

オホーツク海沿岸潟湖における流動場と溶存有機物の分布特性

Flow field and distribution of dissolved organic matter in a lagoon at the coast of the Sea of Okhotsk

北見工業大学工学部地域環境工学科 学生会員 ○曾田光葵(Mitsuki Sota)
 北見工業大学工学部社会環境系 正会員 駒井克昭(Katsuaki Komai)
 東京農業大学生物産業学部 正会員 園田 武(Takeshi Sonoda)

1. はじめに

オホーツク沿岸に位置する濤沸湖は渡り鳥を含む多くの野鳥の生息地として重要な汽水湖であり、ワカサギやカキ等の水産利用がなされている¹⁾。一方、背後地の高度な土地利用、複数の小河川の流入、複雑な地形、オホーツク海の潮汐による影響等により、湖内での汽水生態系の基礎となる物理環境と物質動態は複雑である。既往の研究^{2),3),4),5)}では現地観測と数値実験によって河川からの懸濁粒子の流入と潮汐による流動、および粒径別の堆積場所と滞留時間について検討されているが、陸域から海域へ供給される栄養塩のキャリアーとして期待される溶存有機物の挙動については十分な検討がなされていない。本研究では、数値計算により河川から供給される蛍光性溶存有機物であるフルボ酸 (FA) の滞留場所について検討した。

2. 研究手法

(1) 現地観測

図-1 は研究対象とする濤沸湖の地形、水深分布、および主要な流入河川の集水域を示している。2017年5月22日～6月17日にかけて河川水 (図-1の a～f 地点)、湖水 (1～6 および h 地点)、および海水 (g 地点) の採水による水質調査 (塩分, FA) を実施した。FA は蛍光性溶存有機物 (CDOM) の一種であることから、三次元励起蛍光スペクトル (EEMs) のピーク波長 ($E_m/E_x=430\text{ nm}/320\text{ nm}$) における水のラマン光の蛍光強度に対する相対蛍光強度を求めることで FA の濃度の代表値とした。

さらに同年9月12日～15日にかけて流域面積が最も大きい浦士別川 (e 地点) において降雨時の河川流量と水質 (FA) の経時変化の観測を実施し、貯留関数法による流量推定のためのパラメータを求めた。ピーク流量は約 $3\text{ m}^3/\text{s}$ である。このときの FA に関する濃度-流量式を求め、下記の数値計算の入力データに利用した。

(2) 数値計算

濤沸湖における流動と FA の輸送について数値計算を行った。解析対象範囲は図-1 に示す点線の範囲である。計算には3次元の運動方程式と連続式、および移流拡散方程式を基礎式としたレベルモデルを用いており、塩分と水温による密度変化を考慮している。鉛直混合には Richardson 数を考慮したモデルを用いている。グリッドサイズは $50\text{ m}\times 50\text{ m}\times 0.3\text{ m}$ である。

潮汐はオホーツク海の直近の検潮所 (網走) での M_2 分潮に概ね相当する 0.4 m の潮位変動を境界条件として与え、海水を塩分 34、河川水を塩分 0 とした。河川流量は

集水面積比から求めた各河川の流量を与えた。各河川の FA の濃度は平水時の各河川での観測値に基づいて浦士別川を基準とした濃度比により与えた。本研究では湖全体が一定塩分で満たされた静水状態から 2017 年の降水量と潮位を与えて助走計算を行った後の計算結果を考察した。なお、計算では境界での水温変化を与えていないため、塩分変化のみについて各月の観測値と比較を行う。FA は難分解性有機物であることから、河川からの流入以外に生成、分解、消費、沈降のない保存物質として取り扱った。

3. 結果と考察

(1) 数値モデルの検証

図-2 は 2017 年 6 月の現地調査と数値計算により得られた塩分の相関を示している。ここでは観測値は表層のデータ、計算値は水面下 0.3 m の換算値と比較している。以上の結果の相関係数は 0.96 であり、計算の水平分布の再現性が良いことが確認できる。図-3 は塩分の鉛直分布を示している。各地点での観測月によって潮位が異なるため単

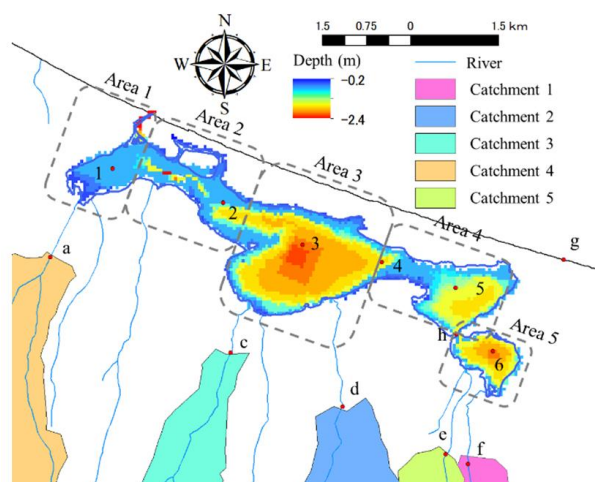


図-1 濤沸湖の地形、水深分布、および主要な流入河川の集水域。数字とアルファベットは調査地点を示す。

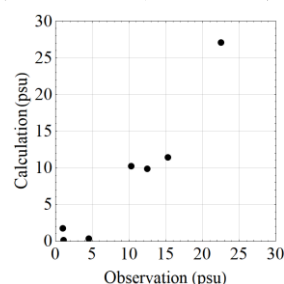


図-2 塩分の比較 (観測値と計算値)

純には比較できないが、観測と計算（潮汐平均）で鉛直分布の傾向は概ね一致している。なお、St. 3 では塩分分布の変化が大きいことから、海水侵入厚さや河川水量、鉛直混合強度、および地形の再現に注意を払う必要がある。

図-4 は塩分分布を示している。水深 15 cm (図-4(a)) までは低塩分の河川水が湖口付近 (Area 1) を除く水域で広がっているが、水深 45 cm (図-4(b)) では湖中央 (Area 3) で中間的な塩分となっている。さらに、水深 75 cm (図-4(c)) では湖中央に高塩分の海水が滞留し、東端の湖奥 (Area 5) まで海水が侵入しにくいことが分かる。このように東西の水域での水深の違いや狭窄部の存在により湖全体の海水交換がバランスしていることが分かる。

(2) 流動場の特性

図-5 は表層の残渣流ベクトルを示している。湖口付近 (Area 1) では湖水が海に向かって流出している。湖中央 (Area 3) においても平均的には湖外への流出方向の流れが卓越し、特に狭窄部では流れが強いが、水平規模と回転方向の異なる循環流が複数生じていることが分かる。湖奥 (Area 5) では流れが非常に弱く、溶存物質の滞留時間が約半分程度であることが理解できる。

(3) FA の分布特性

図-6 は水深 15 cm と 45 cm での FA の分布を示している。湖奥 (Area 5) の湖岸に沿って高濃度の FA が滞留していることが分かる。流量は浦士別川 (e 地点) で最も大きい、FA の濃度はスッポチ川 (f 地点) が最も大きく供給量が多いことや残渣流が弱いことが高濃度の FA の滞留に寄与していると考えられる。さらに湖中央 (Area 3) の河川流入地点付近にもわずかに濃度の高い FA が滞留している。駒井ら⁴⁾は、各河川から濤沸湖に供給される細粒土砂流入量の比は集水面積の比とは異なっており、各河川の集水域での土地利用形態が細粒土砂の供給量に影響していることを指摘しており、FA についても同様に流域の土地利用が影響していることが考えられた。

4. おわりに

数値モデルを用いて濤沸湖における流動場と FA の滞留場所を明らかにした。河川から供給される FA は湖奥部での供給量が多くかつ滞留しやすいと考えられ、物質輸送は狭窄部や水平循環、および成層場の影響を受けている可能性が示唆された。今後、モデルによる再現性を改良するとともに流入河川からの FA の供給量の季節性や流域特性との関係性についての考察を深めることが課題である。

謝辞：本研究は科研費 (21K12321) の助成により実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 網走市・小清水町：濤沸湖環境保全活用ビジョン，2011
- 2) 駒井克昭，大石将己，佐藤辰哉，広木駿介，園田武，丸谷靖幸：濤沸湖における流入栄養塩類の分布特性と滞留・輸送機構に関する考察，水環境学会年会，2018

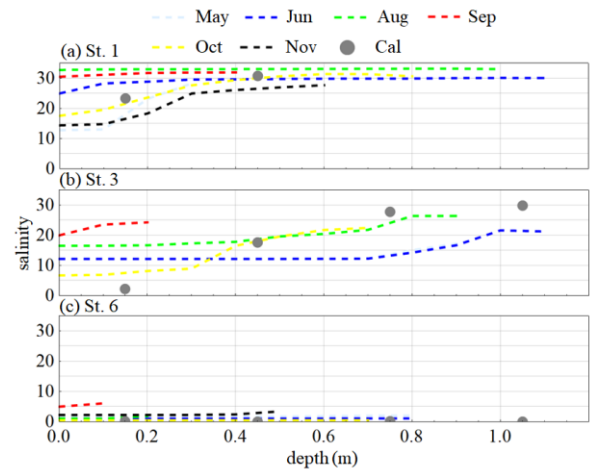


図-3 塩分の鉛直分布 (観測値, 計算値)

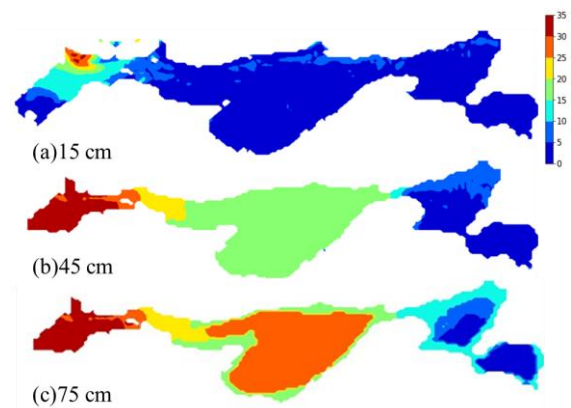


図-4 水深別の塩分の平面分布。数値は塩分 (PSU)

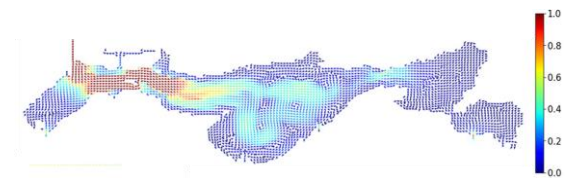


図-5 表層の残渣流ベクトル。数値は流速 (cm/s)



図-6 水深別の FA の平面分布。数値は相対蛍光強度

- 3) 駒井克昭，大石将己，園田武，佐藤辰哉，広木駿介：濤沸湖における陸域からの溶存鉄の供給機構と分布特性，応用生態工学学会全国大会，2018
- 4) 駒井克昭，佐藤辰哉，広木駿介，園田武：オホーツク沿岸海跡湖における細粒土砂の輸送・堆積過程，水環境学会年会，2019
- 5) K. Komai, S. Tokikawa, M. Sota, T. Sonoda. Transport and Settling Processes of Particulate Nutrients from Agricultural Basin to Coastal Lagoon, WET2021-online, 4A-1-b, 2021