

外部要因に支配された閉鎖性水域変動特性

九州大学大学院 ○酒井啓範
九州大学大学院 熊谷博史
九州大学工学部 横寺宏
九州大学工学部 楠田哲也
前島根大理学部化学科教授 橋谷博

1. はじめに

汽水湖や内湾等の閉鎖性水域は、気象等の外部要因の変動に対応して密度躍層の形成・消滅を繰り返している。密度躍層を形成している水域の躍層より下では、生物化学的な反応による DO の急激な消費が行われ、しばしば貧酸素化が生じる結果となっている。本研究は、これら一連の現象を定式化し、貧酸素水塊発生頻度を確率的に表すことを最終目的としている。本報告ではその第一段階として、汽水湖である宍道湖（島根県）を対象とし、その貧酸素化現象を簡略な式を用いて予測することを試みた。

2. 気圧変化に対する宍道湖水位変化

図1より宍道湖の水位は気圧の変化に対応していることがわかる。最初に美保関側で水位の変動が生じ、その後中海から宍道湖へと連動していくことがわかる。¹⁾

3. 塩分変化と DO 変化

図2は1994.7.16～1994.10.31までの宍道湖上層・下層（それぞれ水表面・湖底より1m）の塩分及びDO経時変化を示す。これより上下層の塩分差が大きくなる（下層塩分>上層塩分）と下層DOは急激に減少し、貧酸素現象が生じていることがわかる。

4. 計算方法

貧酸素化現象を簡素な式を用いて予測する。図3に宍道湖—中海—美保関間の縦断面を示す。水の収支式、淡水・汽水移動量式、宍道湖内の塩分躍層厚の算定式を次のように与える。また計算時の仮定として、1) 淡水及び汽水は大橋川通過時に完全混合される。2) 混合後の流体の密度が淡水に近いとき、それを淡水として扱う。3) 式4、5、6の係数は $\alpha = 1$ 、 $\beta = \beta' = \beta'' = 10$ とする。

$$\frac{dA_s(z)h_s(z)}{dt} = Q_a + Q_b - Q_c + Q_d \dots (1)$$

$$\frac{dA_n(z)h_n(z)}{dt} = Q_a + Q_b - Q_c - Q_d + Q_e \dots (2)$$

$$Q_{d \text{ or } e} = \gamma Q_{d \text{ or } e} + (1 - \gamma) Q_{d \text{ or } e} \dots (3)$$

$$\gamma = \beta e^{-\alpha H_{su}} \quad \{Q_d < 0\} \dots (4)$$

$$\gamma' = \beta' e^{-\alpha H_{nu}} \quad \{Q_d > 0\} \dots (5)$$

$$\gamma'' = \beta'' e^{-\alpha H_{nu}} \quad \{Q_c < 0\} \dots (6)$$

$$H'_{sd} = H_{sd} \pm \frac{Q}{A(z)_s} \dots (7)$$

$$\begin{cases} Q_d > 0 & Q = Q_d \\ Q_d < 0 & Q = \gamma Q_d \end{cases}$$

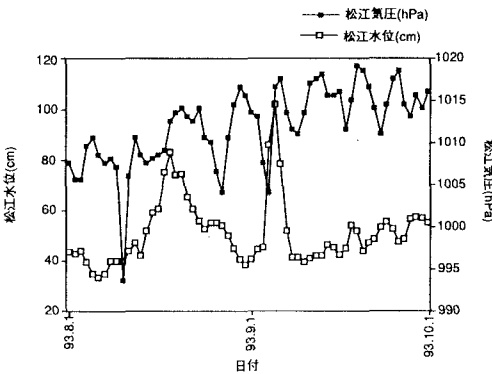


図1 気圧・宍道湖水位経時変化

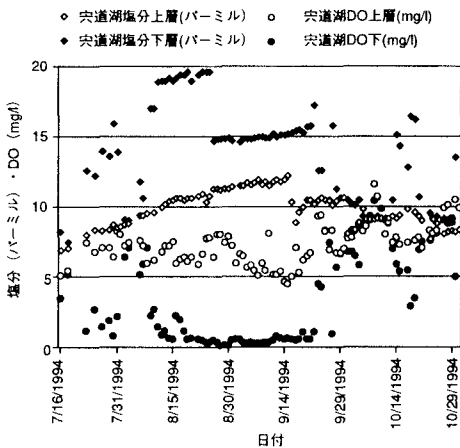


図2 宍道湖塩分・DO（上層・下層）経時変化

$$\frac{d(DO \times V)}{dt} = DO \times Q_d - A_{sb}(z) \times SOD \dots (8)$$

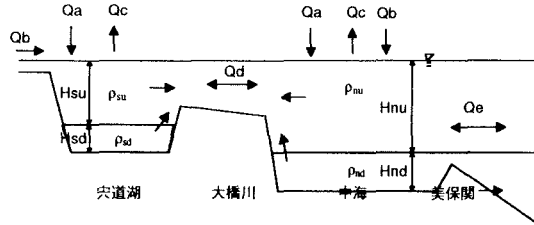


図3 宍道湖－中海－美保関縦断面図

$A_s(z), A_n(z)$: 宍道湖・中海水表面積(m²)

$h_s(z), h_n(z)$: 宍道湖・中海水位(m)

Q_d : 降水量(m³/day)

Q_b : 河川からの流入量(m³/day)

Q_c : 蒸発量(m³/day)

Q_d : 宍道湖－中海間汽水・淡水移動量(m³/day)

Q_e : 中海－美保関汽水・淡水移動量(m³/day)

H_{su} : 宍道湖躍層上層厚(m) H_{sd} : 同躍層下層厚(m) H_{nu} : 中海躍層上層厚(m) H_{nd} : 同躍層下層厚(m)

$A_{sb}(z)$: 宍道湖湖底面積(m²)

V : 躍層下層体積(m³)

DO : 躍層下層 DO(mg/l)

初期条件として以下のようにしておく。

$H_{su}=5.8(\text{m}), H_{sd}=0.2(\text{m}), H_{nu}=4.5(\text{m}), H_{nd}=2.5(\text{m})$

$\rho_{su}=1000(\text{kg/m}^3), \rho_{sd}=1010(\text{kg/m}^3)$

$\rho_{nu}=1007(\text{kg/m}^3), \rho_{nd}=1030(\text{kg/m}^3)$

$DO_{sd}=8.0(\text{mg/l}), DO_{nu}=10(\text{mg/l})$

$DO_{nd}=0.25(\text{mg/l}), SOD=1.55(\text{g/m}^2/\text{day})$

5. 結果及び考察

図4、5は宍道湖－中海間の全水頭差（実測値より算定）、汽水の流動状況経時変化（計算値）、宍道湖下層厚（推定値）、下層でのDO（計算値）を表す。図4の全水頭差で、 β' 、 β'' を過大評価したために中海下層厚が大幅に減少し中海の全水頭低下を招いたと考えられる。また図5より、外部からのDO供給がない限り躍層より下層のDOは消費され続け、無酸素状態が発生すると思われる。

6. 結論

1) 気象因子の相互作用により宍道湖－中海間で全水頭の逆転が生じ、その結果汽水が逆流し塩分躍層が形成されられると思われる。

2) 躍層下層でDOは急激に消費され無酸素状態に達する。風による混合等により躍層が消滅すると貧酸素状態は解消される。

今後、風の影響を考慮していくことが課題である。

謝辞： データの取得にあたりご協力を頂いた鳥根県庁、建設省出雲工事事務所、新日本気象海洋株式会社の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日々野忠史、福岡捷二、池内幸司：潮汐を受ける連結系水域での水位変動に及ぼす気象の影響

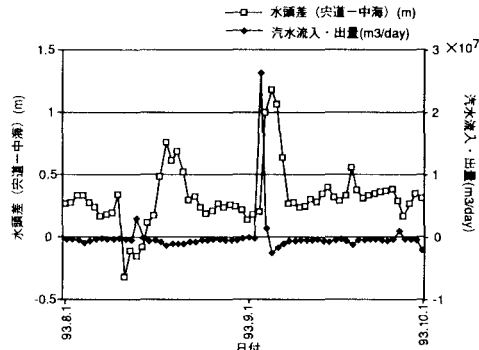


図4 水頭差・汽水流動変化（経時変化）

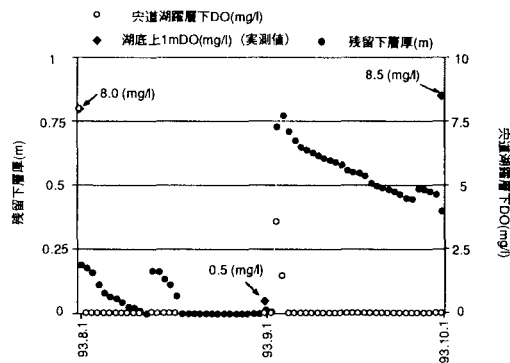


図5 躍層下層厚・躍層下DO変化