

海浜公園池(汽水湖)の環境修復

(1) 多変量解析による水質特性解析

千葉工業大学 生命環境科学科 学員 ○村上海織

千葉工業大学 生命環境科学科 正員 村上和仁

千葉県山武土木事務所

中村明彦

1. 目的

閉鎖性水域である蓮沼海浜ボート池では富栄養化が進行し、夏季にはアオコやシオグサなどの植物プランクトンが増殖している。2011 年には東日本大震災の影響で一時的にアオコなどは減少したが、翌年には再び大発生し現状は変わっていない。また、毎年 7 月頃になると植物プランクトンが大量発生し、悪臭や景観の悪化が問題となっている。本研究では、蓮沼ボート池の水質について多変量解析により汚濁要因を解析することを目的とした。

2. 方法

2.1 調査期間

2015 年度 4 月から 12 月までの各月で調査した。

2.2 現地調査

蓮沼海浜公園ボート池を対象に、桟橋先にて午前 10 時に上層・中層・下層の水を採水した。現地では観測項目として、気温、水温、pH、DO、透視度、照度、天候、水深を測定した。

2.3 分析項目

分析項目は pH、DO、COD、Chl.a、塩化物イオン、栄養塩($\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、T-P)とした。

得られた水質データを表 1 に示した。

2.4 多変量解析

フリーソフトを用いて主成分分析およびクラスター分析を行った。上層・中層・下層の水質データを平均化した値を用いた。主成分分析では、分散 1、平均値 0 への基準化した変量を用いた。求められた主成分をもとに、調査月ごとにクラスター分析し、蓮沼の汚濁に関する主成分の類似月を求めた。クラスター分析はウォード法を用いた正規分布であり、平方距離で求めた。

3. 結果および考察

3.1 主成分分析

4 月から 12 月までの水質データを分散 1、平均値 0 への基準化し、フリーソフトにより解析した結果を表 2 に示す。

第 1 主成分は塩化物イオンとは 0.78、Chl.a とは 0.39 の正の相関を示し、pH、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、T-P はそれぞれ -0.998、-0.998、-0.998、-0.998、-0.998、-0.998 となり、非常に強い負の相関がみられた。寄与率は 91.02% となった。この主成分は海水の流入および無機態の栄養塩類の変動と考えられる。また、この主成分には植物プランクトンの活性の影響が大きいと考えられる。

第 2 主成分は透視度と塩化物イオンでは負の相関、Chl.a、COD では強い正の相関がみられた。



図 1. 蓮沼海浜公園ボート池

表 1. 水質データ (2015 年 4 月～12 月)

全層平均	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
水温(°C)	15.9	22.9	24.7	30.6	25.0	23.7	20.4	17.0	12.6
透視度(cm)	17.1	107.9	21.9	4.6	7.6	10.3	7.9	7.4	5.8
pH(-)	10.38	10.44	10.47	11.29	10.81	10.89	9.95	9.84	9.75
DO(mg/L)	11.1	15.3	4.8	21.9	9.1	15.2	11.9	8.6	9.3
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	0.9	0.7	0.1	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.4
$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)	0.011	0.012	0.010	0.006	0.010	0.015	0.008	0.010	0.010
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L)	0.17	0.20	0.13	0.51	0.28	0.33	0.69	0.67	0.28
$\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/L)	0.989	1.187	2.044	0.756	1.319	2.018	2.748	0.873	0.995
T-N(mg/L)	1.3	1.5	2.0	14.3	11.0	1.3	6.1	5.4	4.8
T-P(mg/L)	1.340	1.183	1.883	2.273	1.532	1.949	1.578	1.652	1.826
COD(mg/L)	12.1	17.1	14.4	32.4	30.9	23.5	25.6	25.9	26.9
Cl^- (mg/L)	1467.4	738.2	768.1	650.0	1122.1	768.1	472.7	561.1	431.3
Chl.a($\mu\text{g/L}$)	27.3	11.7	62.0	457.3	404.1	252.5	383.1	246.1	290.8

キーワード：汽水湖 水質 多変量解析 主成分分析 クラスター分析

〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 (千葉工業大学生命環境科学科) TEL ; 047-478-0455 FAX ; 047-487-0455

この主成分は植物プランクトンの経月変動と考えられる。寄与率は7.13%であり、第1主成分に比べかなり小さい寄与率である。

第3主成分は透視度のみに正の相関を示し、他の成分は負の相関を示し、特に塩化物イオンと Chl.a において強い負の相関を示した。この主成分は水の濁度や富栄養化などに関連していると考えられる。寄与率は1.57%と第1、第2主成分と比べて極めて小さい。

これらの結果から、蓮沼ボート池の水質特性の主成分として植物プランクトンによる影響が大きく、無機態の栄養塩類の寄与が大きいと考えられる。

3.2 クラスタ分析

主成分分析の結果から、無機態塩類および Chl.a が蓮沼ボート池に対して大きな主成分であるため、T-N、T-P、Chl.a の各月のデータを用いてクラスタ分析を行った。

得られた結果を図2に示す。縦軸を平方距離、横軸を各クラスター(調査月)とした。

これより、6月と9月が最も類似していることがわかる。これは、6月はシオグサやカワツルモが枯死しはじめたため、徐々に植物プランクトンが増え始めたことから窒素・リンが増加してきたと考えられ、9月はアオコの発生が収束しつつある時期であったため、植物プランクトンの個体数は多く T-N、T-P も増加したままであると考えられる。10月、11月は水鳥が飛来しはじめ、排泄物などにより栄養塩の増加が考えられるために、類似した結果が得られたと考えられる。また、7月が大幅に離れているのは、7月の水温が高かったことで、栄養塩が底泥からの溶出により増加、それにより植物プランクトン現存量の指標である Chl.a が増加した。図3で示すように7月の値が最も高いことから、7月のみクラスターが分かれたものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 第1主成分は、海水の流入および無機態の栄養塩類の変動によるもので、植物プランクトンの活性が影響していると考えられた。
- 2) 第2・3主成分においても、植物プランクトンが影響したと考えられる結果が得られた。
- 3) T-N、T-P、Chl.a についてクラスタ分析より、最も類似しているのは6月・9月、次に10月・11月であり、水草や水鳥の生活史に関係していると考えられた。
- 4) 7月のクラスターが離れているのは、水草の枯死による栄養塩の増加、それに伴うアオコ発生による Chl.a の増加によるものと考えられた。
- 5) 以上より、蓮沼ボート池の水質特性の主成分としては、植物プランクトンによる無機態の栄養塩類であり、栄養塩による汚濁が要因となった月は、6月・9月および10月・11月であることがわかった。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、千葉県山武地域整備センターの関係各位に多大なるご理解とご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

表2. 主成分の因子負荷量と寄与率

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
水温	-0.994	-0.014	0.005
透視度	-0.791	0.492	0.363
pH	-0.998	-0.032	-0.032
DO	-0.996	-0.047	0.020
NO ₃ -N	-0.998	-0.029	-0.054
NO ₂ -N	-0.998	-0.028	-0.056
NH ₄ -N	-0.998	-0.031	-0.054
PO ₄ -N	-0.998	-0.030	-0.053
T-N	-0.994	-0.089	-0.038
T-P	-0.998	-0.033	-0.054
COD	-0.974	-0.198	0.050
Cl ⁻	0.918	0.377	-0.122
Chl.a	0.689	-0.698	0.193
固有値	11.834	0.927	0.204
寄与率	91.028	7.133	1.569
累積寄与率	91.028	98.161	99.730

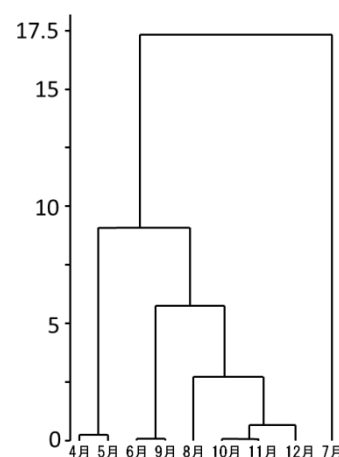


図2. T-N, T-P, Chl.a のクラスター

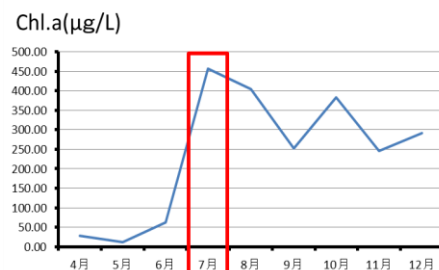


図3. Chl.a の経月変化