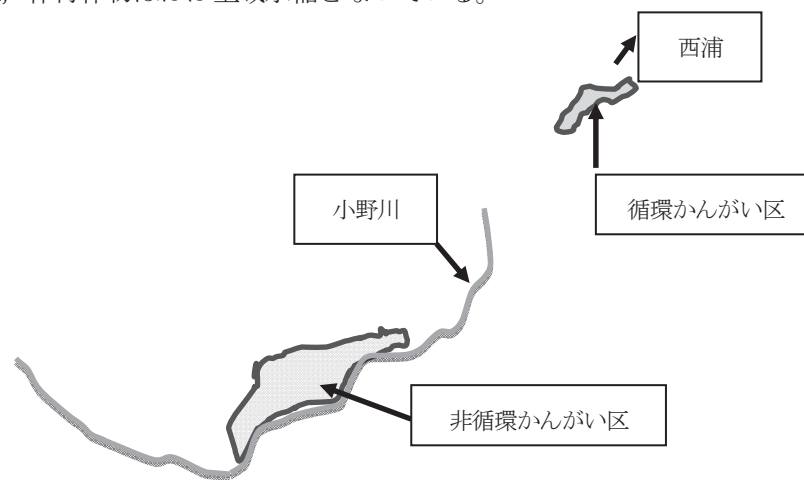


図1 調査地区全体図

調査方法は、循環かんがい区では、用水機場内の流量調整槽において流向流速計と水門の出入口面積から流量を計算、自動採水器により1日1回採水し水質を分析し、流量と水質から流入負荷を算出した。

また、循環かんがい区では基本的に排水は実施しないが、降雨による堤脚水路の増水があった場合は排水ポンプの稼働記録と水質から、流出負荷を算出した。

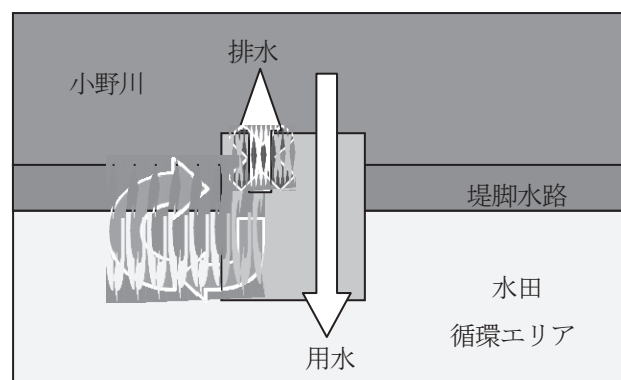


図2 循環かんがい区イメージ

非循環かんがい区では、用水機場及び排水機場のポンプの稼働記録から用水と排水の流量を計算、流入水は週1回採水、流出水は自動採水器により1日1回採水し水質を分析し、流量と水質から流入負荷、流出負荷を算出した。

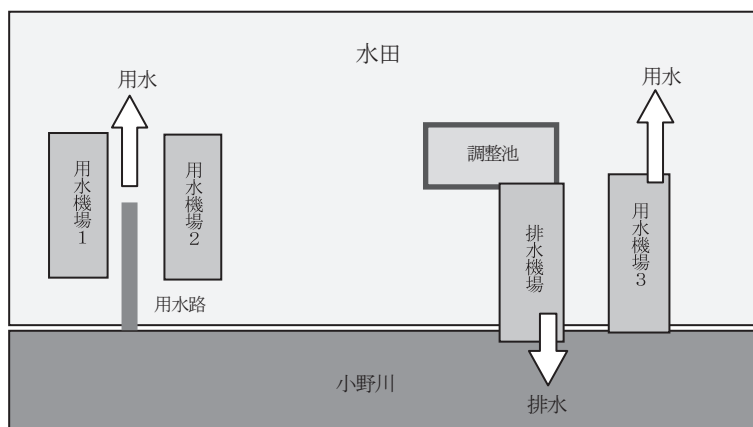


図3 非循環かんがい区イメージ

### 3 得られた成果

#### (1) 循環かんがい区と非循環かんがい区の流入・流出負荷の把握

COD, T - N, T - P とも、循環かんがい区の流出負荷は非循環かんがい区の流出負荷より低い値を示した (表1, 表2, 表3, 表4)。

H24~H26の平均において、排水の平均濃度を比較したところ、かんがい期間外ではT - N, T - Pで循環かんがい区の平均濃度が高くなる傾向がみられた。(表5)

#### (2) 循環かんがい実施による負荷削減効果の検討

浄化率 ((流入負荷量 - 流出負荷量) / 流入負荷量 × 100) を求めたところ、循環かんがい区では、COD, T - N, T - Pとも浄化型であり、3年間の平均値でCODが68.2%, T - Nが74.4%, T - Pが66.4%と高い浄化率を示した。

非循環かんがい区においては、T - Nにおいて浄化型であることが分かった。また、いずれの項目においても循環かんがい区の方が浄化率は高い値を示した (表1, 表2, 表3, 表4)。

表1 循環区, 非循環区の流入・流出及び差引き負荷量 (H24) (kg/ha/d)

	COD		T - N		T - P	
	非循環	循環	非循環	循環	非循環	循環
流入負荷	0.36	0.36	0.061	0.061	0.006	0.006
流出負荷	0.49	0.07	0.040	0.013	0.010	0.000
差引き負荷	0.13	-0.29	-0.021	-0.048	0.003	-0.005
浄化率	-36.1%	80.5%	34.4%	78.7%	-58.7%	87.3%

表2 循環区, 非循環区の流入・流出及び差引き負荷量 (H25) (kg/ha/d)

	COD		T - N		T - P	
	非循環	循環	非循環	循環	非循環	循環
流入負荷	0.79	0.40	0.21	0.08	0.011	0.007
流出負荷	0.98	0.09	0.15	0.01	0.015	0.002
差引き負荷	0.19	-0.31	-0.06	-0.07	0.004	-0.005
浄化率	-24.0%	77.5%	28.6%	82.1%	-36.3%	71.4%

表3 循環区, 非循環区の流入・流出及び差引き負荷量 (H26) (kg/ha/d)

	COD		T - N		T - P	
	非循環	循環	非循環	循環	非循環	循環
流入負荷	0.68	0.28	0.21	0.07	0.009	0.004
流出負荷	0.77	0.17	0.12	0.02	0.012	0.003
差引き負荷	0.09	-0.11	-0.090	-0.04	0.003	-0.001
浄化率	-13.2%	39.3%	42.9%	62.2%	-33.3%	25.0%

表4 循環区, 非循環区の流入・流出及び差引き負荷量 (H24~H26 平均) (kg/ha/d)

	COD		T - N		T - P	
	非循環	循環	非循環	循環	非循環	循環
流入負荷	0.61	0.34	0.16	0.07	0.008	0.005
流出負荷	0.74	0.11	0.10	0.01	0.012	0.001
差引き負荷	0.13	-0.23	-0.05	-0.05	0.003	-0.003
浄化率	-22.4%	68.2%	35.5%	74.4%	-40.6%	66.4%

表5 かんがい期間 (4~8月), かんがい期間外 (9~3月) における排水の平均濃度 (mg/L)

		COD		T - N		T - P	
		非循環	循環	非循環	循環	非循環	循環
H24	かんがい期間	12	10	1.5	1.6	0.15	0.18
	かんがい期間外	8.4	10	1.5	2.0	0.11	0.19
H25	かんがい期間	12	10	2.0	1.8	0.20	0.22
	かんがい期間外	8.1	7.9	1.4	1.7	0.11	0.14
H26	かんがい期間	11	9.5	1.9	1.6	0.17	0.15
	かんがい期間外	10	7.7	1.6	1.8	0.15	0.13
H24 ~ 26 平均	かんがい期間	12	10	1.7	1.7	0.17	0.18
	かんがい期間外	8.9	8.5	1.5	1.8	0.13	0.15

※H24 のかんがい期データは6~8月

#### 4 成果の利活用方法

循環かんがいの実施により、COD、T-N、T-Pともに高い浄化率を示し、水田からの汚濁負荷物質の流出削減を図ることが可能である。



## 1-21 農業環境負荷低減研究事業（H24～H26）

### 1 目的

レンコン田からの流出負荷の削減方法を確立するため、レンコンの生育特性に合わせた肥料の施用による環境への影響について検討した。

### 2 事業内容

レンコン栽培における緩効性肥料の活用による負荷削減効果を調べるため、従来の施肥方法を実施したレンコン田（対照区）と、新たな施肥方法（従来の施肥と比較して緩行性）を実施したレンコン田（試験区）の水質分析を行い、成分濃度及び物質収支の比較をおこなった。

調査圃場は、土浦市田村地区に設置し、面積は対照区、試験区とも10aとした（図2）。



霞ヶ浦

図1 調査圃場位置図

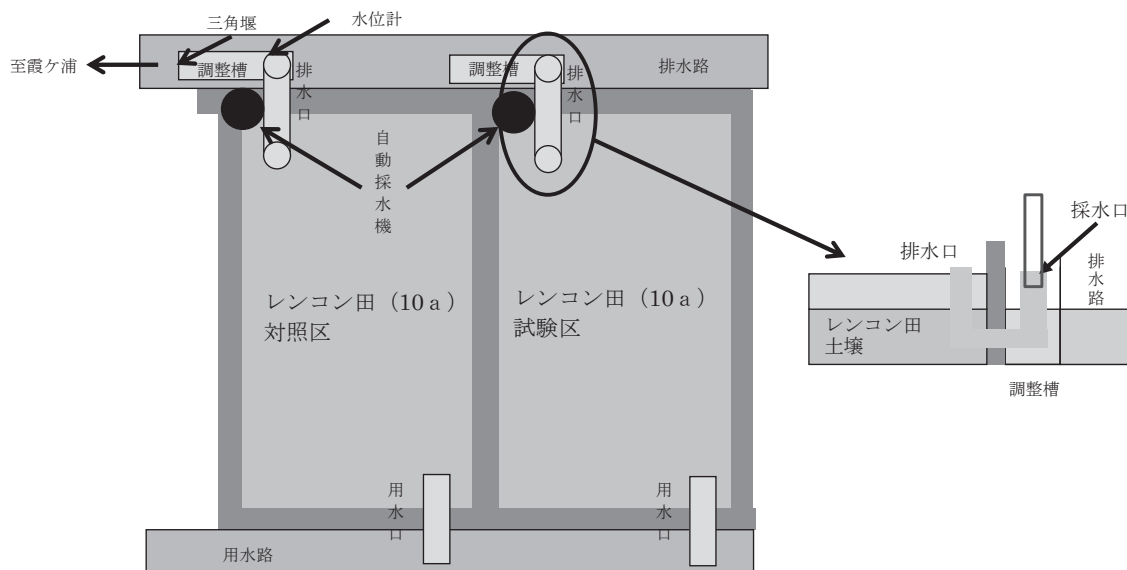


図2 調査圃場概要図

### 3 得られた成果

平成 25 年度には、流出水及び田面水の水質分析を実施した。採水方法は、圃場の流出口に調整槽を設置し、自動採水器により流出水を 1 日 1 回採水した。9 月以降は流出水がほとんど無いため、週 1 回、田面水を採水した。

田面水の肥料成分の溶解については、対照区では窒素、りん共に 4 月、5 月に濃度が上昇し、溶存態と懸濁態の割合を見ると、溶存態の割合が高く、施肥の影響が示唆された。一方、試験区では窒素、りんとも濃度は低く、新たな施肥方法において溶解が抑えられることが分かった。

(図 3, 図 4)

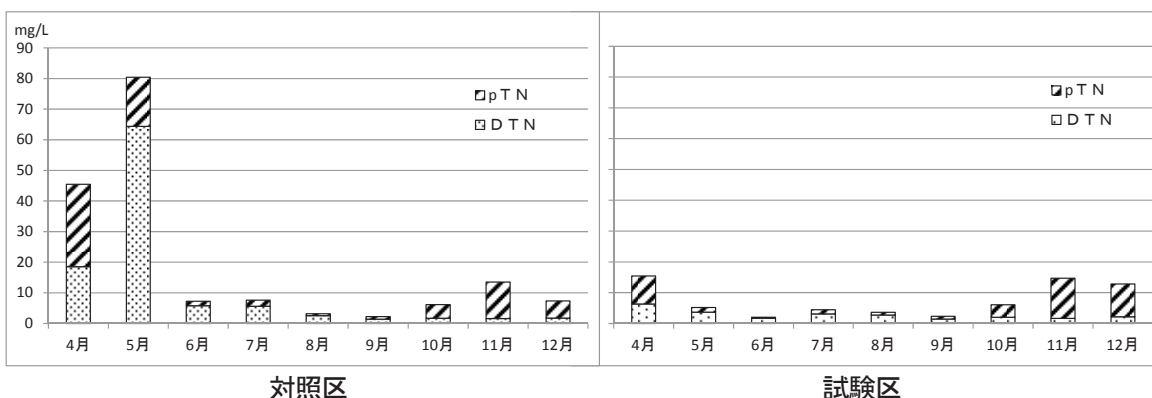


図 3 調査期間中の窒素濃度の推移

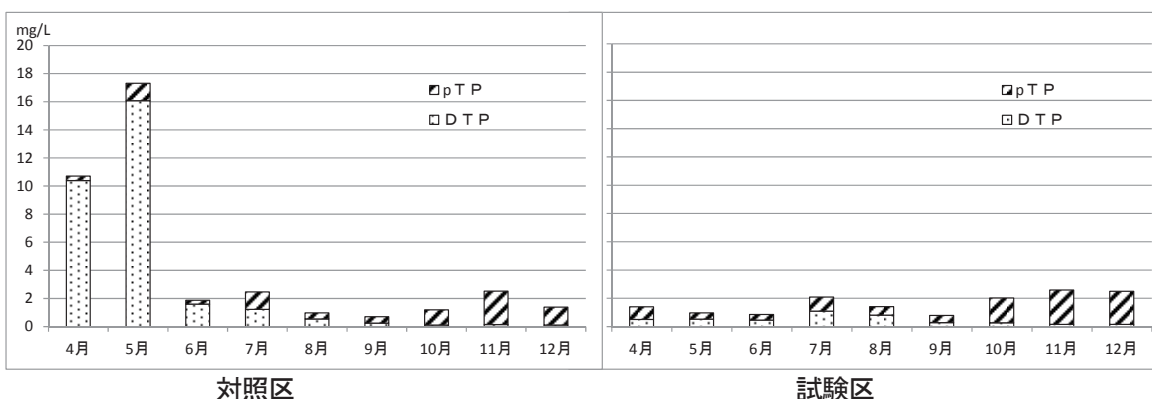


図 4 調査期間中のりん濃度の推移

平成 26 年度は、流入水は用水ポンプ作動時に用水路から採水、流出水については、圃場の流出口に調整槽を設置し、自動採水器により流出水を 1 日 1 回採水し水質を分析した。流量については、排水路に三角堰と水位計を設置し、水位から流量を計算した。降水量は土浦のアメダスデータを用いた。蒸発散量はペンマンの式より計算し、物質収支を計算した。

物質収支は、試験区では施肥量を減らしたが収穫物の持出量はほぼ同等であった。また、排水中に含まれる負荷量及び、圃場に残存したと思われる負荷量が減少し、環境への負荷削減効果が示された。(表 1, 表 2)

表1 調査期間中の物質収支 (TN)

単位 : kg/10a

		対照区	試験区
流入負荷	用水	3.4	3.4
	降雨	0.5	0.5
	施肥	3.0	2.4
収穫物		16.9	18.5
圃場残存		8.3	2.9
流出負荷	排水	8.7	6.5

表2 調査期間中の物質収支 (TP)

単位 : kg/10a

		対照区	試験区
流入負荷	用水	1.0	1.0
	降雨	0.007	0.007
	施肥	2.1	1.3
収穫物		7.4	8.1
圃場残存		12.7	4.5
流出負荷	排水	1.9	1.4

#### 4 成果の利活用方法

緩効性肥料の活用により、肥料施用量の低減による生産コスト削減とともにレンコン田からの環境負荷を削減することが可能である。

## 1-22 流域（市街地・水稲田）の原単位に関する研究（H24～H26）

### 1 目的

流域（市街地・水稲田）の排出負荷を見積もる際の基礎データとなる原単位について、再検討を行う。

市街地については、雨天時を中心とした排出負荷量を調査し、従来使用していた原単位との比較検討を行う。

水稲田については、調査区を設定し、従来使用していた原単位との比較検討を行う。

### 2 事業内容

- (1) 流域（市街地）における原単位の検討
- (2) 流域（水稲田）における原単位の検討

### 3 得られた成果

#### (1) 流域（市街地）における原単位の検討

得られた調査結果より、湖沼計画の原単位を算出する際に用いられている次式より原単位 ( $\text{kg}/\text{km}^2/\text{日}$ ) を算出した。

$$\text{原単位 (kg/ha/yr)} = \text{年間平均水質 (mg/L)} \times \text{流出率 (\%)} \times \text{年間降水量 (mm)}$$

なお、算出には湖沼計画に用いられている調査を基に、降雨開始から降雨終了後 2 時間までの平均値を用い、年間降水量については湖沼計画で用いられている  $1,360 \text{ mm/yr}$  を用いた。

その結果、本調査で得られた原単位の平均値は、全ての項目において湖沼計画の原単位と比べて低い値を示した。

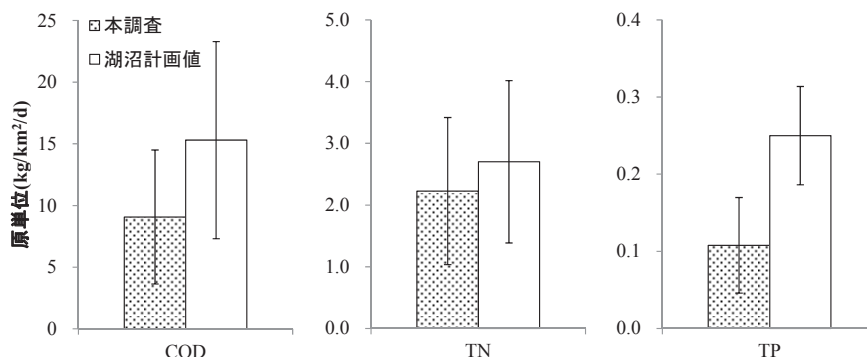


図 1 本調査で得られた原単位と湖沼計画で用いている原単位の比較

#### (2) 流域（水稲田）における原単位の検討

平成 24 年度から 26 年度に稲敷市内の水稲田において負荷流出状況を調査し、次の式によりかんがい期（4～8 月）と非かんがい期（9～12 月）の水稲田原単位 ( $\text{kg}/\text{km}^2/\text{d}$ ) を算出した。

$$\text{期間別原単位} = \text{流出負荷量} - \text{用水負荷量}$$

また、各原単位結果を用いて、次の式により年間の原単位 (kg/km<sup>2</sup>/d) を算出した。

水稲田原単位 = (かんがい期原単位 × 105 日 + 非かんがい期原単位 × 260 日) / 365 日  
 かんがい期には、T - N がマイナス値 (浄化型) を示した。(表 1)

表 1 かんがい期排出負荷量のこれまでの調査結果との比較 (kg/km<sup>2</sup>/d)

かんがい期排出負荷量	COD	T - N	T - P	調査地点
霞ヶ浦 (第 6 期計画)	22.7	7.5	0.29	阿見, 新利根
霞ヶ浦 (H24 調査結果)	25.3	-5.8	0.46	稲敷
霞ヶ浦 (H25 調査結果)	15.1	-5.5	0.34	稲敷
霞ヶ浦 (H26 調査結果)	29.0	-6.4	0.56	稲敷
霞ヶ浦 (調査結果平均)	23.1	-5.9	0.45	稲敷

非かんがい期には、COD, T - P とも高い値を示した。(表 2)

表 2 非かんがい期排出負荷量の調査結果との比較 (kg/km<sup>2</sup>/d)

非かんがい期排出負荷量	COD	T - N	T - P	備考
霞ヶ浦 (第 6 期計画)	3.72	2.00	0.08	降雨による負荷量に流出率を乗じる
霞ヶ浦 (H24 調査結果)	24.3	2.4	0.35	圃場調査
霞ヶ浦 (H25 調査結果)	43.8	2.5	0.57	圃場調査
霞ヶ浦 (H26 調査結果)	27.1	2.3	0.45	圃場調査
霞ヶ浦 (調査結果平均)	31.7	2.4	0.45	圃場調査

平成 26 年度の調査結果を基に原単位を試算した結果、COD, T - P は値が大きく、T - N については負荷量が非常に低い値となった。(表 3)

表 3 原単位試算結果 (kg/km<sup>2</sup>/d)

	COD	T - N	T - P
第 6 期計画	6.62	2.29	0.029
24 年度	24.5	0.08	0.389
25 年度	35.5	0.18	0.501
26 年度	27.6	-0.22	0.479
平均	29.2	0.01	0.456

#### 4 成果の活用方法

今後も検討を重ねた上で従来の数値より正確な原単位として、霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画等の基礎数値として活用することができる。

## 2-1 微小粒子状物質（PM2.5）成分分析調査

### 1 目的

「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準」に基づき PM2.5 の粒子成分の分析測定を実施するとともに、他の大気汚染物質データや気象データ等の解析を実施し、高濃度の原因を解明する。また、関東地方大気環境対策推進連絡会・浮遊粒子状物質合同調査会議に参加し、広域的な PM2.5 質量濃度の把握に加え、成分濃度を観測し、比較検討することによって、広域的汚染のメカニズムを解明する。

### 2 調査対象物質

- ・質量濃度
- ・イオン成分 (Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)
- ・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26年5月8日～平成26年5月22日

夏季 平成26年7月23日～平成26年8月6日

秋季 平成26年11月4日～平成26年11月18日

冬季 平成27年1月21日～平成27年2月4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°C±1.5°C, 相対湿度 35%±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、0.20 μm フィルタでろ過後、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

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

## 7 調査結果

### 7.1 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, 次いで夏季, 冬季, 春季の順であった。PM<sub>2.5</sub> 質量濃度の季節の平均値は春季 12.5 μg/m<sup>3</sup>, 夏季 15.1 μg/m<sup>3</sup>, 秋季 17.7 μg/m<sup>3</sup>, 冬季 13.0 μg/m<sup>3</sup> 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。炭素成分は秋季・冬季に増加した (春季の炭素成分は欠測)。図 2 に PM<sub>2.5</sub> 質量濃度の推移を示す。夏季及び秋季は他の季節と比べ変動が大きかった。

表 1 季節別 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度の最大・最小・平均値

単位: (μg/m<sup>3</sup>)

	最大	最小	平均
春季	24.9	2.4	12.5
夏季	33.3	2.5	15.1
秋季	37.4	4.7	17.7
冬季	25.6	4.8	13.0

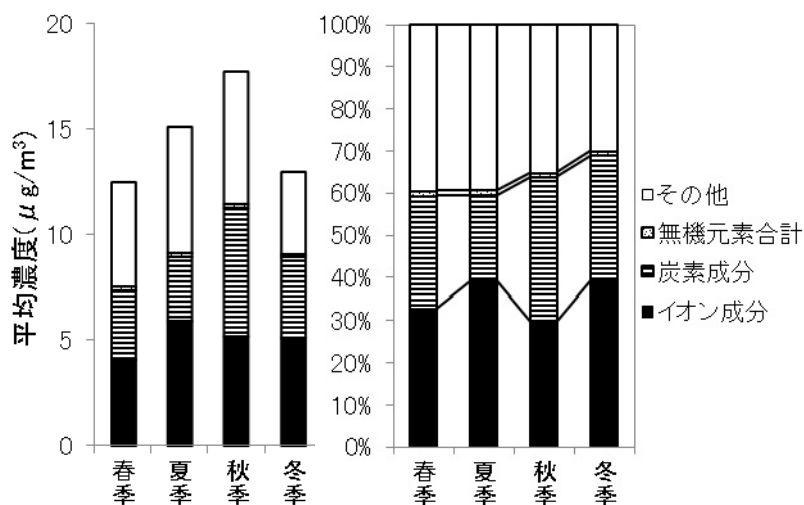


図 1 季節別 成分平均濃度及び割合 (左: 濃度, 右: 割合)

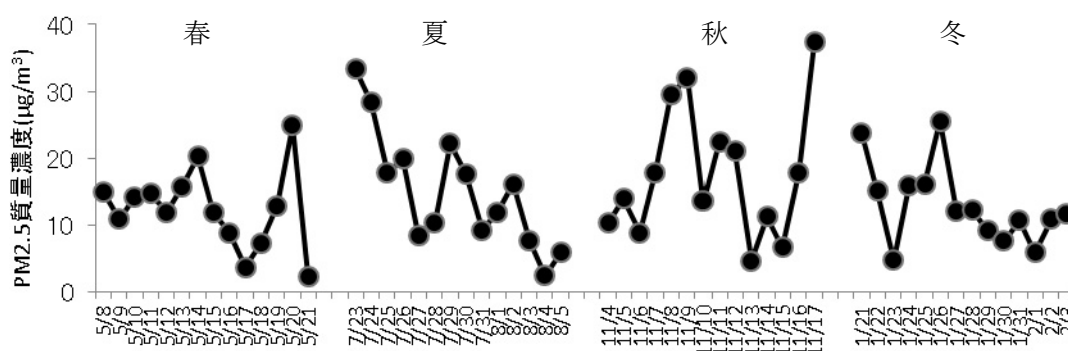


図 2 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度推移 (μg/m<sup>3</sup>)

### 7.2 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の比率が高く、秋季及び冬季は硝酸イオンの比率が高くなっていった。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。

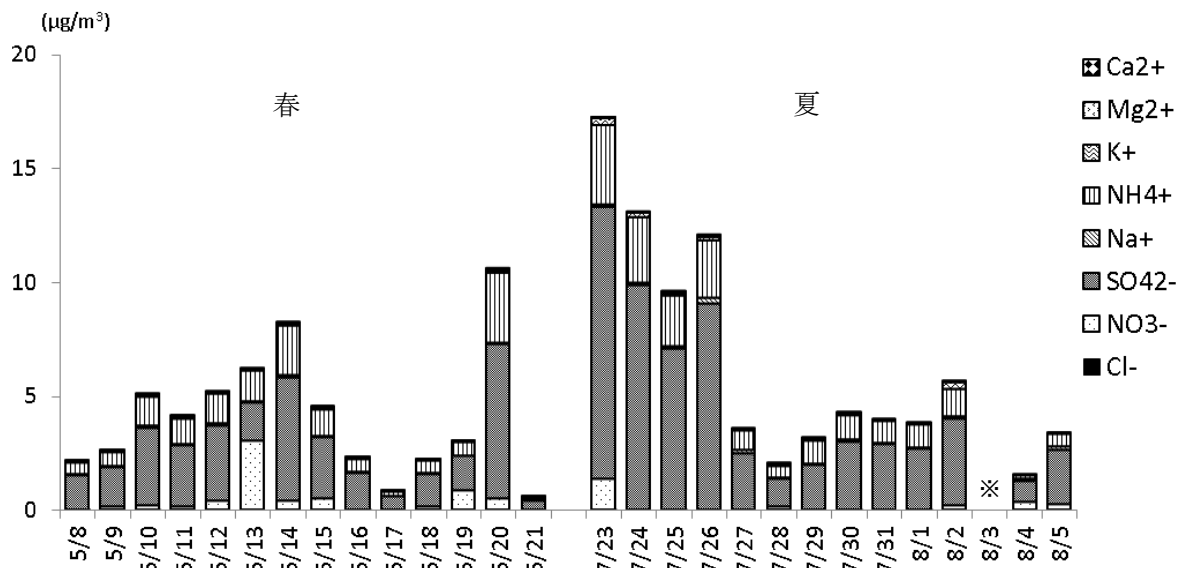


図 3-1 イオン成分濃度 (春季・夏季)

※8月3日は欠測

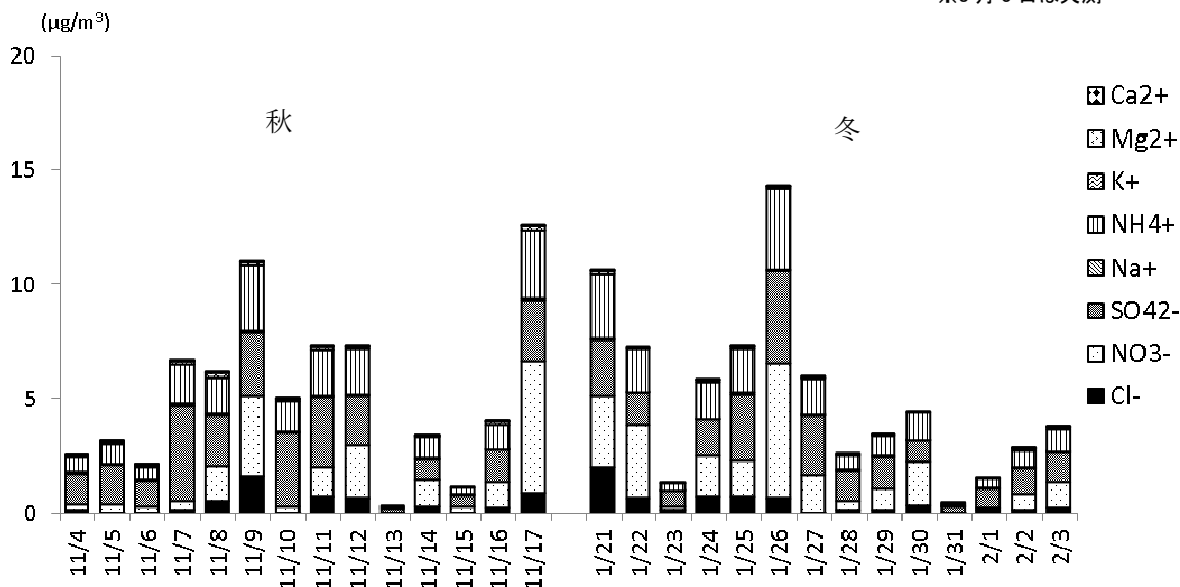


図 3-2 イオン成分濃度 (秋季・冬季)

### 7.3 無機元素成分, 炭素成分

無機元素成分のうち、Sm は秋季を除く調査期間で、Be は全ての調査期間で検出下限値以下であった。Al, Fe, Zn は各季節で、無機元素成分の大部分を占めていた (図 4-1, 図 4-2)。

夏季の WSOC は測定値の整合性が取れないため欠測とした。それに伴い WIOC についても欠測とした。春季・秋季・冬季の炭素成分濃度を図 5 に示す。WSOC, WIOC, Char-EC は秋季・冬季に高濃度になり、PM<sub>2.5</sub> 質量濃度の増減と連動していた。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。



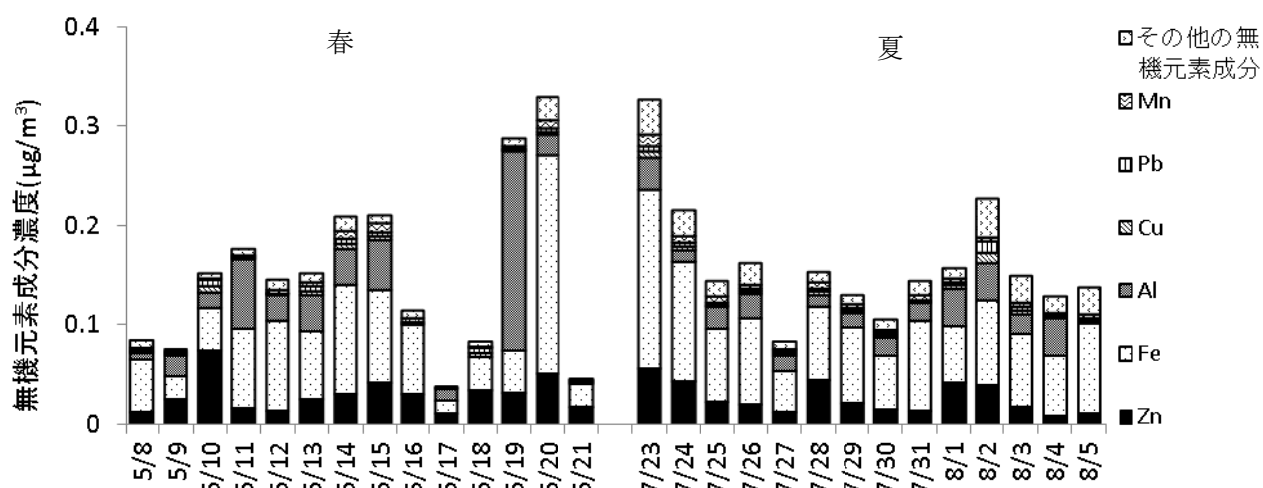


図 4-1 無機元素成分濃度 (春季・夏季)

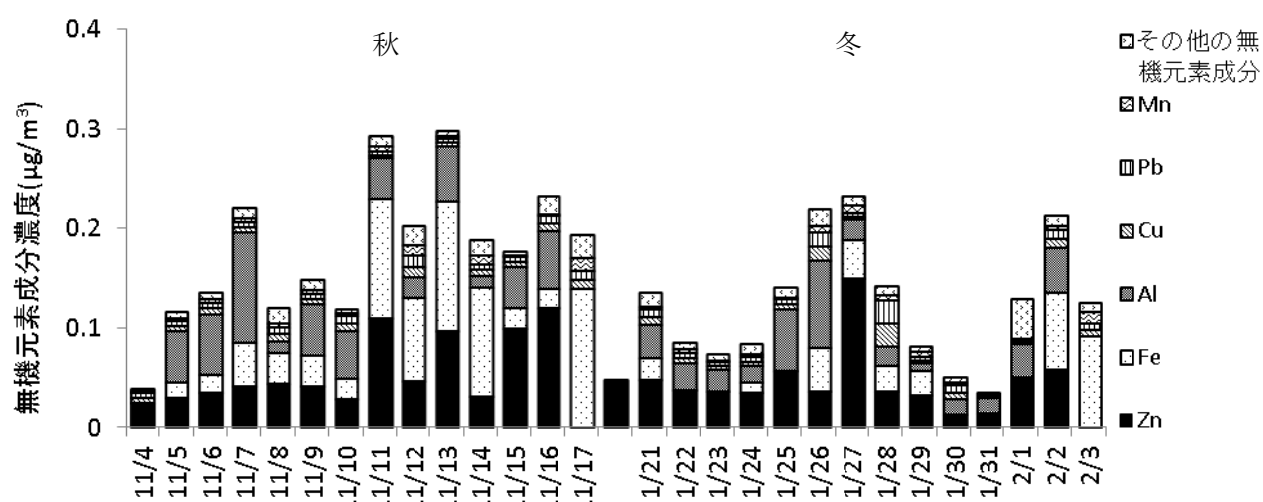


図 4-2 無機元素成分濃度 (秋季・冬季)

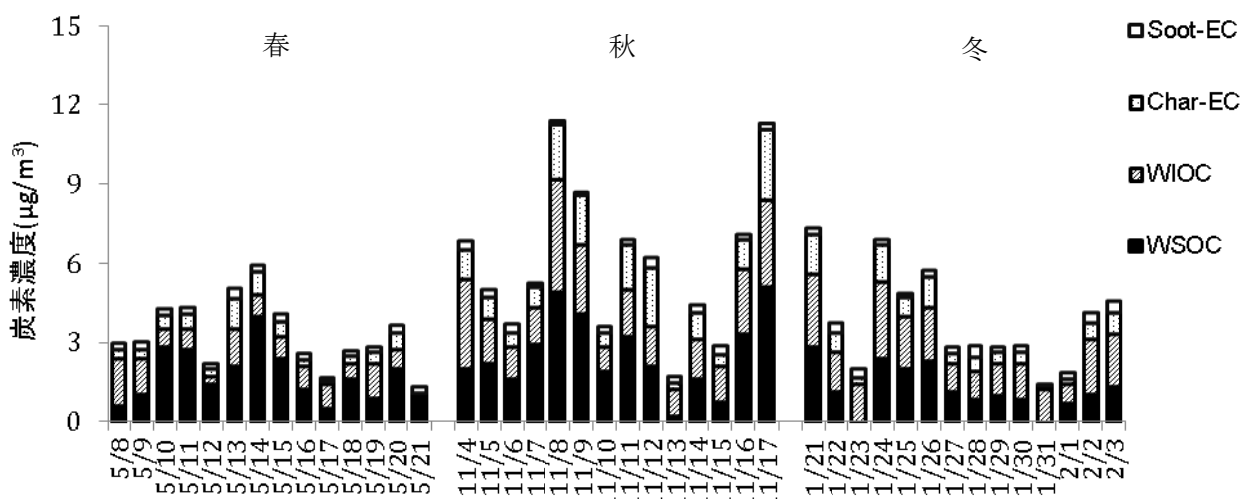


図 5 炭素成分濃度 (春季・秋季・冬季)

Ⅵ 研究報告・調査報告

(1) 春季調査(土浦保健所局, 平成26年5月8日～平成26年5月22日)

サンプリング実施時期		質量濃度測定値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	イオン成分 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )									無機元素 ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )											
開始日	終了日		Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Be	Al	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	
H26.5.8	~ H26.5.9	15.0	<0.0092	0.056	1.4	0.056	0.53	0.023	0.0049	0.0095	<0.020	<6.0	<0.021	2.6	1.6	1.0	2.5	53	0.024	0.70	1.2	13	
H26.5.9	~ H26.5.10	10.9	<0.0092	0.13	1.7	0.042	0.64	0.042	0.0047	0.016	<0.020	21	<0.021	<6.0	0.68	<0.22	1.8	24	0.055	<0.29	0.76	25	
H26.5.10	~ H26.5.11	14.3	0.032	0.16	3.4	0.057	1.3	0.093	0.0065	0.024	<0.020	16	<0.021	<6.0	0.30	<0.22	2.3	43	0.017	<0.29	6.1	74	
H26.5.11	~ H26.5.12	14.7	<0.0092	0.11	2.7	0.053	1.1	0.091	0.0052	0.022	<0.020	69	<0.021	<6.0	1.6	0.65	2.2	81	0.024	0.68	1.3	16	
H26.5.12	~ H26.5.13	12.0	0.022	0.33	3.3	0.12	1.3	0.063	0.010	0.027	<0.020	26	<0.021	4.9	2.7	0.59	3.2	90	0.033	0.95	0.82	14	
H26.5.13	~ H26.5.14	15.8	<0.0092	3.0	1.7	0.018	1.4	0.049	0.0018	0.013	<0.020	36	<0.021	0.71	2.6	0.68	4.5	69	0.035	1.2	4.3	25	
H26.5.14	~ H26.5.15	20.3	<0.0092	0.38	5.4	0.099	2.2	0.12	0.0097	0.032	<0.020	36	<0.021	0.94	4.1	1.8	7.0	110	0.058	2.0	5.3	31	
H26.5.15	~ H26.5.16	12.0	<0.0092	0.47	2.7	0.025	1.2	0.064	0.0047	0.028	<0.020	51	<0.021	1.8	1.3	0.59	8.7	92	0.033	0.71	3.7	43	
H26.5.16	~ H26.5.17	8.8	<0.0092	0.084	1.5	0.034	0.59	0.035	0.0053	0.017	<0.020	<6.0	<0.021	2.7	1.2	0.76	3.6	69	0.026	0.79	1.4	31	
H26.5.17	~ H26.5.18	3.7	<0.0092	0.090	0.47	0.034	0.18	0.013	<0.0060	0.0054	<0.020	12	<0.021	<6.0	0.42	<0.22	0.61	13	0.0081	<0.29	<0.70	11	
H26.5.18	~ H26.5.19	7.3	<0.0092	0.12	1.4	0.059	0.55	0.036	0.0056	0.013	<0.020	<6.0	<0.021	<6.0	1.2	<0.22	1.4	33	0.013	0.76	4.7	35	
H26.5.19	~ H26.5.20	12.9	<0.0092	0.84	1.5	0.024	0.59	0.022	0.0025	0.0061	<0.020	200	<0.021	<6.0	2.4	<0.22	2.7	43	0.015	2.5	1.3	32	
H26.5.20	~ H26.5.21	24.9	0.016	0.47	6.8	0.048	3.1	0.10	0.011	0.043	<0.020	20	0.037	7.4	5.7	0.94	8.4	220	0.079	2.2	3.2	51	
H26.5.21	~ H26.5.22	2.4	<0.0092	0.046	0.34	0.016	0.12	0.0089	0.0011	<0.0030	<0.020	<6.0	<0.021	<6.0	0.13	<0.22	1.2	23	0.020	0.79	2.5	6.1	74
平均		12.5	0.050	0.45	2.5	0.049	1.1	0.054	0.0052	0.018	-	35	0.003	1.5	1.9	0.50	3.6	69	0.027	0.92	2.5	30	
最大値		24.9	0.032	3.0	6.8	0.12	3.1	0.12	0.011	0.043	-	200	0.037	7.4	5.7	1.8	8.7	220	0.079	2.5	6.1	74	
最小値		2.4	<0.0092	0.046	0.34	0.016	0.12	0.0089	<0.0060	<0.0030	-	<6.0	<0.021	<6.0	0.13	<0.22	0.61	13	0.0053	<0.29	<0.70	11	

サンプリング実施時期		無機元素 ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )																炭素成分 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			水溶性有機炭素 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
開始日	終了日	As	Se	Sr	Y	Mo	Cd	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	OC	EC	WSOC
H26.5.8	~ H26.5.9	0.54	0.075	0.40	0.011	0.19	0.11	0.36	0.033	0.94	0.038	0.017	<0.016	<0.070	0.036	4.1	0.13	0.0038	0.0037	2.4	0.56	0.56
H26.5.9	~ H26.5.10	0.27	0.030	<0.19	<0.0071	0.13	0.042	0.34	0.0088	0.47	0.012	0.0051	<0.016	0.17	0.017	1.9	0.073	<0.0037	<0.0014	2.4	0.63	1.0
H26.5.10	~ H26.5.11	0.43	0.062	0.21	0.011	0.14	0.13	2.0	0.027	1.4	0.023	0.011	<0.016	<0.070	0.036	5.0	0.095	<0.0037	0.0055	3.5	0.78	2.8
H26.5.11	~ H26.5.12	0.48	0.062	0.21	0.011	0.20	0.17	0.52	0.039	0.86	0.045	0.0036	<0.016	0.18	0.073	17	0.11	<0.0037	0.0026	3.5	0.81	2.7
H26.5.12	~ H26.5.13	0.39	0.051	0.26	0.024	0.18	0.13	0.23	0.041	0.90	0.041	0.030	<0.016	<0.070	0.043	4.3	0.10	0.0053	0.0046	1.7	0.49	1.4
H26.5.13	~ H26.5.14	0.45	0.13	0.46	0.0075	0.39	0.13	1.0	0.018	1.5	0.067	0.061	<0.016	0.48	0.051	5.6	0.33	<0.0037	<0.0014	3.5	1.5	2.1
H26.5.14	~ H26.5.15	0.70	0.13	0.44	0.016	0.53	0.20	1.1	0.073	1.5	0.10	0.082	<0.016	0.59	0.10	10	0.28	0.0056	0.0047	4.8	1.1	4.0
H26.5.15	~ H26.5.16	0.98	0.050	0.68	0.012	0.26	0.18	0.86	0.031	1.4	0.10	0.13	<0.016	0.25	0.082	10	0.31	0.0049	0.0046	3.2	0.90	2.4
H26.5.16	~ H26.5.17	0.36	<0.026	0.32	0.019	0.28	0.085	0.41	0.041	1.1	0.045	0.037	<0.016	0.098	0.032	3.5	0.12	0.0043	0.0045	2.1	0.48	1.2
H26.5.17	~ H26.5.18	0.17	<0.026	<0.19	<0.0071	0.038	0.033	<0.11	<0.0053	0.38	<0.0058	<0.0023	<0.016	0.083	0.0059	0.83	0.032	<0.0037	<0.0014	1.4	0.26	0.49
H26.5.18	~ H26.5.19	0.69	0.060	0.21	0.011	0.14	0.18	0.63	0.016	0.67	0.023	0.011	<0.016	0.83	0.022	4.0	0.25	<0.0037	0.0023	2.2	0.45	1.6
H26.5.19	~ H26.5.20	0.42	0.041	<0.19	<0.0071	0.25	0.075	0.36	0.019	0.50	0.017	<0.0023	<0.016	0.49	0.028	3.1	0.13	<0.0037	0.0020	2.2	0.61	0.87
H26.5.20	~ H26.5.21	1.5	0.16	0.87	0.055	0.63	0.32	1.0	0.12	2.1	0.12	0.19	<0.016	0.67	0.14	14	0.97	0.030	0.016	2.7	0.92	2.0
H26.5.21	~ H26.5.22	0.13	<0.026	0.90	<0.0071	0.073	0.022	0.19	0.0058	0.66	0.018	0.0087	<0.016	0.12	0.0091	1.8	0.033	<0.0037	0.0022	0.96	0.33	0.80
平均		0.54	0.061	0.35	0.013	0.25	0.13	0.64	0.034	1.0	0.046	0.042	-	0.28	0.048	6.1	0.21	0.0039	0.0038	2.6	0.70	1.7
最大値		1.5	0.16	0.90	0.055	0.63	0.32	2.0	0.12	2.1	0.12	0.19	-	0.83	0.14	17	0.97	0.030	0.016	4.8	1.5	4.0
最小値		0.13	<0.026	<0.19	<0.0071	0.038	0.022	<0.11	<0.0053	0.38	<0.0058	<0.0023	-	<0.070	0.0059	0.83	0.032	<0.0037	<0.0014	0.96	0.26	0.49

(2) 夏季調査(土浦保健所局, 平成26年7月23日～平成26年8月6日)

サンプリング実施時期		質量濃度測定値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	イオン成分 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )									無機元素 ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )										
開始日	終了日		Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Be	Al	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
H26.7.23	~ H26.7.24	33.3	0.027	1.3	12	0.078	3.5	0.30	0.010	0.026	<0.034	32	<0.010	2.9	1.5	1.7	11	180	0.086	5.4	6.2	56
H26.7.24	~ H26.7.25	28.4	<0.013	0.079	9.8	0.058	2.9	0.22	<0.0082	0.019	<0.034	11	<0.010	4.2	8.6	2.0	6.8	120	0.065	3.6	3.8	44
H26.7.25	~ H26.7.26	17.9	<0.013	0.067	7.0	0.12	2.2	0.14	0.011	0.012	<0.034	21	<0.010	1.6	5.6	<0.39	6.7	74	0.028	1.9	2.4	23
H26.7.26	~ H26.7.27	19.9	0.044	0.025	9.0	0.25	2.5	0.19	0.027	0.020	<0.034	25	<0.010	2.3	1.0	1.0	4.2	87	0.052	3.1	2.0	20
H26.7.27	~ H26.7.28	8.5	0.016	0.054	2.4	0.12	0.87	0.032	0.010	0.011	<0.034	15	<0.010	2.9	2.2	<0.39	1.5	41	0.012	0.91	2.5	13
H26.7.28	~ H26.7.29	10.3	<0.013	0.14	1.2	0.073	0.48	0.075	0.010	0.0094	<0.034	11	<0.010	3.6	1.1	0.45	6.8	74	0.013	0.67	3.4	45
H26.7.29	~ H26.7.30	22.2	<0.013	0.069	1.9	0.051	0.98	0.13	<0.0082	0.0089	<0.034	14	<0.010	1.1	2.2	1.5	4.0	76	0.025	1.2	2.8	22
H26.7.30	~ H26.7.31	17.7	<0.013	0.074	2.9	0.063	1.1	0.072	<0.0082	0.0086	<0.034	18	<0.010	2.1	2.9	0.88	3.0	55	0.041	1.2	2.2	15
H26.7.31	~ H26.8.1	9.3	<0.013	0.045	2.8	0.058	0.96	0.047	<0.0082	0.0080	<0.034	18	<0.010	2.6	4.6	1.7	5.8	90	0.039	1.8	1.4	14
H26.8.1	~ H26.8.2	12.0	<0.013	0.056	2.6	0.053	1.0	0.065	<0.0082	0.012	<0.034	38	<0.010	1.7	3.0	0.45	3.7	56	0.024	0.89	3.2	43
H26.8.2	~ H26.8.3	16.2	<0.013	0.18	3.8	0.095	1.2	0.31	0.024	0.012	<0.034	37	0.087	10	6.4	2.0	4.7	85	0.052	3.2	1.1	40
H26.8.3	~ H26.8.4	7.6	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.034	19	0.086	11	6.3	1.7	3.7	74	0.034	2.2	3.7	18
H26.8.4	~ H26.8.5	2.5	0.047	0.27	0.94	0.060	0.15	0.012	<0.0082	<0.0063	<0.034	37	0.068	3.7	6.1	1.3	3.1	61	0.025	1.8	1.4	8.6
H26.8.5	~ H26.8.6	5.9	0.016	0.21	2.4	0.11	0.57	0.027	<0.0082	0.0080	<0.034	<6.7	0.094	12	5.4	1.7	4.2	90	0.045	2.2	2.5	12
平均		15.1	0.011	0.18	4.2	0.085	1.3	0.12	0.0070	0.011	-	21	0.024	4.4	5.7	1.2	4.9	83	0.039	2.1	3.5	27
最大値		33.3	0.047	1.3	12	0.25	3.5	0.31	0.027	0.026	-	3										

(3) 秋季調査(土浦保健局, 平成26年11月4日~平成26年11月18日)

サンプリング実施時期		質量濃度 測定値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	イオン成分( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )									無機元素( $\text{ng}/\text{m}^3$ )											
開始日	終了日		Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Be	Al	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	
H26.11.4	~	H26.11.5	10.3	0.13	0.26	1.3	0.090	0.65	0.071	0.0059	0.015	<0.066	<9.0	<0.0061	<0.74	0.26	<0.15	1.3	<8.5	<0.0084	<0.30	4.9	7.9
H26.11.5	~	H26.11.6	14.0	0.057	0.33	1.7	0.084	0.82	0.11	0.0086	0.020	<0.066	52	0.082	1.4	0.76	0.17	3.0	15	0.022	<0.30	5.1	25
H26.11.6	~	H26.11.7	8.9	0.021	0.26	1.1	0.068	0.57	0.062	0.0063	0.012	<0.066	61	<0.0061	2.1	0.87	<0.15	3.1	18	0.016	<0.30	6.0	30
H26.11.7	~	H26.11.8	17.9	0.11	0.44	4.1	0.11	1.7	0.15	0.014	0.027	<0.066	110	0.0096	2.4	0.44	1.5	4.3	44	0.044	0.37	5.3	35
H26.11.8	~	H26.11.9	29.5	0.54	1.5	2.2	0.084	1.6	0.22	0.0090	0.020	<0.066	12	0.094	2.9	0.79	0.51	3.9	31	0.033	<0.30	7.1	42
H26.11.9	~	H26.11.10	32.1	1.6	3.5	2.8	0.056	2.9	0.15	0.0048	0.032	<0.066	52	<0.0061	<0.74	2.8	<0.15	3.6	30	0.023	<0.30	5.3	44
H26.11.10	~	H26.11.11	13.7	0.034	0.27	3.2	0.076	1.3	0.092	0.0073	0.027	<0.066	48	<0.0061	<0.74	0.40	0.16	2.6	20	0.018	<0.30	7.8	42
H26.11.11	~	H26.11.12	22.5	0.68	1.3	3.1	0.056	2.0	0.16	0.011	0.030	<0.066	41	0.0098	2.9	0.65	0.36	5.4	120	0.030	<0.30	3.1	29
H26.11.12	~	H26.11.13	21.1	0.64	2.3	2.2	0.046	2.0	0.10	0.0042	0.023	<0.066	20	0.068	4.0	2.2	1.1	11	84	0.11	<0.30	1.1	110
H26.11.13	~	H26.11.14	4.7	0.059	<0.080	0.14	0.020	0.077	0.011	<0.0032	<0.0088	<0.066	56	0.068	2.3	0.24	<0.15	2.7	130	0.026	1.1	3.4	47
H26.11.14	~	H26.11.15	11.3	0.26	1.2	0.88	0.051	0.91	0.061	0.0058	0.024	<0.066	11	0.013	5.6	2.4	0.77	8.7	110	0.068	0.68	6.3	97
H26.11.15	~	H26.11.16	6.7	0.042	0.25	0.46	0.011	0.34	0.023	<0.0032	<0.0088	<0.066	42	<0.0061	<0.74	0.12	0.36	1.2	20	<0.0084	<0.30	4.7	31
H26.11.16	~	H26.11.17	17.9	0.23	1.1	1.4	0.043	1.1	0.13	0.0033	0.015	<0.066	58	0.030	1.1	0.40	0.64	1.5	20	0.020	<0.30	7.6	100
H26.11.17	~	H26.11.18	37.4	0.82	5.8	2.7	0.072	3.0	0.20	0.0066	0.045	<0.066	<9.0	0.0095	2.9	4.2	1.9	13	140	0.056	0.97	8.6	120
平均			17.7	0.37	1.3	1.9	0.062	1.4	0.11	0.0062	0.021	-	40	0.0074	2.7	1.2	0.53	4.7	56	0.033	0.22	6.2	54
最大値			37.4	1.6	5.8	4.1	0.11	3.0	0.22	0.014	0.045	-	110	0.030	1.1	4.2	1.9	13	140	0.11	1.1	11	120
最小値			4.7	0.021	<0.080	0.14	0.011	0.077	0.011	<0.0032	<0.0088	-	<9.0	<0.0061	<0.74	0.12	<0.15	1.2	<8.5	<0.0084	<0.30	3.1	7.9

サンプリング実施時期		無機元素( $\text{ng}/\text{m}^3$ )													炭素成分 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			水溶性 有機炭素 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
開始日	終了日	As	Se	Sr	Y	Mo	Cd	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	W	Tl	Pb	Bi		Th	U	OC	EC	WSOC
H26.11.4	~	H26.11.5	0.17	<0.031	0.18	<0.0046	0.23	0.056	1.4	0.014	0.68	0.030	0.067	<0.0064	0.70	0.0071	1.6	0.076	<0.0044	<0.0051	5.4	1.5	2.0
H26.11.5	~	H26.11.6	0.74	0.037	1.5	0.021	0.30	0.18	0.97	0.048	1.6	0.067	0.11	0.0078	0.14	0.021	4.8	0.16	0.012	<0.0051	3.9	1.1	2.2
H26.11.6	~	H26.11.7	0.58	0.072	0.32	0.010	0.51	0.091	0.50	0.016	1.7	0.072	0.12	<0.0064	0.22	0.025	2.9	0.26	<0.0044	<0.0051	2.8	0.90	1.6
H26.11.7	~	H26.11.8	0.92	0.11	0.62	0.016	0.30	0.17	1.4	0.053	1.5	0.075	0.14	<0.0064	0.047	0.068	7.7	0.24	0.0079	0.066	4.3	0.95	2.9
H26.11.8	~	H26.11.9	3.1	0.15	0.74	0.014	0.45	0.77	4.8	0.037	2.6	0.091	0.18	<0.0064	0.13	0.059	17	0.62	0.0060	<0.0051	9.2	2.2	4.9
H26.11.9	~	H26.11.10	1.8	0.11	0.19	<0.0046	0.63	0.57	2.8	0.029	1.6	0.056	0.12	<0.0064	0.061	0.050	11	0.36	<0.0044	<0.0051	6.7	2.0	4.1
H26.11.10	~	H26.11.11	0.81	0.097	0.32	0.0091	0.60	0.14	0.58	0.029	1.1	0.057	0.11	<0.0064	0.047	0.049	5.7	0.52	<0.0044	<0.0051	2.8	0.81	1.9
H26.11.11	~	H26.11.12	1.4	0.10	0.29	0.014	0.41	0.30	1.6	0.038	2.0	0.11	0.18	<0.0064	0.13	0.064	8.3	0.44	0.0091	0.0066	5.0	1.9	3.2
H26.11.12	~	H26.11.13	0.93	0.071	0.42	0.011	2.4	0.42	4.6	0.026	2.4	0.13	0.26	<0.0064	0.092	0.058	19	0.51	<0.0044	0.0055	3.6	2.6	2.1
H26.11.13	~	H26.11.14	0.090	<0.031	<0.13	<0.0048	0.43	0.069	0.54	0.076	1.0	0.020	0.052	<0.0064	0.059	0.016	1.5	0.13	0.0075	0.0099	1.2	0.51	0.21
H26.11.14	~	H26.11.15	0.36	0.075	0.82	0.19	0.69	0.34	1.5	0.038	2.7	0.10	0.16	<0.0064	0.18	0.063	7.0	0.38	0.011	0.0085	3.1	1.3	1.6
H26.11.15	~	H26.11.16	0.26	<0.031	0.14	<0.0046	0.22	0.067	0.83	<0.0064	1.5	0.038	0.082	<0.0064	0.37	0.016	2.2	0.065	<0.0044	<0.0051	2.1	0.76	0.72
H26.11.16	~	H26.11.17	0.55	0.055	0.65	0.010	0.50	0.23	2.3	0.025	1.7	0.086	0.23	<0.0064	0.40	0.035	5.0	0.15	0.050	0.013	5.8	1.3	3.3
H26.11.17	~	H26.11.18	0.88	0.15	0.64	0.013	1.6	0.47	6.5	0.062	3.6	0.17	0.17	<0.0064	0.15	0.088	15	0.50	<0.0044	0.0081	8.4	2.9	5.1
平均			0.90	0.073	0.49	0.022	0.68	0.28	2.2	0.030	1.8	0.079	0.14	0.0066	0.19	0.044	7.8	0.32	0.0074	0.0043	4.6	1.5	2.6
最大値			3.1	0.15	1.5	0.19	2.4	0.77	6.5	0.062	3.6	0.17	0.26	0.0078	0.70	0.088	19	0.62	0.050	0.013	9.2	2.9	5.1
最小値			0.090	<0.031	<0.13	<0.0046	0.22	0.056	0.50	<0.0064	0.68	0.020	0.052	<0.0064	0.047	0.0071	1.5	0.065	<0.0044	<0.0051	1.2	0.51	0.21

(4) 冬季調査(土浦保健局, 平成27年1月21日~平成27年2月4日)

サンプリング実施時期		質量濃度 測定値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	イオン成分( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )									無機元素( $\text{ng}/\text{m}^3$ )											
開始日	終了日		Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Be	Al	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	
H27.1.21	~	H27.1.22	23.7	2.0	3.1	2.5	0.057	2.8	0.18	0.0042	0.021	<0.066	34	<0.016	2.8	0.69	1.5	3.3	22	0.032	0.82	7.3	48
H27.1.22	~	H27.1.23	15.1	0.65	3.2	1.4	0.021	1.9	0.052	<0.0021	0.0064	<0.066	27	<0.016	0.97	0.29	<0.095	4.5	<1.3	0.69	0.70	4.8	48
H27.1.23	~	H27.1.24	4.8	0.11	0.19	0.62	0.021	0.36	0.034	<0.0021	<0.0055	<0.066	22	<0.016	3.4	0.12	<0.095	2.0	<1.3	0.015	0.58	3.5	38
H27.1.24	~	H27.1.25	16.0	0.70	1.8	1.6	0.035	1.6	0.097	0.0027	0.011	<0.066	16	<0.016	2.4	0.96	<0.095	2.9	1.1	0.023	1.3	4.4	37
H27.1.25	~	H27.1.26	16.2	0.68	1.6	2.9	0.091	1.9	0.11	0.0033	0.013	<0.066	62	<0.016	2.0	1.2	<0.095	1.3	<1.3	0.025	0.95	5.3	35
H27.1.26	~	H27.1.27	25.6	0.62	5.9	4.1	0.060	3.5	0.10	0.0036	0.014	<0.066	88	<0.016	3.1	2.8	1.2	6.7	43	0.046	3.1	14	57
H27.1.27	~	H27.1.28	12.1	0.059	1.6	2.6	0.016	1.6	0.056	0.0025	0.0066	<0.066	20	<0.016	2.4	0.84	1.1	7.0	39	0.034	0.90	3.4	37
H27.1.28	~	H27.1.29	12.3	0.11	0.44	1.3	0.029	0.61	0.040	0.0023	<0.0055	<0.066	20	0.026	1.6	1.1	2.4	5.6	25	0.056	0.93	23	150
H27.1.29	~	H27.1.30	9.2	0.11	0.93	1.4	0.045	0.89	0.053	0.0028	0.0071	<0.066	7.5	<0.016	0.71	0.94	<0.095	5.0	25	0.020	<0.27	3.5	37
H27.1.30	~	H27.1.31	7.6	0.33	1.9	0.91	0.010	1.2	0.046	<0.0021	<0.0055	<0.066	16	<0.016	<0.22	0.59	1.3	2.6	<1.3	0.030	<0.27	6.8	32
H27.1.31	~	H27.1.21	10.7	0.029	<0.015	0.24	0.059	0.11	0.030	0.0037	<0.0055	<0.066	15	<0.016	<0.22	0.16	<0.095	0.88	<1.3	0.011	<0.27	1.5	13
H27.2.1	~	H27.2.2	5.9	0.11	0.14	0.80	0.028	0.43	0.040	<0.0021	<0.0055	<0.066	34	0.022	0.39	0.19	1.7	0.63	<1.3	0.040	<0.27	2.1	15
H27.2.2	~	H27.2.3	10.9	0.11	0.65	1.2	0.033	0.73	0.058	0.0026	0.011	<0.066	45	<0.016	4.5	0.25	1.4	4.2	78	0.026	<0.27	8.7	50
H27.2.3	~	H27.2.4	11.7	0.24	1.1	1.3	0.034	1.0	0.064	0.0024	0.011	<0.066	<2.3	0.026	2.1	0.32	1.6	11	92	0.043	0.71	6.5	58
平均			13.0	0.42	1.6	1.6	0																

## 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 (第1報)

### 1 はじめに

平成 25 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)未達成局数は 1,182 局中 1,178 局 (99.7%) であり、平成 26 年の光化学スモッグ注意報発令地域は 15 都府県、発令延日数が 83 日となっている<sup>1)</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 26 年度現在 29 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>2)</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、局地的に発生するものがある。特定の日には東海・ひたちなか地域を中心に局地的な高濃度現象が発生するがその原因は未解明である。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>3)</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。

第 1 報では、平成 26 年度に東海・ひたちなか地域で実施した実態調査結果について報告する。

### 2 方法

#### 2.1 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。

#### 2.2 測定方法及び測定項目

月 1~2 回の頻度で当センターからオゾン計, NO<sub>x</sub> 計, 揮発性有機化合物 (VOC) 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, O<sub>x</sub> 濃度という。), 窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>), 非メタン炭化水素 (NMHC) 等を測定しており, これらによりデータを補った。一般環境大気測定局のデータを使用した地点は, NO<sub>x</sub> については日立南部, 常陸那珂勝田, 那珂, 常陸那珂東海の 4 地点, O<sub>x</sub> 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>4)</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。

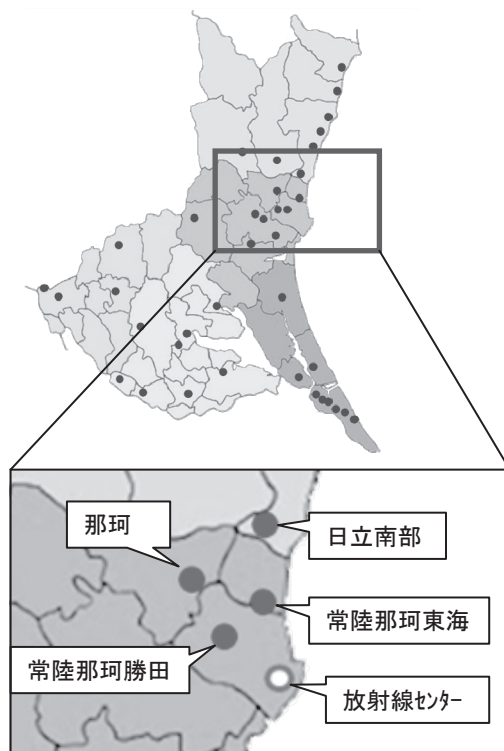


図 1 調査地点  
(● : 大気測定局設置地点)

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			

(表中の網掛け部は調査結果で抽出した項目と対応する。)

### 3 調査結果及び考察

表2に本研究により調査した5地点のNO<sub>x</sub> (ppb, 平均値), 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。

平均NO<sub>x</sub>濃度は常陸那珂勝田, 那珂の2地点が比較的高い傾向にあった。また, 平均NO<sub>x</sub>濃度と最高O<sub>x</sub>濃度を比較すると, 平成26年8月20日の常陸那珂勝田及び那珂において平均NO<sub>x</sub>濃度が7ppb, 5ppbのとき, 最高O<sub>x</sub>濃度はそれぞれ98ppb, 92ppbであり, O<sub>x</sub>濃度が高い日に平均NO<sub>x</sub>濃度が低い傾向であった。

表 2 VOC 採取期間中における平均 NOx 濃度, 平均 O<sub>x</sub> 濃度, 最高 O<sub>x</sub> 濃度, 平均 NMHC 濃度及び気象条件

	VOC採取期間	平均NO <sub>x</sub> (ppb)	平均O <sub>x</sub> (ppb)	最高O <sub>x</sub> (ppb)	平均 NMHC (ppmC)	主風向	平均風速 (m/s)	天候
日立南部	平成26年4月25日15:20~26日15:20	6	47	78	-	西	3.7	晴
	平成26年5月16日15:06~17日14:30	4	46	81	-	北西	3.3	晴
	平成26年8月20日14:13~21日13:55	6	31	84	-	東南東	3.3	晴
	平成26年10月21日13:30~22日13:30	8	25	47	-	北東	4.7	くもり
	平成26年11月26日13:55~27日14:10	4	30	39	-	北	4.9	雨
	平成26年12月17日14:20~18日14:05	7	26	37	-	西	4.9	晴
	平成27年1月15日15:45~16日14:05	6	33	42	-	西北西	4.2	雨
平成27年3月17日14:15~18日13:10	12	32	72	-	北東	3.2	晴	
常陸那珂勝田	平成26年5月16日13:35~17日13:20	10	48	82	0.13	南	2.4	晴
	平成26年8月20日13:00~21日13:00	7	41	98	0.10	南東	2.4	晴
	平成26年9月18日14:37~19日14:15	12	41	50	0.14	南	1.6	くもり
	平成26年10月21日12:40~22日12:40	13	27	48	0.12	北東	1.3	雨
	平成26年11月26日13:00~27日13:10	7	27	34	0.080	北	3.2	雨
	平成26年12月17日12:55~18日12:50	7	32	39	0.089	西	4.2	晴
	平成27年1月15日14:45~16日13:15	18	24	38	0.093	北	2.3	雨
	平成27年2月25日13:00~26日12:50	12	30	44	0.12	北	0.8	くもり
平成27年3月17日13:10~18日12:08	14	34	64	0.11	東	1.8	晴	
那 珂	平成26年4月25日11:28~26日11:29	8	49	80	-	南東	2.1	晴
	平成26年5月16日12:10~17日12:10	6	45	80	-	南	2.3	晴
	平成26年8月20日14:47~21日14:30	5	37	92	-	東南東	2.3	晴
	平成26年10月21日11:15~22日11:15	11	22	44	-	北東	1.9	くもり
	平成26年11月26日14:25~27日14:35	4	29	36	-	北	2.9	雨
	平成26年12月17日14:50~18日14:35	6	28	36	-	西	4.5	晴
	平成27年1月15日16:15~16日14:40	8	29	38	-	北	2.0	雨
平成27年3月17日13:40~18日12:35	14	30	67	-	東南東	2.1	晴	
常陸那珂東海	平成26年4月25日14:30~26日14:00	8	-	-	-	南西	2.5	晴
	平成26年5月16日14:00~17日13:30	5	-	-	-	西	2.2	晴
	平成26年9月18日15:00~19日14:40	6	-	-	-	南西	1.4	くもり
	平成26年10月21日13:05~22日13:05	8	25	46	-	北北東	3.6	雨
	平成26年11月26日13:25~27日13:30	5	-	-	-	北	3.6	雨
	平成26年12月17日13:30~18日13:20	4	26	33	-	西南西	6.0	晴
	平成27年1月15日15:15~16日13:40	9	28	37	-	西北西	3.1	雨
平成27年3月17日14:40~18日14:30	9	32	68	-		2.7	晴	
放射線センター	平成26年9月18日11:50~19日11:00	3	-	-	-	-	-	くもり
	平成27年1月16日11:30~16日15:20	-	-	-	-	-	-	晴
	平成27年3月17日11:40~18日10:50	-	49	51	-	-	-	晴

※常陸那珂東海の O<sub>x</sub>(ppb)の値と放射線センターの NO<sub>x</sub>(ppb)及び O<sub>x</sub>(ppb)の値はセンター測定。

※放射線センターにおける平成 27 年 1 月 16 日の平均 O<sub>x</sub>, 最高 O<sub>x</sub> は欠測。

図 2 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で地点別に比較すると、常陸那珂勝田が 9 か月中 6 か月で最も高かった。全 5 地点で常陸那珂勝田周辺が最も市街化されている地点であり、発生源からの影響を大きく受けていると考えられる。

項目別では、年間を通じてトルエン及びプロピレンの合計が VOC 全体の 40~60% を占めた。これらは濃度及び MIR 値が共に高いことから、調査対象地域においてオゾン生成への寄与が大きい物質であることが分かった。1-ブテンは 8 月 20 日に採取した日立南部、常陸那珂勝田及び那珂の 3 地点で共通して高くなった。トルエンは 9 月 18 日に採取した常陸那珂勝田、常陸那珂東海の 2 地点と比較して放射線センターで 2 倍以上の割合となった。特定の日に各地で共通してオゾン生成能が高くなる 1-ブテンや、局地的にオゾン生成能が高くなるトルエン等があり、物質により特徴が見られた。

イソプレン及びピネン 2 項目のオゾン生成能を合計した値は 8 月 20 日に採取した日立南部で  $12.6 \mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$ （割合 9.9%）、那珂で  $18.7 \mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$ （割合 12.1%）、9 月 18 日に採取した常陸那珂東海で  $10.8 \mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$ （割合 10.0%）であり、植物起源 VOC は夏期が最も高かった。夏期以外の季節は VOC 全体に対する植物起源 VOC の割合は 10% 未満であり、オゾン生成への寄与はあまりなかった。

測定時間中の最高 Ox 濃度とオゾン生成能の増減を比較すると、増減の傾向は概ね一致しており、大気中の VOC がオゾン生成に関与していることが示唆された。

常陸那珂勝田において、表 2 の平均 NMHC 濃度及び図 2 のオゾン生成能を比較すると、増減の傾向は概ね一致しており、常時監視の値から VOC 濃度全体の傾向をある程度把握できると見られる。

#### 4 まとめ

常時監視データを補完する測定を実施し、オゾン濃度等をより詳細に調査できるようになった。

揮発性有機化合物（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、実態の把握に繋がった。

#### 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。

#### 参考文献

- 1) 環境省、各都道府県における光化学オキシダント注意報等発令日数の推移  
[http://www.env.go.jp/air/osen/pc\\_oxidant/days\\_adv.pdf](http://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/days_adv.pdf)
- 2) 茨城県環境対策課、光化学スモッグ発生状況資料  
<http://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kantai/taiki/environment/documents/h26-smog-sank-o-shiryo.pdf>
- 3) 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, pp118-122.
- 4) W.P.L. Carter (2010): Updated Chemical Mechanisms for Airshed Model Applications, Revised Final Report to the California Air Resources Board.

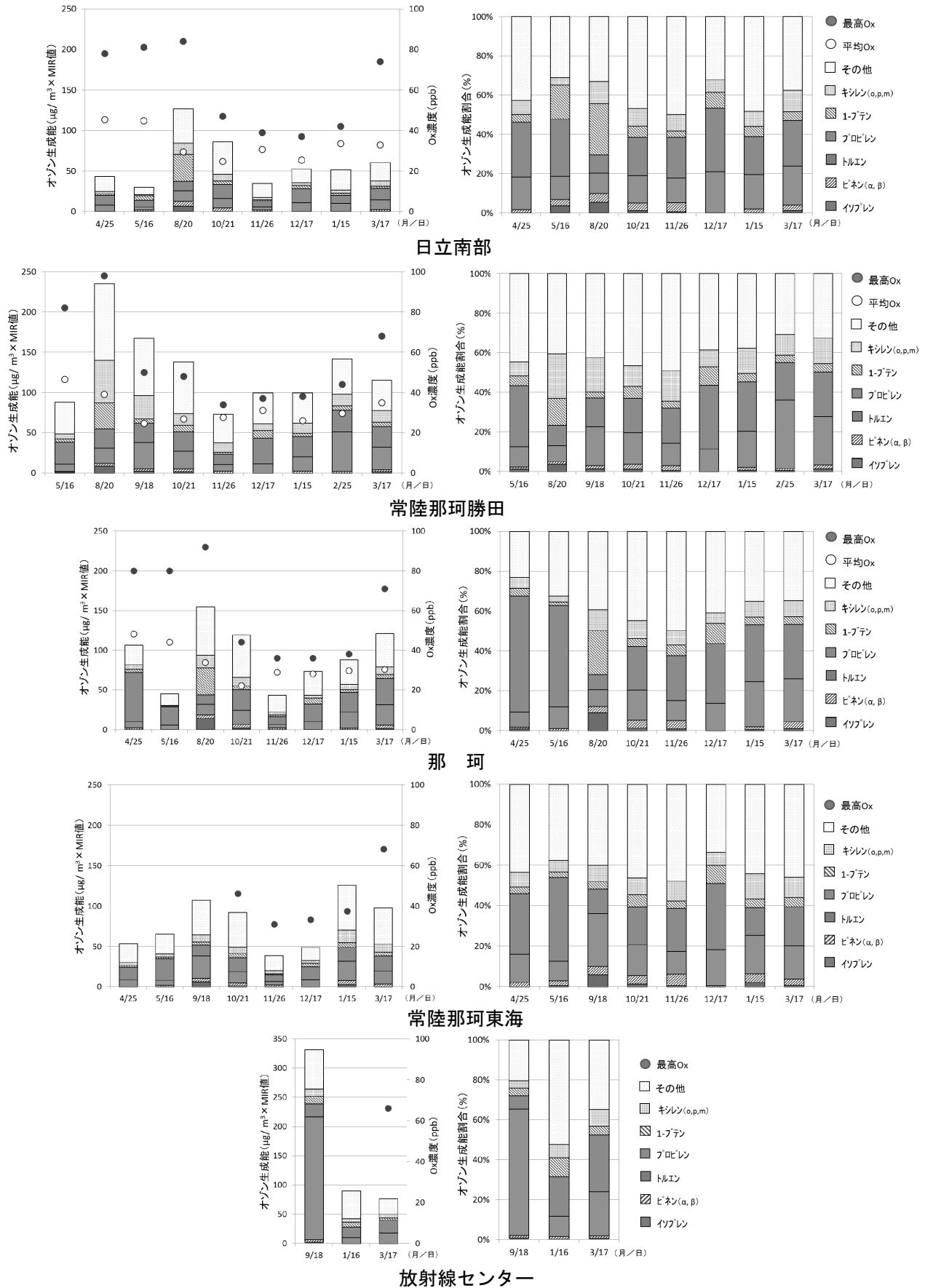


図2 平成26年度地点別オゾン生成能（左：オゾン生成能，右：オゾン生成能割合）

\* 常陸那珂東海及び放射線センターは平均Ox濃度を省く



## 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26年4月から平成27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、一般環境として水戸石川、日立市役所、土浦保健所、筑西保健所の4地点、固定発生源周辺として神栖消防、神栖下幡木、鹿嶋平井の3地点、幹線道路沿道として土浦中村南の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 25 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，酸化エチレンを除く 7 物質は平成 25 年度全国調査<sup>2)</sup>の濃度範囲内であった。酸化エチレンは神栖消防で全国調査<sup>2)</sup>の濃度範囲の最大値より高かった。

### 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  $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最小値は日立市役所の  $0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，県平均値は  $0.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と，平成 25 年度の全国平均値  $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を大きく下回っていた。最大値は筑西保健

所の  $0.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖消防の  $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $0.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を大きく下回っていた。最大値は水戸石川の  $0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は鹿嶋平井の  $0.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より高い値であった。図 4 に経年変化を示す。平成 19～24 年度は上昇傾向であったが、平成 25 年度は減少、平成 26 年度に再び上昇傾向に転じた。

### 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  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を大きく下回っていた。最大値は筑西保健所の  $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖消防の  $0.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より低い値であった。図 5 に経年変化を示す。

## (2) 指針値が設定されている 9 物質

### ① アクリロニトリル

表 3 に示すとおり、全ての地点で指針値  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より低い値であった。最大値は土浦保健所の  $0.079 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $0.037 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.055 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $0.077 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $0.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖下幡木の  $0.026 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $0.032 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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強く受けていることが示唆される。

### ③ クロロホルム

表 3 に示すとおり、全ての地点で指針値  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より低い値であった。最大値は土浦中村南の  $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は鹿嶋平井の  $0.093 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より低い値であった。図 8 に経年変化を示す。平成 23～25 年度は減少傾向であった。

### 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  $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は土浦中村南の  $0.087 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より高い値であった。図 9 に経年変化を示す。神栖消防の推移は他の測定地点の推移傾向と異なり、発生源からの影響を強く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  $0.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は鹿嶋平井の  $0.041 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、県平均値は  $0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  より低い値であった。図 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。最大値は水戸石川及び土浦中村南の  $1.2 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は神栖消防の  $1.0 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $1.2 \text{ ng/m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $2.0 \text{ ng/m}^3$  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。最大値は神栖消防の  $4.1 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は土浦中村南の  $1.8 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $3.0 \text{ ng/m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $4.3 \text{ ng/m}^3$  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  $2.6 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は土浦中村南の  $1.1 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $1.7 \text{ ng/m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $1.7 \text{ ng/m}^3$  と同値であった。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は他の測定地点よりも高く、発生源からの影響を強く受けていることが示唆された。

## 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  $31 \text{ ng/m}^3$ 、最小値は日立市役所の  $11 \text{ ng/m}^3$ 、県平均値は  $19 \text{ ng/m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $25 \text{ ng/m}^3$  より低い値であった。図 14 に経年変化を示す。

## (3) その他の 8 物質

## ① 塩化メチル

表 3 に示すとおり、最大値は土浦保健所及び筑西保健所の  $1.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は水戸石川、日立市役所、神栖消防、神栖下幡木、鹿嶋平井及び土浦中村南（最大値を示した 2 地点以外の地点）の  $1.2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は  $1.2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  と、県内全地点ほぼ同程度の値であった。また、平成 25 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。全地点で前年度より増加した。

## ② トルエン

表 3 に示すとおり、最大値は土浦保健所及び筑西保健所の  $4.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は鹿嶋平井の  $1.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は  $2.9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  と、平成 25 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。平成 25～26 年度は減少傾向であった。

## ③ 酸化エチレン

表 3 に示すとおり、最大値は神栖消防の  $1.0 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、最小値は水戸石川の  $0.067 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、県平均値は  $0.39 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  と、平成 25 年度の全国平均値  $0.085 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  より高い値であった。また、神栖消防は全国範囲の最大値 ( $0.76 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) よりも高かった。図 17 に経年変化を示す。神栖消防では年度で増減はあるが概ね他の地点より高い値で推移し、平成 22～25 年度は減少傾向であったが、平成 26 年度は大きく上昇した。他の地点では少なくとも平成 20 年度からはほぼ横ばい傾向である。これらのことから、神栖消防では発生源からの影響を強く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  $0.41 \text{ ng/m}^3$ ，最小値は日立市役所の  $0.049 \text{ ng/m}^3$ ，県平均値は  $0.18 \text{ ng/m}^3$  と，平成 25 年度の全国平均値  $0.23 \text{ ng/m}^3$  より低い値であった。図 18 に経年変化を示す。年度によって変動が大きい。

## ⑤ ホルムアルデヒド

表 3 に示すとおり，最大値は土浦中村南の  $6.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ，最小値は神栖消防の  $2.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ，県平均値は  $4.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  と，平成 25 年度の全国平均値  $2.7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  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  $2.8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ，最小値は土浦中村南の  $1.9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ，県平均値は  $2.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  と，平成 25 年度の全国平均値  $2.2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  より高い値であった。図 20 に経年変化を示す。平成 21～24 年度は減少傾向であったが，平成 25 年度は上昇に転じた。

## ⑦ ベリリウム及びその化合物

表 3 に示すとおり，最大値は水戸石川の  $0.026 \text{ ng/m}^3$ ，最小値は神栖消防の  $0.015 \text{ ng/m}^3$ ，県平均値は  $0.020 \text{ ng/m}^3$  と，平成 25 年度の全国平均値  $0.023 \text{ ng/m}^3$  より低い値であった。図 21 に経年変化を示す。

## ⑧ クロム及びその化合物

表 3 に示すとおり，最大値は日立市役所の  $3.0 \text{ ng/m}^3$ ，最小値は土浦中村南の  $2.4 \text{ ng/m}^3$ ，県平均値は  $2.8 \text{ ng/m}^3$  と，平成 25 年度の全国平均値  $5.1 \text{ ng/m}^3$  より低い値であった。図 22 に経年変化を示す。全地点で前年度より減少した。

## 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。他の項目について，酸化エチレンを除く 7 物質は全国調査<sup>2)</sup>の範囲内であった。酸化エチレンは神栖消防で全国調査<sup>2)</sup>の濃度範囲の最大値より高かった。

## 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) 環境省 平成 25 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）  
[http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon\\_h25/index.html](http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h25/index.html)

表3 平成26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			平成25年度 全国平均 <sup>2)</sup> (範囲)	環境基準値 及び 指針値
区分	一般環境				固定発生源周辺				幹線道路 沿道	県内調査 地点平均		
測定期間	H26.4～H27.3											
揮発性 有機化合物	ベンゼン	0.69	0.58	0.80	0.92	2.1	1.0	0.60	0.69	0.92	1.1 (0.39～5.7)	3
	トリクロロエチレン	0.21	0.18	0.31	0.56	0.14	0.15	0.15	0.24	0.24	0.53 (0.0059～16)	200
	テトラクロロエチレン	0.24	0.14	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.15	0.16	0.15 (0.011～1.3)	200
	ジクロロメタン	0.74	0.63	0.88	1.2	0.56	0.67	0.76	0.70	0.77	1.6 (0.33～26)	150
	アクリロニトリル	0.042	0.037	0.079	0.069	0.054	0.051	0.068	0.042	0.055	0.077 (0.0048～0.94)	2 (指針値)
	塩化ビニル モノマー	0.035	0.056	0.041	0.043	0.91	0.026	0.087	0.033	0.15	0.032 (0.0028～0.55)	10 (指針値)
	クロロホルム	0.10	0.12	0.12	0.11	0.13	0.11	0.093	0.15	0.12	0.21 (0.041～2.0)	18 (指針値)
	1,2-ジクロロエタン	0.12	0.13	0.12	0.11	1.4	0.15	0.11	0.087	0.28	0.17 (0.051～1.2)	1.6 (指針値)
	1,3-ブタジエン	0.089	0.056	0.11	0.11	0.22	0.090	0.041	0.094	0.10	0.12 (0.0052～2.3)	2.5 (指針値)
	塩化メチル	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5 (0.12～6.3)	—
	トルエン	2.9	2.3	4.3	4.3	2.9	1.7	1.6	3.4	2.9	7.6 (0.50～34)	—
酸化エチレン	0.067	—	—	—	1.0	—	—	0.076	0.39	0.085 (0.019～0.76)	—	
多環芳香族 炭化水素	ベンゾ[a] ピレン	0.15	0.049	—	—	0.41	—	—	0.11	0.18	0.23 (0.011～4.8)	—
アルデヒド 類	ホルムアルデヒド	5.3	—	—	—	2.6	—	—	6.5	4.6	2.7 (0.68～8.1)	—
	アセトアルデヒド	2.5	—	—	—	2.8	—	—	1.9	2.5	2.2 (0.48～10)	—
金属類	水銀 及びその 化合物	1.2	—	—	—	1.0	—	—	1.2	1.2	2.0 (0.84～6.1)	40 (指針値)
	ニッケル 化合物	2.6	3.6	—	—	4.1	—	—	1.8	3.0	4.3 (0.68～28)	25 (指針値)
	ヒ素 及びその 化合物	2.0	2.6	—	—	1.2	—	—	1.1	1.7	1.7 (0.15～47)	6 (指針値)
	マンガン 及びその 化合物	16	11	—	—	31	—	—	17	19	25 (1.2～190)	140 (指針値)
	ベリリウム 及びその 化合物	0.026	0.018	—	—	0.015	—	—	0.020	0.020	0.023 (0.00067～0.16)	—
クロム 及びその 化合物	2.9	3.0	—	—	2.9	—	—	2.4	2.8	5.1 (0.38～47)	—	

2) 環境省 平成25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)

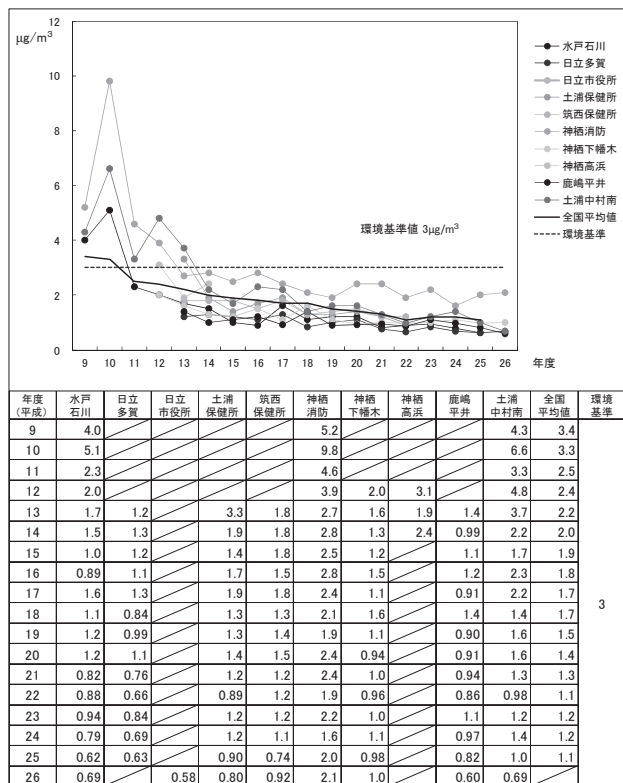


図2 経年変化 ベンゼン

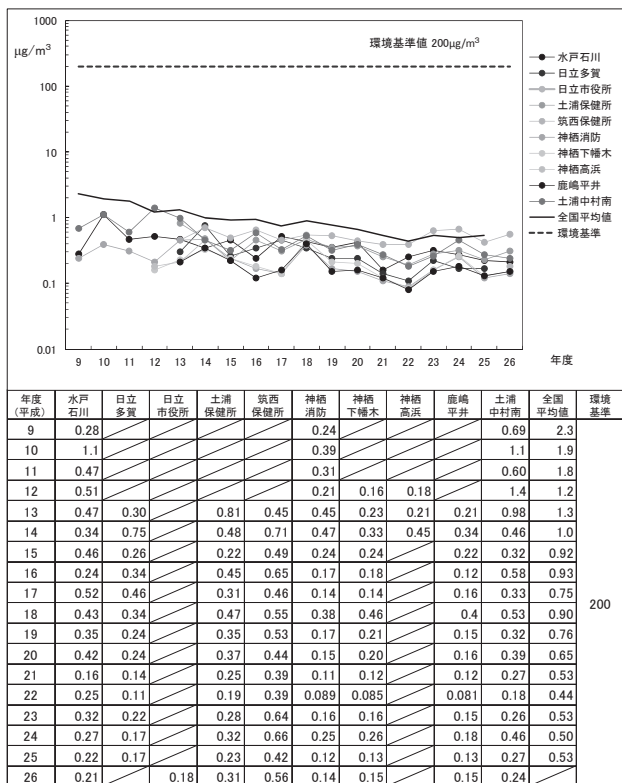


図3 経年変化 トリクロロエチレン

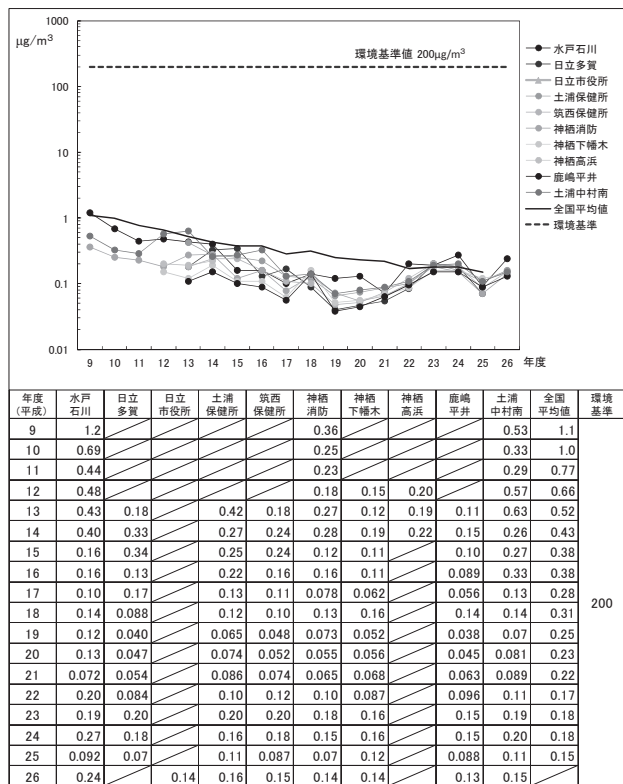


図4 経年変化 テトラクロロエチレン

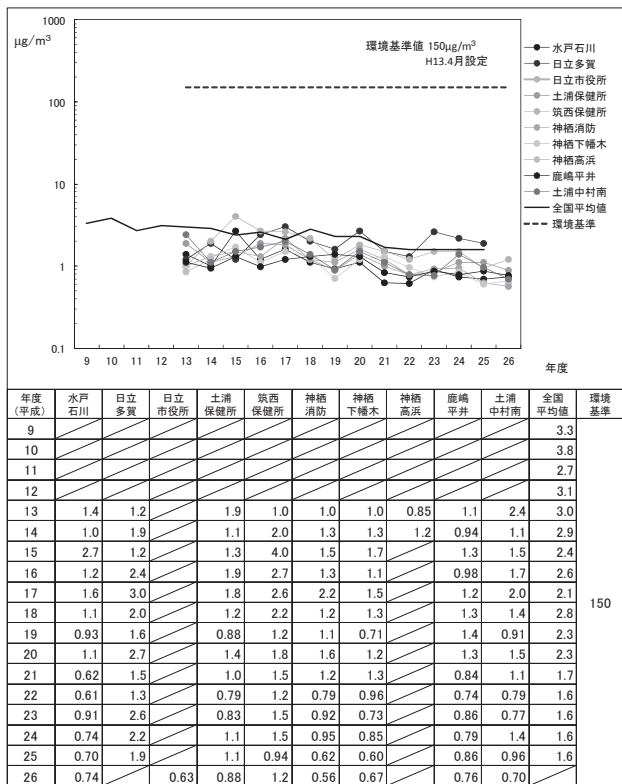


図5 経年変化 ジクロロメタン

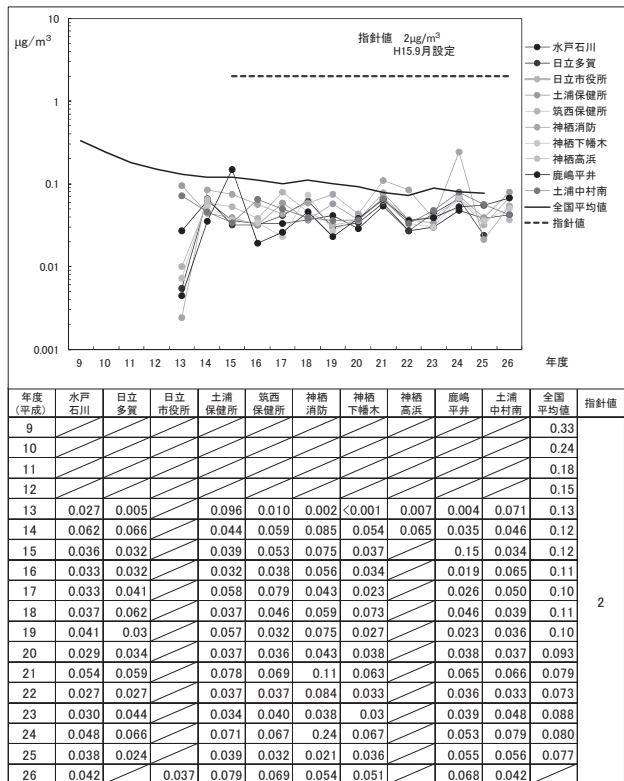


図6 経年変化 アクリロニトリル

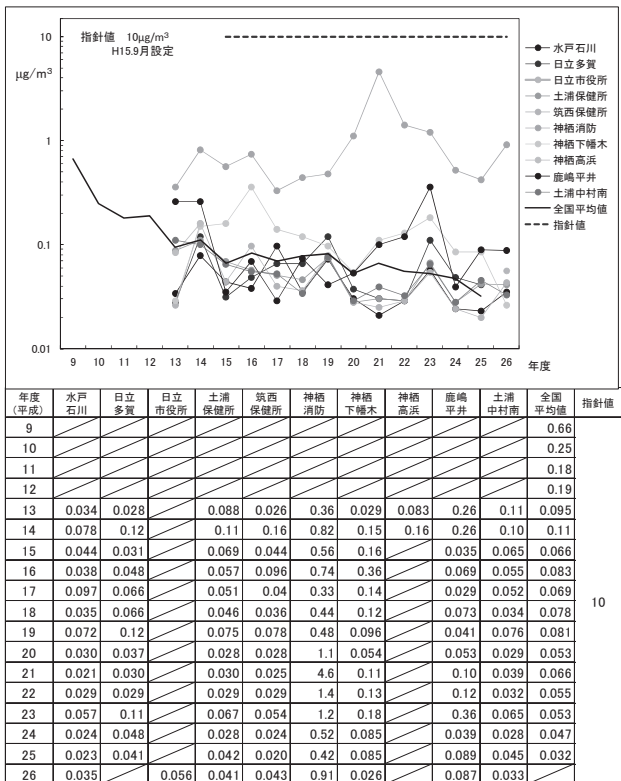


図7 経年変化 塩化ビニルモノマー

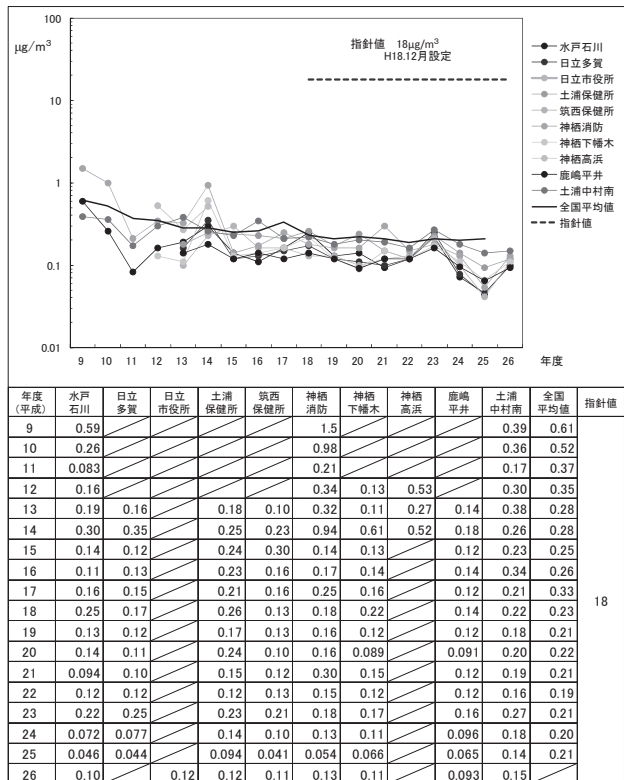


図8 経年変化 クロロホルム

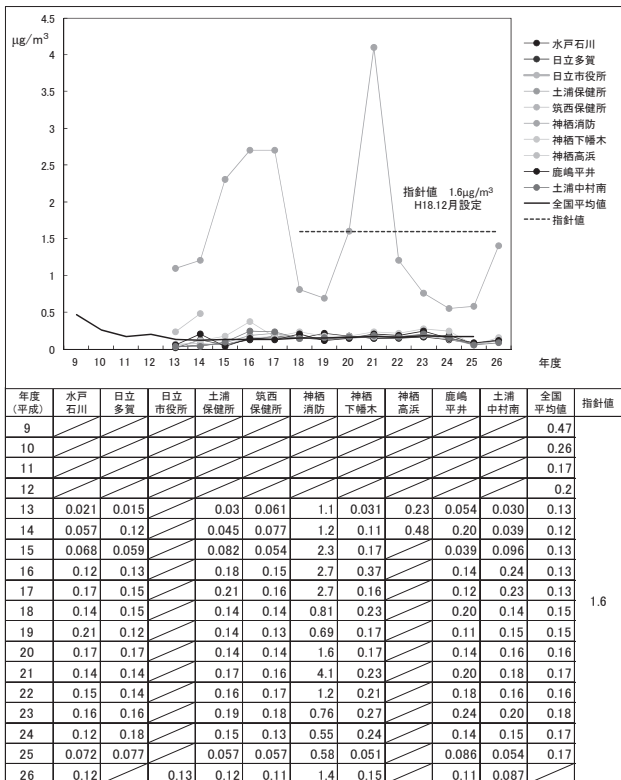


図9 経年変化 1,2-ジクロロエタン



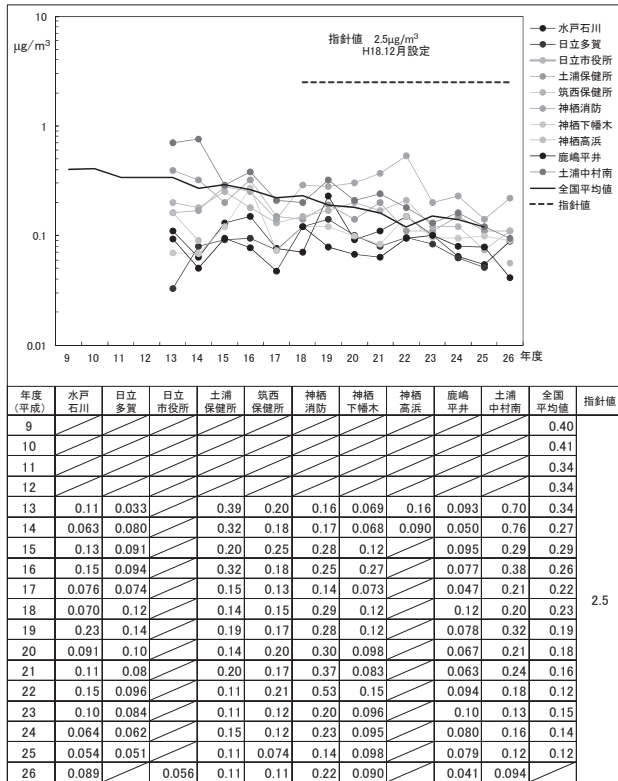


図10 経年変化 1,3-ブタジエン

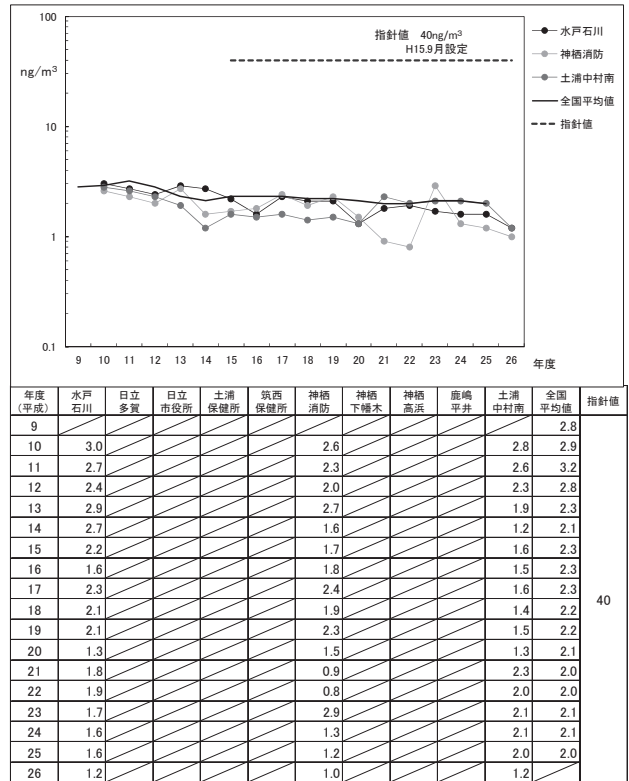


図11 経年変化 水銀及びその化合物

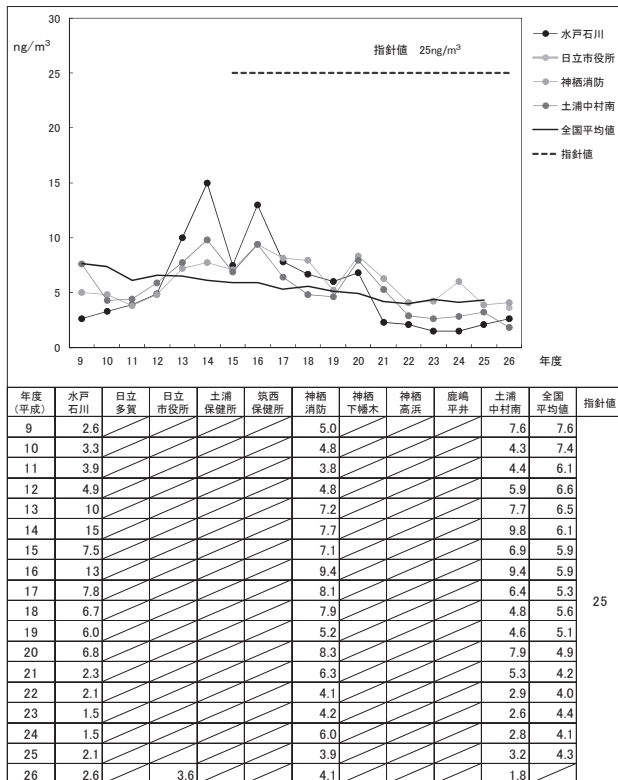


図12 経年変化 ニッケル化合物

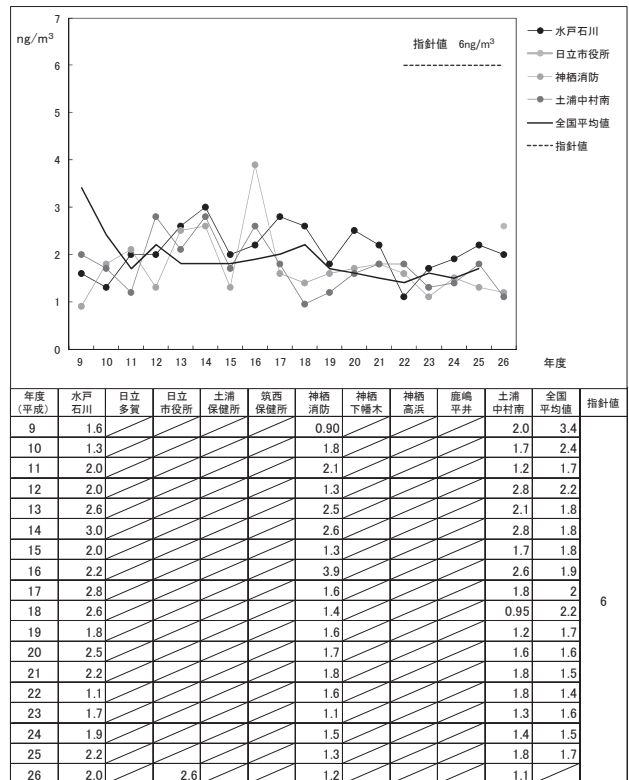


図13 経年変化 ヒスタミン及びその化合物

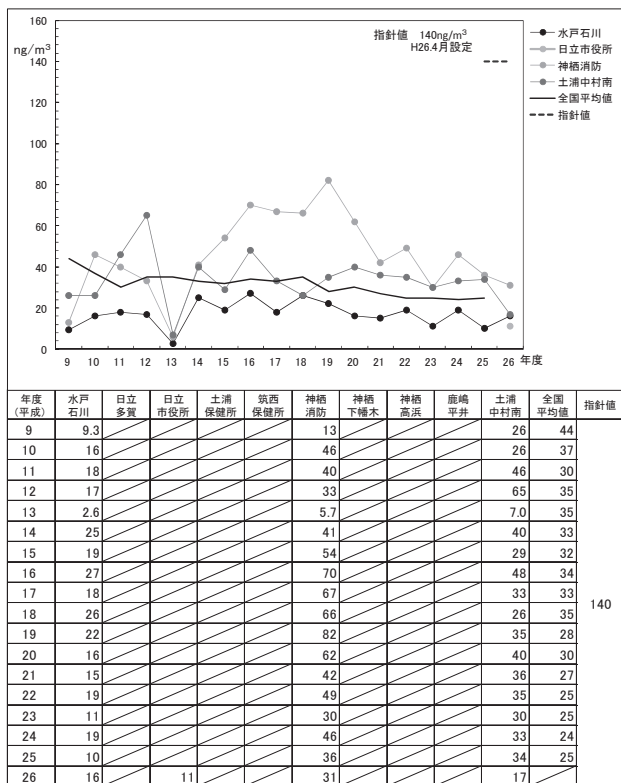


図14 経年変化 マンガン及びその化合物

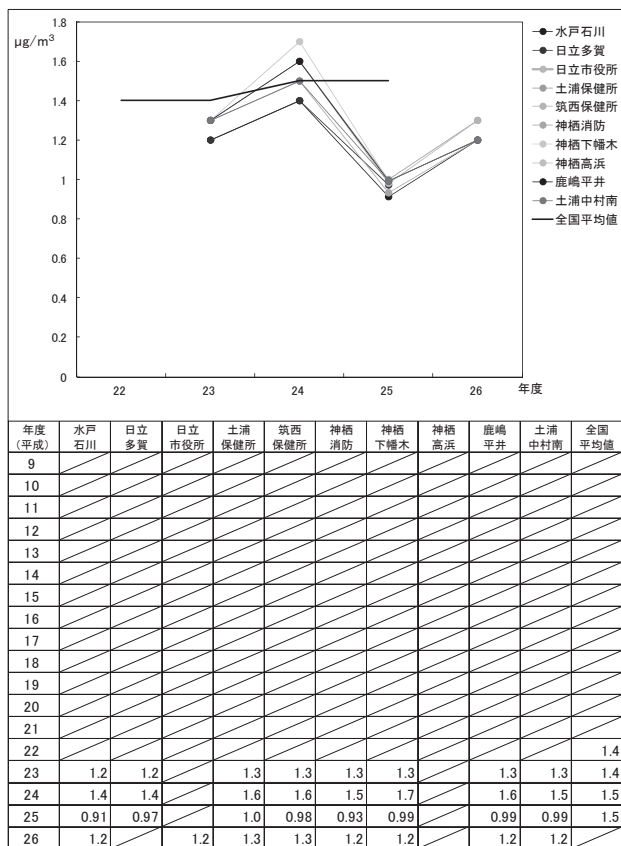


図15 経年変化 塩化メチル

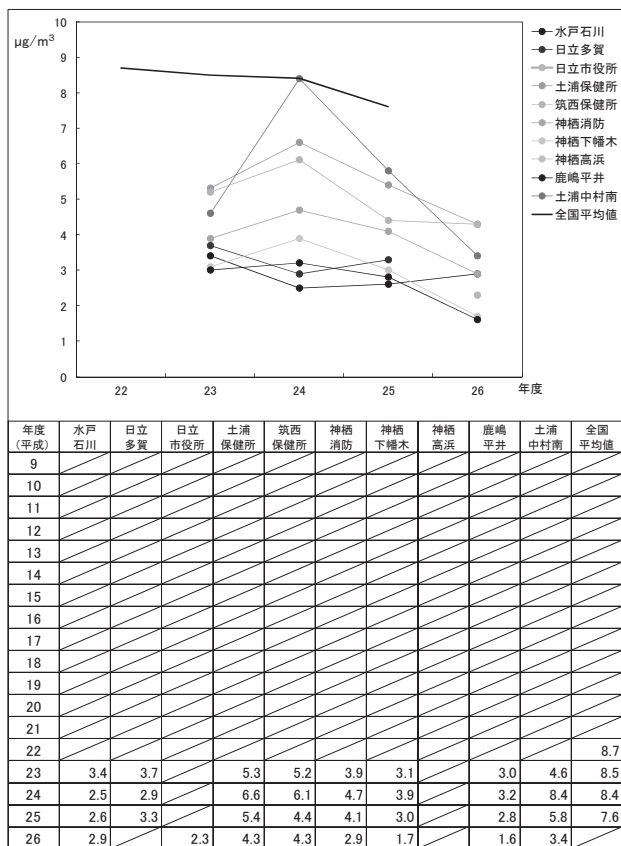
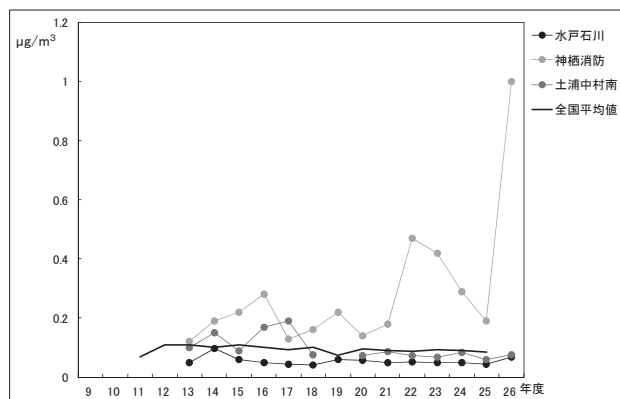
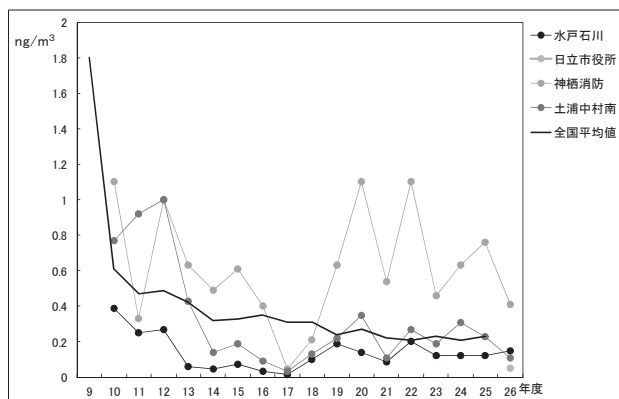


図16 経年変化 トルエン



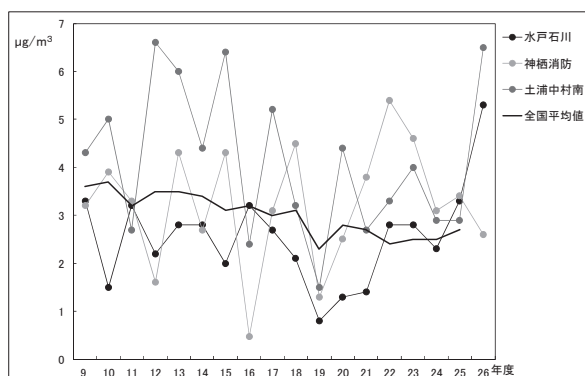
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下幡木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
9											
10											
11											0.07
12											0.11
13	0.048					0.12				0.10	0.11
14	0.096					0.19				0.15	0.10
15	0.059					0.22				0.09	0.11
16	0.050					0.28				0.17	0.10
17	0.045					0.13				0.19	0.094
18	0.042					0.16				0.077	0.10
19	0.060					0.22					0.075
20	0.058					0.14				0.072	0.095
21	0.049					0.18				0.087	0.091
22	0.052					0.47				0.072	0.088
23	0.048					0.42				0.069	0.094
24	0.050					0.29				0.083	0.090
25	0.044					0.19				0.061	0.085
26	0.067					1.0				0.076	

図17 経年変化 酸化エチレン



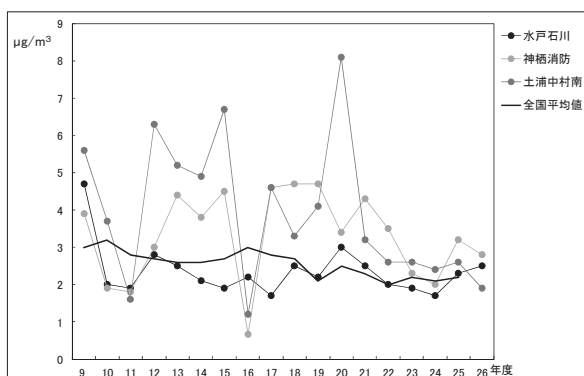
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下幡木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
9											1.8
10	0.39									0.77	0.61
11	0.25						0.33			0.92	0.47
12	0.27						1.0			1.0	0.49
13	0.06						0.63			0.43	0.42
14	0.048						0.49			0.14	0.32
15	0.074						0.61			0.19	0.33
16	0.033						0.40			0.092	0.35
17	0.015						0.048			0.035	0.31
18	0.10						0.21			0.13	0.31
19	0.19						0.63			0.22	0.24
20	0.14						1.1			0.35	0.27
21	0.085						0.54			0.11	0.22
22	0.20						1.1			0.27	0.21
23	0.12						0.46			0.19	0.23
24	0.12						0.63			0.31	0.21
25	0.12						0.76			0.23	0.23
26	0.15		0.049				0.41			0.11	

図18 経年変化 ベンゾ[a]ピレン



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下幡木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
9	3.3					3.2				4.3	3.6
10	1.5					3.9				5.0	3.7
11	3.2					3.3				2.7	3.2
12	2.2					1.6				6.6	3.5
13	2.8					4.3				6.0	3.5
14	2.8					2.7				4.4	3.4
15	2.0					4.3				6.4	3.1
16	3.2					0.48				2.4	3.2
17	2.7					3.1				5.2	3.0
18	2.1					4.5				3.2	3.1
19	0.80					1.3				1.5	2.3
20	1.3					2.5				4.4	2.8
21	1.4					(3.8)				(2.7)	2.7
22	2.8					5.4				3.3	2.4
23	2.8					4.6				4.0	2.5
24	2.3					3.1				2.9	2.5
25	3.3					3.4				2.9	2.7
26	5.3					2.6				6.5	

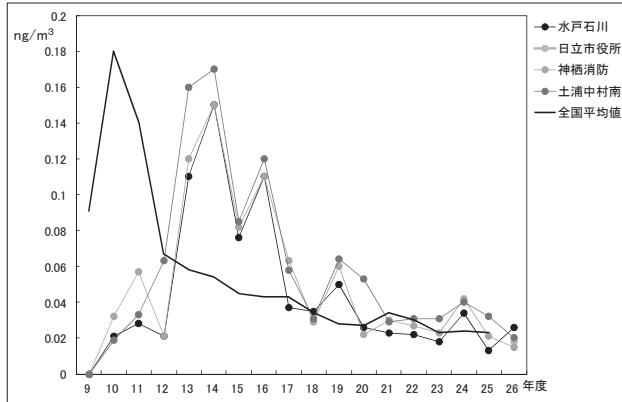
図19 経年変化 ホルムアルデヒド



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	4.7					3.9				5.6	3.0
10	2.0					1.9				3.7	3.2
11	1.9					1.8				1.6	2.8
12	2.8					3.0				6.3	2.7
13	2.5					4.4				5.2	2.6
14	2.1					3.8				4.9	2.6
15	1.9					4.5				6.7	2.7
16	2.2					0.66				1.2	3.0
17	1.7					4.6				4.6	2.8
18	2.5					4.7				3.3	2.7
19	2.2					4.7				4.1	2.1
20	3.0					3.4				8.1	2.5
21	2.5					(4.3)				(3.2)	2.3
22	2.0					3.5				2.6	2.0
23	1.9					2.3				2.6	2.2
24	1.7					2.0				2.4	2.1
25	2.3					3.2				2.6	2.2
26	2.5					2.8				1.9	

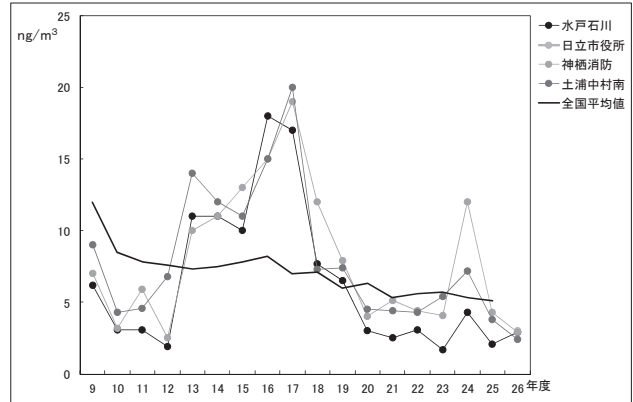
図20 経年変化 アセトアルデヒド  
※(数値)は参考値扱い。

VI 研究報告・調査報告



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	日立市役所	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下樺木	神栖高浜	鹿嶋平井	土浦中村南	全国平均値
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	

図21 経年変化 ペ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	神栖下樺木	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	

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26年5月から平成27年2月の間に4回、図1に示す一般環境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は同程度、CFC-12及びCFC-113は高い値であった（表1及び図2）。

大気中濃度の推移について、CFC-11は調査を開始した平成5年度からほぼ横ばいであり、県外2地点と同程度で推移している。CFC-12は県外2地点と比較して本県の濃度が大きい年度も見られたが、平成26～27年度は減少した。CFC-113は調査を開始した平成11年度からほぼ横ばいとなっている（図2）。

#### (2) 代替フロン等

昨年度と比較すると、四塩化炭素、HCFC-22、HCFC-141b及びHCFC-142bは大きな変動はなかった（表1及び図3）。HCFC-21、HCFC-123、HCFC-225ca及びHCFC-225cbは昨年度同様、不検出であった。県

平均値と県外の値を比較すると、四塩化炭素は北海道より低かった。HCFC-22 及び HCFC-141b は 北海道 < 茨城県 < 川崎、HCFC-142b は 茨城県 < 北海道 < 川崎の傾向であった (表 1)。

表 1 平成 26 年度調査結果

物質名	地点別年平均値					H26 年度 県平均	H25 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	0.23	-	-	-	-	0.23	0.24	0.23	0.25
CFC-12	0.47	-	-	-	-	0.47	0.37	0.53	0.54
CFC-113	0.068	-	-	-	-	0.068	0.056	0.074	-
＜代替フロン等＞									
四塩化炭素	0.078	0.078	0.073	0.078	0.083	0.078	0.067	0.089	-
HCFC-21	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.006	< 0.005	< 0.005	-	-
HCFC-22	0.24	0.24	0.27	0.34	0.29	0.28	0.21	0.23	0.33
HCFC-123	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.003	-	-
HCFC-141b	0.029	0.03	0.024	0.066	0.027	0.035	0.036	0.026	0.036
HCFC-142b	0.021	0.028	0.02	0.022	0.026	0.023	0.018	0.024	0.026
HCFC-225ca	< 0.0026	< 0.0026	< 0.0026	< 0.0026	0.004	< 0.0026	< 0.0019	-	-
HCFC-225cb	< 0.0026	< 0.0026	< 0.0026	< 0.0026	0.0049	< 0.0026	< 0.0022	-	-

- 4) 平成 25 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書, 平成 26 年 8 月, 環境省  
 北海道は 8, 12 月 (月 6 試料測定) の平均値, 川崎は 3 月から翌年の 2 月まで 1 日 4~5 回測定 (5 時間ごと, 年間約 1,700 回測定) の中央値

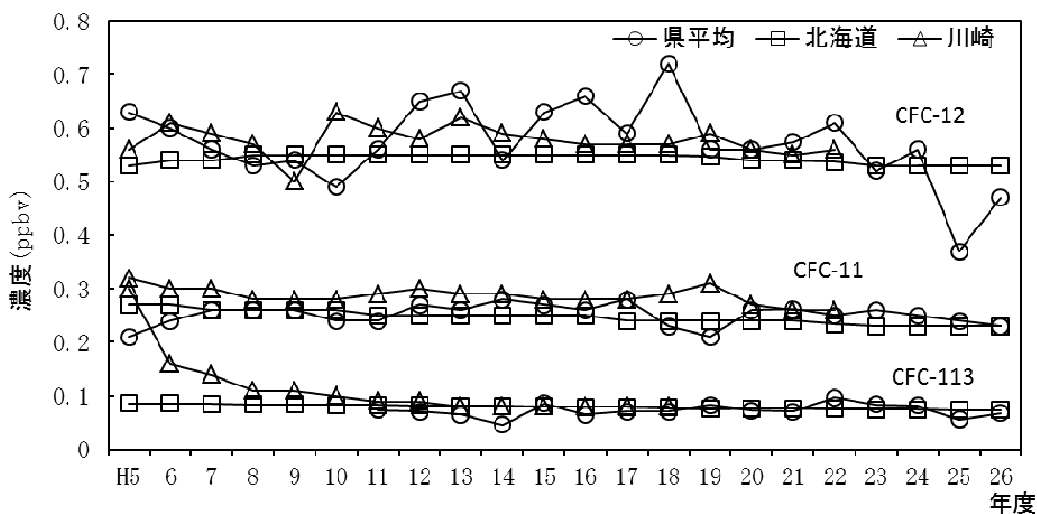


図 2 特定フロンの推移

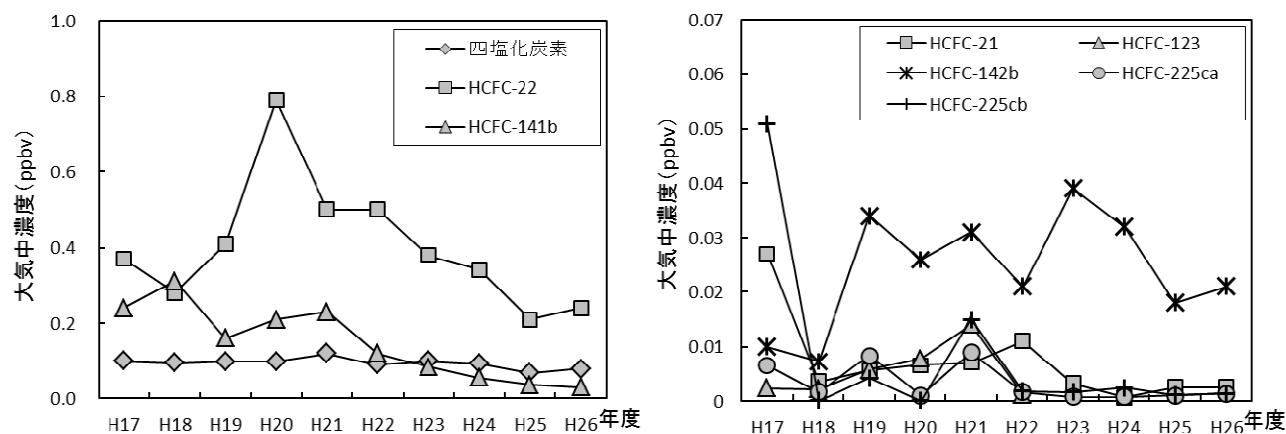


図3 代替フロン等の推移（左図：年平均値 $\geq 0.05$  ppbv，右図：年平均値 $< 0.05$  ppbv）

#### 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25年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書，環境省（2014）  
<http://www.env.go.jp/earth/report/h27-03/index.html>

## 2-5 酸性雨の実態把握調査事業

### 1 目的

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

### 2 方法

#### (1) 調査期間及び試料採取

調査は平成26年4月8日から平成27年4月7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(堀場 pHメーターF-52, 電極型式 6377), 電気伝導率(METTER TOLEDO SevenMulti, 電極型式 InLab®720), 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、4.46~6.33の範囲にあり、年平均値4.80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26年度の年平均値は、平成25年度の年平均値5.00より低かったが、全国の平成25年度酸性雨調査結果<sup>2)</sup>の平均値4.78より高かった。

#### (2) 経年変化

当調査の調査地点は、平成18年度までは水戸市石川(水戸)としてきたが、平成17年度からの霞ヶ浦環境科学センター(土浦)への移転に伴い、平成17-18年度の調査により水戸と土浦の地点間差が小さいことを確認し、平成19年度からは土浦を調査地点としている。pHの推移を図2に示す。平成22年度を極大として平成23-24年度の下降傾向から平成25年度は上昇に転じたものの、平成26年度は再び下降傾向となった。平成25年度までは全国の平均値<sup>2)</sup>と同様の傾向であり、その値よりも高く推移している。

### 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) 環境省(2001)湿性沈着モニタリング手引き書(第2版)
- 2) 環境省(2015)平成25年度酸性雨調査結果について <http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/h25/index.html>



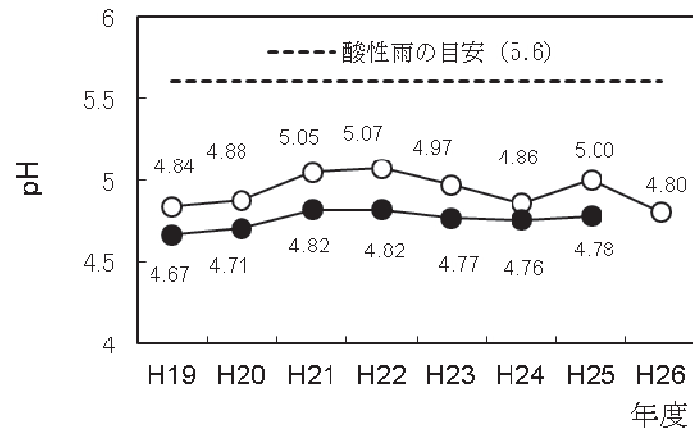


図2 茨城県土浦市における降雨 pH の経年変化  
○：土浦市，●：全国平均

図1 調査地点

表1 試料採取期間

調査月	試料採取期間	調査月	試料採取期間
4月	平成26年4月8日～平成26年5月8日	10月	平成26年10月7日～平成26年11月5日
5月	平成26年5月8日～平成26年6月3日	11月	平成26年11月5日～平成26年12月2日
6月	平成26年6月3日～平成26年7月1日	12月	平成26年12月2日～平成26年12月26日
7月	平成26年7月1日～平成26年7月29日	1月	平成26年12月26日～平成27年1月27日
8月	平成26年7月29日～平成26年8月26日	2月	平成27年1月27日～平成27年2月24日
9月	平成26年8月26日～平成26年10月7日	3月	平成27年2月24日～平成27年4月7日

表2 平成26年度調査結果

調査月	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	34	1,073	6.33	34.60	4.87	2.43	2.92	1.87	1.76	1.22	1.12	0.37	4.43	1.06
5月	100	3,150	6.00	10.36	1.10	0.81	0.49	0.49	0.33	0.17	0.32	0.08	1.02	0.31
6月	218	6,860	4.81	14.47	1.34	1.02	0.78	0.51	0.47	0.04	0.17	0.05	1.22	0.15
7月	98	3,079	4.58	13.73	1.52	1.35	0.35	0.54	0.22	0.01	0.01	0.00	1.46	0.00
8月	85	2,663	4.46	15.26	1.25	1.57	0.76	0.45	0.42	0.01	0.06	0.03	1.15	0.05
9月	389	12,230	4.68	8.82	1.01	0.97	0.43	0.31	0.25	0.11	0.02	0.01	0.95	0.01
10月	64	2,018	4.96	17.46	1.26	1.12	2.64	0.44	1.52	0.07	0.12	0.17	0.87	0.07
11月	36	1,118	4.67	18.84	1.52	0.84	2.07	0.40	1.18	0.03	0.07	0.13	1.23	0.02
12月	43	1,345	5.50	9.41	0.86	0.73	0.77	0.38	0.43	0.00	0.13	0.05	0.75	0.12
1月	75	2,370	4.97	11.33	0.98	0.74	0.48	0.27	0.29	0.00	0.21	0.06	0.91	0.20
2月	56	1,743	4.98	19.68	1.92	2.36	0.98	0.88	0.63	0.03	0.60	0.08	1.76	0.58
3月	106	3,333	5.46	15.02	1.26	1.44	0.80	0.54	0.48	0.15	0.69	0.13	1.14	0.67
最大	389	12,230	6.33	34.60	4.87	2.43	2.92	1.87	1.76	1.22	1.12	0.37	4.43	1.06
最小	34	1,073	4.46	8.82	0.86	0.73	0.35	0.27	0.22	0.00	0.01	0.00	0.75	0.00
平均 <sup>2)</sup>	1,305	40,981	4.80	13.18	1.31	1.15	0.79	0.47	0.47	0.10	0.20	0.06	1.19	0.18

1) 降水量 (mm) は貯水量を採取口面積で除して求めた。  
2) 平均の欄は降水量で重み付けした平均値。ただし、降水量及び貯水量は合計量。

## 2-6 大気環境中の石綿調査事業

### 1 目的

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

### 2 調査内容

#### 2.1 調査項目

一般環境(住宅地域)における大気中の石綿繊維数濃度(繊維数 本/L)

#### 2.2 調査地点

土浦保健所 1地点 (図1)

#### 2.3 試料採取期間

夏期及び冬期に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>による。



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、夏期0.18本/L、冬期0.17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

測定地点	調査時期	調査日	石綿繊維数濃度 (本/L)		天候	主風向	風速 (m/秒)	
			幾何平均					
土浦保健所 大気測定局舎	夏期	平成26年8月19日(火) 10:30~15:00	0.16	0.18	晴	南	2.8	
		平成26年8月20日(水) 10:30~14:33	0.23		晴	南	1.9	
		平成26年8月21日(木) 10:08~14:15	0.17		晴	西	1.8	
	冬期	平成27年1月28日(水) 10:00~14:00	0.22	0.17	晴	南	2.3	
		平成27年1月29日(木) 10:00~14:00	0.11		晴	南西	2.0	
		平成27年1月31日(土) 10:00~14:00	0.22		晴	東南東	5.7	
	平均値				0.18			

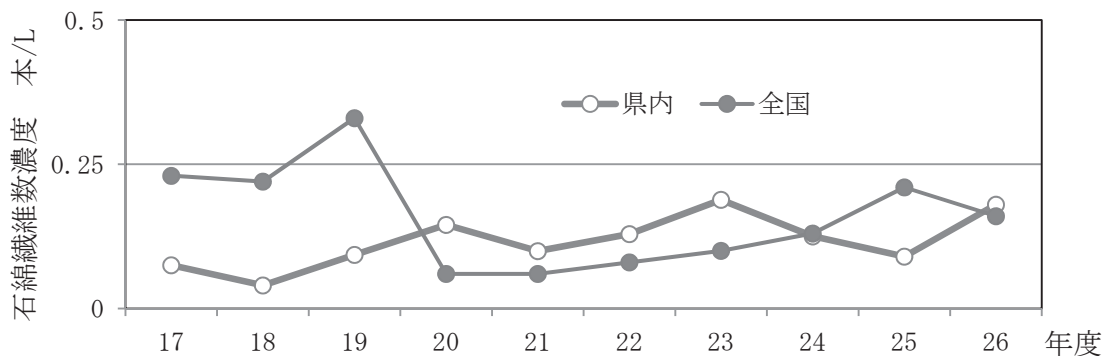


図2 一般環境(住宅地域)における石綿繊維数濃度

(平成 22~26 年度の全国の値は、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17~26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

航空機騒音に係る環境基準の類型が当てはめられた百里飛行場周辺地域の環境基準の達成状況を把握し、航空機騒音を防ぐ各種施策の推進を図ることを目的として調査を実施した。

### 2 調査方法

#### (1) 調査地点

航空機騒音に係る環境基準の I 類型を当てはめた地域（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）。なお，例年実施していた手賀小学校については，廃校に伴い近隣の竹之埜農村集落センターに調査地点を変更して調査を行った。

#### (2) 調査期間

測定期間

H26. 6. 6～H26. 11. 13 の内に 2 週間

年間値推定期間

H26. 4. 1～H27. 3. 31 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 ( $L_{den}$  推定値) 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 L 推定値 (W 値推定値) を算出し，新旧評価値の比較を行った。

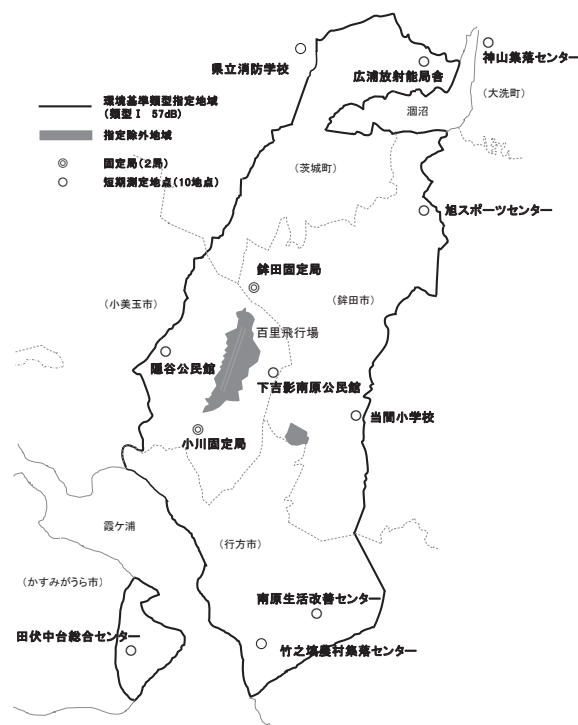


図 1 調査地点

### 3 結果

#### (1) 平成 26 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 10 地点中下吉影南原公民館 (58.5dB) の 1 地点のみであった。下吉影南原公民館においては，旧評価値である W 値推定値についても 75.0 WECPNL で，旧基準値である 70 WECPNL を超過していた (表 1)。

2 週間の騒音発生回数は下吉影公民館における発生回数が 10 地点中最大の 469 回であり，他の測定地点のおよそ 2 倍以上の騒音回数であった。

表1 平成26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 WECPNL 平均値 (WECPNL)	年間平均 WECPNL 推定値 (WECPNL)	2週間の $L_{den}$ 平均値 (dB)	年間平均 $L_{den}$ 推定値 (dB)
		0時 ～7時	7時 ～19時	19時 ～22時	22時 ～0時	合計					
隠谷公民館	H26. 6. 6～ 6. 19	0	228	11	0	239	84.5	57.9	57.6	43.5	42.9
下吉影南原公民館	H26. 10. 31～11. 13	0	447	22	0	469	103.4	71.1	75.0	54.9	58.5
広浦放射能局舎	H26. 6. 6～ 6. 19	0	139	6	0	145	95.5	61.7	61.0	47.0	46.5
県立消防学校	H26. 10. 31～11. 13	0	28	1	0	29	78.5	46.8	44.9	32.8	30.7
神山集落センター	H26. 10. 31～11. 13	0	74	0	0	74	89.6	59.7	57.8	47.6	45.5
当間小学校	H26. 6. 6～ 6. 19	0	120	2	0	122	97.8	68.1	67.4	54.0	53.5
旭スポーツセンター	H26. 10. 31～11. 13	0	174	0	0	174	96.6	68.3	66.4	55.6	53.5
竹之埜農村集落センター	H26. 6. 6～ 6. 19	1	16	0	0	17	98.6	60.3	60.0	43.3	42.7
南原生活改善センター	H26. 10. 31～11. 13	0	21	0	0	21	89.8	54.1	58.0	39.4	43.0
田伏中台総合センター	H26. 6. 6～ 6. 19	1	280	4	0	285	98.9	67.5	67.2	53.5	52.9

## (2) 前年度との比較

$L_{den}$  推定値について平成25年度との比較を行った。その結果を表2に示す。 $L_{den}$  推定値が平成25年度より高くなった地点は、当間小学校 (+6.8 dB)、竹之埜農村集落センター (+2.9 dB)、広浦放射能局舎 (+1.1 dB)、下吉影南原公民館 (+0.1 dB) の4地点あり、低くなった地点は県立消防学校 (-10.2 dB)、南原生活改善センター (-7.0 dB)、田伏中台総合センター (-2.5 dB)、旭スポーツセンター (-1.8 dB)、神山集落センター (-1.5 dB)、隠谷公民館 (-0.6 dB) の6地点であった。

(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。現環境基準値 (57dB) 及び旧環境基準値 (70 WECPNL) に対していずれも超過したのは下吉影南原公民館1地点のみであり、今回の調査では新旧の基準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17年度から平成26年度まで10年間のW値推定値の推移を図2に示す。各地点について著しい経時変化は見られず、下吉影南原公民館は基準値に対して同程度またはやや高い水準で推移している。

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	前年との比較	前年との差
隠谷公民館	43.5	42.9	↓	-0.6
下吉影南原公民館	58.4	58.5	↑	0.1
広浦放射能局舎	45.4	46.5	↑	1.1
県立農業大学校及び 県立消防学校*	40.9	30.7	↓	-10.2
神山集落センター	47.0	45.5	↓	-1.5
当間小学校	46.7	53.5	↑	6.8
旭スポーツセンター	55.3	53.5	↓	-1.8
手賀小学校及び竹之 埜農村集落センター	39.8	42.7	↑	2.9
南原生活改善センター	50.0	43.0	↓	-7.0
田伏中台総合センター	55.4	52.9	↓	-2.5

\*平成25年度は校内工事の影響により県立農業大学校で調査を行った。

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	57.6	42.9	14.7
下吉影南原公民館	75.0	58.5	16.5
広浦放射能局舎	61.0	46.5	14.5
県立消防学校	44.9	30.7	14.2
神山集落センター	57.8	45.5	12.3
当間小学校	67.4	53.5	13.9
旭スポーツセンター	66.4	53.5	12.9
竹之埜農村集落センター	60.0	42.7	17.3
南原生活改善センター	58.0	43.0	15.0
田伏中台総合センター	67.2	52.9	14.3

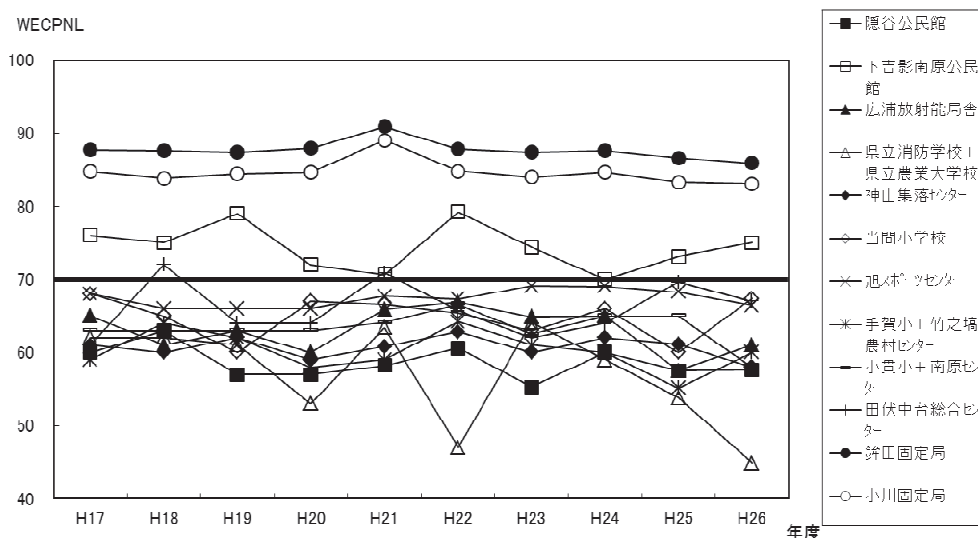


図2 年間平均 WECPNL 推定値の経年変化グラフ

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) を超過した地点は下吉影南原公民館 (小美玉市) のみであり，58.5dB であった。

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、初期環境調査、詳細環境調査及びモニタリング調査からなる。

#### (1) 初期環境調査及び詳細環境調査

「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」における指定化学物質の指定について検討が必要とされる物質、社会的要因から調査が必要とされる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>及び「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 26 年 11 月 13 日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：平成 26 年 11 月 13 日に利根川かもめ大橋で採取した。

大気：平成 26 年 10 月 15～19 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 詳細環境調査：4-ノニルフェノール (分岐型)、クロロベンゼン

底質 初期環境調査：6,6'-ジ-tert-ブチル-4,4'-ジメチル-2,2'-メチレンジフェノール,  
1,2-ジクロロ-4-ニトロベンゼン、2,4-ジメチルアニリン

詳細環境調査：2,4-ジクロロフェノキシ酢酸、4,4'- (プロパン-2,2-ジイル) ジフェ  
ノール (別名：ビスフェノールA)

大気 詳細環境調査：2-アミノエタノール、クロロベンゼン、グリオキサール、グルタルアル  
デヒド、エピクロロヒドリン

#### (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 26 年 11 月 13 日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：平成 26 年 11 月 13 日に利根川かもめ大橋で採取した。

生物：平成 26 年 12 月 9 日に三陸沖で漁獲したサンマを試料とした。

大気：平成 26 年 9 月 2～9 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：PCB 類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），ディルドリン，エンドリン，DDT 類，ヘプタクロロ類，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），ペントクロロベンゼン，1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン（HBCD）
- 底質：PCB 類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），DDT 類，ヘプタクロロ類，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），ペントクロロベンゼン
- 生物：PCB 類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），アルドリン，ディルドリン，エンドリン，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），ペントクロロベンゼン，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）
- 大気：PCB 類，HCB（ヘキサクロロベンゼン），アルドリン，ディルドリン，エンドリン，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），ペントクロロベンゼン，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）

### 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 25 年度調査結果

#### (1) 初期環境調査

平成 25 年度初期環境調査では，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。結果を表 1 に示す。

表 1 平成 25 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
		検体 1	検体 2	検体 3	下限値
茨城県霞ヶ浦環境科学センター (土浦市)	2,4,6-トリクロロフェノール	nd	nd	nd	13

(注) nd：不検出

#### (2) 詳細環境調査

平成 25 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 2 に，底質の結果を表 3 に，大気の結果を表 4 に示す。



表 2 平成 25 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		
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	シクロドデカ-1, 5, 9-トリエン	nd		25
	チオ尿素	nd		140
	1, 3-ブタジエン	nd		49

(注) nd：不検出

表 3 平成 25 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)	シクロドデカ-1, 5, 9-トリエン	nd	nd	nd	0.32
	2, 4-ジ-tert-ペンチルフェノール	nd	nd	nd	0.14

(注) nd：不検出

表 4 平成 25 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)	ヘキサメチレン=ジイソシア ネート	nd	nd	nd	0.14

(注)nd：不検出

## (3) モニタリング調査

平成 25 年度詳細環境調査では、利根川河口かもめ大橋（神栖市）で水質と底質を採取し、常磐沖で捕獲したサンマを生物試料とし、茨城県霞ヶ浦環境科学センター（土浦市）で大気を捕集した。水質の結果を表 5 に、底質の結果を表 6 に、生物の結果を表 7 に、大気の結果を表 8 に示す。

表 5 平成 25 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
	検体		
総 PCB	59	※8	※25
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	52	2	7
クロルデン類	41	※3	※9
HCH 類	600	※5	※18
ペンタクロロベンゼン	94	1	4
ヘキサクロロブタ-1,3-ジエン	nd	37	94

(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 6 平成 25 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	1,400	※13	※44
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	420	1.8	5.3
クロルデン類	170	※2.7	※7.0
HCH 類	87	※0.9	※2.8
ペンタクロロベンゼン	490	0.7	2.1
ヘキサクロロブタ-1,3-ジエン	tr(4.7)	3.8	9.9
	21	3.8	9.9
	nd	3.8	9.9

(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 7 平成 25 年度モニタリング調査 生物の結果

調査地点：常磐沖

単位：(pg/g-wet)

調査対象物質	測定値	検出下限値	定量下限値
	検体		
総 PCB	3,300	※14	※44
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	1,500	10	31
DDT 類	2,200	※6	※18
クロルデン類	1,500	※15	※44
ヘプタクロル類	180	※5	※12
HCH 類	410	※3.7	※11
ペンタクロロベンゼン	160	26	78
ヘキサクロロブタ-1,3-ジエン	nd	3.7	9.4
	tr(5.2)	3.7	9.4
	16	3.7	9.4

(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 8 平成 25 年度モニタリング調査 大気の結果

調査地点：茨城県霞ヶ浦環境科学センター (土浦市)

単位：(pg/m<sup>3</sup>)

調査対象物質	測定値	測定値	検出下限値	定量下限値
	(温暖期)	(寒冷期)		
総 PCB	110	83	※6.5	※20
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	110	97	1.3	3.8
DDT 類	7.3	3.2	※0.13	※0.36
クロルデン類	95	45	※0.7	※2.2
ヘプタクロル類	11	6.3	※0.11	※0.31
HCH 類	51	21	※2.6	※7.7
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	6.1	4.9	0.1	0.3
ペルフルオロオクタン酸 (PFOA)	37	28	0.6	1.8
ペンタクロロベンゼン	58	71	0.6	1.7

(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。

**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 26 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 25 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 26 年度版 化学物質と環境(平成 25 年度 化学物質環境実態調査 調査結果報告書) (平成 27 年 3 月)  
<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2014/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 14 河川
- ・ 調査項目 要監視項目 31 項目及びビスフェノール A の計 32 項目
- ・ 調査時期 平成 26 年 7 月に各地点 1 回ずつ実施

#### (2) モニタリング調査

- ・ 調査地点 過去の調査で指針値又は予測無影響濃度が超過した 7 河川
- ・ 調査項目 全マンガン（7 河川）及び 4-*t*-オクチルフェノール（1 河川）
- ・ 調査時期 平成 26 年 11 月に各地点 1 回ずつ実施

なお、測定は環境省通達（平成 5 年 4 月 28 日，平成 11 年 3 月 12 日，平成 15 年 11 月 5 日，平成 16 年 3 月 31 日，平成 25 年 3 月 27 日），外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル（環境庁平成 10 年 10 月），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）

全ての地点で指針値を満たしていた。

#### (2) モニタリング調査（表 1）

全ての地点で指針値を満たしていた。

### 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/>



## 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・六価クロム等の分析を行った。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	10	76
廃棄物対策課	0	0
県民センター総室	0	0
県北県民センター	0	0
鹿行県民センター	20	216
県南県民センター	23	105
県西県民センター	6	20
その他（公的機関・市町村など）	57	0
計	116	417

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	9	13
地下水水質汚染関係	49	385
廃棄物関係	1	19
騒音関係	23	0
相談	34	0
計	116	417