

VI 研究報告・調査報告

1 湖沼環境研究

(研究報告)

1- 1	霞ヶ浦から分離した藍藻 <i>Planktothrix suspensa</i> の増殖特性について	35
1- 2	霞ヶ浦における植物プランクトン由来溶存態有機物の挙動予測	40
1- 3	2013年春～夏の沖宿沖における動植物プランクトンの動態	45
1- 4	2013年度の霞ヶ浦におけるフィコシアニン濃度の推移と アオコの発生要因との関係	58
1- 5	銚田川流域における河川、土壌及び地下水の窒素濃度の分布	63
1- 6	武田川河口における脱窒活性の変動と 有機物による脱窒活性への影響について	68
1- 7	自然環境における土壌の脱窒活性の変化とその要因について	73
1- 8	茨城県内の河川における有機性汚濁の動向について	78

(調査報告)

1- 9	農業排水再生プロジェクト事業	85
1-10	農業環境負荷低減研究事業	87
1-11	霞ヶ浦西浦におけるリンの変動要因に関する調査	89
1-12	霞ヶ浦（西浦）流域からの負荷量の推定に関する調査	91
1-13	霞ヶ浦直接浄化対策検証事業	93
1-14	霞ヶ浦湖内水質モニタリング調査事業	95
1-15	涸沼の水質保全に関する調査研究事業	111
1-16	牛久沼の水質保全に関する調査事業	126

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	136
2- 2	有害大気汚染物質調査事業	142
2- 3	大気環境中のフロン濃度調査事業	152
2- 4	酸性雨の実態把握調査事業	154
2- 5	大気環境中の石綿調査事業	156
2- 6	百里飛行場周辺地域における航空機騒音実態調査事業	157
2- 7	霞ヶ浦飛行場周辺地域における航空機騒音実態調査	161
2- 8	化学物質環境実態調査事業	163
2- 9	水環境化学物質調査事業	169
2-10	公害事案等処理対策調査事業	171

1-1 霞ヶ浦から分離した藍藻 *Planktothrix suspensa* の増殖特性について

中村剛也

The Growth Characteristics of *Planktothrix suspensa* Isolated in Lake Kasumigaura (Nishiura).

Koya NAKAMURA

キーワード: *Planktothrix suspensa*, 水温, 光環境, 比増殖速度

1 はじめに

霞ヶ浦(西浦)の藍藻は、2007年以降に夏季の *Microcystis* 優占から通年のユレモ目優占へと遷移した。ユレモ目で優占していた種は *Planktothrix suspensa* であった¹⁾。2010年から2011年にかけて、*Pla. suspensa* の季節変動を調査したところ、冬季から初夏(11月から翌年6月)まで増殖した^{2,3)}。アオコの現象の原因となる *Microcystis* などは、高水温に適応していることから^{4,5)}、初夏から著しい増殖が確認され、夏季にブルームが形成される。福井県三方五湖の1つである三方湖では、*Pla. suspensa* と同属の *Pla. agardihii* が6月から9月の夏季に増殖しブルームを形成した⁶⁾。しかし、霞ヶ浦で出現した *Pla. suspensa* は、水温が低くなる11月から増殖し始め、6月以降の夏季は現存量が減少することから、藍藻ブルーム形成種の中でも低水温に適応していることが示唆された。

Planktothrix に属する種の中には、有光層より深い深度で、極大を示すことが指摘されている⁷⁻¹¹⁾。Watanabe¹¹⁾ は、茨城県龍ヶ崎市に位置する中沼(水深約14m; 有光層約6m)の鉛直分布調査において、*Oscillatoria mougeotii* (*Pla. isothrix*) が深度5mから深度10mまでに分布していることを明らかにしている。中村ら^{2,3)} においても、霞ヶ浦湖心(水深約6m)では、深度3m以深に *Pla. suspensa* の現存量が極大を示していた。加えて、*Pla. suspensa* が増殖している冬季の霞ヶ浦の湖水(植物プランクトン)を、表層と深度3mで7日間培養した場合、表層で培養した系では、珪藻が優占し、深度3mの系では *Pla. suspensa* が優占した^{2,3)}。以上のことから、*Planktothrix* は Shade-adapted Species であると考えられ^{7,8)}、*Pla. suspensa* も弱光環境に適応できることが示唆される。

上述したように、*Pla. suspensa* は低水温・弱光

環境に適応した種であることが示唆された。しかしながら、この仮説は植物プランクトンの競争がある環境から得た知見から導き出したものであり、本来の *Pla. suspensa* の増殖特性であるかを検討する必要がある。*Planktothrix* に関する水温・光環境に対する増殖特性は、*Pla. agardihii* などで検討されている^{6,9)}、*Pla. suspensa* の増殖特性を検討した報告は見られない。また、検討に必要な分離株も存在しない¹²⁾。そこで、本研究では、霞ヶ浦の湖水から *Pla. suspensa* を分離し、*Pla. suspensa* 分離株の増殖に対する水温・光環境の影響を調査した。

2 方法

2.1 株の分離

2011年の春季(3月から5月)において、霞ヶ浦(西浦)湖心(36°02'16"N 140°24'15"E, 水深7m)で、採取した湖水から *Pla. suspensa* をピペット洗浄法¹²⁾ で分離した。分離した *Pla. suspensa* は、試験まで20°C、20 $\mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ (連続照射)の条件で設定した恒温培養器(高崎科学機器)を使用し、MA培地¹³⁾ の継代培養で維持した。

2.2 試験法

2.2.1 馴致培養

Pla. suspensa の分離株はトリコームで分離した。また、DAPI染色を行って無菌化を確認していない。したがって、馴致培養前にオートクレーブで濾過滅菌したメンブレンフィルター(3 μm ; ADVANTEC)および濾過器具(PALL)を用いて株を洗浄した。馴致培養は、洗浄した分離株をMA培地¹³⁾ で、5日間行った。

2.2.2 試験法

増殖特性試験は、12, 16, 20, 24, 28°Cの5系の温

度条件下で $200, 30, 2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ (LD cycle = 16:8) の光量子束密度の 15 系の条件で実施した。 $30, 2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の光量子束密度の系は、寒冷紗で作成した覆いを用いて減光した。減光した系は、400 nm から 700 nm のスペクトルに変化がないことを HyperOCR (Satlantic) で確認した。

試験は、温度勾配培養機 (MTI-203; SANYO) を用いて実施した。増殖は最大 30 日であり、現存量は $\text{OD}_{660\text{nm}}$ を吸光度計 (V-560; 日本分光) で測定した。反復回数は 3 回で実施した。

Pla. suspensa の増殖速度は、 $\text{OD}_{660\text{nm}}$ の自然対数値と培養日数から増殖曲線を近似し、増殖曲線が $R > 0.8$ の区間で増殖速度を測定した。

2.2.3 分離株の吸収スペクトル測定

簡易型オパールガラス法¹⁴⁾ で分離株の吸収スペクトル測定した。各処理区の培養液をメンブレンフィルター (3 μm ; ADVANTEC) で濾過し、リファレンスを濾過に利用したメンブレンフィルターとして、濾過した試料の吸収スペクトルを吸光度計 (V-560; 日本分光) で測定した。

3 結果

28°C , $200, 30, 2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系における *Pla. suspensa* 分離株の $\text{OD}_{660\text{nm}}$ の変化を Fig.1 に示した。 28°C の系では、 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系が最も増殖が維持され、高い現存量に達した。光量子束密度が弱い系になるにつれて、増殖速度および増殖日数が減少する傾向が見られた。

培養中において、 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系と $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系で培養株の色相が変化した。各系における *Pla. suspensa* 分離株の吸収スペクトルを Fig.2 に示した。 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系は青緑色を呈しており、吸収スペクトルは、フィコシアニンの吸収極大である 620 nm のピークが、680 nm のクロロフィル a の吸収極大と同等の吸光度を示した。また、 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系はオリーブグリーンを呈しており、 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系と比較して、620 nm のピークが低く、400 nm から 450 nm の波長域が高い傾向が見られた。特に、620 nm のピークは、680 nm のピークと比較すると、それぞれの系の $\text{OD}_{620} / \text{OD}_{680}$ は、0.77 ($200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$), 0.90 ($30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$) であり、 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系が低い傾向が見られた。

試験から得た *Pla. suspensa* 分離株の増殖速度を

Fig.3 に示した。*Pla. suspensa* 分離株の増殖速度は、 0.1 day^{-1} から 0.65 day^{-1} で変動した (Fig.3a)。*Pla. suspensa* 分離株の増殖速度は、水温の上昇にしたがって、増加した。*Pla. suspensa* 分離株の増殖速度は、 20°C を境に異なる変動を示した (Fig.3a)。 20°C 以上の条件では、*Pla. suspensa* 分離株が水温の上昇・光量子束密度共に影響を受け、これらの

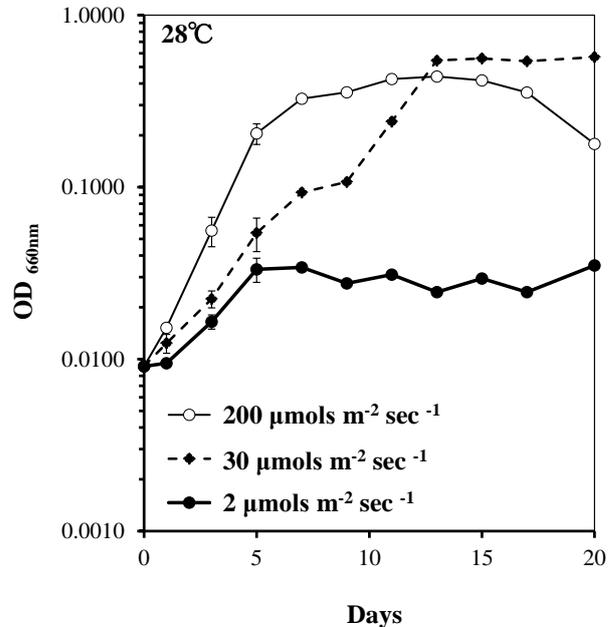


Fig.1 28°C の系における *Pla. suspensa* 分離株の $\text{OD}_{660\text{nm}}$ の変化。

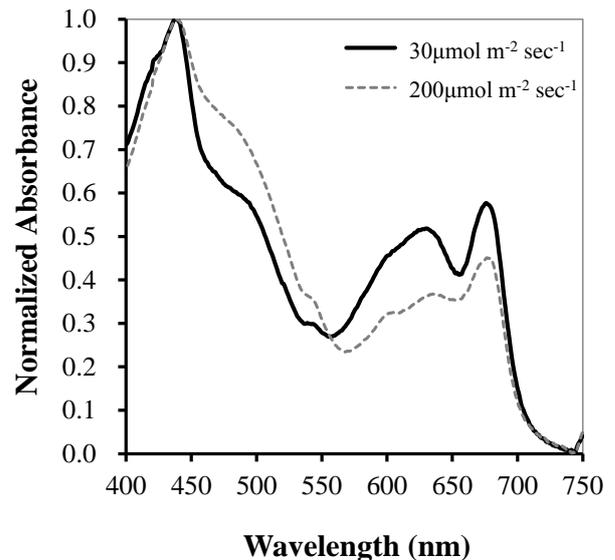


Fig.2 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系と $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系における *Pla. suspensa* 分離株の吸収スペクトル。最も高い 440 nm の吸光度で標準化したもの。

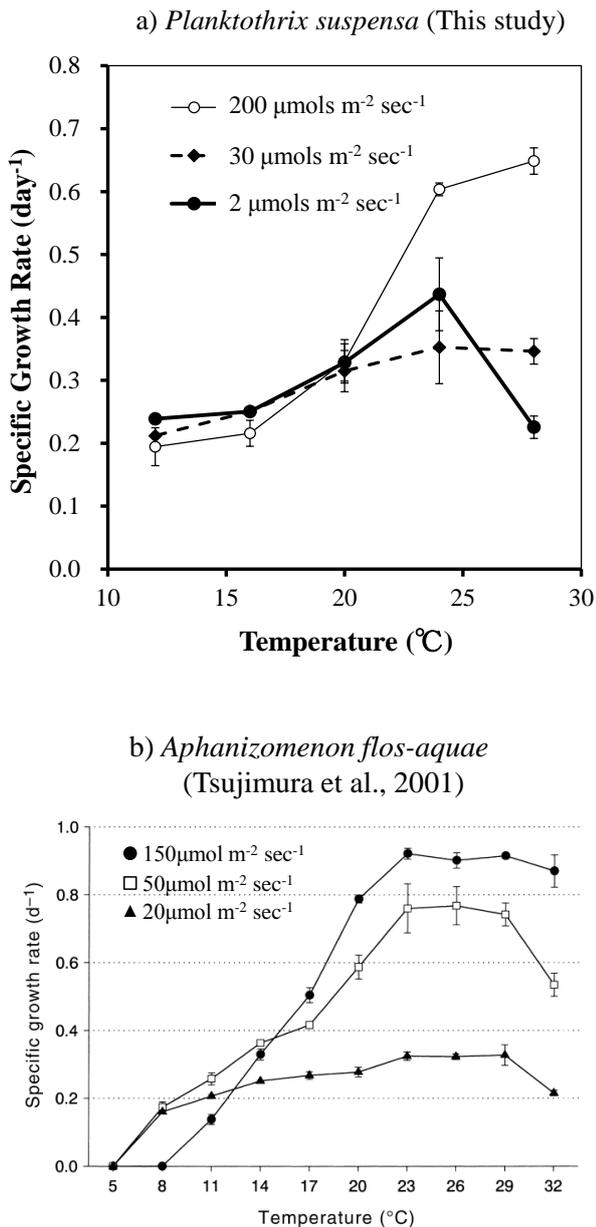


Fig.3 *Pla. suspensa* 分離株および冬季ブルーム形成種 *Aphanizomenon flos-aquae*¹⁵⁾ の水温・光環境に対する増殖速度の変化. a) 本研究で得られた *Pla. suspensa* 分離株の増殖速度, b) Tsumimura et al.¹⁵⁾ で報告されている冬季ブルーム形成種 *Aph. flos-aquae* の増殖速度.

環境因子の増加にしたがって、増殖速度が概ね速くなる傾向が示された (Fig.3a)。一方で、20 °C 以下における *Pla. suspensa* の増殖速度は、試験した範囲の光量子束密度系でほぼ同じ速度を示した。

4 考察

4.1 霞ヶ浦から分離した藍藻 *Planktothrix suspensa* の水温に対する増殖特性

霞ヶ浦から分離した *Pla. suspensa* の 12°C から 28 °C における増殖は、光が十分な系 (200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$) であると、16 °C から 24 °C で増殖速度が上昇し、24 °C 以上で増殖速度が 0.6 day $^{-1}$ 程度で一定になる傾向であった (Fig.3a)。したがって、本研究の株は最適水温が 24 °C から 28 °C であると考えられる。*Microcystis* などの一般的な藍藻ブルーム形成種は、高水温に適応している。*Microcystis* は 30 °C から 35 °C が最適水温であり、*Anabaena* の最適水温は 25 °C である^{4, 5)}。また、琵琶湖で冬季にアオコ現象を形成した *Aphanizomenon flos-aquae* は、23 °C から 29 °C が最適水温であった¹⁵⁾。霞ヶ浦から分離した *Pla. suspensa* は、*Aph. flos-aquae* と同様に、アオコの原因となる藍藻の中では、最適水温が低く、低水温に適応していると考えられた。

霞ヶ浦から分離した *Pla. suspensa* の最大増殖速度は 28°C であった。しかしながら、霞ヶ浦における *Pla. suspensa* の増殖域は、野外環境では 5°C から 22°C であり、22 °C 以上では現存量が低下していた²⁾。本研究の結果は、28 °C でも良好な増殖を示す可能性を示唆するものであり、野外の調査から得られた仮説と矛盾する。この矛盾は、最大増殖速度によって説明することが可能である。霞ヶ浦から分離した藍藻 *Pla. suspensa* の最大増殖速度は 0.65 day $^{-1}$ であった (Fig.3a)。銚崎ら⁶⁾ は、水温 10 °C から 30 °C (光量子束密度 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ で固定) における *Pla. agardihii* の最大増殖速度が 1.12 day $^{-1}$ (30 °C で確認) であることを示している。また、冬季においてもブルームを作ることと知られる *Aph. flos-aquae* 最大増殖速度は 0.9 day $^{-1}$ に達する (Fig.3b)¹⁵⁾。したがって、同属や同じような増殖特性を示す藍藻と比較した場合においても、霞ヶ浦から分離した *Pla. suspensa* の増殖速度は、低いことが示唆された。そのため、22 °C 以上の現存量低下は、他種との競争による結果であると考えられる。

4.2 霞ヶ浦から分離した藍藻 *Planktothrix suspensa* の光環境に対する増殖特性

Tsumimura et al.¹⁵⁾ の *Aph. flos-aquae* の増殖特性では、増殖速度が 14 °C 未満で 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$

の系が $50 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系を下回り、 $11 \text{ }^\circ\text{C}$ 未満で $20 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系を下回った¹⁵⁾。 $11 \text{ }^\circ\text{C}$ から $20 \text{ }^\circ\text{C}$ の範囲では、それぞれの光条件で増殖速度の減少が異なる傾向を示した¹⁵⁾。霞ヶ浦から分離した *Pla. suspensa* の増殖速度は、 $12 \text{ }^\circ\text{C}$ から $20 \text{ }^\circ\text{C}$ の範囲では、光条件に関わらず、 0.2 day^{-1} から 0.3 day^{-1} を維持していた (Fig.3a)。したがって、 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 未満における *Pla. suspensa* の増殖は、水温に依存しており、光が $2 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ 以上ある環境では増殖が可能であることが示唆された。

他の試験¹⁵⁾と比較すると、同じ温度域、 $20 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系における *Aph. flos-aquae* の増殖速度が 0.2 day^{-1} 前後であったが、本研究の *Pla. suspensa* は、 $2 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ においても 0.2 day^{-1} の増殖速度を維持していた。したがって、霞ヶ浦から分離した *Pla. suspensa* は弱い光環境においても増殖を維持できることが示唆された。*Planktothrix* は、有光層より深い深度で、極大を示すことが見られており⁷⁻¹¹⁾、弱光環境に適応できるとしている^{16,17)}。*Pla. suspensa* も、本研究の結果と鉛直分布調査、擬似現場試験の結果から^{2,3)}、弱光環境に適応できる種 (Shade-adapted Species) であるといえる。

$200 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系と $30 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系で培養株の色相が変化した要因は、色素産生が光環境で変化したことが示唆された。 $200 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系では、 450 nm から 500 nm までの吸収スペクトルが相対的に増加した (Fig.2)。 450 nm から 500 nm に吸収帯を示す色素は、カロチノイドであり、藍藻は β -カロチン、エキネノン、ゼアキサニン、ミクソキサントフィルをもつ¹⁸⁾。*Paerl*¹⁹⁾ は、*Microcystis* がカロチノイドの含有量を増加させて、強光と紫外線に抵抗性を示すことを報告している。 $200 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系における相対的な 450 nm から 500 nm の波長帯の吸収の増加は、*Microcystis* と同様に、カロチノイド産生の増加によるものであると考えられる。

藍藻は補助色素として、フィコエリスリン、フィコシアニン、アロフィコシアニンから成るフィコビリタンパクをもち、フィコシアニンは 620 nm に吸収極大をもつ¹⁸⁾。フィコビリタンパクは、光環境や栄養条件によって調整される²⁰⁾。強光条件では、過剰な光励起がもたらす光学系の損傷を防ぐために、フィコビルン含有量を減少させる²⁰⁾。 $200 \mu\text{mols m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ の系における 620 nm の吸収帯の相対的減少は、*Pla. suspensa* の強光に対

する応答であると考えられた。

5 まとめ

霞ヶ浦で出現した *Pla. suspensa* は、最大増殖速度が低く、通常、優占しにくい種であるが、低水温・弱光環境においても増殖速度が維持される能力があることが示唆された。したがって、霞ヶ浦の冬季から春季において、有光層以深である深度 3 m 以深で増殖して、ブルームを形成したと推定された。霞ヶ浦では、1998年から2005年に白濁現象が確認されており^{21,22)}、潜在的に光制限状態であったと考えられた。そのため、*Pla. suspensa* が優占しやすい環境であったと示唆された。

6 参考文献

- 1) 本間隆満 (2007) 霞ヶ浦における藍藻ユレモ目のフロラ, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 第3号, p124-128.
- 2) 中村剛也, 花町優次, 北村立実 (2011) 霞ヶ浦 (西浦) におけるユレモ目 *Planktothrix suspensa* の季節変動と水平・鉛直分布. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 6: 33-40.
- 3) 中村剛也, 花町優次, 北村立実 (2012) 霞ヶ浦・西浦における春季ブルームを構成する植物プランクトンに対する光環境の影響. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 7: 35-41.
- 4) Imamura, N. (1981) Studies on the water blooms in Lake Kasumigaura. *Verh. int. Ver. Limnol.* 21: 652-658.
- 5) Paerl, H. W., Hall, N. S. and Calandrino E. S. (2011) Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change. *Science of The Total Environment*, 406: 1739-1745.
- 6) 銚碓有紀, 塚崎嘉彦, 加藤賢二 (2003) 三方湖で優占する糸状藍藻 *Planktothrix agardhii* の増殖特性について, 福井県衛生環境研究センター年報, 2: 98-102.
- 7) Bonilla, S., Aubriot, L., Soares, M.C., González-Piana, M., Fabre, A., Huszar, V. L., Lürling, M., Antoniadis, D., Padisák, J. & Kruk, C. (2012) What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? *FEMS Microbiol Ecol.*, 79: 594-607.

- 8) Dokulil, M. T. & Teubner, K. (2012) Deep living *Planktothrix rubescens* modulated by environmental constraints and climate forcing. *Hydrobiologia*, 698: 29–46.
- 9) Halstvedt, C. B., Rohrlack, T., Andersen, T., Skulberg, O. and Edvardsen, B. (2007) Seasonal dynamics and depth distribution of *Planktothrix* spp. in Lake Steinsfjorden (Norway) related to environmental factors, *Journal of plankton research* 29, p471-482.
- 10) Mur, L. R., Skulberg, O. M. & Utkilen, H. (1999) Chapter 2 Cyanobacteria in the Environment, Carous, I. and Bartram (eds), *J. Toxic cyanobacteria in Water*, WHO, 15-40.
- 11) Watanabe M.F. (1979) Studies on the metalimnetic blue green alga *Oscillatoria mougeotii* in a eutrophic lake with special reference to its population growth. *Arch. Hydrobiol.*, 86: 66-86.
- 12) NIES コレクション <http://mcc.nies.go.jp> (2014年8月時点) .
- 13) 市村 輝宜 (1979) 培養液の種類と組成. (淡水藻類), 西澤一俊・千原光雄編. 藻類研究法 2.5B: 294-305. 共立出版.
- 14) 横濱 康繼 (2000) 生体吸収スペクトルの測定. 有賀 祐勝, 田中 次郎, 横濱 康繼, 吉田 忠生, 井上 勲編. 藻類学 実験・実習. 104-105.
- 15) Tsujimura, S., Ishikawa, K. and Tsukada, H. (2001) : Effect of temperature on growth of the cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* in Lake Biwa and Lake Yogo, *Phycological Research*, 49: 275–280.
- 16) Reynolds C. (2005) Ecology of Phytoplankton.
- 17) 西澤一俊 (1979) 光合成色素の定性と定量法, 西澤一俊 & 千原光男 藻類研究法, p474-507.
- 18) Oliver, R. L. & Ganf, G. G. (2002) Chapter 6 Freshwater blooms, Whitton, B. A. & Potts, M. (eds), *The Ecology of Cyanobacteria – Their Diversity in Time and Space*, Kluwer Academic Publishers, p149-194.
- 19) Paerl, H. (1983) Carotenoid enhancement and its role in maintaining blue-green algal (*Microcystis aeruginosa*) surface blooms. *Limnol. Oceanogr.*, 28: 847-857.
- 20) 村上 明男 (2010) 2.色素 3.フィコビリリン. 渡邊 信 編. 藻類ハンドブック. 238-242.
- 21) 春日 清一 (2005) 霞ヶ浦西浦の湖水白濁は何を示すのか?. 霞ヶ浦研究会報, 8: 2-3.
- 22) 茨城県 (2007) 霞ヶ浦の白濁現象に関する調査研究. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 2: 42-43.

1-2 霞ヶ浦における植物プランクトン由来溶存態有機物の挙動予測

花町優次*, 中村剛也

Prediction of the Dynamics of Dissolved Organic Matter Derived from Phytoplankton in Lake Kasumigaura, Yuji HANAMACHI, Koya NAKAMURA

キーワード：植物プランクトン，有機炭素，溶存態有機物，ボックスモデル

1 はじめに

霞ヶ浦においては，湖水中有機炭素の多くを溶存態有機炭素 (Dissolved Organic Carbon; DOC) が占めている¹⁾。従って霞ヶ浦の有機汚濁を抑制するためには，DOCの供給源を明らかにし，各供給源の寄与率を正確に把握したうえで，個別の対策を講じることが必要である。DOCは，流域から河川等を通じて流入してくる外来性のもの，底泥から溶出してくるものに加え，湖内植物プランクトンに由来するものがあると考えられる。植物プランクトンは増殖によって懸濁態有機炭素 (Particulate Organic Matter; POC) を生産するが，細胞外放出，リシスによって DOC も水中に供給する²⁾。供給された DOC は，バクテリアなどの分解者によって無機化されるが，一部は分子改変によって難分解性 (Refractory; R-) DOC になることも考えられる³⁾。植物プランクトン由来 DOC が湖水中にどれだけ存在するかを把握するためには，植物プランクトンによる有機炭素の生産速度，生産された有機炭素の溶存化割合，溶存化した有機炭素の分解速度等を定量的に把握する必要がある。

そのため筆者らは，霞ヶ浦から植物プランクト

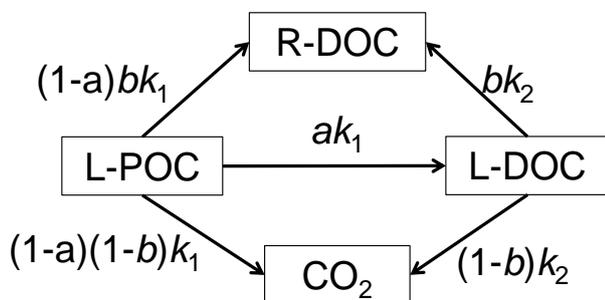


Fig. 1. 有機炭素分解過程の概念図

ン群集を採取してその光合成生産物を ^{13}C トレーサーで標識し，標識された生産物の分解過程を追跡する実験を，2010年8月から月に一回ずつ，一年を通して行なった^{4,5)}。これまでの結果から，植物プランクトン生産物の分解過程は，Fig. 1に示したような競争・連続反応モデルで表現できることが明らかになった。この図において，L-POC・L-DOC；易分解性 (Labile) POC・DOC， k_1 : L-POCの減少速度定数 ($/d$)， k_2 : L-DOCの減少速度定数 ($/d$)， a : L-POCからL-DOCへの変化割合 (無次元 $0 \leq a \leq 1$)， b : L-POC・L-DOCからR-DOCへの変化割合 (無次元 $0 \leq b \leq 1$)，である。このモデルにより，霞ヶ浦における植物プランクトン生産物について， k_1 ， k_2 ， a 及び b の値を，現場に近い環境 (有機炭素濃度・栄養塩濃度・バクテリア組成など) で把握することができた。

この研究においては， ^{13}C トレーサーで生産物を標識する際には現場と同水温で培養したため，植物プランクトンの有機物生産速度については水温との関係を把握することができた。しかし，分解実験はすべて 20°C で行ったため，得られた k_1 ， k_2 の値は 20°C でのものである。実際の湖内では， k_1 や k_2 の値は水温に影響を受け，変動すると考えられる。また，湖内有機物に対する植物プランクトン由来物の寄与を厳密に求めるためには，実際の霞ヶ浦の湖水回転率も考慮する必要がある。

そこで本研究では，実際の水温・湖水回転率の変動を考慮した，植物プランクトン由来有機物の湖内動態シミュレーションモデルを構築し，霞ヶ浦における植物プランクトン由来 DOC の寄与及び年間フラックスを明らかにした。

2 方法

2.1 湖内有機炭素動態シミュレーションモデルの構造

本モデルでは西浦を1つの均質な box として扱

*現所属：独立行政法人 国立環境研究所
環境計測研究センター

い、植物プランクトン由来有機物の濃度を、生産速度と消失速度、湖水回転率より算定する。濃度変化モデルには式 (1) から (4) を用いた。

$$\frac{d[L-POC]}{dt} = \frac{PP \times 0.856 \times eupho}{\text{生産}} - \frac{[L-POC] \times k_{1max} \times f(T)}{\text{分解}} - \frac{[L-POC] \times \tau}{\text{流出}} \quad (1)$$

$$\frac{d[R-POC]}{dt} = \frac{PP \times 0.116 \times eupho}{\text{生産}} - \frac{[R-POC] \times sed}{\text{堆積}} - \frac{[R-POC] \times \tau}{\text{流出}} \quad (2)$$

$$\frac{d[L-DOC]}{dt} = \frac{PP \times 0.028 \times eupho}{\text{生産}} + \frac{[L-POC] \times k_{1max} \times f(T) \times a}{\text{L-POCから溶存化}} - \frac{[L-DOC] \times k_{2max} \times f(T)}{\text{分解}} - \frac{[L-DOC] \times \tau}{\text{流出}} \quad (3)$$

$$\frac{d[R-DOC]}{dt} = \frac{[L-POC] \times k_{1max} \times f(T) \times (1-a) \times b}{\text{L-POCから溶存化・難分解化}} + \frac{[L-DOC] \times k_{2max} \times f(T) \times b}{\text{L-DOCから難分解化}} - \frac{[R-DOC] \times \tau}{\text{流出}} \quad (4)$$

ここで、 $[L-POC]$ 、 $[R-POC]$ 、 $[L-DOC]$ 及び $[R-DOC]$: 植物プランクトン由来 L-POC, R-POC, L-DOC 及び R-DOC の濃度 (mgC/L), t : 時間 (d), PP : 表層における一次生産速度 (mgC/L/d), $eupho$: 有光層割合 (無単位), $k_{1max} \cdot k_{2max}$: $k_1 \cdot k_2$ の最大値 (/d), τ : 湖水回転率 (/d), sed : 堆積率 (/d), $f(T)$: 有機物分解についての温度関数である。 τ は一日毎の河川流入量 (m³/d) を西浦の湖容積 (661 × 10 m³) で除して求める。各式の「生産」項において PP にかけている係数は、これまでの実験で得られたものである (花町, 未発表)。また、有光層を 1m, 平均水深を 4m と仮定し, $eupho = 0.25$ とした。

PP は水温と植物プランクトンの密度に影響を受けると仮定して、温度依存式とロジスティック式を組み合わせた以下の式を用いた。

$$PP = [L-POC] \times \mu \times e^{T \times \theta} \times \frac{K - [L-POC]}{K} \quad (5)$$

ここで、 μ : 0°C における植物プランクトン比増殖速度 (/d), θ : 植物プランクトン比増殖速度に関する温度係数 (°C), K : L-POC の最大濃度 (mgC/L),

T : 温度 (°C) である。ここでは、L-POC はすべて植物プランクトン由来であると仮定した。

有機物の分解についての温度関数は、最大水温と最適水温を考慮した以下の式⁶⁾を用いた。

$$f(T) = \left(\frac{T_m - T}{T_m - T_o} \right)^{\beta \times (T_m - T_o)} \times e^{\beta \times (T - T_o)} \quad (6)$$

ここで、 T_m : 有機物分解の最大温度 (°C), T_o : 有機物分解の最適温度 (°C), β : 有機物分解に関する温度係数 (/°C) である。

2.2 パラメータの決定

これまでの研究^{4,5)}により、2010年8月3日から2011年7月7日までの、西浦湖心、掛馬沖、高浜入中心部の3点の、L-POC, R-POC, L-DOC 及び R-DOC 濃度の月ごとの変動が明らかとなっている。このうち、湖心の L-POC 濃度の変動を用いて、生産・分解についての温度に関する各パラメータを決定した。このモデルでは、L-POC の増減は他の3つの画分 R-POC, L-DOC, R-DOC の増減には影響を受けない構造になっている。また、L-POC はすべて植物プランクトン由来であると仮定しているため、L-POC の現場における増減を再現の目標とすることができる。そこでまず、湖心における L-POC の実際の変動を再現できるよう、各パラメータを Microsoft Excel Solver 2010 による非線形最小二乗法で調整した⁷⁾。パラメータ調整時の条件として、

1. 20°C において、 $0.104 \leq k_1 \leq 0.286$ (平成24年度までの実験結果より)
2. $K \leq 27$ mgC/L (霞ヶ浦においてこれまでに観測された POC 濃度の最大値が 27 mgC/L である⁸⁾ ことより)
3. $T_m < 50^\circ\text{C}$ (一般的に中温細菌の T_m は 40–45°C であること⁹⁾ より)

を与えた。また、水温には国土交通省の湖心観測所の自動観測データを用いた。一日毎の河川流入量は、2010年3月までは平成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¹⁰⁾から、それ以降は、国土交通省から提供された桜川の流量データに、(西浦流入全河川流量) / (桜川流量) の比 (4.66) を乗じて求めた。この調整によって得られたパラメータ及びこれまでの実験で得られた 20°C における k_2 の平均値 (0.034 /d: 花町, 未発表) から、 k_{2max} を計算した。

2.3 計算条件

得られたパラメータをモデルに適用し、植物プ

ランクトン由来の各画分有機物の生産量、分解量、流出量の年間積算値を計算した。計算期間は、最初の分解実験用サンプル採取日である 2010 年 8 月 3 日から、一年後の 2011 年 8 月 2 日までとした。植物プランクトン由来 L-POC の初期値は、2010 年 8 月 3 日の L-POC の実測値をそのまま用いた。L-DOC、R-DOC の初期値については、Fukushima et al.¹¹⁾ の研究を基に、実測値にそれぞれ 0.9、0.4 をかけた値とした。植物プランクトン由来の R-POC については、堆積速度を測定していないため、湖内濃度の予測は行わず、生産量の年間積算量のみを算出した。R-POC の増減は他の画分の増減には影響しない構造になっている。

3 結果と考察

3.1 L-POC 濃度の計算値と実測値比較

西浦湖心における L-POC 濃度の季節変動にモデルをフィッティングさせた結果、 K 、 μ 、 θ 、 T_m 、 T_o 、 β 、 k_{1max} 及び k_{2max} について、Table 1 に示した値が得られた。これらのうち、 K 、 μ 及び θ は植物プランクトンの増殖に関わるパラメータである。得られた値を用いると、20°Cにおいて植物プランクトン現存量が 1mgC/L のとき、その比増殖速度は 0.52/d と計算される。この値はこれまでに淡水植物プランクトンの比増殖速度として報告された値（たとえば、Reynolds の研究¹²⁾）の範囲内であり、妥当な値といえる。 T_m 、 T_o 及び β は有機物分解に関するパラメータであるが、 T_o は一般的な中温細菌における値（37°C⁹⁾）に近い。

また、10°C から 38°C の範囲での Q_{10} （温度が 10 °C 上がるごとに反応速度が何倍になるかの指数）は 1.8~3.3 となり、これも文献値¹³⁾ と近い。

Table 1. モデルへのフィッティングによって得られた各種パラメータの値

K (mgC/L)	27
μ (/d)	0.086
θ (°C)	0.092
T_m (°C)	50
T_o (°C)	38.87
β (無単位)	0.18
k_{1max} (/d)	0.41
k_{2max} (/d)	0.14

従って得られた値は現実的なものと言える。

これらの値を使った L-POC 濃度再現結果を Fig. 2a に示す。フィッティングで得られたとおり T_o を 38.87°C とした場合、計算値と実測値は非常によく一致した。Fig. 2b には、モデルから予測される表層の一次生産量とその実測値の比較を示してある。この項目についても計算値と実測値はよく一致していた。従ってこの期間に関しては、Table 1 に示したパラメータが妥当であると考えられる。ただし、分解の最適水温をわずかに変えただけで、モデルの再現性は非常に悪化した。その例として、Fig. 2a には、 T_o が 38.87°C の場合以外に、38°C 及び 39°C の場合の L-POC 濃度の予測値を示してある。 T_o が 0.9°C 変わっただけで、L-POC 濃度（すなわち、植物プランクトンの密度）は冬季の減少から回復しないという予測結果になった。このように大きく予測結果が変わってしまう原因としては、①分解の最適水温と生産の最適水温の僅かな差で湖内 L-POC の濃度が決定されている、②活性のある植物プランクトンと、植物プランクトンの遺骸では分解速度が大きく異なる、等の可能性が挙げられる。このような問題をふまえ、本モデルの構造についてはさらに改善していく必要があると考えられる。

3.2 植物プランクトン由来 DOC の動態予測

L-DOC 濃度について、植物プランクトン由来物の予測値と、実際の値（すなわち、植物プランクトン由来物以外も含む値）の変動を Fig. 2c に示す。R-DOC 濃度について、同様のものを Fig. 2d に示す。実際の L-DOC の挙動は、植物プランクトン由来 L-DOC 計算値の挙動とは異なっていた。これは植物プランクトン以外の L-DOC の寄与を示唆する結果である。ただし、分解に関する各パラメータ (T_m 、 T_o 、 β) が、L-POC と L-DOC では異なるという可能性もある。どちらの影響が大きいのかについては更なる研究が必要である。

植物プランクトンによる有機炭素の生産は 9 月初旬にピークを迎えていたのに対し、植物プランクトン由来 R-DOC の濃度は 9 月中旬にピークを持つことが予測された。これは、光合成生産から 10 日程度遅れて R-DOC が蓄積してくることが影響していると考えられる。R-DOC の濃度は季節変動することがこれまでも報告されている¹⁴⁾ が、本研究により、その一因が植物プランクトンにあることが示唆された。

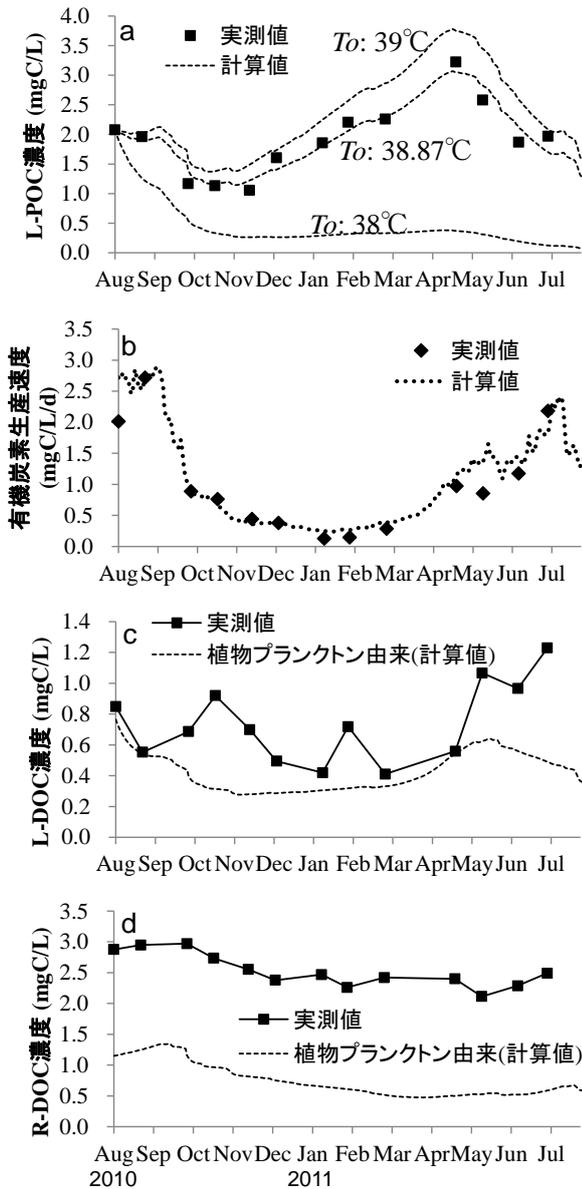


Fig. 2. 西浦湖心の、2010年8月3日から2011年8月2日の期間における、表層のL-POC濃度(a), 有機炭素生産速度(b), L-DOC濃度(c), R-DOC濃度(d)の変化. 実測値及びモデルによる計算値を示す.

3.3 植物プランクトン由来DOCの寄与及び年間フラックス

本モデルにより、湖内のL-DOCについては34から98%, 年平均では64%が植物プランクトン由来と計算された。R-DOCについては、19から35%, 年平均では26%が植物プランクトン由来と計算された。

植物プランクトン由来有機炭素の年間フラッ

Table 2. モデルによって計算された植物プランクトン由来有機物の年間フラックス. 計算期間は2010年8月3日から2011年8月2日. 単位はtC/y. 計算開始時と終了時で濃度が異なるため、各項目の収支は0にならない.

PP		63234
L-POC	生産	54128
	分解	52009
	(無機化)	(48343)
	(L-DOCへ)	(2999)
	(R-DOCへ)	(668)
	流出	2651
R-POC	生産	7320
L-DOC	供給	4785
	(一次生産から)	(1786)
	(LPOC分解から)	(2999)
	分解	4458
	(無機化)	(4397)
	(R-DOCへ)	(61)
	流出	593
R-DOC	供給	729
	(LPOC分解から)	(668)
	(LDOC分解から)	(61)
	流出	1099

クスはTable 2のように計算された。今井と松重¹⁴⁾は1999年の西浦流域全体のDOC, R-DOCの排出負荷をそれぞれ約19000kgC/d, 7500kgC/dと見積もっており、その湖内への流達率は0.6, 0.96としている。従って一年間に外部から流入するDOC, R-DOCの量はそれぞれ4161tC/y, 2628tC/yと計算され、その差分の1430tC/yをL-DOCの流入量とみなすことができる。本研究で計算された植物プランクトン由来L-DOC, R-DOCの年間供給量はそれぞれ4785tC/y, 729tC/yであった。今井と松重の研究¹⁴⁾と我々の研究では対象とする年が異なるうえ、上述のように、本研究のモデルにはまだ問題点がある。従って単純な比較はできないが、植物プランクトン由来DOCの供給量が外部起源DOCの流入量に匹敵することは間違いないと考えられる。POCの大部分も植物プランク

トンであることを考えると、湖内有機物の削減のためには、有機物そのものの流入を抑制するよりも、栄養塩の流入を抑制する方が効果的であることが示された。

4 まとめ

霞ヶ浦における植物プランクトン由来 DOC の寄与及び年間フラックスを明らかにするため、植物プランクトン生産物の溶存化、無機化、難分解化の速度、及びそれらの水温変化を考慮したボックスモデルを構築した。このモデルのパラメータには、実際に霞ヶ浦の植物プランクトン群集を使って行なった生産・分解実験の結果を用いた。このモデルにより、植物プランクトン由来物の年間生産量とその行方を予測できるようになった。その結果、植物プランクトン由来 DOC の供給量は外部起源 DOC の流入量に匹敵することが示された。従って、栄養塩の流入を抑制することにより、DOC の削減も期待できることが示された。POC の大部分も植物プランクトン由来であると考えられることから、湖内有機物の削減のためには、有機物そのものの流入を抑制するよりも、栄養塩の流入を抑制する方が効果的であると考えられる。

謝辞

国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所からは貴重な観測データを提供していただいた。ここに記して感謝の意を表す。

5 参考文献

- 1) 今井章雄・松重一夫 (2001) 国立環境研究所特別研究報告 SR-36-2001 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究
- 2) Carlson CA (2002) Production and removal processes. In: Hansell DA, Carlson CA (eds) Biogeochemistry of marine dissolved organic matter. Academic Press, New York, 91-151
- 3) Ogawa H, Amagi Y, Koike I, Kaiser K, Benner R (2001) Production of refractory dissolved organic matter by bacteria. *Science* 292: 917-920
- 4) 花町優次・中村剛也 (2013) 植物プランクトン生産物からの難分解性溶存態有機物の生成. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 7: 42-47
- 5) 花町優次・中村剛也 (2013) 植物プランクトン由来易分解性溶存態有機物の生成と分解. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報 8: 44-50
- 6) Solidoro C, Pastres R, Melakucanu D, Pellizzato M, Rossi R (2000) Modelling the growth of *Tapes philippinarum* in Northern Adriatic lagoons. *Mar Ecol Prog Ser* 199: 137-148
- 7) Harris DC (1998) Nonlinear least-squares curve fitting with microsoft excel solver. *J Chem Educ* 75: 119-121
- 8) 国立環境研究所地球環境研究センター 霞ヶ浦データベース,
- 9) <http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/index.html> (2014年7月29日時点)
- 10) 前田俊道・福田裕 (2012) 第1章 食品冷凍の理論, 「改訂新版 冷蔵倉庫」(日本冷凍空調学会編) pp 1-21, 日本冷凍空調学会, 東京
- 11) 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
- 12) Fukushima T, Park J, Imai A, Matsushige K (1996) Dissolved organic carbon in a eutrophic lake; dynamics, biodegradability and origin. *Aquat Sci* 58: 139-157
- 13) Reynolds CS (2006) : The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
- 14) Carpenter SR., Adams MS (1979) Effects of nutrients and temperature on decomposition of *Myriophyllum spicatum* L. in a hard-water eutrophic lake. *Limnol Oceanogr* 24: 520-528
- 15) 今井章雄・松重一夫 (2004) 国立環境研究所特別研究報告 SR-62-2004 湖沼における有機炭素の物質収支および機能・影響の評価に関する研究

1-3 2013 年春～夏の沖宿沖における動植物プランクトンの動態

小日向 寿夫, 大内 孝雄, 北村 立実, 花町 優次, 神谷 航一, 吉尾 卓宏

Dynamics of Zooplankton and Phytoplankton at off Okijuku from spring to summer in 2013

Hisao KOBINATA, Takao Ouchi Tatumi KITAMURA,

Yuji HANAMACHI, Koichi KAMIYA, Takuhiro YOSHIO

キーワード：霞ヶ浦、動物プランクトン、植物プランクトン、変動要因

1 はじめに

動物プランクトンは、植物プランクトンなどを捕食して湖内の有機物量に影響を与えている。それが極端に現れる現象は「春の透明期」として知られており、春季に *Daphnia* 属（枝角類）の動物プランクトンの急増に伴い、植物プランクトンが急減して、透明度が上昇する¹⁾。霞ヶ浦の西浦では 1986 年～1987 年の冬に初めて *Daphnia* 属のカブトミジンコ (*Daphnia galeata*) が出現して、同時にクロロフィル a 濃度が急減したことが報告されている²⁾。また、北浦では 1995 年の春季の透明度の急上昇がみられたが、これも *D. galeata* との関係が示唆されている³⁾。近年では西浦で 2011 年 6 月～7 月にゾウミジンコ (*Bosmina longirostris*) の著しい増加と、その後の *D. galeata* の増加がみられ、同時に透明度が急上昇したことがメディアによって報道された⁴⁾。このように、動物プランクトンは水質に大きな影響を与えており、その動態を正確に把握することは、水質の変動要因を明らかにする上で重要であると考えられる。しかしながら、近年の霞ヶ浦における動物プランクトンの動態や、植物プランクトンとの関係について、詳細に調査研究した例はない。そこで、本研究では動植物プランクトンが増加する初春～初夏にかけて、出現動向を短間隔で調査して、変動の要因やプランクトン間の関係について明らかにしたので報告する。

2 調査方法

2.1 現場測定及び採水

2013 年 3 月 28 日～7 月 24 日の期間に延べ 18



Fig. 1 調査地点

回（毎週 1 回のペース）調査を実施した。調査地点は西浦の土浦入りに位置する掛馬沖水質自動監視所の近傍である (Fig. 1)。この監視所は本センターの位置する土浦市沖宿の沖合に位置している（対岸は阿見町掛馬）。水温と溶存酸素濃度 (DO) はポータブル分析計 (HACH, HQ30d) で、pH は pH メーター（東亜 DKK, WM-22EP）により水面（水深 0.1m）から 0.5m, 1m と 0.5m 間隔で湖底付近の水深 3.5m まで測定した。また、セッキ板を用いて透明度を測定した。湖水は円柱状のカラム採水器で、水面から水深 2m までを定量的に採水して良く攪拌後、水質分析用としてポリ容器に移して分析直前まで冷蔵保存した。また、植物プランクトン計数用検体はメスシリンダーで 100 ml 計量後、ポリ容器に移し、最終濃度が 1% になるようにグルタルアルデヒドを添加した。動物プランクトン計数用検体は目合いが 40 μ m のナイロン製プランクトンネットで捕集して、ポリ容器に移し、最終濃度が 1% になるよう

にグルタルアルデヒドを添加した（ただし、6月13日及び6月18日は最終濃度が4%になるようにシュガーホルマリンを添加した）。検体は計数直前まで5°C以下で冷蔵保存した。

2.2 水質の測定

栄養塩濃度は、湖水の原液と、孔径1 μ mのガラスフィルター（Whatman, GF/B）で濾過した濾液を用いて測定した。硝酸態窒素（NO₃-N）、亜硝酸態窒素（NO₂-N）、アンモニア態窒素（NH₄-N）、リン酸態リン（PO₄-P）はオートアナライザー（BRAN+LUEBBE, AACS-II）を用いて流れ分析法で分析した。溶存態ケイ素（D-Si）は比色法を用いて測定した。

秤量済みの孔径1.0 μ mのガラスフィルター（Whatman, GF/B）で湖水を一定量濾過して、105°Cで2時間乾燥後、秤量して懸濁物質量（SS）を算出した。クロロフィルa濃度（Chl-a）は測定用に孔径1.2 μ mのガラスフィルター（Whatman, GF/C）で湖水を一定量濾過して、15mlの遠沈管に移し、測定まで氷点下30°Cで冷凍保存した。濃度の算出は3波長吸光度法⁵⁾に準じた方法で行った。ろ紙にエタノールを加えて、2°Cの冷蔵庫で一昼夜抽出後、吸光度計（SHIMADZU UV-2550）を用いて吸光度を測定した。

2.3 気象及び連続観測データ

気象データは土浦における降水量、日照時間、風速を気象庁のホームページから入手した。また、水温、DO、Chl-aについては、掛馬沖水質自動監視所において1時間間隔の連続観測データを（独）水資源機構利根川下流総合管理所から入手して、調査と調査の間を補間するデータとした。なお、連続観測データのうち、DO及びChl-aは本調査の結果を用いて補正を行った。

2.4 プランクトン類の同定及び計数

プランクトン計数用検体は顕微鏡下で同定及び計数を行った。植物プランクトンは濃縮後、細

胞密度を求めた。また、種毎に細胞密度に1細胞当たりの細胞体積を乗じることで細胞体積を求めた。1細胞当たりの細胞体積は、平成23年度～25年度に牛久沼で実施した調査の結果（未発表）を用いた。該当する種が無い場合は、霞ヶ浦（未発表）及び琵琶湖（私伝）における調査結果を用いた（資料1）。動物プランクトンは濃縮後、個体数密度を求めた。また、枝角類及び橈脚類については各調査、種毎に20個体を上限に体長を測定した。測定部位は枝角類については頭部の前縁から殻刺の基部まで測定した。ただし、頭部の前縁に著しい尖頭が存在する場合は、尖頭部を除いた甲皮部から殻刺の基部までを測定した。橈脚類については全長を測定した。さらに平均体長（幾何平均）を求めて、体長-乾燥重量換算式（資料2）により乾燥重量を算出した。繊毛虫類及び輪虫類については1個体当たりの推定乾燥重量（資料2）を乗じて乾燥重量を求めた。なお、細胞体積及び乾燥重量が不明または他種からの代用が出来ない種があったが、この様な種は出現数が著しく少なかったことから、結果には含めなかった。

3 結果

3.1 現場測定及び水質測定結果

現場及び水質測定結果をTable1に示す。水深0.1～3.5mの平均水温は11.8～28.7°C、平均pHは7.9～9.0、DOは6.5～11.7mg \cdot L⁻¹であった。透明度は0.55～0.95mで、急激な上昇は観測されなかった。溶存態無機窒素（DIN）は0.01～0.46mg \cdot L⁻¹で、6月5日以降はDINの主体であるNO₃-Nが枯渇したことにより、極めて低濃度で推移した。PO₄-Pは0.002～0.013mg \cdot L⁻¹で、枯渇することは無かった。D-Siは0.07～1.67mg \cdot L⁻¹で、5月31日～7月9日までは0.5mg \cdot L⁻¹以下と低濃度で推移した。SSは13.4～42.8mg \cdot L⁻¹であった。Chl-aは34～109 μ g \cdot L⁻¹で、5月8日に最も低くなった。6月25日から7月2日にかけては急激に増加し、7月2日に最も高くなったが、7月9日には急激に減少した。

Table 1 現場及び水質測定結果

		3/28	4/4	4/10	4/18	4/25	5/2	5/8	5/15	5/22	5/31	6/5	6/13	6/18	6/25	7/2	7/9	7/17	7/24
水温(°C)	0.1~2.0m平均値	11.8	12.2	13.9	15.5	14.3	15.6	17.7	19.9	21.7	22.0	22.4	22.9	24.5	24.0	24.8	28.7	28.1	26.6
pH	0.1~2.0m平均値	7.9	8.2	8.4	8.5	9.0	8.7	8.6	8.3	8.2	8.2	8.8	8.1	8.9	8.6	9.0	9.0	8.8	8.8
DO(mg・L ⁻¹)	0.1m	10.2	10.7	10.2	10.0	11.3	9.7	9.0	8.8	8.9	8.2	10.1	7.7	10.7	9.8	11.3	10.1	7.4	9.3
	0.5m	10.2	10.6	10.2	10.0	11.2	9.5	9.2	8.8	8.8	8.1	10.3	7.6	10.8	9.8	11.4	9.5	7.3	9.2
	1.0m	10.1	10.3	10.2	10.0	11.7	9.5	9.1	8.7	8.9	7.9	10.0	7.6	10.6	9.7	10.6	9.1	7.2	9.2
	1.5m	10.1	10.3	10.3	10.0	11.3	9.5	8.6	8.7	8.6	7.6	9.8	7.5	10.5	9.5	9.1	8.7	7.2	9.2
	2.0m	10.0	10.4	10.1	10.0	10.9	9.4	8.5	8.7	8.3	7.5	9.3	7.5	10.1	9.6	8.8	8.6	7.1	9.1
	2.5m	10.0	10.2	10.0	9.9	10.8	9.3	8.5	8.6	8.1	7.4	9.1	7.5	9.9	9.1	8.6	8.4	7.2	9.1
	3.0m	9.9	10.0	10.0	9.9	10.6	9.3	8.5	8.6	8.1	7.3	9.0	7.5	9.6	9.1	8.2	7.9	7.1	9.1
3.5m	9.7	9.9	10.0	9.4	10.5	9.2	8.3	8.1	7.8	7.3	9.0	7.5	8.2	7.9	7.9	6.5	7.1	8.1	
透明度(m)	-	0.95	0.70	0.55	0.80	0.80	0.80	0.60	0.65	0.60	0.70	0.70	0.65	0.80	0.65	0.55	0.60	0.55	0.55
SS(mg・L ⁻¹)	-	13.6	16.7	17.0	15.3	13.4	17.0	20.0	27.0	33.3	24.7	22.1	33.3	19.1	30.5	35.9	28.8	33.6	42.8
クロロフィルa(µg・L ⁻¹)	-	37	49	47	48	55	53	34	44	56	43	48	42	64	71	109	47	58	82
DIN(mg・L ⁻¹)	-	-	0.33	0.46	0.16	0.45	0.08	0.25	0.23	0.21	0.17	0.03	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02
NO ₃ -N(mg・L ⁻¹)	-	-	0.28	0.42	0.11	0.42	0.03	0.16	0.15	0.14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
NO ₂ -N(mg・L ⁻¹)	-	-	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NH ₄ -N(mg・L ⁻¹)	-	-	0.04	0.03	0.04	0.02	0.03	0.08	0.06	0.05	0.08	0.03	0.01	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02
PO ₄ -P(mg・L ⁻¹)	-	-	0.005	0.002	0.002	0.003	0.003	0.005	0.006	0.008	0.010	0.002	0.003	0.002	0.003	0.006	0.004	0.013	0.005
D-Si(mg・L ⁻¹)	-	0.88	1.05	1.25	0.5	1.67	0.46	0.79	0.57	0.57	0.14	0.12	0.29	0.23	0.07	0.07	0.16	0.94	0.49

3.2 気象及び連続観測データ

土浦における気象の推移を Fig. 2 に示す。降水量は4月の上旬と6月の中旬～下旬にかけて多かった。特に6月中旬～下旬は梅雨で、毎日のように降雨があった。一方で、長期的に降雨の無い期間は複数回あったが、6月28日～7月9日の期間が全調査期間中で最も長かった。日照時間は6月上旬までは長い日が多かったが、6月10日から7月5日にかけては短い日が多かった(ただし、7月2日は長かった)。その後7月6日以降は梅雨明け¹⁾により日照時間が急激に増加した。風速は3月末～4月中旬は期間平均2.9m/sで、他の期間に比べて強めで推移した。一方で、7月7日～7月14日までの期間は期間平均1.7m/sで、風が弱い期間が最も長かった。

水温、DO、Chl-aについて、本調査の結果と掛馬沖水質自動監視所の連続観測データを比較した結果を Fig. 3 に示す。水温はほぼ同値であり、補正は行わなかった。一方で、Chl-a や DO は、本調査に比べて連続観測データの値が低い傾向がみられたことから補正を行った。これらの処理後の連続観測データを Fig. 4 に示す。水温は緩やかに上昇する期間と急激に上昇する期間があった。11°C台から15°Cに上昇するのに30日程度(3月28

日～4月26日)、15°C台から20°Cは20日程度(4月26日～5月15日)、20°C台から25°Cは50日程度(5月15日～7月5日)、25°C台から30°Cに上昇するのに6日程度(7月5日～7月11日)かかった。20°C台から25°Cに上昇する期間が長かった理由は、この期間は梅雨の6月を含み、日照時間が短く、気温の上昇が穏やかであったためと考えられる。一方で、25°C台から30°Cに上昇する期間が短かったのは、この期間が梅雨明け直後にあたり、日照時間の増加や風が弱かったことが影響し

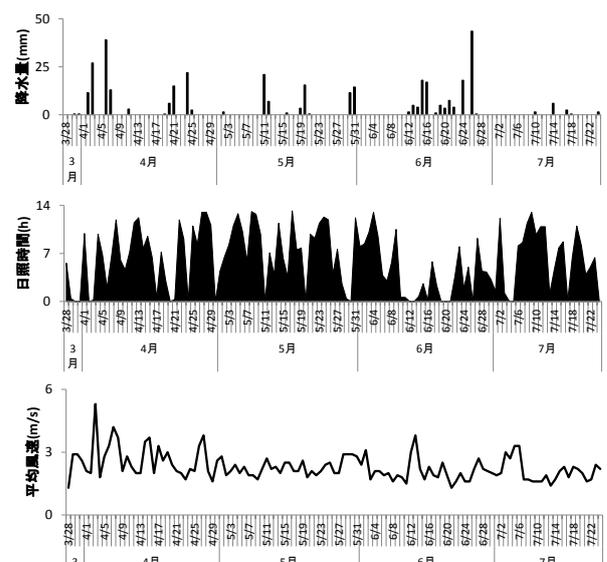


Fig. 2 気象の推移

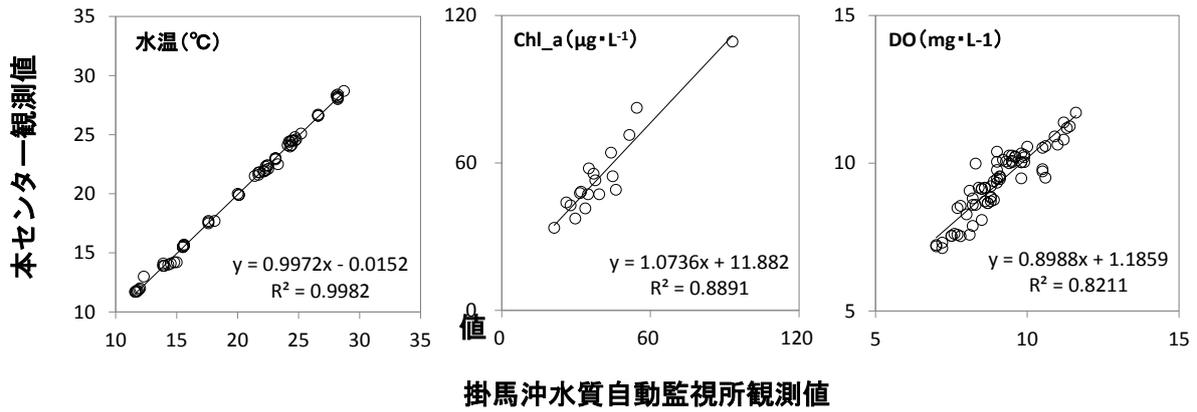


Fig. 3 本センターの調査結果と掛馬沖水質自動監視所の比較

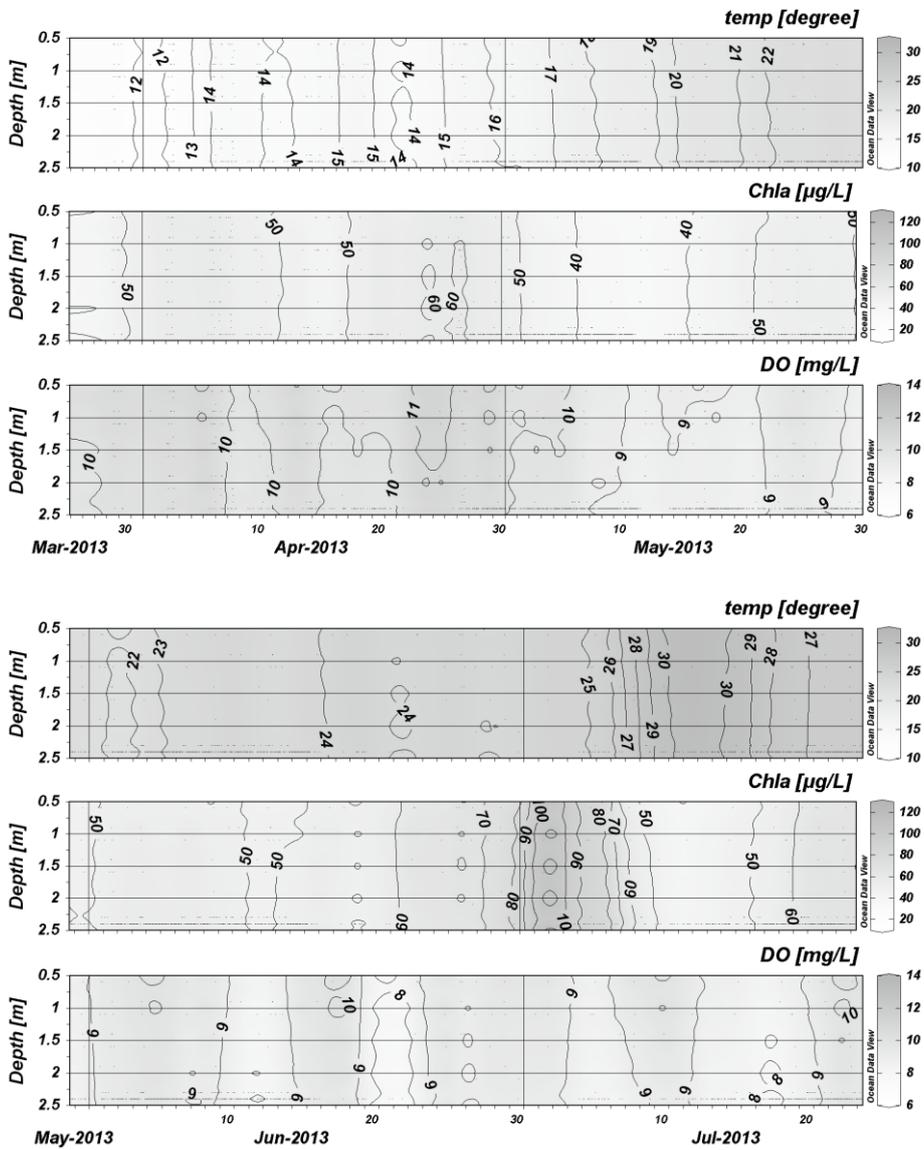


Fig. 4 沖宿沖の水質の変化（掛馬沖水質自動監視所の連続データより）
上から、水温、クロロフィルa濃度、溶存酸素濃度を示す。

したと考えられる。DO は著しく低下することはなかった。Chl-a は特徴的な期間が2回みられた。1回目は5月2日～5月22日の低下期間で、特に5月7日～5月16日は $30\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 台と本調査期間中で最も低下した。2回目は6月28日～7月10日の急上昇及び急低下期間で、6月28日～7月3日に上昇したが、その直後から低下した。

3.3 植物プランクトンの状況

(1) 細胞密度

主要な3つの分類群の細胞密度の変化を Fig. 5 に示す。藍藻類は *Aphanocapsa sp.* が3月～6月末まで優占した。その出現数の変動は大きく5/31には著しく減少したが、6月25日には調査期間中で最大になった。珪藻類は複雑な変動を示し、3月28日～6月18日まで *Aulacoseira sp.* が出現していたが、以降は出現せず、中心目の *Talassiosira sp.* や *Cyclotella meneghiniana* などが入れ替わるように増加した。特に *Talassiosira sp.* は急激な増加を示した。同じく中心目の *Stephanodiscus sp.* は4月28日～5月2日に急増したが、5月8日～5月22日まで減少した。しかし、5月31日に再び出現して、その後は細胞数を維持した。緑藻類は5月22日から5月31日にかけて群体性の *Pediastrum* 属の2種が急激な増加を示した。しかしその後、徐々に減少して6月末にはみられなくなった。

(2) 細胞体積の推定

細胞体積の推移を Fig. 6 に示す。細胞密度では藍藻類の占める割合が著しく大きかったが、細胞体積では珪藻類が占める割合が調査期間を通して大きかった。また、全体的には5月8日から5月22日まで著しく減少し、その後徐々に増加して、7月2日と7月24日にピークがみられる変動を示した。

3.4 動物プランクトンの状況

(1) 個体数密度

動物プランクトンの個体数密度の推移を Fig. 7 に示す。全体的な出現状況は5つの特徴的な期間

に分けられた。3月28日～4月25日までの「小型種出現期」は *Tintinnidium sp.* などの繊毛虫や輪虫類の *Synchaeta sp.* や *Polyarthra sp.* が多く出現した。4月25日～5月22日頃までの「小型種及び *Bosmina* 出現期」は繊毛虫の *Epistylidae* や小型の輪虫類である *Keratella cochlearis* や *Polyarthra sp.*, *Filinia longiseta* や *Conochilus sp.*, *Brachionus calyciflorus*, 肉食性の大型の輪虫の *Asplanchna sp.* などが増加した。さらに枝角類の *Bosmina sp.* が5月2日から増加しはじめ、5月15日には1L中に約1500個体のピークがみられた。*Bosmina sp.* はその後、急激に減少し、5月31日にはほとんど出現しなくなった。5月22日～6月18日までの「小型種減少及び大型種増加期」は、藻食性の *D. galeata* と肉食性の *Leptodora kindtii* が6月5日をピークに出現した (*D. galeata* は1L中に30個体程度出現)。6月13日～7月9日は「全種減少期」で、*D. galeata* が出現したものの1L中に10個体以下の密度で、その他のほとんどの種も出現数を減らした。7月9日～7月24日は「回復期」で、これまで出現数が少なかった橈脚類のケンミジンコ (Copepodid of cyclopoida) やノープリウス幼生、枝角類の *Diaphanosoma sp.*, 輪虫類が増加した。

(2) 体長の推移

動物プランクトンの体長は、枝角類では *Bosmina sp.* で0.26～0.32mm (全期間の平均体長: 0.29mm, 以降の括弧内も同様), *Diaphanosoma sp.* で0.39～0.61mm (0.54mm), *Alona sp.* で0.23～0.44mm (0.42mm), *Moina micrura* で0.51mm, *Daphnia sp.* (幼体) で0.37～0.40mm (0.37mm), *D. galeata* で0.50～1.23mm (0.88mm), *L. kindtii* で1.78～3.66mm (3.01mm) であった。橈脚類ではノープリウス幼生で0.14～0.26mm (0.19mm), ケンミジンコのコペポディド期 (Copepodid of cyclopoida) で0.42～0.73mm (0.50mm), *Eucyclops sp.* で0.88～1.05mm (0.96mm), *Mesocyclops sp.* で0.95mm, ヒゲナガケンミジンコのコペポディド期 (copepodid of Calanoida) で0.47～0.77mm (0.62mm) であった。

(3) 乾燥重量の推定

推定した動物プランクトンの乾燥重量の推移を Fig. 8 に示す。5月2日～5月22日は他の期間に比べて、乾燥重量の総量が大きく、動物プランクトンの生物量が増大した期間であったと推定された。ピークは5月8日の約 $1600\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ で、輪虫類の割合が 82%を占めた。一方で、5月15

日は約 $1000\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ とやや減少したが、輪虫類にかわって枝角類 (*Bosmina sp.*) の割合が 64%を占めた。一方で、5月31日以降は約 $70\sim 400\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ と低く推移した。調査期間を通した乾燥重量総量に占める割合は輪虫類で 69%，枝角類で 23%，繊毛虫類で 5%，撓脚類で 2%であり、輪虫類の生物量が最も大きかったと推定された。

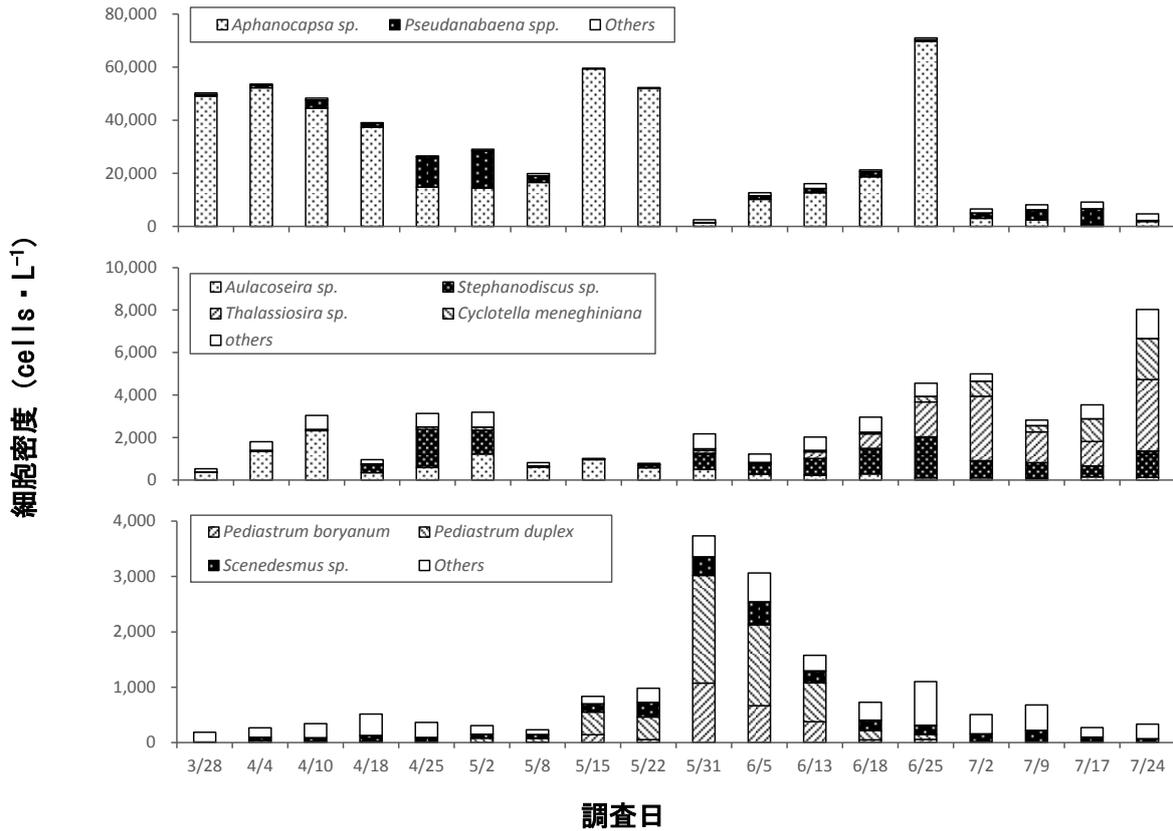


Fig. 5 植物プランクトンの細胞密度の推移 (上から藍藻類, 珪藻類, 緑藻類)

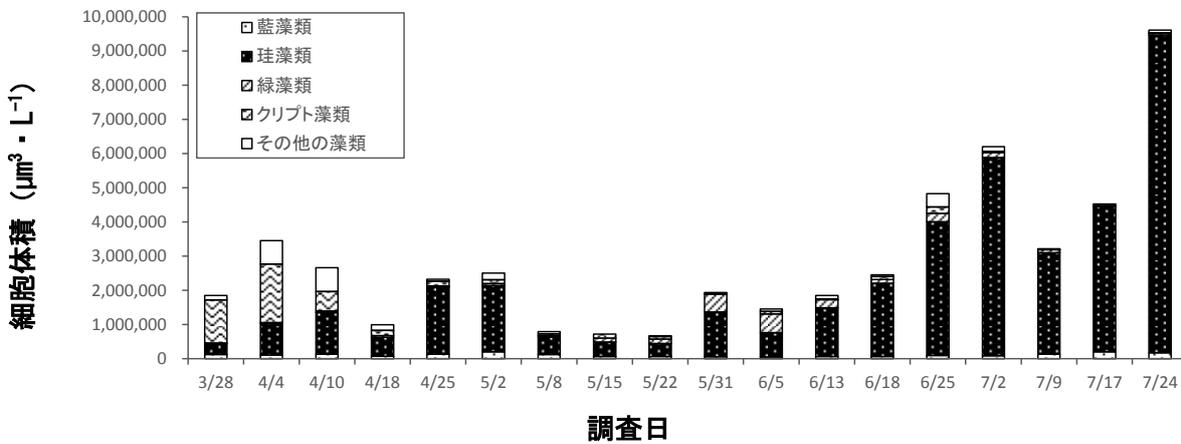


Fig. 6 植物プランクトンの推定細胞体積の推移

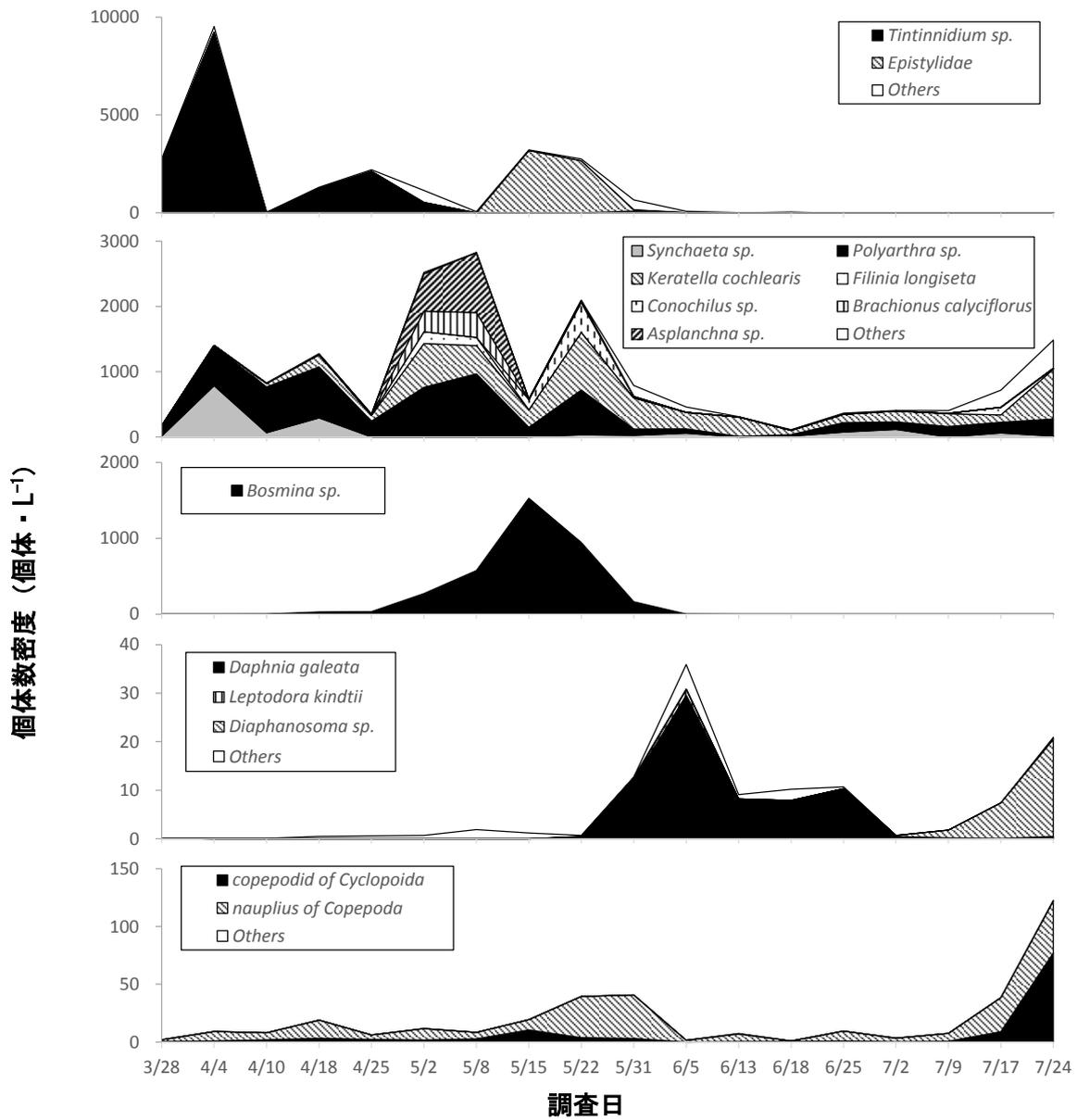


Fig7 動物プランクトンの個体数密度の推移

(上から、繊毛虫類, 輪虫類, *Bosmina sp.*, 枝角類 (*Bosmina sp.*を除く), 橈脚類)

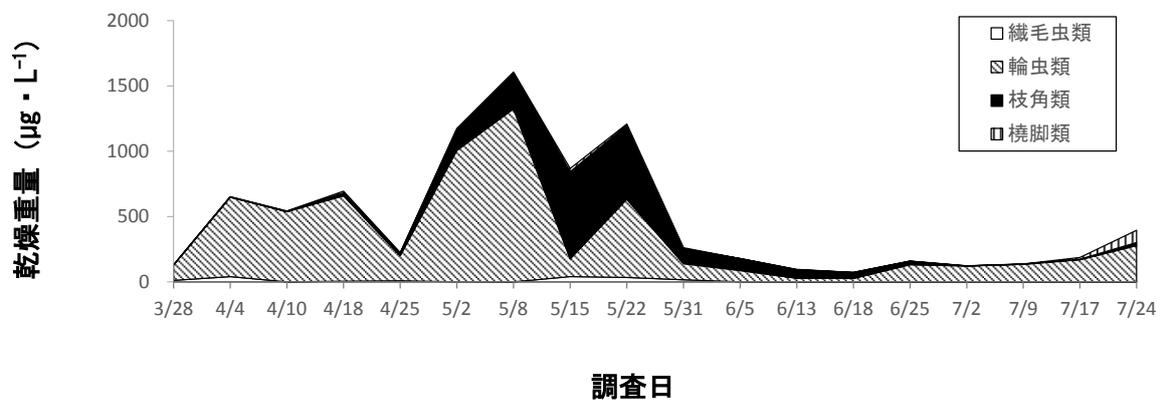


Fig. 8 動物プランクトンの推定乾燥重量の推移

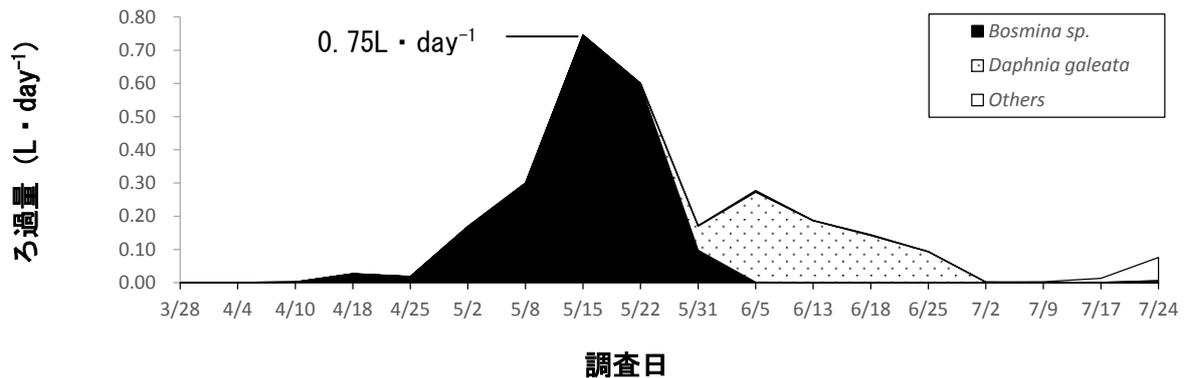


Fig. 9 枝角類の推定ろ過量の推移

4 考察

Chl-a は植物プランクトンの生物量と正の相関関係があり、かつ簡単な操作で測定可能なことから、指標値として広く用いられている。掛馬沖水質自動監視所の連続観測データから、Chl-a は本調査期間中に2回の特徴的な変化がみられた。

1回目は5月2日～5月22日の低下期間である。この期間中はChl-a が $50\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下の期間が本調査期間中で最も長く、さらに、5月7日～5月16日は最も低い濃度の $30\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 台で推移した。同時期の植物プランクトンの細胞体積も珪藻類の減少により最小になったと見積もられた。また、細胞密度は小型の珪藻類である *Stephanodiscus sp.* の減少が著しかった。一方で、同じ珪藻類の *Aulacoseira sp.* はあまり変化がみられず、藍藻類 (*Aphanocapsa sp.*) や緑藻類 (*Pediastrum duplex* や *Scenedesmus sp.*) などは逆に細胞密度が増加した。同期間の動物プランクトンの乾燥重量は本調査期間中で最も増加したと見積もられており、特にChl-a が最も低下した5月7日～5月16日は、*Bosmina sp.* が急増した期間と一致している。湖水1L中に存在した枝角類が、1日にろ過する量を Knoechel *et al.* (1986)¹²⁾ による関係式(式1)により推定した (Fig. 9)。

$$F = 11.695L^{2.480} \quad \dots (式1)$$

F: ろ過量 (ml/day)

L: 体長 (mm)

5月2日～5月15日にかけて急激にろ過量が増加しており、5月15日には $0.75\text{L} \cdot \text{day}^{-1}$ に達したと見積もられた。これは1日に湖水の75%がろ過されたことを意味する。この期間に出現した枝角類は *Bosmina sp.* である。また、この期間の栄養塩は枯渇しておらず、気象や水温等にも大きな変化はみられないことから、*Bosmina sp.* による強い捕食圧によって、小型で捕食しやすい珪藻類 (*Stephanodiscus sp.*) を減少させた可能性が示唆される。Burns (1968)¹³⁾ による枝角類の体長と捕食可能な粒子径の関係式(式2)に *Bosmina sp.* の平均体長を当てはめた。

$$y = 22x + 4.87 \quad \dots (式2)$$

y: 捕食可能最大サイズ (μm)

x: 体長 (mm)

最大で直径 $11\mu\text{m}$ までの粒子が捕食可能な計算になる。別の湖沼ではあるが、霞ヶ浦の近傍に位置する牛久沼において、過去数年間に観測された *Stephanodiscus* 属の直径は $10\mu\text{m}$ 前後であった (未発表)。今回の調査で出現した種が、牛久沼の種と類似したものかどうかは定かではないものの、捕食可能なサイズであった可能性はあるだろう。一方で、同じ珪藻類の *Aulacoseira sp.* はあまり変化がなく、緑藻類の *Pediastrum duplex* や *Scenedesmus sp.* が増加した理由は、これらの種は群体を形成してサイズを増大させることが可能

であり、*Bosmina sp.*には捕食出来ないサイズであったのかもしれない。また、藍藻類の *Aphanocapsa sp.*は群体が寒天質の粘膜に覆われており、捕食されても消化されなかった可能性なども考えられる。透明度は **Chl-a** が低下したにも関わらず上昇せず、逆に低下した。これは同期間の SS が増加傾向であったことから、植物プランクトン以外の懸濁物質（例えば土砂等の無機懸濁物質）が増加して透明度を低下させたと推測されるが、その原因物質は不明である。

2 回目は 6 月 28 日～7 月 10 日の **Chl-a** の急上昇と、それに続く急低下期間である。 $50\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 前後で推移していた **Chl-a** は、6 月 22 日頃から上昇傾向に転じ、6 月 28 日～7 月 3 日に急上昇して $110\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ を超えた。しかし、その直後から 7 月 10 日にかけて急低下した。まず、急上昇期について考察する。この期間に増加した植物プランクトンは珪藻類であり、そのうち *Thalassiosira sp.* の増加が最も影響したものと推測される。一方で、同期間は動物プランクトンの生物量が少ない期間と一致していて、さらに、*D.galeata* が消えた時期と重なっている。*D.galeata* は霞ヶ浦において植物プランクトンに最も強い影響を与える動物プランクトンであると考えられており²⁾、本種の減少は植物プランクトンを急増させる要因になると考えられる。なお、湖水 1 L 中に存在した枝角類が、1 日にろ過する量をみると、7 月 2 日は *D.galeata* が $1 \text{ 個体} \cdot \text{L}^{-1}$ 未満と著しく減少したことから、ほぼ $0\text{L} \cdot \text{day}^{-1}$ になった。枝角類の他には小型の輪虫類が少量出現したのみであり、動物プランクトンは植物プランクトンの生物量にほとんど影響を与えていなかったものと推測される。さらに、6 月 13 日～6 月 27 日の降水量は調査期間中で最も多く、枯渇気味であった DIN や D-Si などの栄養塩が河川等を通して供給された可能性も考えられる。次に 7 月 4 日～7 月 10 日の急低下期について考察する。この期間も動物プランクトンの出現量は増加していない。一方で、気象は大きく変化しており、植物プランクトン（特

に珪藻類）の生育に影響を与えたのかもしれない。すなわち、①梅雨が明けたことで 7 月 5 日頃から水温が短期間で著しく上昇したことや、7 月 7 日～7 月 14 日頃まで風が弱く、湖水の混合が弱まった可能性があることなど、湖内の環境が激変したこと、②降水量は 6 月 28 日～7 月 9 日の間に皆無であり、河川等からの湖内への栄養塩の供給が再び減少した可能性があることなどが可能性として考えられる。

沖宿沖における月 1 回のモニタリングの結果、2012 年に *D.galeata* が急増したことが確認された（未発表、北原式定量プランクトンネットによる鉛直曳き採集）。個体数密度は最大で 2012 年 5 月 25 日に $178 \text{ 個体} \cdot \text{L}^{-1}$ を記録した。また、その出現期間は 2 月～5 月と長かった。今回の調査では 5 月 22 日に初めて出現が確認され、6 月 5 日に $30 \text{ 個体} \cdot \text{L}^{-1}$ でピークを記録、7 月 2 日まで $10 \text{ 個体} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下の低水準で推移（7 月 2 日以降は $1 \text{ 個体} \cdot \text{L}^{-1}$ 未満）した。採集方法が異なるので、単純に比較はできないが、2012 年と比べて出現量は少なく、出現期間も短かったと推測される。同期間の **Chl-a** は $50\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 程度で安定的に推移しており、餌環境が悪化していたようにはみえない。また、水温は *Daphnia* 属の増殖を著しく抑制するとされる 25°C ¹⁴⁾ より低く推移した。これら以外で *D.galeata* の出現量に強く影響を与える要因としては、捕食者の存在が考えられる。霞ヶ浦において枝角類を捕食する生物としては魚類やイサザアミ (*Neomysis intermedia*)¹⁵⁾ があるが、特にイサザアミは、霞ヶ浦で *Daphnia* 属が出現するようになった原因と考えられている。すなわち、1983 年まではイサザアミは春と秋の年 2 回の増大期があり、枝角類は秋から春にかけて出現しなかったが、1983 年からはイサザアミが個体数を増加させることにしばしば失敗することがあり、それが *Daphnia* 属の増加を可能にしたとの報告がある²⁾。また、透明度の急上昇は必ず *Daphnia* 属の出現を伴い、かつ、イサザアミの低密度域で起こっていたとの報告もある¹⁶⁾。これらのことから、近年の

D. galeata の急増などの出現量の変動には、イサザアミ等の捕食者が影響を及ぼしていた可能性があるが、本調査では因果関係を明らかにすることは出来なかった。

5 まとめ

本研究において、2013年の初春～初夏にかけて、沖宿沖において動植物プランクトンの出現動向をおよそ1週間に1回の間隔で調査して、その変動の要因やプランクトン間の関係について検討した。その結果、以下のような知見が得られた。

- ・栄養塩は溶存態無機窒素及び溶存態ケイ素が5月末～6月初旬以降、枯渇気味もしくは低めで推移することが多かった。

- ・植物プランクトンの細胞体積は珪藻類の占める割合が調査期間を通して大きかった。5月前半の植物プランクトンが最も減少した期間には *Stephanodiscus sp.* が大きく減少した。増加した6月中旬～7月初旬には *Stephanodiscus sp.* が再び増加すると共に *Talassiosira sp.* や *Cyclotella meneghiniana* が急増した。

- ・動物プランクトンの出現状況は5つの特徴的な期間に分類できた。輪虫類等の小型種から *Daphnia galeata* 等の大型種への変遷、*Bosmina sp.* の急増期間の出現、動物プランクトンの全体の低水準期間の出現などが特徴的であった。

- ・動物プランクトンの乾燥重量を推定した結果、調査期間を通して輪虫類の占める割合は69%で最も大きかったと試算された。ただし、5/15は枝角類の *Bosmina sp.* が64%を占めて最大となったと試算された。

- ・本調査期間中において、湖水1L中に存在した枝角類 (*Bosmina sp.*) が1日にろ過した量は、最大で $0.75\text{L} \cdot \text{day}^{-1}$ であったと見積もられた。

- ・調査期間中のクロロフィル a 濃度は、1回目の低下期間と、2回目の急上昇と、それに続く急低下期間が特徴的な変化であった。1回目は *Bosmina sp.* の急増による捕食圧の増大の影響、2回目の急上昇は動物プランクトンの捕食圧の低下や栄養

塩の供給、急低下は気象の急激な変化の影響が示唆された。

- ・ *Bosmina sp.* の急増は、小型の珪藻類の *Stephanodiscus sp.* の生物量を減少させた可能性が示唆された。一方で、群体を形成する種や、寒天質で覆われた種は減少しなかった。

- ・霞ヶ浦の水質に最も大きな影響を与えると考えられている *Daphnia galeata* の変動要因を明らかにするために、本種の捕食者の調査も併せて実施する必要がある。

6 参考文献

- 1) Lampert, W., W. Fleckner, H. Rai and B. E. Taylor(1986):Phytoplankton control by grazing zooplankton: A study on the spring clear water phase. *Limnol. Oceanogr.*, **31**,478-490.
- 2) Takayuki Hanazato and Morihiro Aizaki(1991):Changes in species composition of cladoceran community in lake kasumigaura during 1986-1989:Community of *Daphnia galeata* and its effect on algal biomass. *Jpn. J. Limnol.*,**52**, 1, 45-55.
- 3) 岩崎 順(1996):1995年春季北浦の「水変わり」現象について. 茨城内水試研報 **31**, 61-65.
- 4) 茨城新聞 (平成23年7月13日発行), 湖水の透明度上昇 霞ヶ浦, 23年ぶり1メートル超
- 5) 河川水質試験方法(案)(1997年版) pp922-923.
- 6) Wilhelm foissner and helmut berger(1996): A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa,Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers,lakes,and waste waters,with notes on their ecology., *Freshwater Biology*, **35**, 375-482.
- 7) Jotaro Urabe(1992):Midsummer succession of rotifer plankton in a shallow eutrophic pond. *Journal of Plankton Research.*, **14**, 851-866.
- 8) Bottrell,H.H.,A.,Gliwicz,Z.M.,Grygierek,E.,Herzig, A.,Hillbricht-Ilkowska,A.,Kurasawa,H.,Larsson,P.and Weglenska,T. (1976): A review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of*

- Zoology*, **24**, 419-456
- 9) Dumont, H.J., I. Van de Velde & S. Domont (1975) : The Dry Weight Estimate of Biomass in a Selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the Plankton, Periphyton and Benthos of Continental Water. *Oecologia(Berl.)*, **19**, 75-97.
- 10) Rosen, R.A. (1981): Length-dry weight relationships of some freshwater zooplankton., *Journal of Freshwater Ecology*, **1**, 225-229
- 11) 国土交通省気象庁ホームページ, 昭和 26 年 (1951 年) 以降の梅雨入りと梅雨明け(確定値) : 関東甲信.
- 12) Roy knoechel and L. Blair Holtby (1986): Construction and validation of a body -length-based model for prediction of cladoceran community filtering rate. *Limnol. Oceanogr.*, **31**(1), 1-16.
- 13) Carolyn W. Burns (1968) : The relationship between body size of filter-feeding Cladocera and the maximum size of particle ingested. *Limnol. Oceanogr.*, **13**(4), 675-678.
- 14) 花里孝幸 (1989) : 富栄養湖におけるラン藻と動物プランクトンの相互関係. *Jpn. J. Limnol.*, **50**, 1, 53-67.
- 15) 野村正昭 (1963) : イサザアミ, *Neomysis intermedia Czerniawsky* の漁業生物的研究 I. 湖沼生産に演ずる役割. *水産増殖*, **11**, 3, 149-158.
- 16) 春日清一 (1990) : 食物連鎖から見た生態系制御. *水産海洋研究*, **54**, 4, 382-387.

資料1 植物プランクトンの1細胞当たりの細胞体積

分類群	本調査期間中に出現した種類	細胞体積(μm ³)	引用した種類	出典	分類群	本調査期間中に出現した種類	細胞体積(μm ³)	引用した種類	出典
藍藻類	<i>Anabaena sp.</i>	120		1	緑藻類	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	71		2
	<i>Anabaena tenebriculis</i>	120		1		<i>Dictyosphaerium sp.</i>	14		2
	<i>Anabaena tsugaruensis</i>	120		1		<i>Didymogenes sp.</i>	50	<i>Didymogenes anomala</i>	2
	<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	48		2		<i>Elakatothrix sp.</i>	63		2
	<i>Aphanocapsa sp.</i>	1		2		<i>Euastrum sp.</i>	1032		2
	<i>Aphanothece sp.</i>	4		2		<i>Golenkinia sp.</i>	501	<i>Golenkinia radiata</i>	2
	Chroococaceae	32	<i>Chroococcus minutus</i>	1		<i>Kirchneriella sp.</i>	203	<i>Kirchneriella contorta</i>	2
	<i>Chroococcus sp.</i>	32		2		<i>Micracetium pusillum</i>	56		2
	<i>Coelosphaerium sp.</i>	14		2		<i>Monoraphidium contortum</i>	200		1
	<i>Gomphosphaeria sp.</i>	50	<i>Gomphosphaeria sp.</i>	3		<i>Monoraphidium minutum</i>	79		2
	<i>Merismopedia sp.</i>	5		2		<i>Monoraphidium sp.</i>	140		2
	<i>Microcystis wesenbergii</i>	80		2		<i>Nephroclamyx sp.</i>	44		2
	Oscillatoriaceae	10	<i>Oscillatoria limnetica</i>	2		<i>Nephrocystium sp.</i>	500		3
	<i>Planktothrix agardhii</i>	65		2		<i>Oocystis sp.</i>	97		2
	<i>Planktothrix suspensa</i>	20		1		<i>Pandorina morum</i>	859		2
	<i>Pseudanabaena catenata</i>	9		1		<i>Pediastrum asymmetricum</i>	55		2
	<i>Pseudanabaena galata</i>	13		2		<i>Pediastrum boryanum</i>	183		2
	<i>Pseudanabaena limnetica</i>	20		1		<i>Pediastrum duplex</i>	106		2
	<i>Acanthoceras zachariasii</i>	2687		2		<i>Pediastrum tetras</i>	40		2
	<i>Asterionella formosa</i>	291		2		<i>Planctonema lauterbornii</i>	94		2
<i>Aulacoseira ambigua</i>	388		2	<i>Quadricoccus ellipticus</i>	56		2		
<i>Aulacoseira distans</i>	252		2	<i>Quadricoccus sp.</i>	24	<i>Quadricoccus verrucosus</i>	2		
<i>Aulacoseira granulata</i>	1261		2	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	98		2		
<i>Aulacoseira sp.</i>	84		1	<i>Scenedesmus bernardii</i>	127		2		
<i>Cocconeis placentula</i>	4888		2	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	54		2		
<i>Cyclostephanos dubius</i>	670		2	<i>Scenedesmus denticulatus</i>	86		2		
<i>Cyclotella asterocostata</i>	3154		2	<i>Scenedesmus intermedius</i>	11		2		
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1773		2	<i>Scenedesmus longispina</i>	45		2		
<i>Cyclotella sp.</i>	400		1	<i>Scenedesmus obtusus</i>	300	<i>Scenedesmus sp.</i>	1		
<i>Cyclotella stelligera</i>	361		2	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	116		2		
<i>Fragilaria berolinensis</i>	204		2	<i>Scenedesmus sp.</i>	139	<i>Scenedesmus protuberans</i>	2		
<i>Fragilaria crotonensis</i>	1395		2	<i>Scenedesmus spinosus</i>	2		2		
<i>Melostra varians</i>	1737		2	<i>Schroederia sp.</i>	327	<i>Schroederia spiralis</i>	2		
<i>Nitzschia acicularis</i>	424		2	<i>Selenodictyum brasiliense</i>	83		2		
<i>Nitzschia fruticosa</i>	241		2	<i>Sphaerellopsis sp.</i>	100	<i>Sphaerellopsis sp.</i>	3		
<i>Nitzschia longissima</i>	771		2	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	350		3		
<i>Nitzschia sp.</i>	290		1	<i>Spondylosium sp.</i>	10000	<i>Spondylosium sp.</i>	3		
<i>Skeletonema potamos</i>	83		2	<i>Staurastrum dorsidentiferum var. ornatum</i>	726	<i>Staurastrum sp.</i>	2		
<i>Stephanodiscus sp.</i>	484		2	<i>Staurastrum sp.</i>	726		2		
<i>Synedra acus</i>	1373		2	<i>Tetraedron minimum</i>	68		2		
<i>Synedra inaequalis</i>	990	<i>Synedra sp.</i>	2	<i>Tetraedron sp.</i>	78	<i>Tetraedron caudatum</i>	2		
<i>Synedra sp.</i>	990		2	<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	16		2		
<i>Synedra ulna</i>	3923		2	<i>Tetrastrum sp.</i>	13	<i>Tetrastrum elegans</i>	2		
<i>Thalassiosira sp.</i>	1263	<i>Thalassiosira guillardii</i>	2	<i>Tetrastrum staurigeniaeforme</i>	38		2		
<i>Urosolenia eriensis</i>	1940		2	<i>Tetrastrum triacanthum</i>	28		2		
<i>Urosolenia longiseta</i>	1267		2	<i>Treubaria sp.</i>	302		2		
緑藻類	<i>Actinastrum hantzschii var. fluviale</i>	161		2	クリプト藻類	<i>Cryptomonas sp.</i>	842		2
	<i>Carteria sp.</i>	757		2	CRYPTOMONADALES	1500		1	
	Chlamydomonadaceae	169		2	<i>Peridinium bipes</i>	7131		2	
	<i>Chlamydomonas sp.</i>	464		2	<i>Peridinium sp.</i>	2376		2	
	<i>Chlorogonium sp.</i>	142		2	PERIDINIALES	-		-	
	<i>Chodatella citrifomis</i>	482		2	<i>Dinobryon divergens</i>	146		2	
	<i>Chodatella quadriseta</i>	64		2	黄金色藻類	<i>Mallomonas sp.</i>	480		2
	<i>Chodatella sp.</i>	46		2	<i>Synura sp.</i>	226		2	
	<i>Closterium sp.</i>	1190		2	<i>Uroglena sp.</i>	150		3	
	<i>Coelastrum astroideum</i>	450		1	黄緑藻類	<i>Dichotomococcus curvatus</i>	47		2
	<i>Coelastrum microporum</i>	226		2	<i>Euglena sp.</i>	11643		2	
	<i>Coelastrum sp.</i>	160	<i>Coelastrum cambricum</i>	2	<i>Phacus sp.</i>	2059		2	
	<i>Coelastrum sphaericum</i>	62		2	ミドリムシ藻類	<i>Trachelomonas sp.</i>	1630		2
	<i>Cosmarium sp.</i>	882		2	<i>Trachelomonas volvocina</i>	1834		2	
	<i>Crucigenia crucifera</i>	64		2	その他の藻類	不明鞭毛藻類	22		2
<i>Dicellula sp.</i>	-		-						

1: 霞ヶ浦 (未発表), 2: 牛久沼 (未発表), 3: 琵琶湖 (私伝)

資料 2 動物プランクトンの乾燥重量及び体長 - 乾燥重量換算式

分類群	本調査期間中に出現した種類	湿重量(mg) 10 ³ 個体当たり	湿重量(ug/ind) 1個体当たり	乾燥重量(ug/ind) 1個体当たり	体長-乾燥重量換算式の係数 ^{※1} β	引用した種類	出典	
絨毛虫類	<i>Didinium sp.</i>	500	0.5	0.05	-	<i>Didinium nasutum</i>	1	
	<i>Paradileptus sp.</i>	1000	1	0.1	-	<i>Paradileptus elephaninus</i>	1	
	Suctorida	49	0.05	0.005	-	Suctoridaの18種の平均値	1	
	Epistylidae	132	0.13	0.013	-	Epistylidaeの9種の平均値	1	
	<i>Vorticella sp.</i>	54	0.05	0.005	-	<i>Vorticella sp.</i> の11種の平均値	1	
	Peritrichida	89	0.09	0.009	-	Peritrichidaの20種の平均値	1	
	<i>Tintinnidium sp.</i>	43	0.04	0.004	-	<i>Tintinnidium sp.</i> の3種の平均値	1	
	<i>Tintinnopsis cratera</i>	20	0.02	0.002	-	<i>Tintinnopsis cratera</i>	1	
	<i>Tintinnopsis sp.</i>	20	0.02	0.002	-	Oligotrichidaの12種の平均値	1	
	Oligotrichida	33	0.03	0.003	-	-	1	
	CILIOPHORA	-	-	-	-	-	-	1
	<i>Anuraeopsis fissa</i>	-	-	0.07	-	-	-	3
	<i>Brachionus angularis</i>	-	-	0.028	-	-	-	2
	<i>Brachionus calyciflorus</i>	-	-	0.2	-	-	-	3
<i>Brachionus forficula</i>	-	-	0.022	-	-	-	2	
<i>Brachionus quadridentatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Brachionus sp.</i>	-	-	0.2	-	-	<i>Brachionus calyciflorus</i>	3	
<i>Keratella cochlearis</i>	-	-	0.07	-	-	-	3	
<i>Keratella quadrata</i>	-	-	0.07	-	-	-	3	
輪虫類	<i>Monostyla sp.</i>	-	-	-	-	-	-	
<i>Trichocerca sp.</i>	-	-	0.1	-	-	<i>Trichocerca inermis</i>	3	
<i>Polyarthra sp.</i>	-	-	0.74	-	-	<i>Polyarthra spp.</i>	2	
<i>Synchaeta sp.</i>	-	-	0.2	-	-	<i>Synchaeta sylvata</i>	3	
<i>Asplanchna sp.</i>	-	-	0.525	-	-	-	4	
<i>Filinia longiseta</i>	-	-	0.15	-	-	-	3	
<i>Conochilus sp.</i>	-	-	0.015	-	-	<i>Conochilus hippocrepis</i>	3	
<i>Collotheca sp.</i>	-	-	0.1	-	-	<i>Collotheca cornuta</i>	3	
Philodinidae	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Diaphanosoma sp.</i>	-	-	1.624	-	3.05	-	3	
<i>Daphnia galeata</i>	-	-	1.468	-	2.83	<i>Daphnia sp.</i>	3	
<i>Daphnia sp.</i>	-	-	1.468	-	2.83	-	3	
<i>Moina micrura</i>	-	-	2.562	-	3.34	<i>Moina sp.</i>	3	
<i>Moina sp.</i>	-	-	2.562	-	3.34	-	3	
<i>Bosmina longirostris</i>	-	-	3.09	-	3.04	<i>Alona sp.</i>	3	
<i>Alona sp.</i>	-	-	3.391	-	3.48	-	4	
<i>Chydorus sphaericus</i>	-	-	4.493	-	3.93	-	4	
<i>Leptodora kindtii</i>	-	-	-0.821	-	2.67	-	5	
Cladocera	-	-	-	-	-	-	-	
copepodid of Calanoida	-	-	1.468	-	2.83	<i>Daphnia sp.</i>	3	
<i>Eucyclops sp.</i>	-	-	1.953	-	2.4	Calanoid Copepodid	3	
<i>Mesocyclops sp.</i>	-	-	1.953	-	2.4	Calanoid Copepodid	3	
copepodid of Cyclopoidea	-	-	1.953	-	2.4	Calanoid Copepodid	3	
nauplius of Copepoda	-	-	1.953	-	2.4	Cyclopoide Copepodid Nauplii	3	

1: Foissner et al.(1996), 2: Urabe(1992), 3: Bottrell et al.(1976), 4: Dumont et al.(1975), 5: Rosen(1981)

※1 $\ln(DW) = \ln(\alpha) + \beta \ln(BL)$ DW: 乾燥重量 (μg), BL: 体長 (mm)

1-4 2013年度の霞ヶ浦におけるフィコシアニン濃度の推移とアオコの発生要因との関係

大内 孝雄, 小日向 寿夫, 中村 剛也, 神谷 航一

Relationship between phycocyanin concentration and factors that influence blue-green algae in Lake Kasumigaura

Takao OUCHI, Hisao KOBINATA, Koya NAKAMURA, Koichi KAMIYA

キーワード: 霞ヶ浦, アオコ, フィコシアニン, 気象, 水温, 栄養塩

1 はじめに

浮遊性藍藻類が増殖して湖面に集積する「アオコ」現象は、湖面を緑色に呈して景観を悪化させるだけでなく、集積により腐敗して悪臭の原因となる。

霞ヶ浦では1960年代ごろから富栄養化が進行し、それに伴い「アオコ」現象が起こるようになった。その後、2000年代には大規模な発生はみられなくなったが、2011年に13年ぶりに集積したプランクトンの回収が必要となるほどの大発生となった。また、翌2012年も2011年ほどではないものの、回収が必要となるほどの発生量であった。

アオコの発生抑制のためには栄養塩の削減が根本的な対策となるが、湖面への集積による景観の悪化や腐敗による悪臭を防止するため、回収や攪拌などの対策も取られている。そのような対策を講じる上で、アオコの発生時期・場所を予測することが必要である。

当センターでは、2012年から夏季に週1回程度の頻度で水質調査を実施し、その結果を「アオコ情報」として発信している。本報告では、その調査結果をまとめて報告するとともに、それと気象条件等を照らし合わせてアオコ発生に寄与した環境要因について考察する。

2 調査方法

調査は2013年6月4日から9月18日までに週に1回程度の頻度で実施した。調査地点は、アオコが発生しやすい場所と風による吹き寄せ元と

考えられる場所を考慮し、Fig. 1のとおり西浦で5地点、北浦で3地点を選定した。

採水については、アオコの原因となる藍藻類が湖面に浮遊することから、水面から20 cmまでの湖水を直径10 cmのカラムを用いて鉛直採水した。

水質分析方法については、連続流れ分析法により窒素リン自動分析装置 (BRAN+LUEBBE, AutoAnalyzer3) で全窒素・全リン (TN, TP) を、形態別窒素リン自動分析装置 (BRAN+LUEBBE, AACS-II) で各態窒素・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については、湖水を一定量ろ過して10 mMリン酸緩衝液 (pH=7.0) で抽出し、蛍光光度計 (HITACHI, F-4500) を用いて検量線法で測定した。また、クロロフィル濃度は湖水を一定量ろ過してエタノールで抽出し、吸光光度計 (SHIMADZU, UV-2550) を用いてユネスコ法²⁾で算出した。

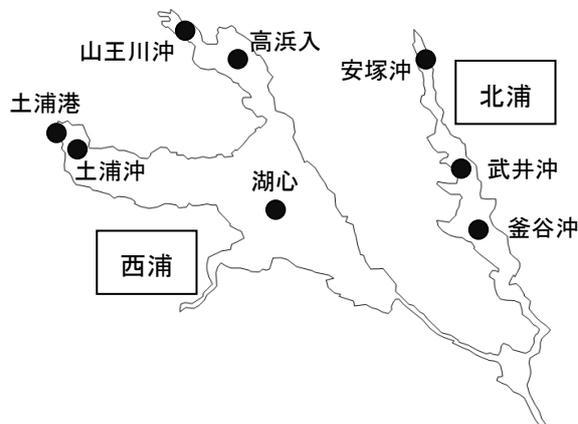


Fig. 1 調査地点

3 結果と考察

3.1 平成 25 年度のアオコ発生状況

本調査ではアオコ現存量の指標として、フィコシアニン濃度を測定した。フィコシアニンは植物プランクトンの中でも藍藻類や紅藻類に含まれている色素である。植物プランクトンの指標としては、クロロフィル濃度が一般的であるが、クロロフィル濃度は植物プランクトン総量の指標であるのに対し、フィコシアニン濃度は夏季の霞ヶ浦ではアオコの原因となる藍藻類の指標として用いることができると考えられる³⁾。

西浦で 200 $\mu\text{g/L}$ 以上が継続して観測された土浦港、土浦沖、山王川沖の濃度の推移 (Fig. 2(a)) と北浦の安塚沖、武井沖、釜谷沖のフィコシアニン濃度の推移 (Fig. 2(b)) を示す。今年度フィコシアニン濃度が最も高かった地点は土浦港で約 1600 $\mu\text{g/L}$ (アオコが薄い膜状に湖面を覆う程度) まで上昇した。なお、このときの植物プランクトンの組成は藍藻類が優占しており、主に

Microcystis 属, *Anabaena* 属, *Pseudanabaena* 属であった。また、土浦港、武井沖のフィコシアニン濃度は、土浦港では昨年度のほうが高く、武井沖では今年度のほうがやや高かった。

Fig. 3 に、西浦・北浦それぞれで高い濃度となった土浦港及び武井沖について、平成 25 年度と 24 年度の濃度の推移を示した。土浦港では平成 25 年度はフィコシアニン濃度が最高約 1600 $\mu\text{g/L}$ であったに対し、24 年度は約 74000 $\mu\text{g/L}$ まで観測されており、平成 25 年度のほうが前年度より大幅に低かった。武井沖では平成 24 年度は 100 $\mu\text{g/L}$ 程度で推移しており、25 年度は 24 年度よりやや高かった。

3.2 気象条件とフィコシアニン濃度の推移

土浦港におけるフィコシアニン濃度の推移と日照時間 (土浦)⁴⁾ の関係を Fig. 4 に示す。アオコの原因は植物プランクトンであり、光合成をするために光を必要とする。Fig. 4 をみると、

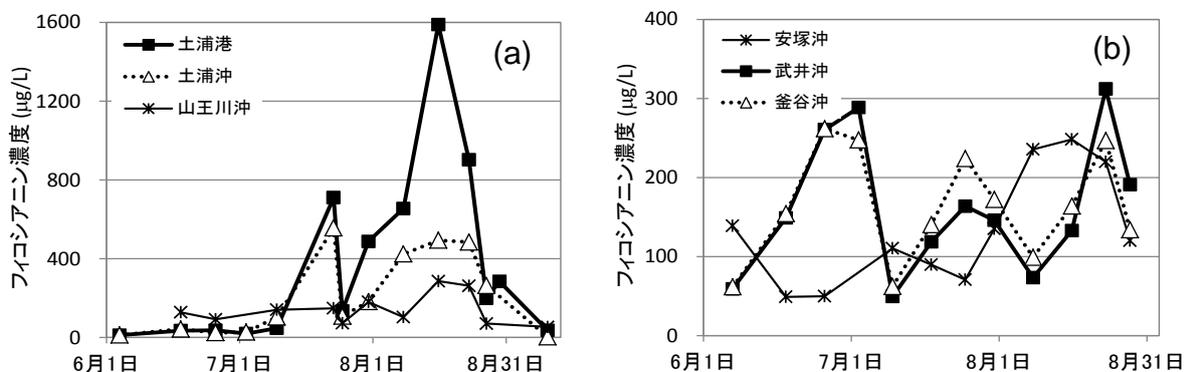


Fig. 2 平成 25 年度のフィコシアニン濃度の推移 ((a)西浦, (b)北浦)

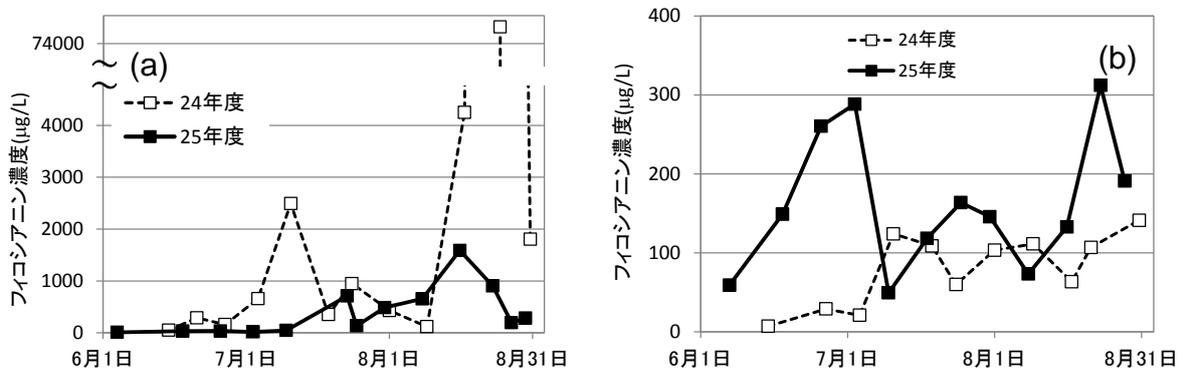


Fig. 3 平成 25 年度と 24 年度のフィコシアニン濃度の比較 ((a)土浦港, (b)武井沖)

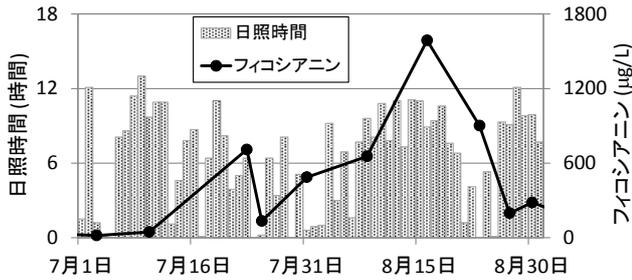


Fig. 4 土浦沖におけるフィコシアニン濃度と日照時間（土浦）⁴⁾の関係

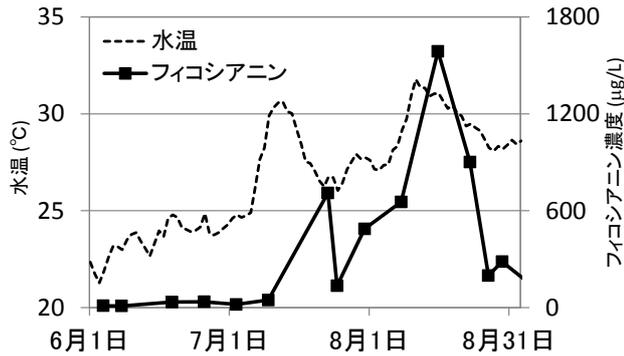


Fig. 5 土浦沖のフィコシアニン濃度と水温（掛馬沖）⁵⁾の関係

明確ではないものの日照時間が長い日が続くとフィコシアニン濃度が上昇するような傾向が見て取れる。次に、土浦港におけるフィコシアニン濃度の推移と水温（掛馬沖、午前1時間ごとの測定値を平均した）⁵⁾を Fig. 5 に示す。Fig. 5 より、7月上旬から中旬と8月中旬に高水温が続き、その後にフィコシアニン濃度が顕著に上昇した。霞ヶ浦においてアオコの主な原因となる *Microcystis* 属は、高水温で増殖速度が大きくなり、34℃前後で最大との報告がある⁶⁾。平成25年度の掛馬沖では、水温が34℃以上の日はなかったため、より高水温のほうが *Microcystis* の増殖に適していることから、高水温の持続が大量増殖のきっかけになった可能性がある。

次に、風向・風速との関係について述べる。アオコは湖面に浮遊するため風の影響を受けやすく、風による吹き寄せや風浪によってアオコが拡散するなどの影響が考えられる。Fig. 6 に土浦港におけるフィコシアニン濃度と土浦

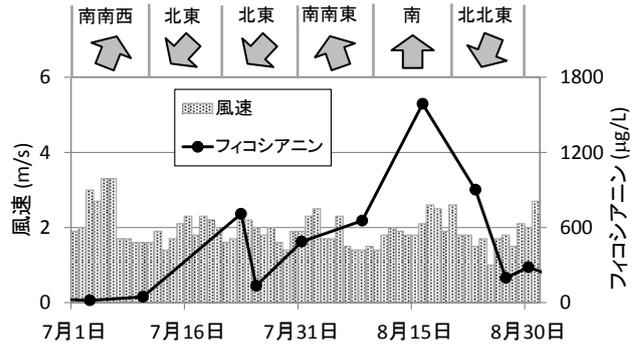


Fig. 6 土浦沖のフィコシアニン濃度と風向・風速（土浦）⁴⁾の関係

の風向・風速⁴⁾の関係を示す。風速については約4 m/sを超すと、アオコの群体が垂直方向に分散する⁷⁾が、平成25年度の土浦において、平均風速が4 m/sを超す日はなかった。一方、風向に関しては、フィコシアニン濃度が上昇した7月中旬の最多風向は北東であったので、7月において土浦沖への風の吹き寄せ効果は小さかったと考えられるが、フィコシアニン濃度が再び上昇した8月上旬から中旬にかけては最多風向が南南東で、風による吹き寄せで濃度上昇が引き起こされた可能性がある。また、濃度が低下した8月下旬は北北東であったため、集積したアオコが湖内の南側に流れて土浦沖の濃度が減少した可能性がある。

次に、土浦港におけるフィコシアニン濃度と24時間降水量（土浦）⁴⁾の関係を Fig. 7 に示す。降雨は流入水量の増加等により湖水を攪拌させるので、アオコの群体を散らばせて、集積を抑制する効果があると考えられる。7月下旬にフィコシアニン濃度が低下しているが、この時

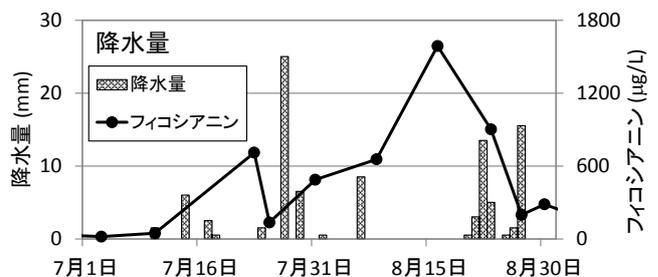


Fig. 7 土浦沖のフィコシアニン濃度と24時間降水量（土浦）⁴⁾の関係

期は降水量が少ないため、降雨以外の要因が考えられる。一方、8月下旬の濃度低下に関してはまとまった降雨が観測されているため、降雨によってアオコが抑制された可能性がある。

3.3 水質（栄養塩）の状況

土浦港のフィコシアニン濃度と土浦港及び吹き寄せ元と考えられる土浦沖の溶存無機窒素濃度（DIN）の関係を Fig. 8 に示す。藍藻類が優占するのに適した DIN の濃度は 0.1 mg/L 以上である⁸⁾が、アオコが発生していない6月には両地点とも藍藻類が増殖するのに十分な DIN であった。土浦港のフィコシアニン濃度が上昇した7月中旬には、土浦沖で DIN が枯渇した状態になり、土浦港でも濃度が低下（約 0.1 mg/L）した。そして、その後にフィコシアニン濃度が低下した。このことから、7月下旬の

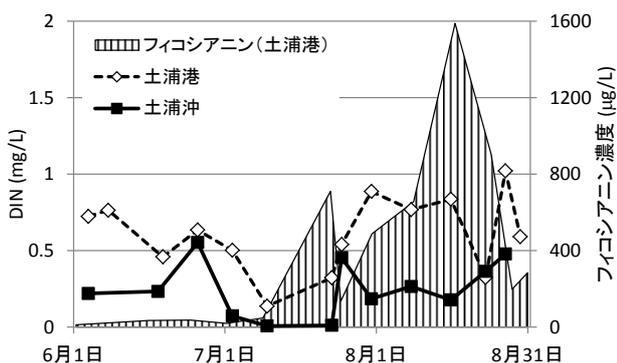


Fig. 8 土浦沖，土浦港の溶存無機窒素濃度（DIN）と土浦港のフィコシアニン濃度

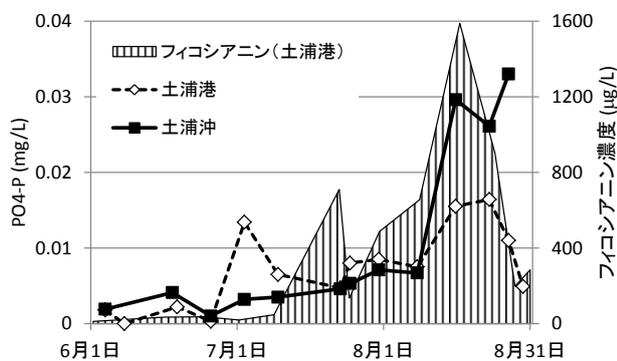


Fig. 9 土浦沖，土浦港の PO₄-P と土浦港のフィコシアニン濃度

濃度低下は直前の栄養塩窒素の枯渇がアオコの発生を抑制した可能性がある。なお、アオコの原因となる *Microcystis* は DIN が枯渇しているときでも数回分裂することができ、例えば *M. aeruginosa* は 2.2 回（日数にして約 6 日間）分裂することができる⁹⁾。そのため、今回の調査では DIN の枯渇からフィコシアニン濃度の低下まで時間のずれがあったと考えられる。また、8月下旬のフィコシアニン濃度の低下に関しては、土浦港のほか土浦沖でも植物プランクトンの増殖に十分な DIN であったため、窒素以外の要因が考えられる。

一方、リンに関しては、8月中旬までリン酸は低濃度で推移していたものの、枯渇はしておらず、また、フィコシアニンの増加に連動するような減少はみられなかった（Fig. 9）。

3.4 重回帰分析による予測式

これまでの結果より、フィコシアニン濃度との相関がみられた気象条件等の要素について、重回帰分析を行った。回帰式として、フィコシアニン濃度を求める式を、測定 1 週間前の平均水温、最多風向が南～東方向の日数、降水量、前回調査での DIN、PO₄-P の濃度の一次多項式として求めた。その結果、Table 1 のような偏回帰係数が求められた。これより、変数が増加するとフィコシアニン濃度が増加すると考えられる「水温」「風向」に関しては、偏回帰係数が正の値、変数が増加すると減少すると考えられる「降水量」については偏回帰係数が負の値となり、それら 3 つの要素については妥当な結果が得られた。しかし、正の相関があると考えられる「DIN」「PO₄-P」は負の値であった。これは、栄養塩については枯渇しないとアオコ（植物プランクトン）に栄養塩が取り込まれた結果が反映されたと推測される。

このため、「DIN」と「PO₄-P」を除いて、再度解析をすると、Table 2 のような結果が得られた。

Table 1 重回帰分析による偏回帰係数

変数名	偏回帰係数
水温	291
風向	129
降水量	-3
DIN	-542
PO ₄ -P	-48401

ここでの標準偏回帰係数とは、各変数の値の大きさが違うので、いずれの変数も平均0、分散1になるように標準化をして、偏回帰係数の重みをそれぞれ合わせたものである。この係数の大きさをみると、水温の標準偏回帰係数が大きいことがわかる。このことは、平成25年度の土浦港では、アオコの発生に水温が大きく寄与したことを示唆している。

Table 2 栄養塩の変数を除いた偏回帰係数と標準偏回帰係数

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数
水温	205	0.8
風向	50	0.2
降水量	-10	-0.3

4 まとめ

本調査研究では、平成25年夏季に週1回程度の頻度で霞ヶ浦の調査をし、フィコシアニン濃度を分析してアオコの現存量の推移を観測した。調査地点の中で、一番濃度が高かった地点は、西浦は土浦港で最高1600 µg/Lであった。北浦では、調査3地点でいずれも200 µg/L程度で推移した。

また、その濃度と気象等との関係を見ると、アオコの増殖要因として、水温、風向、DINの不足等が考えられた。重回帰分析を行ったところ、それらのうち、水温が大きく寄与していることが示唆された。ただし、得られた偏回帰係数を予測式とするには、データを蓄積して、式の精度を高める必要がある。

5 参考文献

- 1) 国土交通省 霞ヶ浦河川事務所 web ページ (http://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/kasumi_index036.html, アオコ対策作業状況)
- 2) 西条八束, 三田村緒佐武(1995): 新編湖沼調査法. 講談社サイエンティフィク, 189-191.
- 3) 小日向寿夫, 中村剛也, 大内孝雄, 神谷航一, 北村立実, 花町優次 (2013): フィコシアニンを指標とした霞ヶ浦のアオコの発生状況と発生要因について, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, **8**, 70-78.
- 4) 気象庁データ (<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 気象統計情報)
- 5) 掛馬水質自動観測所水質データ (参考値). 独立行政法人 水資源機構より提供.
- 6) 佐々木道也 (1975): アオコ(microcystis sp.)の増殖に関与する諸要因について, 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, **12**, 17-24.
- 7) 岩佐義朗 (1990): 湖沼工学, 山海堂, pp372-374.
- 8) Oliver, R. and Ganf, G. G. (2000): Freshwater Blooms, in "The ecology of cyanobacteria - Their Diversity in Time and Space" (Ed. Whitton, B. A. and M. Potts), pp.149-194. Kluwer Academic Publishers, New York.
- 9) 中原紘之 (1993): 4 藍藻類. 水産学シリーズ 95 水域の窒素:リン比と水産生物, 吉田 陽一 (編著): 51-62. 恒星社厚生閣, 東京.

1-5 銚田川流域における河川、土壌及び地下水の窒素濃度の分布

北村 立実, 鈴木 雄一*, 江口 定夫**, 吉尾 卓宏, 大内 孝雄, 黒田 久雄***

Distribution of Nitrogen Concentration in River, Soil and Ground Water in Hokota River Basin

Tatsumi KITAMURA, Yuichi SUZUKI, Sadao EGUCHI, Takahiro YOSHIO, Takao OUCHI, Hisao KURODA

キーワード：銚田川流域, 窒素濃度, 土壌鉛直分布, 井戸水, 浸出水

1 はじめに

銚田川の窒素濃度は長年上昇傾向にあり, 特に平成 17 年頃から顕著に上昇している。これまで銚田川の支流においても平水時に窒素濃度が約 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 (NO₃-N) であることが明らかになっている¹⁾。また, 銚田川の窒素安定同位体比を分析した結果, 家畜排せつ物由来の窒素が多い可能性が示唆された²⁾。銚田川流域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土壌を通して河川に流出していることが考えられる。銚田川流域は畑地の他に森林や市街地, それに畑地として使われなくなった荒地等がある。土壌に窒素が投入された場合, 土壌の溶脱や地下水の移流によって畑地以外の土地利用の土壌中にも高濃度の窒素が広がっている可能性がある。畑地等の窒素の投入が多い地域で高濃度の NO₃-N が地下水に分布していること³⁾⁴⁾や深さ 1 m 以内の表層土壌中の窒素の動態については多く報告されているが⁵⁾⁶⁾, 土壌本体の鉛直方向の窒素の動態について検討した例は少ない。

そこで, 本研究では河川の水質調査に加え, 市街地, 森林, 荒地, 畑地と 4 種類の土地利用において 10 m の深さまで土壌を採取し, 分析することで, 銚田川流域土壌の鉛直方向の窒素濃度の分布を把握した。さらに, 銚田川流域の土壌間隙水や井戸水, 台地から浸み出してくる浸出水についても調査し, 河川や土壌間隙水, 地下水の窒素濃度の分布を把握した。

2 調査方法

2.1 試料採取

銚田川流域の概要は既報²⁾に示したとおりであり, 畑地が 35%と最も多く, 次いで森林が 26%, 市街地が 11%, 水田 (不作付田, 転作田含む) が 11%, その他 17%と畑地が広く分布し, 下流域では市街地が集中している。調査地点を Fig. 1 に示した。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。ボーリング調査は平成 25 年 11 月に市街地 (B1), 12 月に畑地 (B2), 2 月に荒地 (B3), 3 月に森林 (B4) で行った。ボーリング調査地点の標高は, B1 は 5.4 m, B2 は 30.5 m, B3 は 22.6 m, B4 は 19.1 m と B2~B4 は台地の上である。B1 の市街地と B4 の森林は 35 年前から土地利用に変化はなかった。B2 の畑地は 10 年ほど休耕しているが, それまではらっきょう

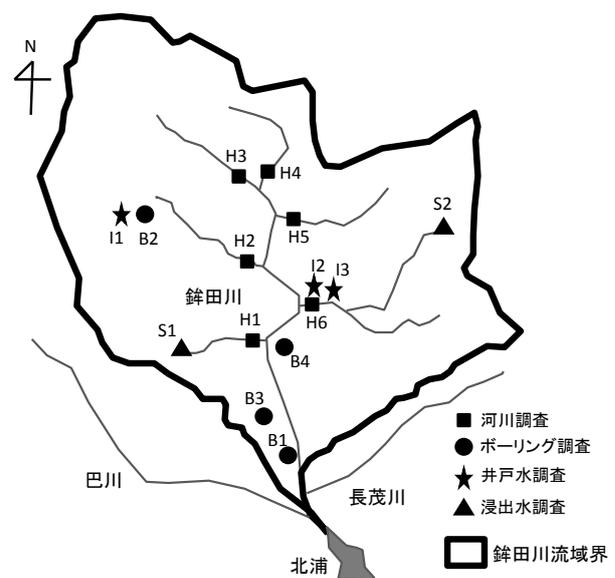


Fig. 1 調査地点

*県農業総合センター農業研究所

**農業環境技術研究所

***茨城大学

や薬物等を栽培していた。B3の荒地は、35年前は畑地であった可能性が高く、約10年前は市営プールであった。土壌採取はボーリングマシンによって直径0.1m、深さ10mを掘り、土性の変化に応じて層別に採取した。地下水調査は平成26年2月にI1~3の3地点で台地に位置する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。台地からの浸出水の調査は平成26年2月に行いS1, S2の2地点で、台地から浸み出している部分に小さな堰を作り、水をためてから採取した。浸出水が流出している台地には畑地が広く分布していた。

2.2 分析方法

土壌本体の分析項目はT-N, NO₃-N, アンモニア態窒素(NH₄-N)とした。T-Nは105°Cで乾燥した土壌をメノウ乳鉢で破碎した後、元素分析計(Eurovector, EuroEA3000)で分析した。NO₃-Nは風乾土壌を10g採取し、200mL三角フラスコに入れ、(1mol/L)KCl溶液50mLを添加した。その後、振とう機で30分攪拌させ、上澄水をろ紙でろ過し、ろ液を銅・カドミウム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法に基づいて分析した。NH₄-Nは風乾土壌を10g採取し、200mL三角フラスコに入れ、(1mol/L)KCl溶液50mLを添加した。その後、振とう機で30分攪拌させ、上澄水をろ紙でろ過し、ろ液をガス拡散/フローインジェクション吸光光度法に基づいて分析した。

河川水、土壌の間隙水、地下水、台地からの浸出水の分析項目はT-N, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-Nとした。土壌の間隙水は湿潤土壌を10,000rpmで遠心分離し間隙水を採取した。遠心分離で採取できなかった場合は遠沈管に土壌10gを入れ、そこに蒸留水を10mL添加し、約5秒間振り混ぜてから3,000rpmで遠心分離した後、液相を採取することで間隙水とした。この水を分析した場合は添加した水の希釈率を換算した。前処理として、採取した河川水、土壌間隙水、地下水、台地からの

浸出水は1μmのろ紙(Whatman, GF/B)でろ過し、分析に供した。T-Nはオートアナライザー(BRAN+LUEBBE, AutoAnalyzer3)で分析し、NO₃-N, NO₂-N, NH₄-Nはオートアナライザー(BRAN+LUEBBE, AACS-II)で分析した。

3 結果と考察

3.1 鉾田川流域の窒素分布

Table 1に鉾田川支流の窒素濃度について年平均値を示した。すべての地点でT-N濃度で5mgN/Lを超え、H2, H5, H6では10mgN/Lを超えた。全体的に高濃度の窒素が鉾田川本流に流れ込んでいた。窒素成分としてはNO₃-N濃度がほとんどを占めた。H6ではNO₂-N濃度やNH₄-N濃度も高く、他の支流と違う傾向を示した。これらの窒素濃度は平成24年度に行った河川調査と同程度であり¹⁾、定常的に高濃度の窒素が流入していると考えられた。

3.2 土壌の窒素分布

Fig. 2にB1~B2の4か所の土壌鉛直方向の窒素濃度の分布を示した。B1の市街地の土壌は220cmの深さに厚さ50cmのコンクリートが確認され、270cmまでは客土であると考えられた。それより深い層ではシルト質が続き黒い色をしていた。また、深さ461cmでは地下水が確認された。土壌のT-N濃度はシルト質の層で高く、540cmの深さで15.8gN/kg-dryと最も高くなり、NH₄-N濃度が321mgN/kg-dryと最も高かった。NO₃-N濃度は1.0mgN/kg-dry以下とほとんど検出されなかった。土壌間隙水もNH₄-N濃度が高かった。B1の調査地点のすぐ近くを鉾田川が流れているが、河川の水

Table 1 鉾田川支流における年平均窒素濃度

	T-N		NO ₃ -N		NO ₂ -N		NH ₄ -N	
	Ave. mg/L	S.D. mg/L	Ave. mg/L	S.D. mg/L	Ave. mg/L	S.D. mg/L	Ave. mg/L	S.D. mg/L
H1	8.5	2.0	7.7	1.8	0.05	0.03	0.20	0.37
H2	10.9	1.3	10.2	1.3	0.02	0.01	0.03	0.01
H3	6.1	2.7	5.6	2.8	0.02	0.01	0.06	0.03
H4	8.6	2.7	7.9	2.6	0.04	0.02	0.04	0.01
H5	12.9	2.5	12.2	2.5	0.04	0.01	0.08	0.05
H6	11.5	4.7	8.6	3.7	0.87	0.83	1.3	1.3
	n=12	n=12	n=12	n=12	n=12	n=12	n=12	n=12

位よりも地下水位の方が低かった。このことから、市街地の地下水は銚田川に流出せず、その場にとどまっている可能性があると考えられた。

B2の畑地は50 cmまでは耕作土であり、それより以深では砂質であった。また、深さ905 cmでは地下水が確認された。土壌の窒素は耕作土で3.9 gN/kg-dryと最も高かったが、それ以深ではほとんど検出されなかった。土壌のNO₃-N濃度は50 cm～430 cmの範囲で最高72.2 mgN/kg-dryと高くなり、430 cmより深い層では5 mgN/kg-dry以下と低くなった。NH₄-N濃度は全層で1.0～8.0

mgN/kg-dryで分布していた。土壌間隙水は53 cmより深い層でNO₃-N濃度が9.0 mgN/L以上で分布し、深くなるほど高くなり、深さ800 cm付近では16 mgN/Lであった。NH₄-N濃度は全層で1.0 mgN/L未満と比較的に低濃度で分布した。耕作土よりも深い箇所で土壌中のNO₃-N濃度が高いことから、かつて施肥として投入した窒素が10年以上かけて窒素が移動していることが考えられた。アロフェン質黒ボク土野菜畑で鉛直方向の窒素を調査した例では、1年間に60 cm下方へ土壌の窒素が移動したことが報告されている⁷⁾。それ

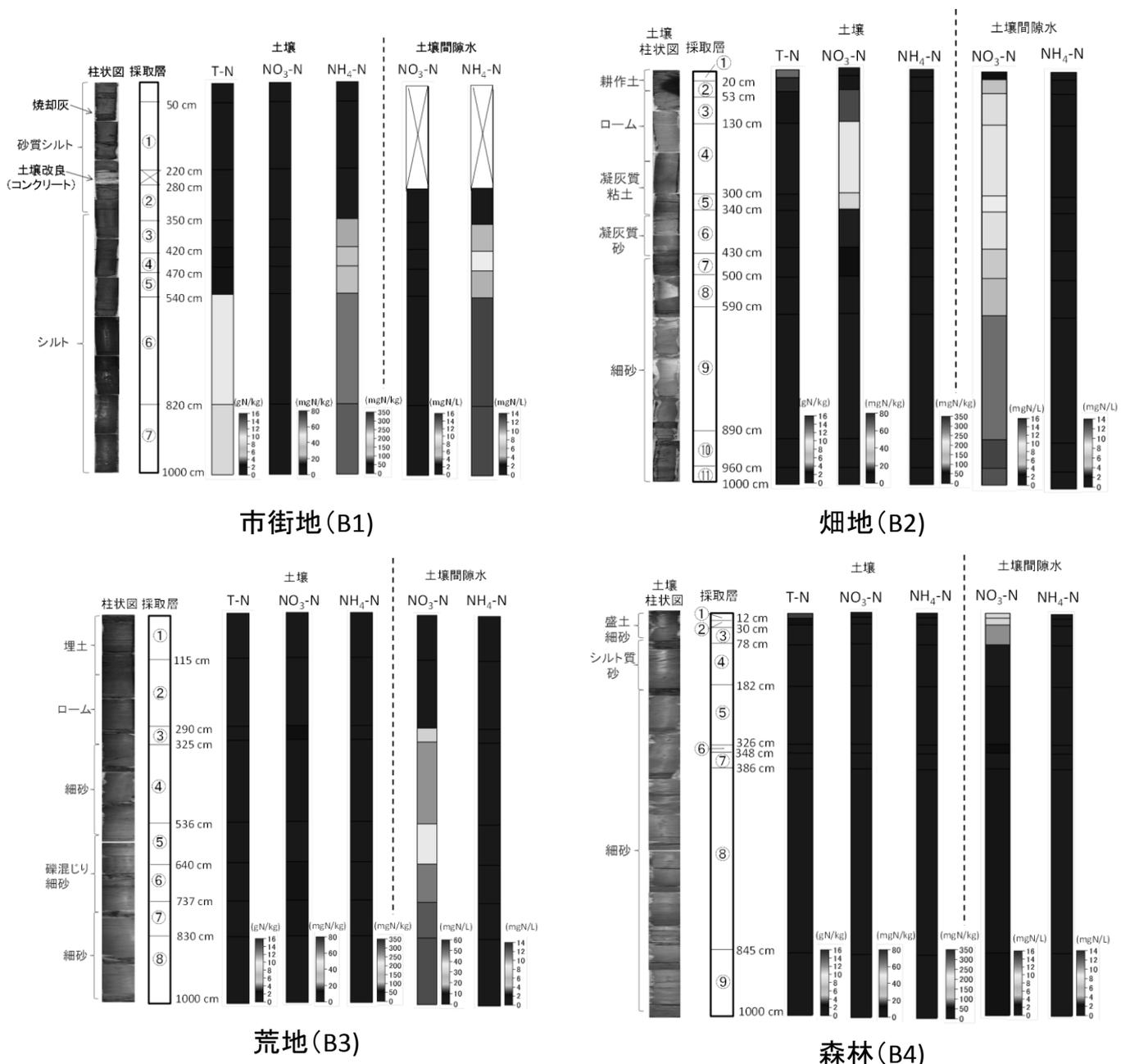


Fig.2 各土地利用における土壌鉛直方向の窒素濃度分布

と比較すると、今回調査した畑地は10年以上かけて約400 cm移動したことから若干移動速度が遅かった。ただし、土性や降水量の違いにより土壌中の窒素の移動速度は異なると考えられる。また、間隙水のNO₃-N濃度が深くなるにつれて高くなっているのは、溶脱した窒素が地下に移動している縦浸透や905 cmに地下水があることから横浸透の影響があると考えられた。

B3の荒地の土壌は140 cmまでは埋土であり、それより以深では砂質であった。土壌の窒素濃度は全層で低濃度であり、290 cmの層で1.4 gN/kg-dryが最も高かった。NH₄-N濃度よりNO₃-N濃度が高い傾向があった。土壌間隙水ではNO₃-N濃度が290 cmより深い層で30 mgN/L以上と高濃度で分布していた。NH₄-N濃度はほとんど検出されなかった。近隣の畑地から高濃度の窒素が流出していたか、もしくは、過去に畑地で施肥されたものがプールで覆われ地下浸透が無くなり、その場でとどまっていたものが、プールを撤去したために浸透が始まった可能性が考えられた。

B4の森林は30 cmくらいの深さまで落ち葉や木くず等の腐食した植物を含んだ土であり、それより以深では砂質であった。土壌の窒素濃度は30 cmまでしか検出されず、表層の3.4 mgN/g-dryが最も高かった。それより深い層ではほとんど検出されなかった。表層部分でNH₄-N濃度が5.7 mgN/kg-dryと最も高く、深くなるにしたがって低下した。NO₃-N濃度は1.0~3.0 mgN/kg-dryの間でほぼ均等に分布した。土壌の間隙水はNO₃-N濃度が高く、表層で8.6 mgN/Lであったが、それより深い層では1.0~3.0 mgN/Lと低くなった。NH₄-N濃度は全層で0.1~0.5 mgN/L程で分布していた。森林の調査地点は低地から台地へ登る途中で行った。台地には畑地が広がっている。おそらく台地から低地に向かって地下水が移流していると考えられるが、荒地と比較すると比較的NO₃-N濃度は低かった。茶畑に近い林地で鉛直方向に土壌水を調査した事例でも、NO₃-N濃度が表層で高い傾向にあるが、茶畑の土壌のような高濃度にはな

っていないことが報告されている⁸⁾。森林は樹木の根から窒素が吸収されていることが考えられる。

3.3 地下水の窒素濃度

Table 2にI1~I3の窒素濃度を示した。地下水はI1で最もT-N濃度が高く10 mg/Lを超えた。次にI2で高く、集落に位置するI3では最も低かった。窒素成分のほとんどが硝酸態の窒素であった。I1はボーリング調査地点をした畑地に隣接している住宅の井戸水を採取したものであり、井戸の深度とボーリング調査で見られた地下水の深さはほぼ一致しており、NO₃-N濃度も同程度の濃度であった。このことから、I1の地下水は畑地の地下水とつながっており、I1周辺の地下水は高濃度で分布していることが考えられた。I3は他の地点と比較して低濃度であったが、2月4日は降雪があったこと、井戸の深度も比較的浅いことから降雪によって地下水の窒素濃度が希釈された可能性が考えられた。

3.4 台地からの浸出水の窒素濃度

Table 3にS1およびS2の窒素濃度を示した。河川調査では銚田川の本流に合流する直前の支流で調査しているが、S1の河川H1の水質はT-Nで8.5mgN/L、S2の河川H6は11.5 mgN/Lであったことから、支流の途中で別の浸出水が高濃度の窒素を含んで流入していることが考えられた。

Table 2 井戸水の窒素濃度

採水日	井戸深度 m	T-N mg/L	NO ₃ -N mg/L	NO ₂ -N mg/L	NH ₄ -N mg/L
I1 2月7日	10	16.34	16.06	0.13	0.15
I2 2月7日	40	4.91	4.78	<0.01	0.01
I3 2月4日	8	1.69	1.57	<0.01	0.02

Table 3 台地からの浸出水の窒素濃度

採水日	T-N mg/L	NO ₃ -N mg/L	NO ₂ -N mg/L	NH ₄ -N mg/L
S1 2月4日	3.80	3.60	<0.01	0.03
S2 2月4日	7.54	7.33	<0.01	0.02

4 まとめ

本研究において銚田川流域の河川、土壌、地下水の水質の分布状況を把握した。その結果、以下のような知見が得られた。

- ・銚田川のすべての支流から高濃度の窒素が流入しており、ほとんどが $\text{NO}_3\text{-N}$ であった。
- ・市街地は土壌の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高く、地下水は銚田川に流出せず、その場にとどまっている可能性が考えられた。
- ・畑地は土壌及び間隙水ともに $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高いことから、かつて施肥によって投入された窒素が土壌中に溶脱していると考えられた。
- ・荒地は土壌本体には窒素濃度は低かったが、間隙水中に高濃度の $\text{NO}_3\text{-N}$ が分布していたことから、高濃度の窒素を含んだ地下水が荒地に流入している可能性や、過去に畑地で施肥された窒素がプールを撤去したために浸透が始まった可能性等が考えられた。
- ・森林は土壌本体及び間隙水ともに窒素濃度が低いことから、地下水の窒素濃度が低いか、森林に吸収されて低いことが考えられた。
- ・地下水では、井戸の深さが 10 m 程度であれば土壌間隙水と同程度の窒素濃度が確認されたが、数 m の浅い井戸では降雨による希釈の影響を受けることが考えられた。
- ・台地からの浸出水では、比較的高い濃度で窒素が流出しているものの、河川の窒素濃度の方が高いことから、浸出している場所によって濃度に差があることが考えられた。

銚田川流域土壌は土地利用によって窒素の分布が異なることが明らかとなった。台地における窒素の分布として、畑地では土壌本体や間隙水に窒素が分布しているが、その他の土地利用では間隙水に窒素が分布する傾向にある。このことから、畑地に投入された窒素が溶脱等により縦に浸透し、それが地下水によって横に浸透し運ばれることによって河川の窒素濃度を高くしていることが考えられた。

今後は現役の畑地について窒素の分布状況を

把握し、土壌中の窒素の鉛直方向の動きについて検討する必要がある。また、銚田川流域ではハウス栽培も多いことから露地栽培とハウス栽培の窒素分布の違いについて検討し、流域の窒素の動態について検討する必要がある。

5 参考文献

- 1) 北村立実, 吉尾卓宏 (2012), 銚田川の窒素負荷の分布及び流出負荷量の特徴について, 茨城県環境科学センター年報, 8, pp60-65.
- 2) 北村立実, 花町優次, 大内孝雄 (2011), 降雨時における銚田川の水質・負荷量の特徴について, 茨城県環境科学センター年報, 7, pp62-68.
- 3) 熊本都市域における地下水中硝酸性窒素濃度の現状と地理情報システムおよび窒素安定同位体分析による窒素負荷要因の解明 (2011), 水環境学会誌, 34, 1, pp1-9.
- 4) 中西康博, 高平兼司, 下地邦輝 (2001), 地下水窒素汚染における起源別窒素負荷率の重回帰法による推定, 日本土壌肥料学雑誌, 72, 3, pp365-371.
- 5) 大津善雄, 藤山正史, 永田浩久, 川口貴之, 廣川順太 (2010), 家畜ふん堆肥を連続施用した飼料畑における土壌溶液中の硝酸態窒素の推移, 長崎県農林技術開発センター研究報告, 1, pp55-66.
- 6) 野木照修, 柳沼泰衛 (1987), 施肥窒素の桑園土壌中での挙動と桑による吸収利用, 日本蚕糸学雑誌, 56, 1, pp45-51.
- 7) 三浦憲蔵 (2011), アロフェン黒ボク土野菜畑に p ける硝酸態窒素の垂直分布と窒素収支の関係, 日本土壌肥料学雑誌, 82, 3, pp200-206.
- 8) 木方展治, 結田康一 (1991), 茶園及び隣接林地の土壌水中硝酸態窒素の垂直分布, 日本土壌肥料学雑誌, 62, 2, pp156-164.

1-6 武田川河口における脱窒活性の変動と 有機物による脱窒活性への影響について

北村 立実

The Influence of denitrification activity by organic matter and changes of denitrification activity
in Takeda river estuary
Tatsumi KITAMURA

キーワード：武田川，ウェットランド，底泥，脱窒活性，有機物組成

1 はじめに

湖沼等の底泥における脱窒は、微生物の代謝活動を通じて富栄養化の要因の1つである窒素成分の硝酸 (NO_3^-) を窒素ガス (N_2) に変換して系外に放出することから、湖沼が持つ窒素自浄作用として知られている。霞ヶ浦底泥における脱窒調査では沖よりも河川河口等の沿岸域で脱窒活性が高いことが明らかとなっている¹⁾。これは脱窒活性の高い土壌が河川から運ばれて河口に沈降していることが考えられた。霞ヶ浦の武田川河口ではウェットランドと呼ばれる河川の浄化施設がある。これは、河口の周りを仕切堤で囲み、仕切堤の内側の底を掘り下げることで、流入水を一時滞留させることで河川から流入する懸濁物質を沈降させ、霞ヶ浦への汚濁負荷を減らす目的で設置されたものである。そこでは、陸域からの土壌が沈降していることから脱窒が起りやすくなっていることが考えられる。また、底泥の脱窒に関しては、水温、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度に依存していることが明らかとなっているが²⁻⁴⁾、有機物に関しても脱窒活性が有機物濃度の上昇とともに増加するという報告がある⁵⁾。しかし、湖沼底泥土壌に対して有機物の組成に応じた脱窒活性の詳細な検討は行われておらず、自然条件下で脱窒活性を増加させるのに有効な有機物の組成が分かれば、より効率的に窒素を除去することが可能になる。

そこで、本研究では武田川河口のウェットランドにおいて底泥の脱窒活性を調査し、ウェットランドの脱窒としての有用性を検討した。さらに、

有機物の濃度変化による脱窒活性の変動を検討し、組成の異なる有機物を添加することで脱窒活性の変化の傾向を検討したので報告する。

2 調査概要

2.1 調査地点

調査地点の地図を Fig. 1 に示した。調査地点はウェットランドの内側 (St. 1) と外側 (St. 2) の2地点で平成 25 年 9 月と 11 月に調査した。試料の採取は湖水の底泥直上 0.5m の地点で採水した。採泥は脱窒活性試験用に $\phi 70 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ のアクリルコアパイプを用意し、重力式コアサンプラーによって採取した。その後、底泥コアサンプルは立体構造を壊さないように研究室に持ち帰り、水試料については $1 \mu\text{m}$ のろ紙 (Whatman, GF/B) でろ過し、ろ液を水質分析に供した。分析項目は、現地測定は水深、水質は $\text{NO}_3\text{-N}$ 、底泥は、全炭素量 (T-C)、粒度分布と脱窒活性とした。

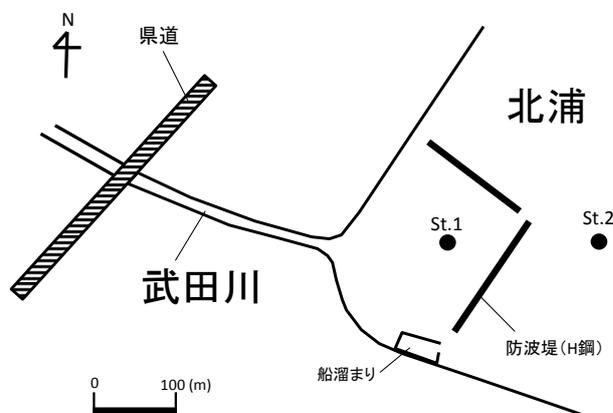


Fig. 1 調査地点概要

2.2 分析方法

水試料は、ろ液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度をオートアナライザー (BRAN+LUEBBE, AACs-II) によって分析した。底泥試料について、含泥率は粒度分析装置 (島津製作所, SALD-2200) で粒度組成を分析し、土木学会に準じて⁶⁾ 粒径が $75\ \mu\text{m}$ 未満 (シルト+粘土) の粒子の割合とした。T-C は元素分析計 (Eurovector, EuroEA) によって分析した。脱窒活性はアセチレン阻害法⁷⁾ で分析した。まず、採取したコアサンプルはコアカッターによって表層 2 cm カットした。次に、100 mL 広口ガラス瓶に湿潤の表層底泥 3g を入れ、 NaNO_3 水溶液 ($\text{NO}_3\text{-N} : 1\ \text{mg/L}$) 20 mL を加え、ガラス管 (ガスクロ用シリコンセプタム付き) の付いたブチルゴム栓で密栓した。瓶内を窒素で置換し、シリンジでアセチレン飽和水 2 mL を添加した。そして、30 分間 30°C 、暗条件で振とう培養し、5 分、15 分、30 分において真空採血管 5 mL (TERUMO, ベノジェクト II) を用いて気相の一部を捕集した。捕集したガスは ECD ガスクロマトグラフ (島津製作所, GC-2014) で亜酸化窒素量 (N_2O 量) を測定した。ECD ガスクロマトグラフはポラパック Q&N (80-100 メッシュ) を充てんしたステンレスカラム ($3\ \text{mm}\times 4\ \text{m}$) で、メタン・アルゴン混合ガスをキャリアガスとし、カラム温度 60°C および検出器温度 340°C で測定した。液相の N_2O 濃度は N_2O の溶解度係数⁸⁾ を用いて算出し、培養瓶内の N_2O 全量を求めた。 N_2O 量の時間による増加量から、測定に供した底泥の単位時間単位重量あたりの N_2O 発生速度を求めた。さらに底泥の見かけの比重⁹⁾ を算出して単位体積あたりの N_2O 発生速度に換算した。底泥は表層を試料としたことから、単位面積あたり (表層 1 cm として換算) の $\text{N}_2\text{O-N}$ 発生速度に換算し脱窒活性とした。脱窒活性試験に供するサンプルは 4°C 以下で保存し、1 週間以内に行った。

2.3 有機物の依存性試験

平成 26 年 1 月に St. 2 の表層 2 cm の底泥試料を

用いて、脱窒に及ぼす有機物の影響を検討するために有機物の濃度や組成を変えて行った。ただし、使用する底泥試料量や脱窒活性の分析工程および算出方法については前述した脱窒活性の分析方法と同様である。有機物の濃度変化による脱窒活性の検討はグルコースで、0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10, 50, 100, 1000 mgC/L に調整した。有機物の組成の検討については、濃度を 100 mgC/L で統一し、有機物は糖類 12 種類 (D-アラビノース, D-リボース, D(+)-フコース, D-マンニトール, D(+)-キシロース, D(+)-グルコース, D(+)-ガラクトース, D(+)-マンノース, D-フルクトース, $\alpha\text{-L}(+)\text{-}$ ラムノース一水和物, D(+)-グルコサミン塩酸塩, D(+)-ガラクトサミン塩酸塩), アミノ酸 10 種類 (L-セリン, DL-ロイシン, L(+)-イソロイシン, L-アスパラギン酸, L(+)-グルタミン, L-グルタミン酸, L-アスパラギン一水和物, L(+)-アルギニン, L-プロリン, L-ヒスチジン), 有機酸 7 種類 (蟻酸, 酢酸, しゅう酸, 乳酸, 酒石酸, フタル酸水素カリウム, クエン酸一水和物), アルコール 2 種類 (メタノール, エタノール) を用いた。有機物の種類が多いため、分析に 2 週間要した。

3 結果及び考察

3.1 ウェットランド内外の脱窒活性の変化

9 月と 11 月のウェットランド内外の調査結果について Table 1 に示した。9 月は St. 1 と St. 2 で底泥の粒度組成はシルトの割合が 55~77% で、T-C は 53~61 mg/g-dry であった。脱窒活性は St. 1 の方が高く、ウェットランド内で脱窒活性が高かった。しかし、11 月は底泥の粒度組成が St. 1 でほぼ砂質に変わり、それに伴い T-C や脱窒活性が大幅に低下した。しかし、St. 2 では 9 月の結果と大きな違いはみられなかった。2 か月足らずの間に St. 1 の底泥が大きく変化したが、これは 10 月に台風により多い日で 1 日に 239 mm の降水量を観測 (アメダス, 銚田) するほどの大雨が原因であると考えられる。9 月はウェットランド内に河川から運ばれた脱窒活性の大きい懸濁物質が沈

Table 1 ウェットランド内外における水質及び底質

			St. 1	St. 2	
9月	水質	水深	m	3.0	3.7
		NO ₃ -N	mg/L	0.7	0.6
9月	底質	粘土	%	12	22
		シルト	%	55	77
		砂	%	33	1
		T-C	mg/g-dry	53	61
		脱窒活性	mgN/(m ² ・d)	361	256
			St. 1	St. 2	
11月	水質	水深	m	3.1	4.2
		NO ₃ -N	mg/L	3.7	3.3
11月	底質	粘土	%	14	17
		シルト	%	3	83
		砂	%	83	0
		T-C	mg/g-dry	26	66
		脱窒活性	mgN/(m ² ・d)	90	307

降・堆積していたが、10月の大雨によってシルト質の底泥が流され、脱窒活性の小さい砂質の底泥だけが残ったと考えられた。9月の調査で、ウェットランド内で脱窒活性が大きかったことから、ウェットランドは懸濁物質を沈降させるだけでなく、脱窒の場としても有用であることが示唆された。しかし、9月の調査の時点で水深がウェットランドの内側が外側よりも浅いことから、懸濁物質を貯留する機能はほとんどなかったと考えられ、大雨によってウェットランド内の底泥が北浦へ押し出されたことが考えられた。このことから、ウェットランドの機能を維持するためには定期的に底泥を浚渫し、少なくともウェットランドの外よりも水深を深くする必要がある。

3.2 グルコース濃度に応じた脱窒活性の変動

グルコース濃度の変化による脱窒活性の変動について Fig. 2 に示した。グルコースを添加しなかった場合は 192 mgN/(m²・d) で、グルコースを添加することで脱窒活性は増加し、10mgC/L を添加した場合には 297 mgN/(m²・d) と増加した。脱窒活性は、グルコース濃度が 10 mgC/L 以上では大きく増加しなかったが、1,000 mgC/L で 298 mgN/(m²・d) と最大になった。これまでの霞ヶ浦底泥の脱窒活性調査では水温が高すぎたり、硝酸濃度が高すぎたりした場合に脱窒活性が減少することが確認されていたが¹⁾、有機物に関しては

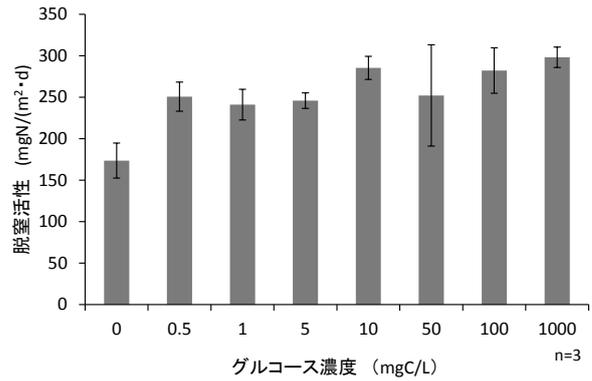


Fig. 2 グルコース濃度の変化に応じた脱窒活性の変動

減少するような傾向はみられなかった。

3.3 糖類の添加による脱窒活性の変化

有機物として糖類の添加結果については Fig. 3 に示した。比較のため、有機物を添加していない Blank も併記した。その結果、D(+)-グルコサミン塩酸塩が 303 mgN/(m²・d) と最も大きくなった。次いで、グルコースが 285 mgN/(m²・d)、D(+)-ガラクトサミン塩酸塩が 284 mgN/(m²・d) であった。もっとも小さかったのはリボースで 186 mgN/(m²・d) と Blank と同程度にとどまった。有機物添加後の試料の pH をみると、脱窒活性が高かった D(+)-グルコサミン塩酸塩や D(+)-ガラクトサミン塩酸塩で 6 以下と弱酸性を示し、その他は 7 前後で中性であった。

3.4 アミノ酸の添加による脱窒活性の変化

有機物としてアミノ酸を添加した結果について

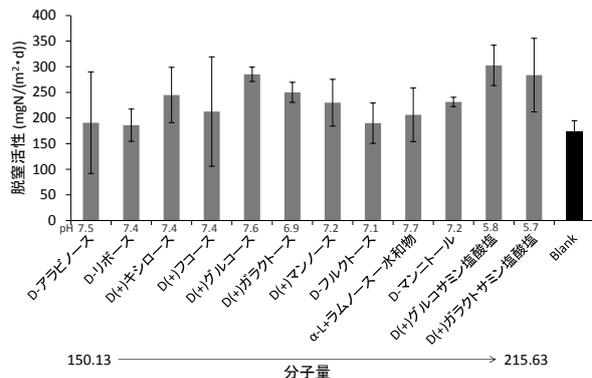


Fig. 3 糖類の添加による脱窒活性の変化

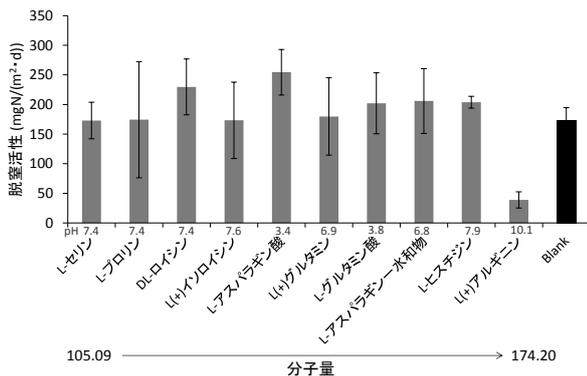


Fig. 4 アミノ酸の添加による脱窒活性の変化
 て Fig.4 に示した。L-アスパラギン酸が 254 mgN/(m²·d)と最も大きくなり、次いでDL-ロイシンが 230 mgN/(m²·d)であった。最も小さかったのは L(+)-アルギニンで 39 mgN/(m²·d)であった。L(+)-アルギニンは極端に小さかったが、これは試験液の pH が 10.1 と他の試験液と比較し、大きくアルカリ性に傾いていた。脱窒過程においてアルカリが遊離されるため、pH がアルカリ性に傾くことが知られているが、pH が高すぎて阻害が生じた可能性が考えられた。L-アスパラギン酸やL-グルタミン酸は pH が 3~4 と低いが、pH が低い場合には脱窒活性は低下しなかった。分子量の違いによる脱窒活性の違いもみられなかった。

3.5 有機酸とアルコールの添加による脱窒活性の変化

有機物として有機酸とアルコール（メタノール

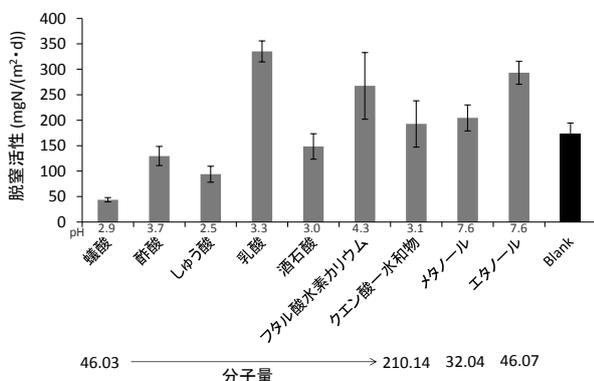


Fig. 5 有機酸及びアルコールの添加による脱窒活性の変化

とエタノール) を添加した結果について Fig. 5 に示した。最も大きかったのは乳酸で 335 mgN/(m²·d)であった。次いで、エタノールは 293 mgN/(m²·d)であった。最も小さかったのは蟻酸で 44 mgN/(m²·d)であった。有機酸の中でも乳酸で脱窒活性が大きく、蟻酸や酢酸等で小さかったが、その理由は分からなかった。

4 まとめ

武田川のウェットランド内外の底泥の脱窒活性の調査を行い、さらに有機物の濃度及び組成の違いによる脱窒活性の変化を検討し、以下のような知見が得られた。

- ウェットランド内の底泥の方が外よりも脱窒活性が高く、ウェットランドは懸濁物質の沈降の他に、脱窒の場としても有用であることが示唆された。
- ウェットランド内の底泥を定期的に浚渫しないと大雨による河川の増水により、底泥が湖内に流出してしまう懸念があることが考えられた。
- グルコース濃度変化に伴い、脱窒活性が増加したが、10 mgC/L 以上では大きく増加しなかった。
- 0.5~1,000 mgC/L の間の濃度変化では有機物による脱窒の阻害はみられなかった。
- 試験液の pH が高いときには脱窒活性が小さくなったが、分子量の違いや構造による規則的な変化はみられなかった。

武田川河口のウェットランドの底泥において脱窒活性が大きいことが明らかとなったが、脱窒菌に関する調査等、脱窒活性が大きい要因について詳細に検討する必要がある。また、有機物の組成による脱窒活性の変動については、過去の霞ヶ浦の脱窒調査で腐食した葉や茎等が混ざった土壌で脱窒活性が大きかったことから¹⁾、腐植性の有機物に関しても検討する必要がある。また、脱窒菌の種類により有用な有機物が異なる可能性も考えられるため、菌種に応じた影響を調査する必要がある。

5 参考文献

- 1) 北村立実, 渡邊圭司, 須能紀之, 吉尾卓宏, 中村剛也, 八木岡敦, 小松崎将一, 林誠二, 黒田久雄(2011): 霞ヶ浦底泥における脱窒活性と脱窒速度の分布について, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, **7**, 48-54.
- 2) 森田尚, 前河孝志(2006): 琵琶湖湖底堆積物の脱窒活性, 滋賀県水産試験場研報, **51**, 1-9.
- 3) 清家泰, 近藤邦男, 伊達善夫, 石田祐三郎(1986): 汽水湖・中海における窒素代謝Ⅱ－夏期における底泥表層部での脱窒特性－, 陸水学雑誌, **47**, 2, 133-141.
- 4) 中島拓男, 相崎守弘(1981): 霞ヶ浦高浜入における脱窒, 国立公害研究所研究報告, **22**, 89-97.
- 5) R.A. Bowman, D.D. Focht (1974) The influence of glucose and nitrate concentrations upon denitrification rates in sandy soils, *Soil Biology and Biochemistry*, **6**, 5, 297-301.
- 6) 土木学会 (1992) 土質試験のてびき[改訂版], 丸善株式会社, 24-33.
- 7) 戸田任重, 日高伸(1996): 高濃度硝酸態窒素含有地下水の流入する水田下層土における脱窒活性, 水環境学会誌, **19**, 2, 170-175.
- 8) 駒田充生, 竹内誠(1999): 土壌を含む気液平衡系における亜酸化窒素溶解度, 日本土壌肥料学雑誌, **70**, 6, 804-807.
- 9) 公文富士夫, 田原敬治, 山本雅道(2004): 信州, 木崎湖における最近の堆積物の年代と堆積速度, 信州大学山地水環境教育研究センター研究報告, **3**, 77-84.

1-7 自然環境における土壌の脱窒活性の変化とその要因について

八木澤 弘敏*, 北村 立実**, 黒田 久雄***

About the factors and changes in the denitrification activity of soil in natural environment

Hirotoishi YAGISAWA*, Tatsumi KITAMURA**, Hisao KURODA***

キーワード：窒素除去，水質浄化，脱窒活性

1 はじめに

近年，湖沼の富栄養化問題の対策に脱窒作用を活用した窒素浄化が注目されている。その対策にあたって，脱窒反応に適した条件や場所を明瞭にすることは重要である。しかし脱窒量の直接的な測定は大気中の N₂ ガスと分離することが困難である。そこで脱窒の定量的評価にはアセチレン阻害法を用いた土壌の脱窒活性が用いられている。脱窒活性とは，土壌が有する潜在的脱窒の可能性を示す尺度と指標し，土壌を一定条件下において測定する含窒素ガスの発生速度のことをいう。フィールドでの脱窒活性の国内実測調査例は極めて少なく，脱窒活性とその土壌周辺環境との関連性は十分に究明されていない。その主な原因として，自然環境中の脱窒活性への影響要因の複雑さがあげられる。そのため，本研究は脱窒活性への影響要因を解明するために，自然環境中の異なる湛水条件下の地点土壌の脱窒活性を調査し，脱窒活性の向上・抑制要因を検討することを目的とした。

となるものは谷頭の台地上部に存在する施設栽培用ハウスのみである。ハウスではベビリーフを栽培している。本研究では湧水流出地点（地点 A, B）と，そこから直線方向に 3 地点（地点 C, D, E）の計 5 地点をサンプリング地点とした。サンプリングポイントの設定に際し，周辺は棘や葛などの植物に覆われており，雑草や木を伐採しながら発見した自然湛水されている地点をサンプリングポイントに設定した。各地点の地点条件を表 1 に示す。地点 C は 7 月 30 日に，地点 E は 9 月 18 日に試験的に湛水条件を変更した。地点 C は畦波シートを用いて流れをせき止め，流れが速い条件から，緩やかに滞留する湛水条件に変更した。地点 E は雨水が溜まっている湛水条件であったが，水路を作り，流量を増加させることにより流れが速くなった。それに伴い土質も泥質土から砂質土

2 調査概要

2.1 試料採取

本研究の調査対象地区は，茨城県土浦市にある穴塚大池の谷頭部である。調査地概要図を図 1 に示す。調査地周辺は林に囲まれおり，面源負荷源

図 1 調査地点概要図

表 1 地点条件（調査 II）

	地点 A	地点 B	地点 C		地点 D	地点 E	
			(~7/30)	(7/30~)		(~9/18)	(9/30~)
位置	面源側	面源側	面源側	面源側	下流側	下流側	下流側
流れ	緩やか	速い	速い	滞留	緩やか	滞留	速い
粒度	泥質土	砂質土	泥質土	泥質土	泥質土	泥質土	砂質土

*茨城大学農学研究科，**茨城県霞ヶ浦環境科学センター，***茨城大学農学部

へと変化が認められた。土壌は各地点表層 0~2cm 層を採土した。測定項目は、土壌直上水と土壌間隙水の各態窒素濃度と TOC 濃度、土壌炭素含有率、土壌窒素含有率を測定した。調査は平成 25 年 5 月 1 日から 12 月 26 日まで、2, 3 週に一度、計 14 回調査を行った。

2.2 水質分析

水質分析は土壌直上水と土壌間隙水を対象とした。水試料は各態窒素濃度イオンクロマトグラフ (DIONEX DX-2000)、TOC 濃度は全自動炭素測定装置 (平沼産業株式会社製 TOC-2000) を用いて分析した。土壌間隙水は、土壌を小形冷却遠心機 (日立工機株式会社製 himac CF7D2) を用いて遠心分離を行い、上澄み液を採取した。

2.3 土壌分析

土壌分析は土壌炭素含有率と土壌窒素含有率を分析項目とした。土壌炭素含有率と土壌窒素含有率は全炭素・窒素同時分析装置 (株式会社ジェイ・サイエンス・ラボ JMA3000) を用いて分析した。また、分析は風乾した土壌を測定した。

2.4 脱窒活性試験

脱窒活性はアセチレン阻害法¹⁾で分析した。まず、採取したコアサンプルを 100 mL 広口ガラス瓶に湿潤の表層底泥 3 g を入れ、NaNO₃ 水溶液 (NO₃-N 濃度で 1 mgN/L) 20 mL を加え、ガラス管 (ガスクロ用シリコンセプタム付き) の付いたブチルゴム栓で密栓した。瓶内を窒素で置換し、シリンジでアセチレン飽和水 2 mL を添加した。そして、30 分間 30 °C、暗条件で振とう培養し、5 分、15 分、30 分において真空採血管 5 mL (TERUMO, ベノジェクト II) を用いて気相の一部を捕集した。捕集したガスは ECD ガスクロマトグラフ (島津製作所, GC-2014) で亜酸化窒素量 (N₂O 量) を測定した。ECD ガスクロマトグラフはポラパック Q&N (80-100 メッシュ) を充てんしたステンレスカラム (3mm×4m) で、メタン・

アルゴン混合ガスをキャリアガスとし、カラム温度 60°C および検出器温度 340°C で測定した。液相の N₂O 濃度は N₂O の溶解度係数²⁾を用いて算出し、培養瓶内の N₂O 全量を求めた。N₂O 量の時間による増加量から、測定に供した底泥の単位時間単位重量あたりの N₂O 発生速度を求めた。さらに底泥の見かけの比重³⁾を算出して単位体積あたりの N₂O 発生速度に換算した。底泥は表層を試料としたことから、単位面積あたり (表層 1 cm として換算) の N₂O-N 発生速度に換算し脱窒活性とした。脱窒活性試験に供するサンプルは 4 °C 以下で保存し、1 週間以内に行った。脱窒に影響を及ぼす水温や硝酸濃度の依存性を検討するために次の条件で培養を行った。温度依存性を検討する場合は 1 mgN/L の NaNO₃ 溶液を 20 mL 添加した底泥試料を 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 および 40°C、嫌気・暗条件で培養した。硝酸濃度依存性を検討する場合は 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0 および 10 mgN/L の NaNO₃ 溶液を 20 mL 添加した底泥試料を 30 °C、嫌気・暗条件で培養した。

3 結果と考察

3.1 NO₃-N 濃度の変動 (土壌直上水)

図 2 に土壌直上水の NO₃-N 濃度の変動を示す。土壌直上水の NO₃-N 濃度は面源に近い地点 A, B, C で 6.0 mgN/L 以上と高く、面源から遠い地点 D, E で 3.0 mgN/L 以下と低かった。NO₃-N は脱窒反応において水素受容体の役割を持っており、田渕ら⁴⁾の研究では、NO₃-N 濃度と脱窒活性に高い相関関係があることが明らかにされている。ま

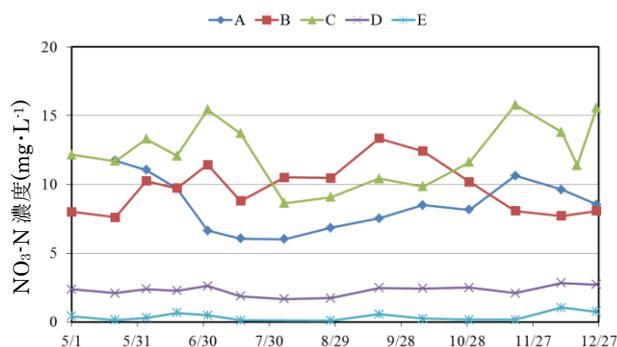


図 2 NO₃-N 濃度の変動

た、上田ら⁵⁾は砂質土地点では脱窒活性が低いことを報告している。このことから、NO₃-N濃度が高濃度であった地点 A, B, C のうち土壌が砂質土である地点 B を除く地点 A, C で脱窒活性が高いことが予測できる。

3.2 土壌炭素含有率の変動

図 3 に土壌炭素含有率の変動を示す。土壌炭素含有率は地点 D と流量増加前の地点 E で 7.2% 以上と高かった。この 2 地点では採土した土に大量の葉がすき込まれており、微生物による分解によって土壌炭素率が増加したことがこの要因であると考えられる。また、砂質土である地点 B と流量増加後の地点 E では土壌炭素含有率は低く、3.4% 以下であった。このことから、脱窒の水素供与体である有機物量は砂質土壌ではほとんど認められないことがわかった。

3.3 脱窒活性の変動

図 4 に脱窒活性の変動を示す。脱窒活性は 3.1 により、地点 A と C で高いと予想を立てたが、実際には脱窒活性がコンスタントに高いのは地点 A のみであった。地点 C の脱窒活性が低かった要因として、滞留開始前は水の流れが速く、土壌が酸化的であったことが考えられる。また、砂質土壌である地点 B と流量増加後の地点 E では脱窒活性はほとんど認められなかった。これは土壌炭素含有率が低いことが要因であると考えられる。脱窒活性が 300 mgN・m⁻²・d⁻¹ を超えたのは地点 A と地点 C のみであり、さらに本調査での脱窒活性の最高値は地点 C で認められた。このことから直上水の NO₃-N 濃度が高い地点では、抑制要因を除いた場合には高い脱窒活性が見込めるポテンシャルを持っていることが可能性として示唆された。地点 D, E は土壌直上水の NO₃-N 濃度が低濃度であったにもかかわらず、脱窒活性が比較的高いように思える。これは地点 D, E の土壌炭素含有率が他の地点と比べ比較的高いことから、有機物量に影響を受けたと考えられる。

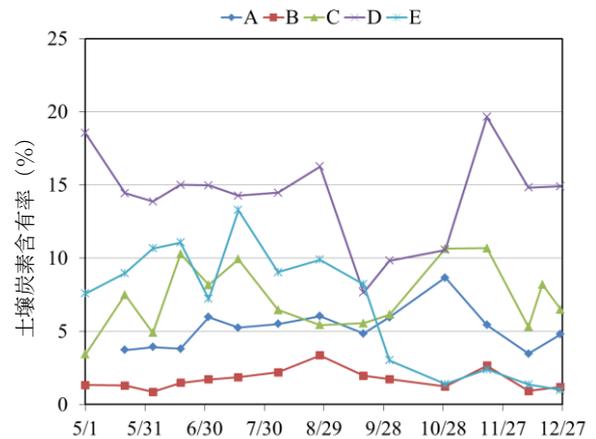


図 3 土壌炭素含有率の変動

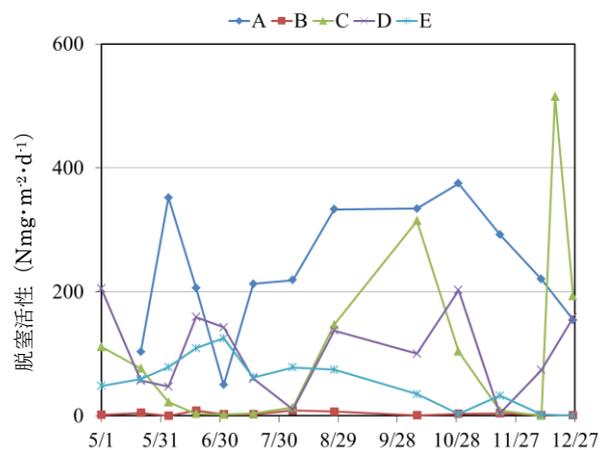


図 4 脱窒活性の変動

3.4 環境要因の検討

本研究では各地点の脱窒活性と環境要因との関連を検討するため、水質・土壌分析から得た環境要因データとの単相関係数を求め、表 2 にその値を示す。また、地点 C と地点 E は湛水条件を変えたため、表 3 に変更前と変更後の単相関係数を示す。

単相関の傾向は地点によって異なる傾向を示しており、全地点で共通して高い相関が認められた項目はなかった。しかし、似た条件の地点では同様の傾向が認められたため、以下にその結果を示す。

3.4.1 窒素成分

土壌直上水の NO₃-N 濃度は直接脱窒反応に関わるため相関が高いと考えられるが、土壌直上水

の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は下流側地点 D で相関係数は 0.43、流量増加前の地点 E で相関係数は 0.63 が認められたが、面源側 A, B, C では $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度との相関は認められなかった。面源側 A, B, C は $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高く、下流側 D, E は $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低濃度であることから、脱窒活性は土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低濃度の地点の方が $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度との依存性が高いことが考えられる。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高濃度である場合には、脱窒活性の変動は他の要因に左右される可能性も示唆された。

土壤間隙水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は地点 C, D, E で 0.83, 0.78, 0.72 と高い相関係数が認められた。この 3 地点は水量が多いため、ほかの地点よりも硝化反応が活発に起こっている可能性が考えられる。地点 D, E は土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低濃度であり、枯渇しているため、土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ からの直接的な脱窒に加えて、土壤間隙水の $\text{NH}_4\text{-N}$ から硝化→脱窒の経路にも依存していると考えられる。これは 3.1 に記した地点 D, E の土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低濃度であるのに、

表 2 脱窒活性と各要因の相関係数 (全地点)

	A	B	C	D	E
$\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 (直上水)	0.07	0.09	-0.31	0.43	-0.18
$\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 (間隙水)	-0.44	0.01	-0.39	0.11	0.32
$\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 (直上水)	0.26	-0.44	0.51	-0.24	0.23
$\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 (間隙水)	0.03	-0.46	0.83	0.78	0.72
TOC 濃度 (直上水)	0.19	0.11	0.01	0.36	0.56
TOC 濃度 (間隙水)	-0.03	-0.04	0.57	0.33	0.02
土壤炭素 含有率	0.40	0.49	-0.12	-0.14	0.77
土壤窒素 含有率	0.47	-0.15	0.22	-0.16	-0.27

脱窒活性が比較的高い要因の一部であると考えられる。地点 D, E のように有機物量が豊富な地点では土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低濃度であっても土壤間隙水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ から硝化→脱窒の経路により多く脱窒できる可能性が示唆された。

3.4.2 炭素成分

土壤間隙水の TOC 濃度は地点 C で相関係数 0.57 が認められた。地点 C は土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高いため、変動は有機物量に依存すると考えられる。地点 A は土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高いが、地点 C よりも土壤間隙水の TOC 濃度が高く、 $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上である。そのため十分に有機物の供給がされており、相関があまり高くなかったと考えられる。

土壤炭素含有率は地点 B, E で相関係数 0.47, 0.73 が認められた。地点 B は砂質土であり、地点 E は流量増加後に砂質土に変化した。さらに地点 E は流量増加前では土壤炭素含有率との相関は認められなかった。このことから砂質土地点では、

表 3 脱窒活性と条件変更前後の相関係数変化

	C(前)	C(後)	E(前)	E(後)
$\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 (直上水)	-0.60	-0.21	0.63	-0.63
$\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 (間隙水)	-0.41	-0.58	-0.01	-0.77
$\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 (直上水)	0.15	0.42	-0.25	-0.21
$\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 (間隙水)	-0.54	0.95	0.72	-0.82
TOC 濃度 (直上水)	0.76	-0.09	-0.41	0.27
TOC 濃度 (間隙水)	0.78	0.64	-0.50	0.56
土壤炭素 含有率	-0.73	-0.04	-0.16	0.96
土壤窒素 含有率	-0.73	0.29	-0.23	-0.08

土壤炭素含有率が低い場合、脱窒活性は土壤炭素含有率が低い地点の方が土壤炭素含有率との依存性が強いことが考えられる。

以上のことから、本調査における単相関解析では、全地点で共通して高い相関が認められた項目はなかったが、脱窒活性は各地点で枯渇している項目との相関係数が高い傾向が認められた。このことから、脱窒活性の向上には、大きい影響要因と考えられるもの1つを供給するよりも、影響要因すべてが枯渇しないことのほうが重要であると考えられる。

しかし単相関解析の結果は、あくまで因果関係が存在する可能性を示したにすぎない。したがって今後検証の調査や、理論的検討が必要であると考えられる。

4 まとめ

本研究では湛水条件の異なる地点における土壤の脱窒活性の変化とその影響要因の検討を行った。

本調査の結果から、脱窒活性の向上要因と考えられる環境要因は、土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、有機物量、土壤間隙水の $\text{NH}_4\text{-N}$ からの硝化→脱窒の経路であると考えられる。有機物量に関しては、土壤直上水・間隙水の TOC 濃度・土壤炭素含有率と複合的に影響されると考えられるため、どの項目が優先的に影響因子として働くかは今回の調査からは判断できなかった。また、砂質土、酸化状態、有機物の枯渇が脱窒活性の制限要因として働くことが可能性として示唆された。

以上のことから、土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、もしくは土壤間隙水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高い地点で有機物量を確保し、緩やかに湛水する水田のような条件を作ることが最も脱窒に適していると考えられる。

今後の課題として、水深や流速、Eh、粒度解析等の計測項目を増やし、より詳細に湛水条件や酸化状態、粒度と脱窒活性の関連について検討することがあげられる。また、土壤直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃

度が低い場合には、土壤間隙水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度からの硝化→脱窒のプロセスによる脱窒活性向上の可能性が単相関分析の結果から示唆された。特に O_2 の影響を受けやすい環境条件下では脱窒反応だけではなく、硝化反応との関連も考慮しなければならないと考えられる。

5 参考文献

- 1) 戸田任重, 日高伸(1996): 高濃度硝酸態窒素含有地下水の流入する水田下層土における脱窒活性, 水環境学会誌, 19, 2, 170-175
- 2) 駒田充生, 竹内誠(1999): 土壤を含む気液平衡系における亜酸化窒素溶解度, 日本土壤肥料学雑誌, 70, 6, 804-807
- 3) 公文富士夫, 田原敬治, 山本雅道(2004): 信州, 木崎湖における最近の堆積物の年代と堆積速度, 信州大学山地水環境教育研究センター研究報告, 3, 77-84
- 4) 田淵俊雄,(2006): 水田窒素除去機能の定量化への試み, 農業土木学会誌, 74, 8, 703-706
- 5) 上田真吾, 小倉紀雄(1989): 手賀沼における脱窒活性と沼の浄化に果たす役割, 日本陸水学会誌, 50, 1, 15-24

1-8 茨城県内の河川における有機性汚濁の動向について

菅谷和寿

Recent Trend of Organic Pollution in the River of the Ibaraki Prefecture

Kazuhisa SUGAYA

キーワード：河川水質，環境基準，BOD，有機性汚濁

1 はじめに

我々の身近に存在する河川や湖沼などの公共用水域には環境基本法に基づき生活環境の保全上望ましい基準として水質に係る環境基準が設定され、定期的な水質の監視が行われている。

水質の指標の一つである有機性汚濁については、河川は生物化学的酸素要求量（BOD）で、湖沼は化学的酸素要求量（COD）で表され、年間の平均的な水質とともに環境基準の達成状況が公表^{1,2)}されている。有機性汚濁に係る環境基準の達成の判別は、複数回測定した値を小さい方から順に並べ、測定回数の75%の位置の数値を環境基準と比較し、下回れば達成、上回れば未達成と判別³⁾される。

茨城県の陸域においては、河川の88水域と3湖沼の5水域を対象に水質の監視が行われており、直近10年間のCOD又はBODに係る環境基準の達成状況²⁾をみると、湖沼については環境基準を達成した水域は皆無で、河川については約80%前後で推移している。

河川は、有機性汚濁や藻類の増殖に必要な栄養成分を湖沼に供給するので、河川の水質を改善することは、湖沼の水質を改善することにもつながる。

そこで、本論文では河川の有機性汚濁に着目し、環境基準達成率が停滞している要因を明らかにし、有機性汚濁対策に資することを目的に解析を行った。

2 方法

2.1 解析に使用したデータ及び解析方法

本論文においては、国、茨城県及び市が毎月1回、実施している公共用水域の水質測定結果^{1,2)}を用いた。

また、各種の解析にはマイクロソフト社のエクセル2010を用いた。

3 結果と考察

3.1 河川のBOD環境基準達成率の推移

河川の水質に係る環境基準については、河川の利用目的に応じ類型が指定され、類型ごとに異なる基準値が定められている。茨城県内の河川については、AA～D類型（BODの基準値として1～8 mg/L）があてはめられているが、本論文では、水域にあてはめられた類型を達成しているかどうかのみを取り扱うこととする。

昭和51年度から平成24年度の間茨城県内の河川のBODに係る環境基準の達成率と污水处理率⁴⁾及び降水量⁵⁾の推移を図1に示す。BOD環境基準達成率は平成6年度前後の濁水による低下部分を除くと、下水道の普及とともに右肩上がりに上昇してきたが、平成16年度以降は80%前後で上下を繰り返す、頭打ちの状態となっている。平成16年度以降も、下水道普及率やその他の処理法（下水道、農業集落排水処理及び高度合併処理浄化槽）を含めた污水处理普及率は上昇しており平成23年度末では、下水道普及率は約60%、農業集落排水処理等を含めた污水处理普及率は約80%となっている。

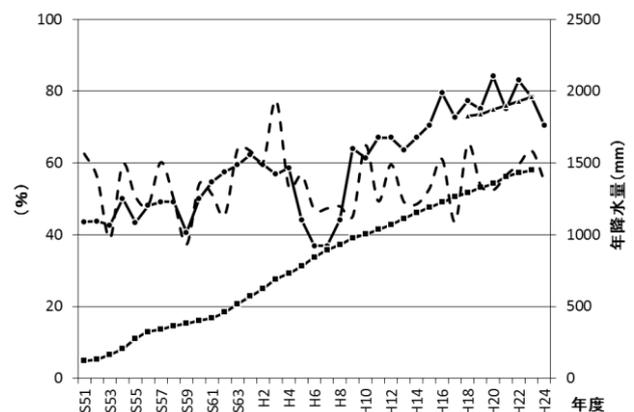


図1 河川のBOD環境基準達成率の推移

●：BOD達成率，■：下水道普及率
▲：污水处理普及率，破線：水戸の年間降水量

平成 16 年度以降の年間降水量は、平成 17 年度に 1100mm を下回ったものの、極端に降水量が減少し河川の水質に影響を与えるような年は見られなかった。

これより先の解析は、汚水処理普及率が上昇しているにも関わらず河川の BOD 環境基準の達成率は上昇していない平成 15 年度以降のデータを主に対象とする。

3.2 水系別にみた BOD 環境基準達成率について

環境基準が設定されている 88 の水域は、多賀水系 (14 水域)、新川水系 (1 水域)、久慈水系 (9 水域)、那珂川水系 (15 水域) 及び利根川水系 (49 水域) に区分され、更に利根川水系は利根川水域 (12 水域)、鬼怒川水域 (3 水域)、小貝川水域 (10 水域)、霞ヶ浦水域 (14 水域)、北浦水域 (8 水域) 及び常陸利根川水域 (2 水域) に細分される。カッコの中の“水域”は“河川”と同義である。

図 2 に水域別の BOD 環境基準達成率の推移を示す。

全水域の 10 年間の平均の BOD 達成率は 76.6% で、水系別の BOD 達成率の平均をみると、新川水系と久慈水系は 100% で、多賀水系と鬼怒川水域は 96% 超で、那珂川水系と利根川水域及び小貝川水域は約 80% で全水域の平均よりも高いが、霞ヶ浦水域は 40%、常陸利根川水域は 30%、北浦

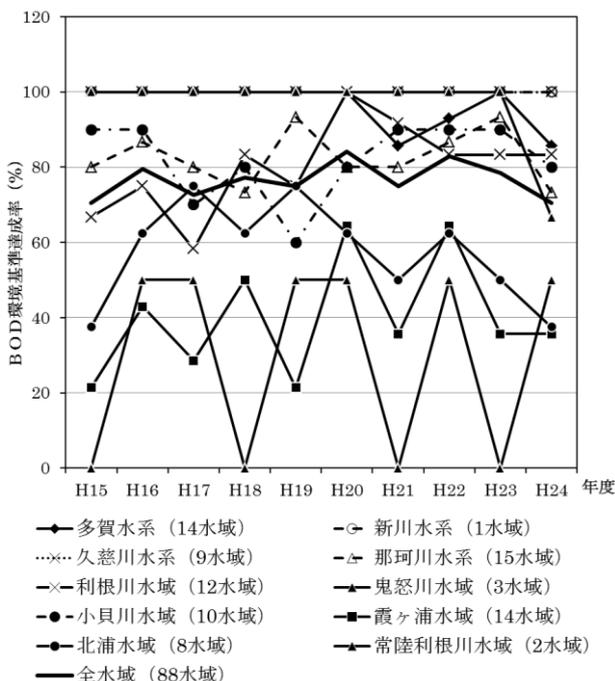


図 2 水域別の BOD 環境基準達成率の推移

水域は直近 5 年の低下が著しく約 60% と、全水域の平均を下回っている。

霞ヶ浦水域及び北浦水域並びに常陸利根川水域の計 24 水域は全体の約 27% にあたり、全体の BOD 達成率に大きく影響するとともに、流出先が霞ヶ浦 (西浦, 北浦, 常陸利根川) であるため、これらの河川の水質改善は霞ヶ浦の水質改善にも寄与すると考えられる。

3.3 霞ヶ浦水域及び北浦水域並びに常陸利根川水域の河川の水質

この水域の 24 河川の主な水質項目 (BOD, COD, 全窒素 (T-N) 及び全りん (T-P)) の平成 15 年度から 24 年度の年平均値の平均値を表 1 に示す。

有機性汚濁の指標と考えられる BOD と COD を見ると、BOD は 1.0~3.9 mg/L の範囲に、COD は 3.9~8.5 mg/L の範囲にあり、BOD と COD には相関が認められる (図 3)。このことは、窒素の硝化反応に伴う酸素消費の影響が少ないことや微生物の活性を阻害するような有害物質が含まれている可能性が小さいことを示していると考えられる。

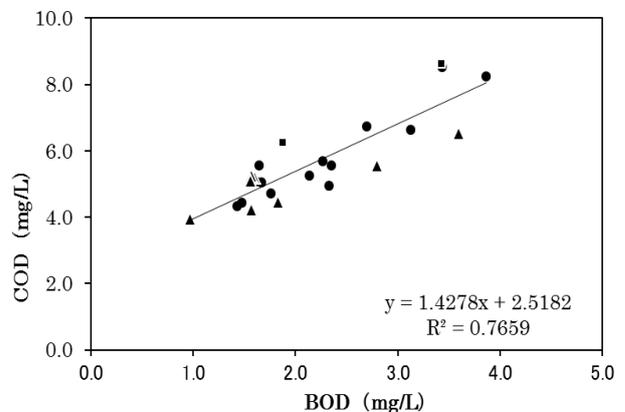


図 3 BOD と COD の相関 (10 年間の平均)

● : 霞ヶ浦水域の河川, ▲ : 北浦水域の河川
■ : 常陸利根川水域の河川

次に全窒素は、銚田川のみ健康の保護に関する環境基準の 10 mg/L (硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の合計) を超過している可能性を示す値であるが、他の河川は、1.0~6.4 mg/L の範囲であった。環境基準の半分の濃度である 5 mg/L を超過している河川は、園部川、梶無川、銚田川、巴川、山田川、武田川、蔵川及び大洋川の 8 河川で、北浦水域の河川が多かった。データの無い大洋川を除

く7河川の排出負荷源の割合を見ると、畜産系と畑地などの面源系で約80%を占めていた。板橋ら⁹⁾は、河川の窒素濃度の上昇は流域からの負荷が増加したことの他に、水田の圃場整備により排水路等が整備され、特に非かんがい期において脱窒等の浄化機能が十分に作用しないまま排水されることも一因と指摘している。

全りんは、0.050~0.255 mg/Lの範囲であり、霞ヶ浦に設定されているりに係る環境基準の0.03 mg/Lをいずれの河川も超過していた。比較的高濃度と考えられる0.1 mg/Lを超過している河川は、新川、備前川、境川、山王川、花室川、清明川、園部川、一の瀬川、流川及び山田川の10河川で、霞ヶ浦水域の河川が多かった。排出負荷源の割合を見ると、境川は生活系、工場系、事業場系及び面源系とほぼ均等に分布していたのに対し、他の9河川は、生活系が優占し40~70%

表1 霞ヶ浦水域及び北浦水域並びに常陸利根川水域の河川の水質（平成15~24年度の年平均値の平均）

河川名	水域*	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
新川	N	3.9	8.2	3.1	0.167
新利根川	N	3.4	8.5	1.4	0.097
備前川	N	3.1	6.6	2.2	0.112
境川	N	2.7	6.7	3.4	0.181
山王川	N	2.4	5.6	3.5	0.255
花室川	N	2.3	4.9	2.7	0.113
清明川	N	2.3	5.7	2.3	0.120
園部川	N	2.1	5.3	5.7	0.166
桜川	N	1.8	4.7	1.9	0.071
小野川	N	1.7	5.0	3.0	0.077
一の瀬川	N	1.7	5.5	4.1	0.103
梶無川	N	1.6	5.1	5.7	0.075
恋瀬川	N	1.5	4.4	3.2	0.077
菱木川	N	1.4	4.3	4.5	0.050
流川	K	3.6	6.5	2.5	0.199
鉾田川	K	2.8	5.6	10.4	0.096
巴川	K	1.8	4.5	6.0	0.074
山田川	K	1.6	5.2	5.3	0.106
武田川	K	1.6	4.2	6.4	0.068
蔵川	K	1.6	5.2	5.0	0.072
雁通川	K	1.6	5.1	3.6	0.082
大洋川	K	1.0	3.9	5.0	0.060
前川	H	3.4	8.6	1.0	0.087
夜越川	H	1.9	6.2	2.4	0.097

*水域欄のNは霞ヶ浦水域、Kは北浦水域、Hは常陸利根川水域を表す。

を占めていた。

霞ヶ浦水域及び北浦水域並びに常陸利根川水域の河川は、BOD以外にも窒素やりんなどの水質指標においても汚濁が進行していることが明らかで、窒素が高濃度化している河川は北浦水域に、りんが高濃度化している河川は霞ヶ浦水域に多く見受けられた。

3.4 霞ヶ浦・北浦・常陸利根川水域の河川のBOD

霞ヶ浦水域の14河川と、北浦及び常陸利根川水域の10河川のBOD年平均値の推移をそれぞれ図4と図5に示す。

河川のBOD年平均値は年度毎に大きく変動し、相対標準偏差が20%以上の河川は、霞ヶ浦水域では花室川、新川、恋瀬川、山王川及び園部川の5河川、北浦水域では鉾田川、巴川、流川及び大洋川の4河川、常陸利根川水域では夜越川の1河川であった。

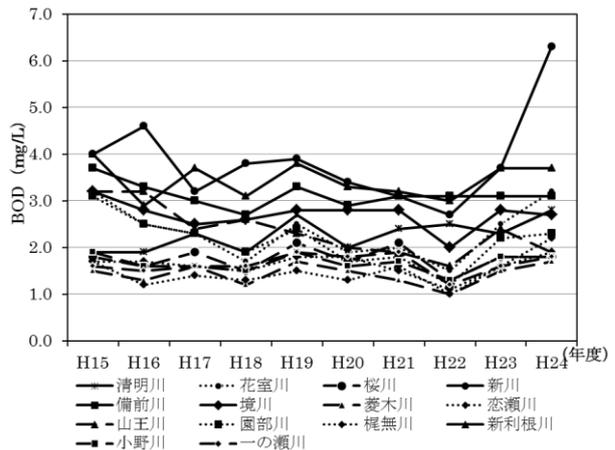


図4 霞ヶ浦水域のBOD年平均値の推移

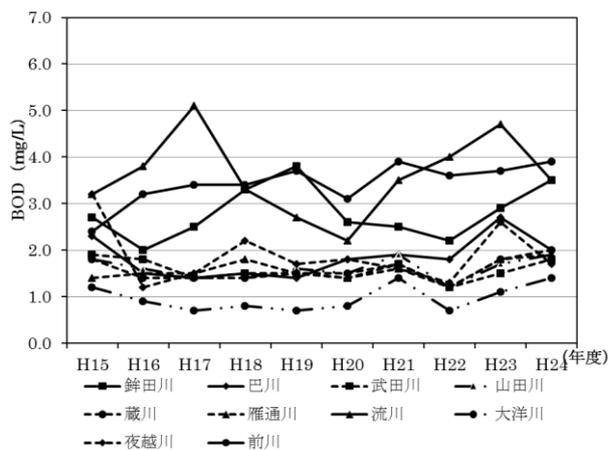


図5 北浦水域及び常陸利根川水域のBOD年平均値の推移

また、河川別の10年間のBOD平均値は、これらの水域にあてはめられている環境基準（霞ヶ浦水域及び北浦水域並びに常陸利根川水域に当てはめられている水質類型はAで、BODに係る環境基準は2 mg/L）を超過している河川は、霞ヶ浦水域では清明川、園部川、花室川、山王川、境川、備前川、新利根川及び新川の計8河川、北浦水域では銚田川と流川の計2河川、常陸利根川水域では前川の1河川の合計11河川であった。

BODが高くなる一因として、河川に排出される有機性汚濁の増加が考えられるので、霞ヶ浦や北浦に流入する河川について、平成12年度と平成22年度の有機性汚濁の排出負荷量を比較した。比較に用いたデータは、霞ヶ浦湖沼水質保全計画策定時の河川流域の汚濁排出負荷量等のデータ⁶⁾で、その中では有機性汚濁をCODで評価している。

対平成12年度比で排出負荷量が大きく増加している河川は、園部川の20.9%増、恋瀬川の18.6%増、梶無川の55.4%増で、いずれも畜産系の割合が増えていたが、BODの値は高くても園部川の2.1 mg/Lである。COD負荷量が増加しているにも関わらずBOD値の上昇が見られなかった理由としては、BODとCODはともに有機性汚濁の指標であるが、測定方法が異なり、検知される物質も異なること、汚濁物質の量そのものが少なく、希釈や生物による分解が速やかに行われた、などが考えられる。

3.5 環境基準達成の判別から見た河川の状況

環境基準を超過した河川は年平均値の変動が大きく、図4と図5からは直近5年の変動は特に大きく見える。

年平均値は大きな値が1つでもあるとその影響を受け、大きくなってしまふので、河川のBODに係る環境基準を達成しているかは、一連の測定値の75%測定値と比較する必要がある。つまり、12個の測定値を小さい順に並べた時の9番目の値と環境基準を比較し、大小を判別する簡便な方法である。この方法に対しては、確率的に求める方法が適切との考え方⁸⁾もあるが、年度途中でも環境基準を達成したか分かる利点もある。表2は、年平均値が環境基準を超過した11河川の75%値、つまり小さい方から順に測定値を並べた時に9番目に大きな値とその直前の8番目の測定値を示し

たものである。備前川、新利根川、新川、銚田川、流川及び前川は、8番目の測定値でさえ5年間の測定で、一度も2 mg/Lを下回ったことがなく、高度に水質汚濁が進んでいる河川と考えられる。また、清明川や園部川等の河川では、8番目の測定値が2 mg/L以下で、9番目の数値が2 mg/Lを超過する年が見受けられることから、突発的な事象によるBOD値の上昇がなければ環境基準を満足できると考えられる。しかし、年を追うごとに測定値が上昇している傾向が見受けられるので、流域からの負荷削減策を強化する必要も認められる。

表2 河川別75%測定値とその直前値

河川名	区分	H20	H21	H22	H23	H24
清明川	a	2.3	2.8	2.3	2.6	3.0
	b	1.8	2.3	1.9	2.1	2.9
園部川	a	2.0	2.1	1.5	2.4	2.3
	b	1.7	1.8	1.4	2.3	2.0
花室川	a	1.9	2.0	1.7	2.7	3.3
	b	1.9	2.0	1.7	2.5	2.9
山王川	a	1.9	2.1	1.7	2.8	2.2
	b	1.9	2.0	1.5	2.8	2.0
境川	a	2.6	3.3	2.1	2.7	2.9
	b	2.4	2.9	2.0	2.4	2.8
備前川	a	3.2	3.3	3.5	3.8	3.6
	b	3.0	2.8	3.0	3.7	3.5
新利根川	a	3.4	3.7	4.0	4.4	4.6
	b	3.2	3.0	3.9	3.8	4.2
新川	a	3.8	3.2	3.4	4.9	4.3
	b	3.7	3.0	3.2	4.6	3.9
銚田川	a	3.7	3.0	2.7	4.0	3.7
	b	2.8	2.6	2.4	3.5	3.3
流川	a	2.3	3.2	3.4	5.1	3.6
	b	2.3	3.1	3.3	4.9	3.1
前川	a	3.5	4.3	4.2	4.1	5.0
	b	3.0	4.3	3.9	3.9	3.7

※区分欄の記号は、12個の測定値を小さい方から順に並べ、aは下から9番目の値（75%測定値）、bは8番目の値を示す。

3.6 月毎のBODの推移

BODの年平均値の10年間平均が2 mg/Lを超過した11河川の直近5年のBODの推移（図6）をみると、不定期なスパイク状の高値が検出されている。BODが高値を示した箇所では、懸濁物質（SS）濃度が高値のこともあり、濁水が流れ込んだことが推察される。ただし、新利根川については、度々BODが高値を示しているが、SSの上昇は見られず、水溶性の汚濁が負荷されたものと

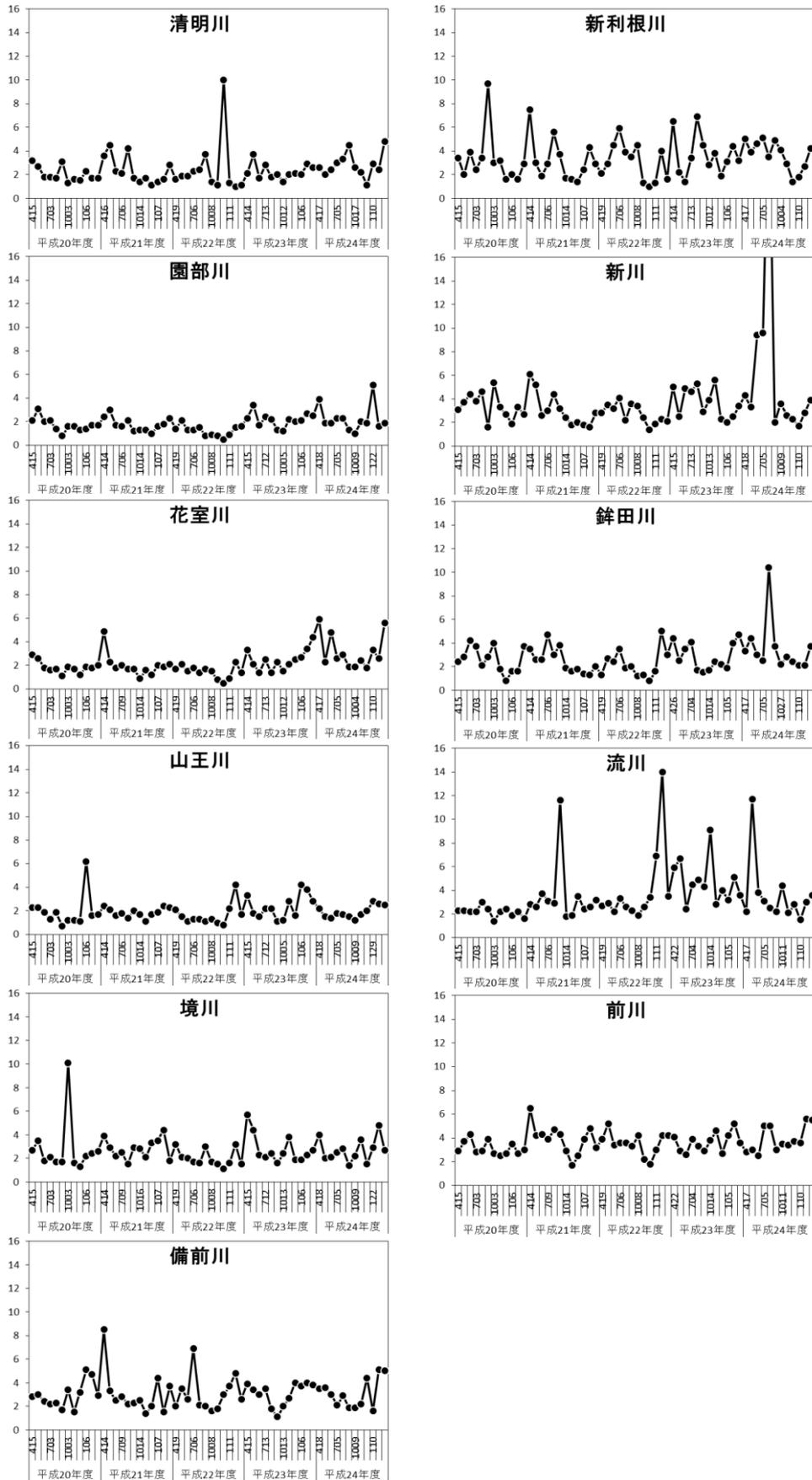


図6 BODの平均値が2 mg/Lを超過した河川の直近5年間の月毎の測定結果

考えられる。

11 河川の BOD 値と SS 濃度の相関を見ると、0.01～0.85 の範囲で、8 河川では 0.4 以下で強い相関は認められなかった。BOD 値と SS 濃度の相関の大きかった 3 河川の 1 つに新川の 0.85 があるが、これは、24 年 8 月の値があまりにも大きく、そのデータに強く影響されているためと考えられる。残りの 2 河川は、園部川の 0.74 と流川の 0.62 で、SS は有機質に富むことが推察された。この 2 河川の有機物の指標と考えられる COD について、流域からの排出負荷割合をみると、園部川は畜産系が約 48%、流川は生活排水と市街地等の面源でほとんどを占め（生活排水が約 38%、市街地等の面源が約 60%）であり、農地に散布された堆肥や道路側溝等に蓄積していた汚濁物質が降雨により濁質とともに洗い流された可能性が考えられる。

また、降雨による影響以外の要因として、これらの河川の河川長は、新利根川の約 33km、園部川の 16km を除くと 10km 以下の短い河川が多く、流域からの負荷された汚濁物質が沈降や分解される前に河口域まで達していることが想定され、各汚濁排出源で十分処理しなければ河川水質を良好に保つことができないと考えられる。

3.7 未処理雑排水の影響

工場・事業場などの点原の排出源では法律や条例により事業種や排出水量等に応じた規制がかけられている。そのため、排出水の水質は、良好に保たれている。一方、生活排水については、図 1 に示したように下水道や農業集落排水処理施設、合併処理浄化槽等で処理される割合は約 80% で、残り 20% については、未処理で環境中へ放流されている。

BOD の平均値が 2 mg/L を超過した 11 河川について、未処理雑排水の負荷量等を見てみると、表 3 のようになる。表 3 は湖沼水質保全計画策定時資料^⑩を基に作表したもので、COD で有機性汚濁を評価したものである。平成 12 年度に比べ平成 22 年度の未処理雑排水の負荷量は、園部川と流川で削減率が大きい、花室川では逆に増加しており、他の河川では若干の減少しているのが分かる。全体の有機性汚濁負荷に対する未処理雑排水の占める割合の 11 河川の平均は、平成 12 年度が 31.2% で、平成 22 年度が 29% と大きい変化は見られず、全体の負荷の低減率と同程度で推移

していることが推察される。しかしながら、未処理雑排水の負荷割合は、多くの河川で 30% 超が見受けられ、特に新川においては 50.8% と半分を超過しており、これらの河川では未処理雑排水が河川水質に与える影響は大きいものと考えられる。

生活排水の処理が進まない理由として、自分達の排水がどのように処理されているのか正確に認識できていないこと¹⁰が挙げられる。彼らの意識を変えるためには、戸別訪問により各種の施策や水質の状況等を理解してもらう等の方策を検討する必要がある。

表 3 河川の有機性汚濁に係る未処理雑排水の負荷量とその割合

河川名	未処理雑排水の負荷量(kg/日)		排出負荷に対する未処理雑排水の負荷割合(%)	
	H12年度	H22年度	H12年度	H22年度
新川	111.1	105.2	47.5	50.8
新利根川	633.8	584.2	31.0	32.2
備前川	49.6	46.3	35.2	35.1
境川	50.6	46.3	13.4	14.9
山王川	122.5	96.8	37.3	35.1
花室川	142.3	184.1	23.6	32.4
清明川	84.4	82.9	22.6	29.4
園部川	288.9	185.9	25.0	13.3
流川	29.3	14.1	44.7	25.7
銚田川	154.1	121.6	21.0	17.3
前川	90.7	79.2	42.2	33.1

4 まとめ

茨城県内の河川の BOD 環境基準の達成状況について概観したところ、以下のことが明らかとなった。

- BOD に係る環境基準達成率の低い水域は霞ヶ浦、北浦及び常陸利根川水域であった。
- 上記水域の河川で、BOD の汚濁が進んだ河川として、清明川、園部川、花室川、山王川、境川、備前川、新利根川、新川、銚田川、流川及び前川の 11 河川があげられる。
- 上記 11 河川について、平成 12 年度と平成 22 年度を比較すると、流域からの有機性汚濁の総負荷量が増加した河川は、恋瀬川、園部川、梶無川の 3 河川のみで、他の河川は減少していることから、BOD を上昇させる要因が他にもあると考えられた。
- 11 河川は、河川長が 10 km 以下の小河川が多く、自浄作用を十分に発揮できていないと考えられる。そのことは、濁質等の流入と考えら

れる BOD 値の大きな変動に表れている。ただし、新利根川については、水溶性の有機性汚濁の混入が考えられた。

- 11 河川の内、境川、園部川及び鉾田川を除く 8 河川では、未処理雑排水の総負荷に対する割合が約 30~50%と高値であった。
- 生活廃水の未処理率が高い河川においては、戸別訪問を行うなどし、水質改善に係る行動を起こさせる必要がある。
- 霞ヶ浦水域と常陸利根川水域はりん濃度が、北浦水域は窒素濃度が高い河川が多く存在していた。

5 参考文献

- 1) 環境省, 公共用水域の水質測定結果
<http://www.env.go.jp/water/suiiki/index.html>
- 2) 茨城県環境対策課, 公共用水域及び地下水の水質測定結果
<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/seikan/kantai/water/kokyoyosuiiki.html>
- 3) 環境省(2013): 環境基本法に基づく環境基準の水域類型の指定及び水質汚濁防止法に基づく常時監視等の処理基準について, 環水企第 92 号, 平成 25 年 3 月 27 日改正
- 4) 茨城県下水道課, よみがえる水,
<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/doboku/01class/class12/yomimizu/h24yomigaerumizu.pdf>
- 5) 気象庁, アメダスデータ
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=40&block_no=47629&year=&month=&day=&view=
- 6) 茨城県霞ヶ浦対策課(2004): 第 4 期の霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画策定関係資料集
- 7) 茨城県環境対策課(2011): 第 6 期霞ヶ浦湖沼水質保全計画策定資料
- 8) 北尾高嶺, 安達慎也, 井手敏文, 木曾祥秋(1996): 河川の BOD の分布と BOD75%非超過確率値の算定法に関する考察, 水環境学会誌, **19**(10), 821-825
- 9) 松森憲治, 板橋直(2009): 霞ヶ浦流域の主要河川の窒素濃度変化とその要因解明, 農工研技報, **210**, 61-73
- 10) 和田安彦, 三浦浩之, 森兼政行(1995): 生活排水の河川環境への影響と周辺住民の認識環

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。

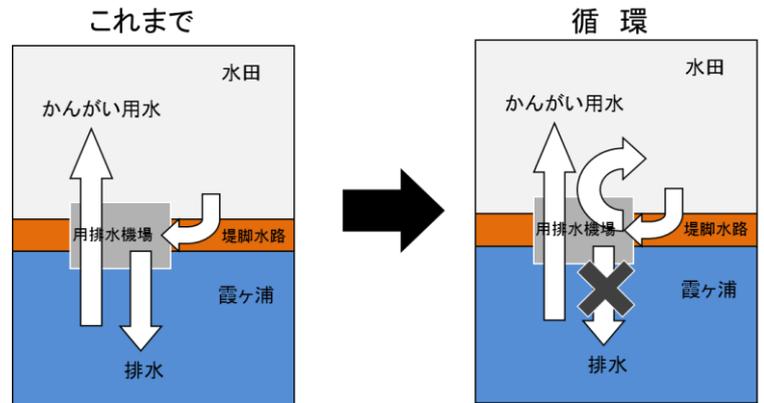


図1 循環かんがいによる効果の考え方

2.1 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25年4月10日～8月20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。

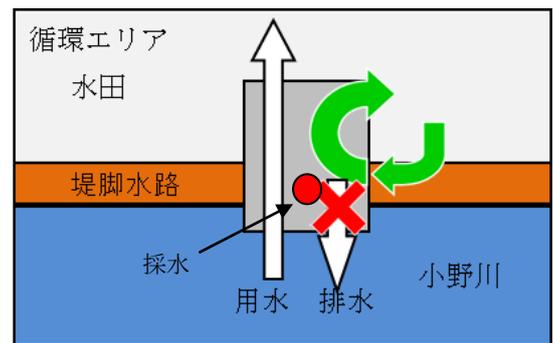


図2 循環かんがい区

2.2 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25年4月10日～8月20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、流量は機場ポンプの稼働記録とポンプの能力から計算した。

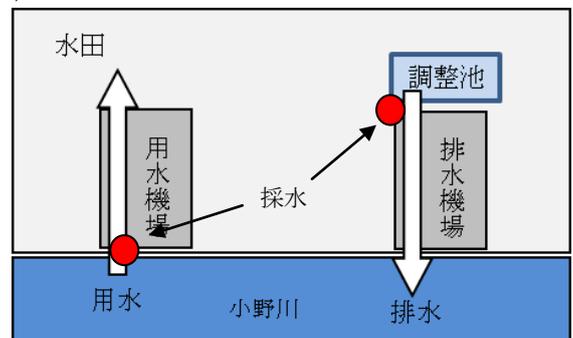


図3 非循環かんがい区

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。

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。また、窒素は非循環区、循環区共に浄化型であったが、循環かんがい区の方が浄化効果は高くなった。

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で約0.5kg/ha/d、窒素で約0.01kg/ha/d、リンで約0.009kg/ha/dの負荷削減効果が得られた。

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 負荷量		T-N 負荷量		T-P 負荷量	
	非循環	循環	非循環	循環	非循環	循環
流入	0.79	0.40	0.21	0.084	0.011	0.007
流出	0.98	0.09	0.15	0.015	0.015	0.002
差引き負荷	0.19	-0.31	-0.06	-0.07	0.004	-0.005

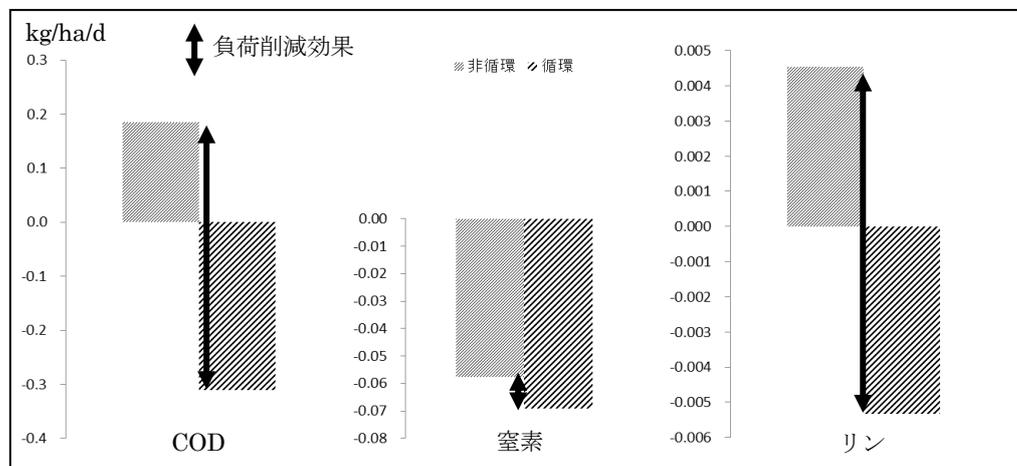


図4 差引き負荷の比較

1-10 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 25 年 4 月から 12 月
- ・測定項目：COD，窒素，リン等
- ・採水方法：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，9 月以降は流出がほとんどなく，週 1 回，田面水を採水した。

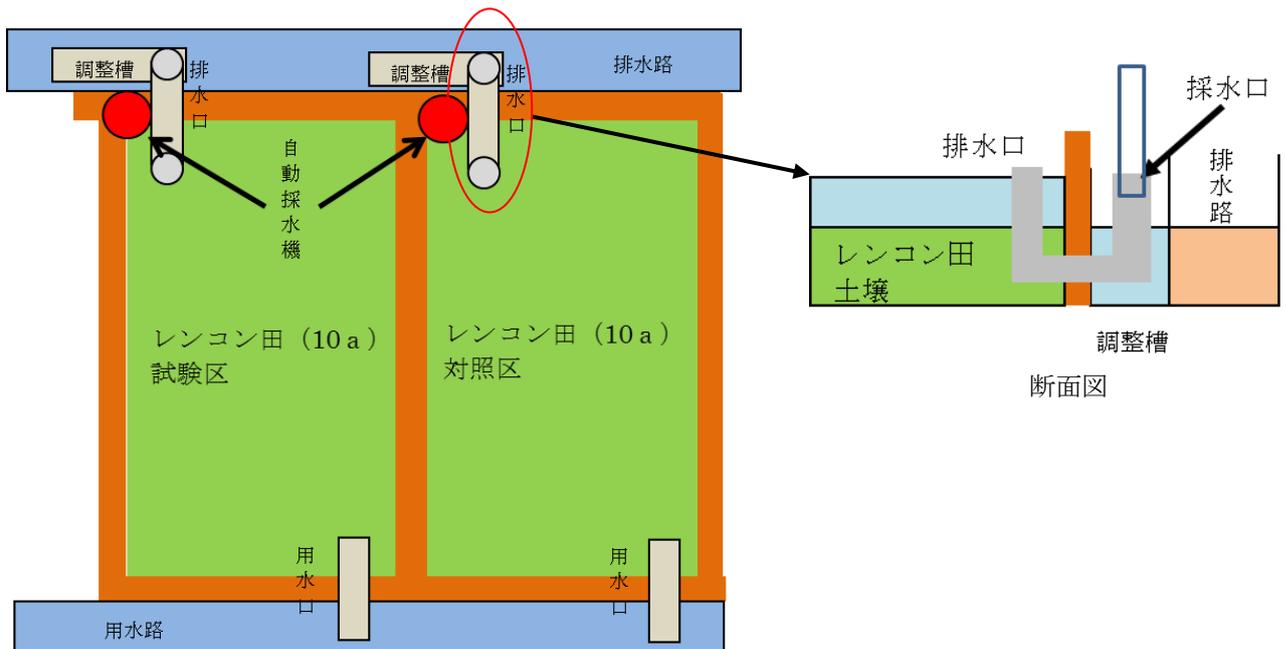


図 1 調査圃場 概要図

3 結果の概要

調査期間中の窒素, リンの濃度推移は図 2, 3 のとおりである。分析結果は1ヶ月毎の平均値で示した。

対照区では窒素, リン共に4月, 5月に濃度が上昇し, 4月では全窒素が45.5mg/L, 全リンが15.4mg/L, 5月では全窒素が85.8mg/L, 全リンが6.6mg/Lであった。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4月の全窒素, 全リンそれぞれ10.7mg/L, 1.4mg/L, 5月では17.7mg/L, 1.4mg/Lとなり, 濃度は低く抑えられた。

この結果から, 従来の施肥方法と比較して新たな施肥方法では, 田面水中への肥料成分の溶解が抑えられ, レンコン田からの流出負荷抑制効果が期待できる。今回は濃度の調査のみであったが, 今後は負荷量を調査し, 負荷削減量を定量的に把握していく計画である。

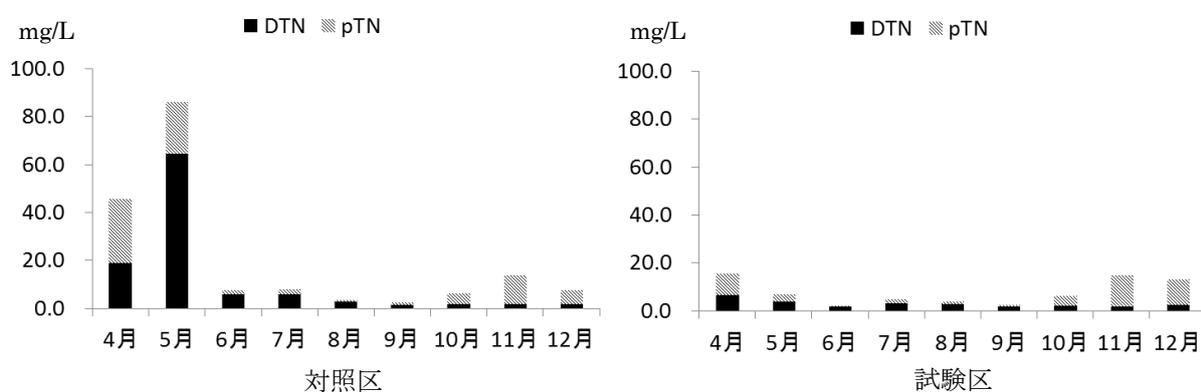


図2 調査期間中の窒素濃度の推移 (8月までは流出水, 9月以降は田面水)

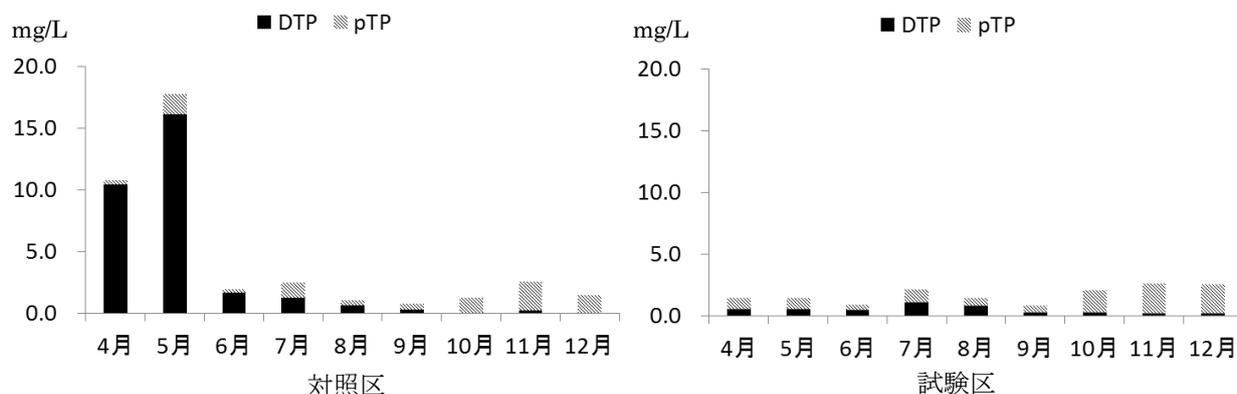


図3 調査期間中のリン濃度の推移 (8月までは流出水, 9月以降は田面水)

1-11 霞ヶ浦西浦におけるリンの変動要因に関する調査

1 目的

霞ヶ浦の水質は環境基準が達成できていないため、効果的な対策を実施する必要がある。しかし、湖水質は、気象条件や湖流、生態系、底泥の物理化学的組成など様々な影響を受けているため、事前に対策の効果を把握することが非常に困難である。そのため、それらの関係を組込んだ水質予測モデルを用いて、対策を実施した場合の水質改善効果をシミュレーションにより具体的に把握した上で、対策を実施することが望まれる。

そこで本調査では、西浦における水質予測モデルを構築し、1) 西浦と北浦における底泥からのリンの溶出速度の違い、2) 底泥からのリンの溶出量を抑制させた場合の水質予測、3) 流入負荷量を削減した場合の水質予測を検討した。

2 水質予測モデルの概要

基本構造は北浦水質予測モデル¹⁾と同様に、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、水平メッシュサイズについては、水平メッシュサイズと湖面積の比が概ね北浦と同じになるよう、450 mに設定した。

3 西浦における水質予測モデルによるシミュレーション結果

(1) 西浦と北浦における底泥からのリンの溶出速度の違い

西浦の水質予測モデルを構築する際に、既存の北浦水質予測モデルで使用しているパラメータを用いて計算したところ、底層の無機態リン濃度の計算結果が観測値を大きく上回ることが確認された。そこで、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の分子拡散係数以外の拡散係数を変更したところ観測値を再現できた(図1)。この結果から、西浦の溶出量は北浦に比べて25~50%となっていると推定される。

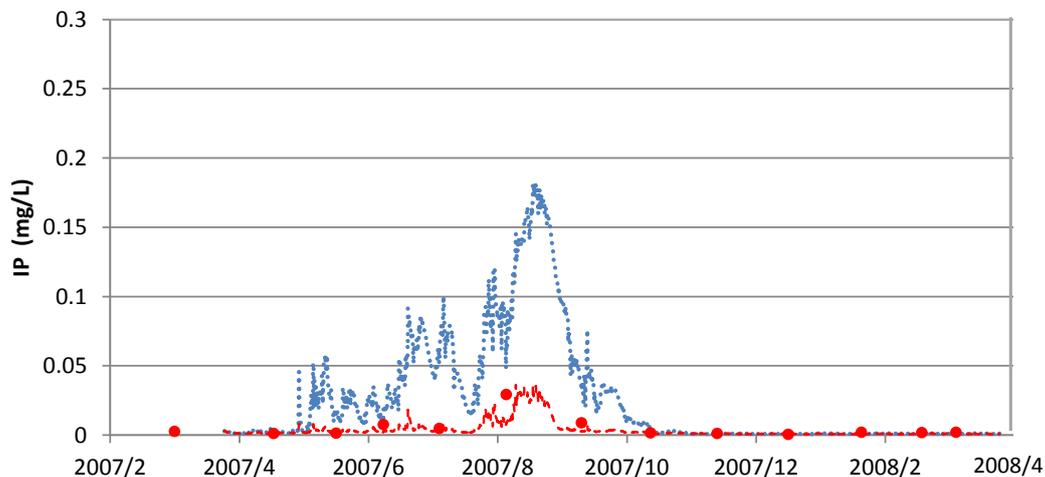


図1 2007年度西浦湖心における湖水底層の無機態リン濃度

(\cdots :北浦におけるパラメータ用いた計算値, $---$:改良したパラメータを用いた計算値, \bullet :観測値)

(2) 底泥からのリンの溶出を抑制した場合の水質改善効果

底泥からのリンの溶出は湖水底層DO濃度が低下すると起きるため、実際に底層DO濃度が低下する夏季において、DO濃度が低下しない条件でシミュレーションし、溶出が起きない場合の水質を予測した(図2)。その結果、底層DO濃度が低下しない場合には2007年4月から2012年3月までの5ヵ年平均値が0.06 mg/Lとなり、好気条件を維持しない場合の0.09 mg/Lに比べて大幅に低下した。

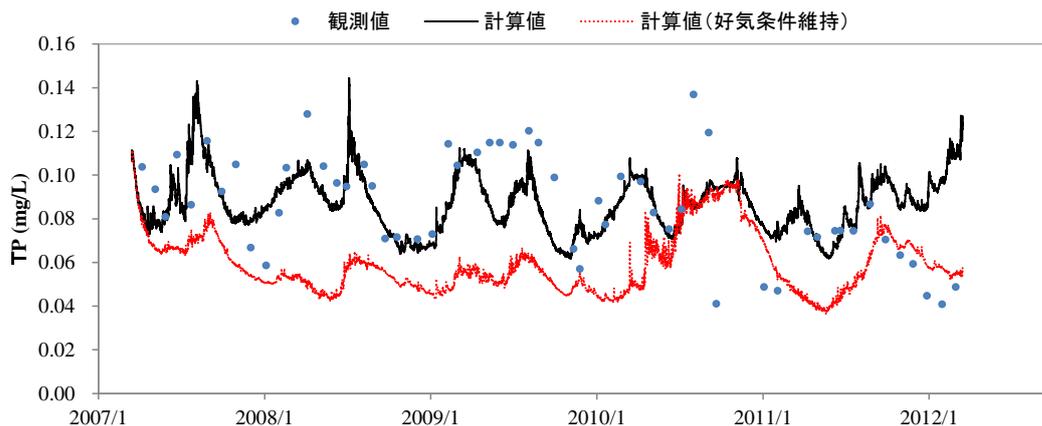


図2 底層 DO 濃度が低下しない場合の西浦湖心における TP 濃度の予測

(3) 流入負荷を削減した場合

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、どの程度水質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 カ年平均値が 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。

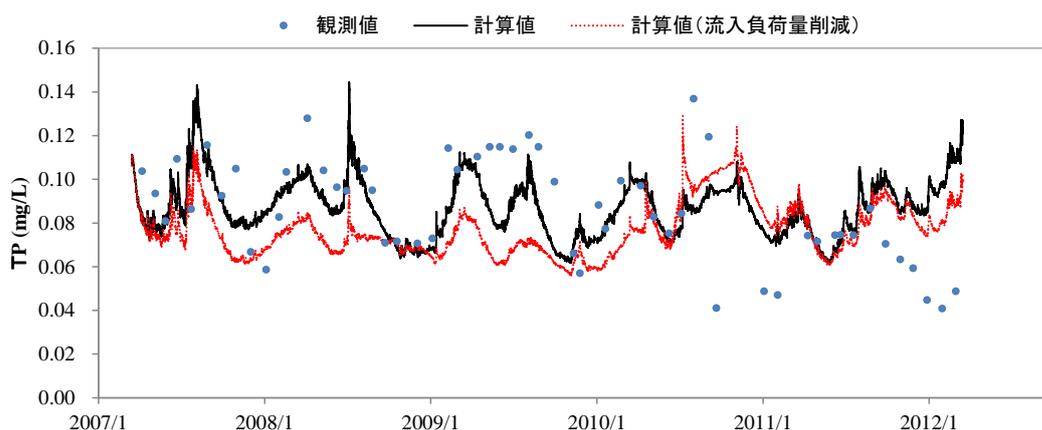


図3 流入負荷を 30 %削減した場合の西浦湖心における TP 濃度の予測

4 考察

西浦における底泥からのリンの溶出量は北浦に比べて 25~50 %ほど低いことが示されたことから、北浦に比べて湖水に与える内部負荷の影響が少ないと考えられる。しかし、特に夏季において底層 DO 濃度が低下しない場合には湖水 TP 濃度は 0.03 mg/L 減少し、現状の 2/3 になるものの、流域からの負荷量を 30 %削減しても 0.01 mg/L しか減少しなかったことから、湖水 TP 濃度に対して与える影響は、北浦同様に、流域由来などの外部負荷に比べて湖内由来の内部負荷の方が大きいことが推測される。よって、西浦においても底泥からのリンの溶出量を抑制するような対策が効果的であると考えられる。

5 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.

1-12 霞ヶ浦（西浦）流域からの負荷量の推定に関する調査

1 目的

霞ヶ浦流域では排出，流入負荷量の乖離が確認されており，データの少ない雨天時の調査が望まれている。

本調査では，市街地に着目し，雨天時を中心とした調査を実施し，流入，排出負荷の乖離について検討した。

図1 調査地点（つくば市竹園，竹園都市下水路）

2 調査方法

(1) 調査対象地域

花室川支流の竹園都市下水路（図1）とした。この流域では下水道接区域のため，水量のほとんどが降雨によるものである。

(2) 調査日

- 第1回：平成25年07月29日09:00～ 計24時間（6.5 mm）
- 第2回：平成25年08月23日17:00～ 計24時間（9 mm）
- 第3回：平成25年09月15日12:00～ 計28時間（14 mm※台風18号後）
- 第4回：平成25年10月15日12:00～ 計49時間（173 mm※台風26号）
- 第5回：平成25年12月18日14:00～ 計51時間（36 mm）

(3) 採水方法及び分析項目

1時間毎の毎正時に下水路中央で採水するとともに，流速と水深を測定した。採取した水の分析項目はCOD，TP，TN及びそれらの溶存態とした。なお，懸濁態については全量から溶存態を差し引き求めた。

3 降雨量と下水路の流量，水質の関係

流量は降雨量に応じ増減しており，降った雨は素早く側溝を通じて流出すると考えられる（図2左）。一方，リン濃度は流量の多い時に低下しており降雨による希釈効果と考えられる。一方，負荷量は流量に比例しており，流量の多い降雨時に主に懸濁態が流出していた（図2右）。

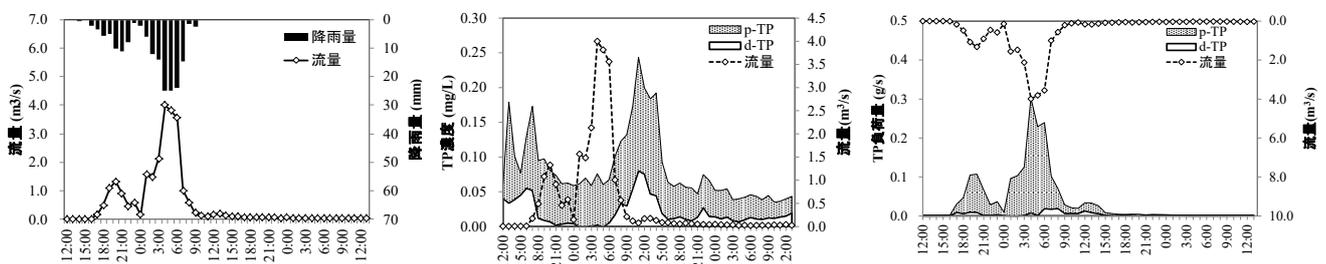


図2 降雨量と流量(左)，流量とリン濃度(中)，流量と負荷量(右)の関係
 (※第4回の総降雨量173 mm時)

4 本調査で得られた原単位と湖沼計画の原単位の比較

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式¹⁾により原単位(kg/km²/日)を算出した。なお，湖沼計画で算出されている条件と同じ条件で算出するため年間降水量は1,360 mm/yrとし，計算に用いる水質は降雨開始から降雨終了後2時間までの平均値を用いた。

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²⁾と比べて低い値を示した(図3)。このことから、市街地の原単位については、湖沼計画で用いられている値が過小評価されている可能性は低いと考えられる。

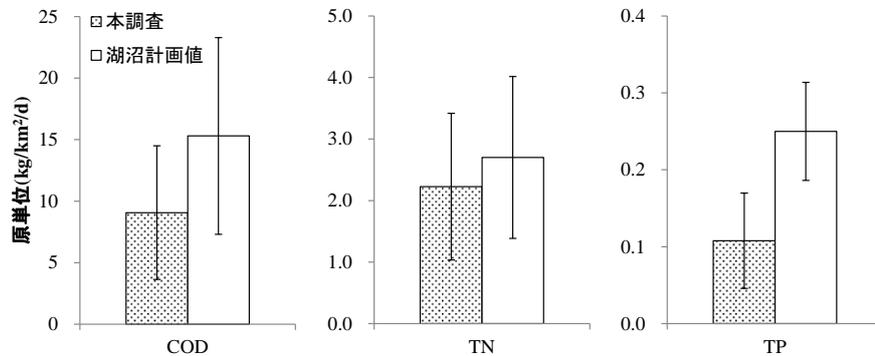


図3 原単位(本調査による結果と湖沼計画値)と流入負荷量の比較

5 市街地からの負荷流出特性について

下水路の流量と各負荷量(形態別)の関係を図4に示した。全ての項目で流量を正の相関があることが確認されたが、中でも特に懸濁態の増加量が顕著であった。

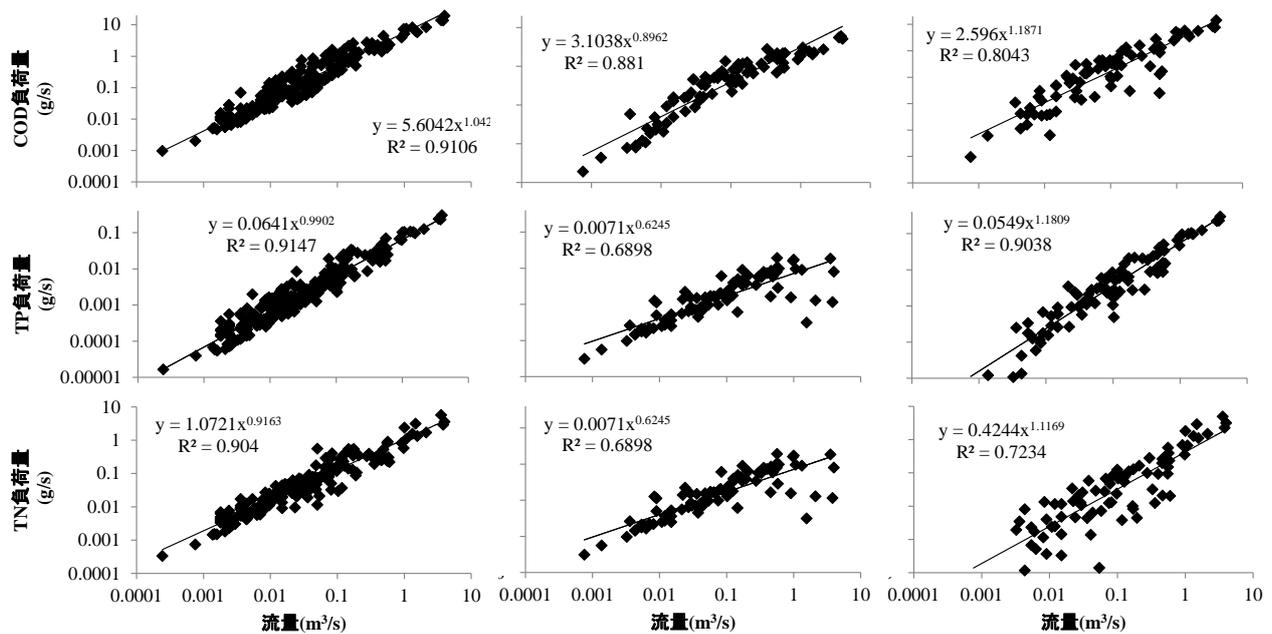


図4 流量と負荷量の関係(左: Total, 中: 溶存態, 右: 懸濁態)

6 参考文献

- 1) 環境庁, 平成2年3月, 非特定汚染源負荷調査マニュアル
- 2) 茨城県, 平成23年3月, 霞ヶ浦汚濁機構解明事業等業務報告書 - 第6期湖沼水質保全計画策定に係る検討 - pp.164-170.

1-13 霞ヶ浦直接浄化対策検証事業

1 目的

秋季から春季にかけて、土浦港奥部に設置した直接浄化実証施設（以下、浄化施設）による土浦港の水質改善状況を検証する。

2 浄化施設概要

図1に浄化施設の設置場所を示す。土浦港内の湖水を汲み上げ、腐敗臭の原因であるアオコなどの植物プランクトン増加の原因の一つとなっている湖水中のリンを削減することにより、植物プランクトンの発生を抑制し、水質を改善する実証施設である。

図2に水処理のしくみを示す。取水口から汲み上げられた湖水に無機凝集剤と磁性粉を添加し、マイクロフロックを形成させた後に、高分子凝集剤を添加しフロックを成長させ、その後、磁気分離装置を用いて、磁性粉を含んだフロックを分離、回収し、処理水を放流口から湖水に戻す。処理水質はリン0.03 mg/L以下、懸濁物質量(SS)5 mg/L以下を得ることを目標にしている。除去されたフロックは汚泥として処分される。湖水が浄化されるまでの時間は約2分40秒となっており、高速処理が実現されている。



図1 設置場所および調査地点

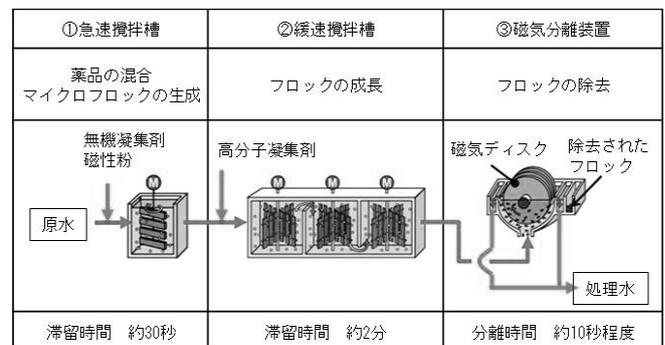


図2 処理フロー

3 調査方法

(1) 調査期間

水質調査は平成25年9月28日から3月20日までに計24回実施した。

(2) 調査地点

図1に示した6地点(①~⑥)において上層(水面下0.5m)および下層(湖底上0.5m)で採水した。

(3) 測定項目

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)、懸濁物質量(SS)、全リン(TP, DTP)、全窒素(TN, DTN)、各態窒素濃度(NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N)、リン酸イオン(PO₄-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, 4クールの浄化施設稼働時の処理水量条件を10,000 m³/日、第2, 3クールを5,000 m³/日とした。1クールは28日間の稼働期間とした。

4 調査結果

浄化施設を稼働することにより、土浦港奥部の浄化施設の処理水放流口近辺および取水口との中間地点である地点①, ②の水質が改善される傾向が見られた。

(1) 透明度

図3に各地点の透明度の推移を示す。浄化施設稼働時を枠で囲ってある。地点③～⑥の透明度は浄化施設稼働前後で大きく変化していないのに対して、地点①、②の透明度は浄化施設を稼働することにより上昇し、浄化施設を停止すると、地点③～⑥の値に近づく傾向が見られた。

(2) 全リン

全リン濃度の推移を図3に示す。地点①、②のリン濃度は浄化施設が稼働すると低下し、浄化施設を停止すると地点③～⑥の値に近づく。

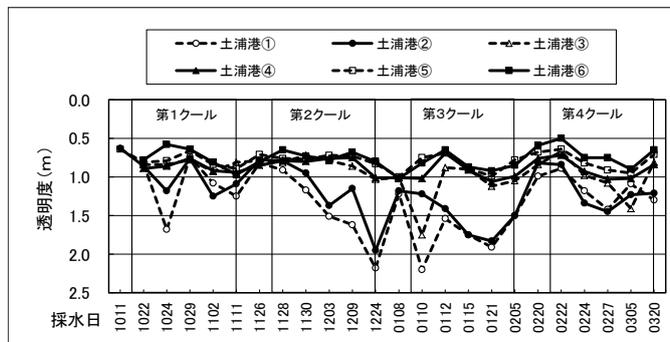


図3 各地点の透明度の推移

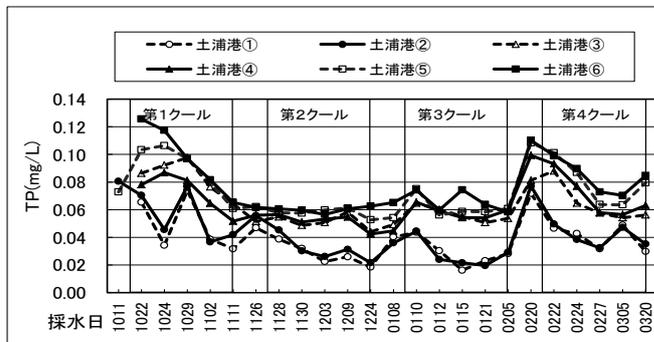


図4 各地点のTPの推移

(3) 削減率による水質評価

表1に各調査地点の浄化施設の稼働前後の水質と、削減率を示す。表の値は浄化施設が最も安定に稼働した第2クール(H25. 11. 27~12. 24)のものである。地点①、②の水質の削減率が他地点より高く、水質改善効果が大きくなっていることが明らかになった。

表1 浄化装置稼働による各地点の水質と削減率 (第2クール)

場所	水質	TP(mg/L)	COD(mg/L)	TOC(mg/L)	TN(mg/L)	SS(mg/L)	透明度(m)	クロロフィルa(μg/L)
地点①	稼働前	0.047	5.7	3.2	2.3	11	0.82	34
	平均	0.025	3.7	2.6	2.2	6	1.62	15
	削減率(%)	47	34	18	4.9	44	98	55
地点②	稼働前	0.056	5.7	3.2	2.3	13	0.78	42
	平均	0.027	3.9	2.6	2.2	7	1.36	19
	削減率(%)	51	32	18	5.6	48	74	56
地点③	稼働前	0.052	5.7	3.1	2.3	10	0.79	37
	平均	0.050	5.5	3.3	2.3	12	0.85	34
	削減率(%)	2.1	4.1	-3.7	0.5	-21	7.6	8
地点④	稼働前	0.056	5.2	3.1	2.4	10	0.85	37
	平均	0.050	5.7	3.4	2.3	12	0.83	41
	削減率(%)	10	-8.0	-8.6	3.7	-21	-2.4	-11
地点⑤	稼働前	0.062	5.6	3.2	2.5	12	0.71	27
	平均	0.058	5.9	3.4	2.4	13	0.76	33
	削減率(%)	7.0	-4.0	-5.2	4.3	-11	7.4	-24
地点⑥	稼働前	0.062	5.4	3.2	2.6	8	0.8	25
	平均	0.060	5.7	3.4	2.4	14	0.75	32
	削減率(%)	3.0	-4.4	-6.8	6.7	-78	-6.6	-28

平均：浄化施設稼働4, 7, 13, 28日目の4回の平均値

削減率=(1-平均値/稼働前値)×100, ただし、透明度だけは(平均値/稼働前値-1)×100

1-14 霞ヶ浦湖内水質モニタリング調査事業

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 25 年 4 月から平成 26 年 3 月（月に 1 回）

(2) 調査地点及び試料採取方法

西浦、北浦、常陸利根川の全 16 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。植物プランクトン同定計数用検体は上層の湖水を、動物プランクトン同定計数用検体は北原式定量プランクトンネットを用いて鉛直曳きした試料とした。

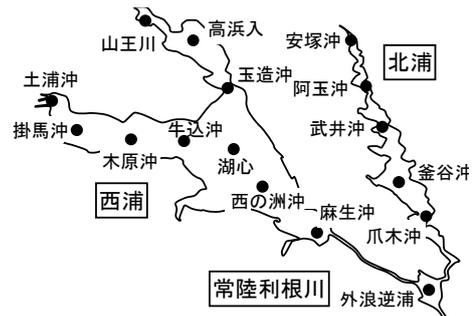


図 1 調査地点

(3) 測定項目

pH, 電気伝導率(EC), 酸化還元電位(ORP), 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(NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N), りん酸イオン濃度(PO₄-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(Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻), 濁度, 反応性溶存ケイ素濃度(SRSi)

3 結果の概要

(1) COD

- 湖心、釜谷沖ともに 6 月から 9 月は過去平均（2007-2011 年）並み、それ以外の時期は、過去平均より低く推移していた。（図 2）

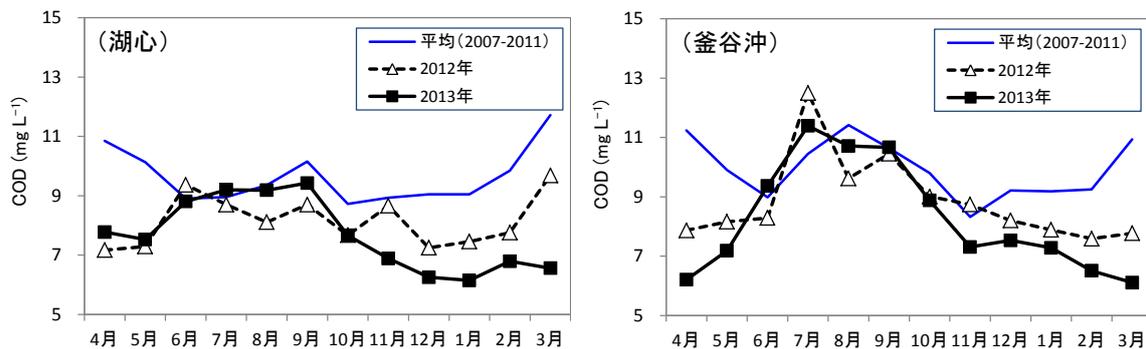


図 2 本年度、昨年度及び過去 5 年平均の COD 経月変化
（左：湖心，右：釜谷沖。どちらも上層。）

(2) 窒素

- TN は、湖心では 8 月まで過去平均より低く推移し、9 月以降は過去平均より高く推移していた。釜谷沖

では、5月～6月が過去平均より低く推移していたが、7月以降は過去平均並み～高めで推移していた(図3)。

- 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8月まで低く推移したが、その後上昇して過去平均より高く推移している。釜谷沖では4月は過去平均を上回ったが、その後低下して6月から8月は低濃度(0.03 mg L⁻¹以下)で推移した。また、9月以降は上昇し、過去平均～高めに推移していた。(図4)

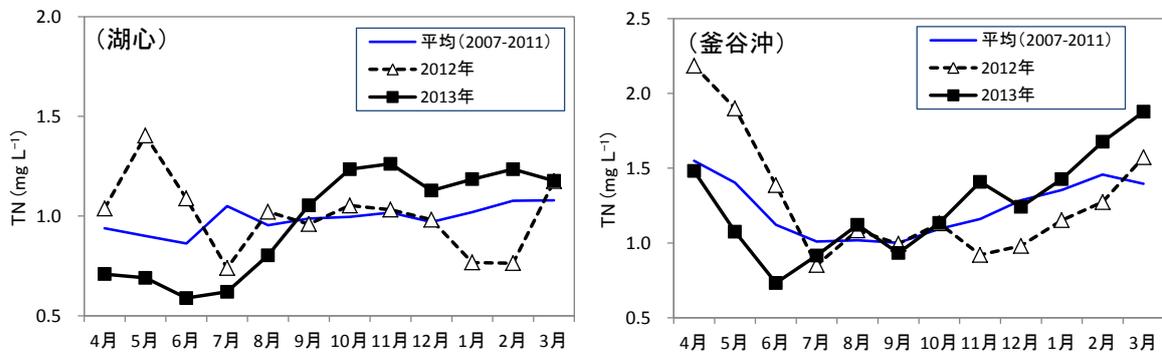


図3 本年度、昨年度及び過去5年平均のTN経月変化

(左：湖心，右：釜谷沖。どちらも上層。)

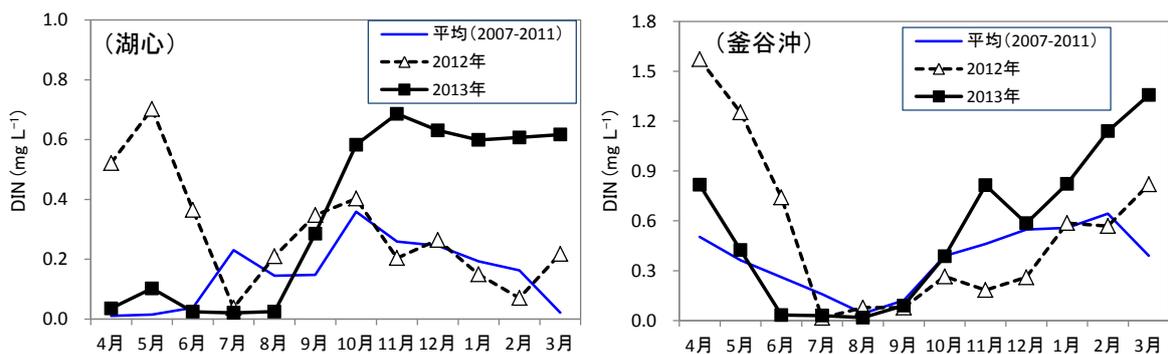


図4 本年度、昨年度及び過去5年平均のDIN経月変化

(左：湖心，右：釜谷沖。どちらも上層。)

(3) リン

- TPは、湖心では9月と10月を除いて、過去平均より低めに推移している。釜谷沖では、7月を除いて過去平均並み～低めに推移していた。(図5)
- PO₄-Pは、湖心では、8月から10月を除き0.01 mg L⁻¹以下で推移した。特に9月と10月は過去平均より高かった。釜谷沖では、7～10月を除いて0.01 mg L⁻¹以下で推移した。7～10月は濃度が上昇し、特に7月に0.066 mg L⁻¹になったが、8月から10月は過去平均より低かった。(図6)

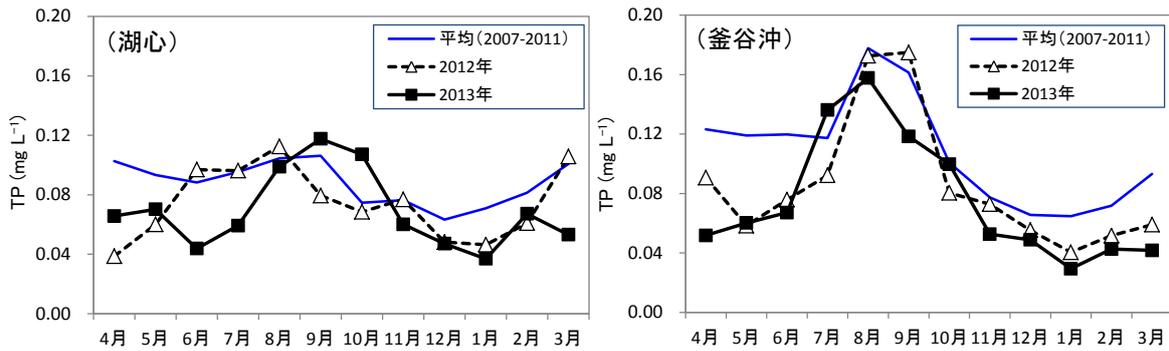


図5 本年度、昨年度及び過去5年平均のTP経月変化
(左：湖心，右：釜谷沖。どちらも上層。)

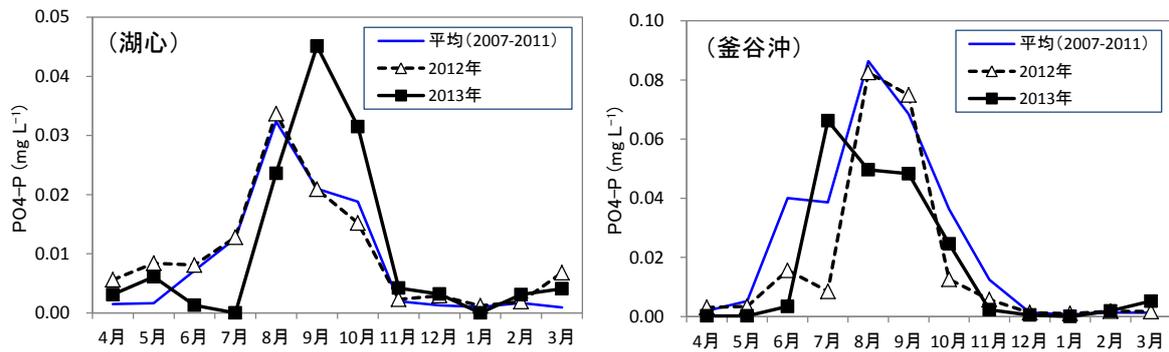


図6 本年度、昨年度及び過去5年平均のPO₄-P経月変化
(左：湖心，右：釜谷沖。どちらも上層。)

(4) 植物プランクトン

- 湖心における植物プランクトンの変化は、8月に緑藻類が優占したもののその他の月は珪藻類が優占した(図7)。
- 釜谷沖では、7月～9月及び1月に藍藻類が優占し、その他の月については珪藻類が優占した(図8)。

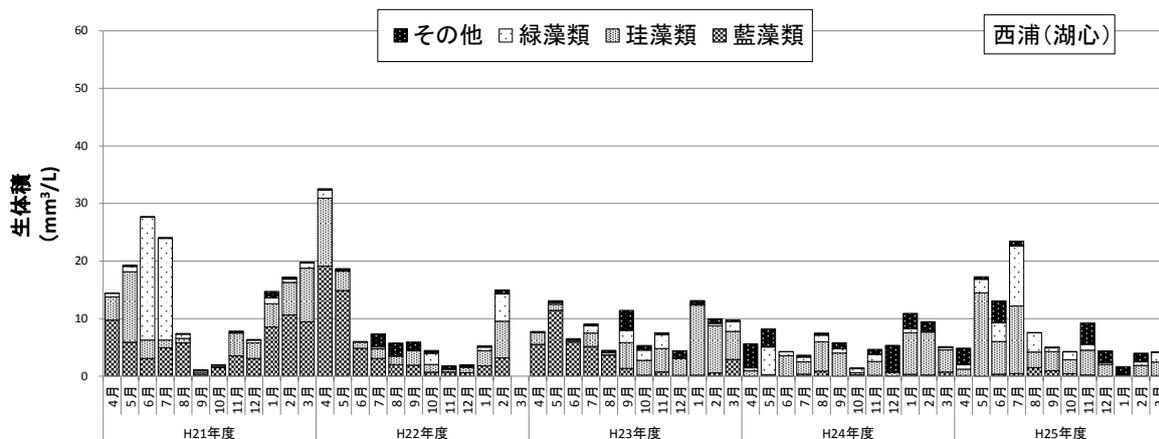


図7 植物プランクトンの生体積の経月変化(湖心)

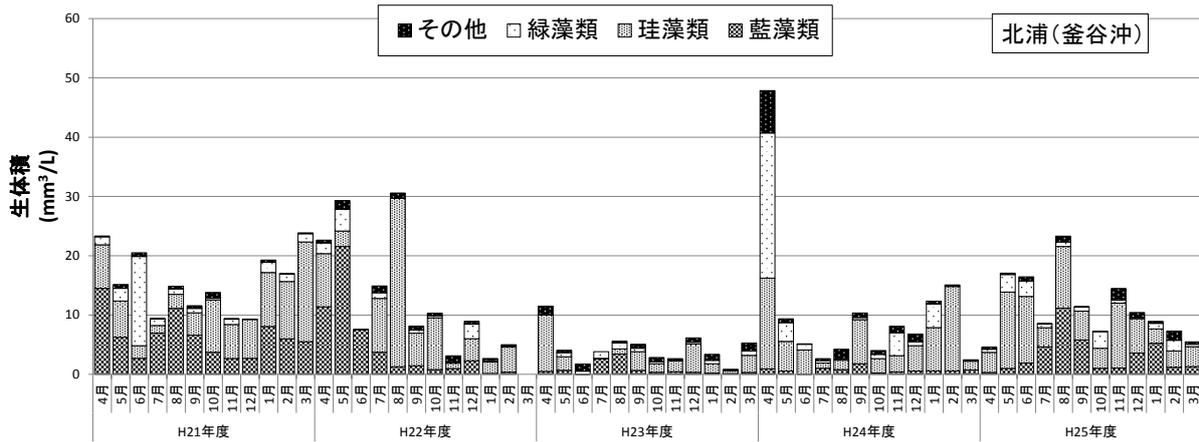


図8 植物プランクトンの生体積の経月変化（釜谷沖）

(5) 動物プランクトン

- 湖心における動物プランクトンの変化は、4月と5月にミジンコ類が高密度で出現し、5月にワムシ類も高密度で出現した。その後6月に大幅に減少し、その後も低密度で推移した（図9）。
- 釜谷沖における動物プランクトンの変化は、8月にミジンコ類が増加し、2月にワムシ類が増加したが、6月、11月～1月及び3月は低密度で推移した（図10）。

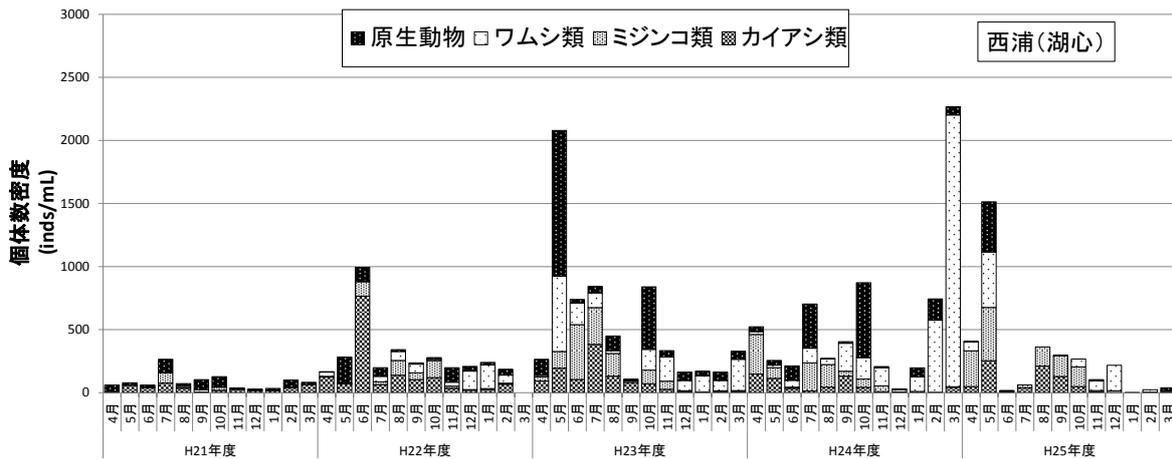


図9 動物プランクトンの個体数密度の経月変化（湖心）

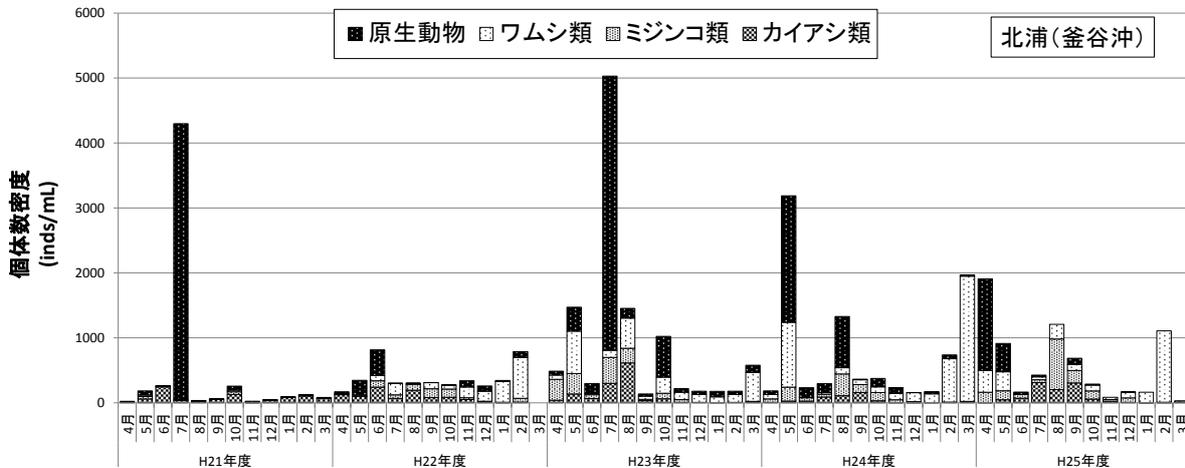


図10 動物プランクトンの個体数密度の経月変化（釜谷沖）

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26日										晴れ時々曇り																			
		採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	OOD (mg/L)	φ-OD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (μg/L)	EC (mS/m)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSi (mg/L)	
掛懸沖	上	13:02	18.8	0.79	3.4	15.8	8.80	11	21	7.9	5.3	4.3	3.0	0.94	0.64	0.017	0.24	0.016	0.061	0.015	0.002	0.002	45	27	27	4.6	6.5	17	32	24	0.89
	下						8.85	11	20	7.3	5.2	4.3	3.0	0.99	0.63	0.017	0.24	0.016	0.069	0.013	0.002	0.002	44	27	27	4.5	6.4	17	32	24	0.86
木原沖	上	12:42	20.5	0.88	5.6	15.6	8.76	11	14	7.2	4.9	4.6	3.1	0.78	0.44	0.019	0.03	0.010	0.066	0.013	0.001	0.001	31	28	29	4.6	6.8	17	35	24	0.33
	下						8.70	11	15	7.4	5.7	4.4	3.1	0.79	0.41	0.019	0.03	0.010	0.066	0.013	0.001	0.001	41	28	29	4.5	6.7	17	35	24	0.31
牛込沖	上	12:22	20.4	1.00	6.1	15.6	8.69	11	12	7.3	5.8	4.4	3.1	0.77	0.40	0.021	<0.01	0.008	0.067	0.019	0.002	0.002	52	28	29	4.5	6.8	17	36	24	0.17
	下						8.40	10	13	7.1	5.3	4.3	3.1	0.79	0.38	0.024	<0.01	0.008	0.077	0.016	0.002	0.002	47	29	30	4.5	7.0	17	36	24	0.16
高浜沖	上	11:15	19.9	1.02	4.1	16.0	8.76	11	13	7.3	5.2	4.2	3.1	1.1	0.68	0.022	0.27	0.023	0.077	0.018	0.002	0.002	47	26	26	4.1	6.6	17	30	23	0.29
	下						8.75	10	16	7.3	5.6	4.5	3.1	1.1	0.68	0.026	0.28	0.022	0.082	0.016	0.002	0.002	50	26	26	4.1	6.5	16	30	22	0.30
玉造沖	上	10:54	20.4	0.92	6.6	15.7	8.63	10	13	8.1	5.7	4.5	3.1	0.94	0.56	0.030	0.14	0.013	0.076	0.018	0.002	0.002	49	28	29	4.4	6.9	17	35	23	0.33
	下						8.51	10	20	7.0	5.5	4.3	3.1	1.0	0.60	0.066	0.18	0.016	0.090	0.017	0.003	0.003	38	28	28	4.3	6.8	17	33	23	0.51
湖心	上	10:30	19.3	1.02	6.0	15.1	8.49	11	14	7.8	5.9	4.7	3.2	0.71	0.43	0.024	<0.01	0.008	0.066	0.018	0.003	0.003	47	30	32	4.6	7.2	17	39	24	0.11
	下						8.33	10	15	6.7	5.6	4.6	3.2	0.78	0.40	0.019	<0.01	0.006	0.074	0.017	0.002	0.002	40	30	32	4.5	7.2	16	39	24	0.12
西の洲沖	上	10:06	19.0	0.91	5.5	14.9	8.30	10	15	7.5	5.6	4.3	3.1	0.74	0.42	0.027	0.01	0.010	0.067	0.016	0.002	0.002	33	29	31	4.4	7.1	17	38	24	0.10
	下						8.26	10	17	7.2	5.4	4.4	3.2	0.80	0.41	0.032	0.02	0.010	0.077	0.015	0.002	0.002	41	29	31	4.5	7.1	17	38	24	0.13
麻生沖	上	9:39	19.1	0.80	1.8	15.4	8.45	10	16	8.0	6.3	4.8	3.2	0.73	0.37	0.014	<0.01	0.005	0.070	0.015	0.002	0.002	30	33	38	4.9	8.0	18	49	25	0.24
	下						8.45	10	16	8.4	6.0	4.9	3.2	0.74	0.36	0.011	<0.01	0.003	0.074	0.014	0.002	0.002	30	33	38	4.9	8.0	18	49	25	0.23
土滑沖	上	13:23	19.9	0.79	3.9	16.9	8.34	11	21	7.5	5.1	4.3	2.8	1.7	1.3	0.015	0.92	0.024	0.095	0.018	0.003	0.003	56	26	24	4.6	6.0	19	28	27	4.1
	下						8.36	11	21	6.7	5.1	4.3	2.9	1.7	1.3	0.014	0.92	0.025	0.089	0.017	0.008	0.008	59	26	24	4.6	6.0	18	28	26	4.0
山王川沖	上	11:39	21.1	0.83	1.7	17.1	8.87	11	20	7.5	5.1	4.5	2.8	1.9	1.3	0.029	0.90	0.037	0.12	0.025	0.003	0.003	42	22	21	3.5	5.5	15	21	23	3.4
	下						8.87	11	21	7.4	5.4	4.5	2.9	1.9	1.3	0.022	0.87	0.035	0.12	0.025	0.003	0.003	58	22	21	3.5	5.6	15	22	23	3.1
安藤沖	上	6:55	16.6	0.80	1.6	16.5	7.44	8.8	14	8.9	5.2	3.7	2.7	4.8	4.3	0.33	3.6	0.068	0.11	0.023	0.013	36	25	19	3.9	7.4	17	24	22	9.4	
	下						7.34	9.1	16	8.3	5.0	3.6	2.6	4.7	4.4	0.30	3.7	0.068	0.10	0.021	0.011	30	25	20	3.9	7.6	17	24	22	8.9	
阿玉沖	上	7:20	16.8	1.05	4.7	15.6	8.68	11	12	6.4	4.5	3.9	2.5	3.7	3.3	0.034	2.8	0.055	0.076	0.017	0.007	49	27	23	3.8	8.8	18	28	21	5.8	
	下						8.36	9.6	14	6.5	4.8	3.8	2.5	3.6	3.3	0.049	2.8	0.056	0.082	0.013	0.020	46	28	24	3.9	9.0	19	28	21	5.7	
眞井沖	上	7:43	16.6	1.10	7.0	15.1	8.63	11	10	7.0	5.2	4.2	2.9	1.9	1.6	0.036	1.1	0.033	0.056	0.014	0.006	39	30	29	4.0	9.2	18	36	21	0.29	
	下						8.34	9.3	10	6.7	5.4	4.1	3.0	1.9	1.6	0.038	1.1	0.032	0.061	0.012	0.006	34	30	29	4.0	9.2	19	36	21	0.33	
釜谷沖	上	8:11	16.9	1.15	6.3	14.8	8.70	11	8.8	6.2	5.3	4.1	3.0	1.5	1.2	0.022	0.77	0.030	0.052	0.013	<0.001	39	30	30	4.1	9.2	18	37	20	0.08	
	下						8.69	10	10	6.5	5.3	4.2	3.0	1.5	1.2	0.024	0.75	0.029	0.054	0.012	<0.001	36	30	30	4.1	9.3	19	38	21	0.07	
爪木沖	上	8:37	17.4	0.88	2.9	15.2	8.84	11	16	7.1	5.6	4.6	3.1	1.1	0.68	0.027	0.26	0.022	0.068	0.015	<0.001	44	35	38	4.5	9.7	19	50	22	0.18	
	下						8.86	10	16	7.9	5.7	4.6	3.1	1.1	0.69	0.029	0.26	0.024	0.072	0.015	<0.001	42	35	39	4.6	9.8	19	50	22	0.19	
外浪逆瀬	上	9:05	17.6	1.04	1.6	14.9	8.16	9.9	11	7.2	5.7	4.3	3.2	0.72	0.40	0.028	<0.01	0.005	0.082	0.015	0.001	34	39	47	5.3	9.3	19	62	25	0.14	
	下						8.16	9.3	10	6.8	5.4	4.5	3.4	0.74	0.40	0.033	<0.01	0.007	0.065	0.014	0.001	37	39	47	5.3	9.4	19	63	25	0.14	

表2 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (5月)

地点	平成25年5月23日										晴れ																			
	観測時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	4-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/m)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)	
振瀬沖	上	13:13	24.0	0.50	3.7	22.0	8.21	9.0	29	8.4	5.5	4.9	3.4	0.65	0.44	0.018	0.05	0.014	0.067	0.024	0.005	48	29	31	5.2	7.3	18	36	25	0.20
	下					8.24	9.0	31	7.7	5.6	5.0	3.5	0.73	0.46	0.026	0.06	0.014	0.067	0.022	0.004	50	28	30	5.2	7.3	18	36	25	0.19	
木原沖	上	12:51	23.8	0.54	5.3	21.8	7.99	8.7	25	7.4	5.6	4.7	3.4	0.70	0.50	0.041	0.07	0.017	0.068	0.029	0.010	42	28	30	5.0	7.4	19	36	25	0.20
	下					7.94	8.6	27	7.3	5.7	4.8	3.4	0.72	0.52	0.050	0.07	0.017	0.069	0.028	0.010	42	28	30	5.1	7.4	19	36	25	0.26	
牛込沖	上	12:30	22.5	0.58	5.9	21.3	8.06	8.7	22	7.1	5.4	4.9	3.6	0.66	0.43	0.036	0.02	0.015	0.067	0.024	0.006	41	28	31	4.9	7.5	19	38	25	0.21
	下					8.00	8.3	23	7.1	5.4	5.0	3.5	0.72	0.47	0.047	0.02	0.015	0.070	0.023	0.005	46	28	31	5.0	7.5	19	38	24	0.21	
高浜沖	上	11:29	21.2	0.59	4.1	21.5	8.83	8.9	22	7.8	5.7	5.3	3.7	0.64	0.39	0.019	<0.01	0.003	0.065	0.026	0.009	57	27	28	4.6	7.0	18	33	23	0.28
	下					8.86	8.6	23	8.9	5.4	5.3	3.6	0.64	0.39	0.016	<0.01	0.003	0.058	0.025	0.009	58	26	28	4.6	7.0	18	32	23	0.32	
玉造沖	上	11:11	21.4	0.64	6.6	20.8	8.62	9.8	19	7.7	5.4	5.4	3.7	0.64	0.38	0.014	<0.01	0.003	0.089	0.021	0.002	48	30	33	4.9	7.6	19	40	25	0.14
	下					8.49	9.2	24	8.2	5.1	5.3	3.6	0.66	0.38	0.017	<0.01	0.003	0.099	0.019	0.002	50	29	32	5.0	7.6	19	40	24	0.17	
湖心	上	10:49	20.6	0.61	6.0	20.8	7.88	8.7	22	7.5	5.4	4.8	3.4	0.69	0.47	0.061	0.02	0.024	0.084	0.023	0.006	43	30	32	5.0	7.6	19	40	25	0.22
	下					7.71	8.1	23	6.9	5.1	5.0	3.4	0.70	0.50	0.088	0.02	0.025	0.072	0.024	0.008	40	30	32	5.1	7.7	19	40	25	0.26	
西の洲沖	上	10:26	19.6	0.53	5.4	20.0	7.95	8.8	23	6.9	5.0	4.9	3.5	0.66	0.46	0.053	0.01	0.024	0.065	0.021	0.004	45	31	33	5.0	7.7	19	41	25	0.26
	下					7.81	8.8	29	6.9	5.1	4.8	3.4	0.73	0.48	0.099	0.02	0.026	0.060	0.021	0.006	45	30	33	5.0	7.8	19	41	25	0.35	
麻生沖	上	10:00	18.2	0.56	1.6	20.9	8.70	11	20	7.3	5.1	5.6	3.7	0.60	0.38	0.017	<0.01	0.003	0.077	0.018	0.001	37	34	39	5.3	8.5	19	51	26	0.12
	下					8.74	10	20	7.9	5.3	5.7	3.6	0.60	0.38	0.014	<0.01	0.003	0.068	0.017	0.001	43	34	39	5.3	8.6	19	51	26	0.12	
土浦沖	上	13:31	22.2	0.59	2.5	22.2	8.77	11	27	8.2	5.3	5.8	3.7	1.1	0.76	0.018	0.32	0.020	0.079	0.026	0.003	86	29	31	5.7	7.1	20	37	27	0.24
	下					8.78	11	26	9.6	5.3	5.8	3.7	1.1	0.78	0.022	0.33	0.020	0.063	0.024	0.002	97	29	31	5.8	7.2	20	37	27	0.30	
山王川沖	上	11:50	21.1	0.50	1.7	22.1	9.07	10	32	9.2	5.6	6.1	3.8	0.84	0.43	0.015	0.01	0.010	0.069	0.024	0.004	148	24	24	4.2	5.9	16	26	25	1.2
	下					8.99	11	37	11	5.5	6.2	3.8	0.82	0.43	0.015	0.01	0.010	0.072	0.022	0.004	148	23	24	4.3	5.9	17	26	25	1.2	
安藤沖	上	7:36	17.5	0.53	1.9	20.7	8.78	11	29	8.7	5.0	5.2	3.6	2.9	2.5	0.022	1.6	0.10	0.072	0.020	0.004	111	26	22	4.5	8.1	18	28	24	8.0
	下					8.80	11	35	9.3	5.0	5.3	3.5	3.0	2.5	0.030	1.6	0.10	0.065	0.018	0.004	119	26	22	4.6	8.2	18	28	24	7.6	
阿玉沖	上	7:57	18.0	0.75	4.6	19.9	9.20	11	17	8.0	4.6	4.9	3.2	2.2	1.8	0.015	1.4	0.059	0.072	0.014	<0.001	90	27	24	4.2	8.7	19	30	23	2.6
	下					9.21	9.3	17	7.2	4.6	5.0	3.2	2.2	1.8	0.016	1.3	0.059	0.057	0.013	<0.001	78	27	25	4.2	8.8	19	31	23	2.5	
武井沖	上	8:21	17.8	0.81	7.1	20.3	9.07	9.9	13	7.1	4.3	4.9	3.2	1.4	1.1	0.014	0.69	0.040	0.089	0.012	<0.001	65	30	29	4.2	9.3	19	36	21	0.05
	下					9.11	9.1	16	6.9	4.4	4.9	3.2	1.5	1.1	0.020	0.74	0.042	0.10	0.011	<0.001	66	29	29	4.3	9.4	19	36	21	0.09	
釜谷沖	上	8:43	17.2	0.74	6.2	19.3	9.04	10	16	7.2	4.6	5.2	3.4	1.1	0.74	0.022	0.37	0.032	0.12	0.012	<0.001	79	31	31	4.4	9.6	20	39	22	0.04
	下					8.93	8.2	21	8.4	4.3	5.0	3.2	1.3	0.83	0.069	0.50	0.036	0.071	0.011	<0.001	71	30	31	4.4	9.6	20	38	21	0.20	
爪木沖	上	9:04	17.7	0.61	2.7	19.0	9.14	11	32	11	4.6	5.7	3.5	0.84	0.44	0.019	0.05	0.011	0.061	0.014	<0.001	93	33	36	4.7	10	20	47	22	0.16
	下					9.21	10	31	11	4.9	6.0	3.4	0.79	0.44	0.013	0.05	0.011	0.063	0.013	<0.001	81	33	36	4.8	10	20	47	22	0.15	
外浪逆浦	上	9:30	18.0	0.52	1.7	19.6	8.54	9.0	19	8.6	4.6	5.7	3.8	0.71	0.35	0.014	<0.01	0.003	0.067	0.012	<0.001	40	46	58	6.3	11	22	82	28	0.09
	下					8.57	8.9	21	9.3	4.9	5.7	3.7	0.68	0.35	0.012	<0.01	0.003	0.059	0.012	<0.001	37	46	59	6.4	11	22	82	28	0.10	

表3 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (6月)

地点	平成25年6月18日		鹽り													SRSi (mg L ⁻¹)														
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	φ-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTM (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)		NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg g L ⁻¹)	EC (mS/m)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	
掛馬沖	上	13:38	28.1	0.70	3.7	26.4	9.29	12	24	11	6.3	3.5	0.61	0.44	0.027	0.01	0.001	0.051	0.023	0.002	71	32	33	5.6	7.4	19	40	25	0.09	
	下						7.60	7.8	24	6.9	5.6	3.4	0.57	0.35	0.022	<0.01	0.001	0.048	0.014	0.001	41	27	33	5.4	7.8	19	41	24	0.22	
木原沖	上	13:17	27.4	0.90	5.5	26.5	9.04	11	16	8.7	5.1	3.6	0.62	0.42	0.024	<0.01	0.001	0.049	0.020	0.001	35	32	33	5.5	7.8	20	41	25	0.11	
	下						6.83	5.9	21	7.5	6.2	5.9	0.57	0.35	0.026	<0.01	0.001	0.047	0.015	0.002	40	25	33	5.4	8.0	20	41	24	0.21	
牛込沖	上	12:41	28.6	1.11	6.0	26.0	8.95	11	11	9.0	6.1	3.6	0.57	0.40	0.027	<0.01	0.001	0.041	0.018	0.020	30	32	33	5.4	7.9	20	41	25	0.07	
	下						7.00	4.4	18	7.0	6.0	5.3	0.57	0.38	0.043	<0.01	0.002	0.055	0.021	0.016	37	21	33	5.4	8.0	20	41	24	0.44	
高浜沖	上	11:30	28.4	0.67	4.3	25.4	9.15	11.2	22	11	5.6	3.5	0.59	0.37	0.027	<0.01	0.001	0.051	0.016	0.001	70	30	31	4.9	7.4	19	37	21	0.86	
	下						6.86	3.7	28	8.0	6.2	3.3	0.85	0.62	0.25	0.01	0.021	0.070	0.024	0.014	72	26	31	5.0	7.5	19	37	20	2.9	
玉造沖	上	11:10	28.0	0.68	6.5	25.8	8.95	10	23	11	6.0	3.5	0.67	0.39	0.026	<0.01	0.001	0.061	0.019	0.002	74	31	33	5.2	7.8	19	41	23	0.50	
	下						6.87	3.1	29	7.2	5.5	6.4	0.92	0.69	0.31	0.02	0.023	0.088	0.043	0.036	61	22	30	5.0	7.4	19	36	20	3.2	
湖心	上	10:34	28.8	0.91	5.9	24.7	8.76	9.6	15	8.8	5.3	3.4	0.59	0.36	0.024	<0.01	0.001	0.044	0.015	0.001	43	34	36	5.5	8.3	20	46	25	0.09	
	下						7.29	9.4	16	8.2	6.3	3.4	0.61	0.36	0.028	<0.01	0.001	0.052	0.016	0.002	42	26	36	5.5	8.2	20	46	25	0.08	
西の洲沖	上	10:16	27.1	0.78	5.5	24.6	8.59	8.7	17	7.8	6.0	3.4	0.55	0.36	0.029	<0.01	0.001	0.043	0.013	0.001	33	34	36	5.4	8.1	19	46	24	0.12	
	下						7.55	7.8	15	7.0	5.4	3.4	0.53	0.34	0.023	<0.01	0.001	0.042	0.013	0.001	33	26	36	5.5	8.3	20	46	25	0.11	
麻生沖	上	9:52	26.9	0.56	1.5	23.8	8.14	8.2	27	9.3	5.3	3.5	0.61	0.35	0.021	<0.01	0.001	0.057	0.014	0.001	52	36	40	5.8	8.7	20	53	25	0.15	
	下						8.22	7.9	28	8.3	6.2	3.5	0.62	0.34	0.027	<0.01	<0.001	0.060	0.014	0.001	50	35	40	5.7	8.8	20	53	25	0.14	
土浦沖	上	13:54	27.0	0.65	2.4	26.4	9.06	10	27	11	6.5	3.7	0.90	0.63	0.037	0.20	0.012	0.063	0.018	0.002	99	31	32	6.0	7.3	20	38	25	0.61	
	下						8.21	6.8	36	7.4	5.7	4.8	0.84	0.60	0.076	0.17	0.010	0.064	0.015	0.002	82	30	32	5.9	7.5	20	38	25	0.76	
山王川沖	上	11:55	28.8	0.52	1.5	27.3	9.22	13	27	9.7	5.9	4.4	0.92	0.48	0.027	0.05	0.016	0.094	0.025	0.003	135	24	23	4.3	5.9	17	24	20	3.4	
	下						8.39	11	28	9.9	6.7	4.4	0.96	0.51	0.032	0.09	0.018	0.088	0.023	0.003	140	23	23	4.4	5.9	17	25	20	3.5	
安藤沖	上	7:19	23.6	0.80	2.0	23.9	7.10	6.8	19	9.7	6.8	4.5	3.9	2.5	2.3	0.082	1.6	0.056	0.082	0.028	0.011	63	26	20	4.5	7.9	18	24	18	8.0
	下						6.93	6.3	22	7.4	6.4	5.2	3.9	2.9	2.8	0.15	1.6	0.067	0.079	0.028	0.014	42	25	20	4.6	8.2	18	24	19	9.1
阿玉沖	上	7:40	24.0	0.81	4.9	24.3	8.69	8.5	22	8.2	5.8	4.7	3.7	1.1	0.78	0.046	0.30	0.082	0.029	0.006	98	30	27	4.6	9.2	20	34	20	3.4	
	下						6.45	2.4	29	8.3	6.4	5.5	3.4	1.2	1.2	0.58	0.16	0.032	0.12	0.072	0.066	63	17	28	4.7	9.4	20	36	19	4.3
武井沖	上	8:02	24.5	0.83	7.0	23.9	9.15	9.1	17	9.1	6.6	5.2	3.6	1.0	0.82	0.025	0.007	0.078	0.024	0.006	91	31	30	4.6	9.4	19	38	21	0.49	
	下						7.78	4.1	19	7.3	5.9	6.1	3.4	1.0	0.74	0.29	0.04	0.021	0.086	0.046	0.038	58	17	31	4.7	9.6	19	39	21	1.1
釜谷沖	上	8:26	23.7	0.81	6.2	23.6	9.20	9.3	17	9.4	5.7	5.2	3.5	0.73	0.41	0.030	<0.01	0.067	0.020	0.003	80	32	32	4.6	9.5	19	40	21	0.26	
	下						7.92	4.2	25	8.2	6.3	4.5	3.4	1.0	0.71	0.30	0.01	0.095	0.051	0.040	62	19	31	4.8	9.6	19	40	20	1.4	
爪木沖	上	8:49	25.2	0.62	2.8	23.9	9.08	9.7	24	8.9	6.2	4.9	3.6	0.80	0.41	0.023	<0.01	0.080	0.022	0.006	85	36	40	5.2	10	20	52	21	0.41	
	下						8.17	8.6	26	8.6	5.9	4.8	3.6	0.78	0.39	0.035	<0.01	0.088	0.026	0.010	79	34	40	5.2	10	20	53	21	0.54	
外浜並浦	上	9:18	25.7	0.71	2.2	24.1	8.69	8.7	21	8.8	6.5	5.7	3.8	0.71	0.41	0.036	<0.01	0.064	0.017	0.002	51	54	68	7.1	12	23	98	28	0.23	
	下						8.33	6.5	21	8.5	6.1	5.6	3.8	0.70	0.40	0.033	<0.01	0.060	0.016	0.002	53	52	68	7.1	12	23	99	28	0.21	

表4 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果（7月）

観測地点	平成25年7月25日		観測																											
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	g-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)	
横馬沖	上	13:16	26.1	0.52	3.5	26.6	9.16	32	11	5.3	6.4	3.5	0.77	0.44	0.016	<0.001	<0.001	0.076	0.025	<0.001	93	33	34	5.4	7.3	18	42	23	0.24	
	下				8.00	6.0	53	10	5.3	4.9	3.6	0.63	0.35	0.019	<0.001	<0.001	<0.001	0.073	0.022	<0.001	76	28	35	5.6	7.7	19	44	24	0.48	
木原沖	上	12:58	25.8	0.59	5.1	26.8	9.01	26	10	5.2	5.9	3.5	0.74	0.42	0.014	<0.001	<0.001	0.076	0.023	<0.001	90	33	34	5.6	7.5	19	43	24	0.17	
	下				8.22	6.4	37	9.4	5.3	4.7	3.5	0.65	0.35	0.015	<0.001	<0.001	<0.001	0.077	0.023	<0.001	80	25	34	5.5	7.5	19	43	23	0.48	
牛込沖	上	12:38	25.3	0.74	5.9	26.4	8.61	7.2	28	9.8	5.2	3.6	0.57	0.40	0.015	<0.001	<0.001	0.064	0.026	<0.001	77	33	34	5.5	7.5	19	43	23	0.31	
	下				7.99	5.6	32	9.4	5.4	4.3	3.5	0.69	0.38	0.056	<0.001	<0.001	<0.001	0.075	0.027	<0.001	73	24	34	5.6	7.7	19	43	23	0.50	
高浜沖	上	11:36	24.9	0.54	4.2	26.4	8.90	6.4	34	10	5.7	3.6	0.72	0.37	0.065	<0.001	<0.001	0.096	0.046	<0.001	94	29	29	5.0	6.9	18	35	19	2.1	
	下				7.14	4.2	62	11	5.2	5.0	3.5	0.88	0.42	0.21	0.01	0.028	0.11	0.051	0.041	0.041	74	25	30	5.1	7.2	18	36	19	3.0	
玉造沖	上	11:21	24.3	0.71	6.5	26.0	8.44	7.8	23	9.7	5.5	3.5	0.65	0.39	0.032	<0.001	<0.001	0.067	0.026	<0.001	96	32	32	5.3	7.5	19	40	21	0.87	
	下				7.10	4.1	25	6.2	4.8	4.1	3.5	0.79	0.69	0.24	0.01	0.011	0.072	0.035	0.022	<0.001	52	23	34	5.6	7.9	20	43	22	0.69	
湖心	上	10:58	25.1	0.80	5.8	26.2	8.90	8.2	22	9.2	5.4	3.5	0.62	0.36	0.021	<0.001	<0.001	0.059	0.020	<0.001	80	35	39	5.5	8.1	19	47	23	0.06	
	下				7.68	6.1	24	8.5	4.9	4.3	3.4	0.51	0.36	0.017	<0.001	<0.001	<0.001	0.047	0.018	<0.001	64	26	36	5.5	8.0	19	47	23	0.08	
西の洲沖	上	10:42	24.2	0.79	5.4	25.8	8.65	8.9	22	9.9	5.6	3.5	0.62	0.36	0.021	<0.001	<0.001	0.058	0.020	<0.001	87	34	36	5.5	8.1	20	46	23	0.03	
	下				7.58	6.3	22	8.7	5.0	4.1	3.4	0.54	0.34	0.016	<0.001	<0.001	<0.001	0.052	0.017	<0.001	64	25	36	5.6	8.2	20	47	23	0.05	
麻生沖	上	10:00	24.4	0.76	1.5	25.5	8.32	7.9	23	9.3	5.1	3.5	0.55	0.35	0.020	<0.001	<0.001	0.048	0.017	<0.001	78	35	37	5.6	8.3	20	48	23	0.03	
	下				7.86	7.1	22	9.3	5.1	4.3	3.5	0.57	0.34	0.024	<0.001	<0.001	<0.001	0.052	0.016	<0.001	73	33	37	5.6	8.2	20	47	23	0.03	
土浦沖	上	13:35	26.3	0.63	2.3	27.3	8.69	8.3	27	11	5.6	4.7	1.2	0.63	0.090	0.41	0.009	0.088	0.027	0.004	117	36	38	6.7	7.5	20	46	27	0.93	
	下				7.68	6.1	24	9.9	5.5	4.3	3.7	1.3	0.60	0.15	0.45	0.011	0.089	0.10	0.089	0.027	0.004	88	33	38	6.8	7.5	20	47	27	1.2
山王川沖	上	11:57	25.2	0.42	1.5	26.5	7.67	5.9	25	10	6.2	4.6	3.8	0.98	0.48	0.25	0.07	0.10	0.052	0.040	94	26	26	4.5	6.2	17	26	24	3.8	
	下				7.65	5.6	27	9.4	6.0	4.3	3.7	1.0	0.51	0.26	0.07	0.011	0.12	0.054	0.037	0.041	89	26	25	4.5	6.2	17	26	24	3.7	
安藤沖	上	7:28	21.7	0.62	1.8	24.2	7.92	5.9	24	8.4	5.2	3.0	2.5	2.3	0.058	1.7	0.031	0.094	0.041	0.017	85	30	25	4.3	10	22	30	22	1.2	
	下				6.89	4.7	46	8.4	4.6	3.6	2.6	4.2	2.8	2.2	1.7	0.061	0.090	0.052	0.027	0.027	21	29	22	4.1	10	22	27	22	1.3	
阿玉沖	上	8:00	22.3	0.61	4.6	25.1	8.16	4.8	26	10	6.8	4.5	3.9	1.0	0.78	0.23	0.04	0.015	0.15	0.10	0.088	73	32	30	4.8	9.5	20	37	18	7.0
	下				7.07	3.7	28	10	6.5	4.7	3.9	1.1	1.2	0.29	0.04	0.017	0.16	0.10	0.087	0.16	0.10	0.087	65	22	29	4.8	9.3	20	37	18
武井沖	上	8:20	21.9	0.86	6.8	25.2	8.40	6.2	17	10	6.6	3.9	0.86	0.52	0.077	<0.001	<0.001	0.13	0.08	0.069	86	33	32	4.9	9.5	20	40	18	4.5	
	下				7.30	2.9	16	9.8	6.7	4.6	3.9	1.1	0.74	0.30	<0.001	0.003	0.14	0.09	0.079	0.14	0.09	63	21	32	4.9	9.5	20	40	18	4.8
釜谷沖	上	8:43	22.2	0.66	6.1	25.2	8.80	7.0	22	11	6.6	3.9	0.92	0.41	0.029	<0.001	<0.001	0.14	0.08	0.066	93	34	34	5.0	9.5	20	44	18	3.9	
	下				8.17	5.5	27	12	6.9	5.0	4.0	0.91	0.71	0.020	<0.001	<0.001	0.15	0.09	0.075	0.14	0.09	94	23	34	5.0	9.6	20	45	18	4.3
爪木沖	上	9:09	23.3	0.50	2.6	24.9	9.05	8.2	32	12	6.8	4.1	1.0	0.41	0.024	<0.001	<0.001	0.15	0.08	0.054	109	40	43	5.5	10	21	56	20	3.3	
	下				8.51	7.4	33	13	7.0	5.2	4.0	1.0	0.39	0.018	<0.001	<0.001	0.16	0.08	0.053	107	35	41	5.4	10	20	55	19	3.6		
外浪逆浦	上	9:30	24.6	0.80	1.7	25.6	8.12	6.5	18	8.3	5.7	4.5	3.8	0.68	0.41	0.022	<0.001	0.061	0.02	<0.001	52	50	60	6.9	11	22	84	26	0.12	
	下				7.78	6.1	21	8.6	6.0	4.5	3.9	0.65	0.40	0.024	<0.001	<0.001	0.059	0.02	<0.001	48	47	63	7.3	12	24	90	27	0.15		

表5 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(8月)

	平成26年8月23日		曇り													SRSI														
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)		NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (μg/L)	EC (mS/m)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Cd ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	
掛崎沖	上	1241	29.7	0.53	3.6	29.9	8.30	23	9.4	6.0	5.2	3.9	1.0	0.59	0.17	0.01	0.012	0.15	0.085	0.067	80	34	35	5.8	7.4	19	44	22	20	
	下					7.53	4.5	31	8.1	5.3	4.7	3.9	1.1	0.68	0.27	0.04	0.017	0.13	0.072	0.064	37	29	35	5.9	7.7	20	44	22	22	
木原沖	上	1225	27.7	0.53	5.1	29.7	8.47	21	9.6	6.0	5.2	4.0	0.97	0.60	0.20	<0.01	0.008	0.13	0.084	0.067	71	34	35	5.8	7.6	20	44	22	1.9	
	下					7.71	4.7	28	8.5	5.3	4.6	3.9	0.99	0.64	0.26	<0.01	0.010	0.14	0.077	0.068	38	24	35	5.9	7.7	20	44	22	1.9	
牛込沖	上	1209	28.0	0.69	5.9	29.8	9.02	8.1	10.0	5.7	5.5	3.9	0.88	0.39	0.025	<0.01	0.001	0.12	0.051	0.034	120	34	36	5.6	7.7	20	46	22	1.2	
	下					8.12	4.7	16	8.4	5.7	4.8	3.9	0.94	0.56	0.19	<0.01	0.007	0.12	0.069	0.058	57	23	36	5.8	7.9	20	46	22	1.5	
高浜沖	上	1114	26.8	0.63	4.1	29.7	7.46	24	8.3	5.9	4.9	4.0	1.3	0.96	0.43	0.01	0.068	0.16	0.12	0.10	19	32	32	5.4	7.2	19	39	20	2.7	
	下					6.96	3.9	32	8.9	6.2	4.9	4.1	1.4	1.1	0.46	0.01	0.071	0.17	0.11	0.10	14	28	33	5.7	7.5	19	40	21	2.7	
五浦沖	上	1056	27.0	0.76	6.4	29.9	8.88	7.4	19	9.2	5.6	4.0	0.93	0.46	0.071	<0.01	0.021	0.12	0.048	0.031	95	34	35	5.5	7.7	19	45	21	1.2	
	下					6.92	2.4	33	8.4	5.9	5.1	4.0	1.4	0.96	0.45	0.02	0.074	0.17	0.097	0.086	25	21	34	5.8	7.7	20	41	21	2.6	
湖心	上	1036	27.1	0.77	5.8	29.7	9.00	7.6	16	9.2	5.6	3.9	0.80	0.38	0.024	<0.01	0.001	0.099	0.039	0.024	87	35	37	5.7	8.1	20	48	22	0.75	
	下					7.89	4.5	18	8.7	5.9	4.7	3.9	0.92	0.50	0.15	<0.01	0.003	0.11	0.046	0.034	54	24	38	5.9	8.3	20	49	22	0.97	
西の洲沖	上	1017	27.4	0.92	5.4	29.6	8.66	7.4	16	8.6	5.8	4.0	0.80	0.41	0.092	<0.01	0.003	0.10	0.040	0.026	81	36	38	5.8	8.2	20	49	22	0.72	
	下					7.62	4.9	22	8.6	5.6	4.7	4.0	0.95	0.55	0.19	<0.01	0.006	0.11	0.048	0.039	51	24	38	5.9	8.4	21	49	22	0.95	
麻生沖	上	944	29.3	0.72	1.5	29.1	8.22	6.0	24	9.3	5.8	4.0	0.79	0.42	0.061	<0.01	0.004	0.10	0.027	0.014	86	38	40	5.9	8.6	20	53	22	0.58	
	下					7.93	5.7	24	9.8	5.6	5.2	3.9	0.81	0.41	0.056	<0.01	0.005	0.095	0.025	0.013	88	35	41	6.1	8.9	21	55	23	0.58	
土浦沖	上	1256	30.0	0.50	2.3	30.0	8.85	9.8	27	11	5.8	4.0	1.5	0.71	0.039	0.26	0.020	0.17	0.052	0.032	190	32	33	6.5	7.1	20	41	24	3.1	
	下					7.99	6.4	23	9.6	6.0	5.2	3.9	1.3	0.73	0.080	0.28	0.021	0.13	0.051	0.037	100	30	32	6.4	7.1	20	40	23	3.2	
山王川沖	上	1136	26.8	0.53	1.6	30.1	8.38	6.5	28	11	6.1	5.8	4.2	1.2	0.65	0.10	0.13	0.014	0.075	0.058	122	27	27	4.8	6.3	18	29	22	3.6	
	下					7.92	6.1	30	10	6.6	5.1	4.2	1.4	0.76	0.17	0.14	0.014	0.18	0.074	0.059	95	25	27	4.9	6.3	18	28	22	3.7	
安塚沖	上	724	24.9	0.60	1.8	28.9	8.49	7.2	22	9.6	5.5	3.6	2.2	0.56	1.5	0.043	0.15	0.051	0.032	131	30	25	4.5	9.6	21	30	21	1.0		
	下					7.99	6.5	24	8.2	5.6	4.3	3.6	2.8	2.4	0.078	1.5	0.048	0.14	0.048	0.034	83	28	26	4.7	9.7	21	31	21	1.1	
阿玉沖	上	749	25.8	0.60	4.7	30.2	9.30	8.2	21	12	6.2	6.3	4.1	1.1	0.43	0.017	<0.01	0.002	0.15	0.059	0.040	142	32	32	4.8	9.4	20	40	18	3.5
	下					7.32	3.1	39	10	5.9	5.4	4.0	1.4	0.90	0.27	0.22	0.020	0.22	0.12	0.11	114	21	28	4.8	9.4	20	34	19	7.0	
鹿井沖	上	807	26.1	0.68	6.8	29.6	9.14	6.9	19	11	6.3	4.1	0.99	0.40	0.013	<0.01	0.002	0.14	0.056	0.040	130	34	33	5.0	9.5	20	43	18	2.9	
	下					7.89	2.7	22	9.7	5.8	5.5	4.0	1.3	0.66	0.25	<0.01	0.005	0.17	0.087	0.077	90	20	34	5.2	9.9	21	44	18	3.6	
釜谷沖	上	829	26.6	0.67	6.1	29.6	9.27	8.2	20	11	6.0	6.1	4.0	1.1	0.41	0.016	<0.01	0.002	0.16	0.066	0.050	107	35	35	5.1	9.8	21	45	18	2.6
	下					7.80	3.2	21	9.4	5.8	5.3	4.0	0.96	0.61	0.20	<0.01	0.004	0.14	0.096	0.087	83	23	36	5.3	10.08	21	46	18	3.5	
爪次沖	上	852	27.5	0.65	2.6	29.7	9.28	8.8	26	11	6.2	6.7	4.3	1.0	0.42	0.017	<0.01	0.001	0.19	0.093	0.080	112	44	50	6.0	11.20	22	69	19	1.8
	下					8.32	5.2	32	12	6.3	5.8	4.2	1.0	0.45	0.017	<0.01	<0.001	0.21	0.10	0.091	133	39	46	6.1	11.32	23	67	19	2.2	
外浪逆浦	上	914	28.6	0.72	2.4	29.8	9.04	8.1	20	8.8	5.6	6.0	4.2	0.92	0.39	0.021	<0.01	0.024	0.006	61	67	86	8.1	14.17	24	135	29	0.66		
	下					8.24	6.3	19	8.4	5.9	5.2	4.1	0.89	0.41	0.015	<0.01	0.002	0.10	0.024	0.008	67	64	88	8.3	14.59	25	137	29	0.46	

図6 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(9月)

	平成25年9月18日										晴れ																		
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	SRS ₁ (mg L ⁻¹)
掛懸沖	上	1427	22.7	0.40	3.9	7.40	6.5	27	8.5	4.8	3.3	1.4	1.1	0.14	0.62	0.040	0.12	0.053	0.035	33	25	24	6.2	5.7	16	30	20	4.7	
	下					6.69	6.1	29	7.9	5.8	4.1	3.4	1.5	0.14	0.63	0.042	0.12	0.050	0.036	27	19	25	6.7	6.0	17	29	20	4.8	
木原沖	上	1404	22.6	0.51	5.4	7.82	7.6	24	8.8	5.7	4.9	3.6	1.2	0.89	0.12	0.36	0.040	0.11	0.056	0.040	38	32	32	5.9	7.3	19	41	22	3.4
	下					6.80	5.3	38	7.9	5.3	4.3	3.4	1.4	1.1	0.19	0.51	0.13	0.047	0.12	0.055	0.044	19	18	30	6.3	7.2	19	37	22
牛込沖	上	1339	22.5	0.49	6.3	7.83	6.8	28	9.5	5.9	5.0	3.9	1.1	0.75	0.13	0.16	0.051	0.11	0.058	0.043	53	34	36	5.8	8.0	20	46	22	2.1
	下					6.98	5.1	33	8.6	6.4	5.0	3.8	1.2	0.83	0.19	0.18	0.039	0.13	0.061	0.051	33	19	38	6.4	8.5	21	48	23	2.8
高浜沖	上	1232	23.8	0.47	4.3	7.72	6.5	28	9.4	5.8	5.2	3.7	1.3	0.97	0.084	0.40	0.089	0.12	0.055	0.039	46	30	31	5.5	7.3	18	37	22	2.1
	下					6.91	5.6	34	9.0	6.0	5.1	3.7	1.3	0.98	0.085	0.40	0.10	0.12	0.056	0.043	42	25	33	5.9	7.9	20	39	23	2.3
玉置沖	上	1212	24.3	0.51	7.0	7.95	7.0	23	9.0	5.9	5.0	3.9	1.1	0.75	0.097	0.21	0.062	0.10	0.047	0.034	59	33	35	5.9	7.8	19	44	22	1.7
	下					6.71	5.0	31	9.1	6.4	5.2	3.8	1.2	0.84	0.19	0.19	0.085	0.13	0.052	0.043	46	18	38	6.3	8.4	21	46	23	2.1
湖心	上	1144	23.6	0.40	6.2	7.88	6.9	28	9.4	6.2	5.0	3.9	1.1	0.71	0.10	0.13	0.053	0.12	0.080	0.045	47	35	38	6.1	8.4	21	48	23	1.9
	下					7.01	5.4	35	9.0	6.0	4.8	3.9	1.1	0.77	0.17	0.12	0.085	0.12	0.061	0.051	38	21	39	6.3	8.7	21	49	23	2.2
西の湖沖	上	1123	22.5	0.52	5.7	7.88	6.8	29	9.8	5.9	5.0	3.8	1.0	0.66	0.13	0.09	0.033	0.11	0.057	0.043	52	36	39	6.2	8.5	21	50	23	2.0
	下					7.02	6.2	29	8.7	6.2	4.8	3.9	1.0	0.69	0.16	0.08	0.031	0.12	0.056	0.044	45	21	41	6.4	8.9	22	52	24	2.1
麻生沖	上	1055	22.5	0.58	1.8	7.83	10	26	11	5.9	5.5	4.0	0.83	0.42	0.003	<0.01	0.009	0.093	0.027	0.014	76	38	44	6.5	9.4	22	58	23	1.2
	下					8.25	9.3	27	9.9	5.9	5.6	4.0	0.91	0.41	0.003	<0.01	0.001	0.11	0.025	0.012	80	34	45	6.6	9.5	22	59	23	1.2
土浦沖	上	1447	23.0	0.51	2.9	6.89	5.8	19	7.9	5.4	4.1	3.3	1.7	1.5	0.15	0.94	0.032	0.10	0.049	0.036	22	21	18	7.2	5.0	16	22	21	6.4
	下					6.59	5.7	18	7.6	5.8	4.3	3.3	1.7	1.5	0.16	0.95	0.032	0.11	0.049	0.035	19	19	19	7.3	5.1	17	22	21	6.5
山王川沖	上	1258	24.1	0.36	1.8	6.99	5.9	32	9.6	6.0	4.4	3.7	1.8	1.6	0.12	1.0	0.044	0.12	0.053	0.038	39	19	17	6.4	5.0	14	19	17	6.3
	下					6.67	6.3	31	9.6	6.5	4.6	3.8	1.9	1.6	0.12	1.0	0.045	0.13	0.052	0.038	38	18	18	6.6	5.2	15	19	18	6.4
安房沖	上	743	19.3	0.49	2.0	6.98	5.6	23	8.9	6.0	4.0	3.6	3.4	3.1	0.18	2.5	0.061	0.12	0.040	0.030	54	26	20	6.7	8.3	19	24	22	10
	下					6.85	5.8	23	8.8	5.7	3.9	3.6	3.4	3.1	0.20	2.6	0.063	0.10	0.040	0.031	42	23	20	7.1	8.7	20	24	23	10
阿玉沖	上	805	19.7	0.41	5.2	8.73	6.9	30	11	6.3	5.3	3.8	1.6	1.0	0.087	0.43	0.036	0.14	0.056	0.039	106	30	28	5.1	9.4	20	34	20	3.4
	下					7.93	5.8	36	12	6.5	5.0	3.9	1.6	1.1	0.15	0.45	0.041	0.14	0.060	0.047	96	19	29	5.3	9.9	21	35	20	3.7
武井沖	上	833	21.6	0.55	7.3	8.57	6.8	21	11	6.3	5.3	3.9	1.0	0.56	0.039	0.06	0.028	0.12	0.052	0.038	92	33	34	5.3	10	21	43	19	0.72
	下					7.75	5.1	29	11	6.2	5.3	4.0	1.1	0.67	0.14	0.06	0.036	0.13	0.057	0.047	89	17	35	5.6	10	22	44	19	1.1
釜谷沖	上	910	21.6	0.73	6.4	8.28	6.3	22	11	6.3	5.1	4.1	0.93	0.53	0.072	0.01	0.011	0.12	0.061	0.046	84	36	38	5.6	11	22	48	19	0.52
	下					7.62	5.8	23	10	6.6	5.3	4.1	0.95	0.57	0.11	0.01	0.012	0.12	0.061	0.046	58	20	39	5.8	11	23	50	19	0.72
川木沖	上	934	21.8	0.49	3.1	8.22	7.3	32	11	6.6	5.2	4.3	1.0	0.56	0.076	0.02	0.012	0.16	0.085	0.069	88	44	53	6.4	12	23	72	20	0.81
	下					7.59	6.8	33	11	6.5	5.6	4.2	1.0	0.56	0.086	0.02	0.012	0.15	0.083	0.070	75	38	54	6.6	12	24	73	21	0.84
外浪遊浦	上	1019	22.4	0.43	2.6	7.61	5.9	35	8.9	6.2	4.9	4.1	1.0	0.72	0.19	0.04	0.063	0.11	0.054	0.042	38	54	68	7.8	12	24	98	26	1.4
	下					7.15	6.1	41	9.4	6.5	5.1	4.1	1.1	0.73	0.22	0.04	0.063	0.12	0.054	0.043	33	48	70	8.1	13	24	101	27	1.5

表7 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(10月)

	平成28年10月19日		曇り													SRSI ⁻ (mg L ⁻¹)															
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	ODD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)		NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	chl-a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)		
柳瀬沖	上	15:42	15.9	0.47	4.1	19.6	7.06	8.0	42	7.3	4.7	3.5	2.9	1.3	1.1	0.075	0.67	0.059	0.11	0.037	0.027	22	22	27	27	5.5	6.3	17	35	24	2.9
	下						6.85	7.8	45	7.2	4.8	3.7	3.0	1.4	1.1	0.071	0.67	0.063	0.11	0.038	0.027	21	22	27	27	5.5	6.3	17	35	24	2.6
木崎沖	上	15:22	15.8	0.40	5.6	19.1	7.03	7.7	47	8.1	4.9	3.9	3.2	1.3	1.0	0.046	0.59	0.062	0.11	0.038	0.029	24	29	30	30	5.6	7.0	18	40	24	1.9
	下						6.81	7.9	46	7.7	4.9	4.1	3.3	1.3	1.0	0.035	0.58	0.050	0.13	0.038	0.030	24	17	31	31	5.6	7.1	18	42	24	1.6
午込沖	上	15:00	15.9	0.47	6.5	19.5	7.18	7.6	40	7.5	5.1	3.8	3.3	1.3	0.99	0.030	0.58	0.044	0.10	0.040	0.031	22	30	32	32	5.6	7.3	19	42	24	1.5
	下						6.83	7.2	41	7.2	5.3	3.9	3.3	1.3	1.0	0.022	0.59	0.043	0.12	0.038	0.031	23	18	32	32	5.7	7.2	19	43	24	1.5
高浜沖	上	13:03	16.6	0.58	4.7	19.4	7.27	8.2	23	7.6	5.4	4.1	3.2	1.3	1.1	0.11	0.57	0.040	0.10	0.040	0.028	46	25	26	26	5.3	6.3	16	33	21	1.3
	下						7.00	8.2	22	7.7	5.4	4.2	3.3	1.4	1.1	0.10	0.58	0.038	0.11	0.037	0.028	45	16	26	26	5.3	6.3	17	33	21	1.3
玉藻沖	上	12:40	19.2	0.80	6.9	19.3	7.26	7.5	24	7.3	5.5	4.2	3.3	1.5	1.1	0.12	0.60	0.051	0.12	0.043	0.031	42	26	27	27	5.3	6.5	17	34	22	1.4
	下						6.65	7.6	30	8.4	5.7	4.3	3.3	1.5	1.1	0.12	0.60	0.052	0.13	0.040	0.032	43	14	27	27	5.4	6.5	17	35	22	1.6
湖心	上	12:10	17.9	0.53	6.7	19.5	7.15	7.7	34	7.7	5.1	4.1	3.4	1.2	0.93	0.037	0.49	0.055	0.11	0.041	0.032	31	30	32	32	5.6	7.3	18	43	24	1.1
	下						6.80	7.6	36	7.8	5.1	4.3	3.4	1.3	0.94	0.041	0.49	0.055	0.12	0.038	0.031	32	16	32	32	5.7	7.3	18	44	24	1.0
西の洲沖	上	11:42	17.7	0.58	6.2	19.5	7.21	7.8	33	8.7	5.7	4.4	3.5	1.1	0.74	0.087	0.23	0.056	0.11	0.035	0.026	39	33	36	36	5.7	7.8	19	50	24	0.66
	下						6.95	8.4	38	8.6	5.4	4.6	3.6	1.1	0.72	0.077	0.23	0.056	0.11	0.032	0.026	40	19	37	37	5.8	7.9	19	51	24	0.67
麻生沖	上	11:02	17.7	0.62	2.2	18.9	7.51	8.9	31	8.2	5.4	4.1	3.3	1.0	0.63	0.074	0.20	0.028	0.12	0.032	0.022	48	31	37	37	5.6	7.2	16	53	20	1.9
	下						7.30	8.8	32	8.0	5.0	4.1	3.4	1.0	0.67	0.092	0.23	0.030	0.12	0.032	0.024	47	28	36	36	5.7	7.1	16	52	20	2.3
土浦沖	上	16:00	15.8	0.63	2.7	18.7	6.69	7.2	22	6.1	5.1	3.3	2.7	1.9	1.7	0.11	1.2	0.035	0.13	0.059	0.047	19	20	17	17	5.5	4.7	16	21	23	6.0
	下						6.46	7.2	23	6.1	4.6	3.3	2.8	1.9	1.7	0.11	1.2	0.035	0.13	0.052	0.046	19	17	17	17	5.6	4.7	16	21	24	5.9
山王川沖	上	13:39	17.3	0.43	2.4	18.3	6.74	7.3	30	7.5	4.7	3.4	2.8	2.3	2.0	0.10	1.6	0.025	0.15	0.048	0.034	29	11	11	11	4.5	2.8	9.5	7.6	14	6.0
	下						6.42	7.5	32	7.7	5.1	3.5	2.8	2.3	2.0	0.11	1.6	0.025	0.16	0.046	0.035	29	10	10	10	4.6	2.9	9.5	7.7	14	6.0
安房沖	上	8:16	14.2	0.70	2.4	16.9	6.42	5.9	13	6.2	5.0	3.1	2.9	3.7	3.5	0.24	2.9	0.052	0.13	0.080	0.051	3.0	17	12	12	5.6	5.0	14	15	20	7.7
	下						6.20	6.3	15	6.7	4.9	3.2	2.8	3.7	3.6	0.25	3.0	0.052	0.14	0.059	0.053	2.6	11	12	12	5.6	5.2	14	16	20	7.7
阿玉沖	上	8:44	14.0	0.32	5.1	17.6	6.83	7.1	38	7.1	4.1	3.1	2.5	2.5	2.1	0.38	1.4	0.033	0.19	0.059	0.049	29	12	10	10	4.2	3.6	8.7	13	12	4.4
	下						6.23	6.5	45	7.9	4.6	3.2	2.5	2.5	2.1	0.41	1.4	0.033	0.22	0.057	0.048	24	7.0	9.2	4.3	3.4	8.3	12	11	4.4	
鹿井沖	上	9:05	15.6	0.66	7.2	19.3	7.15	7.0	22	7.7	5.6	4.0	3.2	1.5	1.1	0.23	0.48	0.067	0.12	0.043	0.034	45	26	25	25	4.7	7.7	17	34	18	1.3
	下						6.59	6.7	27	8.3	5.5	4.0	3.1	1.6	1.3	0.24	0.64	0.064	0.13	0.044	0.035	50	13	24	4.7	7.6	17	32	18	1.9	
養谷沖	上	9:29	16.9	0.78	6.7	19.4	7.26	7.8	20	8.9	5.7	4.5	3.5	1.1	0.75	0.17	0.16	0.058	0.10	0.034	0.025	57	30	31	4.9	8.7	18	42	19	0.61	
	下						7.02	7.4	20	8.3	6.0	4.2	3.5	1.2	0.80	0.19	0.16	0.058	0.10	0.032	0.025	53	17	31	5.0	8.8	19	43	19	0.64	
八木沖	上	9:51	16.8	0.58	3.5	18.8	7.37	8.4	38	9.7	5.8	4.6	3.5	1.1	0.58	0.083	0.09	0.034	0.12	0.029	0.021	67	30	32	4.8	8.7	18	44	19	0.73	
	下						7.19	7.9	31	9.8	5.6	4.4	3.5	1.1	0.59	0.100	0.09	0.035	0.12	0.027	0.020	62	25	33	4.9	8.8	19	45	19	0.75	
外浪逆瀬	上	10:22	16.5	0.51	3.1	19.0	7.20	7.7	26	8.4	5.2	4.3	3.3	1.0	0.60	0.086	0.16	0.029	0.11	0.037	0.029	44	30	35	5.4	7.1	16	50	20	1.5	
	下						7.10	7.6	25	8.6	5.6	4.1	3.3	0.94	0.56	0.083	0.14	0.026	0.12	0.037	0.031	47	26	34	5.3	7.4	16	46	19	1.4	

表8 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果(11月)

調査地点	平成25年11月20日				晴れ																								
	採取時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	4-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla _a (μg L ⁻¹)	EC (mS/m)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
掛馬沖	上	14:59	13.9	0.61	3.7	8.49	11	20	6.1	4.2	3.7	2.3	1.7	1.5	0.007	1.20	0.020	0.056	0.016	0.004	38	23	17	4.5	5.4	16	20	24	7.3
	下					8.33	11	19	6.3	3.3	3.6	2.3	1.6	1.4	0.007	1.17	0.019	0.057	0.013	0.003	32	18	19	4.7	5.8	17	21	24	6.9
木原沖	上	14:34	14.0	0.71	5.9	8.49	11	16	7.4	5.0	4.1	3.0	1.3	0.98	0.005	0.66	0.007	0.090	0.018	0.004	40	27	25	5.0	5.9	15	32	21	3.0
	下					8.65	10	13	6.3	3.8	3.6	2.7	1.3	1.1	0.008	0.84	0.010	0.049	0.013	0.003	23	13	22	4.9	5.8	16	24	22	4.8
牛込沖	上	14:16	13.6	0.63	6.3	8.47	11	15	6.9	5.0	4.3	3.1	1.2	0.94	0.005	0.62	0.008	0.090	0.016	0.004	37	27	26	5.0	6.0	15	34	21	2.1
	下					8.27	9.5	16	7.0	4.6	4.1	3.1	1.2	0.96	0.007	0.64	0.009	0.059	0.014	0.004	33	15	28	5.2	6.4	16	33	21	2.1
高浜沖	上	13:01	13.3	0.74	4.3	9.16	12	16	8.0	4.9	4.4	2.9	1.5	1.2	0.009	0.87	0.039	0.061	0.012	0.002	60	19	19	4.5	5.3	14	23	19	2.3
	下					9.07	12	22	8.7	4.5	4.5	2.9	1.6	1.2	0.005	0.86	0.038	0.070	0.010	0.002	62	16	22	4.8	5.7	15	23	19	2.4
玉造沖	上	12:39	14.7	0.68	6.7	8.84	12	17	7.4	5.2	4.4	2.9	1.6	1.2	0.005	0.86	0.033	0.067	0.013	0.002	59	23	21	4.6	5.6	14	25	19	2.6
	下					8.86	11	19	8.1	4.5	4.2	3.0	1.4	1.1	0.008	0.75	0.024	0.069	0.011	0.004	50	14	25	5.0	6.2	16	29	20	2.3
湖心	上	12:12	15.8	0.70	5.8	8.52	11	14	6.9	4.4	4.1	3.1	1.3	0.99	0.005	0.67	0.012	0.090	0.016	0.004	39	26	25	5.0	6.1	15	33	21	2.1
	下					8.58	9.7	17	7.6	4.5	4.1	3.1	1.2	0.96	0.009	0.63	0.012	0.064	0.011	0.003	34	15	28	5.3	6.5	16	34	21	1.9
西の沖	上	11:50	14.8	0.72	5.5	8.55	11	15	7.2	4.7	4.3	3.2	1.1	0.84	0.005	0.52	0.006	0.056	0.013	0.002	42	28	28	5.1	6.3	16	36	21	1.5
	下					8.71	10	16	7.2	4.6	4.3	3.2	1.1	0.84	0.007	0.51	0.007	0.058	0.010	0.002	39	16	29	5.3	6.6	16	36	21	1.4
藤生沖	上	11:23	15.4	0.71	1.8	8.62	11	17	7.7	4.7	4.7	3.2	1.1	0.80	0.005	0.47	0.006	0.061	0.012	0.002	43	29	30	5.2	6.5	16	40	21	1.4
	下					8.67	11	17	7.8	4.8	4.5	3.3	1.1	0.79	0.005	0.47	0.006	0.061	0.010	0.002	46	26	31	5.4	6.9	17	40	21	1.5
土浦沖	上	15:17	15.6	0.73	2.8	8.14	11	14	6.2	3.6	3.3	2.2	2.2	1.98	0.006	1.7	0.025	0.059	0.014	0.003	43	26	20	5.1	5.9	19	23	26	9.1
	下					7.97	11	13	6.1	3.5	3.3	2.2	2.3	2.01	0.006	1.7	0.025	0.060	0.013	0.004	39	21	22	5.4	6.1	20	24	27	8.8
山王川沖	上	13:29	14.0	0.63	1.5	8.75	13	22	6.2	2.5	2.9	1.5	3.0	2.60	0.004	2.4	0.030	0.084	0.014	0.005	54	19	14	3.0	5.2	15	11	21	11
	下					8.86	13	25	7.1	2.3	2.7	1.5	3.0	2.59	0.004	2.3	0.030	0.093	0.013	0.005	61	16	15	2.9	5.3	15	11	21	11
安塚沖	上	8:16	11.1	0.81	1.8	11.9	7.65	8.3	3.7	2.4	1.7	1.3	7.1	6.98	0.12	6.6	0.15	0.090	0.028	0.022	12	31	22	4.6	11	22	25	24	15
	下					7.36	8.9	12	4.6	2.4	1.6	1.4	7.5	7.38	0.19	6.8	0.16	0.098	0.038	0.034	4.9	28	22	4.6	10	21	26	24	16
阿玉沖	上	8:53	10.5	0.88	4.7	12.4	8.73	12	6.7	3.8	3.4	2.2	4.1	3.89	0.008	3.5	0.091	0.053	0.012	0.003	53	24	17	4.8	7.6	16	20	20	8.5
	下					8.84	11	13	6.6	3.5	3.1	2.2	4.5	4.19	0.012	3.7	0.087	0.054	0.010	0.004	50	14	17	4.7	7.7	17	20	21	9.4
武井沖	上	9:25	12.6	1.00	6.9	8.11	9.0	11	7.2	4.7	3.8	2.9	1.8	1.55	0.017	1.1	0.088	0.051	0.012	0.002	42	22	21	4.5	6.6	14	24	16	1.7
	下					8.06	9.1	28	8.1	4.7	4.0	2.8	2.1	1.72	0.046	1.3	0.092	0.075	0.009	0.004	38	12	20	4.3	6.4	14	23	16	2.4
釜谷沖	上	9:53	11.9	0.98	6.3	13.1	7.82	9.2	7.3	5.0	4.1	3.1	1.4	1.14	0.069	0.68	0.064	0.053	0.011	0.002	38	23	24	4.5	7.3	16	29	16	0.71
	下					8.04	8.6	23	8.1	4.8	4.2	3.1	1.5	1.17	0.085	0.69	0.064	0.062	0.010	0.004	35	14	24	4.4	7.1	15	29	16	0.85
爪木沖	上	10:19	12.0	0.69	2.8	12.4	8.36	10	23	8.5	4.9	4.4	3.2	1.2	0.79	0.018	0.38	0.057	0.012	0.002	52	27	28	4.7	8.0	17	35	17	0.39
	下					8.33	9.6	26	9.0	5.0	4.3	3.2	1.2	0.78	0.016	0.37	0.057	0.078	0.011	0.003	46	18	28	4.5	7.8	16	35	17	0.43
外海逆浦	上	10:50	12.3	0.59	1.7	12.7	8.80	10	19	8.7	4.8	4.7	3.4	1.1	0.70	0.005	0.37	0.014	0.016	0.002	59	35	41	6.0	8.3	18	56	22	2.12
	下					8.75	10	21.5	8.9	5.0	4.7	3.3	1.1	0.70	0.006	0.36	0.013	0.078	0.012	0.004	61	31	40	5.7	8.1	18	56	22	2.22

表9 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (12月)

	平成25年12月17日				晴れ		DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS/m)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)	
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH																								
掛馬沖	上	1336	82	0.72	3.4	7.8	7.34	11	13	5.9	4.1	3.4	2.5	1.5	1.2	0.047	0.91	0.012	0.058	0.016	0.004	17	25	23	4.8	6.2	18	25	24	4.9
	下						7.30	10	17	5.9	4.2	3.2	2.6	1.5	1.2	0.063	0.90	0.012	0.054	0.014	0.004	10	25	24	5.3	6.2	17	26	24	4.3
木原沖	上	1317	93	0.93	5.5	8.7	7.57	11	13	7.1	4.7	4.4	3.1	1.2	0.90	0.071	0.51	0.012	0.070	0.020	0.007	22	26	28	5.0	6.6	17	34	21	1.7
	下						7.28	11	18	6.1	4.4	3.6	2.8	1.3	1.0	0.081	0.68	0.010	0.068	0.017	0.006	13	25	26	5.0	6.4	17	29	23	4.8
牛込沖	上	1302	85	0.90	6.0	8.3	7.50	11	12	7.1	4.8	4.2	3.1	1.2	0.90	0.054	0.53	0.012	0.060	0.017	0.005	26	26	28	4.9	6.5	16	33	21	1.8
	下						7.37	10	15	6.6	5.0	4.0	3.1	1.2	0.82	0.078	0.54	0.013	0.060	0.014	0.005	20	26	28	5.1	6.6	16	33	21	3.2
高浜沖	上	1207	95	1.15	4.1	8.4	7.55	11	10	7.0	4.8	3.8	2.9	1.7	1.3	0.088	0.92	0.027	0.068	0.019	0.005	31	23	23	4.6	6.1	16	24	20	2.1
	下						7.57	10	16	7.1	4.7	3.9	2.8	1.6	1.3	0.11	0.93	0.028	0.068	0.016	0.005	25	22	22	4.5	6.0	15	23	19	2.5
玉造沖	上	1151	99	1.04	6.5	8.0	7.64	11	10	6.8	4.6	3.7	2.9	1.6	1.4	0.072	0.95	0.026	0.059	0.016	0.004	29	23	23	4.6	6.1	16	25	20	3.6
	下						7.48	11	12	6.9	5.0	3.8	2.9	1.6	1.3	0.088	0.86	0.026	0.060	0.014	0.004	24	24	25	4.7	6.3	16	27	20	2.3
湖心	上	1132	83	1.05	6.0	7.9	7.43	11	10	6.3	4.6	3.7	3.0	1.1	0.93	0.046	0.57	0.012	0.047	0.015	0.003	18	25	27	5.3	6.5	17	31	21	2.3
	下						7.37	10	11	6.3	4.6	3.8	2.9	1.1	0.93	0.060	0.47	0.009	0.047	0.013	0.004	16	25	27	5.0	6.4	17	31	22	3.2
西の湖沖	上	1117	85	1.21	5.3	8.0	7.54	11	8.8	6.6	4.8	3.9	3.1	1.0	0.81	0.041	0.57	0.010	0.047	0.012	0.001	24	27	29	5.0	6.6	17	34	21	1.6
	下						7.44	11	10	6.6	4.9	4.0	3.1	1.1	0.83	0.058	0.46	0.010	0.051	0.010	0.001	19	27	30	5.1	6.8	17	36	22	2.9
麻生沖	上	1046	76	1.01	1.5	7.3	7.60	12	12	6.9	5.0	4.3	3.2	1.1	0.73	0.024	0.41	0.011	0.060	0.012	0.001	28	28	31	5.2	7.0	17	39	21	1.5
	下						7.63	11	12	7.3	5.0	4.2	3.1	1.0	0.76	0.035	0.41	0.008	0.056	0.011	0.001	23	28	31	5.2	6.9	17	38	21	3.4
土浦沖	上	1420	82	0.92	2.6	8.2	7.56	12	14	6.5	4.1	3.5	2.4	2.2	2.0	0.027	1.6	0.020	0.062	0.014	0.001	36	27	27	5.5	6.6	20	28	29	6.4
	下						7.45	11	14	6.5	4.0	3.4	2.4	2.3	1.9	0.031	1.6	0.019	0.063	0.011	0.001	38	28	27	5.6	6.6	20	28	29	7.4
山王川沖	上	1226	91	0.93	1.5	7.5	8.51	13	12	6.6	3.3	3.1	1.9	2.5	2.1	0.022	1.8	0.031	0.073	0.016	0.002	51	20	19	3.1	5.4	15	13	23	8.4
	下						8.05	13	14	6.9	3.4	3.0	1.8	2.7	2.2	0.028	1.9	0.034	0.060	0.015	0.003	59	20	19	3.0	5.4	15	13	23	9.6
安藤沖	上	828	43	1.20	1.6	7.0	7.22	11	5.2	3.9	2.6	1.7	1.3	7.0	6.7	0.11	6.1	0.081	0.064	0.016	0.007	16	33	26	4.1	11	22	30	23	1.5
	下						7.25	11	4.8	3.9	2.5	1.7	1.3	6.9	6.9	0.11	6.0	0.082	0.067	0.014	0.005	19	33	27	4.2	11	22	31	22	1.6
阿玉沖	上	849	49	1.31	4.5	7.5	8.40	12	8.0	5.7	3.4	2.7	1.8	5.2	4.9	0.028	4.4	0.089	0.054	0.014	0.001	36	29	23	4.2	9.8	20	26	21	1.1
	下						8.42	11	8.8	6.1	3.5	2.7	1.8	5.2	4.9	0.033	4.3	0.090	0.052	0.011	0.001	43	29	23	4.3	9.9	20	26	22	1.2
武井沖	上	907	66	1.35	6.8	8.6	8.18	11	9.2	7.1	4.9	3.7	2.8	2.1	1.8	0.032	1.4	0.059	0.047	0.012	0.001	40	23	22	4.3	7.2	16	25	18	2.7
	下						8.14	11	10	7.1	4.6	3.6	2.7	2.3	2.0	0.032	1.5	0.067	0.052	0.009	<0.001	37	24	22	4.3	7.3	16	25	18	3.5
釜合沖	上	927	62	1.18	6.1	8.4	8.36	11	12	7.5	5.2	4.3	3.1	1.2	0.89	0.025	0.32	0.041	0.049	0.011	0.001	46	23	25	4.3	7.4	16	30	17	1.3
	下						8.32	11	11	8.0	5.2	4.3	3.1	1.2	0.89	0.028	0.51	0.040	0.049	0.009	<0.001	49	24	25	4.3	7.4	16	30	17	1.8
爪木沖	上	946	67	0.91	2.9	7.4	8.02	12	13	8.2	5.2	4.4	3.1	1.0	0.64	0.031	0.28	0.033	0.056	0.011	0.003	48	26	30	4.5	7.9	16	37	18	0.92
	下						8.62	11	14	8.6	5.0	4.5	3.2	1.0	0.64	0.030	0.23	0.028	0.060	0.010	0.001	52	26	31	4.6	8.1	17	39	19	2.2
外浪逆浦	上	1019	79	0.98	1.7	8.0	7.86	11	10	7.0	5.1	4.3	3.3	0.95	0.60	0.031	0.26	0.012	0.060	0.012	<0.001	36	38	47	5.9	9.0	18	64	24	2.6
	下						7.88	10	10	7.6	5.4	4.3	3.3	0.96	0.61	0.032	0.25	0.012	0.061	0.010	0.001	28	38	47	5.9	9.1	19	65	23	1.5

図 10 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (1月)

調査地点	平成26年1月22日		晴れ																											
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	φ-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (μg/L)	EC (mS/m)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)	
掛馬沖	上	14:33	5.2	0.89	3.8	5.6	7.49	11	9.6	6.2	4.9	3.8	2.9	1.2	0.97	0.017	0.62	0.007	0.040	0.016	0.002	12	27	29	5.1	7.1	18	33	23	3.1
	下																													
木原沖	上	14:12	8.9	1.18	5.4	5.6	7.56	11	7.2	6.2	5.1	3.9	3.0	1.1	0.92	0.014	0.56	0.007	0.039	0.014	0.001	12	27	30	5.1	7.1	18	34	23	2.8
	下																													
牛込沖	上	13:52	6.0	1.30	6.3	5.4	7.78	12	5.2	6.4	4.9	4.1	3.0	1.2	1.0	0.037	0.63	0.009	0.035	0.013	<0.001	13	27	29	5.0	7.2	18	34	22	2.6
	下																													
高浜沖	上	12:50	5.6	1.32	4.4	5.0	7.60	11	8.0	6.6	4.8	3.8	2.8	1.8	1.6	0.045	1.1	0.018	0.047	0.015	0.001	18	25	25	4.6	6.9	18	26	21	3.5
	下																													
五瀬沖	上	12:34	7.8	1.30	7.2	4.9	7.53	11	7.6	6.2	4.8	3.7	2.8	1.8	1.5	0.040	1.1	0.015	0.046	0.015	<0.001	17	24	25	4.5	6.8	17	26	21	3.4
	下																													
潮心	上	12:11	7.6	1.44	6.3	4.8	7.51	11	8.0	6.4	4.9	3.8	3.1	1.2	0.96	0.040	0.55	0.008	0.037	0.013	<0.001	14	28	31	5.1	7.3	18	37	22	2.3
	下																													
西の洲沖	上	11:50	5.8	1.36	5.7	4.7	7.61	12	6.4	6.6	5.2	3.9	3.1	1.2	0.93	0.026	0.53	0.007	0.036	0.013	<0.001	15	27	30	5.1	7.2	18	36	22	2.3
	下																													
麻生沖	上	11:10	5.1	1.50	1.7	4.8	7.69	12	7.2	6.7	5.4	4.1	3.2	1.1	0.91	0.009	0.43	0.006	0.043	0.014	<0.001	14	33	39	5.5	8.3	19	50	23	2.4
	下																													
土浦沖	上	14:50	5.6	0.80	2.5	7.4	7.15	11	12	6.3	4.8	3.6	2.8	2.9	2.6	0.10	2.1	0.015	0.082	0.038	0.025	15	32	35	6.8	7.3	21	38	30	7.2
	下																													
山王川沖	上	13:13	6.8	1.31	1.8	5.5	7.88	12	7.6	5.5	3.8	3.0	2.1	2.4	2.1	0.009	1.7	0.025	0.048	0.014	0.002	23	21	20	3.5	6.2	17	17	21	6.9
	下																													
安原沖	上	8:30	0.9	1.31	2.0	5.8	7.38	11	7.6	4.3	2.7	2.0	1.4	7.7	7.5	0.27	6.5	0.085	0.083	0.017	0.009	21	33	26	4.3	11	23	29	24	1.5
	下																													
阿玉沖	上	8:56	2.0	1.44	5.1	4.7	8.10	12	7.2	5.3	3.5	2.7	1.8	5.5	5.2	0.012	4.5	0.081	0.047	0.010	0.002	27	30	25	4.0	11	22	29	21	1.2
	下																													
真井沖	上	9:22	1.6	1.42	7.4	4.7	7.75	12	6.0	6.4	4.7	3.4	2.7	2.4	2.2	0.052	1.6	0.039	0.033	0.008	<0.001	22	26	25	4.2	6.3	18	29	19	4.1
	下																													
養谷沖	上	9:46	1.9	1.41	6.7	4.9	7.93	11	6.8	7.3	5.2	4.0	3.0	1.4	1.2	0.014	0.78	0.026	0.029	0.007	<0.001	21	25	26	4.3	7.9	17	31	18	1.4
	下																													
爪木沖	上	10:04	3.9	1.63	2.9	4.7	7.95	12	8.8	7.2	5.2	4.1	3.1	1.2	0.87	0.004	0.50	0.019	0.038	0.006	<0.001	20	29	31	4.5	8.4	17	38	18	1.1
	下																													
外浪逆浦	上	10:37	4.8	1.25	3.4	4.9	7.65	10	9.2	6.7	5.4	4.3	3.4	1.0	0.74	0.047	0.30	0.009	0.046	0.010	<0.001	22	43	55	6.1	10	20	74	25	1.8
	下																													

表 11 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果（2月）

調査地点	採水時刻	平野26年2月18日				晴れ																								
		水温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	pH (-)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	DTN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TP (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chla (μg/L)	EC (mS/cm)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SRSI (mg/L)		
																													気温 (°C)	透明度 (m)
掛島沖	上	14:36	7.7	0.42	3.8	5.5	8.02	12	32	6.7	4.3	3.7	2.5	1.9	1.6	0.096	1.3	0.012	0.11	0.024	0.009	17	20	18	3.8	4.4	12	21	19	3.9
	下						7.94	12	36	7.0	4.4	3.4	2.5	1.9	1.6	0.099	1.2	0.011	0.12	0.016	0.008	14	20	18	3.7	4.4	13	22	19	3.5
木原沖	上	14:21	6.5	0.88	5.2	5.2	8.05	12	15	6.7	4.6	4.0	2.9	1.2	0.97	0.019	0.66	0.009	0.056	0.005	26	28	28	4.7	6.6	16	34	22	2.9	
	下						8.04	13	16	6.9	4.5	4.0	2.9	1.3	0.96	0.021	0.66	0.007	0.060	0.003	21	27	27	4.7	6.5	16	34	23	2.5	
牛込沖	上	14:05	7.5	0.7	6.3	5.5	7.81	13	16	6.9	4.6	4.1	2.9	1.3	0.97	0.016	0.66	0.006	0.060	0.004	26	27	28	4.7	6.6	16	34	22	2.7	
	下						7.83	12	16	6.9	4.7	4.0	2.9	1.2	0.96	0.019	0.66	0.006	0.058	0.002	13	28	28	4.6	6.6	16	35	22	2.5	
高浜沖	上	13:09	7.8	0.37	4.0	6.8	8.07	12	19	7.5	4.6	3.8	2.6	2.2	1.9	0.090	1.5	0.016	0.12	0.024	0.009	26	19	18	3.7	4.6	12	19	17	3.4
	下						8.05	12	16	7.0	4.4	3.7	2.5	2.0	1.7	0.071	1.4	0.016	0.088	0.010	0.004	22	21	19	3.7	5.1	13	21	18	3.4
玉湯沖	上	12:53	9.7	0.8	6.8	5.7	8.13	13	12	6.7	4.2	3.9	2.7	1.7	1.4	0.016	1.1	0.014	0.063	0.013	0.003	33	25	24	4.2	6.2	15	27	20	3.0
	下						8.12	12	18	7.5	4.7	4.1	2.7	1.8	1.4	0.024	1.1	0.012	0.071	0.007	0.002	27	25	24	4.2	6.3	16	28	21	3.3
湖心	上	12:34	8.9	0.59	6.1	6.3	8.14	12	17	6.8	4.6	4.2	3.0	1.2	0.91	0.017	0.59	0.005	0.067	0.010	0.003	33	29	30	4.7	6.8	16	38	22	2.5
	下						8.13	12	20	7.1	4.6	4.2	2.9	1.2	0.91	0.024	0.60	0.007	0.072	0.006	0.002	29	29	29	4.7	6.8	17	36	23	2.4
西の洲沖	上	12:17	5.7	0.38	5.6	6.6	8.27	13	22	7.6	4.7	4.5	2.8	1.4	0.98	0.015	0.66	0.006	0.085	0.013	0.006	40	28	28	4.7	6.7	16	35	22	2.6
	下						8.31	12	21	7.1	4.6	4.2	2.9	1.3	0.96	0.019	0.65	0.006	0.073	0.008	0.003	31	28	28	4.7	6.7	17	36	22	2.4
麻生沖	上	11:45	5.1	0.66	1.7	5.7	8.19	13	12	7.1	4.8	4.2	3.0	1.1	0.84	0.014	0.53	0.006	0.054	0.009	0.002	31	31	32	4.8	7.1	17	41	23	2.2
	下						8.2	13	14	7.4	4.9	4.4	3.0	1.2	0.81	0.015	0.49	0.006	0.062	0.007	0.002	31	31	33	4.8	7.3	17	46	22	2.4
土浦沖	上	14:49	7.9	0.34	3.9	6.7	7.66	11	27	6.8	4.4	3.7	2.5	2.5	2.2	0.23	1.8	0.017	0.12	0.034	0.023	15	21	20	4.3	4.5	14	22	21	4.7
	下						7.71	11	28	7.1	4.5	3.5	2.4	2.4	2.1	0.22	1.7	0.017	0.12	0.031	0.020	14	20	18	4.0	4.3	14	21	20	4.2
山王川沖	上	13:26	8.2	0.42	1.6	6.8	7.82	10	21	5.9	3.9	3.2	2.2	3.2	3.0	0.20	2.6	0.017	0.13	0.040	0.028	8.0	12	8.5	3.0	3.0	10	9.2	16	5.3
	下						7.82	11	21	6.3	4.2	3.2	2.2	3.2	2.9	0.19	2.6	0.018	0.14	0.040	0.028	8.4	12	8.1	2.9	3.0	10	9.2	16	5.1
安藤沖	上	9:00	3.1	0.85	1.9	7.8	7.46	8.7	8.8	4.4	3.2	2.2	1.7	6.3	6.2	0.38	5.6	0.037	0.083	0.022	0.031	1.9	23	15	4.3	6.7	16	19	24	8.7
	下						7.24	9.1	10	4.7	3.3	2.4	1.8	6.1	6.0	0.37	5.3	0.034	0.090	0.033	0.028	3.0	23	13	4.2	6.2	15	18	22	7.9
阿玉沖	上	9:35	4.5	0.82	4.7	6.3	7.28	12	16	6.2	3.5	3.0	1.9	4.2	3.9	0.057	3.7	0.044	0.099	0.012	0.007	44	23	20	3.4	7.4	15	25	18	7.3
	下						7.45	11	18	6.6	3.5	3.0	1.8	4.5	4.0	0.055	3.8	0.045	0.10	0.014	0.006	42	25	19	3.4	7.9	16	26	18	8.4
鹿井沖	上	9:53	4.1	1.41	7.3	5.7	7.82	12	7.2	6.2	4.3	3.3	2.5	2.7	2.4	0.044	2.1	0.032	0.045	0.006	0.003	27	26	24	3.8	8.1	17	30	19	4.4
	下						7.92	11	8.8	6.4	4.2	3.3	2.4	2.9	2.6	0.045	2.3	0.035	0.055	0.008	0.003	29	27	22	3.8	8.1	17	29	18	5.3
釜谷沖	上	10:10	3.9	1.3	6.4	5.6	8.01	11	8.0	6.5	4.8	3.7	2.8	1.7	1.4	0.027	1.1	0.021	0.043	0.005	0.002	23	26	25	4.0	7.6	16	32	18	2.0
	下						8.03	10	9.2	6.7	4.6	3.8	2.8	1.8	1.5	0.031	1.1	0.021	0.045	0.006	0.002	25	27	24	3.9	7.6	16	32	18	2.3
爪木沖	上	10:46	5.7	0.94	3.0	5.9	8.11	11	12	6.6	4.6	3.9	2.8	1.5	1.2	0.020	0.88	0.017	0.053	0.005	0.002	28	28	28	4.0	7.7	16	36	18	1.8
	下						8.12	10	14	7.2	4.8	3.9	2.8	1.5	1.2	0.016	0.86	0.016	0.056	0.007	0.002	26	28	26	4.0	7.6	16	36	18	1.9
外浪逆瀬	上	11:14	8	0.88	1.8	6.3	8.23	11	14	6.7	4.6	4.0	2.9	1.2	0.87	0.029	0.57	0.010	0.064	0.007	0.003	28	33	37	4.7	7.8	16	51	21	2.1
	下						8.18	11	16	7.0	4.7	4.2	3.0	1.2	0.87	0.028	0.55	0.011	0.071	0.010	0.003	31	34	35	4.8	7.8	17	53	21	2.4

表 12 霞ヶ浦の現地測定及び水質分析結果 (3月)

	平成26年03月15日										晴れ																			
	採水時刻	気温 (°C)	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (μg L ⁻¹)	EC (mS/m)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	SRSI ⁺ (mg L ⁻¹)	
掛馬沖	上	1259	82	0.69	3.8	8.5	8.32	12	18	6.3	4.3	3.7	2.6	1.5	1.2	0.029	0.92	0.013	0.065	0.021	0.004	31	25	23	4.2	5.7	15	28	23	4.8
	下					8.02	12	16	6.6	4.2	3.7	2.6	1.5	1.2	0.037	0.93	0.013	0.063	0.015	0.008	0.004	34	25	23	4.2	5.7	15	28	23	5.2
木原沖	上	1244	74	0.89	5.5	8.4	8.61	12	15	6.5	4.5	3.9	2.8	1.3	1.0	0.040	0.88	0.011	0.062	0.017	0.005	36	26	26	4.3	6.0	16	32	23	4.1
	下					8.39	12	42	8.0	4.4	4.0	2.8	1.4	1.0	0.030	0.65	0.010	0.066	0.013	0.007	0.004	37	26	27	4.4	6.3	16	33	23	4.0
牛込沖	上	1226	113	0.98	6.3	9.0	8.51	14	8.8	7.1	4.7	4.1	2.9	1.2	0.91	0.030	0.59	0.010	0.055	0.015	0.004	38	27	27	4.3	6.3	16	34	23	3.6
	下					8.38	11	8.8	7.2	4.7	4.0	2.9	1.2	0.89	0.029	0.57	0.011	0.052	0.012	0.004	0.004	35	27	27	4.4	6.3	16	34	22	3.5
高浜沖	上	1133	87	1.05	4.2	9.2	8.64	12	8.8	7.0	4.7	3.8	2.7	1.7	1.4	0.025	1.1	0.016	0.054	0.015	0.003	34	24	22	3.9	5.8	15	26	21	4.2
	下					8.45	11	8.8	6.7	4.7	3.9	2.7	1.8	1.5	0.029	1.1	0.016	0.059	0.015	0.005	0.005	43	23	23	4.0	5.8	15	26	21	4.2
玉造沖	上	1119	85	1.03	7.0	9.4	8.45	12	10	6.8	4.5	4.0	2.7	1.7	1.4	0.024	1.1	0.015	0.062	0.014	0.002	39	24	24	4.0	6.0	15	28	21	4.0
	下					8.34	12	12	6.8	4.7	4.0	2.9	1.3	1.0	0.029	0.70	0.010	0.057	0.013	0.006	0.006	36	27	26	4.3	6.3	16	32	22	3.5
湖心	上	1100	85	0.92	6.1	9.0	8.29	12	14	6.6	4.6	4.1	2.9	1.2	0.90	0.022	0.59	0.010	0.053	0.013	0.004	36	27	27	4.3	6.3	16	34	22	3.5
	下					8.33	11	16	7.3	4.4	4.1	2.9	1.3	0.92	0.034	0.59	0.009	0.069	0.014	0.004	0.004	40	27	27	4.4	6.4	16	34	22	3.5
西の湖沖	上	1049	89	0.89	5.6	8.9	8.28	11	9.2	6.0	4.6	3.7	2.8	1.3	1.0	0.023	0.71	0.010	0.049	0.013	0.004	28	26	26	4.3	6.1	16	32	23	4.0
	下					8.26	11	10	6.7	4.5	3.9	2.8	1.3	1.0	0.025	0.71	0.010	0.054	0.013	0.002	0.002	35	26	26	4.4	6.3	16	32	23	3.9
麻生沖	上	1012	66	0.95	1.7	8.3	8.36	12	10	6.6	4.8	4.2	3.0	1.2	0.82	0.027	0.50	0.010	0.057	0.014	0.005	33	29	31	4.4	6.8	16	39	23	3.5
	下					8.37	12	10	7.4	4.7	4.2	3.0	1.2	0.82	0.020	0.50	0.010	0.055	0.013	0.003	0.003	39	29	31	4.6	6.9	16	40	23	3.5
土浦沖	上	1312	78	0.85	2.3	10.8	8.07	11	10	5.6	4.3	3.2	2.4	2.8	2.6	0.053	2.3	0.024	0.064	0.019	0.009	26	27	25	4.9	5.7	18	28	28	8.5
	下					7.87	10	12	5.4	4.1	3.1	2.3	2.6	2.4	0.050	2.1	0.024	0.062	0.018	0.009	0.009	25	26	24	4.7	5.8	18	27	28	8.5
山王川沖	上	1151	83	0.85	1.7	9.9	8.73	12	14	5.9	3.3	3.0	2.0	2.7	2.4	0.038	2.2	0.028	0.068	0.017	0.008	42	16	15	2.8	4.5	13	14	21	7.9
	下					8.71	13	12	5.9	3.6	3.2	2.0	2.7	2.4	0.026	2.2	0.028	0.063	0.016	0.006	0.006	43	16	15	2.8	4.6	14	14	21	7.8
安藤沖	上	809	67	0.60	2.0	9.5	7.40	8.9	22	5.5	3.1	2.7	1.7	6.1	6.0	0.026	5.5	0.088	0.056	0.027	0.022	21	28	20	3.8	8.8	19	25	23	14
	下					7.43	9.2	25	5.7	3.3	2.8	1.7	6.2	6.1	0.27	5.6	0.089	0.059	0.027	0.019	0.019	20	28	21	3.9	9.0	19	25	23	13
阿玉沖	上	827	7	1.05	4.9	8.4	8.01	10	10	4.9	3.4	2.7	2.0	4.5	4.3	0.067	4.0	0.049	0.062	0.013	0.006	31	25	19	3.6	7.7	16	24	20	10
	下					7.89	9.9	11	5.5	3.9	2.7	2.0	4.5	4.3	0.075	3.9	0.050	0.074	0.015	0.006	0.006	28	25	19	3.6	7.8	16	24	20	10
武井沖	上	842	52	1.40	7.4	8.0	8.22	10	7.2	5.7	4.6	3.4	2.6	2.6	2.3	0.10	1.9	0.030	0.048	0.013	0.006	25	26	24	3.7	7.8	16	29	19	5.7
	下					8.12	10	10	6.7	4.9	3.5	2.6	2.6	2.3	0.10	1.9	0.030	0.051	0.014	0.005	0.005	25	26	24	3.7	7.8	16	30	19	5.6
釜谷沖	上	903	84	1.22	6.4	8.1	8.13	10	8.0	6.1	4.7	3.7	2.8	1.9	1.7	0.035	1.3	0.022	0.042	0.012	0.005	26	26	25	3.8	7.8	16	31	19	3.7
	下					8.14	10	8.4	6.8	5.0	3.8	2.8	1.9	1.6	0.029	1.3	0.023	0.046	0.013	0.002	0.002	31	27	25	3.8	7.8	16	31	19	3.6
爪木沖	上	921	57	1.02	2.9	8.6	8.24	10	14	7.0	4.8	3.9	2.8	1.6	1.3	0.031	0.97	0.020	0.046	0.012	0.005	33	27	27	3.8	7.8	16	34	19	3.0
	下					8.17	9.8	16	7.3	4.9	4.2	2.8	1.6	1.3	0.018	0.96	0.020	0.055	0.012	<0.001	<0.001	32	28	27	3.9	7.8	16	34	19	2.9
外浪逆沖	上	942	72	0.90	2.1	8.6	8.31	11	12	6.9	4.7	4.2	3.0	1.2	0.83	0.032	0.49	0.012	0.066	0.012	0.006	39	35	40	4.8	8.2	17	56	24	3.7
	下					8.25	11	12	7.1	5.2	4.3	3.0	1.2	0.82	0.039	0.50	0.012	0.069	0.012	0.002	0.002	41	36	41	4.9	8.3	17	56	24	3.5

1-15 澗沼の水質保全に関する調査研究事業

1 目的

澗沼では、水質汚濁が顕著となっていたことから、2000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、2010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。下流の澗沼川に設定した2地点(大貫橋、澗沼橋)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2013年4月から2014年3月で、7月と8月は月2回、12月と2月は採水せず、その他の月は毎月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2013年7月19日から8月21日まで約1ヶ月間、上層及び下層に多項目水質計を設置し、20分間隔で現地の水質を測定した。測定項目は水温、pH、溶存酸素量(DO)、電気伝導率(EC)である。

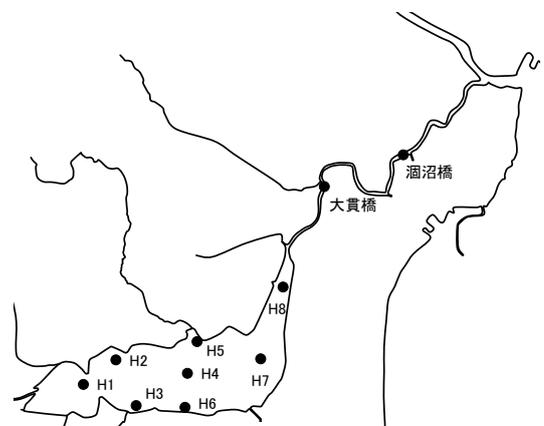


図1 調査地点

(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。懸濁物質質量(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°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 AUTOANALYZER III)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。

(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。

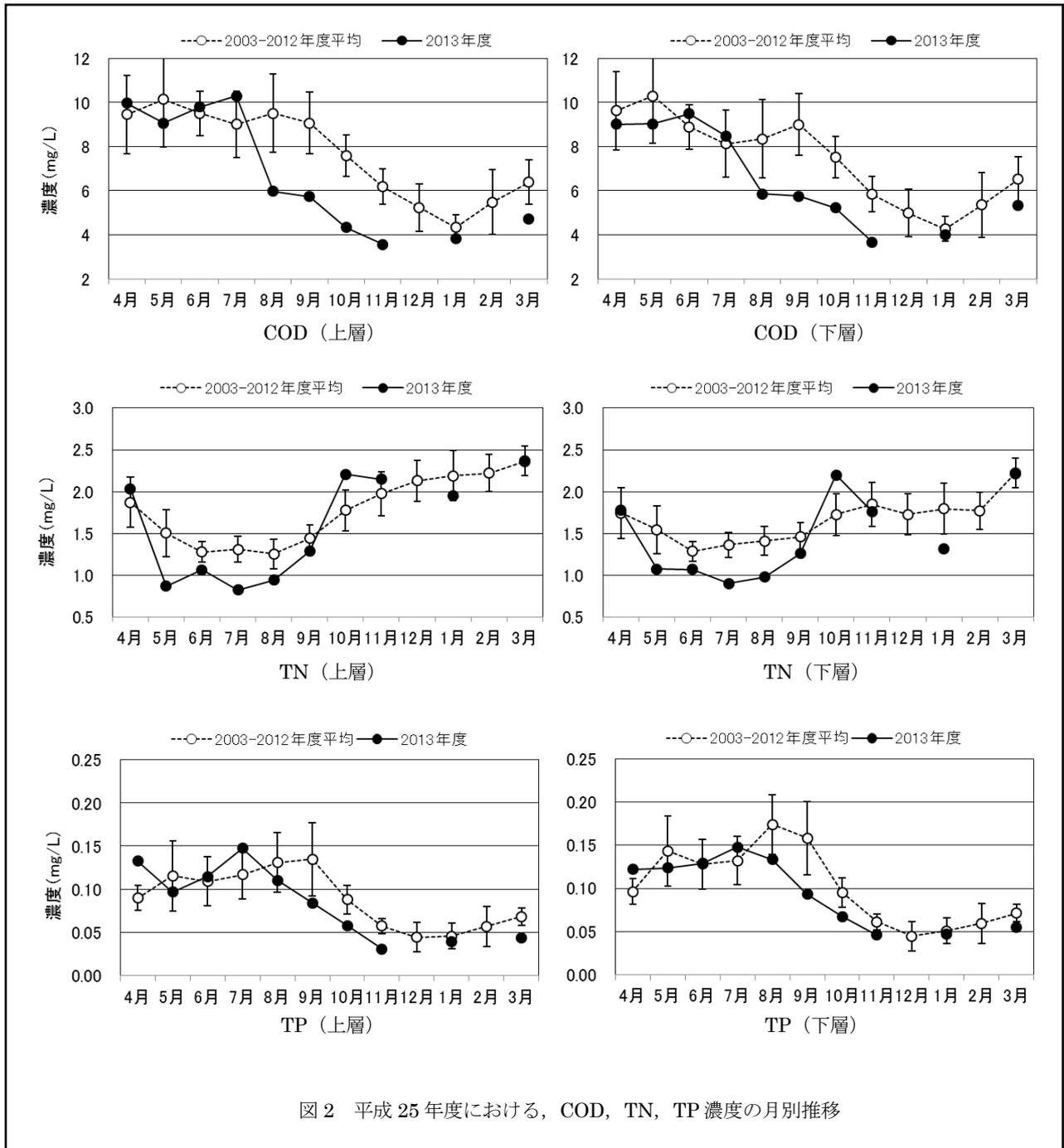
3 結果の概要

(1) 水質

水質データは、全調査地点の平均。また、2013年7月と8月は2回の測定 averages である。

CODについては、4月から7月まではほぼ平年並みに推移したが、8月以降は過去平均値より低い値で推移した。TNは5月から8月までは過去平均値より低めで推移し、10月に過去平年値より高くなった。TPは4月から8月及び1月は過去平均値並であったが、9月から11月までは低濃度で推移した。(図2)

また、多項目水質計によるECの連続測定結果では、測定期間を通して上層と下層のEC値の差が大きい状態が続いており、海水が進入していることが示唆された。(図3)



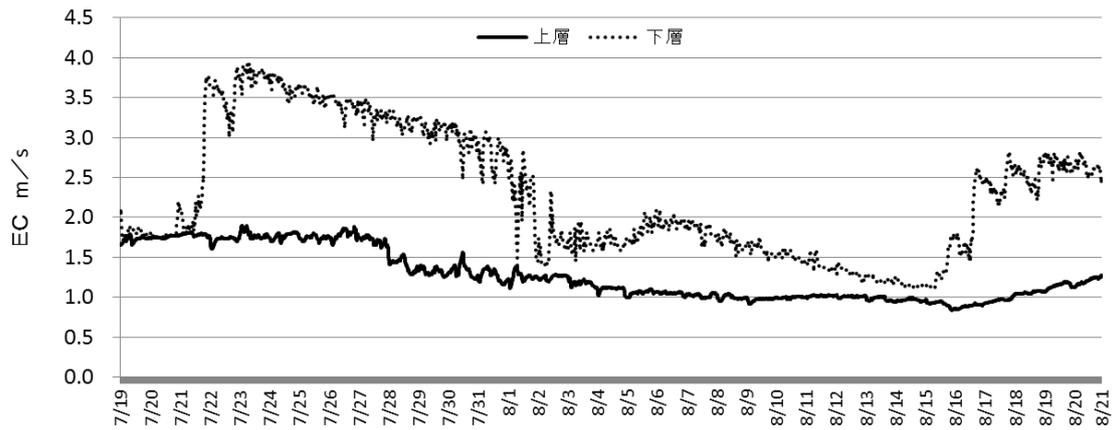


図3 多項目水質計による EC 値の推移

(2) 植物プランクトン細胞数

平成 21 年度からの地点 H4 における植物プランクトン細胞数の変化を図 4 に示す。毎年、夏季には藍藻類が増加する傾向で、25 年度でも 7 月に藍藻類が発生した。これまで優占していた藍藻は *Cyanobium* であり、25 年度も同様であった。また、25 年度は 4 月と 5 月に珪藻類が発生し、優占種は *Skeletonema* であった。また、4 月には緑藻の発生も見られ、発生した種は *Amphikrikos* であった。

(図 4)

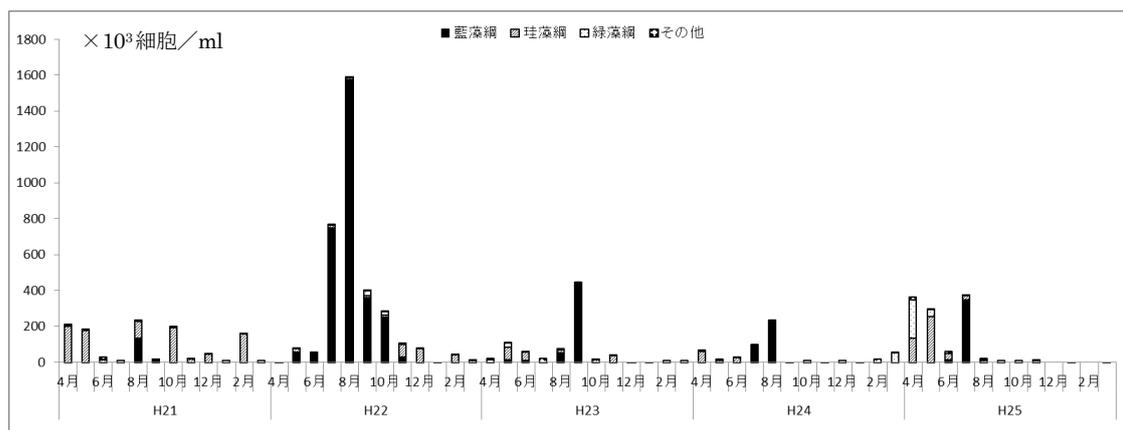


図 4 平成 21 年から 25 年までの植物プランクトン細胞数の推移

表1 酒沼の現地調査及び水質分析結果(4月)

平成25年4月16日 天気 晴れ 気温 16.6°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 ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CI (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.55	2.2	16.5	9.0	13.0	19	9.3	3.8	3.8	2.2	2.15	1.47	0.02	1.16	0.03	0.146	0.022	0.005	138	8.11	2.45	5.37
酒沼 1 下層			15.5	9.0	9.1	29	9.4	3.8	3.8	2.2	1.95	1.21	0.02	0.91	0.03	0.147	0.018	0.001	133	9.87	3.22	4.93
酒沼 2 上層	0.60	2.5	16.0	9.2	13.3	22	10.5	4.1	4.2	2.3	1.98	1.17	0.02	0.85	0.03	0.133	0.020	0.002	151	9.73	3.14	4.91
酒沼 2 下層			15.0	9.0	9.2	26	8.9	3.4	3.8	2.2	1.89	1.17	0.02	0.88	0.03	0.127	0.017	0.001	125	11.13	3.65	4.82
酒沼 3 上層	0.50	2.7	15.0	8.9	11.6	18	9.0	4.2	3.6	2.1	2.14	1.42	0.02	1.12	0.03	0.137	0.017	0.001	112	8.13	2.62	5.13
酒沼 3 下層			15.0	8.9	8.6	36	9.9	3.6	3.8	2.2	2.05	1.27	0.03	0.96	0.03	0.150	0.016	0.002	124	10.50	3.46	4.92
酒沼 4 上層	0.50	3.3	16.0	8.9	12.5	21	10.1	4.8	4.2	2.2	1.98	1.16	0.02	0.85	0.03	0.128	0.019	0.001	146	10.21	3.25	4.79
酒沼 4 下層			15.0	8.8	8.7	22	9.0	3.4	3.5	2.1	1.77	1.11	0.02	0.83	0.03	0.118	0.017	<0.001	117	13.38	4.39	4.68
酒沼 5 上層	0.50	2.4	16.0	9.1	12.7	15	10.5	4.0	4.0	2.3	1.96	1.15	0.02	0.84	0.03	0.129	0.019	0.001	147	10.55	3.40	4.80
酒沼 5 下層			16.0	9.2	12.3	22	10.0	4.2	4.0	2.3	1.99	1.14	0.01	0.83	0.03	0.135	0.020	0.001	154	10.50	3.40	4.84
酒沼 6 上層	0.50	2.8	16.0	9.0	12.9	22	9.7	3.9	3.5	2.2	2.19	1.40	0.02	1.08	0.03	0.141	0.019	0.002	136	8.42	2.56	5.23
酒沼 6 下層			15.0	8.9	8.7	32	10.7	4.2	3.7	2.2	2.03	1.26	0.02	0.96	0.03	0.136	0.016	<0.001	126	10.21	3.39	4.92
酒沼 7 上層	0.50	2.6	15.0	8.2	13.2	21	10.5	4.2	4.4	2.3	1.95	1.14	0.02	0.83	0.03	0.125	0.019	0.001	138	10.37	3.27	4.83
酒沼 7 下層			15.0	8.2	9.1	26	7.1	3.0	2.6	1.7	1.41	0.92	0.04	0.68	0.02	0.093	0.014	<0.001	68	22.00	7.78	3.73
酒沼 8 上層	0.50	3.1	16.5	9.2	0.0	21	9.9	3.5	4.1	2.3	1.90	1.12	0.02	0.81	0.03	0.120	0.018	0.001	139	10.57	3.43	4.75
酒沼 8 下層			15.0	8.6	7.2	20	7.1	2.6	2.1	1.4	1.13	0.82	0.08	0.59	0.01	0.070	0.013	0.004	48	28.60	10.30	3.08

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CI (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	47.0	16.0	8.5	7.5	15	11.3	2.9	1.8	1.3	1.18	0.93	0.11	0.67	0.02	0.072	0.011	<0.001	31	27.50	9.59	3.43
大貫橋	-	16.0	16.5	8.9	13.4	19	9.2	5.3	4.0	2.2	1.75	1.06	0.02	0.77	0.03	0.112	0.017	<0.001	119	14.07	4.43	4.59

表2 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (5月)

平成25年5月10日 天気 晴れ 気温 16.6℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.50	2.1	20.0	9.4	12.7	30	8.6	3.7	4.5	2.4	0.86	0.28	0.02	0.01	0.01	0.100	0.015	0.001	166	13.19	4.48	5.63
酒沼 1 下層			20.0	9.5	10.2	41	9.7	3.8	4.5	2.4	1.02	0.28	0.01	0.03	0.01	0.130	0.012	0.001	168	13.10	4.56	5.30
酒沼 2 上層	0.45	2.4	19.5	9.5	12.5	31	8.5	3.3	4.6	2.3	0.88	0.25	0.01	<0.01	0.01	0.098	0.014	<0.001	151	13.98	4.76	5.83
酒沼 2 下層			19.0	9.3	11.5	31	9.3	3.4	4.5	2.3	0.99	0.25	0.01	0.01	0.01	0.112	0.012	0.001	166	14.95	4.78	5.73
酒沼 3 上層	0.45	2.5	20.0	9.5	13.6	28	9.3	4.3	4.3	2.3	0.97	0.28	0.01	0.02	0.01	0.111	0.013	0.002	177	13.27	4.33	5.82
酒沼 3 下層			18.5	9.1	5.2	41	9.4	3.6	4.0	2.2	1.29	0.57	0.22	0.10	0.02	0.146	0.012	0.001	145	15.88	5.51	6.25
酒沼 4 上層	0.55	3.1	20.5	9.0	13.1	28	9.3	4.0	4.5	2.2	0.82	0.23	0.01	<0.01	<0.01	0.092	0.013	0.002	148	14.11	4.80	5.33
酒沼 4 下層			18.5	9.0	9.3	42	8.7	3.8	4.1	2.0	1.03	0.30	0.01	0.08	0.01	0.132	0.011	0.001	160	21.20	7.59	5.00
酒沼 5 上層	0.45	2.2	19.5	9.5	11.6	28	8.9	4.5	4.1	2.3	0.85	0.25	0.02	<0.01	0.01	0.095	0.012	0.002	155	15.04	5.00	5.73
酒沼 5 下層			18.5	9.1	6.6	59	11.2	3.6	4.4	2.2	1.33	0.44	0.12	0.09	0.02	0.167	0.011	<0.001	212	18.28	6.35	5.72
酒沼 6 上層	0.50	2.3	19.0	9.4	13.9	26	8.9	3.7	4.3	2.3	0.88	0.24	0.01	<0.01	0.01	0.100	0.012	0.002	163	13.64	4.41	5.82
酒沼 6 下層			18.5	9.2	8.3	30	9.6	4.1	3.9	2.2	1.26	0.52	0.18	0.09	0.02	0.137	0.013	<0.001	149	15.56	5.43	6.46
酒沼 7 上層	0.45	2.4	19.0	9.6	12.9	24	9.2	3.9	4.3	2.2	0.85	0.23	0.01	<0.01	<0.01	0.092	0.012	0.002	156	15.28	4.97	5.70
酒沼 7 下層			18.0	9.1	10.0	32	9.1	4.1	3.6	1.9	0.86	0.29	0.02	0.07	0.01	0.093	0.011	<0.001	135	22.40	7.74	4.99
酒沼 8 上層	0.50	3.8	19.0	9.5	12.9	26	9.8	3.7	4.3	2.2	0.83	0.24	0.02	<0.01	<0.01	0.087	0.012	0.002	140	16.28	4.91	5.18
酒沼 8 下層			17.5	8.6	6.8	51	5.3	2.3	1.9	1.4	0.81	0.43	0.12	0.17	0.01	0.076	0.009	0.001	40	36.20	14.05	2.81

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	12.0	19.2	9.2	10.4	59	9.5	3.4	3.6	2.0	0.92	0.28	0.02	0.05	0.01	0.107	0.012	0.002	119	19.86	7.23	5.02
大貫橋	-	13.0	20.0	9.5	12.1	32	9.5	3.6	4.6	2.2	0.85	0.23	0.02	<0.01	<0.01	0.088	0.011	0.001	131	16.88	5.62	5.33

表3 酒沼の現地調査及び水質分析結果(6月)

平成25年6月18日 天気 曇り 気温 25.1℃ (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 ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CT (g L ⁻¹)	SRSsi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.60	2.1	25.5	8.5	9.6	24	9.3	6.3	4.9	3.5	1.35	0.91	0.10	0.42	0.01	0.142	0.062	0.034	35	12.43	3.78	5.28
酒沼 1 下層			24.0	8.4	6.6	41	9.7	5.8	4.8	3.5	0.94	0.63	0.18	0.05	0.01	0.091	0.035	0.009	54	18.97	6.80	4.41
酒沼 2 上層	0.60	2.4	25.0	8.6	9.2	26	10.0	6.0	5.4	3.6	1.14	0.60	0.08	0.06	0.01	0.156	0.060	0.016	88	16.84	6.11	4.09
酒沼 2 下層			24.0	8.5	6.2	30	9.2	5.6	4.6	3.4	0.99	0.68	0.23	0.04	<0.01	0.108	0.046	0.025	69	19.79	7.03	4.45
酒沼 3 上層	0.55	2.6	26.0	8.5	10.7	18	8.9	5.6	4.8	3.4	1.09	0.66	0.02	0.27	0.01	0.115	0.037	0.008	35	12.75	3.74	4.75
酒沼 3 下層			24.0	8.3	3.8	26	8.5	5.9	4.5	3.3	1.26	0.95	0.48	0.04	<0.01	0.156	0.088	0.076	52	20.30	7.29	4.90
酒沼 4 上層	0.55	3.0	26.0	8.7	11.1	22	9.7	5.8	5.0	3.4	0.93	0.50	0.04	0.07	0.01	0.109	0.042	0.011	49	14.96	4.97	4.16
酒沼 4 下層			24.0	8.4	5.4	25	9.4	5.8	4.6	3.4	1.03	0.79	0.33	0.04	0.01	0.141	0.089	0.074	29	20.60	7.44	4.68
酒沼 5 上層	0.60	2.3	25.5	8.6	10.0	22	9.7	6.1	4.9	3.5	1.08	0.66	0.05	0.19	0.01	0.114	0.049	0.014	22	14.55	4.80	4.49
酒沼 5 下層			24.5	8.5	7.9	24	11.8	10.0	4.6	3.4	0.87	0.58	0.12	0.04	0.01	0.098	0.046	0.012	4	19.43	6.86	4.18
酒沼 6 上層	0.45	2.8	25.5	8.6	11.5	19	9.6	5.9	4.9	3.3	0.97	0.59	0.02	0.23	0.01	0.089	0.032	0.005	58	9.80	3.43	4.52
酒沼 6 下層			24.0	8.2	3.0	27	8.8	6.0	4.3	3.3	1.33	1.06	0.60	0.04	<0.01	0.176	0.120	0.114	30	20.10	7.30	5.34
酒沼 7 上層	0.45	2.5	25.5	8.6	12.0	19	9.9	6.1	4.7	3.3	1.00	0.55	0.02	0.18	0.01	0.103	0.033	0.005	2	10.05	3.51	4.26
酒沼 7 下層			24.5	8.4	7.4	28	9.8	6.3	4.5	3.4	0.96	0.68	0.18	0.09	0.01	0.108	0.053	0.026	33	18.94	6.87	4.37
酒沼 8 上層	0.55	3.1	25.5	8.8	12.5	23	11.3	6.5	5.0	3.4	0.95	0.54	0.02	0.18	0.01	0.090	0.028	0.002	93	10.31	3.34	4.21
酒沼 8 下層			24.0	8.4	4.8	29	8.8	6.0	4.0	3.4	1.18	0.97	0.45	0.10	0.01	0.155	0.113	0.104	22	20.20	7.32	4.92

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CT (g L ⁻¹)	SRSsi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	50.0	24.5	8.0	4.9	7	6.1	5.2	3.3	2.8	1.38	1.26	0.33	0.62	0.02	0.117	0.090	0.082	6	12.83	4.61	5.99
大貫橋	-	28.0	25.5	8.4	8.3	20	9.1	6.4	4.6	3.5	1.15	0.77	0.11	0.27	0.01	0.121	0.040	0.010	21	14.60	5.10	4.49

表 4 湖沼の現地調査及び水質分析結果 (7月1回目)

平成25年7月10日 天気 晴れ 気温 32.5℃ (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
湖沼 1 上層	0.50	2.3	31.5	8.8	14.1	22	12.1	6.4	5.1	3.5	0.97	0.41	0.01	<0.01	<0.01	0.156	0.064	0.028	31	11.55	3.49	7.83
湖沼 1 下層			28.5	8.2	3.6	34	9.9	5.2	4.2	3.1	0.94	0.47	0.09	0.02	<0.01	0.176	0.091	0.065	16	17.24	6.04	7.03
湖沼 2 上層	0.50	2.5	30.5	8.8	12.8	26	12.6	5.8	6.0	3.4	1.08	0.45	0.01	<0.01	<0.01	0.172	0.081	0.040	46	12.80	4.13	7.54
湖沼 2 下層			28.0	8.3	3.0	38	9.9	5.5	4.0	3.0	0.87	0.49	0.13	0.02	<0.01	0.150	0.091	0.065	19	17.93	6.21	7.00
湖沼 3 上層	0.55	2.7	31.0	8.8	13.6	18	10.8	6.0	5.7	3.4	0.88	0.42	<0.01	<0.01	<0.01	0.139	0.067	0.029	27	11.72	3.67	7.72
湖沼 3 下層			27.5	8.2	2.1	29	8.9	5.6	3.7	2.9	1.16	0.85	0.47	0.01	<0.01	0.156	0.104	0.080	12	20.20	7.00	6.74
湖沼 4 上層	0.55	3.2	31.0	8.9	12.8	16	10.9	6.4	5.5	3.5	0.84	0.43	<0.01	<0.01	<0.01	0.139	0.072	0.033	16	13.12	4.03	7.52
湖沼 4 下層			25.5	7.9	1.5	24	6.9	5.6	3.2	2.6	1.09	0.85	0.50	0.05	<0.01	0.132	0.095	0.078	10	24.30	8.79	6.00
湖沼 5 上層	0.65	2.4	31.0	8.8	11.3	15	9.2	6.6	4.9	3.4	0.76	0.43	<0.01	<0.01	<0.01	0.121	0.070	0.030	16	14.01	4.60	7.18
湖沼 5 下層			27.0	8.2	2.5	26	8.6	5.5	3.9	2.9	0.98	0.63	0.22	0.05	<0.01	0.144	0.089	0.063	15	19.38	6.67	6.58
湖沼 6 上層	0.55	3.0	30.5	8.9	13.4	15	10.8	6.5	5.4	3.6	0.89	0.42	<0.01	<0.01	<0.01	0.141	0.067	0.029	27	11.66	3.56	7.58
湖沼 6 下層			26.5	8.1	1.8	25	8.4	4.7	3.6	2.8	1.23	0.98	0.67	0.02	<0.01	0.165	0.123	0.102	10	22.00	7.81	6.39
湖沼 7 上層	0.65	2.6	30.0	8.7	10.9	13	10.2	5.1	4.9	3.4	0.75	0.42	0.01	<0.01	<0.01	0.117	0.068	0.027	18	13.98	4.63	7.20
湖沼 7 下層			23.5	8.1	8.1	31	6.4	3.6	2.5	1.9	0.56	0.39	0.10	0.09	<0.01	0.090	0.062	0.043	8	33.50	12.69	3.63
湖沼 8 上層	0.75	2.9	30.0	8.8	11.6	11	9.4	5.5	5.0	3.5	0.79	0.42	<0.01	<0.01	<0.01	0.128	0.071	0.029	20	14.64	4.64	7.18
湖沼 8 下層			23.5	8.2	6.4	26	7.7	3.5	2.7	2.0	0.70	0.44	0.07	0.14	<0.01	0.100	0.067	0.050	34	32.60	12.03	3.92

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
湖沼橋	-	0.4	25.5	8.3	8.2	24	7.4	4.4	3.7	2.6	0.79	0.49	0.04	0.13	<0.01	0.107	0.062	0.034	14	23.30	8.26	5.57
大貫橋	-	0.3	29.0	8.5	10.0	16	8.7	5.5	4.6	3.4	0.88	0.41	0.01	<0.01	<0.01	0.136	0.069	0.028	25	16.12	5.24	6.87

表5 酒沼の現地調査及び水質分析結果（7月2回目）

平成25年7月19日 天気 晴れ 気温 24.1℃（水戸10時、気象庁データ）

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CT (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.45	2.1	27.0	8.6	8.8	25	10.7	5.7	5.7	3.5	0.85	0.36	0.01	<0.01	<0.01	0.172	0.091	0.060	67	14.79	5.13	7.24
酒沼 1 下層			26.5	8.5	6.5	33	10.9	5.9	5.5	3.6	0.87	0.35	0.01	<0.01	<0.01	0.185	0.101	0.074	55	15.17	5.13	7.13
酒沼 2 上層	0.40	2.4	26.5	8.6	8.4	27	10.2	5.4	5.6	3.5	0.79	0.37	0.02	<0.01	<0.01	0.157	0.089	0.057	58	16.02	5.47	6.83
酒沼 2 下層			26.5	8.6	7.1	29	10.0	5.8	5.7	3.5	0.82	0.36	0.01	<0.01	<0.01	0.173	0.093	0.065	42	16.10	5.57	6.88
酒沼 3 上層	0.55	2.5	26.0	8.5	8.4	25	10.2	6.1	5.8	3.5	0.77	0.36	0.01	<0.01	<0.01	0.150	0.081	0.051	35	16.63	5.59	6.69
酒沼 3 下層			26.0	8.6	8.3	33	10.3	5.9	5.7	3.4	0.81	0.36	0.01	<0.01	<0.01	0.159	0.085	0.054	35	16.56	5.64	6.88
酒沼 4 上層	0.60	3.1	27.5	8.2	8.2	25	10.2	5.9	5.9	3.4	0.77	0.36	0.01	<0.01	<0.01	0.152	0.085	0.052	38	16.95	5.71	6.74
酒沼 4 下層			25.0	8.4	9.1	25	5.4	4.3	2.9	2.2	0.98	0.78	0.24	0.31	0.01	0.135	0.101	0.090	10	23.50	8.44	5.81
酒沼 5 上層	0.50	2.3	26.5	8.5	7.8	24	9.7	5.6	5.7	3.4	0.77	0.36	0.01	<0.01	<0.01	0.157	0.088	0.056	29	17.83	5.94	6.77
酒沼 5 下層			26.0	8.4	5.9	28	8.9	4.8	4.9	3.3	0.83	0.38	0.02	0.02	<0.01	0.174	0.104	0.076	26	19.18	6.54	7.03
酒沼 6 上層	0.50	2.8	26.5	8.1	8.9	24	9.6	5.4	6.1	3.5	0.76	0.36	0.01	<0.01	<0.01	0.148	0.085	0.052	44	17.33	5.75	6.90
酒沼 6 下層			26.0	8.4	8.1	26	9.7	5.4	6.2	3.4	0.78	0.37	0.01	<0.01	<0.01	0.152	0.085	0.053	27	17.00	5.85	6.93
酒沼 7 上層	0.45	2.3	25.5	8.5	7.8	22	9.0	5.5	5.3	3.3	0.76	0.35	0.01	<0.01	<0.01	0.154	0.089	0.058	55	18.32	6.23	6.87
酒沼 7 下層			25.0	8.2	5.5	25	8.0	5.0	4.2	3.0	0.79	0.43	0.03	0.07	<0.01	0.161	0.104	0.080	34	20.50	6.90	6.68
酒沼 8 上層	0.50	2.9	25.5	8.3	8.1	25	9.2	5.4	5.1	3.2	0.77	0.36	0.01	<0.01	<0.01	0.159	0.092	0.065	63	18.94	6.48	6.88
酒沼 8 下層			24.0	8.2	3.9	34	5.9	2.9	2.4	1.8	0.99	0.87	0.32	0.36	0.01	0.115	0.091	0.081	7	26.40	9.66	5.25

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CT (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	39.6	25.0	8.0	4.7	20	7.2	4.9	4.1	2.9	0.80	0.53	0.09	0.13	0.01	0.149	0.108	0.087	23	20.20	7.03	6.57
大貫橋	-	31.0	26.0	8.2	6.3	25	9.3	5.3	5.0	3.1	0.77	0.36	0.02	<0.01	<0.01	0.162	0.097	0.067	50	19.80	6.84	6.71

表6 酒沼の現地調査及び水質分析結果（8月1回目）

平成25年8月2日 天気 曇り 気温 23.5℃（水戸10時，気象庁データ）

酒沼	採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	9:20	0.75	2.3	25.0	7.9	5.9	11	6.6	4.9	4.0	3.2	1.42	1.25	0.37	0.54	0.01	0.122	0.096	0.075	11	7.74	2.59	7.74
酒沼 1 下層				25.5	7.8	4.6	15	7.3	5.0	4.3	3.4	1.47	1.27	0.54	0.30	<0.01	0.159	0.135	0.107	13	10.68	3.54	7.70
酒沼 2 上層	9:37	0.80	2.7	25.5	7.9	5.8	11	6.7	5.4	4.3	3.4	1.33	1.17	0.43	0.32	<0.01	0.132	0.107	0.081	11	10.81	3.62	7.61
酒沼 2 下層				25.5	7.9	5.1	24	7.2	5.4	4.1	3.5	1.20	1.07	0.44	0.20	<0.01	0.127	0.109	0.079	10	12.42	4.18	7.37
酒沼 3 上層	9:09	0.85	2.7	25.0	7.9	5.8	8	6.9	5.3	4.3	3.4	1.43	1.25	0.46	0.34	<0.01	0.147	0.118	0.090	12	10.58	3.45	7.71
酒沼 3 下層				25.0	7.9	5.0	14	7.6	5.3	4.1	3.5	1.21	1.09	0.45	0.20	<0.01	0.133	0.112	0.084	9	12.98	4.41	7.43
酒沼 4 上層	8:49	0.80	3.2	25.5	8.2	5.6	11	6.3	5.4	4.1	3.5	1.17	1.04	0.40	0.19	<0.01	0.132	0.109	0.081	8	12.89	4.29	7.07
酒沼 4 下層				25.0	8.0	4.6	17	6.9	5.0	3.7	3.3	1.18	1.06	0.51	0.15	<0.01	0.173	0.155	0.131	7	14.88	5.05	7.26
酒沼 5 上層	9:49	0.80	2.4	25.5	8.0	5.3	13	6.7	5.5	4.0	3.4	1.11	1.00	0.40	0.17	<0.01	0.123	0.102	0.074	7	13.42	4.44	7.09
酒沼 5 下層				26.0	8.0	4.6	19	7.2	5.0	3.9	3.4	1.16	1.00	0.47	0.12	<0.01	0.147	0.127	0.096	8	14.57	5.00	7.32
酒沼 6 上層	9:00	0.75	2.9	25.0	7.9	5.1	19	6.6	4.7	3.8	3.3	1.24	1.11	0.45	0.25	<0.01	0.150	0.126	0.104	6	14.13	4.81	7.44
酒沼 6 下層				25.0	7.8	5.0	16	7.0	4.7	3.8	3.2	1.26	1.13	0.46	0.24	<0.01	0.151	0.131	0.102	7	14.15	4.76	7.57
酒沼 7 上層	10:00	0.85	2.4	25.0	8.0	5.5	12	7.0	5.2	4.0	3.4	1.13	0.96	0.40	0.14	<0.01	0.139	0.113	0.082	6	14.27	4.80	7.23
酒沼 7 下層				25.5	7.9	4.8	15	6.6	5.2	3.8	3.3	1.18	1.03	0.48	0.15	<0.01	0.159	0.143	0.114	5	14.78	5.04	7.31
酒沼 8 上層	10:13	0.85	3.3	25.0	8.0	6.9	14	7.2	5.6	4.0	3.3	1.13	1.00	0.44	0.12	<0.01	0.153	0.128	0.100	8	14.89	5.04	7.25
酒沼 8 下層				25.5	7.8	1.9	30	7.5	4.8	3.6	3.1	1.37	1.22	0.77	0.05	<0.01	0.297	0.273	0.244	6	18.61	6.60	7.44

酒沼	採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
酒沼橋	10:56	-	50.0	25.0	7.8	3.9	23	6.7	4.8	3.7	3.3	1.30	1.13	0.52	0.24	0.01	0.186	0.168	0.143	5	15.06	5.10	7.57
大貫橋	10:45	-	50.0	26.0	7.9	4.1	21	7.2	4.8	3.8	3.2	1.25	1.10	0.53	0.19	0.01	0.186	0.165	0.138	4	15.87	5.26	7.32

表7 酒沼の現地調査及び水質分析結果（8月2回目）

平成25年8月21日 天気 晴れ 気温 25.9℃（水戸10時，気象庁データ）

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CI (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	0.70	2.3	30.0	8.4	6.6	27	5.5	4.4	4.0	3.3	0.64	0.42	0.09	0.02	<0.01	0.096	0.058	0.029	32	14.30	4.90	7.47
酒沼 1 下層			29.7	8.5	6.4	22	5.5	4.4	3.9	3.3	0.69	0.49	0.13	0.02	<0.01	0.101	0.065	0.038	24	14.30	5.25	7.32
酒沼 2 上層	0.75	2.5	29.8	8.7	8.2	19	5.5	4.8	4.2	3.4	0.57	0.39	0.06	<0.01	<0.01	0.074	0.041	0.007	26	14.20	5.10	7.12
酒沼 2 下層			29.6	8.8	7.4	18	5.7	4.2	4.1	3.3	0.63	0.40	0.06	<0.01	<0.01	0.078	0.040	0.008	26	14.30	4.84	7.23
酒沼 3 上層	0.75	2.7	29.5	8.4	7.1	18	5.2	4.2	4.0	3.4	0.63	0.42	0.08	0.01	<0.01	0.078	0.041	0.009	29	14.60	4.86	7.24
酒沼 3 下層			29.3	8.3	4.2	20	4.6	4.3	3.7	3.5	0.79	0.63	0.27	0.02	<0.01	0.111	0.081	0.058	14	16.40	5.47	7.35
酒沼 4 上層	0.80	3.2	30.0	8.1	8.1	15	5.6	4.5	4.6	3.7	0.61	0.38	0.06	<0.01	<0.01	0.079	0.038	0.005	34	14.32	5.03	7.12
酒沼 4 下層			28.0	8.0	2.3	18	5.0	3.6	3.3	3.0	0.62	0.49	0.18	0.03	<0.01	0.084	0.060	0.038	10	23.60	7.76	5.86
酒沼 5 上層	0.65	2.3	29.5	8.7	8.3	16	4.4	4.2	4.3	3.4	0.58	0.37	0.05	<0.01	<0.01	0.081	0.045	0.013	37	14.20	4.76	7.26
酒沼 5 下層			29.0	8.4	2.0	31	3.8	3.0	3.2	2.8	0.73	0.60	0.31	0.02	<0.01	0.113	0.087	0.071	13	22.30	8.13	6.30
酒沼 6 上層	0.80	2.9	29.0	8.3	5.5	19	4.7	3.8	4.1	3.4	0.78	0.59	0.16	0.07	<0.01	0.093	0.058	0.028	22	14.31	4.76	7.40
酒沼 6 下層			29.0	8.1	1.2	24	2.6	2.7	3.3	2.8	0.94	0.79	0.49	<0.01	<0.01	0.150	0.116	0.097	8	22.10	8.07	6.53
酒沼 7 上層	0.80	2.4	29.2	8.6	8.6	17	4.0	3.7	4.3	3.4	0.61	0.37	0.05	<0.01	<0.01	0.081	0.038	0.006	32	15.00	4.91	7.13
酒沼 7 下層			29.2	8.4	4.4	26	5.5	3.4	3.2	2.9	0.61	0.47	0.18	0.04	<0.01	0.082	0.058	0.038	16	24.40	8.24	5.96
酒沼 8 上層	0.80	3.4	29.3	8.6	8.6	13	6.6	4.4	4.6	3.6	0.66	0.37	0.05	<0.01	<0.01	0.089	0.040	0.008	22	15.50	5.13	7.16
酒沼 8 下層			26.5	8.3	4.0	40	3.7	1.4	2.3	2.1	0.63	0.56	0.25	0.17	<0.01	0.071	0.058	0.050	9	30.70	11.45	4.46

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CI (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	38.5	28.4	8.3	5.3	28	6.2	3.0	3.5	3.1	0.71	0.58	0.18	0.10	<0.01	0.092	0.066	0.045	16	18.70	6.67	6.64
大貫橋	-	34.5	29.4	8.4	7.2	18	3.5	3.5	3.9	3.3	0.62	0.40	0.02	<0.01	<0.01	0.091	0.048	0.019	35	16.70	5.59	6.89

表8 酒沼の現地調査及び水質分析結果(9月)

平成25年9月10日 天気 晴れ 気温 24.8℃(水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CI (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
酒沼 1	0.95	2.2	26.0	8.0	6.8	8	5.9	4.0	3.3	2.8	1.39	1.21	0.18	0.69	0.01	0.088	0.047	0.011	29	6.45	2.39	9.15
酒沼 2	0.95	2.6	26.0	8.0	6.9	7	5.8	4.2	3.6	3.0	1.23	1.06	0.21	0.47	0.01	0.080	0.042	0.003	3	9.24	3.22	8.44
酒沼 3	1.00	2.8	25.5	8.1	7.7	8	5.6	3.9	3.2	2.8	1.43	1.27	0.14	0.78	0.02	0.074	0.056	0.007	3	7.07	2.31	9.28
酒沼 4	0.90	3.3	26.5	7.9	4.9	12	5.6	4.3	3.4	3.2	1.26	1.14	0.39	0.34	0.01	0.080	0.055	0.034	3	10.05	3.51	8.15
酒沼 5	0.95	2.5	26.0	7.9	6.2	12	6.5	4.5	3.7	3.1	1.22	0.96	0.28	0.30	0.01	0.094	0.045	0.013	2	10.84	3.56	8.14
酒沼 6	0.95	3.0	25.5	8.1	7.5	10	5.6	3.7	3.5	2.9	1.38	1.12	0.07	0.70	0.02	0.082	0.033	0.003	12	7.34	2.26	9.59
酒沼 7	0.95	2.7	26.0	8.0	4.5	15	5.6	4.1	3.6	3.2	1.21	1.06	0.38	0.28	0.01	0.082	0.049	0.030	1	10.54	3.51	8.25
酒沼 8	0.95	3.4	26.0	7.6	3.7	10	4.8	4.0	3.2	3.0	1.28	1.24	0.54	0.32	0.02	0.092	0.081	0.066	2	11.74	3.94	8.14
酒沼 9	0.95	3.4	26.0	7.5	2.8	19	4.9	3.8	3.1	3.0	1.30	1.25	0.48	0.38	0.02	0.098	0.087	0.083	1	12.07	4.02	8.59

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (℃)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (μg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CI (g L ⁻¹)	SRSi (mg L ⁻¹)
10:42	-	50.0	24.0	7.8	6.4	16	1.7	1.3	1.5	1.4	1.07	1.00	0.13	0.67	0.01	0.076	0.065	0.065	1	21.20	7.69	6.52
10:30	-	50.0	26.0	7.7	4.6	9	3.3	2.7	2.5	2.4	1.28	1.24	0.33	0.60	0.02	0.086	0.077	0.077	1	12.11	4.02	8.34

表 9 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (10 月)

平成25年10月29日 天気 曇り 気温 13.9 °C (水戸10時, 気象庁データ)

採水時刻	透明度 (m)	水深 (m)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CT (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	1.05	2.1	15.5	7.1	9.0	5	2.7	2.4	1.6	1.3	2.45	2.27	0.07	2.08	0.01	0.053	0.031	0.021	11.10	0.32	0.07	10.29
酒沼 1 下層			16.0	7.0	8.1	12	4.3	3.0	2.2	1.6	2.26	2.12	0.12	1.83	0.01	0.067	0.025	0.019	8.40	0.48	0.22	9.49
酒沼 2 上層	0.85	2.4	16.5	7.1	8.4	12	4.7	3.4	2.5	1.9	2.16	1.95	0.07	1.70	0.02	0.058	0.019	0.010	12.87	1.20	0.32	8.46
酒沼 2 下層			16.5	7.1	8.3	15	5.3	3.4	2.4	1.8	2.15	1.99	0.10	1.72	0.02	0.060	0.017	0.012	7.09	1.23	0.34	8.59
酒沼 3 上層	0.90	2.5	16.0	7.1	8.6	10	4.3	3.4	2.5	1.8	2.22	2.05	0.09	1.78	0.01	0.060	0.023	0.015	11.10	0.83	0.22	8.75
酒沼 3 下層			16.0	7.1	8.2	9	4.7	3.4	2.4	1.8	2.20	2.04	0.09	1.78	0.01	0.060	0.021	0.016	4.47	0.83	0.22	8.76
酒沼 4 上層	0.90	3.0	16.0	6.8	8.7	8	4.5	3.4	2.6	1.9	2.16	1.97	0.08	1.69	0.02	0.057	0.019	0.011	15.95	1.21	0.35	8.40
酒沼 4 下層			16.5	6.9	7.7	18	5.7	3.7	2.8	2.0	2.15	1.93	0.10	1.66	0.02	0.065	0.016	0.011	11.10	1.33	0.37	8.34
酒沼 5 上層	0.80	2.3	16.0	7.2	8.1	13	4.8	3.6	2.6	1.9	2.17	1.96	0.06	1.69	0.02	0.060	0.019	0.011	19.03	1.08	0.29	8.34
酒沼 5 下層			16.5	7.2	8.6	12	5.0	3.6	2.5	1.9	2.13	1.99	0.09	1.72	0.02	0.055	0.020	0.016	8.40	0.98	0.27	8.53
酒沼 6 上層	0.75	2.7	16.5	7.0	8.3	11	4.4	3.5	2.6	2.0	2.16	2.00	0.11	1.70	0.02	0.058	0.021	0.014	10.55	1.20	0.32	8.30
酒沼 6 下層			16.5	7.0	7.9	20	5.3	3.6	2.5	2.0	2.17	1.99	0.14	1.66	0.02	0.068	0.018	0.014	8.39	1.24	0.36	8.38
酒沼 7 上層	0.80	2.4	15.5	6.4	9.3	8	4.2	3.4	2.5	2.0	2.18	2.02	0.06	1.76	0.02	0.052	0.019	0.012	13.33	1.09	0.29	8.25
酒沼 7 下層			15.5	6.6	8.9	10	4.7	3.6	2.7	1.9	2.20	2.02	0.07	1.76	0.02	0.057	0.017	0.013	12.79	1.06	0.30	8.46
酒沼 8 上層	0.65	3.2	16.0	7.3	8.4	23	5.0	3.5	2.5	1.9	2.17	2.00	0.09	1.72	0.02	0.064	0.021	0.015	8.86	1.07	0.30	8.56
酒沼 8 下層			16.5	7.3	7.7	49	6.8	3.5	2.7	1.9	2.31	2.06	0.11	1.74	0.02	0.108	0.021	0.018	10.63	1.05	0.29	8.80

採水時刻	流量 (m)	透明度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chl.a (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CT (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	45.0	17.0	7.3	8.4	135	4.6	3.5	2.5	2.0	2.30	2.19	0.14	1.81	0.02	0.080	0.041	0.035	5.78	1.50	0.29	8.57
大貫橋	-	30.0	16.5	7.3	7.5	24	5.2	3.6	2.4	2.0	2.26	2.12	0.12	1.80	0.02	0.075	0.028	0.023	6.71	1.00	0.29	8.70

表 10 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (11月)

平成25年11月22日 天気 晴れ 気温 12.1℃ (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 ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	1.15	2.2	10.5	8.2	10.4	6	3.3	2.3	2.2	1.4	2.18	2.00	0.01	1.84	0.03	0.044	0.008	0.001	22.95	6.70	2.24	9.84
酒沼 1 下層			13.5	7.7	5.2	10	3.4	2.5	2.2	1.6	1.75	1.56	0.18	1.13	0.04	0.052	0.009	0.002	24.26	16.60	5.87	7.90
酒沼 2 上層	1.20	2.6	11.5	8.2	11.3	6	3.5	2.6	2.2	1.5	2.17	1.98	<0.01	1.79	0.03	0.033	0.006	0.003	21.65	7.10	2.13	9.26
酒沼 2 下層			13.5	7.8	3.9	20	3.8	2.3	2.4	1.5	1.69	1.49	0.24	1.01	0.05	0.054	0.008	0.002	21.64	19.30	6.87	7.18
酒沼 3 上層	1.15	2.8	11.0	8.4	12.0	7	3.8	2.3	2.1	1.6	2.14	1.96	<0.01	1.74	0.03	0.029	0.006	0.001	15.10	7.20	2.10	9.43
酒沼 3 下層			13.5	7.4	3.8	14	3.4	2.3	2.2	1.5	1.65	1.46	0.27	0.99	0.04	0.048	0.008	0.002	16.33	19.30	6.97	7.45
酒沼 4 上層	1.10	3.2	10.5	8.3	12.1	6	3.6	2.4	2.3	1.6	2.13	1.97	<0.01	1.75	0.03	0.027	0.006	0.001	20.34	6.60	2.05	9.35
酒沼 4 下層			14.0	7.9	5.9	12	2.8	2.2	2.1	1.4	1.47	1.35	0.10	1.05	0.03	0.035	0.007	0.003	15.95	21.20	7.92	7.18
酒沼 5 上層	1.15	2.5	11.5	8.3	12.3	6	3.0	2.5	2.5	1.5	2.11	2.00	<0.01	1.78	0.03	0.029	0.006	0.001	14.10	6.80	2.18	9.64
酒沼 5 下層			13.0	8.1	9.7	11	3.2	2.5	2.2	1.6	1.90	1.75	0.03	1.47	0.03	0.033	0.007	0.002	23.42	10.70	3.54	8.77
酒沼 6 上層	1.30	2.7	11.5	8.4	12.2	6	3.7	2.5	2.0	1.6	2.28	2.12	<0.01	1.87	0.03	0.030	0.006	0.001	18.57	7.00	2.03	9.74
酒沼 6 下層			13.5	7.9	5.3	28	4.6	2.3	2.1	1.6	1.75	1.52	0.20	1.09	0.04	0.067	0.008	0.003	20.34	16.90	6.37	7.77
酒沼 7 上層	1.10	2.5	11.0	7.6	11.3	6	4.0	2.3	2.0	1.6	2.10	1.94	<0.01	1.74	0.03	0.025	0.006	0.002	15.02	6.50	2.22	8.90
酒沼 7 下層			12.0	7.9	10.9	12	4.0	2.3	1.9	1.6	1.97	1.83	0.02	1.63	0.03	0.036	0.007	0.002	21.65	9.40	3.21	8.65
酒沼 8 上層	1.15	3.2	12.0	8.3	11.4	10	3.6	2.6	1.9	1.6	2.07	1.94	0.02	1.72	0.03	0.031	0.006	0.001	11.56	8.70	2.75	8.95
酒沼 8 下層			12.5	8.2	9.5	20	4.1	2.4	1.8	1.5	1.91	1.78	0.05	1.50	0.03	0.045	0.006	0.002	15.02	12.40	4.45	7.85

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
酒沼橋	-	50以上	14.5	7.9	8.6	9	2.0	1.2	1.0	0.9	1.21	1.16	0.15	0.91	0.02	0.036	0.021	0.019	2.24	24.60	9.35	6.32
大貫橋	-	50以上	13.0	8.2	10.1	9	3.1	2.2	1.7	1.4	1.82	1.70	0.04	1.47	0.02	0.026	0.007	0.003	8.86	13.80	4.75	8.04

表 11 潤沼の現地調査及び水質分析結果 (1月)

平成26年1月24日 天気 晴れ 気温 5.6 °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 ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CT (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
潤沼	1.70	2.1	7.0	8.0	11.4	8	3.8	2.7	1.9	1.5	1.97	1.73	<0.01	1.06	0.03	0.047	0.009	0.002	9.92	19.73	7.24	7.34
潤沼			9.0	8.1	13.1	12	4.5	2.7	2.1	1.5	1.19	0.90	0.03	0.47	0.04	0.052	0.009	0.001	19.36	28.10	10.08	3.39
潤沼	1.70	2.4	6.5	8.3	11.0	8	3.8	2.6	2.0	1.5	1.89	1.72	<0.01	1.03	0.03	0.034	0.009	0.001	10.69	20.30	7.20	7.42
潤沼			8.5	8.2	10.9	10	4.1	2.6	1.9	1.3	1.26	1.01	0.03	0.54	0.03	0.042	0.007	0.001	15.72	29.10	10.59	4.24
潤沼	1.50	2.5	5.5	8.0	11.2	8	4.1	2.8	1.8	1.4	2.16	1.94	0.01	1.21	0.03	0.051	0.008	0.001	12.37	15.40	6.35	8.11
潤沼	1.60	3.0	5.0	7.3	11.1	7	3.8	2.5	1.9	1.4	1.92	1.75	<0.01	1.07	0.03	0.032	0.007	0.001	12.78	20.60	7.08	7.29
潤沼			7.5	7.5	9.8	12	3.9	3.2	1.8	1.3	0.96	0.71	0.02	0.33	0.03	0.044	0.009	<0.001	22.93	31.90	12.14	2.89
潤沼	1.60	2.3	6.0	8.2	11.8	8	4.1	2.8	1.9	1.5	1.91	1.69	<0.01	1.04	0.03	0.036	0.007	0.001	17.27	21.60	7.28	7.53
潤沼			7.0	8.1	10.9	11	4.3	2.7	2.2	1.5	1.68	1.43	0.01	0.86	0.03	0.045	0.007	0.001	12.26	23.60	8.58	5.93
潤沼	1.60	2.8	4.5	7.8	11.6	9	3.8	2.6	2.1	1.4	2.07	1.86	<0.01	1.18	0.03	0.042	0.008	0.001	16.88	18.63	6.35	8.10
潤沼			9.0	7.7	8.4	15	4.0	3.8	2.0	1.3	1.01	0.77	0.03	0.38	0.04	0.051	0.010	0.001	24.61	30.90	12.01	2.99
潤沼	1.70	2.4	5.5	6.4	11.5	9	3.6	2.5	1.8	1.4	1.92	1.72	<0.01	1.08	0.03	0.033	0.007	0.001	12.44	22.00	7.34	7.42
潤沼			7.0	6.8	11.4	12	3.7	2.4	1.9	1.4	1.63	1.41	0.02	0.84	0.03	0.041	0.008	0.001	11.82	25.40	9.00	5.79
潤沼	1.80	3.1	6.5	8.1	9.9	11	3.5	2.4	1.8	1.4	1.80	1.64	0.05	0.99	0.03	0.038	0.009	0.002	8.99	23.70	8.29	6.59
潤沼			7.0	8.1	10.0	12	3.6	2.5	2.2	1.4	1.66	1.49	0.03	0.89	0.03	0.042	0.008	0.001	11.78	24.60	8.78	6.12

採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	CT (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
潤沼橋	-	50以上	10.0	7.9	7.2	15	2.6	1.6	1.0	0.9	1.08	1.00	0.21	0.43	0.01	0.046	0.031	0.026	2.39	36.60	13.87	4.47
大貫橋	-	50以上	10.0	7.9	7.4	16	4.4	1.9	1.0	0.9	0.95	0.92	0.17	0.41	0.01	0.038	0.023	0.019	3.25	38.60	14.45	3.64

表 12 酒沼の現地調査及び水質分析結果 (3月)

		平成26年3月7日	天気	晴れ	気温 5.6 °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 ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
酒沼 1 上層	9:43	1.10	2.2	7.0	8.3	12.5	5	4.4	2.9	1.9	1.6	2.29	2.09	0.02	1.95	0.01	0.036	0.011	0.003	12.04	8.49	2.76	7.20
酒沼 1 下層				8.0	8.2	11.2	12	6.0	3.3	2.3	1.7	2.16	1.77	0.01	1.62	0.02	0.068	0.015	<0.001	23.31	12.30	4.17	5.93
酒沼 2 上層	9:52	1.10	2.7	7.0	8.4	12.9	4	4.4	3.0	2.0	1.5	2.30	2.08	<0.01	1.94	0.02	0.034	0.010	0.001	12.47	8.66	2.71	7.01
酒沼 2 下層				8.0	8.3	9.4	17	6.5	3.4	2.4	1.7	2.03	1.69	0.02	1.51	0.02	0.060	0.013	0.004	23.18	13.51	4.77	5.51
酒沼 3 上層	9:31	0.85	2.7	7.0	8.4	12.8	9	5.9	3.5	2.2	1.7	2.50	2.14	0.01	2.01	0.01	0.063	0.011	0.003	24.62	7.41	2.61	7.10
酒沼 3 下層				8.0	8.1	9.5	10	4.9	3.0	2.5	1.7	2.12	1.78	0.03	1.56	0.02	0.055	0.011	0.002	19.94	12.34	4.39	5.80
酒沼 4 上層	9:06	1.10	3.2	6.5	8.0	12.9	5	4.2	2.8	1.9	1.6	2.33	2.10	<0.01	1.97	0.02	0.039	0.008	0.001	17.90	7.89	2.75	7.12
酒沼 4 下層				8.5	7.8	8.7	9	5.7	3.2	2.4	1.7	1.92	1.62	0.04	1.39	0.02	0.054	0.010	0.002	29.48	14.94	5.26	4.64
酒沼 5 上層	10:15	1.10	2.4	8.0	8.5	13.2	6	4.6	3.1	1.9	1.5	2.32	2.07	<0.01	1.94	0.02	0.035	0.007	0.003	21.17	8.20	2.65	7.42
酒沼 5 下層				7.0	8.5	13.1	7	4.9	3.0	2.0	1.6	2.32	2.07	<0.01	1.93	0.02	0.037	0.006	0.002	26.12	8.00	2.58	7.52
酒沼 6 上層	9:20	0.85	2.5	7.0	8.2	12.6	10	5.6	2.9	2.3	1.7	2.45	2.10	0.01	1.93	0.02	0.062	0.008	0.002	37.08	7.91	2.51	7.01
酒沼 6 下層				7.5	8.2	11.7	10	5.8	3.1	2.4	1.7	2.53	2.08	0.01	1.93	0.02	0.077	0.009	0.008	46.93	7.59	2.53	7.18
酒沼 7 上層	8:40	0.85	2.6	7.5	7.4	11.5	7	4.3	3.0	2.1	1.5	2.36	2.17	<0.01	2.01	0.02	0.041	0.005	0.004	18.31	7.10	2.33	7.11
酒沼 7 下層				7.0	7.5	13.1	11	4.6	2.9	2.0	1.6	2.30	2.08	<0.01	1.91	0.02	0.039	0.005	0.002	18.28	7.33	2.61	7.06
酒沼 8 上層	10:30	0.90	2.9	8.5	8.4	12.3	8	4.2	3.0	2.1	1.6	2.31	2.09	<0.01	1.91	0.01	0.041	0.007	<0.001	19.99	9.34	3.19	7.43
酒沼 8 下層				8.0	8.4	12.9	8	4.3	2.8	2.1	1.6	2.33	2.09	<0.01	1.90	0.01	0.048	0.007	0.001	26.99	9.53	3.21	6.40

	採水時刻	流量 (m)	透視度 (cm)	水温 (°C)	pH (-)	DO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	d-COD (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)	DOC (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	DTN (mg L ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	DTP (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	EC (mS/cm)	Cl ⁻ (g L ⁻¹)	SRSI (mg L ⁻¹)
酒沼橋	11:00	-	500	8.0	8.0	10.4	12	3.8	2.6	2.0	1.5	1.59	1.46	0.16	1.16	0.01	0.065	0.029	0.022	4.54	15.70	5.89	6.49
大貫橋	10:50	-	500	8.0	8.3	11.3	7	3.8	2.8	2.1	1.7	2.26	2.07	0.06	1.86	0.02	0.045	0.008	<0.001	13.75	8.76	2.66	7.65

1-16 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^2 、平均水深 1 m の浅い湖沼¹⁾ であり、3つの枝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、稻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、汚濁機構解明の基礎資料を得ることを目的とした。

2 調査方法

(1) 水質調査

- ・ 調査期間及び頻度：平成25年4月～平成26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)
- ・ 調査項目及び分析方法：CODは過マンガン酸カリウム法、全窒素(TN)及び全りん(TP)はオートアナライザー(BRAN+LUEBBE, AACS-II)、クロロフィルaは3波長法

(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

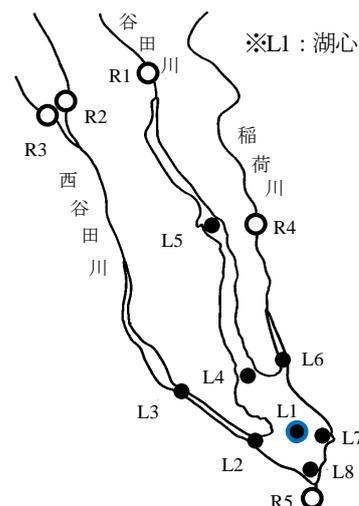


図1 牛久沼調査地点図

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23-25年度、動物プランクトン調査結果は平成14-25年度の出現状況を報告する。

(1) 水質の経年変化(図2)

- ① COD：湖内上層は 7.3 mg/L で平成20年度並みに低下した。流入河川は 4.2 mg/L であり平成14年度以降で最も低下した。
- ② 全窒素：湖内上層は 1.6 mg/L で平成23年度以降は変化が少なく横ばいで推移した。流入河川は 2.5 mg/L で平成15年度以降、濃度が低下する傾向がみられていたが、増加した。
- ③ 全りん：湖内上層は 0.059 mg/L で平成14年度以降で最も低下した。流入河川は 0.060 mg/L で平成14年度以降で最も低下した。
- ④ クロロフィルa：湖内上層は $53 \text{ } \mu\text{g/L}$ 、流入河川は $8.7 \text{ } \mu\text{g/L}$ であり、共に平成19年度以降で最も高くなった。

(2) 平成25年度の水質(図3)

過去5年平均値(平成21-25年度)と比較した。

- ① COD：増減傾向は例年どおりだが、平年並み～低めの月が多かった。
- ② 全窒素：増減傾向は例年どおりだが、4月～10月の7ヶ月間は低めで推移した。
- ③ 全りん：増減傾向は例年とは異なり4月～9月の6ヶ月間は大幅に低めで推移した。10月は高くなったが、以降は例年並みに推移した。

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 月に急激に濃度が低下して、以降は例年並みに推移した。

(3) プランクトン (図 4)

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、特に晩春から晩夏まではアウラコセイラ属が極めて大きな割合を占めた。

② 動物プランクトン (個体数密度) : 平成 25 年度の優占種はワムシ類であった。平成 24 年度に比べて、個体数密度は大きく減少した。また、霞ヶ浦でしばしば透明度の急上昇を引き起こすミジンコ (*Daphnia sp.*) はほとんど出現しなかった。

(4) 気象²⁾ (図 5)

気象のデータは、牛久沼近傍のつくば (館野) のアメダスデータを用いた。また、平年値として過去 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夏季に高めであった。

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 10 月は著しく多くなった。これは台風の影響によるものである。

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/etm/>

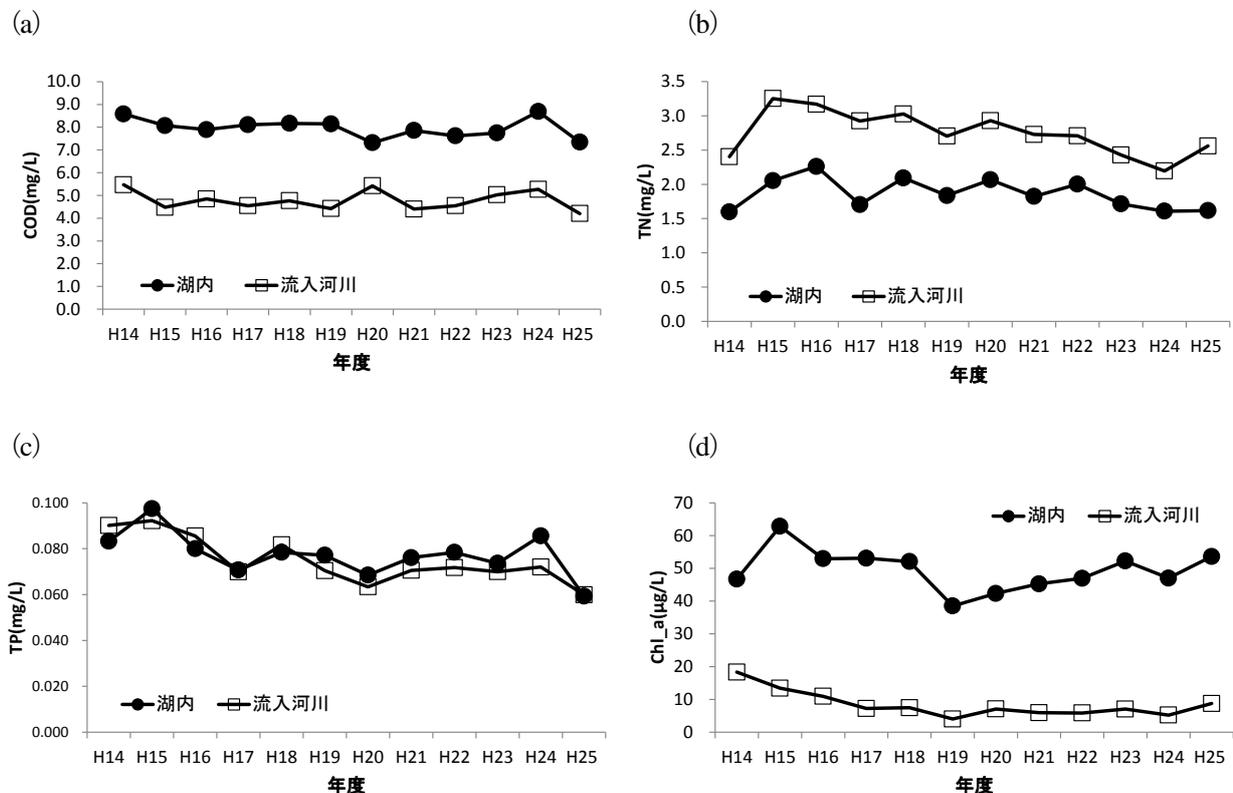


図 2 湖内上層及び流入河川 (全地点平均) における水質の経年変化 (年度)

(a) COD, (b) 全窒素, (c) 全りん, (d) Chl.a

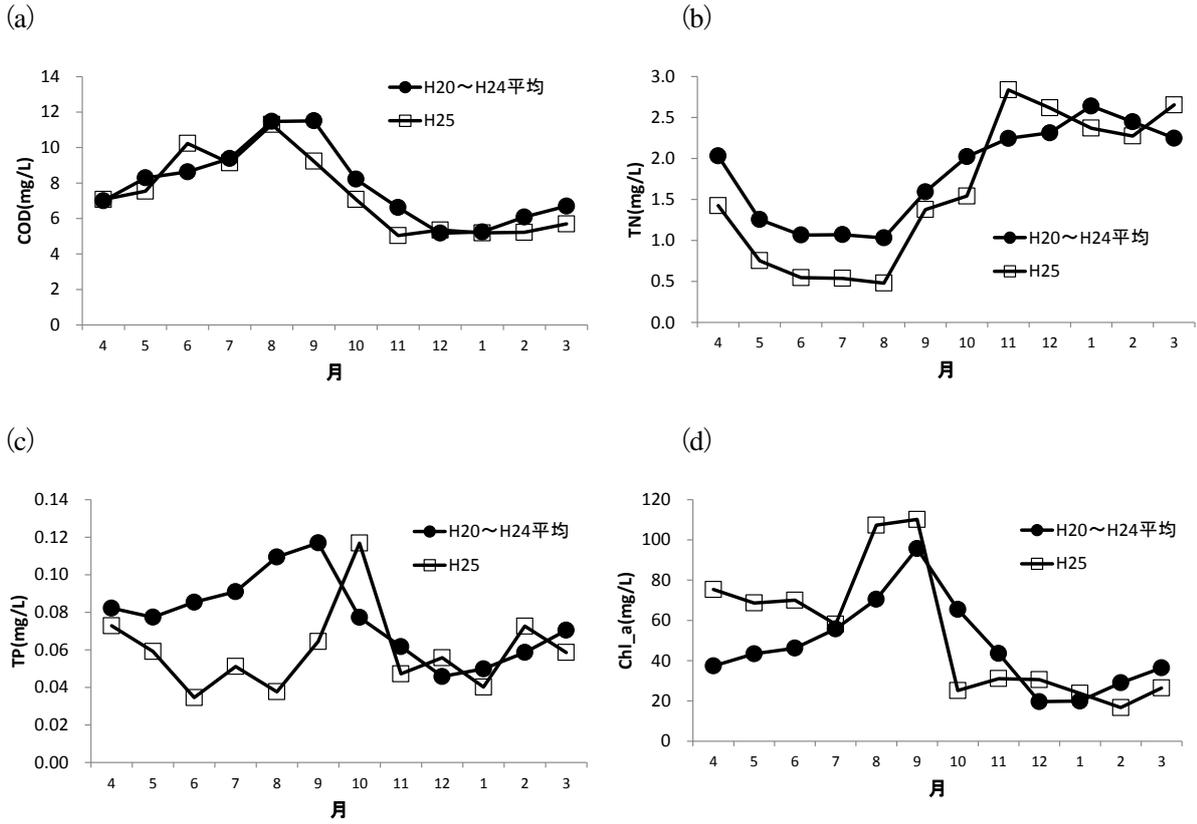


図3 湖内上層（全地点平均）における水質の経月変化
(a) COD, (b) 全窒素, (c) 全りん, (d) Chl.a

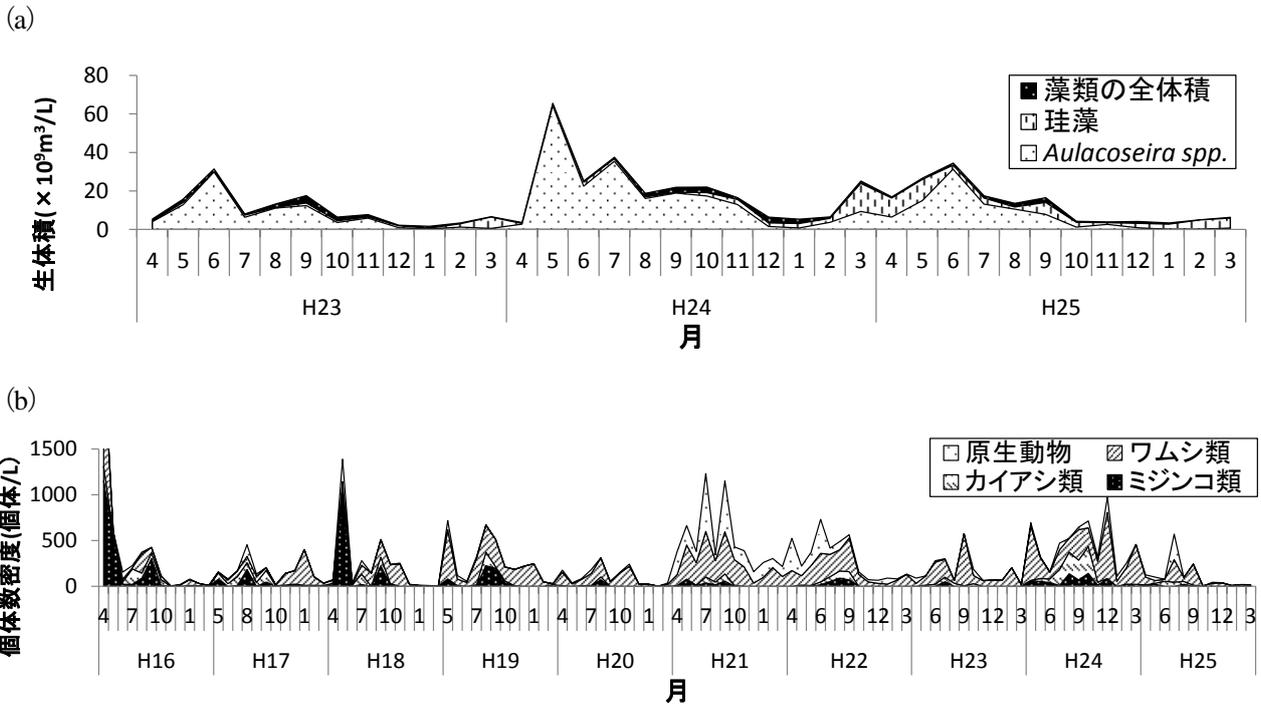


図4 湖心上層におけるプランクトンの5年間の変化
(a) 植物プランクトンの生体積, (b) 動物プランクトンの個体数

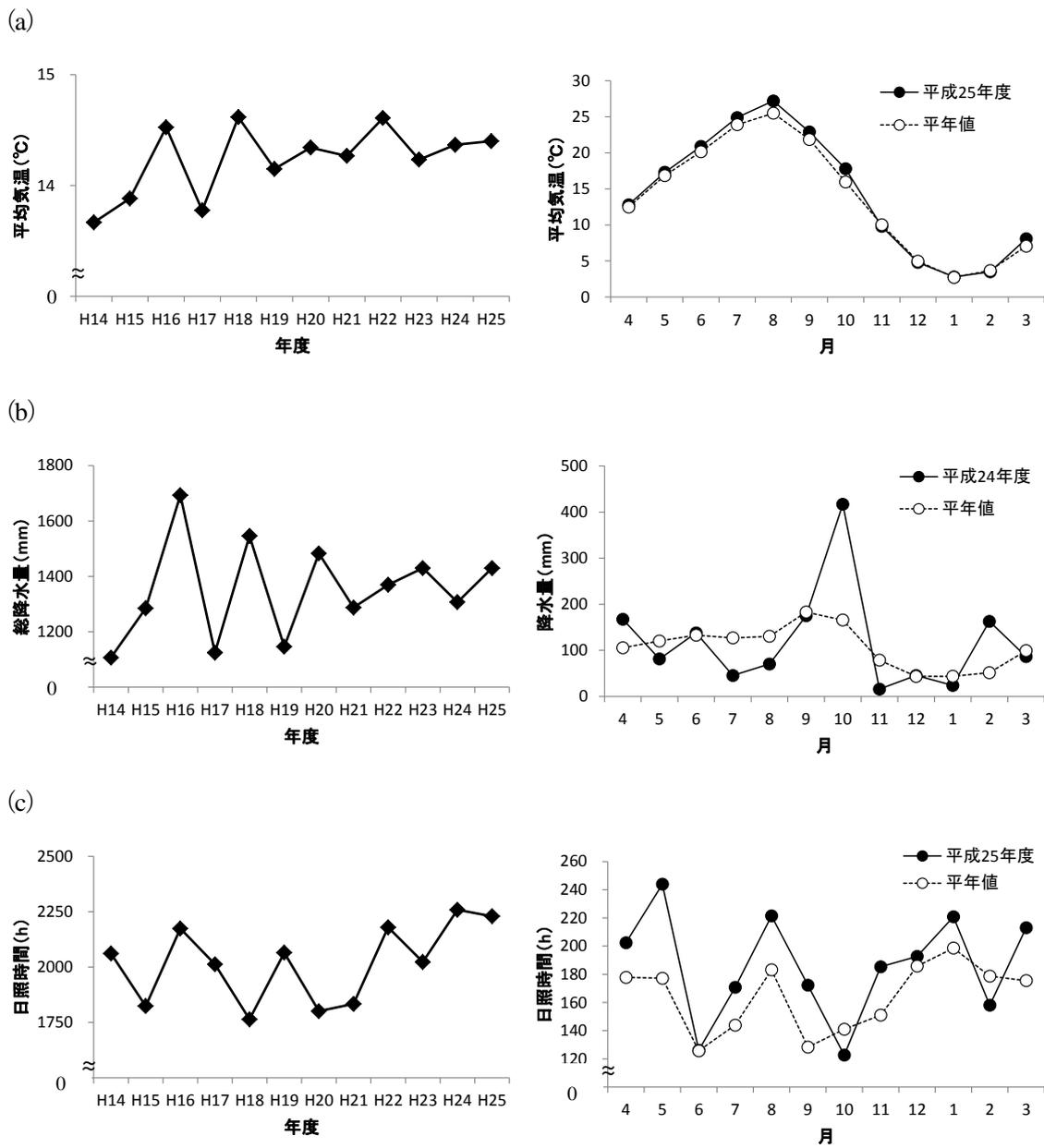


図5 つくば市（館野）における気象の状況
 (a) 平均気温, (b) 総降水量, (c) 総日照時間 左図：経年変化, 右図：経月変化

表1 牛久沼の現地測定及び水質分析結果 (4月, 5月)

平成25年4月20日										気温 8.6℃(つくば市館野 10:00. 気象庁データ)										気温 20.7℃(つくば市館野 10:00. 気象庁データ)									
種類	地点名	採水層	時間	天気 曇り		水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-Si (mg/L)					
				水深 (m)	透明度 (m)																								
湖沼	L1	上層	9:04	2.2	0.50	15.0	7.98	21.1	9.5	9.6	28	7.9	4.5	0.96	0.51	0.04	0.01	0.22	0.063	0.012	0.000	71	0.0						
湖沼	L1	下層				15.0	8.12	20.9	9.6	9.1	28	9.1	3.4	1.05	0.50	0.03	0.01	0.22	0.070	0.011	0.000	72	0.0						
湖沼	L2	上層	9:13	2.3	0.55	15.0	8.15	22.1	8.6	19	6.3	4.3	1.88	1.47	0.03	0.02	1.16	0.067	0.013	0.000	55	5.1							
湖沼	L2	下層				15.7	8.03	22.0	8.9	7.4	2.8	2.8	1.92	1.45	0.04	0.02	1.16	0.072	0.013	0.000	57	5.1							
湖沼	L3	上層	9:25	2.5	0.50	15.0	7.84	23.5	8.8	23	6.6	4.0	2.21	1.75	0.05	0.02	1.42	0.091	0.016	0.000	60	7.0							
湖沼	L3	下層				15.7	7.85	15.8	8.6	32	8.3	2.9	2.28	1.71	0.04	0.02	1.41	0.099	0.014	0.000	60	7.1							
湖沼	L4	上層	9:40	1.7	0.60	15.0	8.30	20.3	9.9	22	7.5	4.6	1.06	0.54	0.04	0.02	0.24	0.069	0.013	0.000	87	0.1							
湖沼	L4	下層				15.0	8.50	20.4	9.9	22	8.8	3.6	1.04	0.54	0.04	0.02	0.24	0.066	0.012	0.000	87	0.1							
湖沼	L5	上層	9:57	2.5	0.65	15.0	8.30	12.3	9.3	17	5.8	3.5	1.99	1.59	0.04	0.03	1.27	0.073	0.016	0.000	64	7.3							
湖沼	L5	下層				16.0	8.27	22.9	9.0	22	6.6	2.5	1.98	1.56	0.04	0.03	1.29	0.075	0.013	0.000	58	7.4							
湖沼	L6	上層	10:14	2.4	0.70	15.1	8.42	22.5	10.2	26	7.1	4.2	1.31	0.68	0.03	0.02	0.40	0.092	0.014	0.000	113	0.9							
湖沼	L6	下層				16.0	8.54	23.0	9.8	33	8.9	3.2	1.32	0.74	0.04	0.02	0.46	0.102	0.012	0.000	113	1.3							
湖沼	L7	上層	8:55	1.4	0.65	15.0	6.62	23.4	10.1	22	7.6	4.7	0.99	0.49	0.01	0.20	0.065	0.011	0.000	76	0.0								
湖沼	L7	下層				15.0	7.43	21.1	9.9	23	8.8	4.5	1.01	0.48	0.04	0.01	0.21	0.066	0.011	0.000	77	0.0							
湖沼	L8	上層	10:28	2.5	0.65	15.0	8.67	10.6	9.9	22	7.8	3.5	1.00	0.53	0.04	0.01	0.24	0.063	0.012	0.000	77	0.0							
湖沼	L8	下層				15.5	8.77	21.1	9.3	33	7.9	4.5	1.10	0.53	0.04	0.01	0.25	0.075	0.012	0.000	80	0.0							
種類	地点名	採水層	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-SiOx (mg/L)						
流入河川	R1		13:20	1.3	2.5	10.5<	13.9	7.65	28.3	-	11	2.5	2.5	2.28	2.10	0.13	0.04	1.80	0.072	0.026	0.007	7	13.1						
流入河川	R2		12:50	0.5	0.2	0.5<	13.6	7.70	25.2	10.3	17	5.6	2.2	2.66	2.44	0.11	0.04	2.07	0.089	0.032	0.013	16	8.1						
流入河川	R3		12:59	0.2	1.7	0.43	12.5	7.75	29.4	9.4	18	4.1	1.7	2.49	2.24	0.12	0.04	1.93	0.073	0.017	0.003	24	11.2						
流入河川	R4		12:20	0.1	1.6	0.5<	12.5	8.10	28.4	8.9	3	2.9	2.7	2.14	2.08	0.06	0.02	1.85	0.028	0.015	0.004	4	10.3						
流出河川	R5		11:00	0.7	2.6	0.38	16.1	9.06	24.3	12.4	16	7.1	3.5	1.29	0.76	0.07	0.03	0.40	0.080	0.018	0.000	94	0.2						

平成25年5月18日										天気 晴れ										気温 20.7℃(つくば市館野 10:00. 気象庁データ)									
種類	地点名	採水層	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-Si (mg/L)						
																								水深 (m)	透明度 (m)				
湖沼	L1	上層	8:55	2.1	0.55	21.5	8.02	23.9	8.6	19	7.3	4.7	0.55	0.29	0.03	0.01	0.02	0.02	0.045	0.013	0.001	52	1.1						
湖沼	L1	下層				21.5	8.34	23.7	7.9	20	8.6	4.5	0.65	0.29	0.03	0.01	0.03	0.06	0.057	0.011	0.001	62	0.9						
湖沼	L2	上層	9:08	1.8	0.50	22.0	8.57	25.1	9.1	24	7.8	5.3	0.63	0.34	0.03	0.01	0.06	0.054	0.013	0.002	67	2.7							
湖沼	L2	下層				21.5	8.46	24.4	7.5	21	8.2	4.5	0.60	0.29	0.02	0.01	0.03	0.061	0.011	0.000	54	1.2							
湖沼	L3	上層	9:18	2.8	0.55	22.5	8.33	0.0	8.5	18	8.3	5.0	0.74	0.37	0.04	0.03	0.24	0.073	0.015	0.006	78	5.7							
湖沼	L3	下層				22.0	8.14	0.0	6.2	16	8.4	4.8	0.81	0.45	0.18	0.03	0.67	0.083	0.012	0.003	62	5.9							
湖沼	L4	上層	9:31	1.8	0.60	22.0	8.29	24.6	9.0	19	8.1	5.0	0.58	0.32	0.03	0.01	0.01	0.049	0.013	0.000	64	1.9							
湖沼	L4	下層				21.5	8.49	24.4	6.8	24	8.4	4.8	0.75	0.34	0.03	0.00	0.00	0.074	0.011	0.000	61	1.9							
湖沼	L5	上層	9:45	2.6	0.60	22.5	8.52	25.4	10.6	32	8.1	4.6	1.06	0.58	0.03	0.01	0.01	0.084	0.022	0.000	105	8.1							
湖沼	L5	下層				22.0	8.41	25.3	8.0	26	6.5	4.2	0.98	0.69	0.04	0.01	0.00	0.060	0.012	0.000	47	8.5							
湖沼	L6	上層	10:02	2.5	0.65	22.5	7.75	24.2	7.9	37	6.1	4.3	1.44	1.10	0.13	0.01	0.07	0.064	0.016	0.001	48	6.9							
湖沼	L6	下層				22.0	7.89	24.7	5.6	36	5.1	4.1	1.55	1.31	0.06	0.01	0.03	0.070	0.013	0.000	22	8.1							
湖沼	L7	上層	8:45	1.4	0.60	22.0	7.00	24.5	9.6	20	6.1	4.8	0.71	0.31	0.08	0.03	0.36	0.054	0.012	0.001	58	1.4							
湖沼	L7	下層				21.5	7.45	23.5	8.7	25	7.0	5.0	0.58	0.29	0.36	0.03	0.72	0.053	0.011	0.003	59	1.4							
湖沼	L8	上層	10:18	2.7	0.60	21.0	8.38	24.2	9.5	22	8.5	4.8	0.62	0.27	0.03	0.01	0.01	0.051	0.011	0.000	77	0.3							
湖沼	L8	下層				21.0	8.56	24.0	7.3	28	7.5	4.9	0.62	0.27	0.03	0.00	0.00	0.056	0.009	0.000	74	0.3							
種類	地点名	採水層	時間	流量 (m3/s)	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-SiOx (mg/L)						
流入河川	R1		12:46	0.7	2.4	0.40	21.7	7.54	28.0	7.8	16	5.4	4.7	1.39	1.20	0.10	0.03	0.83	0.073	0.027	0.017	6	10.4						
流入河川	R2		12:13	0.6	1.1	0.22	22.0	7.88	25.7	7.9	35	7.9	5.6	1.41	1.20	0.12	0.03	0.75	0.092	0.031	0.020	8	7.5						
流入河川	R3		12:27	0.4	1.8	0.50<	23.0	7.64	26.5	8.3	11	5.4	4.9	1.16	1.04	0.10	0.02	0.69	0.045	0.019	0.009	4	8.5						
流入河川	R4		11:54	0.5	1.6	0.50<	21.5	8.11	24.5	8.7	10	5.4	4.4	1.46	1.34	0.07	0.02	1.01	0.078	0.044	0.035	5	9.8						
流出河川	R5		10:48	1.9	2.6	0.33	22.6	8.93	23.6	11.3	18	7.5	4.7	1.30	0.98	0.03	0.04	0.63	0.067	0.016	0.002	74	2.4						

表2 牛久沼の現地測定及び水質分析結果 (6月, 7月)

平成25年6月15日		気温 26.2℃(つくば市館野 10:00, 気象庁予一タ)										気温 26.2℃(つくば市館野 10:00, 気象庁予一タ)											
種類	地点名	採水層	天気	曇りどき	晴れ	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	d-Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	8:26	2.0	0.50	24.0	7.23	25.4	7.8	30	9.9	5.4	0.37	0.28	0.03	0.00	0.00	0.025	0.016	0.02	59	1.7	
湖沼	L1	下層				24.0	7.28	25.2	6.8	40	10.2	4.9	0.37	0.28	0.02	0.00	0.00	0.026	0.011	0.001	65	1.9	
湖沼	L2	上層	8:36	2.0	0.55	24.5	7.35	25.8	8.1	28	11.1	7.0	0.50	0.36	0.03	0.00	0.00	0.036	0.016	0.02	72	2.6	
湖沼	L2	下層				24.5	7.26	25.9	6.2	30	10.8	5.9	0.46	0.36	0.04	0.00	0.00	0.031	0.013	0.002	72	3.3	
湖沼	L3	上層	8:46	2.6	0.55	24.5	7.46	26.3	8.9	24	10.8	6.6	0.50	0.37	0.03	0.00	0.00	0.032	0.016	0.02	84	4.9	
湖沼	L3	下層				24.0	7.38	26.4	8.1	26	10.5	6.2	0.54	0.37	0.03	0.00	0.00	0.040	0.013	0.001	85	5.1	
湖沼	L4	上層	9:02	1.5	0.55	24.5	7.60	26.2	8.4	32	11.3	5.7	0.43	0.31	0.03	0.00	0.00	0.030	0.013	0.001	73	2.7	
湖沼	L4	下層				24.0	7.55	26.3	7.0	32	10.4	5.5	0.43	0.31	0.03	0.00	0.00	0.029	0.012	0.001	76	3.6	
湖沼	L5	上層	9:17	2.4	0.60	25.0	7.57	28.6	8.3	20	10.2	5.5	0.69	0.55	0.05	0.02	0.13	0.038	0.017	0.002	80	7.2	
湖沼	L5	下層				24.5	7.47	28.9	5.1	29	8.9	5.8	0.79	0.69	0.14	0.02	0.19	0.033	0.015	0.003	53	8.0	
湖沼	L6	上層	9:34	2.6	0.60	25.0	7.61	26.3	8.2	14	8.3	4.9	1.04	0.85	0.11	0.02	0.40	0.055	0.021	0.005	68	8.0	
湖沼	L6	下層				24.0	7.53	25.9	5.8	18	7.0	5.2	1.03	0.94	0.23	0.02	0.39	0.040	0.018	0.006	29	8.3	
湖沼	L7	上層	8:18	1.3	0.45	24.5	6.89	27.4	7.6	31	9.9	4.6	0.40	0.28	0.02	0.00	0.00	0.027	0.011	0.001	70	1.8	
湖沼	L7	下層				23.5	7.04	25.6	6.7	30	8.8	5.1	0.38	0.28	0.02	0.00	0.00	0.025	0.010	0.001	66	1.9	
湖沼	L8	上層	9:50	2.5	0.55	25.5	8.01	25.6	9.1	29	10.5	4.9	0.45	0.30	0.03	0.00	0.00	0.034	0.013	0.001	54	1.2	
湖沼	L8	下層				24.5	8.01	25.6	7.1	36	10.7	5.1	0.38	0.29	0.02	0.00	0.00	0.023	0.010	0.001	66	1.8	
種類	地点名	流量	時間	水深	透明度	水温 (°C)	pH (-) <td>EC (mS/cm)</td> <td>DO (mg/L)</td> <td>SS (mg/L)</td> <td>COD (mg/L)</td> <td>d-COD (mg/L)</td> <td>TN (mg/L)</td> <td>d-TN (mg/L)</td> <td>NH4-N (mg/L)</td> <td>NO2-N (mg/L)</td> <td>NO3-N (mg/L)</td> <td>TP (mg/L)</td> <td>d-TP (mg/L)</td> <td>PO4-P (mg/L)</td> <td>Chl.a (µg/L)</td> <td>d-Si (mg/L)</td>	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	d-Si (mg/L)	
流入河川	R1		12:08	1.1	2.3	0.50<	26.0	7.58	28.9	9	5.9	4.3	1.11	1.06	0.09	0.02	0.65	0.041	0.026	0.015	12	11.4	
流入河川	R2		11:35	0.3	1.0	0.31	27.0	7.30	24.3	6.1	20	8.4	5.6	1.13	1.08	0.15	0.02	0.53	0.035	0.021	7	9.2	
流入河川	R3		11:48	0.1	1.7	0.50<	26.0	7.44	27.8	6.9	9	5.3	3.9	1.24	1.18	0.11	0.02	0.75	0.033	0.018	0.007	9	11.4
流入河川	R4		11:09	0.3	1.4	0.50<	24.5	7.96	24.0	7	5.1	4.5	1.00	0.96	0.06	0.02	0.62	0.046	0.035	0.026	4	11.1	
流出河川	R5		10:16	1.6	2.6	0.29	26.3	8.45	25.3	10.0	24	8.7	4.7	0.45	0.30	0.03	0.00	0.033	0.012	0.001	43	1.2	

平成25年7月13日		気温 29.7℃(つくば市館野 10:00, 気象庁予一タ)										気温 29.7℃(つくば市館野 10:00, 気象庁予一タ)										
種類	地点名	採水層	天気	晴れ	透明度	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	d-Si (mg/L)
湖沼	L1	上層	8:38	1.9	0.45	30.5	7.59	23.4	5.8	34	9.8	5.0	0.54	0.32	0.01	0.00	0.00	0.047	0.020	0.002	69	3.5
湖沼	L1	下層				30.5	7.57	22.6	4.7	51	10.6	5.3	0.54	0.32	0.01	0.00	0.00	0.053	0.016	0.002	66	3.8
湖沼	L2	上層	8:49	2.1	0.55	30.5	7.67	22.7	6.2	24	9.5	5.9	0.51	0.33	0.01	0.00	0.00	0.049	0.019	0.002	71	3.5
湖沼	L2	下層				30.5	7.69	22.6	4.9	29	9.6	5.2	0.48	0.34	0.01	0.00	0.00	0.042	0.015	0.001	51	3.6
湖沼	L3	上層	9:01	2.3	0.60	31.0	7.80	23.9	7.5	18	8.6	5.2	0.50	0.32	0.01	0.00	0.00	0.049	0.018	0.002	68	5.8
湖沼	L3	下層				31.0	7.70	23.6	5.3	36	10.0	5.1	0.49	0.33	0.01	0.00	0.00	0.046	0.017	0.002	62	6.1
湖沼	L4	上層	9:17	1.5	0.60	31.0	7.81	23.0	5.5	27	9.2	5.2	0.52	0.32	0.01	0.00	0.00	0.046	0.017	0.002	62	3.9
湖沼	L4	下層				31.0	7.78	22.7	5.0	34	9.8	5.1	0.50	0.33	0.01	0.00	0.00	0.043	0.016	0.001	56	3.9
湖沼	L5	上層	9:31	2.0	0.65	31.0	7.87	26.0	7.3	16	8.5	4.6	0.56	0.34	0.02	0.00	0.00	0.058	0.022	0.004	83	7.4
湖沼	L5	下層				31.0	7.77	26.9	5.1	21	7.3	4.5	0.58	0.42	0.10	0.01	0.02	0.045	0.019	0.006	62	8.6
湖沼	L6	上層	9:48	2.5	0.55	31.5	7.90	24.6	8.3	22	8.7	5.0	0.64	0.35	0.02	0.00	0.00	0.072	0.026	0.006	111	7.2
湖沼	L6	下層				31.0	7.72	24.5	5.5	38	8.9	5.0	0.64	0.44	0.11	0.00	0.00	0.063	0.028	0.007	77	8.5
湖沼	L7	上層	8:25	1.3	0.45	31.0	7.40	25.2	5.9	30	9.4	5.4	0.50	0.32	0.01	0.00	0.00	0.044	0.017	0.002	64	4.1
湖沼	L7	下層				31.0	7.42	22.7	5.3	30	9.2	4.9	0.49	0.32	0.01	0.00	0.00	0.042	0.015	0.004	59	4.2
湖沼	L8	上層	10:00	2.5	0.50	30.5	8.08	22.5	8.4	22	9.4	5.2	0.54	0.32	0.01	0.00	0.00	0.044	0.016	0.001	61	2.7
湖沼	L8	下層				30.0	7.98	22.5	4.7	36	9.9	5.1	0.51	0.39	0.02	0.00	0.00	0.043	0.017	0.002	62	2.9
種類	地点名	流量	時間	水深	透明度	水温 (°C)	pH (-) <td>EC (mS/cm)</td> <td>DO (mg/L)</td> <td>SS (mg/L)</td> <td>COD (mg/L)</td> <td>d-COD (mg/L)</td> <td>TN (mg/L)</td> <td>d-TN (mg/L)</td> <td>NH4-N (mg/L)</td> <td>NO2-N (mg/L)</td> <td>NO3-N (mg/L)</td> <td>TP (mg/L)</td> <td>d-TP (mg/L)</td> <td>PO4-P (mg/L)</td> <td>Chl.a (µg/L)</td> <td>d-Si (mg/L)</td>	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	d-Si (mg/L)
流入河川	R1		12:31	1.64	2.2	0.46	28.5	7.66	27.0	12	6.1	4.2	1.01	0.97	0.04	0.02	0.62	0.050	0.030	0.018	20	11.7
流入河川	R2		12:08	0.00	1.1	0.41	29.5	7.61	23.9	7.4	7.7	4.6	1.10	0.99	0.04	0.02	0.62	0.051	0.027	0.013	33	10.1
流入河川	R3		11:42	0.01	1.5	0.47	30.0	7.81	30.1	8.4	11	7.1	5.5	0.96	0.75	0.07	0.40	0.053	0.023	0.008	32	10.6
流入河川	R4		11:16	0.48	1.4	0.50<	29.0	8.06	25.9	7.8	4	4.3	4.1	0.82	0.79	0.02	0.54	0.043	0.032	0.023	8	11.6
流出河川	R5		10:30	2.11	2.7	0.45	32.0	8.91	26.6	11.6	7.8	4.5	0.60	0.34	0.01	0.00	0.02	0.051	0.019	0.003	62	5.8

表3 牛久沼の現地測定及び水質分析結果 (8月, 9月)

平成25年8月17日		天気 晴れ										気温 31.0℃(つくば市館野 10.00. 気象庁予予)											
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	8:20	1.9	0.35	30.0	7.81	23.3	5.9	46	12.6	5.8	5.8	0.52	0.32	0.03	0.00	0.00	0.037	0.012	0.003	102	3.7
湖沼	L1	下層				30.0	7.85	23.3	5.9	59	13.6	5.8	5.8	0.53	0.33	0.03	0.00	0.00	0.040	0.014	0.003	108	3.7
湖沼	L2	上層	8:27	2.9	0.40	30.0	7.91	23.8	5.9	32	11.3	5.8	5.8	0.46	0.33	0.03	0.00	0.00	0.034	0.017	0.002	100	3.9
湖沼	L2	下層				30.0	7.90	24.2	5.5	44	13.0	6.0	6.0	0.49	0.32	0.02	0.00	0.00	0.036	0.013	0.003	97	3.6
湖沼	L3	上層	8:38	2.2	0.45	31.0	7.78	24.8	5.9	24	11.0	6.2	6.2	0.44	0.34	0.03	0.00	0.00	0.038	0.019	0.004	96	5.6
湖沼	L3	下層				31.0	7.76	24.3	5.2	50	12.9	6.0	6.0	0.44	0.33	0.03	0.00	0.00	0.037	0.017	0.006	89	6.2
湖沼	L4	上層	9:12	1.5	0.50	31.0	8.13	25.2	6.6	30	11.7	5.9	5.9	0.48	0.32	0.03	0.00	0.00	0.035	0.015	0.002	99	4.2
湖沼	L4	下層				30.0	8.07	23.5	6.3	35	12.0	5.8	5.8	0.47	0.32	0.03	0.00	0.00	0.036	0.013	0.003	94	4.3
湖沼	L5	上層	9:26	2.4	0.45	30.5	8.08	25.9	7.5	27	10.4	6.0	6.0	0.43	0.31	0.03	0.00	0.00	0.039	0.019	0.005	110	6.8
湖沼	L5	下層				30.5	8.03	25.4	6.4	31	10.3	5.2	5.2	0.44	0.31	0.03	0.00	0.00	0.038	0.016	0.005	110	6.1
湖沼	L6	上層	9:44	2.4	0.50	31.0	8.12	25.0	7.3	28	10.0	5.0	5.0	0.54	0.36	0.06	0.03	0.048	0.022	0.007	123	8.5	
湖沼	L6	下層				30.5	8.05	24.8	5.9	56	10.5	4.9	4.9	0.59	0.45	0.11	0.01	0.07	0.046	0.021	0.009	73	9.2
湖沼	L7	上層	8:11	1.2	0.35	30.0	7.50	23.8	6.1	51	12.3	6.3	6.3	0.49	0.33	0.03	0.00	0.00	0.037	0.015	0.004	103	4.4
湖沼	L7	下層				30.0	7.56	22.6	5.9	57	12.9	5.7	5.7	0.49	0.33	0.04	0.00	0.00	0.037	0.015	0.003	103	4.6
湖沼	L8	上層	9:59	2.4	0.50	30.5	8.09	23.9	4.9	33	11.2	5.6	5.6	0.47	0.32	0.03	0.00	0.00	0.035	0.013	0.003	120	3.0
湖沼	L8	下層				30.0	8.06	23.2	3.1	48	11.7	5.6	5.6	0.47	0.33	0.03	0.00	0.00	0.034	0.013	0.002	116	3.3
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-SiOx (mg/L)	
流入河川	R1		11:20	1.62	0.50<	28.5	7.77	30.0	7.6	11	4.9	4.2	4.2	0.81	0.75	0.07	0.01	0.41	0.048	0.031	11	10.0	
流入河川	R2		11:10	0.72	1.0	0.37	7.83	24.3	6.5	18	5.2	4.3	4.3	0.79	0.72	0.10	0.01	0.37	0.044	0.027	0.018	11	9.9
流入河川	R3		11:03	0.37	1.5	0.50<	7.95	28.5	7.5	9	5.7	4.5	4.5	0.63	0.50	0.05	0.00	0.21	0.040	0.017	0.006	28	9.2
流入河川	R4		10:49	0.24	1.0	0.50<	8.11	25.1	7.6	4	4.6	4.0	4.0	0.59	0.55	0.04	0.00	0.32	0.041	0.031	5	10.2	
流出河川	R5		10:30	2.19	0.39	31.0	8.38	23.8	7.6	15	8.9	5.7	5.7	0.53	0.36	0.04	0.00	0.01	0.037	0.016	0.003	79	3.8

平成25年9月21日		天気 晴れ										気温 25.4℃(つくば市館野 10.00. 気象庁予予)											
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	8:26	1.7	0.35	25.0	8.64	16.50	9.5	31	10.4	4.6	4.6	0.94	0.44	0.01	0.02	0.18	0.079	0.013	0.002	117	4.0
湖沼	L1	下層				25.0	8.64	16.41	8.8	43	11.2	5.4	5.4	0.96	0.44	0.01	0.01	0.19	0.083	0.011	0.002	116	4.1
湖沼	L2	上層	8:35	1.8	0.40	25.0	8.53	17.98	8.7	28	9.9	4.6	4.6	0.98	0.65	0.02	0.02	0.38	0.057	0.014	0.002	119	4.8
湖沼	L2	下層				24.5	8.51	17.15	8.7	38	11.4	4.7	4.7	1.00	0.56	0.02	0.02	0.30	0.077	0.012	0.002	115	4.5
湖沼	L3	上層	8:45	2.0	0.40	24.5	8.22	23.70	9.0	18	7.7	4.0	4.0	1.87	1.56	0.03	0.03	1.33	0.062	0.012	0.003	83	9.0
湖沼	L3	下層				24.5	8.09	23.70	7.9	24	7.8	3.9	3.9	1.83	1.56	0.03	0.03	1.32	0.064	0.010	0.002	84	8.9
湖沼	L4	上層	9:00	1.3	0.50	25.0	8.38	14.06	8.6	26	9.8	4.0	4.0	0.98	0.54	0.02	0.02	0.28	0.068	0.014	0.002	105	4.1
湖沼	L4	下層				25.0	8.41	13.58	8.5	32	9.9	4.1	4.1	0.95	0.51	0.03	0.02	0.26	0.070	0.011	0.002	103	4.1
湖沼	L5	上層	9:13	2.2	0.65	24.5	8.02	23.40	9.2	14	7.4	4.0	4.0	1.89	1.57	0.02	0.05	1.32	0.055	0.013	0.003	92	9.0
湖沼	L5	下層				24.5	7.99	22.60	8.4	14	6.7	3.5	3.5	1.86	1.57	0.02	0.05	1.34	0.053	0.011	0.002	87	9.1
湖沼	L6	上層	9:28	2.2	0.45	25.5	8.26	17.63	10.8	20	8.8	4.1	4.1	0.91	0.50	0.02	0.03	0.21	0.080	0.020	0.006	138	5.4
湖沼	L6	下層				25.0	8.29	17.32	8.9	28	8.8	4.0	4.0	0.85	0.52	0.03	0.02	0.25	0.077	0.012	0.003	115	5.5
湖沼	L7	上層	8:16	1.1	0.30	25.0	8.35	16.23	9.0	35	10.1	4.4	4.4	0.74	0.41	0.02	0.01	0.15	0.053	0.012	0.002	108	4.1
湖沼	L7	下層				25.0	8.35	16.23	9.1	34	10.1	4.3	4.3	0.78	0.40	0.01	0.01	0.14	0.064	0.011	0.001	115	4.1
湖沼	L8	上層	9:42	2.3	0.35	25.5	8.59	17.24	10.5	26	9.8	4.4	4.4	1.03	0.61	0.01	0.02	0.34	0.062	0.012	0.002	118	4.5
湖沼	L8	下層				25.0	8.61	17.42	8.0	34	9.7	4.2	4.2	0.96	0.63	0.02	0.02	0.38	0.055	0.010	0.002	113	4.6
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-SiOx (mg/L)	
流入河川	R1		11:40	0.9	2.1	0.50<	7.87	29.80	8.5	3	2.9	2.0	2.0	2.19	2.12	0.06	0.02	1.67	0.041	0.023	0.017	4	15.0
流入河川	R2		11:23	0.9	0.2	0.50<	7.86	28.50	7.6	16	3.4	1.9	3.08	3.04	0.08	0.02	1.68	0.056	0.026	0.021	4	12.5	
流入河川	R3		11:06	0.2	1.6	0.38	7.90	29.90	8.4	12	5.5	3.3	2.09	1.86	0.01	0.02	1.60	0.061	0.019	0.009	69	14.6	
流入河川	R4		10:43	0.1	1.3	0.50<	7.95	29.70	6.5	2	2.8	2.7	1.81	1.80	0.05	0.01	1.58	0.048	0.035	0.030	8	14.8	
流出河川	R5		10:08	0.4	1.1	0.21	8.21	20.50	7.6	29	9.5	4.6	4.6	1.10	0.75	0.07	0.02	0.43	0.071	0.010	0.003	84	4.8

表4 牛久沼の現地測定及び水質分析結果 (10月, 11月)

平成25年10月17日		天気 晴れ				気温 16.5°C(つくば市館野 10:00, 象形データ)																
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-Si (mg/L)
湖沼	L1	上層	8:37	0.0	0.45	17.0	6.56	14.9	7.1	23	6.6	3.1	1.17	0.82	0.06	0.02	0.59	0.092	0.006	0.000	57	5.6
湖沼	L1	下層				17.5	6.60	14.9	7.1	36	7.8	2.7	1.27	0.84	0.10	0.01	1.23	0.106	0.007	0.013	52	5.5
湖沼	L2	上層	8:45	0.0	0.45	17.1	6.68	12.5	6.3	28	7.3	3.8	1.74	1.52	0.09	0.01	1.48	0.122	0.028	0.017	11	4.6
湖沼	L2	下層				17.6	6.67	12.4	6.4	30	7.5	4.0	1.80	1.53	0.18	0.01	0.80	0.138	0.030	0.008	12	4.5
湖沼	L3	上層	8:56	0.0	0.40	16.8	6.67	13.3	5.6	29	7.8	4.1	2.01	1.80	0.18	0.01	1.56	0.129	0.033	0.017	8	4.9
湖沼	L3	下層				17.1	6.59	13.3	5.8	38	8.9	4.2	2.07	1.81	0.06	0.01	1.61	0.148	0.032	0.015	8	4.9
湖沼	L4	上層	9:10	0.0	0.40	17.2	6.86	10.8	7.0	30	6.2	3.1	1.40	1.16	0.00	0.01	0.40	0.123	0.017	0.011	21	3.7
湖沼	L4	下層				17.5	6.74	9.5	6.6	38	6.5	3.2	1.53	1.24	0.06	0.01	0.72	0.156	0.022	0.003	13	3.8
湖沼	L5	上層	9:23	0.0	0.40	17.6	6.79	12.3	6.0	26	6.4	3.9	2.15	1.95	0.07	0.02	0.63	0.137	0.034	0.000	6	4.7
湖沼	L5	下層				17.8	6.76	11.5	5.8	32	6.6	3.6	1.87	1.67	0.11	0.01	1.22	0.144	0.033	0.013	8	4.4
湖沼	L6	上層	9:38	0.0	0.45	17.7	6.89	12.8	6.1	16	6.2	4.2	2.06	1.89	0.09	0.01	1.50	0.117	0.033	0.016	6	5.3
湖沼	L6	下層				17.8	6.83	12.8	6.1	25	6.8	4.3	2.02	1.86	0.21	0.01	0.84	0.146	0.033	0.011	6	5.3
湖沼	L7	上層	8:30	0.0	0.50	17.8	6.25	0.0	6.0	19	8.8	5.6	1.00	0.67	0.19	0.01	1.27	0.105	0.022	0.015	47	4.8
湖沼	L7	下層				17.6	6.40	13.2	5.5	22	8.8	5.5	1.01	0.71	0.07	0.01	1.60	0.109	0.024	0.014	48	4.8
湖沼	L8	上層	9:50	0.0	0.60	17.4	6.97	13.8	8.0	30	7.2	3.3	1.32	0.97	0.00	0.01	0.41	0.110	0.011	0.012	45	4.6
湖沼	L8	下層				17.7	6.90	13.1	7.3	34	7.7	3.3	1.37	1.01	0.07	0.01	0.76	0.118	0.012	0.003	39	4.6
種類	地点名	流量 (m3/s)	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-SiOX (mg/L)
流入河川	R1	0.4	12:05	0.0	0.37	19.4	7.09	23.1	8.0	13	3.5	2.8	3.13	3.05	0.07	0.01	2.82	0.065	0.018	0.000	2	9.5
流入河川	R2	0.9	11:45	0.0	0.19	19.5	7.13	21.6	7.2	46	7.0	3.6	3.09	2.92	0.06	0.01	2.71	0.138	0.023	0.000	6	8.0
流入河川	R3	0.1	11:27	0.0	0.20	19.7	7.06	20.2	7.2	24	4.5	3.0	2.36	2.24	0.05	0.01	1.98	0.077	0.013	0.000	9	6.9
流入河川	R4	0.1	11:00	0.0	0.44	20.1	7.02	19.2	7.8	12	5.0	3.4	2.72	2.64	0.06	0.01	2.41	0.079	0.024	0.000	4	8.2
流出河川	R5	6.4	10:12	0.0	0.16	18.3	7.02	13.7	7.9	34	8.0	3.4	1.38	0.97	0.06	0.01	0.70	0.127	0.011	0.001	45	4.6

平成25年11月14日		天気 晴れ				気温 13.0°C(つくば市館野 10:00, 象形データ)																
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-Si (mg/L)
湖沼	L1	上層	8:42	1.5	0.55	10.5	7.08	22.3	9.4	17	6.1	3.1	2.53	2.27	0.00	0.02	2.03	0.047	0.006	0.002	42	8.5
湖沼	L1	下層				11.0	7.22	22.4	9.9	20	5.5	2.9	2.54	2.29	0.00	0.02	2.07	0.050	0.006	0.002	41	9.0
湖沼	L2	上層	8:58	1.5	0.75	11.0	7.24	23.7	10.1	14	5.8	2.7	3.00	2.84	0.01	0.03	2.61	0.042	0.006	0.002	35	9.5
湖沼	L2	下層				11.0	7.25	23.9	9.0	14	5.1	2.6	2.92	2.72	0.01	0.02	2.50	0.044	0.006	0.001	36	9.3
湖沼	L3	上層	9:08	2.1	0.60	10.0	7.32	24.5	8.6	18	4.8	2.5	3.70	3.55	0.14	0.03	3.23	0.060	0.007	0.003	21	11.0
湖沼	L3	下層				10.5	7.36	25.3	9.0	20	6.0	2.5	3.70	3.48	0.16	0.03	3.19	0.063	0.007	0.002	20	11.1
湖沼	L4	上層	9:23	1.1	0.70	11.0	7.36	23.0	10.3	19	6.4	3.6	2.43	2.16	0.00	0.02	1.92	0.047	0.006	0.002	42	8.1
湖沼	L4	下層				11.0	7.46	22.2	9.7	23	6.5	4.0	2.44	2.12	0.00	0.02	1.88	0.052	0.005	0.001	43	8.1
湖沼	L5	上層	9:38	2.1	0.90	11.0	7.35	25.4	8.1	11	3.6	2.7	3.09	3.03	0.07	0.03	2.75	0.043	0.010	0.006	16	12.5
湖沼	L5	下層				11.0	7.27	25.8	8.0	10	4.2	2.1	3.13	3.01	0.09	0.02	2.75	0.047	0.011	0.007	11	12.6
湖沼	L6	上層	9:54	1.9	0.90	11.0	7.32	25.6	8.0	8	3.1	2.2	2.92	2.86	0.10	0.03	2.56	0.051	0.014	0.009	15	12.4
湖沼	L6	下層				11.0	7.29	25.4	9.0	9	2.9	2.7	3.04	2.93	0.12	0.03	2.66	0.048	0.015	0.011	8	12.8
湖沼	L7	上層	8:55	0.9	0.50	10.0	7.14	24.3	9.2	18	5.6	3.2	2.31	2.08	0.00	0.02	1.81	0.046	0.006	0.002	40	7.8
湖沼	L7	下層				11.5	7.50	23.4	8.9	14	4.9	2.8	2.72	2.49	0.00	0.00	0.00	0.042	0.000	0.000	0	0.0
湖沼	L8	上層	10:10	2.2	0.75	11.5	7.46	22.5	8.6	19	5.5	2.5	2.74	2.48	0.00	0.02	2.25	0.047	0.006	0.001	39	8.7
湖沼	L8	下層				11.5	7.46	22.5	8.6	19	5.5	2.5	2.74	2.48	0.00	0.02	2.25	0.047	0.006	0.002	44	8.8
種類	地点名	流量 (m3/s)	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-SiOX (mg/L)
流入河川	R1	0.5	12:09	0.5	2.1	10.50<	7.36	26.1	-	3	2.1	1.8	3.11	3.11	0.03	0.01	2.93	0.023	0.012	0.009	3	14.1
流入河川	R2	0.8	11:46	0.8	2.0	10.50<	7.27	24.4	10.8	5	2.2	2.5	4.09	4.07	0.04	0.02	3.85	0.028	0.013	0.011	2	11.2
流入河川	R3	0.1	11:30	0.1	1.6	10.50<	7.40	24.5	9.0	11	3.8	2.5	3.17	3.07	0.03	0.03	2.86	0.030	0.009	0.006	3	11.5
流入河川	R4	0.1	11:05	0.1	1.1	10.50<	7.25	25.1	8.7	2	2.0	1.9	3.23	3.19	0.01	0.01	3.06	0.020	0.012	0.009	2	13.8
流出河川	R5	6.7	10:32	6.7	0.7	10.50<	7.58	22.9	8.0	11	4.6	3.3	2.56	2.44	0.05	0.02	2.13	0.038	0.007	0.001	24	8.8

表5 牛久沼の現地測定及び水質分析結果 (12月, 1月)

平成25年12月12日		天気 晴れ										気温 5.0℃(つくば市館野 10:00, 象傘庁データ)										
種類	地点名	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-Si (mg/L)	
湖沼	L1	上層	8:40	1.8	0.80	7.7	6.29	27.5	16	5.8	3.1	2.60	2.25	2.56	0.06	0.03	2.05	0.045	0.011	0.001	30	9.8
湖沼	L1	下層				7.7	6.59	27.1	16	5.9	2.8	2.61	2.36	2.61	0.06	0.03	2.08	0.053	0.007	0.000	29	9.9
湖沼	L2	上層	8:50	1.9	0.70	7.5	6.52	29.1	9.2	14	5.8	3.2	2.54	2.23	0.04	0.03	1.99	0.050	0.009	0.000	29	9.8
湖沼	L2	下層				7.5	6.55	27.1	9.2	16	6.3	3.4	2.60	2.25	0.04	0.03	1.99	0.054	0.007	0.000	32	9.6
湖沼	L3	上層	9:00	2.0	0.30	7.2	6.66	27.1	8.8	33	5.7	2.6	3.70	3.40	0.26	0.05	2.91	0.099	0.011	0.002	26	12.1
湖沼	L3	下層				7.0	6.68	27.3	7.9	36	5.9	2.5	3.74	3.48	0.26	0.05	2.93	0.099	0.010	0.001	25	12.1
湖沼	L4	上層	9:15	1.5	0.85	7.8	6.85	27.5	13	6.1	3.1	2.26	1.90	0.01	0.02	1.72	0.049	0.008	0.000	31	9.3	
湖沼	L4	下層				7.8	6.85	27.4	9.8	21	7.2	3.4	2.36	1.94	0.01	0.02	1.71	0.058	0.008	0.000	31	9.5
湖沼	L5	上層	9:30	2.3	0.90	7.1	7.22	30.7	10.0	4.6	2.7	2.49	2.25	0.00	0.03	2.03	0.049	0.010	0.000	39	12.6	
湖沼	L5	下層				8.0	7.28	29.4	10.8	9	4.3	2.4	2.46	2.26	0.01	0.03	2.01	0.047	0.010	0.000	40	12.6
湖沼	L6	上層	9:50	2.3	0.95	8.3	7.38	29.6	8.7	8	3.8	2.6	2.68	2.45	0.03	0.02	2.23	0.062	0.012	0.003	27	12.7
湖沼	L6	下層				8.0	7.37	29.1	8.9	8	3.9	2.3	2.69	2.46	0.02	0.02	2.25	0.067	0.013	0.003	28	12.4
湖沼	L7	上層	8:35	1.1	0.75	8.0	6.08	29.6	9.1	12	5.5	3.0	2.25	1.97	0.01	0.02	1.72	0.046	0.008	0.000	30	9.3
湖沼	L7	下層					0.00	0.0	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.0
湖沼	L8	上層	10:00	2.5	0.80	8.3	7.37	26.9	9.5	16	5.6	3.0	2.41	2.14	0.03	0.02	1.86	0.049	0.008	0.000	32	9.3
湖沼	L8	下層				8.0	7.38	26.9	9.5	17	5.7	3.4	2.47	2.09	0.03	0.02	1.86	0.052	0.007	0.000	33	9.3
種類	地点名	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-) <td>EC (mS/cm) <td>DO (mg/L) <td>SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	EC (mS/cm) <td>DO (mg/L) <td>SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	DO (mg/L) <td>SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td>	d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td>	NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td>	NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td>	NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td>	TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td>	d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td>	PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td>	Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td>	d-SiOx (mg/L)	
流入河川	R1	14:30	0.4	2.2	0.50<	9.0	7.45	19.6	3	2.9	2.6	2.59	2.47	0.05	0.03	2.24	0.045	0.024	0.010	4	15.8	
流入河川	R2	13:37	0.4	0.1	0.50<	9.6	7.51	18.8	10.0	8	3.0	2.6	3.54	3.48	0.07	0.03	3.21	0.044	0.019	0.012	6	12.1
流入河川	R3	13:55	0.1	1.4	0.39	9.0	7.53	19.0	7.4	13	3.6	2.9	2.45	2.28	0.05	0.03	2.13	0.046	0.012	0.005	9	13.3
流入河川	R4	13:00	0.1	1.3	0.50<	8.7	7.44	18.8	7.8	0	2.8	2.6	2.73	2.62	0.01	0.01	2.50	0.031	0.021	0.013	3	14.3
流出河川	R5	12:07	0.1	1.7	0.44	9.0	7.50	29.8	4.9	5.3	4.2	2.10	1.80	0.15	0.04	1.40	0.092	0.027	0.006	31	11.0	

平成26年1月22日		天気 晴れ										気温 3.6℃(つくば市館野 10:00, 象傘庁データ)										
種類	地点名	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chla (µg/L)	d-SiOx (mg/L)	
湖沼	L1	上層	9:55	1.7	1.00	5.5	6.55	17.3	11.1	10	6.1	3.0	2.05	1.74	0.03	0.01	1.53	0.037	0.004	0.003	27	10.3
湖沼	L1	下層				5.0	6.66	15.9	10.9	10	6.0	3.1	2.09	1.78	0.06	0.01	1.54	0.040	0.003	0.000	26	10.2
湖沼	L2	上層	10:05	1.7	0.90	5.5	6.77	16.3	9.4	9	5.1	3.0	2.78	2.54	0.02	0.02	2.23	0.038	0.004	0.002	23	11.6
湖沼	L2	下層				5.5	6.78	16.1	10.4	9	5.0	3.0	2.81	2.61	0.03	0.02	2.29	0.041	0.004	0.001	23	11.8
湖沼	L3	上層	10:14	2.0	0.60	5.0	6.93	16.4	9.3	13	4.4	2.8	3.03	2.86	0.05	0.02	2.49	0.048	0.005	0.002	19	13.1
湖沼	L3	下層				5.0	6.86	16.5	10.9	14	4.4	2.8	3.08	2.82	0.05	0.02	2.51	0.051	0.006	0.002	19	13.3
湖沼	L4	上層	10:28	1.4	1.05	5.0	7.16	15.9	9.7	13	6.5	3.2	2.10	1.82	0.04	0.01	1.51	0.040	0.003	0.002	26	10.2
湖沼	L4	下層				5.5	7.11	15.9	11.9	8	5.8	3.3	2.09	1.78	0.04	0.01	1.51	0.038	0.003	0.000	26	10.0
湖沼	L5	上層	10:45	2.2	1.00	5.5	7.37	17.0	11.1	8	4.6	2.5	2.56	2.36	0.04	0.03	2.05	0.044	0.006	0.002	27	13.2
湖沼	L5	下層				5.5	7.35	16.7	11.6	9	4.5	2.6	2.61	2.36	0.04	0.03	2.03	0.049	0.005	0.002	28	13.4
湖沼	L6	上層	11:00	2.1	1.05	6.0	7.36	17.0	11.6	7	4.4	2.7	2.31	2.13	0.06	0.02	1.81	0.049	0.005	0.002	24	11.7
湖沼	L6	下層				6.0	7.35	16.8	11.3	11	4.6	2.8	2.36	2.13	0.05	0.02	1.83	0.061	0.005	0.002	25	11.6
湖沼	L7	上層	9:50	1.1	0.90	6.0	6.55	18.4	10.4	8	5.1	3.1	1.95	1.75	0.03	0.01	1.47	0.031	0.001	0.001	21	9.8
湖沼	L7	下層					0.00	0.0	0.0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0	0.0
湖沼	L8	上層	11:10	2.4	0.95	6.0	7.43	16.0	10.1	9	5.5	3.1	2.17	1.93	0.04	0.01	1.65	0.035	0.002	0.001	24	10.1
湖沼	L8	下層				5.5	7.36	15.9	9.0	10	5.7	3.2	2.19	1.89	0.04	0.01	1.64	0.038	0.003	0.000	26	10.1
種類	地点名	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (℃) <td>pH (-) <td>EC (mS/cm) <td>DO (mg/L) <td>SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	pH (-) <td>EC (mS/cm) <td>DO (mg/L) <td>SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	EC (mS/cm) <td>DO (mg/L) <td>SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	DO (mg/L) <td>SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	SS (mg/L) <td>COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	COD (mg/L) <td>d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	d-COD (mg/L) <td>TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	TN (mg/L) <td>d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td></td>	d-TN (mg/L) <td>NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td></td>	NH4-N (mg/L) <td>NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td></td>	NO2-N (mg/L) <td>NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td></td>	NO3-N (mg/L) <td>TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td></td>	TP (mg/L) <td>d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td></td>	d-TP (mg/L) <td>PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td></td>	PO4-P (mg/L) <td>Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td></td>	Chla (µg/L) <td>d-SiOx (mg/L) </td>	d-SiOx (mg/L)	
流入河川	R1	13:00	0.3	2.3	0.50<	8.5	7.64	21.6	7.4	2	2.9	2.7	2.73	2.66	0.22	0.04	2.14	0.064	0.029	0.022	4	15.8
流入河川	R2	12:45	0.8	0.1	0.05	10.0	7.60	19.4	10.5	159	8.3	3.0	3.54	3.24	0.19	0.05	2.68	0.107	0.022	0.018	19	13.5
流入河川	R3	12:25	0.1	1.5	0.47	9.0	7.61	19.9	7.3	8	2.5	2.2	2.56	2.41	0.12	0.03	2.02	0.045	0.012	0.008	4	14.7
流入河川	R4	12:00	0.1	1.2	0.50<	8.5	7.40	19.7	6.9	0	2.2	1.8	2.57	2.49	0.08	0.02	2.15	0.025	0.009	0.006	2	13.5
流出河川	R5	11:30	0.1	0.6	0.40	5.5	7.44	17.1	9.2	12	5.6	3.3	2.21	1.89	0.04	0.01	1.59	0.044	0.004	0.000	25	10.2

表6 牛久沼の現地測定及び水質分析結果(2月, 3月)

平成26年2月19日		天気 曇り										気温 3.3℃(つくば市館野 10.00. 気象庁データ)										
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	d-SiOx (mg/L)
湖沼	L1	上層	8:36	1.9	0.55	5.0	7.61	20.8	10.4	17	6.1	3.0	1.32	0.05	0.01	0.01	1.20	0.055	0.008	0.003	37	5.8
湖沼	L2	下層				5.0	7.61	20.6	10.1	19	6.3	2.9	1.32	0.05	0.01	0.01	1.20	0.061	0.007	0.003	37	5.6
湖沼	L1	上層	8:45	2.0	0.50	5.5	7.68	17.9	11.1	20	5.2	3.4	2.62	0.16	0.01	0.01	2.18	0.082	0.016	0.010	6	5.1
湖沼	L2	下層				5.5	7.62	17.7	10.0	21	5.2	3.3	2.63	0.16	0.01	0.01	2.18	0.079	0.017	0.011	6	5.2
湖沼	L3	上層	8:55	2.2	0.55	5.0	7.57	17.4	9.6	17	4.9	3.6	2.75	0.14	0.01	0.01	2.32	0.072	0.017	0.012	4	5.6
湖沼	L3	下層				5.5	7.48	17.5	9.2	19	5.0	3.6	2.75	0.14	0.01	0.01	2.35	0.076	0.018	0.012	4	5.4
湖沼	L4	上層	9:07	1.6	0.40	5.0	7.56	13.6	10.6	24	5.6	2.9	1.79	1.52	0.01	0.01	1.29	0.107	0.011	0.005	21	3.8
湖沼	L4	下層				5.5	7.45	13.1	9.9	26	6.0	3.2	1.81	1.51	0.11	0.01	1.29	0.114	0.011	0.004	21	3.7
湖沼	L5	上層	9:20	2.4	0.60	5.5	7.44	19.8	8.3	14	4.3	2.9	2.98	2.84	0.17	0.01	2.59	0.078	0.017	0.011	5	6.2
湖沼	L5	下層				6.0	7.42	19.3	9.2	16	4.2	3.0	3.05	2.87	0.17	0.01	2.59	0.082	0.016	0.011	6	6.3
湖沼	L6	上層	9:36	2.3	0.80	6.0	7.42	21.8	8.7	8	4.1	2.9	2.71	2.60	0.13	0.01	2.36	0.063	0.017	0.013	8	7.0
湖沼	L6	下層				7.0	7.43	19.4	8.6	13	4.7	3.0	2.72	2.46	0.12	0.01	2.24	0.083	0.021	0.016	13	6.4
湖沼	L7	上層	8:30	1.2	0.70	5.0	7.55	22.2	10.8	14	6.0	3.4	1.66	1.38	0.04	0.01	1.21	0.055	0.005	0.002	27	6.1
湖沼	L7	下層				5.5	7.48	21.3	9.2	16	6.1	3.4	1.64	1.36	0.04	0.01	1.20	0.054	0.006	0.001	28	6.0
湖沼	L8	上層	9:47	2.6	0.65	5.5	7.45	19.6	10.1	17	5.4	3.1	2.08	1.83	0.07	0.01	1.61	0.069	0.007	0.002	25	5.5
湖沼	L8	下層				5.5	7.45	19.6	9.0	19	5.6	3.1	1.82	1.52	0.05	0.01	1.35	0.071	0.005	0.001	33	5.4
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	d-SiOx (mg/L)
流入河川	R1		11:40	0.6	2.4(0.50)<	8.0	7.54	30.5	10.4	5	2.8	2.2	3.82	3.70	0.48	0.02	3.16	0.060	0.028	0.024	0	10.4
流入河川	R2		11:30	0.5	0.3	8.6	7.59	30.1	9.7	94	4.7	1.9	4.33	4.14	0.15	0.02	3.92	0.114	0.013	0.013	0	9.3
流入河川	R3		11:15	0.1	1.5(0.50)<	8.6	7.53	27.2	9.7	8	3.5	2.9	3.19	3.06	0.11	0.02	2.82	0.039	0.008	0.006	0	10.3
流入河川	R4		10:50	0.1	1.4(0.50)<	7.5	7.57	24.4	10.5	1	2.0	1.7	3.22	3.21	0.07	0.01	3.07	0.026	0.008	0.007	0	10.3
流出河川	R5		10:30	1.9	1.0	6.0	7.72	22.1	12.0	18	5.6	3.1	2.06	1.78	0.08	0.01	1.58	0.066	0.005	0.002	20	5.9

平成26年3月12日		天気 晴れ										気温 0.0℃(つくば市館野 10.00. 気象庁データ)										
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	d-SiOx (mg/L)
湖沼	L1	上層	8:45	1.5	0.60	8.0	7.39	23.1	11.4	23	6.5	3.2	2.43	2.10	0.05	0.02	1.91	0.058	0.009	0.008	30	7.6
湖沼	L1	下層				7.5	7.29	23.0	11.1	22	6.4	3.0	2.43	2.10	0.05	0.02	1.92	0.056	0.007	0.005	29	7.2
湖沼	L2	上層	8:54	1.5	0.50	8.0	7.24	25.8	11.3	20	5.1	2.9	3.09	2.86	0.06	0.02	2.68	0.060	0.008	0.006	21	8.9
湖沼	L2	下層				8.0	7.24	25.7	10.3	22	5.3	2.8	3.11	2.85	0.06	0.02	2.70	0.066	0.008	0.005	20	9.4
湖沼	L3	上層	9:04	1.9	0.50	9.0	7.37	26.5	10.4	22	4.9	2.8	3.18	2.98	0.07	0.02	2.81	0.065	0.008	0.006	17	9.5
湖沼	L3	下層				8.0	7.28	26.2	11.7	23	4.9	2.8	3.20	2.99	0.07	0.02	2.81	0.067	0.007	0.006	18	9.5
湖沼	L4	上層	9:17	1.2	0.70	8.5	7.54	25.0	10.8	21	6.9	3.1	2.42	2.10	0.04	0.02	1.93	0.052	0.007	0.004	44	7.9
湖沼	L4	下層				8.0	7.52	24.7	12.1	17	6.6	2.9	2.45	2.09	0.04	0.02	1.92	0.052	0.006	0.004	43	7.9
湖沼	L5	上層	9:35	2.0	0.65	9.0	7.68	26.8	9.0	11	3.6	2.2	3.08	2.94	0.20	0.03	2.66	0.058	0.011	0.009	10	10.7
湖沼	L5	下層				8.5	7.59	27.0	10.4	12	3.3	2.3	3.09	2.94	0.20	0.03	2.64	0.052	0.011	0.010	10	11.3
湖沼	L6	上層	9:50	1.9	0.75	9.0	7.68	24.7	10.8	12	4.4	2.7	2.36	2.17	0.12	0.02	1.95	0.052	0.006	0.005	23	9.8
湖沼	L6	下層				8.5	7.62	24.2	9.6	12	4.4	2.8	2.39	2.16	0.12	0.02	1.95	0.056	0.007	0.004	23	8.7
湖沼	L7	上層	8:40	0.8	0.60	8.0	7.58	24.9	9.9	38	7.5	3.0	2.31	1.93	0.04	0.02	1.76	0.064	0.005	0.003	32	6.9
湖沼	L7	下層				-	0.00	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0	0.0
湖沼	L8	上層	10:03	2.2	0.55	8.5	7.71	22.9	10.7	24	6.7	3.2	2.36	2.01	0.04	0.02	1.82	0.061	0.005	0.003	33	7.0
湖沼	L8	下層				8.0	7.66	22.6	10.9	26	7.0	3.1	2.38	2.00	0.04	0.02	1.81	0.067	0.006	0.003	33	7.2
種類	地点名	採水層	時間	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)	pH (-)	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	d-COD (mg/L)	TN (mg/L)	d-TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	TP (mg/L)	d-TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	Chl.a (µg/L)	d-SiOx (mg/L)
流入河川	R1		11:59	0.2	2.0(0.50)<	11.3	7.79	27.7	11.1	6	2.6	1.9	3.02	2.94	0.15	0.03	2.70	0.039	0.011	0.010	4	12.6
流入河川	R2		11:45	0.3	0.11	12.0	7.80	27.4	10.9	73	4.5	2.3	3.87	3.74	0.12	0.03	3.54	0.096	0.023	0.020	10	10.0
流入河川	R3		11:30	0.1	1.6(0.50)<	10.4	7.79	27.3	9.7	7	2.6	2.1	2.91	2.84	0.10	0.04	2.62	0.031	0.009	0.008	3	12.4
流入河川	R4		11:00	0.1	0.9(0.50)<	9.9	7.69	27.6	12.0	1	2.0	1.6	2.75	2.72	0.05	0.01	2.64	0.014	0.005	0.006	1	11.1
流出河川	R5		10:25	2.3	0.7	9.0	7.72	22.2	11.8	24	6.5	3.3	2.28	2.04	0.05	0.02	1.84	0.050	0.005	0.003	30	8.3

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⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺)
- ・無機元素成分 (Be, Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Y, Mo, Cd, Sb, Ba, La, Sm, Tl, Pb, Bi, Th)
- ・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25年5月8日～平成25年5月22日 (春季の炭素成分は未実施)

夏季 平成25年7月24日～平成25年8月7日

秋季 平成25年10月23日～平成25年11月6日

冬季 平成26年1月22日～平成26年2月5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, 冬季の濃度が最も高く, 次いで秋季, 夏季, 春季の順であった。PM2.5 質量濃度の季節の平均値は春季 $12.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 夏季 $12.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 秋季 $17.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 冬季 $25.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった (表 1)。図 1 に各季節の成分平均濃度及び割合を示す。炭素成分は秋季・冬季に増加した (春季の炭素成分は欠測)。図 2 に PM2.5 質量濃度の推移を示す。春季及び夏季に比べ, 秋季及び冬季は変動が大きかった。

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

	最大	最小	平均
春季	24.7	3.7	12.3
夏季	24.7	6.8	12.9
秋季	48	3.4	17.2
冬季	70.3	7.3	25.6

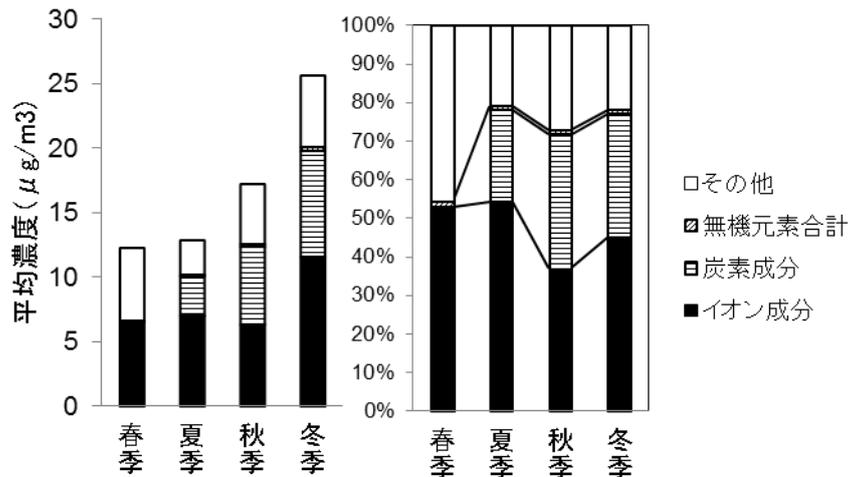


図 1 季節別 成分平均濃度及び割合 (左: 濃度, 右: 割合)

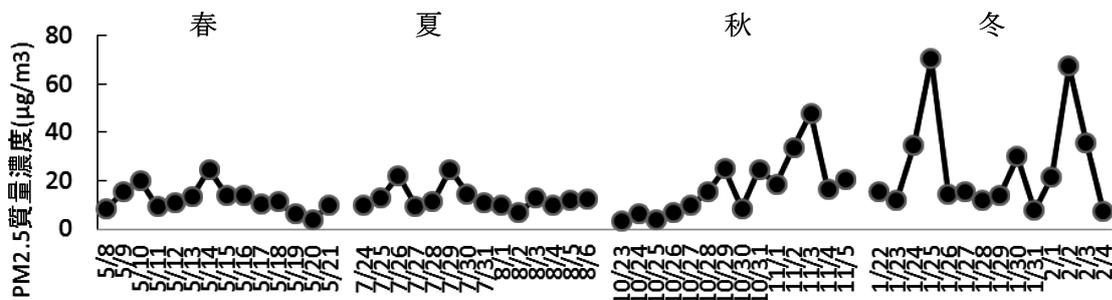


図 2 PM2.5 質量濃度推移 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

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で影響していると考えられる。

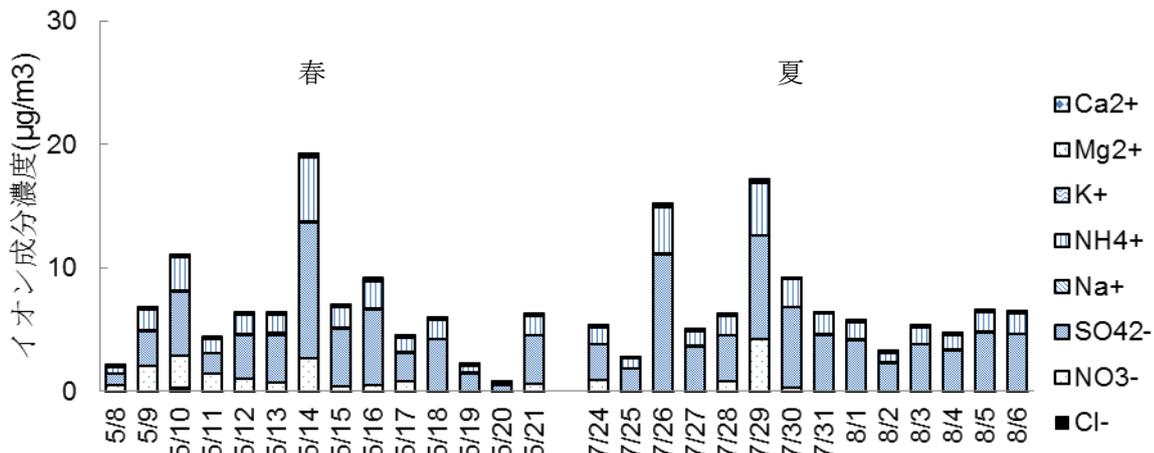


図 3-1 イオン成分濃度 (春季・夏季)

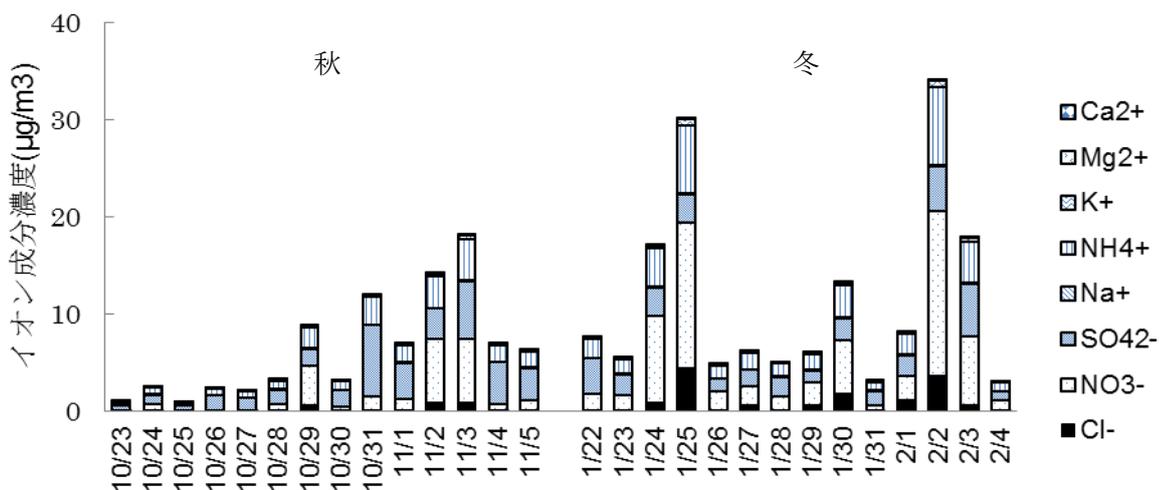


図 3-2 イオン成分濃度 (秋季・冬季)

7.3 無機元素成分, 炭素成分

無機元素成分のうち、Be, Sc, Sm, Th 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)。

春季の炭素成分は、加熱未処理のろ紙をサンプリングに使用したため欠測とした。夏季・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、PM2.5 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。

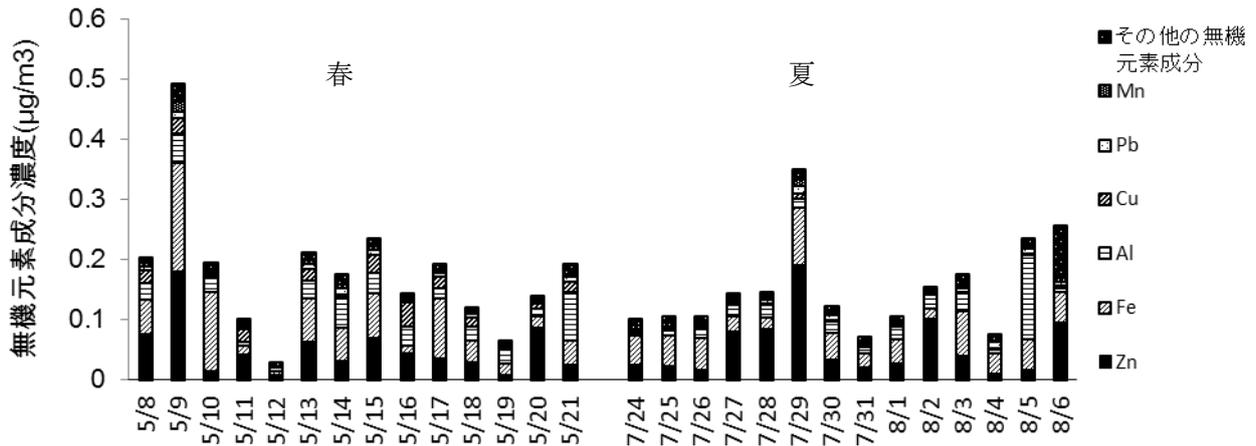


図 4-1 無機元素成分濃度 (春季・夏季)

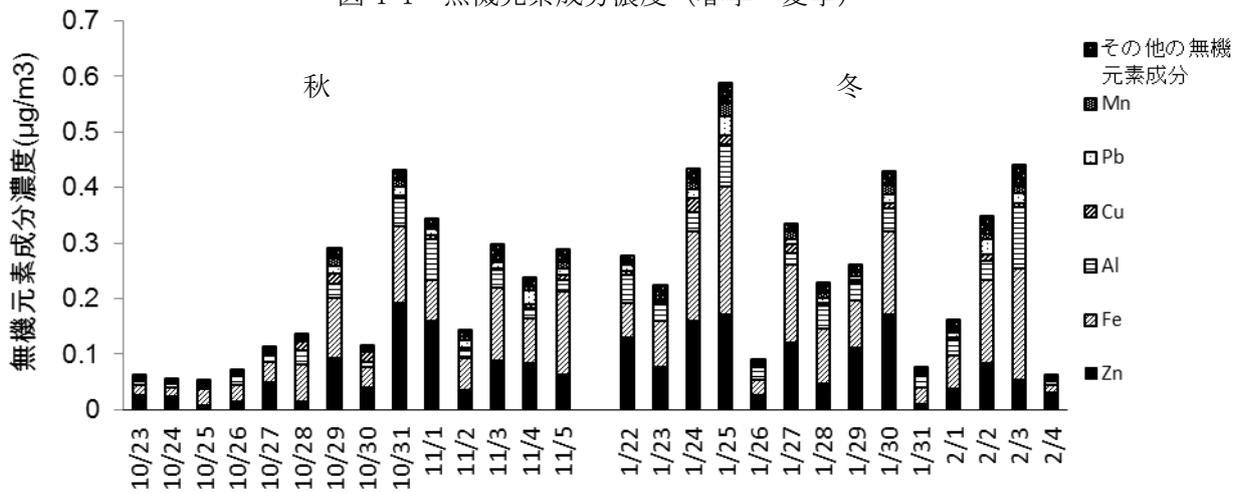


図 4-2 無機元素成分濃度 (秋季・冬季)

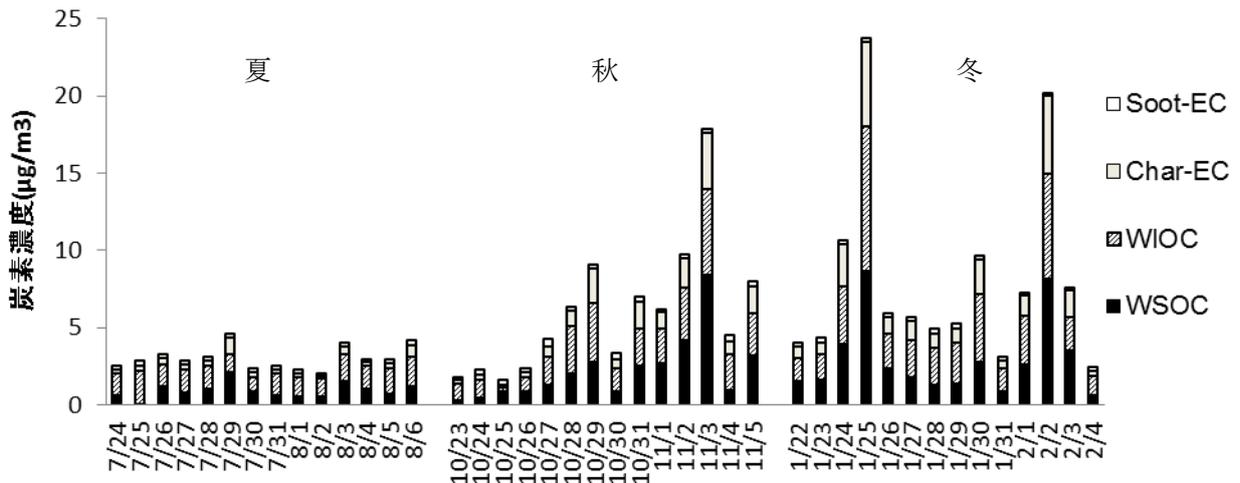


図 5 炭素成分濃度 (夏季・秋季・冬季)

VI 研究報告・調査報告

(1) 春季調査(土浦保健所局, 平成25年5月8日~平成25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 (ng/m^3)												
開始日	終了日		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Be	Al	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu			
H25.5.8	~ H25.5.9	8.4	0.029	0.39	0.94	0.068	0.52	0.081	0.0052	0.029	<0.41	28	<0.070	<1.3	1.1	<0.80	5.7	58	<0.030	<0.64	21			
H25.5.9	~ H25.5.10	15.4	0.048	2.0	2.8	0.077	1.6	0.12	0.0094	0.041	<0.41	48	<0.070	3.0	13	0.95	17	180	0.11	4.8	26			
H25.5.10	~ H25.5.11	20.1	0.30	2.5	5.2	0.11	2.7	0.15	0.010	0.025	<0.41	24	<0.070	5.1	4.2	<0.80	3.5	130	<0.030	1.4	4.7			
H25.5.11	~ H25.5.12	9.3	0.042	1.3	1.7	0.018	1.1	0.080	<0.028	0.010	<0.41	<6.8	<0.070	1.8	2.5	<0.80	3.4	15	0.031	1.2	2.1			
H25.5.12	~ H25.5.13	10.9	0.12	0.84	3.5	0.13	1.6	0.065	0.010	0.016	<0.41	<6.8	<0.070	<1.3	1.4	<0.80	0.61	<4.9	<0.030	<0.64	<1.5			
H25.5.13	~ H25.5.14	13.4	0.012	0.64	3.9	0.14	1.5	0.086	0.013	0.024	<0.41	29	<0.070	2.6	3.0	<0.80	7.0	73	0.032	1.6	19			
H25.5.14	~ H25.5.15	24.7	0.12	2.5	11	0.14	5.1	0.25	0.015	0.035	<0.41	52	<0.070	2.2	5.4	<0.80	5.8	55	0.068	2.3	3.1			
H25.5.15	~ H25.5.16	14.2	0.021	0.31	4.7	0.078	1.7	0.087	0.0083	0.021	<0.41	33	<0.070	<1.3	3.1	1.0	7.1	74	0.031	1.6	3.1			
H25.5.16	~ H25.5.17	13.8	0.016	0.45	6.1	0.13	2.2	0.11	0.013	0.029	<0.41	31	<0.070	<1.3	2.2	<0.80	3.0	13	<0.030	0.72	4.0			
H25.5.17	~ H25.5.18	10.3	0.019	0.78	2.3	0.084	1.1	0.088	0.0055	0.019	<0.41	17	<0.070	<1.3	2.5	2.0	5.3	100	<0.030	1.3	19			
H25.5.18	~ H25.5.19	11.3	0.0063	0.054	4.1	0.077	1.5	0.080	0.0071	0.022	<0.41	23	<0.070	<1.3	3.2	<0.80	2.9	35	0.047	1.2	16			
H25.5.19	~ H25.5.20	6.3	0.018	0.085	1.3	0.093	0.55	0.050	0.0063	0.010	<0.41	22	<0.070	<1.3	1.3	<0.80	0.88	19	<0.030	0.71	5.4			
H25.5.20	~ H25.5.21	3.7	0.0061	<0.018	0.40	0.097	0.21	0.040	<0.028	0.0071	<0.41	14	<0.070	<1.3	0.42	<0.80	4.4	18	<0.030	<0.64	8.7			
H25.5.21	~ H25.5.22	10.0	0.0062	0.56	3.9	0.034	1.6	0.068	0.0058	0.031	<0.41	80	<0.070	8.9	1.8	<0.80	3.3	41	0.075	1.3	18			
平均		12.3	0.055	0.89	3.7	0.085	1.6	0.097	0.0078	0.023	-	29	-	1.7	3.2	0.28	5.0	58	0.028	1.3	17			
最大		24.7	0.30	2.5	11	0.14	5.1	0.25	0.015	0.041	-	80	-	8.9	13	2.0	17	180	0.11	4.8	4.0			
最小		3.7	0.0061	<0.018	0.40	0.097	0.21	0.040	<0.028	0.0071	-	<6.8	-	<1.3	0.42	<0.80	0.61	<4.9	<0.030	<0.64	<1.5			

サンプリング実施時期		無機元素 (ng/m^3)														炭素成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		水溶性有機炭素 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
開始日	終了日	Zn	As	Se	Sr	Y	Mo	Cd	Sb	Ba	La	Sm	Tl	Pb	Bi	Th	OC	EC	WSOC
H25.5.8	~ H25.5.9	74	0.22	<0.18	0.20	<0.053	<0.38	0.11	1.9	1.9	0.12	<0.079	<0.043	7.5	0.11	<0.042	-	-	1.2
H25.5.9	~ H25.5.10	180	0.50	0.39	0.96	<0.053	0.91	0.25	1.5	3.2	0.17	<0.079	0.075	11	0.57	<0.042	-	-	1.8
H25.5.10	~ H25.5.11	14	0.79	0.25	0.23	<0.053	<0.38	0.16	0.44	0.63	0.034	<0.079	<0.043	4.3	0.17	<0.042	-	-	2.2
H25.5.11	~ H25.5.12	40	1.2	<0.18	<0.12	<0.053	<0.38	0.23	0.63	0.44	0.029	<0.079	<0.043	5.1	0.16	<0.042	-	-	0.73
H25.5.12	~ H25.5.13	<7.6	0.48	<0.18	0.14	<0.053	<0.38	0.078	0.26	0.23	<0.023	<0.079	<0.043	1.0	<0.043	<0.042	-	-	0.81
H25.5.13	~ H25.5.14	62	0.58	0.28	0.58	<0.053	<0.38	0.18	1.0	1.4	0.11	<0.079	0.045	8.6	0.23	<0.042	-	-	1.2
H25.5.14	~ H25.5.15	30	2.5	0.47	0.72	<0.053	0.41	0.45	1.0	1.3	0.058	<0.079	0.095	12	0.37	<0.042	-	-	1.7
H25.5.15	~ H25.5.16	69	1.4	0.28	0.32	<0.053	<0.38	0.22	1.5	1.0	0.065	<0.079	0.067	8.1	0.27	<0.042	-	-	0.85
H25.5.16	~ H25.5.17	43	1.2	<0.18	0.43	<0.053	<0.38	0.14	0.32	0.53	0.024	<0.079	<0.043	5.5	0.16	<0.042	-	-	0.99
H25.5.17	~ H25.5.18	31	0.65	0.22	0.19	<0.053	<0.38	0.14	1.1	0.67	0.16	<0.079	0.047	5.2	0.14	<0.042	-	-	1.1
H25.5.18	~ H25.5.19	29	0.37	0.21	0.26	<0.053	<0.38	0.11	0.58	0.85	0.032	<0.079	<0.043	5.2	0.28	<0.042	-	-	1.2
H25.5.19	~ H25.5.20	<7.6	0.22	<0.18	0.25	<0.053	<0.38	0.051	0.26	0.50	<0.023	<0.079	<0.043	4.0	<0.043	<0.042	-	-	0.41
H25.5.20	~ H25.5.21	86	0.20	<0.18	<0.12	<0.053	0.42	0.054	0.32	0.38	<0.023	<0.079	<0.043	2.6	0.59	<0.042	-	-	0.34
H25.5.21	~ H25.5.22	24	2.5	0.23	0.39	<0.053	<0.38	0.33	0.58	1.2	0.047	<0.079	0.050	8.3	0.35	<0.042	-	-	0.86
平均		49	0.92	0.17	0.33	-	0.12	0.18	0.81	1.0	0.061	-	0.027	6.3	0.24	-	-	-	1.1
最大		180	2.5	0.47	0.96	-	0.91	0.45	1.9	3.2	0.17	-	0.095	12	0.59	-	-	-	2.2
最小		<7.6	0.20	<0.18	<0.12	-	<0.38	0.051	0.26	0.23	<0.023	-	<0.043	1.0	<0.043	-	-	-	0.34

(2) 夏季調査(土浦保健所局, 平成25年7月24日~平成25年8月7日)

サンプリング実施時期		質量濃度 測定値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	イオン成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									無機元素 (ng/m^3)												
開始日	終了日		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Be	Al	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu			
H25.7.24	~ H25.7.25	10.0	0.055	0.78	2.9	0.020	1.4	0.061	<0.0051	<0.011	<0.41	2.9	<0.070	1.8	1.9	<0.45	6.7	50	<0.030	0.65	3.2			
H25.7.25	~ H25.7.26	13.0	<0.0069	0.12	1.7	0.012	0.76	0.030	<0.0051	<0.011	<0.41	10	<0.070	<0.98	3.1	<0.45	5.2	51	<0.030	1.0	2.3			
H25.7.26	~ H25.7.27	22.2	<0.0069	0.046	11	0.11	3.7	0.20	0.010	0.026	<0.41	14	<0.070	1.6	4.9	<0.45	3.0	53	<0.030	1.5	2.5			
H25.7.27	~ H25.7.28	9.6	0.011	0.18	3.4	0.068	1.2	0.082	0.011	0.019	<0.41	19	<0.070	1.3	1.3	<0.45	3.6	25	<0.030	0.19	2.5			
H25.7.28	~ H25.7.29	11.3	0.041	0.73	3.7	0.061	1.5	0.11	0.0088	0.016	<0.41	22	<0.070	1.5	1.9	<0.45	2.1	18	0.039	0.84	2.9			
H25.7.29	~ H25.7.30	24.7	0.14	4.1	8.3	0.048	4.2	0.22	0.0096	0.026	<0.41	16	<0.070	1.8	4.9	<0.45	11	95	<0.030	1.8	8.1			
H25.7.30	~ H25.7.31	14.5	<0.0069	0.26	6.5	0.054	2.2	0.070	<0.0051	0.017	<0.41	20	<0.070	2.0	3.9	<0.45	4.3	44	<0.030	1.5	2.2			
H25.7.31	~ H25.8.1	11.0	<0.0069	0.046	4.5	0.060	1.6	0.058	<0.0051	0.023	<0.41	11	<0.070	1.9	3.1	<0.45	2.4	23	<0.030	1.1	2.8			
H25.8.1	~ H25.8.2	9.8	0.014	0.047	4.0	0.098	1.4	0.063	0.0070	0.028	<0.41	21	<0.070	1.5	2.7	0.75	4.2	41	0.041	1.1	1.5			
H25.8.2	~ H25.8.3	6.8	0.021	0.080	2.1	0.10	0.74	0.068	0.015	0.021	<0.41	22	<0.070	<0.98	1.3	<0.45	2.8	18	<0.030	0.40	1.4			
H25.8.3	~ H25.8.4	13.0	0.0076	0.13	3.6	0.074	1.3	0.13	0.012	0.022	<0.41	30	<0.070	1.2	2.8	1.1	3.6	75	<0.030	1.0	2.9			
H25.8.4	~ H25.8.5	9.8	<0.0069	<0.045	3.2	0.067	1.2	0.088	0.0066	<0.011	<0.41	7.0	<0.070	1.7	2.4	1.2	1.8	34	<0.030	0.79	<1.3			
H25.8.5	~ H25.8.6	12.2	<0.0069	<0.045	4.7	0.065	1.6	0.080	0.0070	0.021	<0.41	140	<0.070	2.2	3.6	<0.45	3.5	52	<0.030	1.2	<1.3			
H25.8.6	~ H25.8.7	12.7	0.0079	0.10	4.5	0.041	1.6	0.085	<0.0051	0.026	<0.41	7.6	<0.070	2.0	1.6	<0.45	6.6	53	<0.030	0.45	2.5			
平均		12.9	0.021	0.47	4.6	0.063	1.7	0.096	0.0062	0.018	-	24	-	1.5	2.8	0.22	4.3	45	0.0057	1.0	2.5			
最大		24.7	0.14	4.1	11	0.11	4.2	0.22	0.015	0.028	-	140	-	2.2	4.9	1.2	11	95	0.041	1.8	8.1			
最小		6.8	<0.0069	<0.045	1.7	0.012	0.74	0.030	<0.0051	<0.011	-	2.9	-	<0.98	1.3	<0.45	1.8	18	<0.030	0.19	<1.3			

サンプリング実施時期		無機元素 (ng/m^3)														炭素成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		水溶性有機炭素 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
開始日	終了日	Zn	As	Se	Sr	Y	Mo	Cd	Sb	Ba	La	Sm	Tl	Pb	Bi	Th	OC	EC	WSOC
H25.7.24	~ H25.7.25	23	4.5	0.27	0.16	<0.053	0.41	0.49	0.23	<0.54	<0.026	<0.079	<0.043	4.4	0.44	<0.042	2.0	0.56	0.59
H25.7.25	~ H25.7.26	21	2.7	0.28	0.29	<0.053	<0.38	0.30	0.55	0.77	<0.026	<0.079	0.063	4.2	0.28				

(3) 秋季調査(土浦保健所局, 平成25年10月23日~平成25年11月6日)

サンプリング実施時期		質量濃度測定値	イオン成分(μg/m ³)									無機元素(ng/m ³)										
開始日	終了日	(μg/m ³)	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Be	Al	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	
H25.10.23	~ H25.10.24	3.4	0.076	0.12	0.43	0.18	0.13	0.024	0.0093	0.026	<0.27	<7.1	<0.047	<1.5	0.48	0.37	1.1	18	<0.020	0.88	1.2	
H25.10.24	~ H25.10.25	6.4	0.099	0.62	1.0	0.059	0.65	0.038	0.0034	0.015	<0.27	<7.1	<0.047	<1.5	0.55	<0.33	1.2	14	<0.020	<0.20	1.0	
H25.10.25	~ H25.10.26	3.7	0.018	<0.099	0.47	0.047	0.20	0.017	<0.0028	<0.012	<0.27	<7.1	<0.047	<1.5	0.24	<0.33	2.8	28	<0.020	<0.20	<0.95	
H25.10.26	~ H25.10.27	6.9	0.013	0.26	1.4	0.027	0.63	0.037	<0.0028	0.014	<0.27	16	<0.047	<1.5	0.45	<0.33	2.3	29	<0.020	<0.20	<0.95	
H25.10.27	~ H25.10.28	9.7	0.029	0.19	1.2	0.042	0.57	0.064	<0.0028	<0.012	<0.27	10	<0.047	2.5	0.23	<0.33	1.6	38	<0.020	0.24	2.8	
H25.10.28	~ H25.10.29	15.4	0.22	0.59	1.4	0.10	0.81	0.085	0.0036	0.015	<0.27	26	<0.047	2.0	0.79	<0.33	3.5	67	<0.020	0.31	16	
H25.10.29	~ H25.10.30	25.0	0.66	4.0	1.8	0.089	2.1	0.20	0.0032	0.026	<0.27	24	<0.047	3.9	1.4	1.2	12	110	0.034	1.1	19	
H25.10.30	~ H25.10.31	8.6	0.022	0.48	1.7	0.037	0.84	0.059	<0.0028	<0.012	<0.27	9.6	<0.047	<1.5	0.22	<0.33	3.3	35	<0.020	<0.20	18	
H25.10.31	~ H25.11.1	24.8	0.19	1.4	7.3	0.075	2.8	0.20	0.0058	0.032	<0.27	49	<0.047	6.3	1.2	0.78	13	140	0.047	1.0	5.7	
H25.11.1	~ H25.11.2	18.7	0.37	0.97	3.6	0.12	1.7	0.17	0.0035	0.026	<0.27	73	<0.047	4.3	1.3	1.1	4.5	73	0.029	0.71	6.9	
H25.11.2	~ H25.11.3	33.7	0.88	6.6	3.1	0.062	3.3	0.25	<0.0028	0.013	<0.27	15	<0.047	2.6	1.6	0.51	5.1	57	0.024	0.71	2.4	
H25.11.3	~ H25.11.4	48.0	0.92	6.6	5.9	0.058	4.3	0.38	0.0041	0.028	<0.27	32	<0.047	1.5	0.52	0.34	4.9	130	0.042	0.65	3.5	
H25.11.4	~ H25.11.5	16.3	0.099	0.64	4.3	0.035	1.8	0.12	<0.0028	0.013	<0.27	18	<0.047	2.6	1.9	0.82	5.9	80	0.034	1.1	8.8	
H25.11.5	~ H25.11.6	20.4	0.14	0.95	3.4	0.057	1.6	0.19	0.0046	0.015	<0.27	20	<0.047	3.0	0.53	3.5	12	150	0.035	7.6	8.7	
平均		17.2	0.27	1.7	2.6	0.071	1.5	0.13	0.0027	0.016	-	21	-	3.0	0.82	0.62	5.2	69	0.018	1.0	6.7	
最大		48.0	0.92	6.6	7.3	0.18	4.3	0.38	0.0093	0.032	-	73	-	15	1.9	3.5	13	150	0.047	7.6	19	
最小		3.4	0.013	<0.099	0.43	0.027	0.13	0.017	<0.0028	<0.012	-	<7.1	-	<1.5	0.22	<0.33	1.1	14	<0.020	<0.20	<0.95	

サンプリング実施時期		無機元素(ng/m ³)														炭素成分(μg/m ³)		水溶性有機炭素(μg/m ³)	
開始日	終了日	Zn	As	Se	Sr	Y	Mo	Cd	Sb	Ba	La	Sm	Tl	Pb	Bi	Th	OC	EC	WSOC
H25.10.23	~ H25.10.24	26	0.56	0.13	0.21	<0.035	0.38	0.074	0.29	1.4	0.033	<0.052	<0.029	2.3	0.15	<0.028	1.4	0.39	0.27
H25.10.24	~ H25.10.25	24	0.98	0.13	<0.079	<0.035	0.41	0.11	0.38	<0.67	0.025	<0.052	<0.029	2.3	0.25	<0.028	1.6	0.64	0.47
H25.10.25	~ H25.10.26	7.7	0.36	<0.12	<0.079	<0.035	<0.25	0.078	0.24	<0.67	0.023	<0.052	<0.029	1.9	0.092	<0.028	1.1	0.48	0.87
H25.10.26	~ H25.10.27	14	0.35	<0.12	0.17	<0.035	0.43	0.088	0.38	<0.67	0.022	<0.052	<0.029	4.0	0.14	<0.028	1.8	0.60	0.90
H25.10.27	~ H25.10.28	48	0.35	<0.12	0.23	<0.035	<0.25	0.12	0.82	2.4	0.11	<0.052	0.038	5.0	0.11	<0.028	3.1	1.2	1.3
H25.10.28	~ H25.10.29	14	0.35	0.21	0.16	<0.035	0.60	0.086	0.66	1.1	0.21	<0.052	<0.029	3.6	0.21	<0.028	5.1	1.2	2.0
H25.10.29	~ H25.10.30	91	0.67	0.31	0.46	<0.035	2.0	0.36	4.5	2.8	0.11	<0.052	0.044	1.5	0.82	<0.028	6.6	2.5	2.8
H25.10.30	~ H25.10.31	40	0.30	0.15	0.14	<0.035	0.48	0.061	0.83	0.90	0.039	<0.052	<0.029	3.6	0.18	<0.028	2.4	0.99	0.85
H25.10.31	~ H25.11.1	190	1.3	0.44	0.42	<0.035	0.85	0.36	2.6	3.3	0.13	<0.052	0.12	15	0.41	<0.028	4.9	2.1	2.5
H25.11.1	~ H25.11.2	160	1.2	0.45	1.1	<0.035	1.5	0.20	1.9	2.1	0.34	<0.052	0.075	11	0.43	<0.028	4.9	1.3	2.7
H25.11.2	~ H25.11.3	35	0.90	0.32	0.22	<0.035	0.41	0.47	4.3	1.1	0.048	<0.052	0.058	16	0.25	<0.028	7.6	2.2	4.2
H25.11.3	~ H25.11.4	88	1.3	0.27	0.27	<0.035	0.39	0.23	5.6	2.2	0.047	<0.052	0.079	12	0.25	<0.028	14	3.9	8.4
H25.11.4	~ H25.11.5	83	1.1	0.44	0.41	<0.035	0.74	0.59	4.6	3.3	0.12	<0.052	0.080	25	0.32	<0.028	3.3	1.3	0.98
H25.11.5	~ H25.11.6	62	1.5	0.30	0.28	<0.035	0.66	0.36	2.4	3.7	0.14	<0.052	0.085	12	0.31	<0.028	5.9	2.1	3.2
平均		63	0.80	0.23	0.29	-	0.63	0.23	2.1	1.7	0.10	-	0.041	9.2	0.28	-	4.6	1.5	2.2
最大		190	1.5	0.45	1.1	-	2.0	0.59	5.6	3.7	0.34	-	0.12	25	0.82	-	14	3.8	8.4
最小		7.7	0.30	<0.12	<0.079	-	<0.25	0.061	0.24	<0.67	0.022	-	<0.029	1.9	0.092	-	1.1	0.39	0.27

(4) 冬季調査(土浦保健所局, 平成26年1月22日~平成26年2月5日)

サンプリング実施時期		質量濃度測定値	イオン成分(μg/m ³)									無機元素(ng/m ³)										
開始日	終了日	(μg/m ³)	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Be	Al	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	
H26.1.22	~ H26.1.23	15.6	0.17	1.6	3.7	0.040	2.0	0.12	<0.0028	0.023	<0.27	50	<0.047	2.5	0.50	1.2	5.2	62	0.050	1.1	7.0	
H26.1.23	~ H26.1.24	12.2	0.39	1.3	2.1	0.070	1.5	0.098	0.0031	0.013	<0.27	33	<0.047	2.3	0.30	<0.52	5.6	83	<0.020	1.4	3.3	
H26.1.24	~ H26.1.25	34.9	0.90	8.9	3.0	0.099	3.9	0.31	0.0049	0.026	<0.27	35	<0.047	7.0	2.1	1.9	13	160	0.062	2.1	26	
H26.1.25	~ H26.1.26	70.3	4.5	15	2.9	0.11	6.9	0.66	0.0035	0.033	<0.27	77	<0.047	9.8	2.3	2.7	23	230	0.086	2.5	15	
H26.1.26	~ H26.1.27	14.3	0.35	1.7	1.3	0.069	1.3	0.17	0.0035	0.013	<0.27	22	<0.047	1.9	0.54	<0.52	2.4	28	<0.020	<0.39	1.9	
H26.1.27	~ H26.1.28	15.3	0.66	1.9	1.7	0.091	1.7	0.12	0.0053	0.017	<0.27	22	<0.047	3.9	1.1	1.3	14	140	0.044	0.92	14	
H26.1.28	~ H26.1.29	12.0	0.20	1.4	1.9	0.11	1.3	0.080	0.0054	0.018	<0.27	42	<0.047	5.5	2.6	1.8	8.3	99	0.038	1.5	5.2	
H26.1.29	~ H26.1.30	14.2	0.60	2.4	1.2	0.10	1.6	0.11	0.0061	0.021	<0.27	32	<0.047	3.0	1.4	1.1	7.1	86	0.027	0.91	5.0	
H26.1.30	~ H26.1.31	30.1	1.8	5.6	2.2	0.084	3.3	0.28	0.0041	0.025	<0.27	42	<0.047	6.1	3.5	3.1	16	150	0.073	2.1	8.1	
H26.1.31	~ H26.2.1	7.8	0.28	0.34	1.4	0.12	0.88	0.057	0.0053	0.016	<0.27	24	<0.047	1.9	0.43	<0.52	2.1	29	<0.020	<0.39	2.4	
H26.2.1	~ H26.2.2	21.8	1.1	2.6	2.0	0.14	2.1	0.21	0.0079	0.017	<0.27	29	<0.047	8.5	1.2	<0.52	4.0	59	0.026	0.52	4.2	
H26.2.2	~ H26.2.3	67.3	3.6	17	4.7	0.10	8.0	0.63	0.0061	0.027	<0.27	33	<0.047	5.4	3.2	1.2	9.2	150	0.069	1.7	13	
H26.2.3	~ H26.2.4	35.8	0.61	7.1	5.4	0.22	4.1	0.39	0.025	0.061	<0.27	110	<0.047	5.6	5.8	2.1	9.7	200	0.068	6.5	6.2	
H26.2.4	~ H26.2.5	7.3	0.22	0.96	0.85	0.026	0.90	0.040	<0.0028	0.012	<0.27	9.6	<0.047	<1.1	0.19	0.81	0.92	12	<0.020	1.9	1.7	
平均		25.6	1.1	4.8	2.5	0.099	2.8	0.23	0.0057	0.023	-	40	-	4.5	1.8	1.2	8.6	110	0.039	2.6	8.1	
最大		70.3	4.5	17	5.4	0.22	8.0	0.66	0.025	0.061	-	110	-	9.8	5.8	3.1	23	230	0.086	14	26	
最小		7.3	0.17	0.34	0.85	0.026	0.88	0.040	<0.0028	0.012	-	9.6	-	<1.1	0.19	<0.52	0.92	12	<0.020	<0.39	1.7	

サンプリング実施時期		無機元素(ng/m ³)														炭素成分(μg/m ³)		水溶性有機炭素(μg/m ³)	
開始日	終了日	Zn	As	Se	Sr	Y	Mo	Cd	Sb	Ba	La	Sm	Tl	Pb	Bi	Th	OC	EC	WSOC
H26.1.22	~ H26.1.23	130	1.0	0.30	0.32	<0.035	0.49	0.23	1.2	2.2	0.092	<0.052	0.093	1.1	0.26	<0.028	3.0	1.0	1.5
H26.1.23	~ H26.1.24	75	0.51	<0.12	0.16	<0.035	0.38	0.12	0.56	1.2	0.017	<0.052	<0.029	4.5	0.15	<0.028	3.3	1.1	1.6
H26.1.24	~ H26.1.25	160	0.93	0.45	0.92	<0.035	1.4	0.38</											

2-2 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25年4月から平成26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、日立多賀、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。

(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^リに定められている21物質を対象とし、その物性により次のとおり区分した。

- ① 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、酸化エチレン
- ② 多環芳香族炭化水素：ベンゾ[a]ピレン
- ③ アルデヒド類：ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド
- ④ 金属類：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、ベリリウム及びその化合物、マンガン及びその化合物、クロム及びその化合物

(3) 採取方法及び分析方法

揮発性有機化合物は真空容器（ステンレス製内面不活性化処理済、6L）に約3.0ml/minの流量で24時間採取した大気を捕集管濃縮-ガスクロマトグラフ質量分析法（GC/MS）で分析した。なお、酸化エチレンは臭化水素コーティングの捕集管に大気を約700ml/minの流量で24時間通気し、捕集剤を溶媒で抽出後、GC/MSで分析した。

多環芳香族炭化水素は大気を流量700又は750L/minの流量で24時間吸引し、石英ろ紙上に捕集し、その一部を溶媒で抽出後、蛍光検出器付高速液体クロマトグラフ（HPLC）で分析した。

アルデヒド類はオゾン除去能を有する固相カラムの後段にジフェニルヒドラジンを含む固相カラムを装着し約100ml/minの流量で誘導体化しながら捕集し、後段の固相カラムを溶媒で抽出後、紫外可視検出器付HPLCで分析した。

水銀は金コーティングの捕集管に大気を約100ml/minの流量で24時間通気し、捕集管を加熱気化冷原子吸光計に装着し分析した。また、水銀を除く金属類は多環芳香族炭化水素を捕集した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した。

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24年度全国調査の集計結果²⁾とともに表1に示す。



図1 調査地点

(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物質については、すべての調査地点で環境基準値以下であった。

(2) 指針値が設定されている8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の8物質については、すべての調査地点で指針値以下であった。

(3) その他の9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9物質については、全国調査²⁾の濃度範囲内であった。

4 調査結果の詳細

(1) 環境基準が設定されている4物質

① ベンゼン

表1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 $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立多賀の $0.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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1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 $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖消防の $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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1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。最大値は神栖下幡木の $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立多賀と神栖消防の $0.070 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図4に経年変化を示す。平成19～24年度は上昇傾向であったが、平成25年度は減少傾向に転じた。

④ ジクロロメタン

表1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。最大値は日立多賀の $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖下幡木の $0.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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8物質

① アクリロニトリル

表1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。最大値は土浦中村南の $0.056 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖消防の $0.021 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.038 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.080 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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1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 $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は筑西保健所の $0.020 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.096 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.047 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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

していることから、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1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 $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は筑西保健所の $0.041 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.069 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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1に示すとおり、全ての地点で指針値 $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は神栖消防の $0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖下幡木の $0.051 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。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は異なり、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1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 $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は日立多賀の $0.051 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.091 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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1に示すとおり、全ての地点で指針値 $40 \text{ng}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は土浦中村南の $2.0 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖消防の $1.2 \text{ng}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $1.6 \text{ng}/\text{m}^3$ と全国平均値 $2.1 \text{ng}/\text{m}^3$ 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1に示すとおり、全ての地点で指針値 $25 \text{ng}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は神栖消防の $3.9 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $2.1 \text{ng}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $3.1 \text{ng}/\text{m}^3$ と全国平均値 $4.1 \text{ng}/\text{m}^3$ 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1に示すとおり、全ての地点で指針値 $6 \text{ng}/\text{m}^3$ より低い値であった。最大値は水戸石川の $2.2 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は神栖消防の $1.3 \text{ng}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $1.8 \text{ng}/\text{m}^3$ で全国平均値 $1.5 \text{ng}/\text{m}^3$ より高い値であった。図13に経年変化を示す。

(3) その他の9物質

① 酸化エチレン

表1に示すとおり、最大値は神栖消防の $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $0.044 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で全国平均値 $0.090 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図14に経年変化を示す。神栖消防において年度による増減があるものの、他の地点において少なくとも平成20年度からはほぼ横ばい傾向である。

② ベンゾ[a]ピレン

表1に示すとおり、最大値は神栖消防の $0.76 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $0.12 \text{ng}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.37 \text{ng}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.21 \text{ng}/\text{m}^3$ より高い値であった。図15に経年変化を示す。年度によって変動が大きい。

③ ホルムアルデヒド

表 1 に示すとおり、最大値は神栖消防の $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は土浦中村南の $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で全国平均値 $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図 16 に経年変化を示す。

④ アセトアルデヒド

表 1 に示すとおり、最大値は神栖消防の $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値であった。図 17 に経年変化を示す。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。

⑤ ベリリウム及びその化合物

表 1 に示すとおり、最大値は土浦中村南の $0.032 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $0.013 \text{ng}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $0.022 \text{ng}/\text{m}^3$ と全国平均値 $0.024 \text{ng}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 18 に経年変化を示す。

⑥ マンガン及びその化合物

表 1 に示すとおり、最大値は神栖消防の $36 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $10 \text{ng}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $27 \text{ng}/\text{m}^3$ と全国平均値 $24 \text{ng}/\text{m}^3$ より高い値であった。図 19 に経年変化を示す。

⑦ クロム及びその化合物

表 1 に示すとおり、最大値は土浦中村南の $4.3 \text{ng}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $2.1 \text{ng}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $3.4 \text{ng}/\text{m}^3$ と全国平均値 $5.3 \text{ng}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 20 に経年変化を示す。全地点で前年度より減少した。

⑧ 塩化メチル

表 1 に示すとおり、最大値は土浦保健所の $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $0.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県内全地点でほぼ同程度の値であった。県平均値では $0.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 21 に経年変化を示す。全地点で前年度より減少した。

⑨ トルエン

表 1 に示すとおり、最大値は土浦中村南の $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は水戸石川の $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、県平均値では $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と全国平均値 $8.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より低い値であった。図 22 に経年変化を示す。

4 まとめ

環境基準あるいは指針値を有する項目は、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。他の項目も全国調査の範囲内であった。

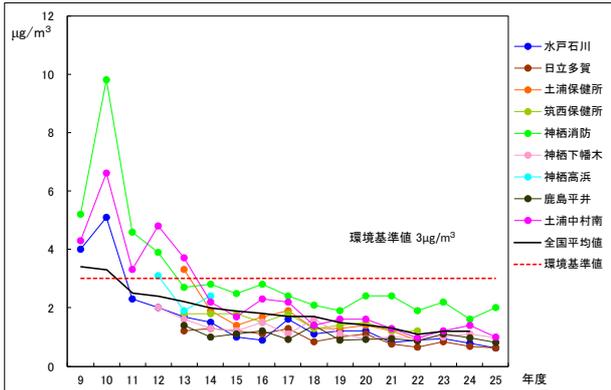
参考文献

- 1) 環境省(2011)有害大気汚染物質測定方法マニュアル(平成23年3月改定)
<http://www.env.go.jp/air/osen/manual2/>
- 2) 環境省(2014)平成24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_h24/index.ht/ml

表1 平成25年度調査結果(年平均)

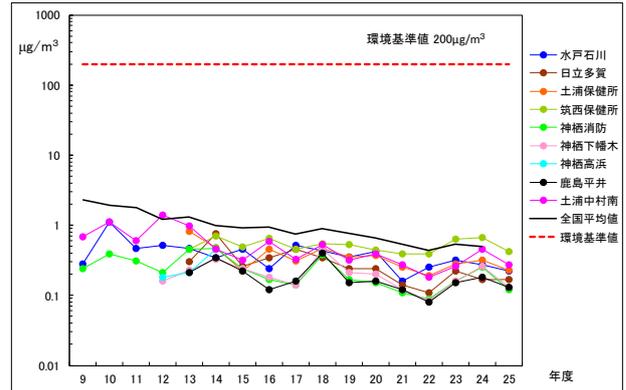
単位：揮発性有機化合物，アルデヒド類…μg/m ³ 多環芳香族炭化水素，金属類…ng/m ³												
地点名	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神栖消防	神栖下幡木	鹿嶋平井	土浦中村南				
区分	一般環境				固定発生源周辺				幹線道路沿道	県内調査地点平均	平成24年度全国平均 ¹⁾ (範囲)	環境基準値及び指針値
測定期間	H24.4~H25.3											
揮発性有機化合物	ベンゼン	0.62	0.63	0.90	0.74	2.0	0.98	0.82	1.0	1.0	1.2 (0.4~3.0)	3
	トリクロロエチレン	0.22	0.17	0.23	0.42	0.12	0.13	0.13	0.27	0.21	0.50 (0.010~10)	200
	テトラクロロエチレン	0.092	0.070	0.11	0.087	0.070	0.12	0.088	0.11	0.09	0.18 (0.0075~1.7)	200
	ジクロロメタン	0.70	1.9	1.1	0.94	0.62	0.60	0.86	0.96	0.96	1.6 (0.26~13)	150
	アクリロニトリル	0.038	0.024	0.039	0.032	0.021	0.036	0.055	0.056	0.038	0.080 (0.0075~1.8)	2 (指針値)
	塩化ビニルモノマー	0.023	0.041	0.042	0.020	0.42	0.085	0.089	0.045	0.096	0.047 (0.0036~0.88)	10 (指針値)
	クロロホルム	0.046	0.044	0.094	0.041	0.054	0.066	0.065	0.14	0.069	0.20 (0.018~1.9)	18 (指針値)
	1,2-ジクロロエタン	0.072	0.077	0.057	0.057	0.58	0.051	0.086	0.054	0.13	0.17 (0.058~1.8)	1.6 (指針値)
	1,3-ブタジエン	0.054	0.051	0.11	0.074	0.14	0.098	0.079	0.12	0.091	0.14 (0.0097~2.0)	2.5 (指針値)
	塩化メチル	0.91	0.97	1.0	0.98	0.93	0.99	0.99	0.99	0.97	1.5 (0.11~5.6)	—
トルエン	2.6	3.3	5.4	4.4	4.1	3.0	2.8	5.8	3.9	8.4 (0.74~43)	—	
酸化エチレン	0.044	—	—	—	0.19	—	—	0.061	0.10	0.090 (0.030~0.77)	—	
多環芳香族炭化水素	ベンゾ[a]ピレン	0.12	—	—	—	0.76	—	—	0.23	0.37	0.21 (0.0060~2.7)	—
アルデヒド類	ホルムアルデヒド*	3.3	—	—	—	3.4	—	—	2.9	3.2	2.5 (0.51~5.9)	—
	アセトアルデヒド*	2.3	—	—	—	3.2	—	—	2.6	2.7	2.1 (0.53~10)	—
金属類	水銀及びその化合物	1.6	—	—	—	1.2	—	—	2.0	1.6	2.1 (0.82~6.1)	40 (指針値)
	ニッケル化合物	2.1	—	—	—	3.9	—	—	3.2	3.1	4.1 (0.41~24)	25 (指針値)
	ヒ素及びその化合物	2.2	—	—	—	1.3	—	—	1.8	1.8	1.5 (0.16~15)	6 (指針値)
	ベリリウム及びその化合物	0.013	—	—	—	0.021	—	—	0.032	0.022	0.024 (0.00064~0.17)	—
	マンガン及びその化合物	10	—	—	—	36	—	—	34	27	24 (2.4~160)	—
	クロム及びその化合物	2.1	—	—	—	3.8	—	—	4.3	3.4	5.3 (0.28~70)	—

1) 環境省水・大気環境局，平成24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)



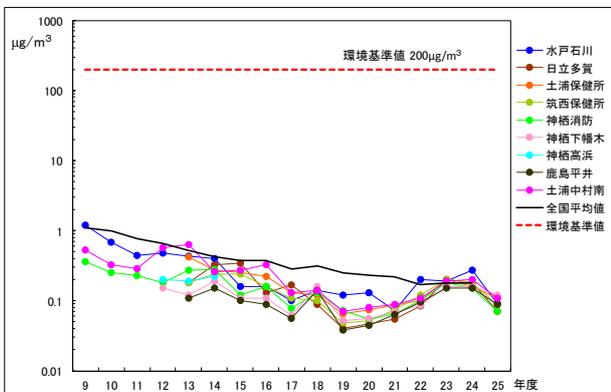
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下幡木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値	環境基準値
9	4.0				5.2				4.3	3.4	
10	5.1				9.8				6.6	3.3	
11	2.3				4.6				3.3	2.5	
12	2.0				3.9	2.0	3.1		4.8	2.4	
13	1.7	1.2	3.3	1.8	2.7	1.6	1.9	1.4	3.7	2.2	
14	1.5	1.3	1.9	1.8	2.8	1.3	2.4	0.99	2.2	2.0	
15	1.0	1.2	1.4	1.8	2.5	1.2		1.1	1.7	1.9	
16	0.89	1.1	1.7	1.5	2.8	1.5		1.2	2.3	1.8	
17	1.6	1.3	1.9	1.8	2.4	1.1		0.91	2.2	1.7	
18	1.1	0.84	1.3	1.3	2.1	1.6		1.4	1.4	1.7	
19	1.2	0.99	1.3	1.4	1.9	1.1		0.90	1.6	1.5	
20	1.2	1.1	1.4	1.5	2.4	0.94		0.91	1.6	1.4	
21	0.82	0.76	1.2	1.2	2.4	1.0		0.94	1.3	1.3	
22	0.88	0.66	0.89	1.2	1.9	0.96		0.86	0.98	1.1	
23	0.94	0.84	1.2	1.2	2.2	1.0		1.1	1.2	1.2	
24	0.79	0.69	1.2	1.1	1.6	1.1		0.97	1.4	1.2	
25	0.62	0.63	0.90	0.74	2.0	0.98		0.82	1.0		

図2 経年変化 ベンゼン



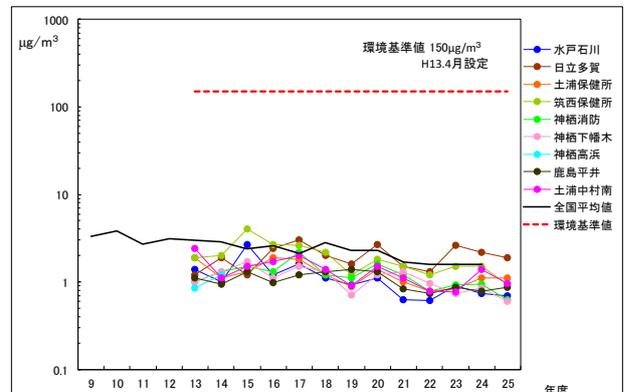
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下幡木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値	環境基準値
9	0.28				0.24				0.69	2.3	
10	1.1				0.39				1.1	1.9	
11	0.47				0.31				0.6	1.8	
12	0.51				0.21	0.16	0.18		1.4	1.2	
13	0.47	0.3	0.81	0.45	0.45	0.23	0.21	0.21	0.98	1.3	
14	0.34	0.75	0.48	0.71	0.47	0.33	0.45	0.34	0.46	1.0	
15	0.46	0.26	0.22	0.49	0.24	0.24		0.22	0.32	0.92	
16	0.24	0.34	0.45	0.65	0.17	0.18		0.12	0.58	0.93	
17	0.52	0.46	0.31	0.46	0.14	0.14		0.16	0.33	0.75	
18	0.43	0.34	0.47	0.55	0.38	0.46		0.4	0.53	0.9	
19	0.35	0.24	0.35	0.53	0.17	0.21		0.15	0.32	0.76	
20	0.42	0.24	0.37	0.44	0.15	0.20		0.16	0.39	0.65	
21	0.16	0.14	0.25	0.39	0.11	0.12		0.12	0.27	0.53	
22	0.25	0.11	0.19	0.39	0.089	0.085		0.081	0.18	0.44	
23	0.32	0.22	0.28	0.64	0.16	0.16		0.15	0.26	0.53	
24	0.27	0.17	0.32	0.66	0.25	0.26		0.18	0.46	0.50	
25	0.22	0.17	0.23	0.42	0.12	0.13		0.13	0.27		

図3 経年変化 トリクロロエチレン



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下幡木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値	環境基準値
9	1.2				0.36				0.53	1.1	
10	0.69				0.25				0.33	1.0	
11	0.44				0.23				0.29	0.77	
12	0.48				0.18	0.15	0.20		0.57	0.66	
13	0.43	0.18	0.42	0.18	0.27	0.12	0.19	0.11	0.63	0.52	
14	0.40	0.33	0.27	0.24	0.28	0.19	0.22	0.15	0.26	0.43	
15	0.16	0.34	0.25	0.24	0.12	0.11		0.10	0.27	0.38	
16	0.16	0.13	0.22	0.16	0.16	0.11		0.089	0.33	0.38	
17	0.10	0.17	0.13	0.11	0.078	0.062		0.056	0.13	0.28	
18	0.14	0.088	0.12	0.10	0.13	0.16		0.14	0.14	0.31	
19	0.12	0.04	0.065	0.048	0.073	0.052		0.038	0.07	0.25	
20	0.13	0.047	0.074	0.052	0.055	0.056		0.045	0.081	0.23	
21	0.072	0.054	0.086	0.074	0.065	0.068		0.063	0.089	0.22	
22	0.20	0.084	0.10	0.12	0.10	0.087		0.096	0.11	0.17	
23	0.19	0.20	0.20	0.20	0.18	0.16		0.15	0.19	0.18	
24	0.27	0.18	0.16	0.18	0.15	0.16		0.15	0.20	0.18	
25	0.092	0.070	0.11	0.087	0.07	0.12		0.088	0.11		

図4 経年変化 テトラクロロエチレン



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下幡木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値	環境基準値
9										3.3	
10										3.8	
11										2.7	
12										3.1	
13	1.4	1.2	1.9	1.9	1.0	1.0	0.85	1.1	2.4	3.0	
14	1.0	1.9	1.1	2.0	1.3	1.3	1.2	0.94	1.1	2.9	
15	2.7	1.2	1.3	4.0	1.5	1.7		1.3	1.5	2.4	
16	1.2	2.4	1.9	2.7	1.3	1.1		0.98	1.7	2.6	
17	1.6	3.0	1.8	2.6	2.2	1.5		1.2	2.0	2.1	
18	1.1	2.0	1.2	2.2	1.2	1.3		1.3	1.4	2.8	
19	0.93	1.6	0.88	1.2	1.1	0.71		1.4	0.91	2.3	
20	1.1	2.7	1.4	1.8	1.6	1.2		1.3	1.5	2.3	
21	0.62	1.5	1.0	1.5	1.2	1.3		0.84	1.1	1.7	
22	0.61	1.3	0.79	1.2	0.79	0.96		0.74	0.79	1.6	
23	0.91	2.6	0.83	1.5	0.92	0.73		0.86	0.77	1.6	
24	0.74	2.2	1.1	1.5	0.95	0.85		0.79	1.4	1.6	
25	0.70	1.9	1.1	0.94	0.62	0.60		0.86	0.96		

図5 経年変化 ジクロロメタン

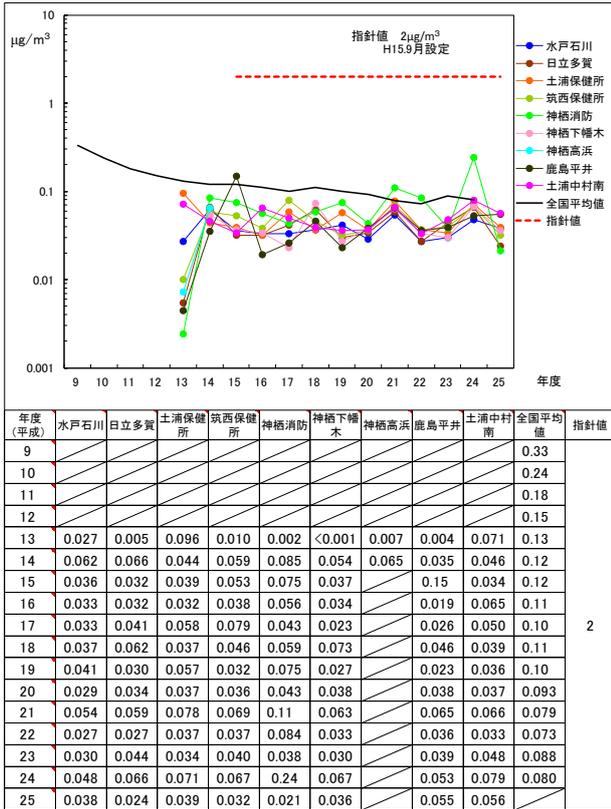


図6 経年変化 アクリロニトリル

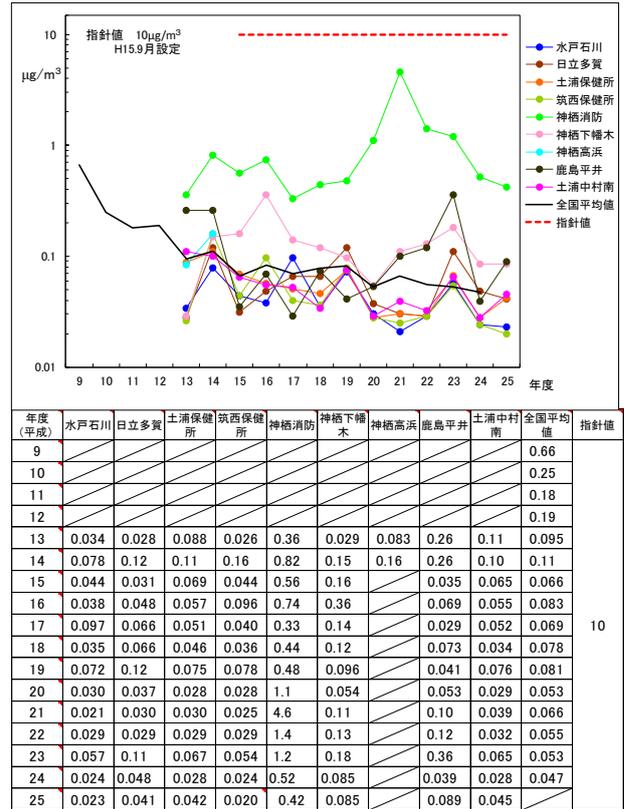


図7 経年変化 塩化ビニルモノマー

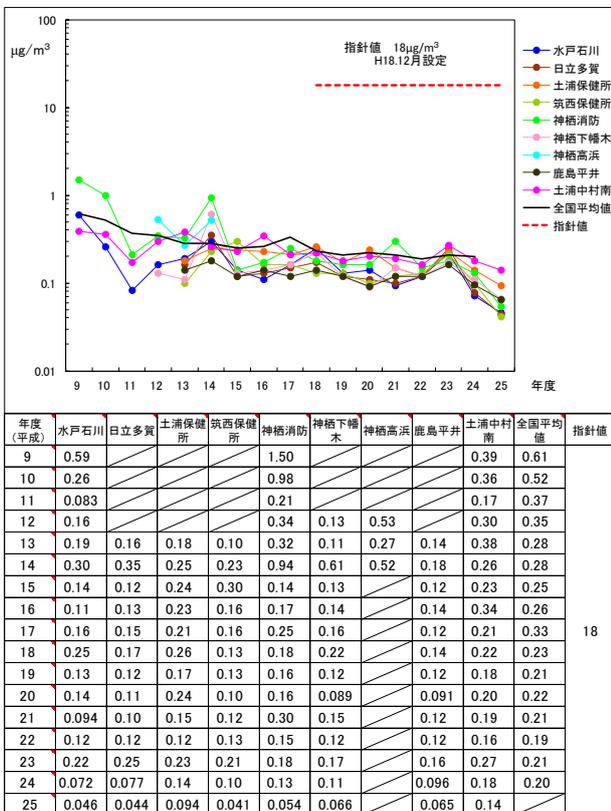


図8 経年変化 クロロホルム

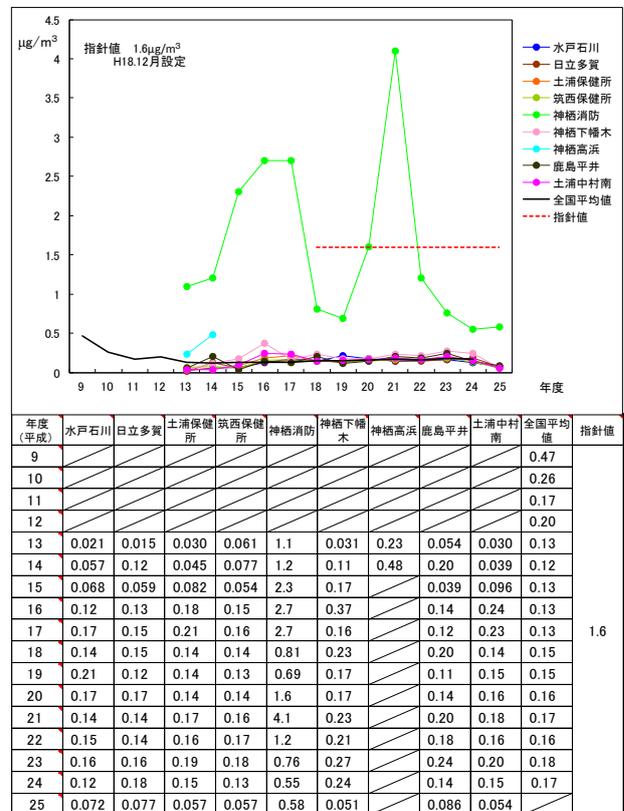
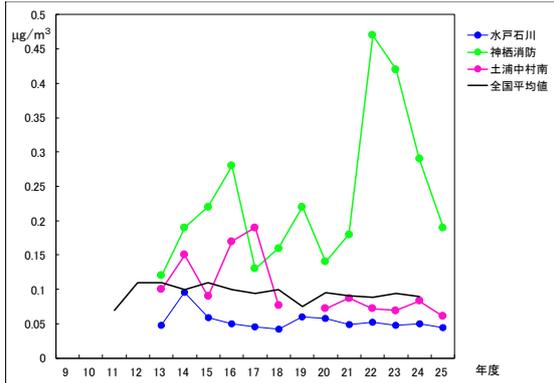
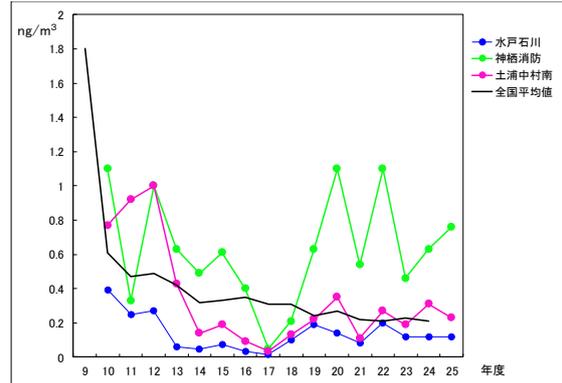


図9 経年変化 1,2-ジクロロエタン



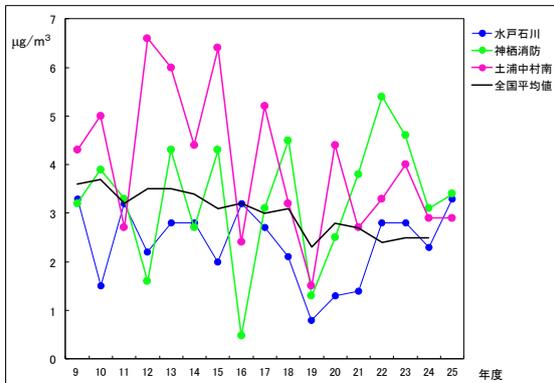
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下樺木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値
9										
10										
11										0.070
12										0.11
13	0.048				0.12				0.10	0.11
14	0.096				0.19				0.15	0.10
15	0.059				0.22				0.090	0.11
16	0.050				0.28				0.17	0.10
17	0.045				0.13				0.19	0.094
18	0.042				0.16				0.077	0.10
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	

図14 経年変化 酸化エチレン



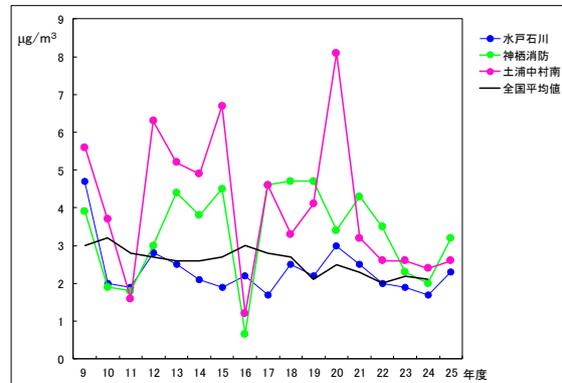
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下樺木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値
9										1.8
10	0.39				1.1				0.77	0.61
11	0.25				0.33				0.92	0.47
12	0.27				1.0				1.0	0.49
13	0.06				0.63				0.43	0.42
14	0.048				0.49				0.14	0.32
15	0.074				0.61				0.19	0.33
16	0.033				0.40				0.092	0.35
17	0.015				0.048				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	

図15 経年変化 ベンゾ[a]ピレン



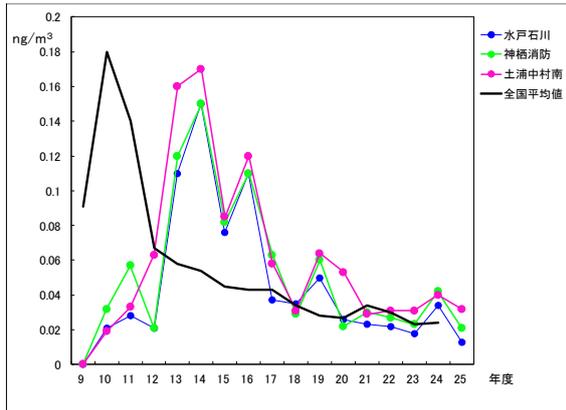
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下樺木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値
9	3.3				3.2				4.3	3.6
10	1.5				3.9				5.0	3.7
11	3.2				3.3				2.7	3.2
12	2.2				1.6				6.6	3.5
13	2.8				4.3				6.0	3.5
14	2.8				2.7				4.4	3.4
15	2.0				4.3				6.4	3.1
16	3.2				0.48				2.4	3.2
17	2.7				3.1				5.2	3.0
18	2.1				4.5				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	

図16 経年変化 ホルムアルデヒド



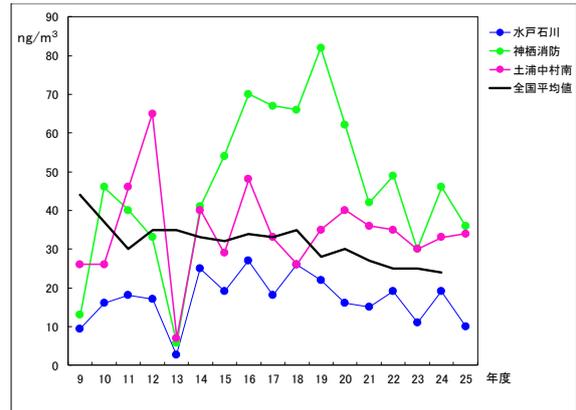
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下樺木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値
9	4.7				3.9				5.6	3.0
10	2.0				1.9				3.7	3.2
11	1.9				1.8				1.6	2.8
12	2.8				3.0				6.3	2.7
13	2.5				4.4				5.2	2.6
14	2.1				3.8				4.9	2.6
15	1.9				4.5				6.7	2.7
16	2.2				0.66				1.2	3.0
17	1.7				4.6				4.6	2.8
18	2.5				4.7				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	

図17 経年変化 アセトアルデヒド
※(数値)は参考値扱い。



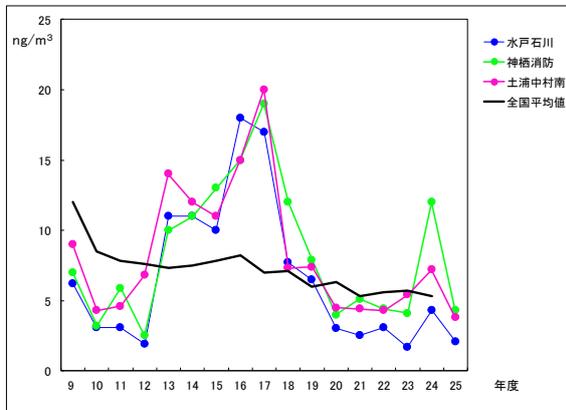
年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下榑木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値
9	N.D				N.D				N.D	0.091
10	0.021				0.032				0.019	0.18
11	0.028				0.057				0.033	0.14
12	0.021				0.021				0.063	0.067
13	0.11				0.12				0.16	0.058
14	0.15				0.15				0.17	0.054
15	0.076				0.082				0.085	0.045
16	0.11				0.11				0.12	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	

図18 経年変化 バリウム及びその化合物



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下榑木	神橋高浜	鹿島平井	土浦中村南	全国平均値
9	9.3				13				26	44
10	16				46				26	37
11	18				40				46	30
12	17				33				65	35
13	2.6				5.7				7.0	35
14	25				41				40	33
15	19				54				29	32
16	27				70				48	34
17	18				67				33	33
18	26				66				26	35
19	22				82				35	28
20	16				62				40	30
21	15				42				36	27
22	19				49				35	25
23	11				30				30	25
24	19				46				33	24
25	10				36				34	

図19 経年変化 マンガン及びその化合物



年度(平成)	水戸石川	日立多賀	土浦保健所	筑西保健所	神橋消防	神橋下榑木	神橋高浜	鹿島平井	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	

図20 経年変化 クロム及びその化合物

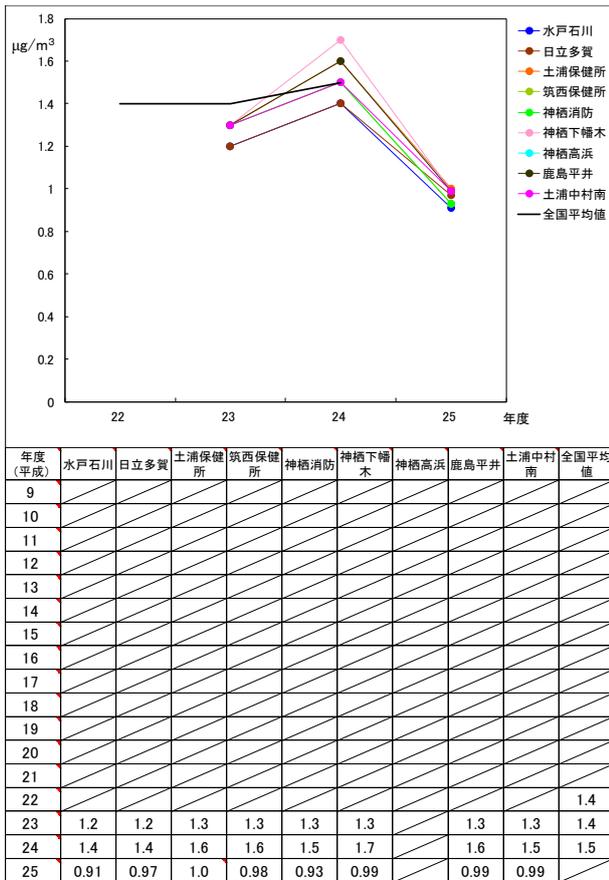


図21 経年変化 塩化メチル

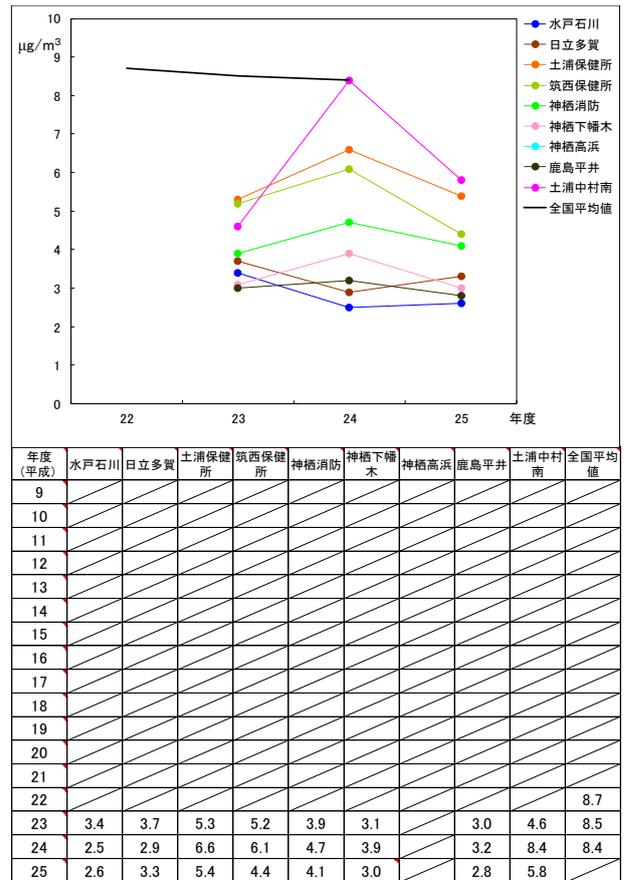


図22 経年変化 トルエン

2-3 大気環境中のフロン濃度調査事業

1 目的

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

2 調査方法

(1) 調査期間及び地点

調査は平成25年5月から平成26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 日立多賀局舎：住宅地に囲まれた公園内に位置し、東南方向約200m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400m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500m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100mには国道50号線がある。



図1 調査地点

(2) 調査対象物質及び測定方法

調査は、特定フロン調査としてCFC-11、CFC-12及びCFC-113の3物質を対象に水戸市において、代替フロン等調査として四塩化炭素、HCFC-21、HCFC-22、HCFC-123、HCFC-141b、HCFC-142b、HCFC-225ca、HCFC-225cbの8物質を対象に、県内5地点において実施した。また、測定方法は有害大気汚染物質調査マニュアル³⁾に基づき、真空容器（ステンレス製内面不活性化処理済、6L）に約3ml/minの流量で24時間採取した環境大気を、ガスクロマトグラフ質量分析法で測定した。

3 結果の概要

調査結果を表1に示す。比較のため、環境省が行った調査結果⁴⁾も併せて示す。また、平成5年度からの本県の結果を図2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は低い値であった（表1及び図2）。

大気中濃度の推移について、CFC-11は調査を開始した平成5年度からほぼ横ばいであり、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25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は低い値であった。HCFC-225cbについては平成25年度においては不検出であった。また、HCFC-21、HCFC-123及びHCFC-225caは全ての調査において不検出であった。県平均値と県外の値を比較すると、四塩化

炭素は北海道より若干低かった。HCFC-22, 及び HCFC-142b は 茨城県 < 北海道 < 川崎, HCFC-141bは北海道 < 茨城県 < 川崎の傾向であった(表1)。

表 1 平成 25 年度調査結果

物質名	地点別年平均値					H25年度 県平均	H24年度 県平均	経年調査結果 ¹⁾	
	水戸	日立	土浦	筑西	神栖			北海道	川崎
< 特定フロン >									
CFC-11	0.24	-	-	-	-	0.24	0.25	0.23	0.26
CFC-12	0.37	-	-	-	-	0.37	0.56	0.53	0.56
CFC-113	0.056	-	-	-	-	0.056	0.082	0.074	-
< 代替フロン等 >									
四塩化炭素	0.07	0.064	0.066	0.066	0.068	0.067	0.092	0.089	-
HCFC-21	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.0012	-	-
HCFC-22	0.18	0.23	0.24	0.22	0.17	0.21	0.34	0.23	0.35
HCFC-123	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.0017	-	-
HCFC-141b	0.028	0.057	0.025	0.04	0.028	0.036	0.054	0.026	0.037
HCFC-142b	0.018	0.027	0.016	0.014	0.015	0.018	0.032	0.024	0.026
HCFC-225ca	< 0.0019	< 0.0019	< 0.0019	< 0.0019	< 0.0019	< 0.0019	< 0.0014	-	-
HCFC-225cb	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	0.0024	-	-

4) 平成24年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書, 平成25年9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

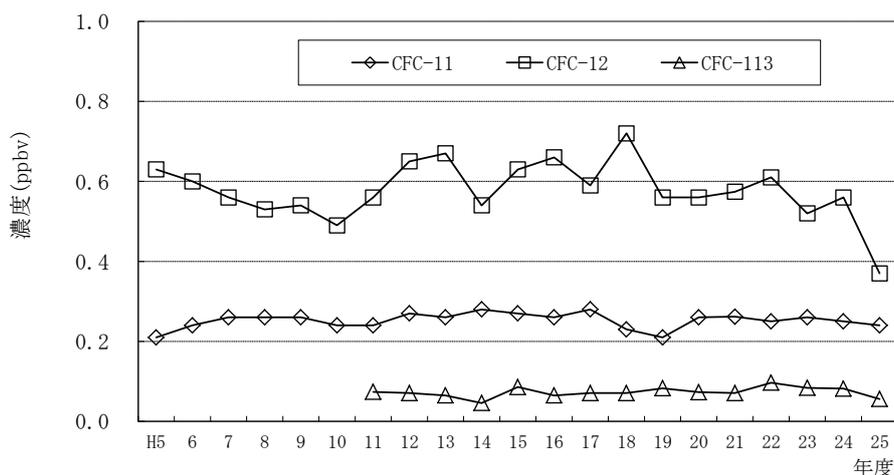


図 2 特定フロンの推移

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)
- 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)
- 3) 有害大気汚染物質測定方法マニュアル(平成23年3月改定), 環境省(2011)
- 4) 平成24年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書, 環境省(2013)

<http://www.env.go.jp/earth/report/h25-04/index.html>

2-4 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 25 年 3 月 26 日から平成 26 年 4 月 8 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： SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} （Metrohm 850）とした。なお、測定項目の精度管理は、環境省の湿性沈着モニタリング手引き書¹⁾に従い、イオンバランス又は電気伝導率バランスが基準範囲を超える場合は、再分析を行った。

3 結果の概要

(1) 調査結果概要

月毎の降雨採取期間を表 1 に、月毎の測定結果を表 2 に示す。月毎の pH は、4.22～6.10 の範囲にあり、年平均値 5.00 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 25 年度の年平均値は、平成 24 年度の年平均値 4.86 及び全国の酸性雨調査結果²⁾の平均値 4.76 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 年度は下降傾向であったが、平成 25 年度は上昇に転じた。平成 24 年度までは全国の平均値²⁾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（2014）平成 24 年度酸性雨調査結果について
<http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/h24/index.html>

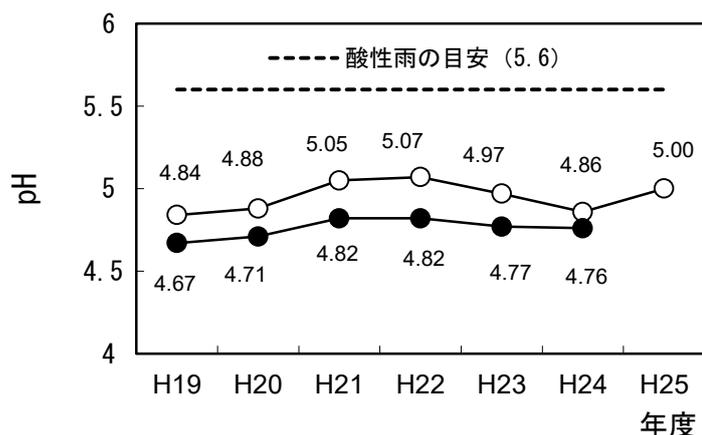


図2 茨城県土浦市における降雨 pH の経年変化
○：土浦市，●：全国平均

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25年3月26日～平成25年5月8日	10月	平成25年10月8日～平成25年11月6日
5月	平成25年5月8日～平成25年6月4日	11月	平成25年11月6日～平成25年12月3日
6月	平成25年6月4日～平成25年7月2日	12月	平成25年12月3日～平成25年12月26日
7月	平成25年7月2日～平成25年7月30日	1月	平成25年12月26日～平成26年1月28日
8月	平成25年7月30日～平成25年8月27日	2月	平成26年1月28日～平成26年2月25日
9月	平成25年8月27日～平成25年10月8日	3月	平成26年2月25日～平成26年4月8日

	降水量													
	貯水量 (mm)	pH	EC (μS/cm)	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	
4月	141	4.92	22.20	1.76	1.16	2.79	0.46	1.60	0.11	0.26	0.21	1.35	0.20	
5月	91	4.66	14.66	1.36	1.12	0.52	0.46	0.28	0.03	0.07	0.02	1.29	0.06	
6月	121	6.10	12.26	1.23	1.46	0.42	0.90	0.19	0.07	0.06	0.08	1.19	0.06	
7月	43	4.26	28.80	2.85	2.69	0.58	0.96	0.31	0.05	0.14	0.03	2.77	0.13	
8月	61	4.22	25.90	1.97	2.34	0.33	0.51	0.19	0.02	0.06	0.01	1.92	0.05	
9月	199	5.19	9.94	0.67	0.52	1.23	0.27	0.77	0.02	0.06	0.10	0.48	0.03	
10月	323	5.61	4.10	0.32	0.29	0.49	0.11	0.28	0.08	0.15	0.05	0.25	0.14	
11月	10	4.85	53.90	3.56	2.04	11.11	0.70	6.29	0.30	0.94	0.74	1.98	0.70	
12月	41	5.54	11.71	0.72	0.59	1.82	0.15	1.03	0.04	0.18	0.13	0.46	0.14	
1月	23	5.40	7.53	0.91	0.92	0.28	0.17	0.15	0.03	0.49	0.06	0.88	0.48	
2月	144	5.33	9.56	0.70	0.40	1.31	0.06	0.80	0.06	0.10	0.09	0.50	0.07	
3月	168	5.36	15.94	1.50	1.15	1.69	0.37	0.97	0.08	0.32	0.13	1.25	0.28	
最大	323	6.10	53.90	3.56	2.69	11.11	0.96	6.29	0.30	0.94	0.74	2.77	0.70	
最小	10	4.22	4.10	0.32	0.29	0.28	0.06	0.15	0.02	0.06	0.01	0.25	0.03	
平均 ²⁾	1,365	5.00	12.67	1.05	0.89	1.17	0.34	0.68	0.06	0.16	0.09	0.88	0.13	

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。

2-5 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¹⁾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 0.10 本/L、冬期 0.07 本/L であった。土浦保健所における石綿濃度の経年変化は、図 2 に示すとおりである。

表 1 調査結果

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25年8月20日(火) 10:37~14:37	0.11	0.10	晴	南東	3.1	
		平成25年8月21日(水) 10:56~14:56	0.057		晴	東南東	1.7	
		平成25年8月22日(木) 10:16~14:16	0.17		曇	東北東	1.5	
	冬期	平成26年1月16日(木) 10:45~14:47	0.057	0.07	晴	東	1.9	
		平成26年1月17日(金) 10:19~14:25	0.11		曇	西	1.3	
		平成26年1月18日(土) 10:06~14:06	0.057		晴	北東	1.2	
	平均値				0.09			

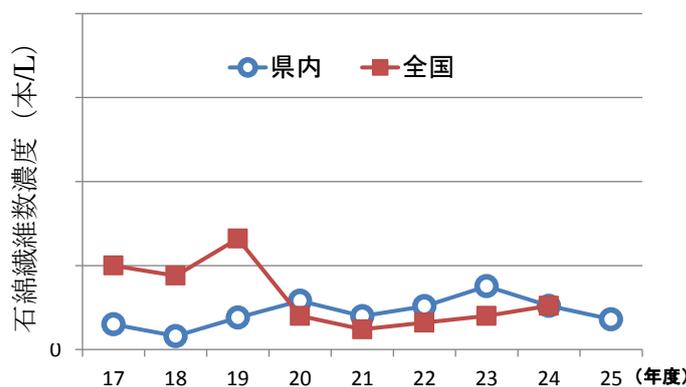


図 2 一般環境(住宅地域)における石綿繊維数濃度

(平成 22~24 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 17~23 年度)

2-6 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，鉾田市，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，例年実施していた県立消防学校については，校内工事の影響により調査に不適であったため，本年度については近接している県立農業大学校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

H25. 6. 7～H25. 11. 22 の内に 2 週間

年間値推定期間

H25. 4. 1～H26. 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¹⁾及び「航空機騒音測定・評価マニュアル²⁾」に基づき，評価値である時間帯補正等価騒音レベル「 L_{den} 値」を年間測定している測定局の測定値で補正し，年間平均 L_{den} 推定値（ 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³⁾に基づき W 値及び年間平均 WECPNL 推定値（W 値推定値）を算出し，新旧評価値の比較を行った。

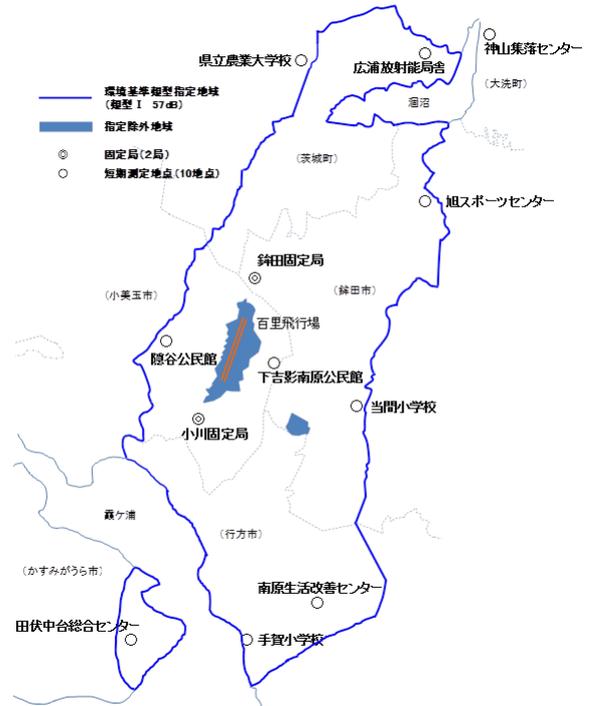


図 1 調査地点

3 結果

(1) 平成 25 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（58.4dB）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 値推定値に関しても 73.1 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 751 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 25 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 Lden 平均値 (dB)	年間平均 Lden 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	H25. 6. 7～ 6.20	0	184	0	0	184	80.4	55.1	57.5	41.5	43.5
下吉影南原公民館	H25.11. 1～11.14	0	685	66	0	751	99.0	73.9	73.1	59.0	58.4
県立農業大学校	H25.11. 1～11.14	0	106	1	0	107	85.3	54.9	53.8	42.1	40.9
広浦放射能局舎	H25. 6. 7～ 6.20	0	104	1	0	105	87.9	59.5	57.5	47.2	45.4
神山集落センター	H25.11. 1～11.14	0	165	0	0	165	90.8	62.2	61.1	48.2	47.0
当間小学校	H25. 6. 7～ 6.20	0	131	4	0	135	94.8	62.0	60.0	48.5	46.7
旭スポーツセンター	H25.11. 1～11.14	0	254	6	0	260	97.3	69.4	68.3	56.5	55.3
手賀小学校	H25. 6. 7～ 6.20	0	43	2	0	45	84.9	52.7	55.1	37.8	39.8
南原生活改善センター	H25.11. 9～11.22	0	176	13	0	189	99.0	67.3	65.0	52.2	50.0
田伏中台総合センター	H25. 6. 7～ 6.20	0	315	39	0	354	93.6	67.2	69.6	53.4	55.4

(2) 前年度との比較

L_{den} については平成 25 年度からの調査となるため、前年度以前の結果がある WECPNL 値について比較を行った。その結果を表 2 に示す。W 値推定値が平成 24 年度より高くなった地点は、田伏中台総合センター (+5.3 WECPNL)、下吉影南原公民館 (+3.4 WECPNL)、南原生活改善センター (+0.3 WECPNL)、の 3 地点あり、低くなった地点は広浦放射能局舎 (-7.7 WECPNL)、当間小学校 (-6.0 WECPNL)、手賀小学校 (-4.9 WECPNL)、県立消防学校 (25 年度は県立農業大学校, -4.8 WECPNL)、隠谷公民館 (-2.9 WECPNL)、神山集落センター (-0.6 WECPNL)、旭スポーツセンター (-0.4 WECPNL) の 7 地点であった

(3) WECPNL と L_{den} の比較

表 3 に 2 週間値の WECPNL 及び L_{den} 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 13 となった。

(4) W 値推定値の推移

平成 16 年度から平成 25 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 年間平均 WECPNL 推定値の総括表

調査地点名	H24	H25	前年との比較	前年との差
県立消防学校及び県立農業大学校	58.6	53.8	↓	-4.8
広浦放射能局舎	65.2	57.5	↓	-7.7
隠谷公民館	60.4	57.5	↓	-2.9
下吉影南原公民館	69.7	73.1	↑	3.4
旭スポーツセンター	68.7	68.3	↓	-0.4
当間小学校	66.0	60.0	↓	-6.0
南原生活改善センター	64.7	65.0	↑	0.3
手賀小学校	60.0	55.1	↓	-4.9
田伏中台総合センター	64.3	69.6	↑	5.3
神山集落センター	61.7	61.1	↓	-0.6

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	57.5	43.5	14.0
下吉影南原公民館	73.1	58.4	14.7
県立農業大学校	53.8	40.9	12.9
広浦放射能局舎	57.5	45.4	12.1
神山集落センター	61.1	47.0	14.1
当間小学校	60.0	46.7	13.3
旭スポーツセンター	68.3	55.3	13.0
手賀小学校	55.1	39.8	15.3
南原生活改善センター	65.0	50.0	15.0
田伏中台総合センター	69.6	55.4	14.2

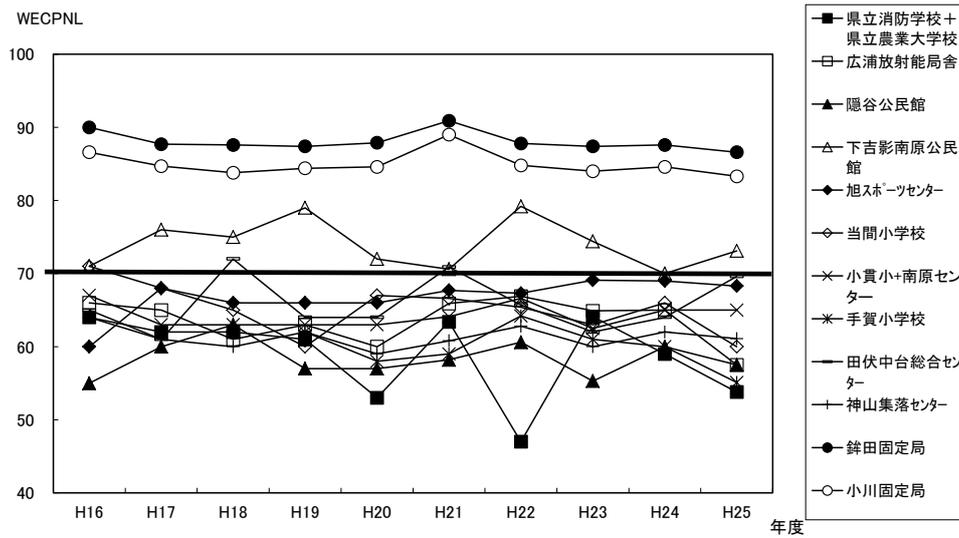


図2 年間平均 WECPNL 推定値の経年変化グラフ

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、58.4dB 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)

2-7 霞ヶ浦飛行場周辺地域における航空機騒音実態調査

1 目的

霞ヶ浦飛行場は陸上自衛隊のヘリコプター訓練飛行を主とする飛行場である。平成 20 年度に調査を実施して以来 5 年が経過し、また平成 25 年 4 月 1 日から騒音評価指標が加重等価平均感覚騒音レベル (WECPNL) より時間帯補正等価騒音レベル (L_{den}) に変更されたことから、最近の同飛行場に係る航空機騒音の実態を把握するため調査を実施した。

2 調査方法

(1) 調査地点

図 1 に示す霞ヶ浦飛行場周辺 4 地点
(土浦市 2 地点, 阿見町 2 地点)

(2) 測定期間

平成 25 年 5 月 20 日～平成 25 年 6 月 2 日

(3) 測定方法

L_{den} 値にあつては「航空機騒音測定・評価マニュアル (環境省平成 24 年 11 月)」に、WECPNL 値にあつては「航空機騒音監視測定マニュアル (環境庁大気保全局昭和 63 年 7 月)」に基づき、2 週間の連続測定を行った。

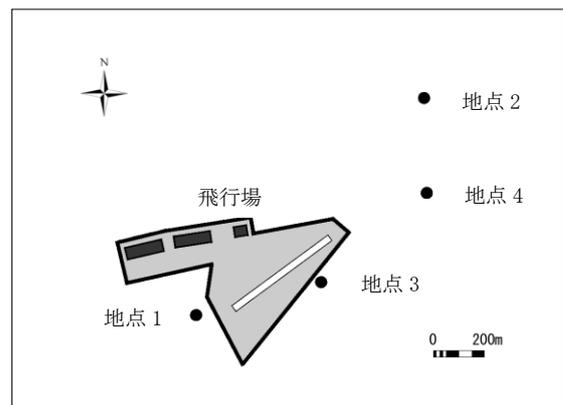


図 1 調査地点

3 結果の概要

本年度の調査結果を平成 8 年度, 平成 9 年度, 15 年度及び 20 年度に実施した調査結果と共に表 1 に示した。

(1) L_{den} 値

2 週間の L_{den} 値の最大は地点 3 の 65.8dB, ついで地点 1 の 58.4dB, 地点 4 の 53.4dB, 最小は地点 2 の 50.6dB であり, 飛行場に近いほど高い値となった。地点 1 と地点 3 については環境基準の目安となる 57dB を超過した。

(2) WECPNL 値

2 週間の WECPNL 値の最大は地点 3 の 76.5WECPNL, ついで地点 1 の 72.6WECPNL, 地点 4 の 65.7WECPNL, 最小は地点 2 の 62.1WECPNL であり, L_{den} 値と同様に飛行場に近いほど高い値となった。従来の環境基準値の目安である 70WECPNL を超過したのは, L_{den} 値と同様に地点 1 と地点 3 であった。

本年度の WECPNL の測定結果は平成 9 年度の測定結果と酷似しており, 騒音レベルはほぼ横ばいであるものと考えられる。なお, 霞ヶ浦飛行場周辺は環境基準の類型指定は行われていない。

表1 調査結果

調査地点		飛行場敷地境界からの距離		平成8年度	平成9年度	平成15年度	平成20年度	平成25年度
地点1	土浦市右舂	南西側	約50m	72.3	72.0	69.1	69.8	72.6
				—	—	—	—	58.4
地点2	土浦市烏山	北東側	約1,000m	64.3	62.2	60.1	58.8	62.1
				—	—	—	—	50.6
地点3	阿見町上郷	南東側	約5m	76.5	76.7	74.8	73.4	76.5
				—	—	—	—	65.8
地点4	阿見町上郷	東北東側	約300m	69.9	66.8	65.1	61.8	65.7
				—	—	—	—	53.4

(上段：WECPNL，下段： L_{den} (dB))

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、P R T R 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¹⁾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¹⁾。

ア 試料採取

水質：平成 25 年 11 月 28 日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：平成 25 年 11 月 28 日に利根川かもめ大橋で採取した。

大気：平成 25 年 11 月 6～9 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：シクロドデカ-1,5,9-トリエン、チオ尿素、1,3-ブタジエン

底質：シクロドデカ-1,5,9-トリエン、2,4-ジ-tert-ペンチルフェノール

大気：2,4,6-トリクロロフェノール、ヘキサメチレン=ジイソシアネート

(2) モニタリング調査

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

ア 試料採取

水質：平成 25 年 11 月 28 日に利根川かもめ大橋で表層水を採水した。

底質：平成 25 年 11 月 28 日に利根川かもめ大橋で採取した。

生物：平成 25 年 11 月 14 日に常磐沖で漁獲したサンマを試料とした。

大気：平成 25 年 9 月 19～26 日及び平成 25 年 11 月 13～20 日に茨城県霞ヶ浦環境科学センター屋上で採取した。

イ 調査対象物質

水質：PCB 類、HCB、クロルデン類、HCH 類、ペンタクロロベンゼン、ヘキサクロロブタ-1,3-ジエン

底質：PCB 類、HCB、クロルデン類、HCH 類、ペンタクロロベンゼン、ヘキサクロロブタ-1,3-

ジエン

生物：PCB類，HCB，クロルデン類，ヘプタクロル類，HCH類，ペンタクロロベンゼン，ヘキサクロロブタ-1,3-ジエン

大気：PCB類，HCB，クロルデン類，ヘプタクロル類，HCH類，ペルフルオロオクタンスルホン酸，ペルフルオロオクタン酸，ペンタクロロベンゼン

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24年度調査結果

(1) 初期環境調査

平成24年度初期環境調査では花園川磯馴橋（北茨城市），利根川河口かもめ大橋（神栖市）の2地点での水質を採取し，水戸石川一般環境大気測定局（水戸市），波崎太田一般環境大気測定局（神栖市）の2地点で大気を捕集した。水質の結果を表1に，大気の結果を表2に示す。

表1 平成24年度初期環境調査 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
花園川磯馴橋 (北茨城市)	1,2-ジブロモエタン	nd	3.7
	1-ブロモプロパン	nd	1.5
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	o-アニシジン	nd	13
	m-アニシジン	nd	10
	p-アニシジン	nd	6.8

(注) nd：不検出

表2 平成24年度初期環境調査 大気の結果

(単位：ng/m³)

調査地点	調査対象物質	測定値			検出下限値
		検体1	検体2	検体3	
水戸石川一般環境大気測定局 (水戸市)	4,6-ジニトロ- <i>o</i> -クレゾール	1.4	0.82	0.76	0.11
	ジブロモクロロメタン	7.2	6.5	3.1	1.8
	ピロカテコール (別名：カテコール)	※1.6	※2.8	9.1	5.0
	ブロモジクロロメタン	13	11	4.6	2.4
波崎太田一般環境大気測定局 (神栖市)	3-クロロ-2-メチル-1-プロペン	nd	nd	nd	4.8

(注) ndは不検出を意味する。

※：参考値（検出下限値未満であるため参考として記載した。）

(2) 詳細環境調査

平成 24 年度詳細環境調査では花園川磯馴橋（北茨城市），那珂川勝田橋（ひたちなか市），利根川河口かもめ大橋（神栖市）の 3 地点での水質を採取し，水戸石川一般環境大気測定局（水戸市），北茨城中郷一般環境大気測定局（北茨城市）の 2 地点で大気を捕集した。水質の結果を表 3 に，大気の結果を表 4 に示す。

表 3 平成 24 年度詳細環境調査 水質の結果

調査地点	調査対象物質	(単位：ng/L)	
		測定値	検出下限値
花園川磯馴橋 (北茨城市)	アクリル酸 n-ブチル	nd	9
	アクリル酸メチル	nd	8
	酢酸ビニル	nd	35
那珂川勝田橋 (ひたちなか市)	4-(1, 1, 3, 3-テトラメチルブチル)フェノール	nd	0.36
利根川河口かもめ大橋 (神栖市)	4-(1, 1, 3, 3-テトラメチルブチル)フェノール	0.64	0.36
	o-フェニレンジアミン	nd	15
	m-フェニレンジアミン	nd	10
	p-フェニレンジアミン	nd	16
	メタクリル酸	nd	28

(注) nd は不検出を意味する。

表 4 平成 24 年度詳細環境調査 大気の結果

調査地点	調査対象物質	測定値			検出下限値
		検体 1	検体 2	検体 3	
水戸石川一般環境大気測定局 (水戸市)	ジメチルアミン	nd	nd	nd	15
	スチレン	160	38	44	11
	トリメチルアミン	8.7	nd	nd	7.0
北茨城中郷一般環境大気測定局 (北茨城市)	スチレン	560	1,700	1,900	11

(注) nd は不検出を意味する。

(3) モニタリング調査

平成 24 年度モニタリング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24年度モニタリング調査 水質の結果

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
PCB類	250	15
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	130	0.7
クロルデン類	110	2.7
α-HCH	280	0.5
β-HCH	290	0.5
γ-HCH（別名：リンデン）	62	0.4
δ-HCH	26	0.4
ポリブロモジフェニルエーテル類（臭素数が4から10までのもの）	1,600	240
ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）	1,400	12
ペルフルオロオクタン酸（PFOA）	6,600	55
ペンタクロロベンゼン	160	1
エンドスルファン類	nd	19
2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェノール	nd	39

（注）ndは不検出を意味する。

表6 平成24年度モニタリング調査 底質の結果

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
PCB類	2,200	18
HCB（ヘキサクロロベンゼン）	720	1
クロルデン類	280	5
α-HCH	44	0.5
β-HCH	74	0.5
γ-HCH（別名：リンデン）	11	0.4
δ-HCH	18	0.3
ポリブロモジフェニルエーテル類（臭素数が4から10までのもの）	95,000	110
ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）	110	4
ペルフルオロオクタン酸（PFOA）	45	2
ペンタクロロベンゼン	320	0.8
エンドスルファン類	41	10
1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン類	3,300	350
2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェノール	23	8
(河川の中央部、右岸及び左岸の計3地点で調査)	83	8
	nd	8

（注）ndは不検出を意味する。

表7 平成24年度モニタリング調査 生物の結果

常磐沖 (サンマ)		(単位: pg/g-wet)	
調査対象物質	測定値	検出下限値	
PCB類	2,100	11	
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	1,100	2.8	
クロルデン類	1,100	5.4	
ヘプタクロル類	120	5	
α-HCH	73	1.2	
β-HCH	210	0.8	
γ-HCH (別名: リンデン)	18	0.9	
δ-HCH	tr(2)	1	
ポリブロモジフェニルエーテル類 (臭素数が4から10までのもの)	tr(120)	83	
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	76	3	
ペルフルオロオクタン酸 (PFOA)	56	13	
ペンタクロロベンゼン	96	2.7	
エンドスルファン類	tr(31)	28	
1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン類	620	80	
2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェノール	tr(2.9)	1.8	

(注) ndは不検出, 「tr」は検出下限以上定量下限未満を意味する。

表8 平成24年度モニタリング調査 大気の結果

茨城県霞ヶ浦環境科学センター (土浦市)		(単位: pg/m ³)		
調査対象物質	温暖期結果	寒冷期結果	検出下限値	
PCB類	75	62	8.5	
HCB (ヘキサクロロベンゼン)	110	94	1.4	
クロルデン類	46	16	1.7	
ヘプタクロル類	7.2	2.8	0.21	
α-HCH	48	8.4	0.7	
β-HCH	2.1	0.39	0.12	
γ-HCH (別名: リンデン)	6.9	2.6	0.32	
δ-HCH	0.74	0.12	0.03	
ポリブロモジフェニルエーテル類 (臭素数が4から10までのもの)	nd	18	6	
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	6.0	3.2	0.2	
ペルフルオロオクタン酸 (PFOA)	9.5	6.7	0.2	
ペンタクロロベンゼン	55	63	0.6	
エンドスルファン類	tr(14)	nd	5.7	
1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン類	3.1	43	0.8	

(注) ndは不検出, 「tr」は検出下限以上定量下限未満を意味する。

参考文献

- 1) 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課：平成 25 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 24 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 3 月)：平成 25 年度版 化学物質と環境
<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2013/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 28 項目及びビスフェノール A、4-t-オクチルフェノールの計 30 項目
- ・ 調査時期 平成 25 年 8 月～9 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 25 年 8 月～9 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），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）

全マンガンについて、全ての地点で検出された。指針値（0.2 mg/L）を超過した地点は八間堀川 0.23 mg/L，中通川 0.67 mg/L，新利根川 0.41 mg/L であった。4-t-オクチルフェノールは磯川 0.02 µg/L であった。

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/>

表 1 平成 25 年度水環境化学物質調査 実態調査及びモニタリング調査結果一覧

統一番号	水取名	調査地点名	指針値等	10	11	12	40	47	66	67	71	72	74	75	77	94	95	102	108	109	111	127	129	130	
1	時間	H25.8.31	10:10	11:11	12:01	14:23	15:11	13:44	H25.9.12	H25.9.12	H25.9.11	13:06	13:37	14:39	13:23	14:48	15:33	15:40	H25.9.13	H25.9.13	11:46	11:08	H25.9.13	10:32	
2	水温	26.5	26.0	24.0	29.5	28.5	31.0	30.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.5	27.5	26.5	21.0	25.5	27.0	27.0	24.0	27.0	30.0	33.5	
3	水深	0.25	0.20	0.10	0.20	1.90	0.55	0.40	0.70	0.50	0.70	0.65	0.80	0.80	0.75	0.15	0.20	0.30	0.30	0.30	0.80	0.75	0.15	0.20	
4	透明度	50 <	50 <	50 <	50 <	50 <	50 <	50 <	50 <	50 <	48.0	50 <	48.0	50 <	43.0	23.5	20.0	21.0	50 <	33.0	50 <	50 <	37.4	50 <	
5	1.クロロホルム (mg/L)	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	
6	2.トランス-1,2-ジクロロエチレン (mg/L)	0.004	0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	
7	3.1,2-ジクロロロロパン (mg/L)	0.006	0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	
8	4.ジクロロベンゼン (mg/L)	0.2	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	
9	5.イソキサチオン (mg/L)	0.008	0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	
10	6.タイアシン (mg/L)	0.005	0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	
11	7.フェニチン (MEP) (mg/L)	0.003	0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	
12	8.イソプロチオン (mg/L)	0.04	0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	
13	9.オキシノル (有機銅) (mg/L)	0.04	0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	
14	10.クロロピコリン (TPN) (mg/L)	0.05	0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	
15	11.プロピコリン (mg/L)	0.008	0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	
16	12.EPN (mg/L)	0.006	0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	
17	13.ジクロロホルム (DDVP) (mg/L)	0.008	0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	
18	14.フェニチン (BPMC) (mg/L)	0.03	0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	
19	15.イプロピコリン (BP) (mg/L)	0.008	0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	
20	16.クロロピコリン (CNP) (mg/L)	0.0005	0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	
21	17.トルエン (mg/L)	0.6	0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	
22	18.キシレン (mg/L)	0.4	0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	
23	19.ブタジエン (mg/L)	0.06	0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	
24	20.ニッケル (mg/L)	0.001	0.002	< 0.001	0.006	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
25	21.トリブチン (mg/L)	0.07	0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	
26	22.アンチモン (mg/L)	0.02	0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
27	23.酸化ビニルモノマー (mg/L)	0.002	0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
28	24.エチルクロロヒドリン (mg/L)	0.0004	0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	< 0.0004	
29	25.ギョウゴン (mg/L)	0.2	0.02	0.15	0.03	< 0.03	0.02	0.06	0.11	0.11	0.05	0.20	0.12	0.05	0.13	0.23	0.67	0.41	0.08	0.09	0.08	0.15	0.10	0.09	
30	26.ブタジエン (mg/L)	0.002	0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	
31	27.フェニチン (mg/L)	0.01	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
32	28.ホルムアルデヒド (mg/L)	1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
33	29.ビスフェノールA (mg/L)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
34	30.4-キタチルフェノール (mg/L)	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	

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。廃棄物関係では，土壌中のクロムの分析を行った。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，震動等に関する測定方法の助言等を行った。

表1 公害事案等調査依頼者別内訳

依頼元	件数	依頼分析検体数
環境対策課	3	9
廃棄物対策課	1	6
県民センター総室	6	54
県北県民センター	0	0
鹿行県民センター	19	75
県南県民センター	25	314
県西県民センター	2	2
その他（公的機関・市町村など）	9	0
計	65	460

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	4	6
地下水水質汚染関係	40	448
廃棄物関係	1	6
騒音関係	10	0
相談	10	0
計	65	460