

東郷池における住民意識を取り入れた新たな環境指標の検討

【¹水環境対策チーム・²化学衛生室】

宮本 康¹、西田 英生²、西澤 直也²

要旨

東郷池周辺の地元住民が理解しやすい水質指標の候補として湖水の色に注目し、その妥当性を評価した。はじめに東郷池の水質と湖水の色の関係を解析した結果、水質が最も良好なとき（CODの中央値 = 4.5 mg l⁻¹）は湖水が黄緑色に、反対に最も劣悪なとき（9.5 mg l⁻¹）は茶色に見えることが判明した。次に、東郷池に望ましい湖水の色を聞き取りした結果、黄緑色が最も選ばれた反面、茶色が最も選ばれなかった。以上の結果より、湖水の色は地元住民の池に対する意識を反映できる水質指標になり得ることが示唆された。

1 はじめに

鳥取県内の三大湖沼（中海・東郷池・湖山池）には水質の環境基準が設けられている^{1), 2), 3)}。この基準達成のため、湖沼ごとに策定された水質保全計画・管理計画の中で県民への協力が求められているが、ここで県民の理解と協力を得る上での1つの障害がある。それは、化学値（COD・TN・TP）で設定された基準値・目標値の分かりにくさである。化学値は水質状況を客観的に把握する上で有益なツールである反面、一般住民に対しては直感的に理解できないという難点がある。こうした状況は国レベルでも同様であり、この問題への対応として、環境省では新たな環境基準の設定を検討する中で、「水環境の実態を国民が直感的に理解しやすい目標を検討する」としている⁴⁾。

鳥取県中部に位置する東郷池の第一期水質管理計画では、環境基準と管理目標値がCOD値でそれぞれ3 mg l⁻¹と4.5 mg l⁻¹に設定されている²⁾。しかし、CODを理解する地元住民が約10%という現状のため（本研究における聞き取り調査の結果）、この化学値による基準と目標達成のための協力要請が困難を極めることは明白である。そこで、本研究では水質を反映し、かつ直感的に分かりやすい水質指標の候補として湖水の色に注目し、そ

の妥当性を評価した。はじめに東郷池の水質と湖水の色の関係を解析した上で、水質が良好・劣悪なときに生じる色を把握した。次に、東郷池に望ましい湖水の色を聞き取り調査により把握し、最後に、これらの結果を踏まえ、直感的に分かりやすい水質指標を湖水の色として提案した。

2 方法

2.1 湖水の色と水質の関係

湖水の色がどのような水質を反映しているのかを確認するために、主成分分析により多項目の水質情報を集約した後、寄与率の高い主成分と湖水の色の相関関係を最小二乗法で評価した。東郷池のような富栄養水域では植物プランクトンの増減が代謝を通じて水質と関連する傾向があるため^{5), 6), 7)}、植物プランクトン量と関わりが強いと考えられる8項目の水質（上層水のChla、透明度、COD、SS、pH、DO、TN、TP）を分析対象とした。これらは東郷池の湖心における常時監視の結果（2012年4月～2015年3月、全36観測）である。また、湖水の色は水質分析用の採水時に船上から色見本（池の色標準色、(株)共立理化学研究所）を用いて判定し、この判定結果をRGBスケールに変換した。統計解析に先立ち、各水質

値とRGB値のデータは全て標準化（平均= 0、分散=1の正規分布への変換）した。また、Chla値は指数関数的な挙動を示していたため、対数変換を施した後に標準化を行った。上記の全ての統計解析はオープンソースソフトウェアであるR ver. 3.1.2を用いて行った。

2.2 住民が望む湖水の色

住民が考える「望ましい湖水の色」を把握するため、2014年に東郷池の湖畔で2回（6月・9月）の聞き取り調査を行った。過去約2年間（2012年8月～2014年4月）に観測された湖水の色（8パターン）を、東郷池に訪れた人々に色見本を用いて提示し、望ましいと思う色を選んでいただいた。

3 結果と考察

主成分分析の結果、第三主成分までに過去3年間に生じた上層の水質変化に関する情報の78.9%が、最も情報量の多い第一主成分に43.7%の情報

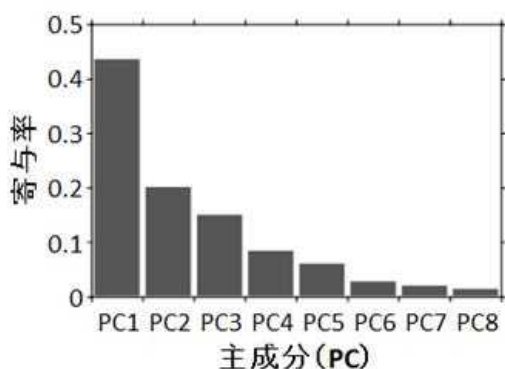


図1. 各主成分の寄与率(スクリープロット)。

が集約された(図. 1)。また、植物プランクトン量(Chla)の増減がCOD・SS・pH・透明度の変化と同調性が高いことも示された(図. 2)。これらの結果は、近年の東郷池では植物プランクトンの増殖時(アオコ・赤潮の発生時)にCODが増加する反面、透明度が低下する傾向があることを示している。なお、上記の水質項目は第一主成分との関連が高いことから(図. 2)、第一主成分が汚濁の程度を反映しており、この主成分の値が大きいほど湖水がきれいな状態にあると解釈できる。

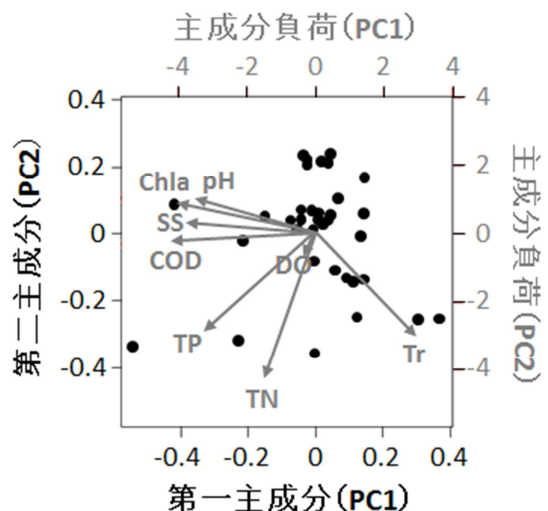


図3. 湖水の色が黄緑色と茶色の時のCODの比較。

そこで、汚濁の程度を反映する第一主成分と水の色との関連を評価した。その結果、緑の成分と第一主成分得点の間に有意な正の相関が認められた($df = 31; R = 0.51; P < 0.01$)。この結果は、水の色(緑成分の強さ)が水質の変化を反映することを示している。ここで、過去3年間で緑成分が最も強かったときの色をRGBスケールで再現した結果、黄緑色(R : G : B = 164 : 204 : 0)になることが判明した。反対に、緑成分が最も弱かったときの色を再現すると茶色(R : G : B = 123 : 82 : 0)であった。したがって、近年の東郷池では、湖水がきれいな(透明度が高くChlaとSS、CODの値が低い)ときは黄緑色に見え、反対に汚濁したときには茶色に見える傾向があるといえよう。

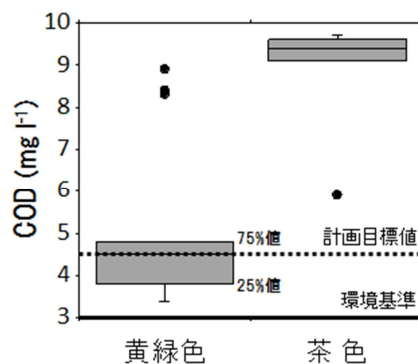


図2. 主成分分析の結果を第一、第二主成分の散布図として示す。灰色の矢印は各水質の主成分負荷量。

以上の結果を踏まえ、湖水が黄緑色と茶色になったときのCOD値を集計したところ、外れ値はあるものの、湖水が黄緑色のときはCODの中央値が 4.5 mg l^{-1} となり、反対に茶色のときには 9.5 mg l^{-1} となった (図. 3)。この結果は、湖水の色で汚れの程度 (CODの大小) を概ね判定できることを示している。さらに、湖水が黄緑色であったときのCODの中央値 (4.5 mg l^{-1}) が、東郷池の第一期管理計画の目標値と同一であることを踏まえると、現在の東郷池では、湖水が黄緑色の時が望ましい状態にあると考えることができる。

以上の水質と水の色に関する分析に加え、本研究では東郷池にとって望ましい水の色への聞き取り調査を行った。東郷池に訪れた一般の方々 (計 137 名) に対する聞き取りの結果、望ましい色として最も選ばれたのは黄緑色であり (全回答の 38.7 % の支持)、反対に、最も選ばれなかったのは茶色であった (全回答の 1.5 % の支持)。上記のように、黄緑色は水質が良好なときに現れる色であり、現在の計画目標値 (COD) を反映する色である。したがって、湖水の色が黄緑色にある状態の東郷池は、行政による水質管理上の目標と住民の理想をある程度、反映した状態にあるといえよう。

4 おわりに

今から約 100 年前 (1914 年) の 9 月 1 日、東郷池ではじめての水質調査が行われた⁸⁾。このときの結果が、透明度 2m、水色 9 号である。これが、今の私たちが知りうる最も古い東郷池の水質である。なお、この水色 9 号は黄緑色に相当する。このときの調査結果に繰り返しがないたため、その当時、黄緑色の湖水が一般的なものであったのかどうか

は定かでない。しかし、現在の東郷池で 2 m 以上の透明度が観測されるのはごく稀であり、過去 3 年間、36 回の観測の中では 2 例のみであった。そして、この 2 例における湖水の色はいずれも黄緑色であった。水質が良好なときに湖水が黄緑色に見えるという傾向は、昔 (少なくとも約 100 年前) と変わらない東郷池の特徴なのかもしれない。

5 引用文献

- (1) 鳥取県・島根県 (2015) 中海に係る湖沼水質保全計画 (第 6 期)。
- (2) 鳥取県 (2007) 東郷池水質管理計画。
- (3) 鳥取県・鳥取市 (2013) 湖山池将来ビジョン推進計画 (第 3 期 湖山池水質管理計画)。
- (4) 環境省 (2017) 中央環境審議会 水環境部会 生活環境項目環境基準専門委員会 (第 4 回)。資料 3。
- (5) Jeppesen E, Søndergaard M, Søndergaard K, Christoffersen K (1998) The structuring role of submerged macrophytes in lakes. Springer-Verlag, Berlin.
- (6) Scheffer M (1998) Ecology of shallow lakes. Chapman and Hall, New York.
- (7) Beck NG, Bruland KW (2000) Diel biogeochemical cycling in a hyperventilating shallow estuarine vironment. *Estuaries* 23: 177-187.
- (8) 田中阿歌麿 (1915) 橋津川流域湖沼 (東郷池)。地学雑誌 319: 621。

Evaluation of a lake-water color as a simple water-quality indicator for the Lake Togo-ike

Yasushi MIYAMOTO, Hideo NISHIDA, Naoya NISIZAWA

Abstract

We evaluated a lake-water color as a simple water-quality indicator of the Lake Togo-ike, which is handy for local residents. Analyses of water variables in the lake detected that the lake became yellowish-green when the water quality was most favorable (median COD = 4.5 mg l⁻¹), in contrast, it became brownish when the lake was in a poor quality (median COD = 9.5 mg l⁻¹). Preference survey for the lake-water color identified that yellowish-green was favored by the largest number of local residents but brownish lake was least favored. The results suggested that the lake-water color can be a simple indicator of the lake's condition which can reflect both water-quality and resident's preference.