

〔短 報〕

## 植物プランクトンを活用した水質浄化技術の検討（第1報）

石川県保健環境センター 環境科学部 古澤 佑一・川畑 陵介・安田 能生弘  
清水 隆二

### 〔和文要旨〕

石川県の河北潟では化学的酸素要求量（COD）の環境基準を未だに達成していない。河北潟におけるCODの負荷割合については、4～10月の平均で内部生産が6割を占めていることがこれまでの県の調査で明らかになっている。内部生産の低減には潟に流入する栄養塩類の低減が課題である。そこで、本研究では新たな水質浄化技術として、河北潟に在来する植物プランクトンを用いて、水中の栄養塩類を低減する装置を考案した。浄化実験を行った水試料として河北潟湖水や潟への流入河川水を用いて装置を稼働させたところ、0.3～0.5mg/Lの硝酸性窒素濃度が検出下限値（0.01mg/L）未満まで低減できることを確認した。また、植物プランクトンの培養槽の容量を60Lから30L、10Lと変えても硝酸性窒素濃度を低減することができた。

キーワード：河北潟，湖沼，植物プランクトン，水質浄化，化学的酸素要求量，水理学的滞留時間

### 1 はじめに

石川県の河北潟，木場潟及び柴山潟の3湖沼においては、昭和49年及び52年に環境基準を当てはめてから未だに化学的酸素要求量（COD）の環境基準を達成していない<sup>1)</sup>。県の調査によると河北潟における年平均のCOD汚濁負荷量の内訳は内部生産と流入負荷量がほぼ同じであるが、4～10月の暖候期については内部生産が約6割と優勢になることが報告されている<sup>2)</sup>。著者らがこれまでに実施した「河北潟における難分解性有機物に関する実態調査」でも、河北潟湖水中の有機物のうち、春夏は易分解性の懸濁態成分が多く、この成分と植物プランクトンの指標であるクロロフィル a（Chl a）との相関が高いことから、内部生産を低減させることが水質浄化に重要であると指摘した<sup>3)</sup>。

内部生産は潟内部での植物プランクトンの増殖に起因し、その増殖は流入河川水中の窒素・燐（りん）等の栄

養塩類に依存するので、内部生産の低減には流入河川水中の窒素・燐の低減が課題である。

また、筆者らは「浮葉植物による水質浄化と植栽・利用に関する研究」において、浮葉植物であるヒシを用いて水中の窒素・燐の低減を検証した。硝酸性窒素（NO<sub>3</sub>-N）濃度1.5mg/Lと燐酸態燐（PO<sub>4</sub>-P）濃度0.15mg/Lの模擬湖沼水を、ヒシを植えた水路に16日間滞留させることでこれら両物質の濃度が検出下限値（NO<sub>3</sub>-N濃度0.01mg/L、PO<sub>4</sub>-P濃度0.003mg/L）未満に低減できることを確認している<sup>4)</sup>。一方、ヒシを植えていない対照水路でもやや遅れて、NO<sub>3</sub>-N濃度、PO<sub>4</sub>-P濃度が減少し、それに伴いChl a濃度が増加したことから、この減少は植物プランクトンの増殖によるものと考えられた<sup>4)</sup>。

以上のことから、窒素・燐を吸収し増殖した植物プランクトンを効率的に除去することができれば、水中の窒素・燐が低減できるのではないかと考えた。

そこで、新たな水質浄化技術として、河北潟に在来す

---

Examinations of the Water Quality Improvement Technology with Utilizing an Intake of Nutrient Salts by Phytoplanktons (1st Report). by FURUSAWA Yuichi, KAWABATA Ryosuke, YASUDA Nobuhiro and SHIMIZU Ryuji (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Kahokugata Lagoon, Lakes, Phytoplankton, Water Quality Improvement, Chemical Oxygen Demand, Hydraulic Retention Time

る植物プランクトンを用いて、水中の栄養塩類を低減する浄化装置を考案し、その特性を検討したので報告する。

## 2 実験装置と実験方法

### 2・1 浄化実験装置の概要

河北潟湖水のプランクトンメッシュ等を用いた分画試験によると、Chl aはメッシュサイズ25~1 $\mu$ m画分の割合が77%を占めており、河北潟における植物プランクトンは多くがこのサイズであることが分かっている<sup>5)</sup>。この植物プランクトンを効率的、かつ連続で簡単に水中から分離することが本研究の必要条件である。しかし、分離法として、自然沈降法では植物プランクトンが小さいため越流の恐れがあり、遠心分離法では、エネルギーコストが高いものと思われた。そこで、下水道での普及が進みつつある膜分離活性汚泥法(MBR)の分離膜<sup>6)</sup>を用いることでこれらの条件を解決できるのではないかと考えた。具体的には窒素・燐を吸収させる植物プランクトンの培養槽とMBRの分離膜を用いた分離槽の2槽式の浄化装置を考案した。図1に、その概要を示す。

容量90Lのポリバケツに試料(原水)を満たして原水槽とした。窒素・燐を吸収させる植物プランクトンの培養槽には市販のガラス水槽(容量60L, 30L, 10L)を用い、フロートスイッチ付水位保持コントローラで原水を汲み上げ、一定の水位になるように調整した。分離槽はアクリル製(容量8L)とし、分離膜にはクボタ社製の浸透型有機平膜(A4サイズ両面張り、公称孔径0.4 $\mu$ m, 平均孔径0.2 $\mu$ m)を用いた。培養槽の水(培養水)を水中ポンプで分離槽へ汲み上げ、オーバーフローを培養槽に戻して循環させた。分離膜からは、ペリスタリックポンプで吸引し、そのろ液は系外に排出した。膜の目詰まり防止のため、ペリスタリックポンプは9分吸引、1分休止の間欠運転をすると共に分離槽下部の散気管から曝気し、分離膜表面の洗浄を行った。

光合成によって窒素・燐を吸収させるため、日照時間

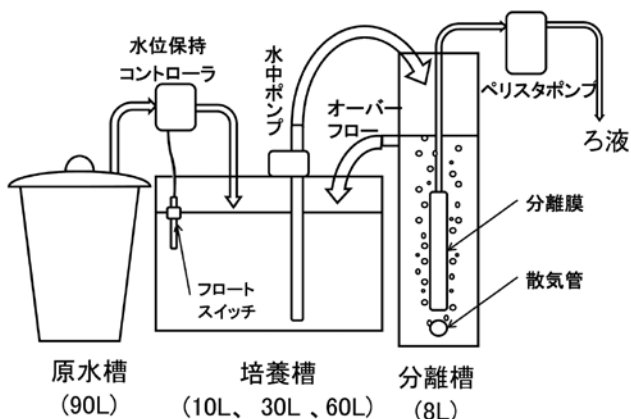


図1 実験装置の概要

を考慮して装置の稼働時間は午前9時から午後5時までとした。

### 2・2 水質浄化実験

#### 2・2・1 浄化実験に用いた水試料

4~6月は河北潟の在来プランクトンを増殖させるために潟流出口付近の大根布放水路で採取した水(河北潟の湖水)を、7月以降は過去の調査で河北潟流入河川中溶存性の窒素・燐の濃度が比較的高かった森下川の森本大橋で採取した水(森本川の河川水)を原水とした。

河北潟の湖水や森本川の河川水は概ね7日から10日ごとに採取し、原水槽に補充した。入りきらない分は4 $^{\circ}$ Cで保管し、後日、温度変化の影響がないように午後5時の浄化装置運転停止後に原水槽に補充した。

#### 2・2・2 測定項目と方法

原水、培養水、ろ液の3試料について、CODとNO<sub>3</sub>-NをJIS K0102に則りそれぞれ酸性高温過マンガン酸法と銅・カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法で測定した。試料採取時刻については浄化装置の運転時間を考慮して、安定していると考えられる午後1時半頃とした。

## 3 結果と考察

窒素・燐の低減を検討するにあたり、全窒素や全燐には懸濁成分が含まれるため、植物プランクトンによる吸収なのか分離膜による懸濁物の除去なのか判断が難しいことから、溶存成分、特にNO<sub>3</sub>-Nについて検討することとした。同時に、植物プランクトン量の目安としてCODを測定した。また、培養槽の容量を変えて増殖した植物プランクトンによるNO<sub>3</sub>-Nの吸収についても検討したので、以下にその結果について考察する。

### 3・1 60L培養槽での変動

培養槽に容量60Lの水槽を用い、原水槽及び培養槽に河北潟の湖水を満たして実験を開始した。60L培養槽での浄化装置の水理学的滞留時間(HRT)は稼働中の平均で1.25日、休止も含めた全平均で3.75日となる。図2

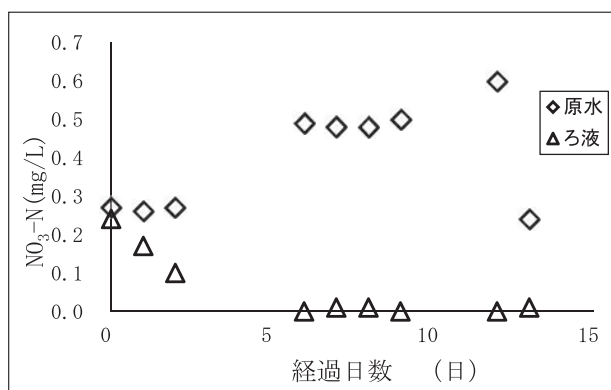


図2 60L培養槽の場合のNO<sub>3</sub>-N濃度の経時変化

が実験開始から15日間のNO<sub>3</sub>-N濃度の経時変化、図3がCOD濃度の経時変化を表したグラフである。NO<sub>3</sub>-N濃度の変化をみると装置を稼働後、約1週間でする液のNO<sub>3</sub>-Nが検出されなくなった(図2)。このことから60L培養槽で稼働させた場合、COD濃度で10~15mg/Lの植物プランクトンがあれば低減できることを確認できた(図3)。また、COD濃度の変化をみると、培養水のCOD濃度が右肩上がり増加し続けているが、一方でろ液のCOD濃度はほぼ一定であった(図3)。これはCODのほとんどが懸濁態として存在しているためと考えられた。

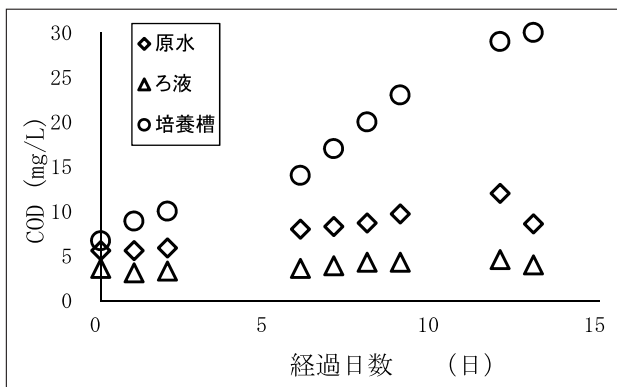


図3 60L培養槽の場合のCOD濃度の経時変化

### 3・2 30L培養槽での変動

原水槽には森本川の河水水を満たし、培養槽に容量30Lの水槽を用いて3・1の実験に用いた培養水を満たし

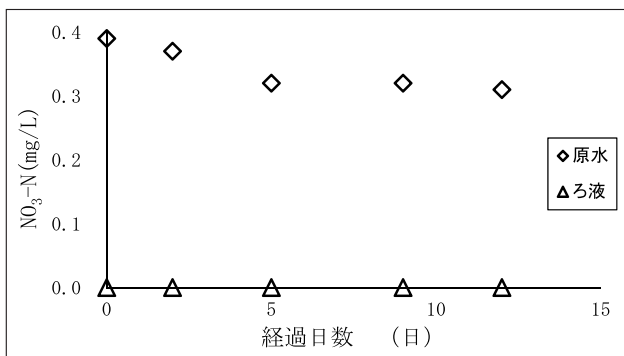


図4 30L培養槽の場合のNO<sub>3</sub>-N濃度の経時変化

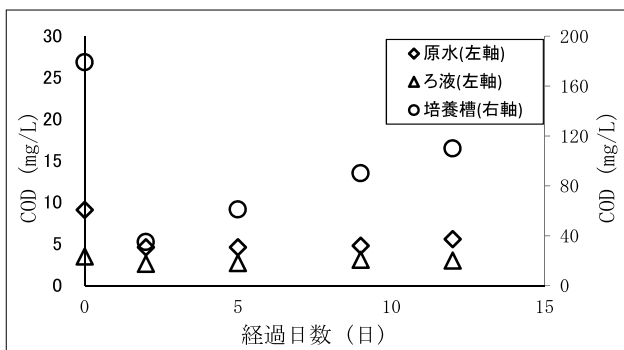


図5 30L培養槽の場合のCOD濃度の経時変化

て実験を行った。30L培養槽での浄化装置のHRTは稼働中の平均で16時間、休止も含めた全平均で2日となる。図4は30L培養槽に移行してから15日間のNO<sub>3</sub>-N濃度の経時変化、図5はCOD濃度の経時変化を表したグラフである。この実験では60L培養槽で植物プランクトンを増殖させた培養水を用いているので0日目のCOD濃度が高い状態から開始している(図5)。30L培養槽移行翌日に培養水が流出するアクシデントがあり植物プランクトン量が約20%に減少したが、ろ液にNO<sub>3</sub>-Nは検出されなかった(図4)。このことから30L培養槽で稼働させてもCOD濃度で約35mg/Lの植物プランクトンがあればNO<sub>3</sub>-Nを低減できることを確認できた。

### 3・3 10L培養槽での変動

原水槽に森本川の河水水を満たし、培養槽に容量10Lの水槽を用いて3・2の実験に用いた培養水を満たして実験を行った。10L培養槽での浄化装置のHRTは稼働中の平均で8時間、休止も含めた全平均で1日となる。図6は10L培養槽に移行してから15日間のNO<sub>3</sub>-N濃度の経時変化、図7はCOD濃度の経時変化を表したグラフである。この実験においても30L培養槽で植物プランクトンを増殖させた培養水を用いているので0日目のCOD濃度が高い状態から開始しているが(図7)、0日目からろ液のNO<sub>3</sub>-Nは検出されなかった(図6)。このことから、10L培養槽で稼働させてもCOD濃度で約75mg/Lの植物

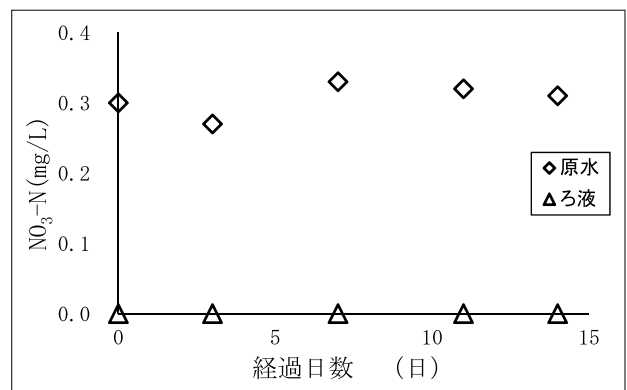


図6 10L培養槽の場合のNO<sub>3</sub>-N濃度の経時変化

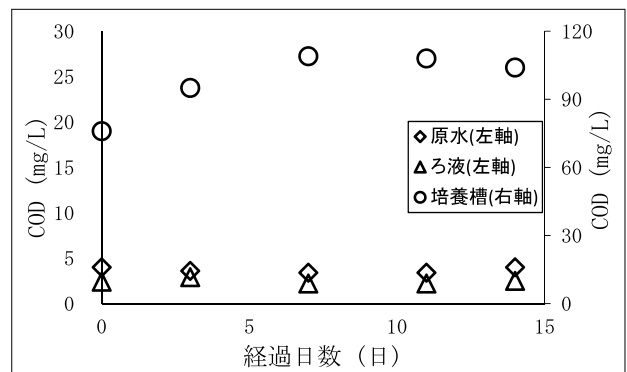


図7 10L培養槽の場合のCOD濃度の経時変化

プランクトンがあればNO<sub>3</sub>-Nを低減できることを確認できた。

#### 4 ま と め

- (1) 植物プランクトンを活用した水質浄化装置を考案した。
- (2) 考案した浄化装置を用いて試料中の0.3～0.5mg/LのNO<sub>3</sub>-Nを検出下限値(濃度0.01mg/L)未満の濃度まで低減できることを確認した。
- (3) 植物プランクトンがCOD濃度で60L培養槽では10～15mg/L, 30L培養槽では約35mg/L, 10L培養槽では約75mg/Lあれば, NO<sub>3</sub>-Nを検出下限値未満の濃度まで低減できることを確認した。

#### 文 献

- 1) 石川県：平成26年度公共用水域及び地下水の水質測

定の結果報告書(2015)

- 2) 石川県環境安全部：河北潟水質保全対策検討調査報告書(2006)
- 3) 安田能生弘, 古澤佑一, 川畑陵介, 牧野雅英, 谷村陸美, 亀井とし：河北潟における難分解性有機物に関する実態調査(最終報), 石川県保健環境センター研究報告書, 52, 1-6(2015)
- 4) 柿澤隆一, 小西秀則, 玉井徹, 亀井とし, 本田和子：浮葉植物による水質浄化と植栽・利用に関する研究(中間報告)―模擬水路を用いた水質浄化の検討―, 石川県保健環境センター研究報告書, 47, 1-6(2010)
- 5) 橋田哲郎, 澤田道和, 小森正樹, 柿本均, 東海林寛史, 本田和子：タマミジンコの食餌による水質浄化, 石川県保健環境センター研究報告書, 45, 61-66(2008)
- 6) 国土交通省 下水道膜処理技術会議：下水道への膜処理技術導入のためのガイドライン[第2版](2011)