

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○佐野 俊幸

大阪大学工学部

川井 晴至

大阪大学大学院工学研究科 正会員

西田 修三

1.はじめに

湖沼では、夏の強い日射により水温成層が形成される。その結果、鉛直循環が抑制され、底層水の貧酸素化が生じる。貧酸素水は、底生生物に直接的な被害を及ぼすだけでなく、風などの外力によって湧昇して様々な水質問題を引き起こす。このように夏期の成層の安定化が貧酸素化を助長し、水温成層が貧酸素化に強く関与している。そこで、本研究では小川原湖をフィールドに気象変化が水温成層形成に及ぼす影響について鉛直1次元モデルを用いて解析するとともに、溶存酸素の季節変動特性について解析を行う。

2.猛暑渇水年の気象状況

図-1は、猛暑渇水であった1994年と平年の日射量、風速を比較したものである。94年夏期の日射量は平年を大きく上回っている。一方、風速は平年を下回り弱風の日が続いていたことがわかる。このような気象状況の違いが湖の水環境に与える影響について、以下に示すモデルを用いて解析する。

3.数値解析モデルの概要

(1)鉛直1次元モデルの基礎式

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{A(z)} \frac{\partial}{\partial z} \left(A(z) K_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{1}{\rho C_p} \frac{1}{A(z)} \frac{\partial}{\partial z} (A(z) q(z))$$

ここで、 z は鉛直軸で水面より下向きを正とする。 $A(z)$ 、 T 、 K_z 、 ρ 、 C_p 、 $q(z)$ はそれぞれ、等深断面積、水温、鉛直拡散係数、水の密度、比熱、及び短波放射による水中の熱フラックスである。 $q(z)$ は次式で与えられる。

$$q(z) = (1 - \beta) Q_s \exp(-\eta z)$$

ここに、 η は消散係数(=0.2)、 β は短波放射のうち水面近傍で吸収される割合(=0.4)、 Q_s は正味の短波放射量である。なお、渦動拡散係数については中村ら¹⁾の提案したものを採用した。

(2)境界条件

水表面における境界条件は水面、大気間の熱収支を考え、全熱収支式を次式で与える。

$$Q = Q_s - Q_L - Q_e - Q_c$$

ここに、 Q_s :短波放射、 Q_L :長波放射、 Q_e :潜熱輸送量、 Q_c :顕熱輸送量である。図-2に92年と94年における熱フラックスの季節変化を示す。ほぼ例年並の気象状況であった92年に比べ、94年8月は大きな値を示し、猛暑であったことがうかがえる。

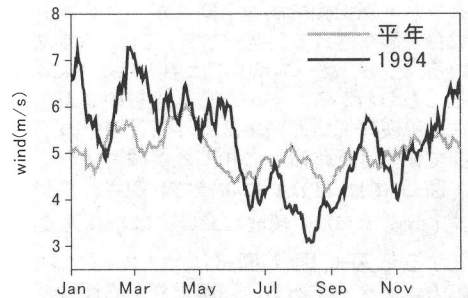
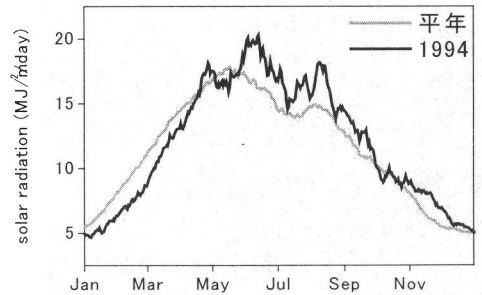


図-1 日射量・風速

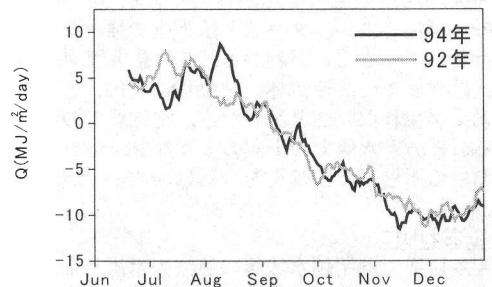


図-2 熱フラックスの比較

(3)DO の算定式

断面積を考慮した 1 次元濃度支配式は以下の式で与えられる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{A(z)} \frac{\partial}{\partial z} \left(A(z) K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \frac{1}{A(z)} S \times A(z)$$

生成項 S には、大気からの再曝気と植物プランクトンの光合成による酸素供給、そして底泥と COD 物質による酸素消費を考慮した。

4.解析結果

小川原湖は、水深 20m 以深に約 12psu の塩水層が存在する汽水湖である。そのため計算では塩分に関する計算も同時に行い、密度 ρ に反映させている。ただし、塩水流入は簡単のため考慮していない。水温、塩分、DO の実測データを初期条件として与え、気象変化を境界条件として取り込みながら経日変化を求めた。図-3 は 94 年 9 月 7 日における水温、DO の鉛直分布である。計算結果は実測値を良好に再現していることがわかる。図-4 は数値計算で得られた 92 年と 94 年の水温、DO の季節変動を示したものである。92 年夏期には水温躍層が水深 10m に形成されているのに対し、94 年夏期では水深 5m の浅水深に形成されている。図-2 に示したように 94 年は日射が強く、弱風であったため水温躍層が浅水深で形成されたと言える。また、92 年、94 年とも水温躍層以深から DO 値が急激に低下しており、水温躍層の形成が DO に大きく関与していることがわかる。

小川原湖では 94 年夏期にシジミの大量死が報告されている。これは、計算結果が示すように水温躍層が例年よりも浅い水深に形成されたために、シジミの生息水深まで貧酸素化が進んだためと考えられる。

4.おわりに

鉛直 1 次元モデルを用いて小川原湖の水温、DO の季節変動の解析を試みた。1 次元の簡易モデルではあるが、気象変化が水温成層の形成、特に躍層水深に大きく影響を及ぼすこと、さらに、成層構造が DO に大きく関与していることを示し得た。今後、間欠的な塩水流入現象をモデル化し、塩分環境も含めたシジミの生息環境の変動解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 中村由行他：閉鎖性水域における温度成層の形成のモデル化、海岸工学論文集 第 37 巻 (1990)

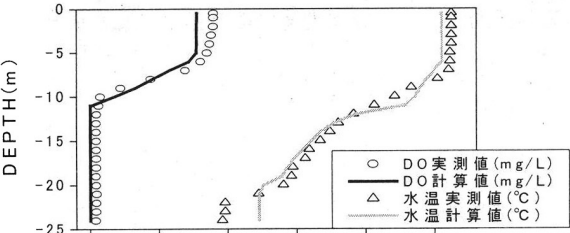


図-3 94/9/7 水温、DO の鉛直分布

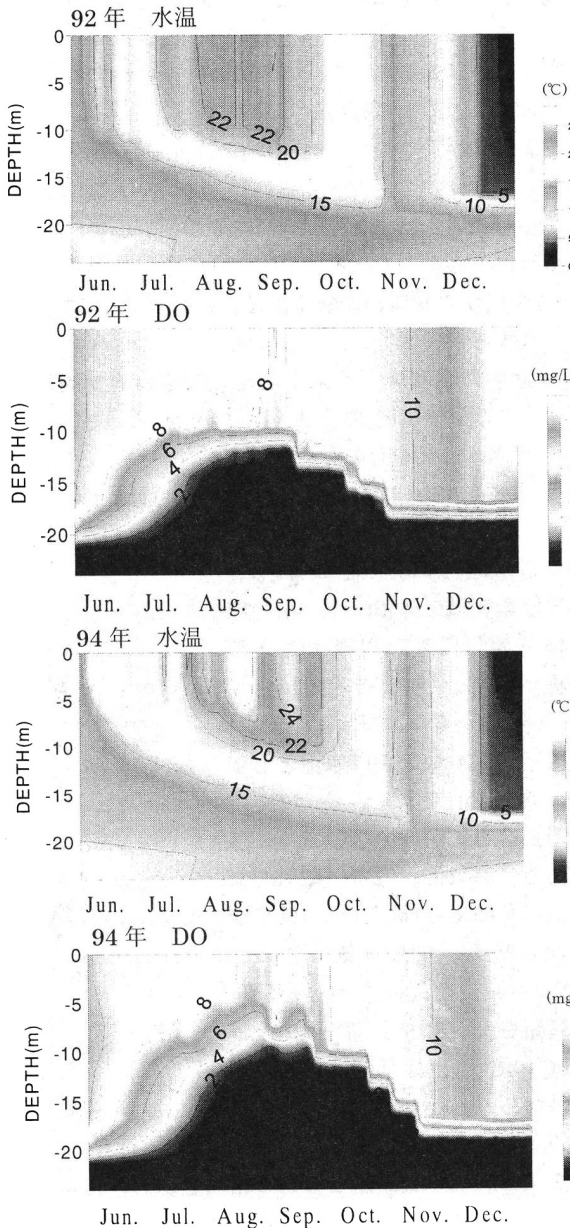


図-4 水温・DO の季節変動