

印旛沼における植物プランクトン由来炭素量

岩山朱美 平間幸雄*

(* 元千葉県環境研究センター)

1 はじめに

印旛沼は千葉県北西部に位置し、北沼と西沼からなる 11.55 km² の天然湖沼であり (図 1), 1985 年に湖沼水質保全特別措置法に基づき指定湖沼となった。貯水量は 1,970 万 m³, 平均滞留時間は約 22 日, 平均水深は 1.7m である。利水目的は上水, 工業用水, 農業用水及び漁業である。沼水は, 通常, 西沼から捷水路を通り, 北沼を経て, 利根川へと流れる。

水質汚濁防止法に基づく水質測定計画により, 月 2 回の水質測定 (プランクトンを含む) が行われており, これまでに COD, T-N, T-P 等の水質について結果をとりまとめた報告を行っている^{1)~3)}。また, 植物プランクトンに関しては, 1997 年頃までのデータについて解析が行われている^{4)~6)}。

印旛沼の COD は横這いが続いており, 更なる COD 低減のためにはプランクトンの動態の把握が重要となると考えられる。近年, COD 濃度とプランクトン総数との関係に従前と変化がみられる⁷⁾ことから, 懸濁態 COD との関連性が高いと考えられる植物プランクトン由来の炭素量⁸⁾に着目し, 考察を行った。

2 方法

2・1 使用したデータ

使用したデータは, 公共用水域水質測定結果⁹⁾のうち, 1994 年度から 2014 年度までのものである。

測定地点は阿宗橋, 上水道取水口下, 一本松下及び北印旛沼中央の 4 地点 (図 1) であるが, 西沼の 3 地点は変動傾向がほぼ同様であったため, 環境基準点である上水道取水口下を西沼の代表として, 西沼と北沼について解析を行うこととした。

2・2 試料採取と計数方法

試料は表層水をバケツ採水し, グルタルアルデヒ

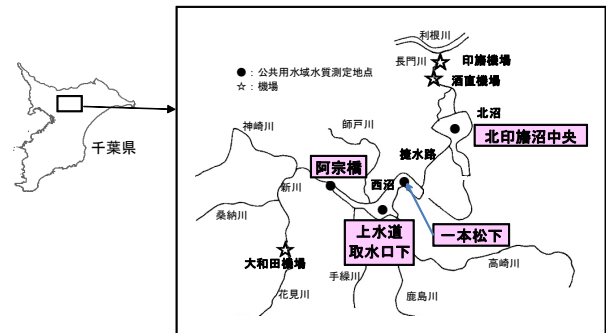


図 1 印旛沼のプランクトン測定地点

ド溶液 (1%) による固定サンプル及び生サンプルを検鏡した。また, 藍藻類は計測に当たり, *Chroococcus* 属及び *Microcystis* 属以外の, 細胞数の計数が困難な種 (*Anabaena* 属, *Aphanocapsa* 属, *Merismopedia* 属, *Oscillatoria* 属, *Phormidium* 属等) については, 群体数で計数している。珪藻類は計測に当たり *Thalassiosira* 科の種 (*Cyclotella* 属, *Stephanodiscus* 属等) は, 光学顕微鏡下での同定が困難であるため, 同属扱いとし, *Cyclotella* spp. 及び *Stephanodiscus* spp. については 1990 年代後半からは *Thalassiosiraceae* として計測している。また, *Aulacoseira* 属の種は, 従来 *Melosira* 属として分類されていたが, 胞紋構造や連結針の違いから *Aulacoseira* 属に組み替えられている。

2・3 植物プランクトンの炭素含有量算出方法

植物プランクトンの炭素含有量は, Strathmann(1967)¹⁰⁾の式により算出した。

$$\text{珪藻} : \log C = -0.422 + 0.758 \log V$$

$$\text{その他藻類} : \log C = -0.460 + 0.866 \log V$$

ここで, C:細胞内炭素量 (pgC/cell),

V:細胞容積 ($\mu\text{m}^3/\text{cell}$)

また, 細胞容積を求めるにあたり, 一瀬による値¹¹⁾,

霞ヶ浦における値¹²⁾、その他文献^{13)~24)}から推測される形状を元に算出した値を使用した。

3 結果

3・1 各測定地点における植物プランクトン由来総炭素量

各測定地点における植物プランクトン由来総炭素量の推移を図2に、各測定地点における植物プランクトン総数とCODの推移を図3に示す。

また、植物プランクトン由来総炭素量と懸濁態CODの相関及び植物プランクトン総数と懸濁態CODの相関を図4に示す。

植物プランクトン総炭素量と懸濁態CODの間には正の相関が見られる(西沼: $r=0.45$, 北沼: $r=0.39$)。また、植物プランクトン総数と懸濁態CODとの間にも正の相関が見られ(西沼: $r=0.57$, 北沼: $r=0.45$)、西沼の方が北沼に比べ相関係数が大きい傾向が見られた。しかしながら、植物プランクトン総数に代えて炭素量を用いても、植物プランクトン現存量の目安となる懸濁態CODとの相関がより高くなることはなかった。参考として、クロロフィルaと植物プランクトン総数、炭素量との相関についても検討を行った結果を図5に示す。クロロフィルaと植物プランクトン総数との相関係数は、西沼: $r=0.49$, 北沼: $r=0.50$, 炭素量との相関係数は西沼: $r=0.42$, 北沼: $r=0.43$ であり、相関が高くなることはなかった($n=657$)。

今回、炭素量の算出に当たっては、細胞体積は全て文献値を使用したため、実際の体積値と異なる可能性がある。そのため、今後、実際の体積値(あるいは炭素量)を計測することにより、懸濁態CODとの相関がより高くなる可能性がある。

3・2 各測定地点における網別炭素量

各測定地点における網別炭素量の推移を図6に、各測定地点における炭素量(網別割合)の推移を図7に、各測定地点における細胞数(網別割合)の推移を図8に示す。細胞数では夏季に藍藻類、その他の季節は主に珪藻類が優占する、という季節変動がみられるが⁷⁾、炭素量では、早春は緑藻類(時に夏まで優占し、藍藻類と競合する)、夏季は藍藻類、その他の季節は主に珪藻類が優占するという季節変動が見られた。

図6に示した網別炭素量割合と図7の網別細胞数割

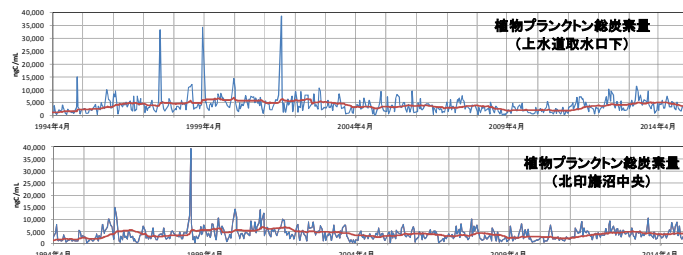


図2 各測定地点における総炭素量の推移

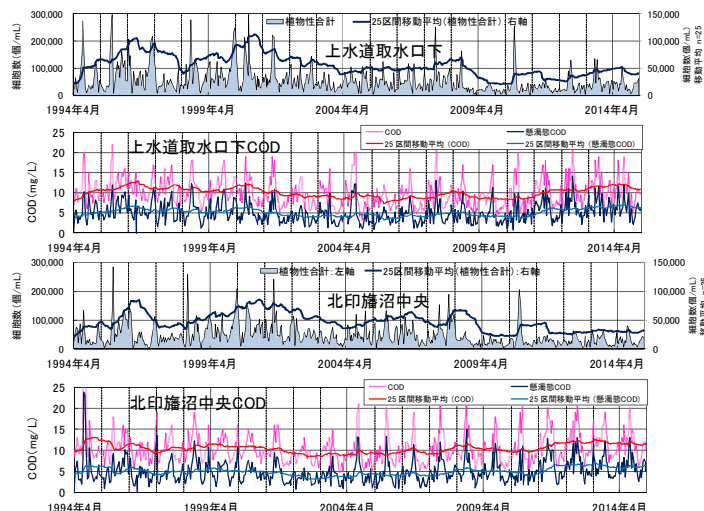


図3 各測定地点における植物プランクトン総数とCODの推移

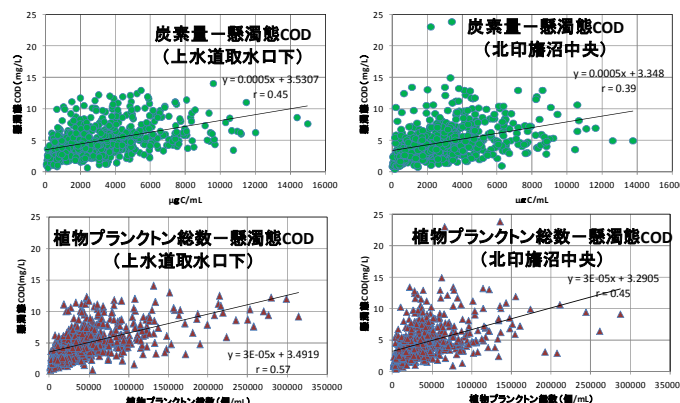


図4 植物プランクトン由来総炭素量・植物プランクトン総数と懸濁態CODの相関

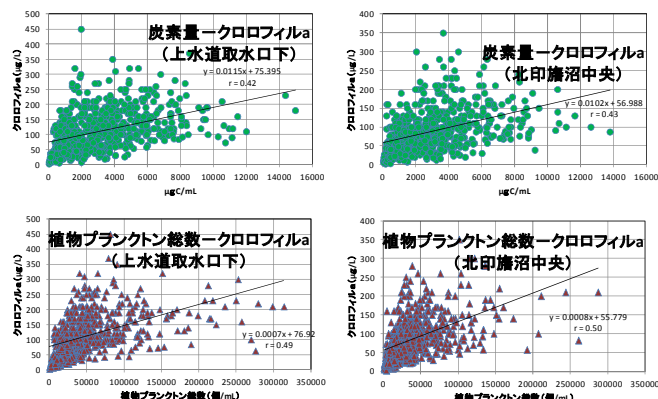


図5 植物プランクトン由来総炭素量・植物プランクトン総数とクロロフィルaの相関

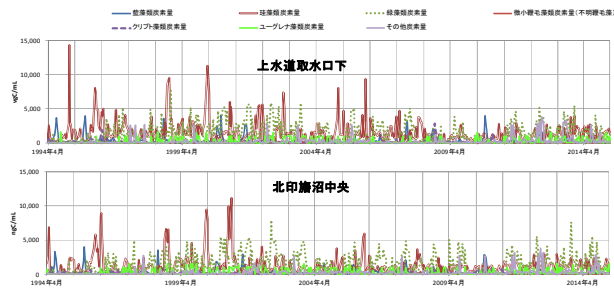


図6 各測定地点における炭素量（綱別）の推移

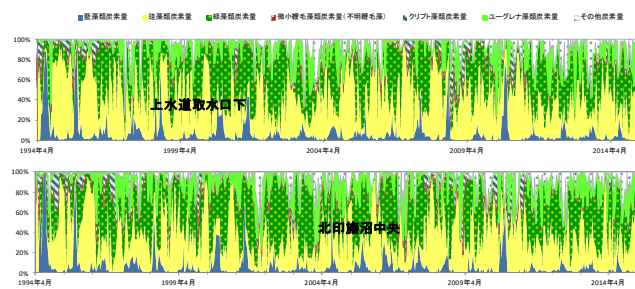


図7 各測定地点における炭素量（綱別割合）の推移

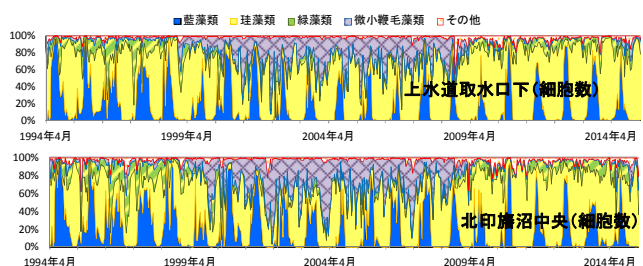


図8 各測定地点における細胞数（綱別割合）の推移
 各測定地点において炭素量に比較すると、炭素量において、「その他」の占める割合が、細胞数で見た場合と比べて高い。

細胞数では1999年度～2008年度に微小鞭毛藻類が優占的に出現したが、⁷⁾、体積が小さく含有炭素量が少ないため（*Microcystis* 属と同程度の値¹⁰⁾）、図6では微小鞭毛藻由来の炭素量に比べるとクリプト藻類やユーグレナ由来の炭素量の方が多かった。クリプト藻類の細胞数は藍藻類よりも少ないが、体積及び炭素量は *Microcystis* 属の約10倍であるため、「その他」としてクリプト藻由来の炭素量のピークが度々出現している。印旛沼に出現した、炭素量での優占種の体積値を表1に示す。

3・3 各測定地点における珪藻類の属別炭素量

各測定地点において優占するとみられる珪藻類に

表1 印旛沼における炭素量優占種の体積(文献値)¹⁰⁾¹¹⁾²⁰⁾及び炭素量

	種名	体積 $\mu\text{m}^3/\text{cell}$	炭素量 pgC/cell	引用 文献		種名	体積 $\mu\text{m}^3/\text{cell}$	炭素量 pgC/cell	引用 文献
藍藻類	<i>Microcystis aeruginosa</i>	65	13	10	珪藻類	<i>Thalassiosiraceae-10</i>	310	30	20
珪藻類	<i>Aulacoseira ambigua</i>	390	35	11	珪藻類	<i>Thalassiosiraceae-25</i>	4,900	240	20
珪藻類	<i>Aulacoseira distans</i>	250	25	11	緑藻類	<i>Micractinium spp.**</i>	100	19	10
珪藻類	<i>Aulacoseira granulata</i>	1,300	85	11	緑藻類	<i>Mougeotia spp.</i>	27,000	2,400	10
珪藻類	<i>Nitzschia spp.**</i>	310	29	10	緑藻類	<i>Scenedesmus spp.**</i>	92	17	10
珪藻類	<i>Skeletonema potamos**</i>	190	20	10	緑藻類	<i>Staurastrum spp.</i>	14,000	1,400	10
珪藻類	<i>Synedra spp.</i>	3,200	170	10	クリプト藻類	<i>Cryptomonas spp.</i>	790	110	10
珪藻類	<i>Cyclotella spp.</i>	200	21	10	ユーグレナ藻類	<i>Euglena spp.</i>	9,700	980	10
珪藻類	<i>Thalassiosiraceae-5**</i>	39	6.1	20	不明プランクトン	微小鞭毛藻**	22	5.0	11

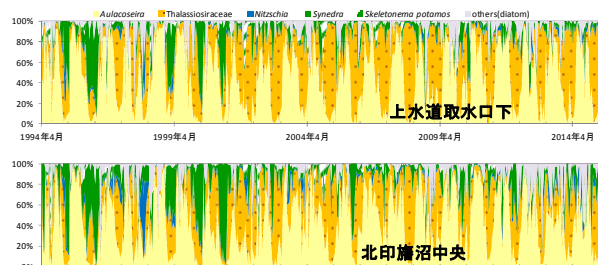


図9 各測定地点における炭素量（珪藻類属別割合）

ついて、属別の炭素量割合を図9に示す。

細胞数では春季から夏季にかけては、*Aulacoseira*、秋季から冬季にかけて、*Thalassiosiraceae* が優占しており⁷⁾、炭素量でも同様の傾向がみられた。なお、体積の関係で、細胞数に比して *Synedra* の炭素量の割合は高くなっている。

4 まとめ

植物プランクトンの細胞数が必ずしも有機物量と対応していないとみられる場合があることから、印旛沼のプランクトン調査結果を用いて、植物プランクトン細胞数から炭素量を推定し、有機物量との関係などについて検討した。

懸濁態 COD との相関係数は、植物プランクトン総炭素量、植物プランクトン総数のいずれも同程度で、それほど大きくはなく、いずれも植物プランクトン由来の有機物量の目安としては不十分であった。そのため、植物プランクトン細胞数に代えて本報告の方法で推定した植物プランクトン総炭素量で議論する利点は現時点では少ないが、今後、何らかの方法で細胞体積を実測することにより、実際の植物プランクトン現存量により近い値が得られる可能性があると考えられた。

印旛沼における植物プランクトンによる炭素量は、早春は緑藻類(時に夏まで優占し、藍藻類と競合する)、夏季は藍藻類、その他の季節は主に珪藻類が優占するという季節変動があり、出現する珪藻類は、細胞数と同様に春季から夏季にかけて *Aulacoseira* が優占し、秋季から冬季にかけて *Thalassiosiraceae* が優占するという傾向が西沼・北沼の両方で見られた。

*)全データについて、有効数字2桁で記載した。また、体積のうち文献20については文献から算出した計算値を記載した。

**)炭素量としては優占種ではないが、細胞数ではある程度の数が出現した種について参考として掲載した。

—参考文献—

- 1) 平間幸雄, 小倉久子, 飯村晃: 印旛沼・手賀沼に関する情報の整理と解析(1)印旛沼の最近の水質. 千葉県環境研究センター平成 18 年度年報, 122-123 (2008) .
- 2) 岩山朱美, 平間幸雄: 印旛沼水質の長期変動. 千葉県環境研究センター平成 22 年度年報, 110-111 (2012) .
- 3) 岩山朱美, 小倉久子: 印旛沼における COD の長期変動と気象との関係. 用水と廃水, 58(12) , 891-898(2016) .
- 4) 小川カホル: 印旛沼の植物プランクトン I. 西印旛沼における季節変化について. 千葉県水質保全研究所年報 (平成元年度), 149-153 (1990) .
- 5) 小川カホル: 印旛沼の植物プランクトン II—北印旛沼における季節変化について—. 千葉県水質保全研究所年報 (平成 2 年度), 137-177 (1991) .
- 6) 小林節子, 平間幸雄: 印旛沼の最近の水質について (1) 植物プランクトン発生の特徴. 千葉県水質保全研究所年報 (平成 10 年度), 77-86 (1999) .
- 7) 岩山朱美, 平間幸雄: 印旛沼における植物プランクトンの長期変動. 千葉県環境研究センター平成 26 年度年報, (2016) .
- 8) 一瀬諭, 藤原直樹, 古田世子, 池田将平, 岸本直之: 琵琶湖におけるプランクトン等の長期変遷に関する解析モニタリング. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書第 7 号, 196-218 (2011).
- 9) 千葉県: 公共用水域水質測定結果.
- 10) Strathmann: Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume, Limnol. Oceanogr. 12, 411-418, 1967 .
- 11) 一瀬諭: 琵琶湖における植物プランクトン種名一覧と平均細胞体積表 . http://www5f.biglobe.ne.jp/~lakebiwa/biwako_syokubutu_plankton.xls(2016 年 7 月時点) .
- 12) 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: 2013 年春～夏の沖宿沖における動植物プランクトンの動態. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター 年報, No9, p.45-57(2013).
- 13) 広瀬弘幸: 日本淡水藻図鑑. 内田老鶴圃(1977) .
- 14) 水野壽彦: 日本淡水プランクトン図鑑. 保育社 (1964) .
- 15) 国立科学博物館: アオコを作る藍藻. http://www.kahaku.go.jp/research/db/botany/aoko/database/ranso_ams.html(2016 年 7 月時点) .
- 16) 筑波大学: Chroomonas balticas . http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~algae/PS/algae/Chroomonas_baltica/index.html(2016 年 7 月時点) .
- 17) 法政大学自然科学センター: 原生生物図鑑. <http://protist.i.hosei.ac.jp/taxonomy/heterokontophyta/Chrysophyta/Genus/Stokesiella/index.html>(2016 年 7 月時点) .
- 18) 法政大学自然科学センター: 原生生物図鑑. <http://protist.i.hosei.ac.jp/taxonomy/heterokontophyta/Raphidophyceae/index.html>(2016 年 7 月時点) .
- 19) 筑波大学: Actinocyclus . <http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~algae/PoK/Bacillariophyceae/Actinocyclus/index.html>(2016 年 7 月時点) .
- 20) 渡辺仁治編: 淡水珪藻生態図鑑. 内田老鶴圃(2005).
- 21) 法政大学自然科学センター: 原生生物図鑑. <http://protist.i.hosei.ac.jp/taxonomy/heterokontophyta/bacillariophyceae/coscinodiscineae/thalassiosiraceae.html>(2016 年 7 月時点) .
- 22) 法政大学自然科学センター: 原生生物図鑑. <http://protist.i.hosei.ac.jp/taxonomy/heterokontophyta/xanthophyceae/Mischococcales.html>(2016 年 7 月時点) .
- 23) 筑波大学: Lagerheimia . <http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~algae/PoK/Chlorophyta/Lagerheimia/>(2016 年 7 月時点) .
- 24) 法政大学自然科学センター: 原生生物図鑑. <http://protist.i.hosei.ac.jp/taxonomy/chlorophyta/Genus/Ankyra/index.html>(2016 年 7 月時点).