

B-14 琵琶湖水質の分析特性および水質間の相関特性解析

立命館大学大学院 正会員 ○北村彰浩 田中周平
 京都大学大学院 正会員 藤井滋穂 宗宮 功
 荏原製作所 古賀大輔

1.はじめに

湖沼の場合、水平あるいは鉛直方向に測点数は不統一となりやすく、その結果、誤差が大きい場合などに単純平均では明確な分布形を得ることが困難な場合があった。筆者らはこのようなデータを処理する方法として非直交多元配置法を提案し、その有効性を示した¹⁾。本報告では、それを水質分布解析および相関分析に応用し、知見を得たので報告する。

2.調査および解析方法

解析に用いたデータは、筆者らが1995年4月より3ヶ月ごと年4回の頻度で、20地点75の測点で約50水質指標について実施している調査²⁾から得た。本分析では、これらうち底層と南湖を除いた54測点の95年度7月から98年度4月の12回分の調査データを対象とした。

そのもととなる分散分析(5元配置法)では、測定値 x_{ijkmn} は年(A_i ,2水準)・季節(B_j ,4水準)・水深(C_k ,5水準)・東西(D_m ,5水準)・南北(F_n ,4水準)の5因子による以下のモデル式で表される。

$$x_{ijkmn} = x_0 + a_i + \dots + f_n + (ab)_{ij} + \dots + (bcdf)_{ijkmn} + e_{ijkmn}$$

ここで、 x_0 は適用データの総平均値であり、 $a_i \sim f_n$ は因子 $A_i \sim F_n$ の主効果を、 $(ab)_{ij} \sim (bcdf)_{ijkmn}$ は2~4因子間の交互作用を、 e_{ijkmn} はそれらでは説明不可能な成分(残差)を示し、各係数値は既報¹⁾の手順で算出した。

各種分布図はこれで算出した係数値に基づき、断面各点の濃度を計算する。たとえば図1に示す7月($j=1$)の琵琶湖縦断面(水深×南北)で、水深 k 、南北 n の地点の平均水質 x_{1kn} は次式で与える。

$$x_{1kn} = x_0 + b_1 + c_k + f_n + (bc)_{1k} + (bf)_{1n} + (cf)_{kn} + (bcf)_{1kn}$$

これによりデータ数の不揃いの影響を排除できる。図1では溶解性全窒素DNについて単純平均値(50mを越える測点)と比較して示したが、係数値による分布図では単純平均値に見られるような測定値の分析等によるバラツキ(2測線10m、20m、50m、7測線20mなど)は、その影響が縮小されていることが分かる。しかし、大きな分布傾向に変わりはない。そのため、分散分析より得られた係数値を用いることによって、より明確な分布傾向の把握が可能であるといえる。

3.分布特性

図2に分散分析の係数値より得られたクロロフィル a (Chl. a)、T-N、T-Pの琵琶湖横断面(東西×水深)を示す。7月、10月の夏期成層期は、Chl. a は水深10m付近で濃度が

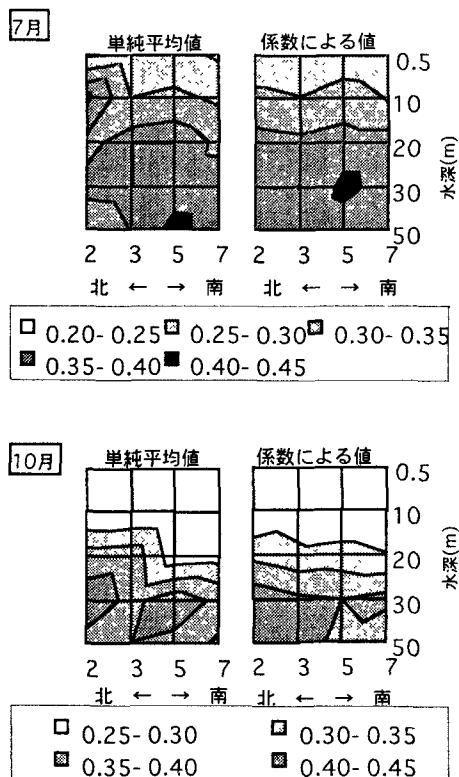


図1 溶解性全窒素(DN)の琵琶湖内分布図

高く、ともに約 $3.5 \mu\text{g/L}$ であり、底層では約 $0.5 \mu\text{g/L}$ と低濃度である。T-P も Chl.a と同様7月は水深20m以上で約 $10 \mu\text{g/L}$ と比較的高く、底層で約 $7 \mu\text{g/L}$ と低い。しかし、10月は水深20m付近で約 $15 \mu\text{g/L}$ と最も高いが、水深10m付近、および底層で約 $7 \mu\text{g/L}$ と低い。一方、T-Nは表層から水深10m付近まで濃度が約 0.3mg/L と低く、底層で約 0.45mg/L と高く、Chl.a、T-Pとは逆の分布型となっている。また、東西方向の分布傾向では、Chl.a、T-Pとも常に東岸側で西岸側より約 $2 \mu\text{g/L}$ 、約 $6 \mu\text{g/L}$ と高い濃度となっている。

1月、4月の冬期循環期は水深方向にはほぼ一定濃度となっているが、Chl.a、T-Nは1月に、T-Pは4月に東岸側でそれぞれ、約 $3.5 \mu\text{g/L}$ 、約 0.45mg/L 、約 $16 \mu\text{g/L}$ と高い濃度となった。

以上のように、水深方向にはT-Nの分布型はChl.a、T-Pと逆になっているが、東西方向にはChl.a、T-N、T-Pともに東岸側で高く近い分布型であった。

4.係数値間の関連

上記のように、Chl.aとNPの挙動は類似点

もあるが相違点もある。この点を散図で検討する。図3は生データによるChl.aとT-N、T-Pの関係を示したものである。図より、T-N、T-Pとも季節による若干の違いがあるが、明確な関係はなく、相関係数もT-N-0.139、T-P-0.381と低い。

一方、分散分析を用いた各係数値ごとの散布図(図4)では、明確な関係が見られる。また、表1にChl.aと各水質項目の生データ、および各係数値の相関係数を示す。表より、他の水質項目でも、生データの相関係数は低いが、各係数値ごとの相関係数は高くなっている。以上のように分散分析で生データの各因子ごとの成分に分離することで、生データでは確認できない各作用ごとの関連が分かる。

図4より、Chl.aとT-Nでは、水深、季節×水深、南北の係数値は負相関であり、相関係数はそれぞれ、-0.941、-0.761、-0.922であった。一方、季節、東西の係数値では正相関を示し、相関係数はそれぞれ、0.751、0.990であった。これより水深、季節×水深の負相関は、表層付近でのChl.aの増大、沈降によりT-Nが減少したためと考えられ、水深方向の変動を表していると言える。一方、東西の係数値の正相関は、東西方向にT-Nの高いところでChl.aが高く、地域的な特性を表しているといえる。

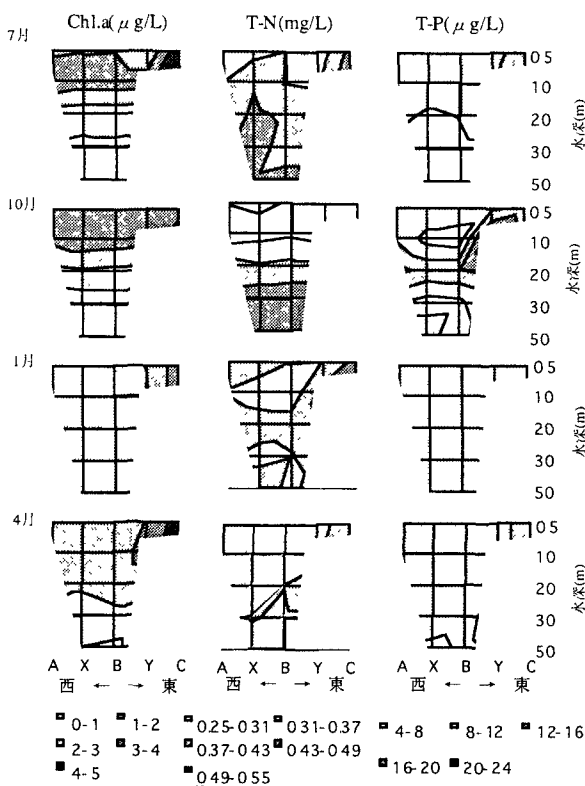


図2 Chl.a、T-N、T-Pの琵琶湖横断面

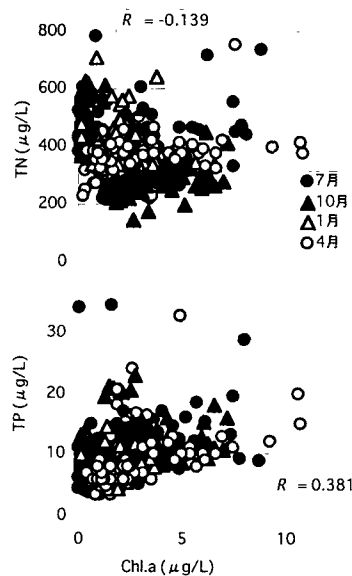


図3 生データによる
Chl.aとT-N、T-Pの散布図

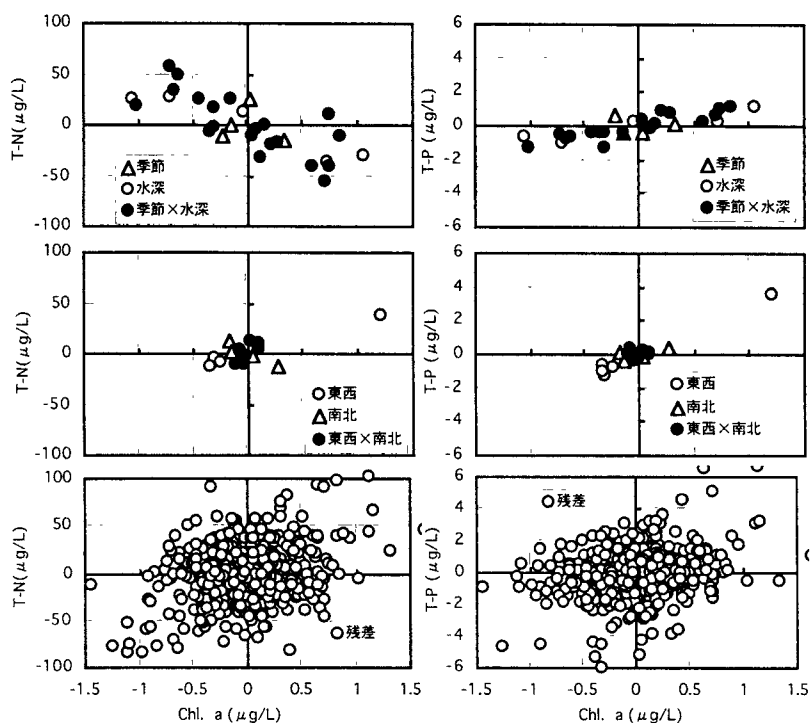


図4 係数値によるChl.aとT-N、T-Pの散布図

表1 生データ、分散分析係数値のChl.aに対する相関係数

Indices	生データ	季節	水深	季節×水深	南北	東西	東西×南北	残差
水温	0.452	0.467	0.941	0.818	0.914	0.637	-0.835	0.240
DO	0.187	0.138	0.704	-0.094	-0.448	0.870	-0.452	0.134
T-CODcr	0.274	-0.043	0.968	0.841	0.063	0.962	0.129	-0.047
D-CODcr	0.168	-0.156	0.957	0.566	0.817	0.924	-0.122	-0.156
T-N	-0.139	0.751	-0.941	-0.761	-0.922	0.990	0.667	0.290
D-N	-0.288	0.729	-0.971	-0.849	-0.951	0.968	0.568	0.387
NOx-N	-0.550	-0.432	-0.972	-0.920	-0.485	0.752	-0.725	-0.059
NH ₄ ⁺ -N	0.228	0.929	0.838	0.588	0.957	0.814	0.553	0.178
T-P	0.381	0.406	0.906	0.890	0.634	0.992	0.104	0.212
PO ₄ ³⁻ -P	-0.130	0.791	-0.704	-0.164	-0.388	0.896	0.260	-0.020

Chl.aとT-Pでは、水深、季節×水深、東西で正相関であり、相関係数はそれぞれ、0.906、0.890、0.992であった。これよりChl.aとT-PはT-Nの場合のような差はなく、ともに濃度の高い地点、低い地点がほぼ一致するといえる。

5. おわりに

本報告では、従来、単純平均できないために把握できなかった水質の分布特性について、非直交多元配置分散分析を用いることにより、明確な傾向を見ることができた。その結果、各水質指標間には水深、東西方向に特徴的な傾向を見ることができた。さらに、係数値間の関連について考察することにより、より詳細な特性の把握ができた。最後に、本研究の遂行では日本生命財団に助成と、琵琶湖工事事務所の協力を得たことを記し、関係各位に謝意を表す。

参考文献：1) 田中周平ら、非直交多元配置分散分析による湖沼水質解析手法の検討、第35回環境研究フォーラム(投稿中)、土木学会(1997)

2) 林徹ら、非直交多元配置型分散分析による琵琶湖水質指標間相関特性の検討、土木学会第52回年次学術講演会p194-195(1997)