

水草起源有機物が湖沼水質に与える影響

2014 年 3 月 自然環境構造学分野 47-126606 上原 達弥

指導教員 教授 山室真澄

キーワード ; 溶存有機物、TOC、湖沼水質、環境基準、分画、ヨシ、アサザ

1. はじめに

国内の公共用水域（湖沼・河川・海域）では、1970 年代に田子の浦のヘドロ化に象徴される、水域の有機汚濁負荷が全国的に問題になったことを受けて、水質汚濁防止法（昭和 45 年法律第 138 号）によって環境基準が規定されるようになった。その環境基準の近年の達成率は、近年では全体で 88% と高い値を示している。しかし、湖沼の環境基準達成率に限っては過去 30 年間を見ても 40-50% で横ばいになっており、低い達成率である。そこで（環境中央審議会（2005）では、自然浄化機能の活用と推進を明記し、これを受け、湖沼生態系の保全、富栄養化の原因となる栄養塩の吸収によるプランクトンの増殖を抑えるなどの、水生植物が持つとされる水質浄化機能を活用する取り組みが行われるようになった。しかし水生植物自体も有機物でできているため、水生植物自身から供給される有機物負荷についても考慮する必要があるが、そのような観点から水生植物による浄化効果を総合的に検討した研究はこれまでに存在しない。

そこで本研究では水質浄化作用を有するとされ、全国で植栽が行われているヨシとアサザの 2 種を対象に、水草起源の有機物が湖沼水質に与える影響について明らかにすることを目的とした。

2. 材料・方法

本研究では、湖岸もしくは湖岸近傍で前年に成長・枯死したヨシが湖内に流入すると考えて、前年に成長して枯死したヨシ（以下、「枯れヨシ」）を実験対象とした。またアサザについては、植物体は根以外すべて水中にあるため、生のアサザ茎、アサザ葉を用いて、水質に影響を与える溶存有機物を対象に溶出実験を行った。植物の分解・溶出実験に用いる容器は、PET 製のウォーターサーバー用 12L スクリューボトルを使用した。BOD 測定（バクテリアによる酸素消費速度を測定）で設定される水温 20 度において 100 日の滞留時間中の植物体あたり酸素消費量や、溶存有機物溶出量を測定した。水生植物からの溶出実験に用いた水は、植物体の分解を行う細菌類を含んだ環境水として、千葉県北部に位置する手賀沼の水を用いた。また、細菌類フリーの水として Milli-Q 水を用いた。採水は 10 日おきに行い、TOC(全有機炭素)、pH、DO(溶存酸素濃度)を測定した。実験に環境水として用いた手賀沼湖水は、手賀沼湖心の水を採取し、プランクトンネット（目合 100 μ m）にて濾過したものを使用した。Milli-Q 水と環境水をそれぞれ 10L 入れたウォーターサーバー用 12L スクリューボトルに、枯れヨシを 40g（湿重量）、アサザの茎・葉はそれぞれ 20g（湿重量）を加えた。ボトルは各条件 n=3 にし、コントロールとして環境水のみと Milli-Q 水のみを合わせて 20 サンプルで行った。

環境水で溶出実験を行った枯れヨシ、アサザ茎、アサザ葉の試料水については、スチレンジビニルベンゼン共重合体カートリッジを用いて 20 日おきにサンプルを疎水性酸、親水性画分、疎水性中性物質の 3 つに分画して、構成を調べた。

3. 結果・考察

【植物体乾重量あたりの溶存有機炭素量】

枯れヨシ、アサザ茎、アサザ葉の乾湿比を用いて、有機炭素量の変化を乾重量あたりの有機炭素量に変換を行い、2つの水条件について比較を行った。Milli-Q水条件下での100日時点での有機炭素量を比較すると、アサザの葉からの溶存炭素の供給量が最も多く、枯れヨシの5.10倍の有機物を供給した。環境水条件下での100日時点での有機炭素量を比較すると、アサザの葉からの溶存炭素の供給量が最も多く、枯れヨシの8.29倍の有機物を供給した。同じ植物体における水条件の違いによる溶存有機炭素量について対応のあるt検定を検討したところ、枯れヨシでは優位な差はみられなかった

($p>0.05$)。アサザ茎、アサザ葉はどちらも優位な差がみられた(アサザ茎: $p<0.01$,アサザ葉: $p<0.01$)。アサザから供給される有機炭素量は環境水中の方がMilli-Q水中より多くなり、アサザ茎では1.64倍、アサザ葉では2.72倍となった。

【植物体炭素量あたりの溶存有機炭素量】

枯れヨシ、アサザ茎、アサザ葉それぞれの炭素量を用いて、植物炭素量あたりの溶存有機炭素量の変動を水条件ごとに比較した。Milli-Q水条件下での100日時点での植物体炭素量あたりの溶存有機炭素量を比較すると、アサザ葉からの供給が最も多く、枯れヨシの3.86倍の溶存有機炭素を供給した。また、環境水条件下での100日時点での植物体炭素量あたりの溶存有機炭素量を比較すると、アサザ葉からの供給が最も多く、枯れヨシの6.29倍の溶存有機炭素を供給した。

【溶存有機物の分画】

100日後の分画の結果、枯れヨシは疎水性酸と親水性画分の割合がほとんど等しくなり、この2画分で枯れヨシ由来の溶存有機物の96.4%となった。アサザ茎由来の溶存有機物では疎水性酸の割合が全体の48.4%となり最も量が多い画分であった。アサザ葉由来の溶存有機物では親水性画分の割合が全体の46.2%で最も多い画分であった。以上から、枯れヨシは疎水性酸と親水性画分、アサザ茎は疎水性酸、アサザ葉は親水性画分を多く供給することがわかった。親水性画分と疎水性酸はトリハロメタン生成能が高いことが知られていることから、植物体から溶出する溶存有機物はトリハロメタン生成リスクを高めることが示唆された。

【仮想湖沼における影響】

縦、横100m、深さ1mの仮想湖沼に実験と同条件を仮定して、湖岸から5mにヨシを、それ以外にアサザを植栽した場合に環境基準であるCOD(化学的酸素要求量)、DO(溶存有機物濃度)にどのような影響を与えるかを検証した。その結果、植物体からの溶存有機炭素の供給だけでCODは10.48mg/Lに増加し、DOについては初期値の6.06mg/Lから4.04mg/Lに減少し貧酸素となった。また、酸素消費にも溶存有機炭素の供給にも関与しない植物体中の炭素は、湖底に蓄積することによって、有毒な硫化水素や温暖化ガスのメタンが蓄積し、一部は拡散によって水中にでていくことになる。また、ここでは植物体に含まれる窒素やリンについては検討対象にしなかったが、植物体が分解して有機炭素が溶出する際に、窒素やリンも溶出する可能性は十分ある。また植物体のまま堆積物中に埋没した場合でも、上述のように堆積物の嫌気化が進むに従って、アンモニアや正リン酸などの栄養塩として溶出する可能性が高い。すなわち、有機汚濁負荷の面だけでなく栄養塩除去の面からも、植物体を湖外に除去しない限り、アサザやヨシによる水質浄化作用は望めないことになる。

Effects of organic matter originating from aquatic macrophytes on lake eutrophication

Mar.2014 Natural Environmental Structures 47-126606 Tatsuya Uehara

Supervisor Professor Masumi Yamamuro

Keyword: Dissolved organic matter, TOC , Environmental standards, Fraction

Introduction

Organic pollution is a well known problem affecting various bodies of water in Japan. In response to this, environmental standards were established. Among the bodies of water covered, lakes have an achievement rate of around 40-50%, which is low compared to achievement rates for rivers and coastal areas. One approach suggested to alleviate this problem, is the use of aquatic plants to improve water quality in lakes. It is however, contradictory because water plants are themselves organic matter. Hence, the possibility that there will eventually contribute to organic loading; this possibility has not been taken into account at present. In light of this, this study aims to clarify the possible effects of organic matter originating from aquatic plants, in particular floating heart and reeds, on water quality.

Materials and methods

In this study, live stems and leaves derived from floating hearts, and desiccated portions of reeds were used. The experimental chamber used for the experiment consisted of a 12L PET bottle. The experiment was carried out for a period of 100 days, and controlled at a temperature of 20 °C. The amount of dissolved organic carbon and dissolved oxygen (DO) was measured periodically during the course of the experiment. Two main sources of water were used for the experiment, Milli-Q water and water taken from Lake Teganume. Sampling was done every 10 days, with three replicates for each experimental condition; 20 in total. Using styrene-divinylbenzene copolymer cartridges, samples were fractionated into three fractions: hydrophobic acid, hydrophilic fraction and hydrophobic neutrals every 20 days. The results of fractionation is then used to evaluate the composition of dissolved organic matter.

Results and Discussion

[Dissolved organic content from plant dry weight]

Considering the Milli-Q water condition, it was observed that floating hearts leaves exhibited 5.10 times more DOC compared to desiccated reeds. Similarly, considering the environmental water exposed condition, it was observed that floating hearts leaves displayed 8.29 times more DOC than the desiccated reeds; for a period 100 days.

When comparing the same plants, with regards to the desiccated reeds, we were not able to observe any distinct changes between samples subjected to Milli-Q and environmental water($p > 0.05$). In contrast, plant material derived from floating hearts, had a higher amount of dissolved organic carbon when subjected to environmental water ($p < 0.01$). Specifically, stem samples were determined to have

1.64 times DOC, while leaf samples exhibited an 2.72 fold increase in DOC when compared to Milli-Q water exposed samples.

[Dissolved organic content from plant carbon]

Considering the Milli-Q water condition, it was observed that floating hearts leaves exhibited 3.86 times more DOC compared to desiccated reeds. Similarly, considering the environmental water exposed condition, it was observed that floating hearts leaves displayed 6.29 times more DOC than the desiccated reeds; for a period 100 days.

[Fraction of dissolved organic matter]

Comparing the samples in terms of their dissolved organic matter fractions revealed distinct differences between the samples. For desiccated reeds, it was determined that both the hydrophilic and hydrophobic acid fractions together make up 96.4% of total DOM. For the case of floating hearts, in terms of the DOM fraction, the stems consisted mainly of hydrophobic acid, about 48.4% of total DOM, while the leaves consisted mainly of the hydrophilic fraction having a value of 46.2% total DOM. Among the three types of fractions measured in the study, the hydrophilic fractions is speculated to be the most hazardous, due to its inherent ability to be transformed into trihalomethane.

[Considering a hypothetical scenario]

Considering a scenario where in we have an imaginary 100m x 100m lakes, with a depth of 1m surrounded by a border with 5m thickness. The 100m x 100m area is composed solely of floating hearts. Furthermore, the 5m thick border is composed solely of reeds. Using the data derived from the actual experiment in this study, we calculate the speculative increase in COD and decrease in DO, considering the speculative scenario. Our calculations reveal that COD will increase by 10.48 mg/L, while DO will decrease from 6.06 mg/L to 4.04 mg/L. Hence, it can be inferred from this hypothetical model, that if floating hearts and reeds are the only grown plants within a lake, then it is highly probable that the propagation of these plants will lead to a decrease in overall water quality. Therefore, it is necessary to remove these plants to some degree periodically, in order to maintain good water quality in lakes.