

GS-119

主成分分析を用いた底生生物環境評価の試み

東洋建設㈱ 正会員 田中裕作、寺田美香里、正会員 芳田利春

1. はじめに

筆者らは、捨石堤の海水浄化機能および生態系回復機能を検討するため、尼崎港奥部に仮置きされた捨石周辺の環境調査を1994年10月から4年間実施した。その調査結果のうち底生生物の群集構造に着目し、多様度指数と底層水のD Oの組合わせによる環境評価手法を提案した。また、その有効性を検証するため、多様度指数と水質、底質測定結果を用いて主成分分析を行い、両手法による判定結果の比較を行った。

2. 調査内容

調査場所の状況および測定点を図1に示す。調査は年4回、4年間にわたって行った。測定項目は底質(C O R P、強熱減量、硫化物、C O D、全窒素、全珪)、水質(底層のD O、水温)、底生生物である。

3. 多様度指数-D O法による評価

底生生物の生息環境を評価するため、種々の組み合わせの中から、底生生物の多様度指数を縦軸に、底層水のD Oを横軸にとり、測定値をプロットした散布図を図2、3に示す。これをここでは多様度指数-D O法と呼ぶ。多様度指数はShannon-Weaverの式を底を10として計算した。

このグラフ上のデータは季節毎にグループ化できる。図2より、St. 1ではD Oが3mg/l以上で季節変動を見せているが、多様度指数はD Oの変動には関係なく0.4以上の値をとっており、季節による大幅な変動は見られない。一方、図3より、St. 2ではD Oが2mg/l以下となる夏季に多様度指数が0.2前後の小さい値をとっており、D Oが6mg/l前後に回復する秋季においても多様度指数は増大せず、冬季から春季にかけてようやく増大する。St. 4(グラフは省略)はD O、多様度指数ともSt. 2よりもさらに小さい値で推移している。ここで注目すべき点は、St. 1がSt. 2やSt. 4と比べて、D Oが同程度の時でも高い多様度指数を示していることである。これはSt. 1では夏季に底層が貧酸素状態にならないため多種の底生生物が生存し続けるのに対し、St. 2およびSt. 4では夏季の貧酸素状態によっていったん多くの底生生物が死滅し、秋季に貧酸素状態が解消された時に特定の種(ヨハネスピロA型)が他の種よりも早く適応して繁殖するため、結果的に占有率が高くなり、多様度指数が上がらなかったと推測される。

しかし、この図には採用した2つの指標以外の情報は盛り込まれていないため、底生生物の生息環境を十分に表現している保証はない。そこで、すべての測定項目を用いて主成分分析を行うことによって、より多くの情報から生物環境を判定し、多様度指数-D O法から得られる知見と比較することによってこの方法の実用性を検討する。

4. 主成分分析による評価

主成分分析は測定項目すべてを用いて行った。底生生物については多様度指数DIおよび個体数Nを用いた。ただし、春季と秋季は一部の項目を測定していないため、夏季と冬季のデータのみを対象とした。

主成分分析の計算結果より、第1主成分Z₁、第2主成分Z₂および第3主成分Z₃は以下の式で表される。

多様度指数、底生生物、評価手法、主成分分析、生態環境

西宮市鳴尾浜1-25 tel 0798(43)5902 fax 0798(43)5915

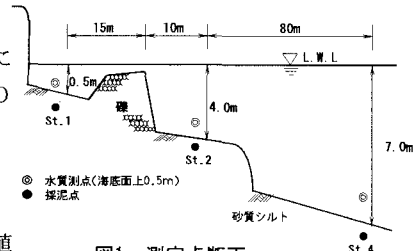


図1 測定点断面

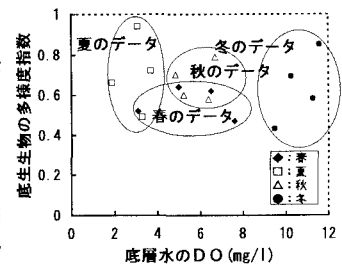


図2 多様度指数-D O法(St. 1)

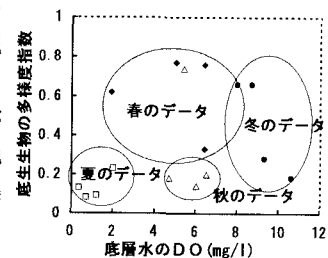


図3 多様度指数-D O法(St. 2)

$$Z_1 = [-18(ORP) + 33(IL) + 24(TS) + 51(COD) + 39(TN) + 39(TP) - 37(DO) + 24(Temp) - 19(DI) + 6(N)] / 100$$

$$Z_2 = [26(ORP) + 4(IL) - 27(TS) + 30(COD) + 27(TN) + 38(TP) + 37(DO) - 43(Temp) + 41(DI) + 26(N)] / 100$$

$$Z_3 = [15(ORP) + 11(IL) - 31(TS) + 2(COD) - 24(TN) - 13(TP) - 40(DO) + 43(Temp) + 46(DI) + 48(N)] / 100$$

上式において各測定項目にかかる係数を固有ベクトルといい、各主成分の性格を決定づける。それを視覚的に表現するため、横軸に第1主成分、縦軸に第2主成分の固有ベクトルをとった散布図を図4に示す。第3主成分は省略する。

図4において、第1主成分についてはIL、COD、TN、TPに高い係数がかかっていることから、有機汚濁度が高いほど値が大きいことが読み取れる。同様にORP、TS、DOより嫌氣的であるほど値が大きいという性格を持っている。第2主成分は、多様度指数、有機汚濁度、好氣的度合いが大きいほど値が大きく、水温が低いほど値が大きいという性格である。第3主成分は多様度指数、水温、個体数が大きいほど値が大きい。

このような各主成分の性格を把握した上で、測定値を上出の Z_1 、 Z_2 、 Z_3 計算式に当てはめて各測定単位の主成分スコアを算出する。ここでは、同一日、同一測点の10項目の測定値の集まりを測定単位と呼ぶ。主成分スコアの値は、それぞれの測定単位が各主成分の性格を持つ度合いを示している。横軸に第1主成分、縦軸に第2主成分または第3主成分を取り、各測定単位の主成分スコアをプロットした散布図が図5、6である。

主成分スコアの散布図を見ると、各測定単位が測点および季節毎にグループ化されていることが分かる。例としてSt. 1の冬のデータは図5より第1主成分が小さく、第2主成分がやや大きく、図6より第3主成分がやや小さい。これを各主成分の性格と合わせて判定すると、好氣的度合いが高く水温と個体数はやや低い、有機汚濁度と多様度指数は判断できないという結論を得る。同様に他の測点と季節のグループについての主成分分析による判定結果を表1に示す。

測点毎の差異は冬季にはほとんど見られないのに対し、夏季は好氣的度合い、多様度、個体数においてSt. 1がSt. 2およびSt. 4に比べて大きいという結果となっている。季節による差異は、冬季が好氣的で水温が低く、夏季が嫌氣的で水温が高いというという自明のことのみ明らかになった。

5. 評価結果の比較

以上述べた2方法による判定結果を比較する。多様度指数-D O法によって、St. 1がSt. 2およびSt. 4に比べて夏季の貧酸素の程度が軽いために、年間を通じて比較的良好な生息環境を維持しているのに対し、St. 2とSt. 4は夏季の貧酸素化の影響が秋季にまで及んでいることが分かった。一方、主成分分析の結果からは夏季に各測点間の生息環境の差異が大きいことが分かり、多様度指数-D O法による判定結果を裏付けることとなった。情報量の点に関しても、主成分分析の結果から表現できるのは多様度、好氣的度合い、個体数であり、有機汚濁度については十分に表現できなかった。

以上より、多様度指数-D O法を用いて生物環境を評価する試みは、主成分分析よりも表現できる情報量はわずかに少ないが、評価の正確さという点では実用に値すると思われる。

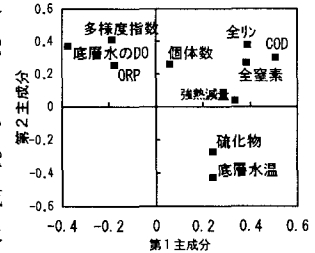


図4 固有ベクトルの散布図

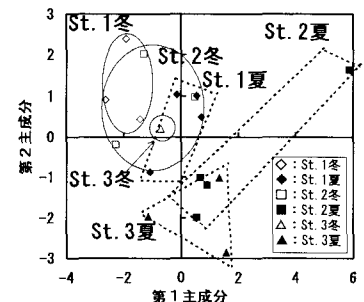


図5 主成分スコアの散布図(第1-2主成分)

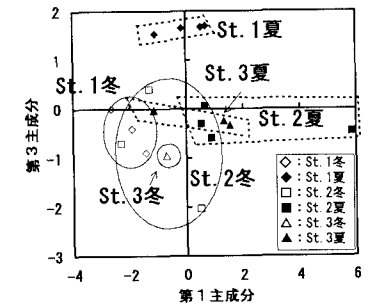


図6 主成分スコアの散布図(第1-3主成分)

表1 主成分分析による季節、測点毎の判定結果

	St	有機汚濁	酸素環境	多様度	水温	個体数
冬	1	—	好氣	—	やや低	やや小
	2	—	やや好氣	—	やや低	やや小
	4	やや小	やや好氣	やや小	やや低	やや小
	—	—	—	—	—	—
夏	1	普通	普通	やや大	やや高	大
	2	—	嫌氣	やや小	やや高	普通
	4	—	嫌氣	やや小	やや高	普通
	—	—	—	—	—	—