第 II 部門

統計的モデルを用いた小川原湖の経年的水質変化の要因分析

| 大阪大学工学部 | 学生会員 | ○中村侑司 |
|--------------|-------|-------|
| 大阪大学大学院工学研究科 | 学生会員 | 石崎裕大 |
| 大阪大学大学院工学研究科 | 正 会 員 | 中谷祐介 |
| 大阪大学大学院工学研究科 | 正 会 員 | 西田修三 |

1. はじめに

青森県東部に位置する小川原湖(図-1)は太平洋からの 遡上塩水と流入河川水の入り混じる汽水湖であり,塩水 と淡水の密度差による強い成層構造を有している(図-2). この小川原湖において近年シジミなどの資源量が減少し ており水質悪化が問題となっている.この水質悪化の原 因として,流入河川からの汚濁負荷の増加や塩淡境界面 の上昇などが考えられているが,その詳細は未だ解明さ れていない.これまで小川原湖の水環境の解析には決定 論的なモデルが多く用いられてきた.しかし,それらの モデルでは小川原湖の成層化や塩水遡上などの現象の再 現性が低く,正確な外力条件の設定や数値誤差の低減が 必要とされていた.そこで本研究では統計的手法である クラスター分析や,ニューラルネットワーク(以下 NN と 記す)を用いて水質変化の要因を推定する.





2. 解析手法

(1) クラスター分析

2000 年以降の上層 COD の悪化は植物プランクトンの 増殖や汚濁負荷の流入,下層の塩水層からの物質拡散と いった現象に関係すると考えられる.そこで上層 COD と 関連性の高い観測項目である上層塩分,上層 Chl-a,日射 量,降水量,風速を用いて解析を行った.小川原湖では現 象が複雑なためクラスタの境界を曖昧にする Fuzzy Cmeans 法¹⁾を用いた.

(2) NN による上層 COD の応答性解析

上層 COD の上昇要因を分析するために, NN による COD の応答性解析を行った.中間層 100 個,活性化関数とし て中間層には sigmoid 関数,出力層には恒等関数を用いた. Adam を用いた確率勾配降下法で学習を行い,平均2 乗誤差 RMSE を学習における損失関数とした3層 NN を 用いた.式(2)に回帰式を示す.出力層には上層 COD を 用いた.また,入力値に降水量,風速,日射量,外海潮位, 流入河川の流量・汚濁負荷量,高瀬川河口水位,湖水位, 湖水温,さらに,河口閉塞や塩水遡上といった上層 COD に影響を与える現象を数値化し用いた.

河口閉塞の数値化には高瀬川河口の水位と外海潮位の 相関係数を使用した.塩水遡上の数値化には日平均湖水 位と高瀬川河口の日平均水位の差,日平均湖水位と高瀬 川河口の日最大水位の差,湖水位と高瀬川河口水位の日 逆転時間,前15日間の日平均湖水位と高瀬川河口の日最 大水位の差の累積値を用いた.2001年~2015年のデータ を計算に使用したが,モデルの汎化性能評価のためのテ ストデータとして2004年,2008年,2012年のデータを 用い,モデル構築のためのトレーニングデータとしては その期間を除くデータを用いた.データは日平均して使 用した.応答性解析の入力幅は,全データの最小値から 最大値とし,他の入力値は平均値を用いて解析した.

Yuji NAKAMURA, Masahiro ISHIZAKI, Yusuke NAKATANI and Shuzo NISHIDA nakamura@civil.eng.osaka-u.ac.jp



3. 解析結果

(1) クラスター分析

図-3, 図-4 にクラスタグループ別の上層 COD と上層 塩分, 上層 Chl-a の関係を示す. 図-3 をみると, グルー プ1は COD と塩分が共に低いグループとして, グループ 2はCODと塩分が共に高いグループとして分類されるこ とがわかる. グループ2において塩分が高くなっている のは下層からの塩分の連行が考えられ、同時に COD の高 い下層の水塊も上層に供給されたため上層 COD が高く なったことが推察される. また, 図-4 よりグループ2 で は Chl-a が高くなっており, 下層からリンや窒素が上層に 供給され,植物プランクトンの増殖により COD が高くな ったことが考えられる. 図-5 にグループ別の上層 COD と 塩淡境界面の位置の時系列を示す. 2006 年~2008 年ご ろにグループの分類の境界が変化したことがわかる.ま た、塩淡境界面の時系列をみると塩淡境界面の位置もそ の時期に上昇しており、下層からの物質の連行量の増大 は塩淡境界面の上昇が原因であると考察できる.



| 変化させた入力値 | 上層 COD 変化量 (mg/L) |
|-------------|----------------------|
| 水位差 | 1.95 |
| 七戸川 COD 負荷量 | 1.04 |

(2) NN を用いた応答性解析

図-6に上層 COD の再現計算の結果を示す.また,NN を用いての応答性解析を行い,応答性の大きかったもの についての結果を表-1 に示す.水位差(日平均湖水位と高 瀬川河口の日平均水位の差)が最も上層 COD 濃度の変化 が大きく,流入河川からの COD 負荷量の影響も大きいこ とがわかった.水位差は塩水遡上による塩淡境界面の上 昇を意味しており,上層 COD に対しては塩水侵入量の影 響が大きいことが推察できる.また,回転率が低い湖(約 1年)ではあるが,河川流入負荷が直接上層 COD に影響 を及ぼしていることがわかる.今後,深層学習による解 析を進めることにより,精度の高いモデルの構築を行う 予定である.

謝辞

本研究を進めるにあたり,国土交通省東北地方整備局 高瀬川河川事務所にはデータのご提供など高配をいただ きました.ここに深く感謝の意を表します.

参考文献

 Timothy J. Ross : FUZZY LOGIC WITH ENGINEERING APPLICATIONS, University of New Mexico, USA, 2010.