

1. はじめに

本研究では、湖沼の富栄養化に関与する植物プランクトンの動態解析を目的として、生態系数理モデルを構築し、動態予測を行った。また、モデルにおける各入力値の変化に対する感度解析により内部生産、すなわち植物プランクトン濃度の増殖量に大きく影響する因子を解明し、効果的な水質改善のための将来対策を検討した。

2. 方法

2.1 生態系数理モデル

1988年4月から1992年3月までの4年間に亘る手賀沼における実測値データ¹⁾を基にして、藻類の増殖に影響を及ぼすと考えられる水温、リン酸態リン、無機態窒素、日射量等の1年間の変動を時間変化で表わすシミュレーションモデルを作成した。ここで、各環境因子の変動特性は、フーリエ変換による補正して求めることとした。得られた計算値を以下に示す生態系モデルに入力して植物プランクトン量(Chl-a): $A(\mu\text{g/l})$ の変動について解析した。なお、手賀沼は平均水深が約0.9mと浅いため、全体を完全混合状態とみなし、1ボックスの生態系モデルを適用した。

$$\frac{dA}{dt} = [\text{増殖}] - [\text{死滅}] - [\text{沈降}] + [\text{流入}] - [\text{流出}] \cdots (1)$$

$$\text{ここで、} [\text{増殖}] = \mu A, [\text{死滅}] = K_d \times T \times A, [\text{沈降}] = \frac{\nu_A}{Z} \times A, [\text{流入}] - [\text{流出}] = \frac{A_{\text{流入}} \times Q_0 - A_{\text{流出}} \times Q}{V}$$

ここに、 μ : 比増殖速度 ($= \mu_{\max} \times \Phi_T \times \Phi_I \times \Phi_S$)、 $\mu_{\max}$: 最大比増殖速度 (day^{-1})、 Φ_T : 水温に関する影響関数 ($= T/T_c \times \exp(1 - T/T_c)$)、

Φ_I : 栄養塩に関する影響関数 ($= \frac{N}{K_N + N} \times \frac{P}{K_P + P}$)、 Φ_S : 照度に関する影響関数 ($= L/L_c \times \exp(1 - L/L_c)$)、 T : 水温 ($^{\circ}\text{C}$)、 T_c : 最適水温 ($^{\circ}\text{C}$)、

N : 無機態窒素 (mg/l)、 P : 無機態リン (mg/l)、 K_N : 無機態窒素に関する半飽和定数 (mg/l)、 K_P : 無機態リンに関する半飽和定数 (mg/l)、 L : 日射量 (lux)、 L_c : 最適日射量 (lux)、 K_d : 植物プランクトンの死滅定数 (day^{-1})、 ν_A : 植物プランクトンの沈降定数 (day^{-1})、 Z : 水深 (m)、 $A_{\text{流入}}$: 流入 Chl-a 量 ($\mu\text{g/l}$)、 $A_{\text{流出}}$: 流出 Chl-a 量 ($\mu\text{g/l}$)、 Q_0 : 流入水量 (m^3/day)、 Q : 流出水量 (m^3/day)

また、各係数は文献値²⁾を参考にして決定した。また、図1、2より1988年4月～1993年3月における Chl-a 量 ($\mu\text{g/l}$) と藻類量 (N/ml) の相関 (r) は、藍藻類では-0.08、珪藻類では0.34、緑藻類では0.30となり、珪藻類がもっとも高い相関を示し、また手賀沼の藻類は珪藻類が約5割 (藍藻類約3割、緑藻類約2割) を占めていることから、本研究では年間を通じて出現する珪藻類 (*Melosira varians*, *Cyclotella* spp., *Stephanodiscus* spp. など) の挙動を対象として検討を行った。

2.2 感度解析

本研究で用いた生態系モデルの各パラメーターの変化に対する感度について検討を行った。ここで、植物プランクトン量を Y 、各検討項目入力値を u とすると、感度関数は次式で定義される。

$$Y_u = \partial Y / \partial u$$

なお、検討項目 u は、水温、無機態リン、無機態窒素および日射量とした。

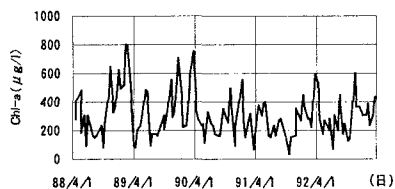


図.1 Chl-a実測値

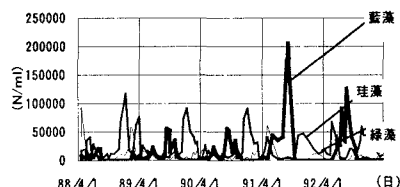


図.2 植物プランクトン量

2. 3 将来予測

感度解析の結果からモデルに大きく影響を及ぼす因子を抽出し、植物プランクトンの増殖抑制のための効果的な手段を検討した。さらに、その手段に従った条件で水質シミュレーションを試み、将来予測を行った。

3. 結果および考察

3.1 シミュレーション

1993年4月から1998年3月の実測値と計算値を図3に示す。なお、無機態リンと無機態窒素は実測値にばらつきがあるため、移動平均を用いた。実測値と計算値の相関係数(r)は0.38となり、精度としてはやや低い結果となった。これは、本研究では珪藻類の挙動のみを対象としており、同じくChl-aを含有する藍藻類と珪藻類を考慮しなかったことから、実湖沼でのChl-aの挙動を十分に反映できなかったものと考えられる。

3.2 感度解析

生態系モデルにおける水温、無機態リン、無機態窒素および日射量の感度解析結果を図4に示す。これより、無機態リンがChl-aの挙動、すなわち藻類増殖に強く影響を及ぼしていることがわかった。また、日射量は藻類増殖にほとんど影響を及ぼさないことがわかった。

3.3 将来対策

感度解析の結果から、各環境因子のなかで最も感度の高かった無機態リンを抑制することが藻類増殖の抑制に有効な手段と考え、1年間の無機態リン濃度を1993年4月1日から10%、20%、30%削減し続けた場合について、シミュレーションを行った。その結果、図5に示したように、植物プランクトンの増殖をそれぞれ32%、52%、65%抑制することが可能であることがわかった。したがって、閉鎖性湖沼である手賀沼における植物プランクトンの増殖、すなわち内部生産を抑制する上では、湖水中の無機態リンを削減することが有効であることが明らかとなった。

4. まとめ

- ① 閉鎖性湖沼における藻類増殖をシミュレートできる生態系数理モデルを構築することができた。
- ② 生態系モデルにおける感度解析より、手賀沼では無機態リンが植物プランクトンの増殖に強く影響を及ぼしていることがわかった。
- ③ 将来対策として無機態リンを削減すると、植物プランクトンの増殖を大幅に抑制できることがわかった。

参考文献

- 1) 千葉県環境部：「公共用水域水質測定結果(千葉)」(昭和63～平成10年)
- 2) 大島史彦、今井洋介、三品智和、村上和仁、瀧 和夫、胡 翔：「生態系モデルを用いた閉鎖性湖沼の水質解析」、第27回関東支部技術研究発表会講演概要集、土木学会関東支部編、pp.1010～1011(2000)

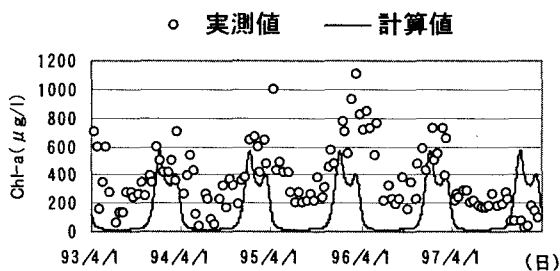


図. 3 シミュレーション結果

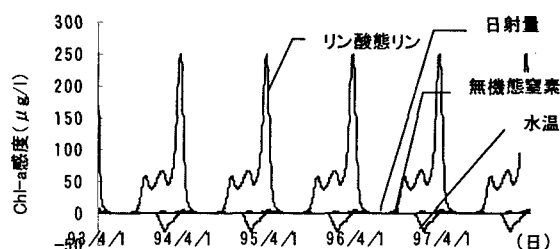


図. 4 感度解析

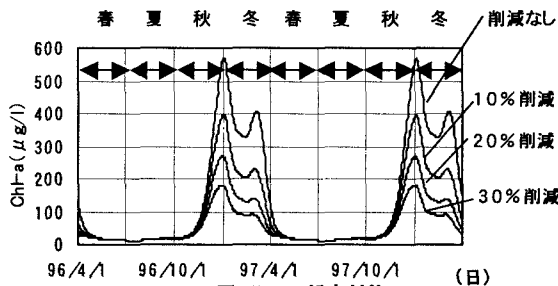


図. 5 将来対策