

VII-266

二枚貝が優占する汽水湖沼の水質分布特性に関する研究

東京工業大学大学院 学生会員○二家本晃造

九州大学大学院 正会員 中村 由行 学生会員 Fatos Kerciku

1. はじめに

近年、各地の閉鎖性水域で富栄養化が進行し、植物プランクトンの異常発生や、それに伴う魚介類の死滅などが問題となっている。ところが、ヤマトシジミの産地として知られる島根県の宍道湖は、流入水質・地理条件がほぼ等しい隣接の中海に比べ、水質が比較的良好に維持されている。この理由として、宍道湖に高密度に生息する二枚貝（シジミ）による水中有機物の捕食及び、シジミの漁獲に基づく窒素の湖外持ち出しが指摘されている。このようなシジミを介した水質浄化機構を解明するため、本研究では、宍道湖を対象に湖内水質分布特性に関する現地観測を行い、さらに簡単なモデルを作成して、これを検討した。

2. 現地観測

2.1 観測方法 観測は、図1に示す宍道湖北岸から南岸までの側線上、代表的な9地点において行い、Chl.a及び栄養塩（ NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 、 NO_3^- 、 NO_2^- ）濃度を水深50cm毎に測定した。観測期間は、1997年8月6日18時から8日12時迄で、6時間おき計8回実測を行った。なお、Chl.a、栄養塩の測定には、それぞれTurner現場型蛍光光度計、自動分析器（プラン・ルーベ製）を使用した。

2.2 観測結果 観測期間中は、総じて静穏で曇又は雨という天気だった。現地観測の結果、湖の南北縦断面内のChl.a、栄養塩濃度分布について、いくつかの際立った特徴が観察された。観測結果の一例をコンター図3,4に示す。すなわち、湖内の水質分布として、①沿岸のChl.a濃度は沖合のそれに比べ常に低い、② NH_4^+ に代表される栄養塩濃度は湖心に向かうほど低くなる、③Chl.a濃度は、湖心と湖岸の中間辺りでピークとなる、などの特性が認められる。

3. 水平一次元モデル

3.1 基礎式 宍道湖は、面積80km²、最大水深6.4mの矩形形状の汽水湖で、湖内の水は、河川水により西から東に流れている。また、風は東西方向に卓越し、南北方向にはあまり吹かない。いま、南北縦断方向の水質分布を考えるため、東西方向に流れが一樣とし、水深方向に平均をとることで、岸から沖にかけての水平1次元モデルを作成した（図2）。状態変数として、植物プランクトン、 NH_4^+ -N、二枚貝の3つを取り、これらの相互作用を考えると次の関係式を得る。

$$\text{植物プランクトン} \quad \frac{\partial P}{\partial t} = (1/h) \left\{ \frac{\partial(hD_x \partial P / \partial x)}{\partial x} \right\} + \left\{ \frac{P_{\max} A}{(K_m + A)} \right\} P - k_d P - (1/h) (\gamma F) B - P / \tau \quad \cdots (1)$$

移流分散

一次生産(増殖)

死滅

被食

流出

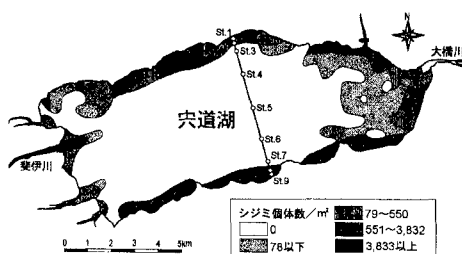
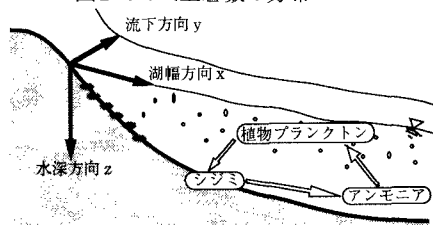
図1 シジミ生息数の分布¹⁾

図2 水平1次元モデルの概略

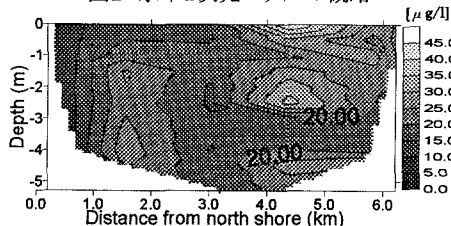
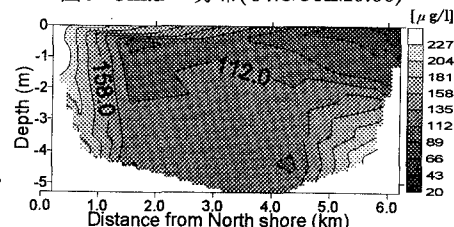


図3 Chl.aの分布(97/8/8 AM6:00)

図4 NH_4^+ の分布(97/8/8 AM6:00)

キーワード：自然浄化、富栄養化、生態系モデル、二枚貝、汽水湖沼

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1、Tel:092-642-3280、Fax:092-642-3322

$$\frac{\partial A}{\partial t} = (1/h) \left\{ \frac{\partial (h D_x \partial A / \partial x)}{\partial x} \right\} - \{ \alpha_p P_{\max} A / (K_m + A) \} P + (1/h) (\gamma E) B + R/h + A_{in} - A/\tau \quad \dots (2)$$

移流分散

植物プランクトンによる摂取

シジミ排出

底泥溶出

流入

流出

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \alpha \beta_1 \beta_2 (\gamma F) B P - k_b P \quad \dots (3)$$

成長・増殖

漁獲・死亡

なお、パラメータの意味、および計算に使った宍道湖における代表値は表1のとおりである。

3.2 シジミ生息域 宍道湖では、図1に示すように総シジミの99%が水深4.0m以浅の沿岸域に集中して生息している。これは、密度成層による底層のDO濃度の低下及び、沖合底泥のヘドロ化が主たる原因であるが、式(1)～(3)のみではそれを表わし得ない。そこで、死亡率 k_b を空間的に変化させることでこれらの効果を暗に含めた。

4. 数値計算と考察

4.1 モデル計算 式(1)～(3)について、宍道湖で観測されているパラメータの代表値¹⁾⁶⁾を用いて数値計算を行った。ただし、シジミの濾過速度、排出速度、植物プランクトン最大増殖速度の3つについては、その水温依存性⁷⁾をもとに、季節変動を考慮した。パラメータを季節的に変化させると、式(1)～(3)は1年周期の解を示した（図5～7）。

図を見ると、パラメータの不確かさの割に、Chl.a及び沿岸の NH_4^+ 濃度について観測値とよく一致しており、これらに関してモデルの素過程の妥当性が示される。すなわち、水平方向の水質分布特性として、①沿岸のChl.a濃度は捕食のため1年を通して沖合より低い値を示す。②特に、シジミの濾過速度と植物プランクトンの増殖速度が顕著となる夏期においては、湖心と湖岸の中間でChl.aが極大をとる特異な分布となる。③ NH_4^+ 濃度はシジミの排泄と密接に関係し沖に進むほど低い値となる、ことが理解できる。

また、計算結果によると④冬期は、沿岸と沖合のChl.a濃度差が1年で最小となる。⑤沖合では、Chl.a、 NH_4^+ 濃度ともに季節変動が少なくほぼ定常状態にある、ことが予測される。

4.2 分散係数 モデル計算において、分散係数は現地観測された水質分布を再現するように決定した。分散係数の値を5倍にすると、Chl.a分布は2点太鎖線(*)で示すように、極大を持たず沖に向かって漸増する形となった。このように、水平流束の増大はChl.a、 NH_4^+ 濃度を湖全体でならし、その平均濃度を下げる効果がある。

5. まとめ

- 二枚貝が優占する汽水湖の水質分布特性について現地観測及びモデル計算を行った結果、以下の知見を得た。
- (1) 湖内のChl.a分布は、二枚貝の捕食圧と栄養塩の排泄による供給を反映し、沿岸で最小、湖心と湖岸の中間で最大、沖合では沿岸の2倍程度の高い濃度をしめす特徴的な分布となる。
 - (2) 湖内の栄養塩濃度は、シジミによる排出と密接に関わり、沿岸域で高い値をしめす。
 - (3) 二枚貝、植物プランクトン、アンモニアの3変数の相互関係だけで、湖内の水質特性を定性的によく再現できることから、これらの要素が宍道湖の物質循環過程を支配していることが分かる。

参考文献

- 1) 中村幹雄ほか：汽水湖の生物と漁業—ヤマトシジミを中心に—, Urban KUBOTA No.32, 1993
- 2) 島根県水産試験場：昭和58年度赤潮対策技術開発試験報告書、1984

表1 モデルパラメータの意味と代表値

P	—	水深方向平均植物プランクトン(Chl.a)濃度(g/m ³)
A	—	水深方向平均アンモニア態窒素濃度(g/m ³)
B	—	1m ² 当たりシジミ全湿重量(殻部+軟体部)(g-wet.total/m ²)
h	—	水深(m)
D _x	4.0×10 ⁴	移流分散係数(m ² /day)
K _m	0.014	NH ₄ ⁺ -Nに対する植物プランクトン飽和定数(g/m ³)
P _{max}	0.4	植物プランクトン最大増殖速度(1/day)
k _d	0.08	植物プランクトン死滅速度係数(1/day)
γ	0.03	シジミ全湿重量当たり軟体部乾重量(g-dry.flesh/g-wet.total)
F	0.093	シジミ軟体部乾重量当たり濾過速度(m ³ /g-dry.flesh·day)
α	6.3	植物プランクトン体成分窒素(g-N/g-Chl.a)
α _p	6.3	NH ₄ ⁺ -Nに対する植物プランクトン増殖収率(g-N/g-Chl.a)
E	0.003	シジミ軟体部乾重量当たりNH ₄ ⁺ -N排出速度(g-N/g-dry.flesh·day)
R	0.045	湖底からのNH ₄ ⁺ -Nの溶出(g/m ² ·day)
k _b	0.003	シジミの死滅速度係数(1/day)
β ₁	0.45	シジミの栄養同化効率
β ₂	230	シジミの全湿重量当たり窒素含有量(g-wet.total/g-N)
A _{in}	0.0035	河川からの流入無機窒素(g/m ³ ·day)
τ	103	河川水の滞留時間(day)

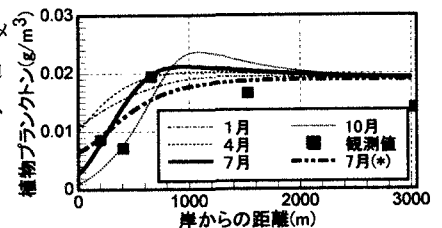


図5 植物プランクトン(Chl.a)の分布

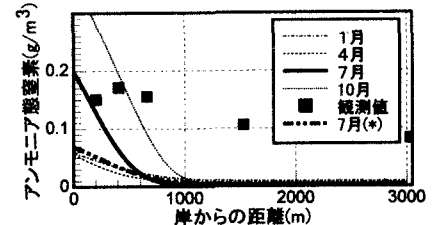


図6 アンモニア態窒素の分布

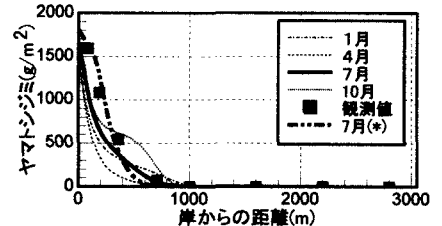


図7 ヤマトシジミの分布