

[水環境学会誌 第18巻 第10号 803-807 1995]

<ノ - ト>

西印旛沼における浮葉植物, オニビシ群落内外の水質の比較

立本英機* 栗原真理** 小泉利明***
相川正美**** 生嶋功**

Comparative Evaluation of Water Qualities in Inside and Outside of The Floating-leaved Plant, *Trapa* Stand, in Western Part of Lake Imba-numa

Hideki TATSUMOTO*, Mari KURIHARA**, Toshiaki KOIZUMI***,
Masami AIKAWA**** and Isao IKUSHIMA**

* Faculty of Engineering, University of Chiba, 1-33, Yayoi, Inage-ku, Chiba 263 Japan

** Faculty of Science, University of Chiba, ditto

*** Faculty of Pharmaceutical Science, University of Chiba, ditto

**** Kisarazu National College of Technology, 2-11-1, Kiyomidai-higashi, Kisarazu 292 Japan

Abstract

Characteristics of water quality, seasonal variation of DOC and total nitrogen (T-N) concentrations, in the floating-leaved plant *Trapa* stand were studied in western part of Lake Imba-numa, Chiba Prefecture during three years from April 1990 to April 1993.

Water was sampled in inside and outside of the *Trapa* stand once a month during the experimental period. Each sample was filtered through a 0.45 μm membrane filter and used for the water quality analysis.

The results obtained in this study are as follows; the annual change of DOC concentration is steady, 7.8 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, in the inside of *Trapa* stand. The concentration of T-N has seasonal variation, lower than annual mean value (2.2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) of the quality in summer season and higher than the mean value in winter season respectively, in the inside of *Trapa* stand.

Similarly, the hourly variations of DOC and T-P concentrations have steady in the inside of *Trapa* stand.

It is suggested from the experimental study that the variation of DOC and T-N concentrations is strongly affected by the production of vigorous growing plants of *Trapa* in the western part of Lake Imba-numa.

Key words: floating-leaved plant, *Trapa* stand, DOC, total nitrogen, seasonal variation of water quality

1. はじめに

印旛沼(千葉県)は、著しく浅い湖沼(平均水深1.7 m, 面積11.55 km^2)である。その湖水は、飲料用水源

や工業用水源として重要な役割を果たしており、一方では、水質汚濁に関する問題も抱えている。

印旛沼の水質汚濁化は、1964(昭和39年)年の開発工事による湖沼面積の削減やその前後に始まる周辺地

* 千葉大学工学部 〒263 千葉市稲毛区弥生町1-33

** 千葉大学薬学部 同上

*** 千葉大学理学部 同上

**** 木更津工業高等専門学校 〒292 木更津市清見台2-11-1

域の都市化などにより、印旛沼本来の自己浄化能力をはるかに越える汚濁負荷が流入するようになったことに起因する。汚濁負荷の増大とともに富栄養化が進行した結果、20年以上、「日本で最も劣悪な水質を有する湖沼の一つ」として位置づけられている。

多くの研究から^{1)~5)}、印旛沼の主たる汚濁負荷源は生活雑排水と推定される。また汚濁水質の特徴は、溶解性有機物濃度が高いほか、浄水処理後の上水中にカビによる異臭味が残るなどである。これらの対策として、しゅんせつ、合併浄化処理システムの導入、農村集落排水施設の設置、財印旛沼環境基金を中心とする市民グループや行政による水質汚濁防止活動の推進などが行われている。

しかしながら、西印旛沼は、水質および水生植物の群落の異常な繁茂状態から、水質は部分的には改善されている場所もある一方、かつて水質が良好であった場所が新たに顕著な汚濁を示すようになったなど複雑化している。さらに、水生植物群落が拡大し、漁業的不利益をもたらすなどの問題も深刻化している。

このような現状から本研究では、水生植物に属する浮葉植物のオニビシ (*Trapa natans* var. *Japonica*) 群落内外の水域の水質の季節的変動について調査をし、いくつかの知見を得たので報告する。

2. 実験

2.1 試料水

印旛沼西部調整池（以下西印旛沼と呼ぶ。印旛沼の面積の約1/2、面積5.29km²、平均水深1.9m）(Fig. 1参照)を対象として1990（平成2）年4月から1993（平

成5）年3月までの3年間、毎月第2水曜日の晴天日（雨天日は順延）の10時30分から12時30分の間に、浮葉植物、オニビシ群落内外の水域およびオニビシの刈り取り後の水域の3地点において、水深0.5mの部位をハイロート型採水器を用いておおよそ5 l採水した。試料水は、採水後直ちに5℃以下のクーラーボックスに入れ運搬し、直ちに0.45μmメンブランフィルターで濾過し、5℃以下の冷暗所に保存した。使用のつど前処理を行ったのち、総リン化合物濃度（T-P）は高圧分解法による方法⁶⁾、総チッ素濃度（T-N）はカドミウム・銅カラム還元法による方法⁶⁾、溶解性有機炭素濃度（DOC）は有機炭素計（島津 TOC 計500型）、その他の項目は工場排水試験方法⁷⁾に準拠した。分析に使用した試薬は、試薬特級と精密分析用試薬を使い分けた。

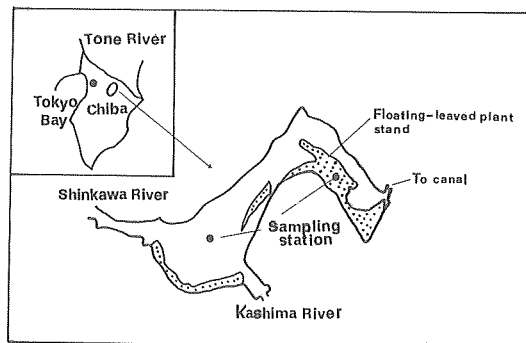


Fig. 1 Schematic map of the western part of Lake Imba-numa showing the sampling station

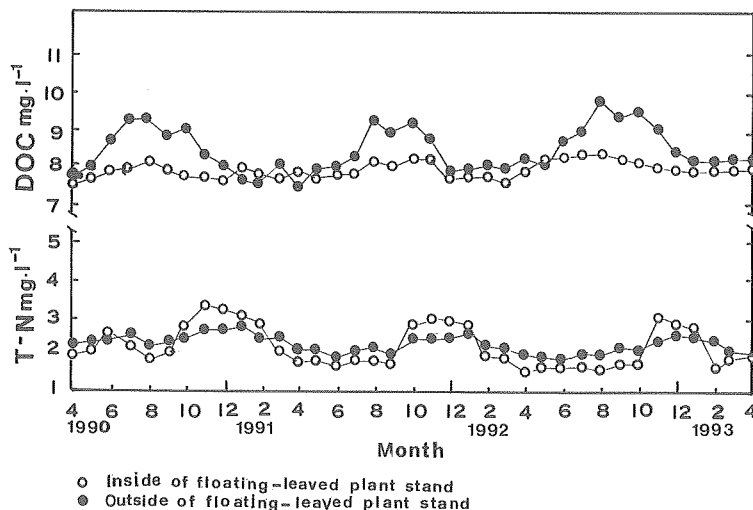


Fig. 2 Monthly variation of DOC and T-N concentrations from 1990 to 1993

3. 結果と考察

3.1 オニビシの刈り取り前の水質

3.1.1 DOC 濃度および T-N 濃度の経年変化

西印旛沼における DOC 濃度および T-N 濃度の経年変化を Fig. 2 に示す。DOC 濃度はオニビシの群落内では $7.7\sim 8.3$ (平均 7.9) $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を示し、8 月に高くなる傾向にある。さらに、8 月以降は 12 月に低くなる場合と 12 月まで高くなる場合とが認められた。群落外では $7.4\sim 9.9$ (平均 8.6) $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を示し、4 月から 8 月までは高くなるが、それ以降 12 月までは低くなる傾向を示した。

DOC 濃度の平均値からみると、オニビシ群落内にくらべて群落外の方がわずかに高い値を示し、また年間を通しての変動幅も群落内は $0.6\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であったのに対して、群落外は $2.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ の変動幅で、およそ 4 倍多かった。

一方、T-N 濃度についてみると群落内では $1.3\sim 3.3$ (平均 2.5) $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を示し、群落外では $1.7\sim 2.8$ (平均 2.2) $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を示した。年間を通しての変動幅は群落の内外とも同様な様相を示しており、変動幅は群落内で $2.0\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、群落外で $1.1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であった。群落内の場合は、8 月から 12 月にかけて著し

く高くなり、特に 10 月から 11 月にかけてその様相は著しかった。岩熊、土谷⁸⁾、土谷⁹⁾ によると霞ヶ浦高浜入のヒシ群落の場合は、夏の一時限に限ったことであるが、むしろチッ素の負荷要因になると報告しており、印旛沼の場合も同様な様相を示した。

チッ素濃度の群落外における変動は、1990 年の 7 月までを除くと 6 月から 1 月までは徐々に高くなり、それ以降は低くなる様相を示した。

DOC 濃度の群落外における変動が著しいことの要因としては、西印旛沼の開水域が、他の場所より卓越西風の影響を強く受ける水域であり、また印旛沼底質部の地形や流向・流速の調査により、鹿島川と新川の河川水が最もよく拡散している水域でもあることによると考えられる。このことは鹿島川と新川の日流入量¹⁰⁾が、かんがい期でそれぞれ $447,200\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ および $213,800\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ であり、また非かんがい期ではそれぞれ $304,600\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ および $145,600\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ と $3/4$ から $1/2$ へと減少し、その減少分を捷水路側より流入するなど、流況が複雑に変化することからも推測される。

DOC 濃度を 1985 年 6 月から 1988 年 6 月の調査時¹¹⁾と比較すると今回の測定場所に近い場所では $5.8\sim 8.3$ (平均 7.9) $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であったのが、 $7.4\sim 9.9$ (平均 8.6) $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ と平均値で $0.7\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ とわずかに高い

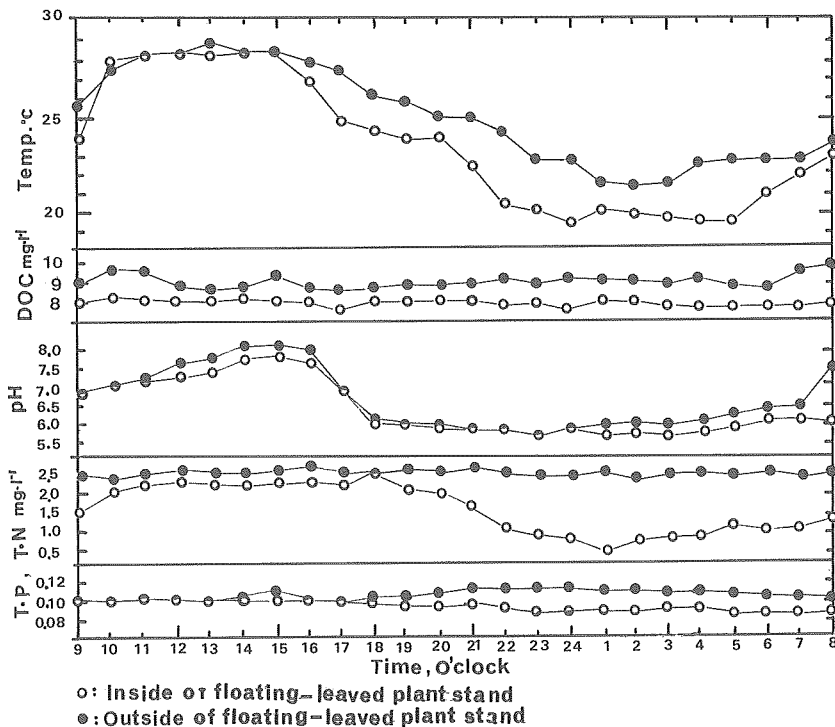


Fig. 3 Time course variation of water temperature, DOC, pH, T-N and T-P concentrations

値を示した。これはほとんど同じ測定場所で、水深0.5 mの部位の採水であったが、今回は沼の水量が少なかったことで、底質の影響を受けやすくなったことと、汚濁が進んだことによると思われる。

以上のことから、オニビシ群落内の水質は、経月的な変化の結果から、群落外にくらべて安定していることが明らかとなった。オニビシ群落内は、群落外にくらべてオニビシの遮へい効果により、卓越西風や底質の巻き上げによる水の混合の影響を受けることが少ないために、水質が安定していると考えられる。水の華(アオコ)の発生時期(おおよそ5月中旬から9月中旬)に入っても、群落内でそれが観察されなかったことから知る事ができる。秋季には、オニビシの刈り残しや回収漏れによる枯死にともなう浮葉植物の蓄積物質の湖水への回帰が原因と推定される T-N 濃度の増加が認められ、これによる T-N 値の季節変動が認められた。

3.1.2 水温、DOC 濃度、pH、T-N 濃度および T-P 濃度の経時変化

西印旛沼における水温、DOC 濃度、pH、T-N 濃度および T-P 濃度の経時変化(調査日:1991年8月11日)を Fig. 3 に示す。オニビシ群落内では、水温が10時から17時までは27.5°Cから28.5°Cに変動したが、17時以降1時までは低下し、最低水温20.2°Cになった。pH 値は9時から15時までは8.5から9.6に上がり、それ以降18時までは著しく下がり、7.7を示した。18時から8時までは大きな変化はなく、7.4~7.8の範囲であった。DOC 濃度はおおよそ7~8 mg・l⁻¹の範囲にあり、ほとんど変動を示さなかった。T-N 濃度は2.2~3.3mg・l⁻¹の範囲にあり、18時から1時にかけて徐々に減少し、それ以降は増加した。T-P 濃度は0.12~0.08mg・l⁻¹の範囲にあり、ほとんど変化を示さなかった。

一方、群落外では、水温は5時から10時までは増加し、10時から15時までは27.5°Cから28.2°Cと1日では最も高い水温を示し、それ以降22時までは下降した(最低温度15.5°C, 0時)。1日の変動幅は12.7°Cとなり、1日の変動幅としては大きい。これは、22時過ぎから23時15分ごろまで地域的に風雨がかったために、水温が急に低下し、通常の変動幅よりも著しく変動したと思われる。pH 値は7時から16時までは徐々に上がり、最高値9を示し、16時以降18時までは急激に下がり、その後は6.3前後になり、ほとんど変化を示さなかった。DOC 濃度は9~10mg・l⁻¹の範囲にあり、T-N 濃度は2.8~3.4mg・l⁻¹の範囲に、また T-P 濃度は0.10~0.13mg・l⁻¹の範囲にあり、いずれもほとんど変化を示さなかった。

オニビシ群落内と群落外との水質の様相を比較すると、DOC および T-N については明らかに異なる挙動を示したが、pH および T-P については大きな変化を示さなかった。

3.2 オニビシの刈り取り後の水質

印旛沼におけるオニビシの刈り取りは1986年より再開されて、その累計の刈り取り面積は1,334ha、刈り取り重量は54,772tに及んでいる。この刈り取りにより、群落面積は今日では比較的小さくなったが、それにもない、群落と水質の特徴について改めて議論されるようになってきた。

いま、刈り取り後の水質調査の結果を Table 1 に示す。ここで、刈り取りの期間は1990年から1993年の7月から8月の2カ月間で、Table 1 の水質調査の結果は Fig. 2 の毎年7月以降翌年4月までの値を表したものである。オニビシの刈り取り後は、その周辺に漂っていた水の華(アオコ)が群落内へ入り込んだり、底質の巻き上げによる影響¹²⁾を著しく受けてSSやDOCの値を高くしているものと思われる。刈り取り前はオニビシ群落により水の華が遮られていたと思われる、調査時の状況では群落の境界には多くの比重の軽い水の華が吹き寄せられていたのを確認している。また T-N の値が減少したのは、オニビシ群落の刈り取りによったものと思われる。

一般的には、オニビシは1年生なので秋季に入ると枯死して体内に蓄積したチッ素成分を溶出するため、高い値が検出される傾向にある。このことは栗原¹³⁾やTupacz ら¹⁴⁾も同様な見解を述べている。しかし、溶解性有機物質のなかには水生植物の代謝によってすぐに生成する物質(炭水化物など)としない物質(フミン

Table 1 DO, SS, T-N and DOC concentrations in lake water before and after mowing of the floating-leaved plant, *Typha* stand

	before(mean)	after(mean)
DO (mg・l ⁻¹)	-	3.4~5.6(4.8)
SS (mg・l ⁻¹)	-	5.0~23 (18.5)
DOC (mg・l ⁻¹)	7.7~8.3(7.9)	6.7~3.4(8.9)
T-N (mg・l ⁻¹)	1.3~3.3(2.5)	1.2~3.4(1.7)

質やリグニンなど)があるとする Thurman¹⁵⁾の報告がなされていることから, 今後さらにヒシ群落の物質収支についても検討を加えていくことにする。

4. ま と め

浮葉植物, オニビシ群落内外の水域の水質の季節的変動を明らかにするために, 西印旛沼のオニビシ群落内外の水域を調査対象として, 1990年4月から1993年3月までの3カ年にわたり調査した。その結果, 次のことが明らかにされた。

1) オニビシ群落内の水質の変動は, 群落外と比較して DOC 値で小さく安定しており, ほぼ $7.8\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, また T-N 値で季節的な変動が認められ, $2.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を境として秋季から冬季にかけて高く, 春季から夏季にわたり低くなることが明らかとなった。ここで, DOC 値については, 群落内のオニビシの著しい繁茂と群落外の開水域における卓越西風による底質の巻き上げ, 流入河川から負荷量の直接影響を受けるためであると考えられる。一方, T-N 値については, オニビシの刈り残し部の枯死によるチッ素成分の溶出の影響を受けたものと考えられる。

2) 経時的な水質変化においても DOC および T-P 値は安定な一定値, すなわち, 群落内で低く, 外で高い傾向を持つことが明らかとなった。また, 水温および pH 値は日中高く, 夜間は低い特徴が認められた。

(原稿受付 1995年6月5日)

(原稿受理 1995年9月12日)

参 考 文 献

- 1) 山田安彦, 白鳥孝治, 立本英機編 (1993) 印旛沼手賀沼水環境への提言, 古今書院。
- 2) 千葉県水質保全研究所 (1979) 印旛沼の生態系の変遷—印旛沼の開発と汚濁—, 水保研資料 No. 19.
- 3) 森本哲夫, 中岡忠老 (1984) 印旛沼におけるかび臭問題と対策, 用水と廃水, 26, 866-873.
- 4) 千葉県環境部 (1992) 千葉県環境白書 (平成3年度版), 138-140, 千葉県。
- 5) Tatusmoto, H., Ikusima, I., Kurihara, M. and Suzuki, S. (1993) Application of a cluster analysis to pollutant factors in a shallow, eutrophic lake, *J. Indian Chem. Soc.*, 70, 459-466.
- 6) 日本水道協会, 1985年度版, 上水試験方法。
- 7) JIS K 0102 (1993) 工場排水試験方法。
- 8) 岩熊敏夫, 土谷岳令 (1986) 生育期のヒシによる湖水からの栄養塩除去の実験的研究, 国立公害研究所報告, 第96号, 101-125.
- 9) 土谷岳令 (1983) 霞ヶ浦高浜入の物質収支におけるヒシ群落の役割, 水草研会報, No. 13, 6-8.
- 10) 千葉県水質保全研究所 (1989), 印旛沼の水収支, 水保研資料, No. 52.
- 11) 立本英機, 服部豪夫, 古川俊光, 生嶋功, 栗原真理, 安部郁夫 (1991) 浅水性湖沼 (西印旛沼) 水中の溶解性有機物の挙動, 日化誌, 852-858.
- 12) 立本英機, 石川秀雄 (1993) 西印旛沼底質に関する2, 3の考察, 石川秀雄教授退官記念誌, 31-35.
- 13) 栗原真理 (1988) オニビシ群落の形成と維持機構に関する研究, 千葉大学理学研究科修士論文。
- 14) Tupacz, E.G. and Day, F.P. (1990) Decomposition of roots in a seasonally flooded swamp ecosystem, *Aquatic Botany*, 37, 199-214.
- 15) Thurman, E.M. (1985) Organic Geochemistry of Natural Waters, p.357, Dr. W. Junk Publishers.