

## II-86

## 湖沼における軽石濾過による藻類除去手法

建設省土木研究所 正員 真田 誠至  
 建設省土木研究所 正員 丹羽 薫  
 建設省土木研究所 正員 久納 誠  
 (株)環境調査技術研究所 古里 栄一

## 1. はじめに

自然湖沼、ダム湖、遊水池等において浮遊藻類が常に異常増殖する湖沼の富栄養化対策のひとつとして、湖沼表層にて異常増殖しかけた浮遊藻類をアオコや淡水赤潮になる以前に除去するという対策手法が考えられる。本報は効率的な浮遊藻類の除去手法である『軽石濾過システム』を開発したので報告する。

## 2. 軽石濾過システムの概要

軽石濾過システムは、軽石層に湖水を通過して異常増殖した藍藻類や鞭毛藻類等の浮遊藻類そのものを除去する対策手法であり、軽石層を自動化した簡便な方法で定期的に洗浄することによってリンや窒素の溶出や目詰りすることなく半永久的に使用するのが特徴である。本システムにて軽石を用いる理由は①比重(1.2程度)が小さいため気泡と水流により洗浄できる②多孔質であるため洗浄直後も生物膜が適度に残りやすい③洗浄時の磨耗に耐える強度があり長期間使用できる④安価で大量に入手可能である、があげられる。取水方法は浮遊藻類が発生する水面に浮上式の取水設備を設けて、浮遊藻類を多く含む湖水を取水する。軽石層は粒径3mm前後の細粒で30cm程度の層厚とする。浮遊藻類は軽石の表面に生成された生物膜によって捕捉付着され原水より除去できる。目詰まりや $PO_4-P$ 等の過度の溶出が生じないように軽石層を定期的に洗浄する。 $PO_4-P$ 等の溶出は藍藻類や鞭毛藻類の栄養源となり異常増殖の原因となるため極力抑さえる必要がある。軽石層の洗浄は、週1回程度の頻度で軽石層上部に設けた走行式の洗浄装置からの気泡と水流によって軽石を舞い上がらせて洗浄する。洗浄によって生じた高濁水は、沈澱槽に入れておくと半日程度で上澄水として分離する。なお一般に上澄水は $PO_4-P$ 濃度が低いため湖沼に放流できる。

## 3. 現地実験の方法と結果

霞ヶ浦湖岸で湖水を原水とした軽石濾過による現地実験を行った。実験装置を図-3に示す。軽石層は粒径3mm、厚さ25cmとした。1 $m^3$ /secの流入河川水を0.5haの設備で処理することを想定し、濾過速度として17.3m/dayを目標に与え続けた。なお軽石層の粒子間に捕捉された浮遊藻類の死骸や濁質は、手動式洗浄装置から気泡と水流を出し、軽石を舞い上がらせて洗浄するという方法を週1回の頻度で行った。3ヶ月実施した実験の結果を図-4に示す。通水開始1週間以降は、クロロフィルaは90% (43 $\mu g/l \rightarrow 4.3\mu g/l$ )、T-Pは55% (103 $\mu g/l \rightarrow 47\mu g/l$ )の除去率を示した。目詰まりは発生せず、 $PO_4-P$

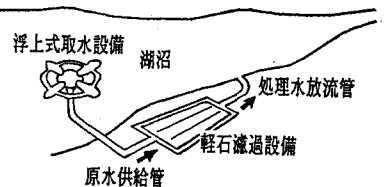


図-1 軽石濾過システムの模式図

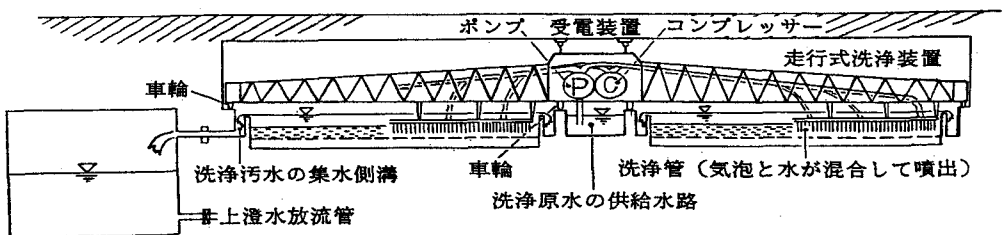


図-2 軽石濾過システムの設備図

の溶出も少なかった。原水と軽石濾過による処理水の植物プランクトン数の除去率の調査結果を表一に示すが、富栄養化現象として問題となる *Phormidium tenue* や *Anabaena* sp. の除去率はかなり高い。

4. 現地実験より算定した設備規模

湖水において浮遊藻類の濃度が高くなり過ぎるとアオコ、淡水赤潮及び異臭味障害等が発生する。浮遊藻類の比増殖速度(例えば湖沼Aにおける現地測定値の最大は比増殖速度が $\mu = 0.32/\text{day}$ で5日間継続)に打ち勝つ除去率で浮遊藻類を除去できれば、異常増殖は阻止できる。ここで表層水  $L\text{m}$  を滞留時間  $t$  日間で対象湖沼面積の  $a\%$  を濾過面積とし、濾過速度を  $V\text{m/day}$  とした場合の浮遊藻類の除去率を  $r\%$  とする。軽石濾過により浮遊藻類を削除する場合の増殖と除去の仮定を図一5、(1)式及び(2)式に示す。

$$e^{\mu t} - 1 = e^{\mu t} \cdot r \quad \text{----- (1)式}$$

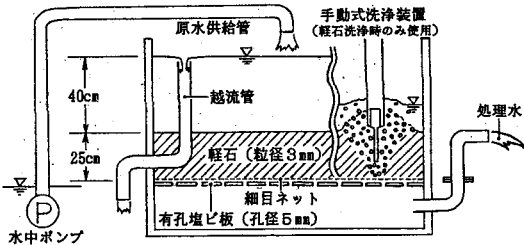
$$t = \frac{L}{V \cdot a} \quad \text{----- (2)式}$$

(1)式及び(2)式より次式を得る。

$$\mu = \frac{V \cdot a}{L} \cdot \ln \left( \frac{1}{1-r} \right) \quad \text{----- (3)式}$$

- $L$  : 濾過を対象にした湖沼表層水の厚さ (m)
- $V$  : 濾過速度 (m/day)
- $t$  : 対象とする湖沼表層水が濾過設備を経由する滞留時間 (day)
- $a$  : 濾過面積/対象湖沼面積で与えられる面積比
- $\mu$  : 比増殖速度 ( $1/\text{day}$ )
- $k$  : 濾過による浮遊藻類の除去率

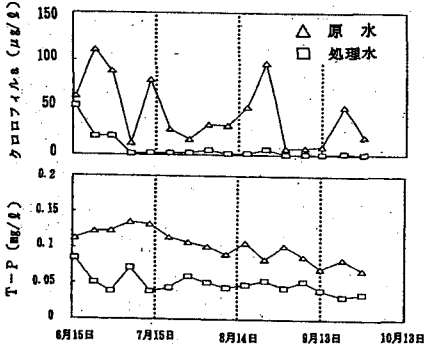
軽石濾過に必要な面積比  $a$  は(3)式に示すように浮遊藻類の比増殖速度  $\mu$  により定めることができる。 $\mu = 0.32$ 、 $L = 1\text{m}$ と仮定し、現地実験で得られた  $V = 17.3\text{m/day}$ 、 $r = 90\%$ を用いて必要な面積比を求めると、概ね  $a = 1\%$ となる。



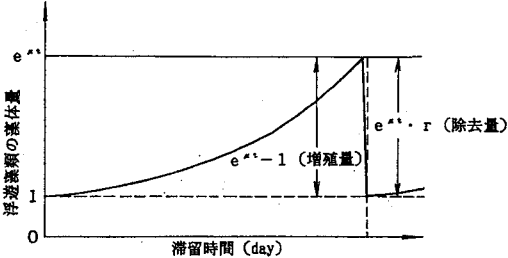
図一3 軽石濾過の実験装置

表一 現地実験における植物プランクトンの除去結果  
(平成5年8月24日)

| 項 目                      | 原 水 (細胞数)            | 処理水 (細胞数)           | 除去率 (%) |
|--------------------------|----------------------|---------------------|---------|
| 全植物プランクトン                | 89,352               | 9,522               | 89.3    |
| <i>Oscillatoria</i> sp.  | 71,150               | 8,734               | 87.7    |
| <i>Cyclotella</i> sp.    | 4,766                | 75                  | 98.4    |
| <i>Aphanizomenon</i> sp. | 4,320                | 432                 | 90.0    |
| <i>Phormidium tenue</i>  | 1,555                | 5                   | 99.7    |
| <i>Aphanocapsa</i> sp.   | 1,310                | 144                 | 89.0    |
| <i>Anabaena</i> sp.      | 1,166                | 0                   | 100.0   |
| クロロフィル a                 | 97.4 $\mu\text{g/l}$ | 6.0 $\mu\text{g/l}$ | 93.8    |



図一4 実験における原水と処理水の水質経時変化



図一5 軽石濾過による増殖量と除去量の関係

5. おわりに

軽石濾過システムは小規模な現地実験の結果、湖沼における浮遊藻類の除去手法として有効であることがわかった。今後は軽石濾過システムの実用化を目指し、規模の大きい現地実験や模型実験により、濾過設備構造及び取水方法の詳細な検討を行う予定である。