

### 停滞水域における浚渫の影響

前橋工科大学 学生会員 ○仲本 小次郎

前橋工科大学 学生会員

山田 百花

前橋工科大学 正会員

平川 隆一

#### 1. はじめに

多々良沼は、群馬県館林市と邑楽町に位置する沼である。多々良沼は館林の里沼のひとつであり、貴重な植物が生息している<sup>1)</sup>。停滞水域である多々良沼では、高度経済成長期前後から水質汚染が進行しており、動植物の生育環境の悪化や汚染によって発生したアオコや臭気が問題となっている。沼の汚染に関しては、原単位法を用いて、発生源ごとの負荷量の推定が行われている<sup>2)</sup>。また多々良沼では、1988年から1990年にかけて浚渫が行われた。浚渫直後に行われた調査では、地形の変化による水質環境の変化について、夏季に躍層が安定し、表層水と深層水の混合がなくなっていた<sup>3)</sup>。

本研究では、多々良沼を対象として現況地形と浚渫前の地形で数値計算を行い、浚渫による沼内の流れと水質変化について検討することを目的とする。

#### 2. 数値計算の概要

流れ計算には、静水圧近似した次の連続の式と運動量保存式を用いた。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{1}{\rho h} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) \tag{2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{1}{\rho h} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) \tag{3}$$

ここで、 $t$  は時間、 $x, y, z$  は空間座標、 $u, v, w$  は  $x, y, z$  方向の流速、 $\eta$  は水位、 $h$  は水深、 $g$  は重力加速度、 $\rho$  は水の密度、 $p$  は圧力、 $s_{xx}, s_{xy}, s_{yx}, s_{yy}$  はせん断応力成分、 $v_t$  は鉛直乱流、 $F_u, F_v$  は水平応力項である。水深は、次の水深積分された連続式を用いた。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}h}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}h}{\partial y} = 0 \tag{4}$$

ここで、 $\bar{u}, \bar{v}$  は  $x, y$  方向の水深平均流速である。流速の水面と河床の境界条件は、それぞれ次式とした。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0, \quad u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} + w = 0 \tag{5}$$

水質モデルは、溶存酸素  $DO(mg/l)$  と水温  $T(^{\circ}C)$  を対

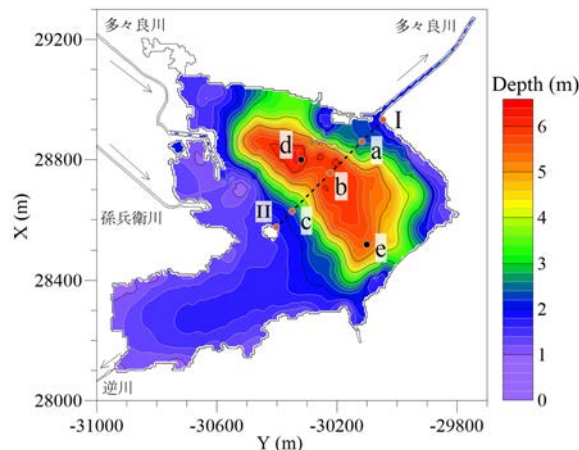


図1 水深分布

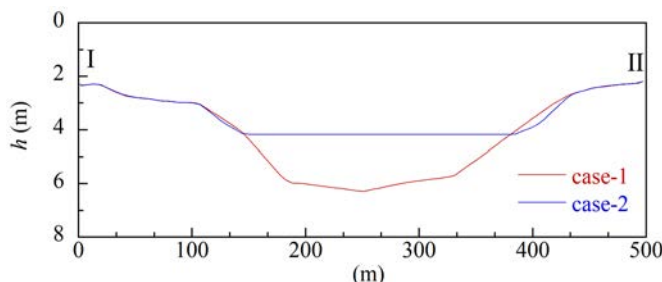


図2 I-II断面の地形

象とし、基本的に移流・拡散過程に従うものとし、生成項は以下の式を用いた。

$$\frac{dDO}{dt} = (\text{再曝気}) - (\text{BODの分解}) + (\text{光合成}) - (\text{植物の呼吸}) - (\text{底質での消費}) \tag{6}$$

$$\frac{dT}{dt} = -(\text{熱伝達率}) \times (T - \text{気温}) / (\text{比熱} \times \text{水深}) \tag{7}$$

図1に、2022年9月12日に ADCP を用いて計測した水深分布を示す。計算条件は、現況地形を case-1、浚渫前の地形を case-2 とした。I-II断面の地形を図2に示す。計算に使用した地形データは、国土地理院・基盤地図データ (5mメッシュ) と図1の水深を用いて作成した。計算メッシュは非構造格子を用いて、鉛直に case-1 は10層、case-2 は5層とした。計算期間は14日間とした。なお、多々良沼の夏季の滞留時間は約4日間である。

#### 3. 結果および考察

図3, 図4に case-1 の表層と底層の流速ベクトルを示

キーワード 停滞水域, 湖沼, DO, 浚渫

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460番地1 前橋工科大学 TEL: 027-265-0111 E-mail: hirakawa@maebashi-it.ac.jp

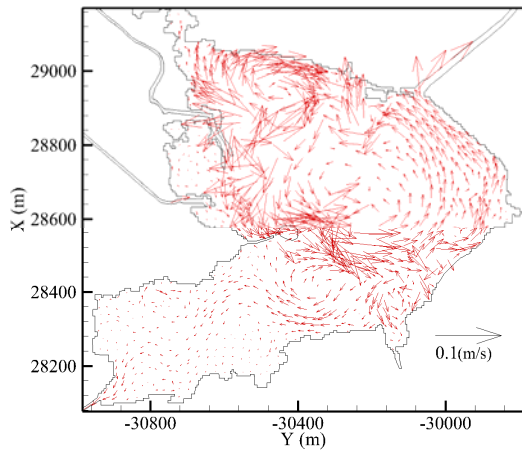


図3 case-1の表層の流速ベクトル

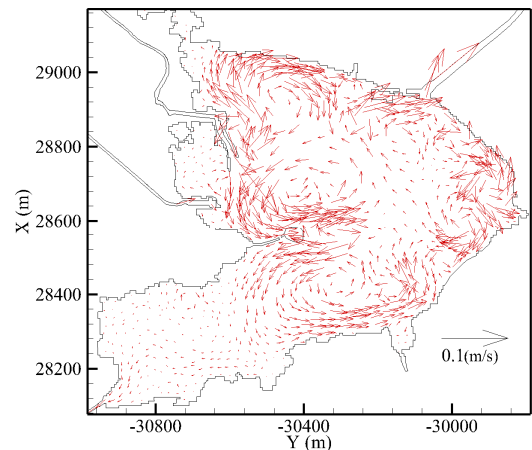


図5 case-2の表層の流速ベクトル

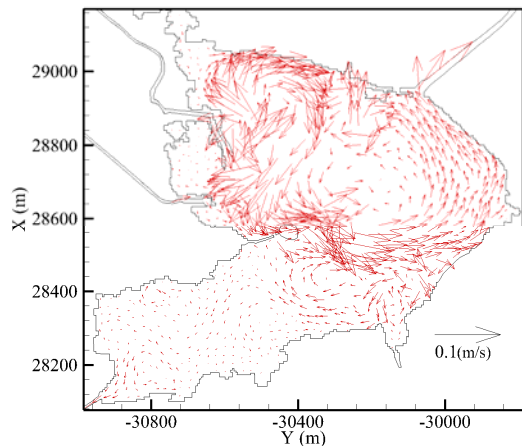


図4 case-1の底層の流速ベクトル

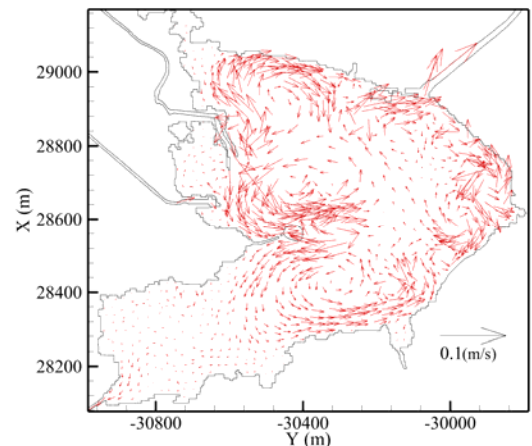


図6 case-2の底層の流速ベクトル

す。表層では多々良川から流入した流れは、孫兵衛川の流入部付近の弁天島にぶつかりそこに沿って流れている。また、沼中央部に2つの大きな循環流が形成されていることが確認できる。底層においても同様な流れとなっている。流速の大きさは、表層のほうが沼南部において大きいことがわかる。

図5、図6にcase-2の表層と底層の流速ベクトルを示す。表層では沼中央部に循環流が形成されていて、底層でも同様な流れである。また表層をcase-1と比較すると、弁天島の南東部の循環流が発達している。さらに沼東端の流れがcase-1では北向きに一樣であるのに対して、case-2では沼岸に沿って流れていないことがわかる。

図7にcase-1, case-2のDOの鉛直分布を示す。各ケースの点は図1に示すI-II断面内の点a, b, cと点d, eである。case-1は鉛直方向にDOが低下している。case-2も同様にDOの鉛直方向の低下がみられる。また水深が浅い部分では、case-1とcase-2の大きな違いはなかった。そのため水深が同じ場所であれば、浚渫前後でDOの鉛直分布の変化は小さいと考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、停滞水域における浚渫の影響を検討するために、多々良沼の浚渫前後の地形を対象とし数値

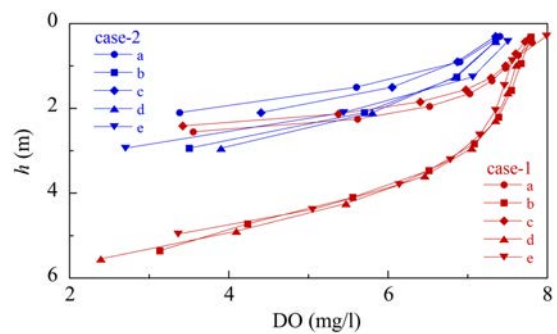


図7 DOの鉛直分布

計算を行った。その結果、浚渫前は弁天島の南東部の水平循環流が発達し、現状地形では沼中央部に水平循環流が発達していることが明らかとなった。またDOの鉛直方向への低下を再現できていることが確認された。

#### 参考文献

- 1) 館林市：館林市史 別巻 館林の里沼，2022。
- 2) 下田美里，金井映里子，堀越壯一，大谷仁己，飯塚哲也，中島憲治：多々良沼の汚濁機構に関する研究，群馬県衛生環境研究所年報，Vol.38, pp.45-48, 2006。
- 3) 関根和伯：群馬県における低地富栄養湖の陸水学的研究13，群馬生物，Vol.40, pp.16-20, 1991。