

第Ⅱ部門

成層型貯水池の水質に関する統計解析

神戸大学工学部 正 員 神田 徹 神戸大学工学部 正 員 道奥 康治
兵庫県土木部 正 員 西川 孝晴 神戸大学大学院 学生員 東野 誠
(株)鹿島建設 正 員 石川 勝久 神戸大学工学部 学生員○近藤 善紀

1. はじめに

富栄養化した貯水池では、植物プランクトンが増殖し、淡水赤潮やアオコが発生することがある。このようなプランクトンの異常発生は、様々な因子が複雑に絡み合い、お互いが多角的な関係で影響し合った結果として生じる。その発生機構を明らかにするためには、水温や各水質項目間の相互の関係について明らかにする必要があるが、そのような研究例は少ない¹⁾。そこで、本研究では、底層に逆列水温層を有する A ダム貯水池において長期間の観測データを基に、水質データの分布特性について検討し、プランクトンの増殖に関わる因子について考察した。

2. 調査対象水域と水質観測概要

観測を行った兵庫県の A ダム貯水池の総貯水量は $1.95 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、最大水深は 31m である。この貯水池で、'92.1 ~ '96.12 の 5 年間に亘り、月 1 回の頻度で水温、COD、T-N、T-P、DO、EC、pH、濁度、プランクトン細胞数などの水質諸項目の観測を行い、各 60 個の水質データを得た。

3. 水質データの分布特性

各観測項目について、まず母集団の分布形を推定した。図-1 に貯水池流入水の COD について作成した確率分布を示す。また、図-2 は貯水池表層の種々の水質データについて対数変換前と変換後の確率分布である。この結果から、貯水池流入、流出、貯水池表層の各地点の全水質データについて母集団の分布型として対数正規分布をあてはめることができる。そこで、以後の統計解析では、対数変換したデータを用いた。

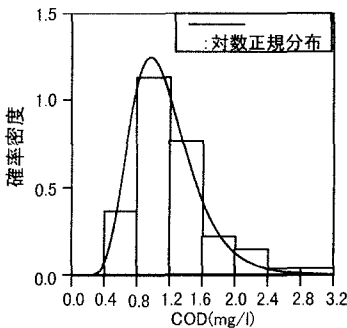


図-1 流入水CODの確率分布

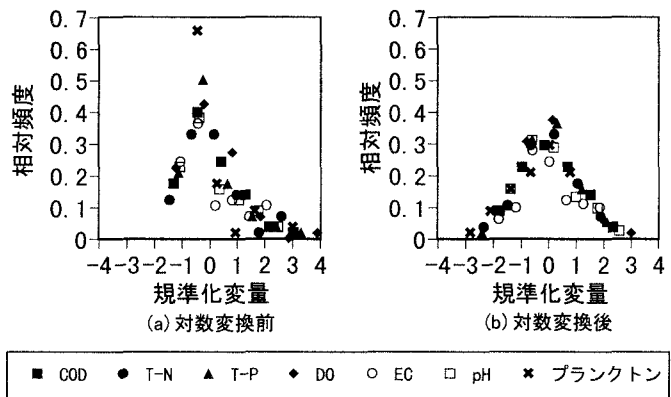


図-2 貯水池表層での各水質項目の確率分布

4. 各水質項目間の相互関係

貯水池内の水質項目間の特徴を簡単に調べるため、任意の 2 項目間について単回帰分析を行った。図-3 の単相関図によると、貯水池内の各項目間には互いに相関を持つものが数多く存在し、多角的な関係で影響し合っているものと推察される。この中で、DO と pH の正の相関については、プランクトンの光合成により酸素が生産され、また水はアルカリ性になることによる。Fe、Mn に関しては、互いの相関が高いことから、貯水池内での Fe、Mn の挙動は似たものとなっていると推察される。透明度、濁度、SS の相互の相関関係については、各項目の性質を考えれば、容易に理解できる。

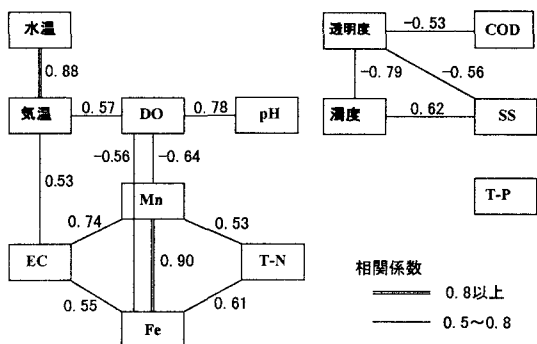


図-3 貯水池表層における単相関図

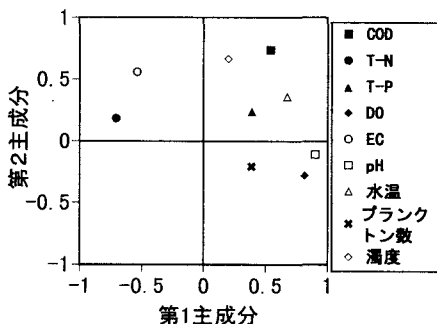


図-4 因子負荷量2次元表示

5. 各水質項目相互の主要な変動の特徴

各因子間の多元的な相関関係から、水質間の要因の特徴を分析するために、主成分分析を行った。図-4に因子負荷量の2次元表示を示す。第1主成分は、T-Pが供給されることで光合成が活発になり、プランクトンが増殖し、その結果pHやDO、濁度が増加すると考えれば、これは光合成による軸と考えることができる。第2主成分軸に関しては、EC、COD、濁度の因子負荷量が多いことから、水質の劣化度に関する軸と考えられる。しかし、累積寄与率は第1、第2主成分を合わせても55%と低く、プランクトン発生に関する水質構造を明確にすることは難しい。

6. プランクトンの増殖に影響する因子

プランクトンの細胞数を、いくつかの水質項目の関係として直接表すことが可能ならば、プランクトンの大増殖といった水質異常現象を定量的に推定することができると考えられる。そこで、目的変数をプランクトン細胞数として、説明変数には水温、COD、EC、T-P、T-N、DO、pHの7因子として、重回帰分析を行った。しかし、説明変数の中には、pHやDOのように、お互いに強い相関を持つものもあり、これら全てを説明変数として採用することは適切でない。そこで、これらの説明変数を変数増減法によって削減した。なお、説明変数選択の判定の基準は、F値(分散比)を2.0とした。その結果、次式で示される重回帰モデルが得られた。

$$\ln N_p = 10.51 \ln pH - 1.72 \ln Wt + 1.46 \ln TP - 3.41$$

ここに、 N_p :プランクトン細胞数(細胞数/ml), Wt :水温($^{\circ}C$)

このモデルにより計算されるプランクトン細胞数の推定値と観測値は、図-5に示されるようにほぼ1:1の直線上に分布しており、pH、T-P、 Wt の3因子によって貯水池表層でのプランクトン細胞数が推定できるものと思われる。プランクトン細胞数を推定するため、重回帰モデルにプランクトンが異常発生しているときのpH値(8~9)と水温(18~20 $^{\circ}C$)を代入した結果、貯水池内のリン濃度が0.02mg/l程度以下であれば、プランクトンが異常発生(1×10^4 細胞数/ml)しないという結果になった。

謝辞：本研究の貯水池観測に際し御協力を得た神戸大学工学部 前田浩之技官、鴨田健司氏に謝意を表す。

参考文献：1) 喜多村雄一・大西外明：人工湖の水域環境と淡水赤潮に関する考察，水文・水資源学会誌，第8巻，第3号，pp.297~308，1995。

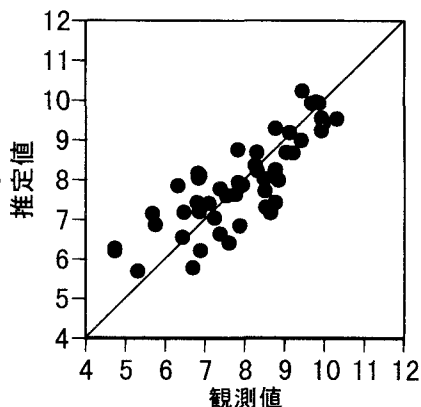


図-5 重回帰分析によるプランクトン数の推定値と観測値 (単位: $\ln$ 細胞数/ml)

表-1 重回帰分析結果

変数削減後	変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	
重相関係数	0.80	lnpH	10.51	0.81
寄与率	0.65	lnWt	-1.72	-0.61
F値	28.14	lnT-P	1.46	0.43
		定数項	-3.41	