

(株)日水コン 河川事業部 下村達男

○渡辺吉男

(財)河川環境管理財団 安宅貴生

1. はじめに

ダム貯水池、湖沼、内湾等の閉鎖性水域では流入する汚濁物質が蓄積しやすいこと並びに窒素・リンなどの栄養塩類の流入と水の長期滞留により植物プランクトンが異常増殖することによって、水質が累進的に悪化する、いわゆる富栄養化の進行がみられる。植物プランクトンの異常繁殖は、アオコや淡水赤潮の発生による景観の悪化、DOの低下による生物生息環境の悪化、異臭（カビ臭）の発生による利水障害をひきおこすため大きな社会的問題となっている。

閉鎖性水域の富栄養化対策として、流域内での負荷削減対策、流入河川浄化対策並びに湖内対策がある。前2者の対策は湖内への流入負荷を削減するものであるが、非特定汚濁源からの負荷流出や出水時の対応の困難さ等から、流入負荷削減には限界があるのが実状である。一方、湖内対策として、深い貯水池、湖沼では湖水循環法による対策がいくつかの貯水池、湖沼で実施され、植物プランクトンの発生抑制効果が確認されてきており、今後更に普及していくものと考えられる。一方、浅い湖沼では有効な対策手法が開発されていないのが現状である。

「湖岸帯浄化システム」は浅い湖沼における植物プランクトンの直接浄化を目的として、風によって生じる波浪を利用して湖水を湖岸帯に設置する浄化施設に導き、植物プランクトンを浄化施設で除去した後、湖内に還流する浄化システムである。本システムは現在実験、検討段階にあり、これまで波浪による輸送水量観測並びに浄化手法による植物プランクトンの除去効果実験を行いシステムの適用性を確認した。その結果にもとづき浄化システムのモデル設計を行ったので、ここに報告する。

2. 波浪による輸送水量調査

波浪による陸域への輸送水量については、茨城県内水面水産試験場報告¹⁾に準じた方法で調査を行った。

(1) 原理

水面と平行に切口を波向きに向けて設置されたガラス管内を通過する水量を測定する(図-1)。ガラス管は水面から波高を勘案し、2cm毎にn本設置し水面から任意の高さの汀線上を水域から陸域へ通過する水量を求める。水量の測定は、ガラス管を取りつけたスチロール管n本内にたまる水量をメスシリンダー等で測定する。横軸に水面からガラス管までの高さ(h)を縦軸にガラス管内を通過する水量(Q ml/min)をプロットすると以下の関係が認められる。

$$Q \text{ (ml/sec)} = K \cdot \exp(-b h) \quad \text{----- (1)}$$

一方、ガラス管内の長さ、関係を変えた室内実験よりガラス管内の流速と流量の間には以下の関係がある。

$$u_0 \text{ (cm/sec)} = 1.84 \ell^{0.278} \cdot Q^{0.556} / d^{1.92} \quad \text{----- (2)}$$

(u_0 : 流速、 ℓ : ガラス管長さ(cm)、 d : ガラス管径(mm))

$\ell = 10 \text{ cm}$ 、 $d = 5 \text{ mm}$ として、(2)式に(1)式を代入すると、汀線1cmあたりの任意の高さの流量Q(ml/cm・sec)は

$$Q \text{ (ml/cm・sec)} = 13.19 \cdot [K \cdot \exp(-b h)]^{0.556} \quad \text{----- (3)}$$

(3)式を高さについて積分すると汀線1cm当たりの波浪による陸域への輸送総水量(ΣQ)を求めることができる。

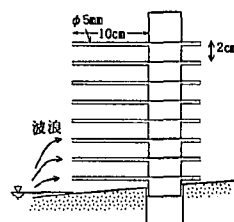


図-1 輸送水量の測定装置

$$\Sigma Q \text{ (ml/cm} \cdot \text{sec)} = \int_{0}^{\infty} 13.19 \cdot [K \cdot \exp(-b h)]^{0.556} d h \dots (4)$$

(2) 実測調査

霞ヶ浦において田村、平山、大山地先の3地点で平成5年7～8月の6日間において実測調査を行った。風速は1.5m～8m/secの範囲であり、波浪による輸送水量は100～520 l/hr・cmであった。児島湖では1地点で平成4年8月に1日実測調査を行い、風速6 m/secに対して波浪による輸送水量は2.5 l/hr・cmであった。

(3) 調査結果のまとめ

①霞ヶ浦においては風速と波浪による輸送水量は正比例関係(図-2)

にあり、風速が大きければ波浪による輸送水量も大きくなる。

②霞ヶ浦に比較して児島湖では、同じ風速条件で比較すると波浪による輸送水量は著しく小さかった。輸送水量は水深、吹送距離、湖容積、湖面積によって影響をうけると考えられるが、霞ヶ浦と児島湖での輸送水量の比は両者の湖容積比に近い結果である。

③霞ヶ浦では風速6 m/secの発生頻度が多い。風速6 m/secでの波浪による輸送水量は1 mあたり720 m³/日、1 km当たり720,000 m³/日であり、湖岸延長を考えると膨大な水量が陸域に輸送されることになる。

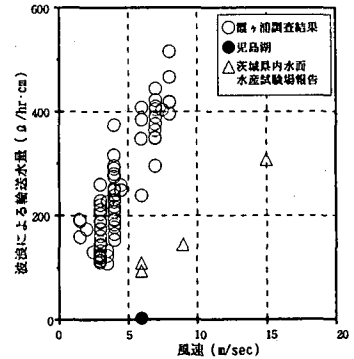


図-2 風速と波浪による輸送水量の関係

3. 浄化方法と浄化効果

(1) 浄化方法

本システムにおける浄化施設では、湖内で発生した植物プランクトンを除去するものである。浄化施設は湖岸帯に設置することから機械、電気、薬品等の諸設備を必要とせず、汚泥処理等の維持管理が容易な手法が必要である。この特徴を有する浄化方法として、建設省等では河川浄化に礫間接触酸化法を適用しているが、その植物プランクトン除去効果は50%程度である。そこで植物プランクトンの除去効果を更に高めるために、2～3 cmの砂利を接着して径10 cm程度とした材質(以下、球状碎石集合体)を礫の代わりに用いるものとした。

(2) 実験

球状碎石集合体による植物プランクトンの浄化効果と設計諸元を検討するために、I公園の池において平成4年8～10月の3ヶ月現地実験を行った。実験施設の規模は幅0.5 m、高さ0.6 m(有効水深0.5 m)、長さ6.0 m(球状碎石集合体は5.0 mに充填)である。実験に使用した球状碎石集合体は4号碎石(2～3 cm)を接着し、径10 cmとしたものであり、空隙率は43%であった。I公園の池水をポンプアップし連続的に一定量を実験施設に供給し、流入水、流出水の水質分析を行った。実験施設流入水のクロロフィルa(植物プランクトンの指標)は56～223 μg/l(平均130 μg/l)、SSは4～48 mg/l(平均30 mg/l)に対して、滞留時間0.2～0.6時間の範囲で実験を行った結果、流出水のクロロフィルaは11～133 μg/l(平均60 μg/l)、SSは1.5～23 mg/l(平均11.5 mg/l)であった。

滞留時間とクロロフィルa除去率の関係を図-3に示す。滞留時間が長くなるにつれて除去率は高くなっており、パラッキはあるものの概ね0.5時間の滞留時間で除去率は横ばいとなっている。滞留時間0.5時間でSSの除去率は80%、クロロフィルaの除去率は75%程度である。

(3) 設計条件

実験の結果より、効果的かつ経済的な滞留時間として0.5時間を設計条件とした。礫間接触酸化法での設計滞留時間は1.25時間とされていることから施設規模は1/2.5小さくてよいことになる。町田市薬師池に設置された浄化施設は同一の設計条件

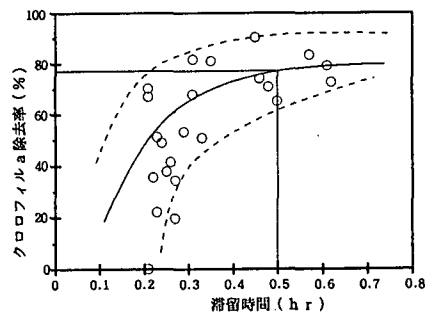


図-3 滞留時間とクロロフィルa除去率の関係

で建設されており、植物プランクトンの除去効果は前述と同様の効果が認められている。^{2), 3)}

4. 浄化システムのモデル設計

実験結果に基づき、霞ヶ浦の大地先をモデルとして施設計画を検討した。大地先の湖岸は一部ヨシ原がみられるが、直接波浪が及ぶ湖岸は約3km確保できる状況である。

①波浪による輸送水量（浄化水量）

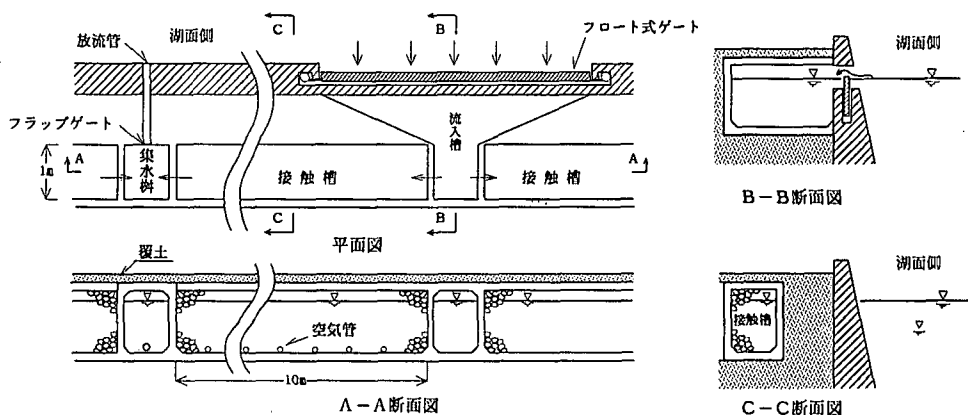
大地先の平成5年度の風向き、風速データを検討した結果、湖岸の前面方向の風向きの発生時間の割合は57%であり、平均風速は6m/secであった。この風速では湖岸長1m当たり720 m^3 /日の輸送水量を獲得できることから、湖岸延長3kmのうち、1/3に波浪による輸送水量の流入口を設けると、1日平均約410,000 m^3 /日（約4.7 m^3 /sec）の湖水を獲得することができる。

②波浪による輸送水量の取込み方式

湖岸前面に消波ブロックと波浪による輸送水の流入施設を交互に設ける。流入施設はフロート式ゲートを設け、湖水の水位に対応して上下し、波浪による輸送水のみを獲得し、浄化施設の流入槽に流入させる。

③浄化施設の規模と形状

滞留時間0.5時間、空隙率40%、汚泥堆積容量を約6ヶ月分見込み、浄化水量410,000 m^3 /日に対して容量計算を行うと、浄化施設規模は約30,000 m^3 となる。湖岸延長3kmに沿って浄化施設を配置すると浄化施設は幅1m、有効水深1mの規模となり、非常にコンパクトな施設でよいことになる。



5. まとめ

浅い湖沼を対象とした植物プランクトンの直接浄化の試みとして、湖岸帯浄化システムについて検討した。本システムは風によって生じる波浪を利用して湖水に設置する浄化施設に導き、植物プランクトンを浄化施設で除去した後湖内に置換する浄化システムである。本システムの特徴としては、①霞ヶ浦等湖面の広い湖では波浪による輸送水量は極めて大きい。本システムでは自然的エネルギーである波浪を利用して浄化施設に湖水を導入するため、人為的エネルギーを要しない。児島湖等湖面が比較的小さい湖では輸送水量が少ないため有効ではないが、海岸帯には十分適用できるものと考えられる。②浄化手法としての球状砕石集合体は植物プランクトンの除去効果が大きく、礫間に比較して施設面積が小さくてよい。実験結果に基づいて、本システムの適用性を確認したが、今後実用化にむけて波浪の輸送水量の効果的獲得方法や汚泥の処理処分方法について更に検討していくことが必要である。

<参考文献>

- 1) 茨城県内水面水産試験場 1989：昭和63年度 赤潮対策技術開発試験報告書
- 2) 緑花環境情報センター 1992：資源環境対策 臨時増刊 緑の読本
- 3) 工業技術会 1993：湖沼、お堀、池等の水質浄化技術講習会