

II-450

水生植物による水質浄化システムの研究（その1）

－ 水質予測シミュレーションモデルについて －

（株）竹中工務店

正員 茅野 秀則

正員 西原 潔

正員 中久喜 康秀

1. はじめに 湖沼等の水域に流入する栄養塩負荷の低減をはかる為に、湖沼に近接する内湖および水路に水生植物を栽培し、栄養塩の吸収、除去を行う水質浄化システムを提案している。その浄化効果を定量的に把握する為には、BOD、DO等の水質指標および窒素やリン等の栄養塩の動態とそれにとりまなう植物プランクトン、動物プランクトン、栽培する水生植物の生産過程の変動特性をシミュレーションする動力学モデルが適していると考えられる。基礎研究で作成したモデルについて、実際の水域で行った水質浄化実証試験の結果によって、その実用性を検討したのでここに報告する。本モデルは、水質浄化システムの地域への適用にあたって用いる基本設計モデルとして検討したものであり、規模、汚水負荷量、水生植物の初期投入量等を設定し、地域の自然環境条件を計算条件として、浄化水量、水質、回収する植物体の重量を数値計算するものである。

2. シミュレーションモデル式の概要

本モデルは、水域をボックスに分割し、ボックスごとに完全混合すると仮定した一次元モデルであり、図-1に示す生態モデルに基づいてつくられている。設定した基本式の一部を(1)式～(3)式に示す。

①植物プランクトン（クロロフィルa量： L_1 ）

$$\frac{\partial (A \cdot L_1)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial (A \cdot L_1)}{\partial x} \right) - U \frac{\partial (A \cdot L_1)}{\partial x} + (G_1 - D_1) \cdot A \cdot L_1 - (S_1 / h) \cdot A \cdot L_1 \quad (1)$$

ここで A ：流路断面積（ m^2 ）， D ：拡散係数

（ m^2/day ）， G_1 ：植物プランクトンの増殖率（ $1/day$ ）， D_1 ：植物プランクトンの減少率（ $1/day$ ）

S_1 ：植物プランクトンの沈降速度（ m/day ）， h ：水深（ m ）， U ：流速（ m/day ）， L_1 ：流路幅（ m ）

栄養塩の濃度変化については、有機態から無機態への変化、動植物プランクトンの増減による変化と水生植物の生長による吸収がある。窒素については、 NO_3-N 、 NH_4-N および有機態窒素に区分し、リンについては無機態リンと有機態リンに区分した。

②無機態リンの濃度： (L_7)

$$\frac{\partial (A \cdot L_7)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial (A \cdot L_7)}{\partial x} \right) - U \frac{\partial (A \cdot L_7)}{\partial x} + K_{67} \cdot A \cdot L_8 - a_{pp} \cdot G_p \cdot A \cdot L_{10} - \frac{S_H \cdot a_{ph} \cdot G_H \cdot A \cdot L_{10}}{S \cdot h} - \frac{S_{tp} \cdot L_7 \cdot A}{h} + M_7 \cdot S_L \quad (2)$$

ここで K_{67} ：有機態リン分解速度（ $1/day$ ）， L_8 ：有機態リンの濃度， a_{pp} ：植物プランクトン中の

リン／クロロフィルa量比， S_H ：水生植物の栽培面積（ m^2 ）， a_{ph} ：水生植物のリン／重量比，

G_H ：水生植物の生長率（ $1/day$ ）， S ：ボックスの面積（ m^2 ）， S_{tp} ：沈降速度定数（ m/day ），

M_7 ：無機態リンの溶出速度

$$\frac{\partial (L_{10})}{\partial t} = (G_H - D_H) \cdot L_{10} \quad (3)$$

③水生植物（ L_{10} ：水生植物の現存量）

ここで

$$G_H = K_H \cdot F_{RH}^{C_1} \cdot F_{TH}^{C_2} \cdot \beta_H \cdot \frac{L_4 + L_5}{K_{HH} + L_4 + L_5} \cdot \frac{L_7}{K_{pH} + L_7}, \quad F_{RH} = R_0 / R_{bH}, \quad F_{TH} = T / T_{bH}$$

D_H ：水生植物の死亡率（ $1/day$ ）， R_0 ：水生植物を照らす全日射量（ $cal/cm^2/day$ ）， R_{bH} ：水生植物の

基準日射量（ $cal/cm^2/day$ ）， T ：水温（ $^{\circ}C$ ）， T_{bH} ：水生植物の基準水温（ $^{\circ}C$ ）， K_H ：水生植物の増殖

速度定数， L_4 ： NH_4-N の濃度（ mg/l ）， L_5 ： NO_3-N の濃度（ mg/l ）， K_{HH} ：水生植物の窒素のミハエ

リス定数（ g/m^3 ）， K_{pH} ：水生植物のリンのミハエリス定数（ g/m^3 ）， $C_1 \sim C_2$ ：全日射量・水温の影響係数

3. 洞峰沼実証試験の概要

筑波研究学園都市の南部に位置する広さ3.4haの洞峰沼において、水生

植物による水質浄化システムの実証試験をおこなった。本施設は、沼の一部水域を水生植物による浄化池

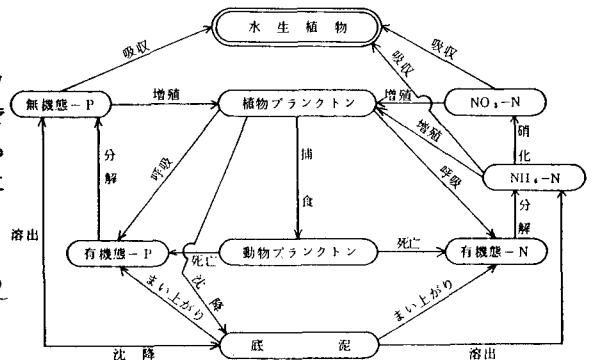


図-1 生態モデル

とし、沼の一端に設置した水中ポンプで汚れた沼の水を汲上げ、送水管によって浄化池へ送る方法をとっている。さらに隣接する温水プールの排水も浄化池に流れ込んでいる。これらの流入水は浄化池において栄養塩を吸収、除去され、浄化水となって沼に戻される。浄化池の面積は1800m²、水深は0.9mであり、攪はんエアレーション装置が設置してある。本実証試験は、水生植物としてホテイアオイを用い、昭和60年、61年の2ヶ年にわたって行った。

4. シミュレーション計算と実測値の比較 洞峰沼実証試験

について、本モデルにより浄化水の水質及びホテイアオイの回収量を計算した。計算結果の一部（60年）を実測値と比較して図-2～図-5に示す。60年の浄化水量は、平均して700m³/dayであった。ホテイアオイの栽培は6月上旬に約4t投入して開始し、12月に全て回収した。計算条件として設定した流入水濃度は実測値の月別平均値とした。窒素については、7月の計算値が実測値と比較して若干高い値を示しているが、他はよく一致している。リンについては、計算値は実測値と比較して、全体に高い値を示している。これは基礎研究の結果設定した無機-Pの沈降速度定数0.005m/dayが洞峰沼においては若干低い値であった為と考えられる。クロロフィルa量は、濃度が低いこともあり、実測値と計算値は比較的よく一致している。

5. まとめ 洞峰沼実証試験の実測値では、窒素、リンとも夏期（7月～9月）に流入水の濃度は高くなるが、浄化水の濃度はホテイアオイの浄化効果により低くなる結果が出ている。本シミュレーション計算では、その傾向がよく計算されている。さらに、回収されたホテイアオイの量としては、実測値の30tに対し、計算値（ホテイアオイ生育量）28tとほぼ一致している。実証試験の規模で、このようによく近似していることは、設定したパラメータ値が適正であったとともに、本モデルの実用性を示すものと考えられる。

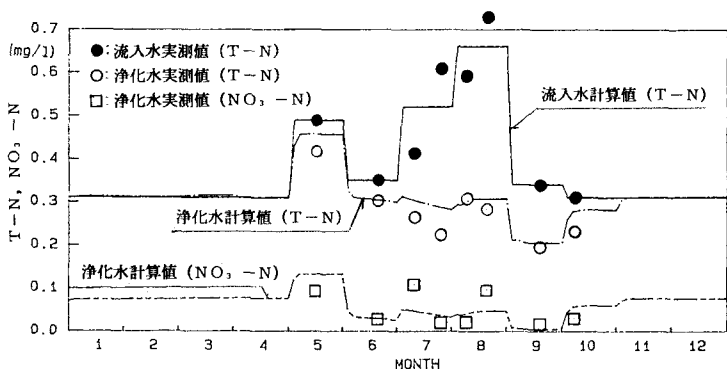


図-2 T-N, NO₃-Nの計算値と実測値の比較（60年）

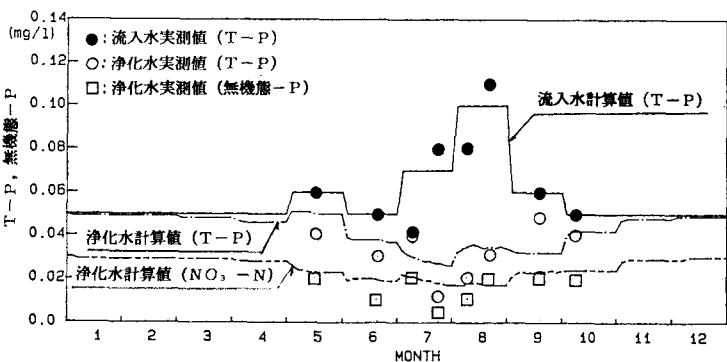


図-3 T-P, 無機態-Pの計算値と実測値の比較（60年）

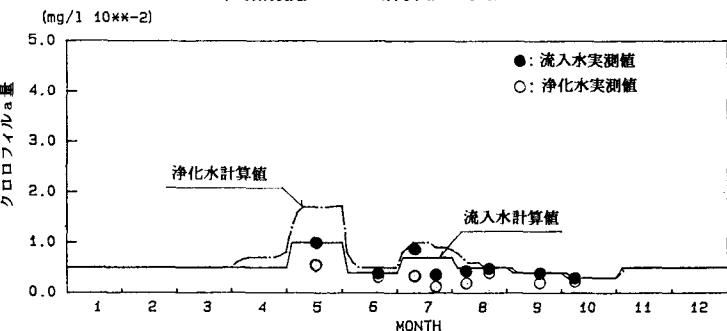


図-4 クロロフィルa量の計算値と実測値の比較（60年）

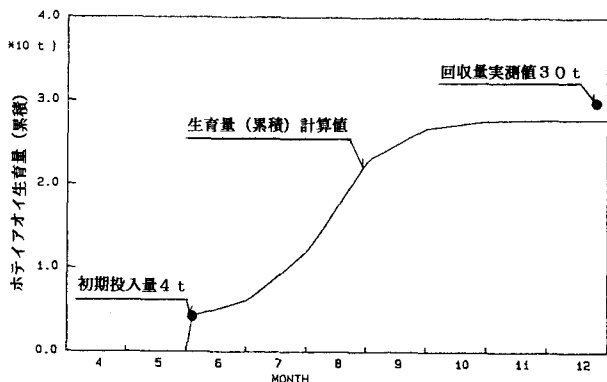


図-5 ホテイアオイ生育量計算値と回収量実測値の比較（60年）