

二枚貝が優占する汽水湖の水質分布特性に関する解析

九州大学工学部 学生会員○二家本晃造 学生会員 Fatos Kerciku
正 会 員 中村 由行

1. はじめに

近年、閉鎖性水域の水質保全対策として、自然の浄化力に着目し、これを維持・増進させる方法が提案されはじめている。島根県東部に位置する宍道湖は、湖沼水質保全特別措置法による指定湖沼であるが、流入する汚濁負荷の大きさの割に、水質は比較的良好に維持されている。同湖は、全国湖沼中第一位の漁獲量を誇るヤマトシジミの産地であり、富栄養湖でありながらアオコや淡水赤潮の発生が比較的少ないのは、シジミの浄化力によるものといわれている。

シジミは高い濾過能力を持ち、濾過によって、植物プランクトンを含む水中の懸濁物質を摂取する。最も濾過速度の高い夏期においては、4～5日で宍道湖の水全部を濾過できるほどの濾過能力を持つといわれている。そのため、植物プランクトンの現存量は栄養塩だけでなく、シジミによる捕食にも支配され、シジミの生息する沿岸部のChl. a濃度は湖心部のそれに比べて常に低いなど、いくつかの際立った特徴が観察されている(図1参照)。本研究では、植物プランクトンとシジミの相互作用について簡単なモデルを作成し、これらの平衡・分布特性の定量的解析を行った。

2. 数理モデル

宍道湖は、面積79.16km²、最大水深6.4mの国内第5位の大きさの富栄養の汽水湖で、中海とともに、中国山地を源とする斐伊川水系(流域面積2070km²)の下流域を構成する。同湖では、総シジミの約85%が水深3.0m

以浅の沿岸部に集中して生息しており、水質もシジミの捕食圧を反映して沿岸部と沖合部で異なる。このことから、湖を沿岸部と沖合部に分割した2ボックスモデルを考えた(図2参照)。モデルの変数は沿岸部及び沖合部の植物プランクトン(Chl. a)と沿岸部の二枚貝(シジミ)の3つであり、これらの相互作用を考える。

モデルでは、生物的過程として、植物プランクトンの一次生産、シジミによる植物プランクトンの捕食、シジミの死亡(漁獲による除去を含む)を、物理過程として、河川を通じた流出、沿岸部と沖合部の水の交換を考えた。以上から、沿岸部及び沖合部の植物プランクトン濃度 P_L 、 P_R 、シジミの生息密度 B の関係式として、次式を得る。

$$dP_L/dt = k_{pl}P_L - P_L/\tau_R - (\gamma F/h_L)BP_L + (P_R - P_L)/\tau_e$$
 (1)

$$dP_R/dt = k_{pp}P_R - P_R/\tau_R + (P_L - P_R)/\tau_p$$
 (2)

$$dB/dt = -kbB + (\alpha\beta_1\beta_2\gamma F)BP_L$$
 (3)

なお、パラメータの意味及び代表値は表1のとおりである。

上式より、定常状態における解(生物量)は以下で表される。

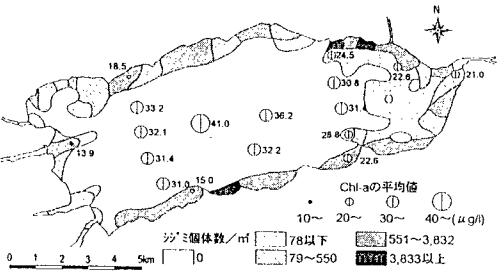


図1 宍道湖におけるシジミ・Chl. aの分布^{2) 3)}

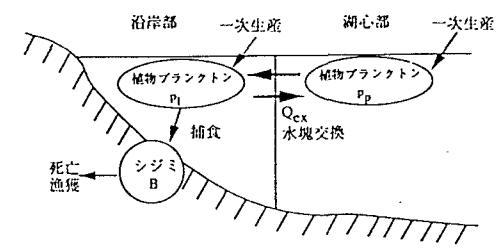


図2 モデルの構造¹⁾

k_{pp}, k_{pl}	一次生産速度定数	0.15(1/day)
V_p, V_l	沿岸部及び沖合部体積	$3.35 \times 10^8, 2.54 \times 10^7$ (m ³)
Q_R	河川流量	$3.4e6$ (m ³ /day)
Q_{ex}	沿岸部・沖合部交換流量	1.1×10^8 (m ³ /day)
$\tau_R = (V_p + V_l)/Q_R$	河川水の滞留時間	110(day)
$\tau_p = V_p/Q_{ex}$	沖合部水塊の滞留時間	3.0(day)
$\tau_e = V_l/Q_{ex}$	沿岸部水塊の滞留時間	1.23(day)
γ	シジミ単位湿重量当たり軟体部平均乾燥重量	0.0223
F	シジミ軟体部乾燥重量当たり濾過速度	0.1 (m ³ /g・day)
k_b	シジミ死亡速度定数	0.0025(1/day)
α	植物プランクトン体成分窒素	6.3
β_1	シジミ窒素同化効率	0.125
β_2	シジミ窒素含有量/全湿重量換算係数	0.46×10^{-3}
h_e	沿岸部水深	1.87(m)

表1 モデルのパラメーター一覧

$$P_1^* = kb / (\alpha \beta_1 \beta_2 \gamma F) \quad (4)$$

$$P_2^* = kb / \{ \alpha \beta_1 \beta_2 \gamma F (1 + \tau_p / \tau_r - \tau_p kpp) \} \quad (5)$$

$$B^* = (h_e / \gamma F) [kpp - 1 / \tau_r - 1 / \tau_e + 1 / \{ \tau_e (\tau_p / \tau_r + 1 - \tau_p kpp) \}] \quad (6)$$

3. 結果と考察

式(4)~(6)に宍道湖で観測されているパラメータの代表値を代入すると、定常解として

$$\begin{aligned} P_1^* &= 0.0032 \text{ g/m}^3 & P_2^* &= 0.0054 \text{ g/m}^3 \\ B^* &= 2690 \text{ g/m}^3 \end{aligned} \quad (7)$$

を得る。さらに、式(4)~(6)から、定常解に関して、①交換流量を増大させると沖合部Chl. a濃度及びシジミ密度が減少する、②シジミ死亡率を減少させると沿岸部及び沖合部Chl. a濃度も減少する、③沿岸部体積を増大させるとシジミ密度が減少する、ことなども分かる。ちなみに、パラメータが一定の場合、式(1)~(3)を数値計算すると、解は(7)で示した定常解に収束していく(図3参照)。

次に、一次生産速度定数 k_p 及び濾過速度 F を実測値に即した温度の関数として与え、宍道湖の平均的な水温変化をもとに、パラメータが季節変化(図4参照)する場合の解の挙動を調べた。その結果、図5に示す周期的な準定常解が得られた。これは、特にシジミの生息密度において実測値に近い値で変動しており、また、沿岸部と沖合部の植物プランクトン濃度比は従来の観測結果にほぼ一致した。

従って、シジミが二次生産を支配する水域の特性は、このような簡略化したモデルでも十分表現されていると考えられる。しかしながら、本モデルでは、Chl. a濃度が $1 \mu\text{g/l}$ 未満まで下がる時期があるなど、生物量の絶対値を議論するには不十分な点もある。今後の課題として、一次生産量を支配する栄養塩の挙動を考慮したモデルの解析が必要である。

4. まとめ

湖を沿岸域と沖合域の2つに分けてモデル化し、植物プランクトン・シジミの相互関係を調べた結果、以下の知見を得た。

- (1)沿岸のChl. a濃度は、シジミの捕食圧を反映し、沖合のChl. a濃度より低くなる。
- (2)沿岸と沖合の交換流量を大きくすれば、沖合のChl. a濃度を下げることができるが、シジミの生息密度も小さくなる。
- (3)シジミ・植物プランクトンの相互作用だけで定性的な時間的・空間的変動特性を表現できるが、Chl. a濃度の変動などの定量的な議論は難しい。

参考文献

- (1)F. Kercikuら、環境工学研究フォーラム講演集、pp.185-187、1997
- (2)作野ら、汽水域研究、vol. 3、pp.57-72、1996
- (3)アーバンクボタ NO.32 JUNE 1993

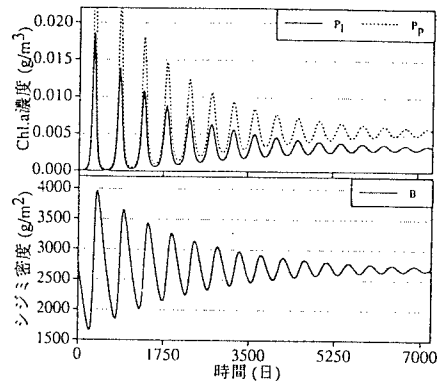


図3 シジミ・Chl. aの経時変化(パラメータ一定)

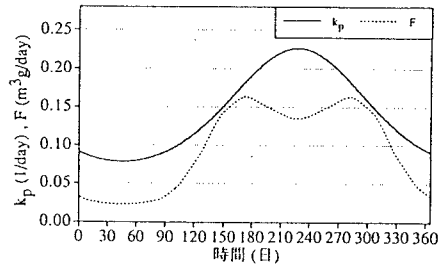


図4 パラメータの季節変化

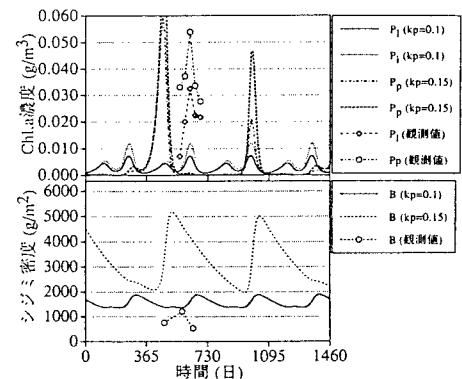


図5 シジミ・Chl. aの経時変化(パラメータ:季節化)