

底生動物の群集密度の動態特性と河川環境の関係の解明

東北大学大学院 学生員 渡辺幸三，吉村千洋

東北大学大学院 正会員 大村達夫

1. はじめに

現在，底生動物を用いた河川環境評価における生物指標の一つとして，群集密度（単位面積あたりの総個体数）が用いられている。しかし，これはある瞬間での群集密度を断片的に評価するものに止まり，その経年変化などの動態に着目した評価はあまり行われていない。群集密度の増加速度，飽和レベル，変動強度などの動態特性には各群集の生息環境が反映していることが予測される。そこで，本研究では群集密度の経年変化に既存の個体群動態確率モデルを適用し，そのモデルパラメータが表す動態特性と河川環境（主に水質）の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

(1) 個体群動態確率モデル

本研究では，群集密度の経年変化を表現するモデルとしてGoel¹⁾らが提案した式(1)の個体群動態確率モデルを用いる。この式は決定論的モデルであるGompertzモデルに右辺第二項の確率変動成分が組み込まれて構成されている。なお，Gompertz モデルは密度の増加につれて増殖速度が低下する密度依存性を表現するモデルである。

$$\frac{dx}{dt} = -rx \ln \frac{\hat{x}}{K} + sF(t)x \quad \dots (1)$$

x : 群集密度 [ind/m²] K : 環境収容力 [ind/m²]
 t : 時間 [year] s ; 変動強度 [1/year]
 r : 比増殖速度定数 [1/year] $F(t)$: ホワイトノイズ [-]

図1 に個体群動態確率モデル（式(1)）およびそのベースとなるGompertzモデルで表される群集密度の時間変化の概念図を示す。群集密度はGompertzモデルを中心に変動強度 s の振動を伴いながら K へ近づき，最終的に環境収容力 K の周りを振動し続ける定常状態に達する。表1にモデルが有する3つのパラメータ K, s, r に関する性質をまとめる。実際の底生動物群集のサンプリングデータからこれらのパラメータを推定することで，その群集の動態特性を把握することができる。

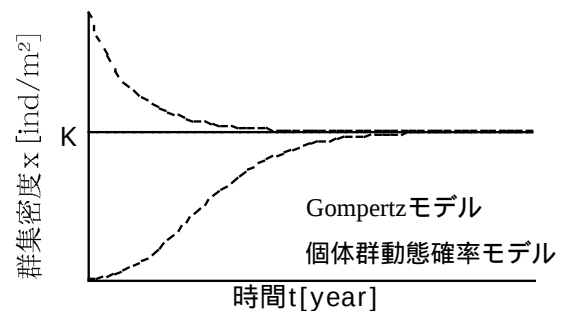


図1 個体群動態確率モデルの概念図

表1 パラメータ K, s, r の性質

パラメータ	意味	底生動物で考えられる関係項目
環境収容力 K	平均的な環境条件，食物供給量で規定される生息維持可能な群集密度	水質，気候，河床条件，魚類(捕食者)や藻類(被食者)の生息状況 等
比増殖速度定数 r	密度依存性が影響しない時($x=K/e$ の時)に群集が見せる比増加速度	各種の比増殖速度の群集平均，上流側の群集から受ける個体の供給
変動強度 s	環境変動，生物間相互作用で生じる群集密度の変動の大きさ	洪水，気候の変動，群集内外における補食・被食効果

(2) 東京都に生息する底生動物群集のパラメータ K, s, r の推定

東京都が1986-97年（12年間）に実施した都内の生物調査結果²⁾から，各年の底生動物の群集密度を求め，その経年変化からパラメータ K, s, r を推定した。図2にパラメータ推定までのプロセスをまとめる。生物調査は内陸から感潮域に渡る都内全域に分布する42の環境基準点で実施された。このうち14地点は毎年4回(5月, 8月, 11月, 2月期)，28地点は毎年1回(8月期)で行われ，延べ84群集の経年変化が調べられた。これら84群集のうち，モデルが適用できない10群集および適用が不適切な4群集を除く70群集を対象にパラメータ推定を実行した。なお，推定は式(1)の解である確率密度関数を用いた最尤推定法で行った。この70群集のうち，1年ごとの群集密度の変動が特に大きい26群集を除く44群集のみパラメータ推定が可能であった。推定できなかった群集との違いとして，一年後の群集密度との自己共分散が正の群集では確実に推定できるが，負の群集ではほとんど推定できない性質が見られた。なお，推定できた44群集の水域の内訳は淡水域(34群集)，感潮域(10群集)であった。以下で行うパラメータ推定値に関する考察は，感潮域の群集は潮汐の影響を受けて淡水域と大きく異なる生態を見せるため，淡水域と感潮域別々に行った。

Key words：底生動物 群集密度，個体群動態確率モデル，動態特性，河川環境

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06 TEL 022-217-7483 FAX 022-217-7482

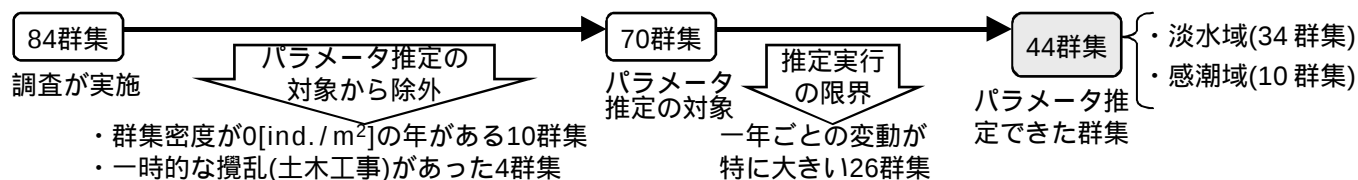
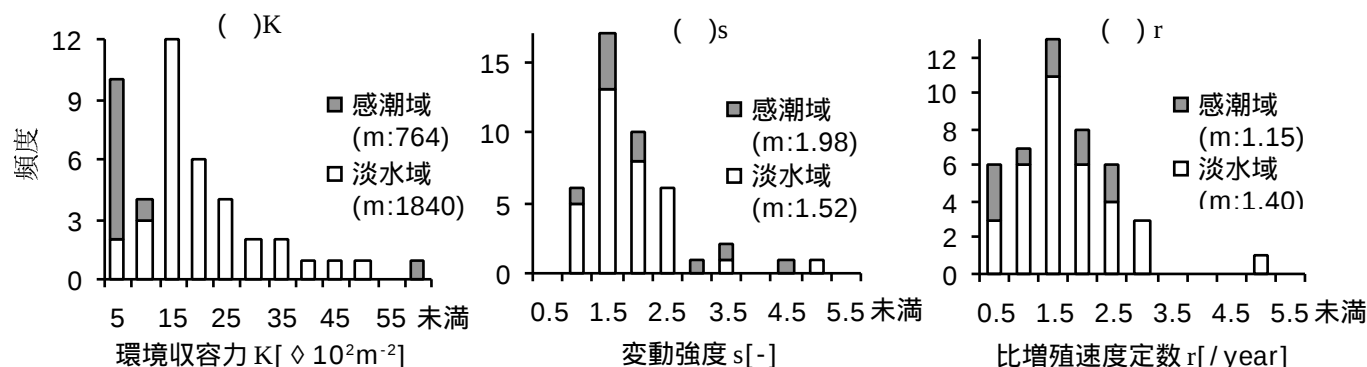


図2 パラメータ推定までのプロセス

3. 結果および考察

(1) 各群集のパラメータ推定値

図3に44の群集で推定された K, s, r の頻度分布を淡水域と感潮域ごとに示す。なお、図の凡例には各水域の平均値 m も示しておく。() K の頻度分布では、感潮域の群集が最も低い階級に集中しており、感潮域に生息する群集の多くは環境収容力が比較的低いことが分かる。() s の頻度分布では、3.0[-]以上の階級に感潮域の群集が多く、感潮域では群集密度の変動が大きい群集の割合が比較的多い。() r の頻度分布では、感潮域は0.0から2.5[/ year]の範囲にほぼ一様に分布しているが、淡水域では階級1.0-1.5[/ year]に鋭いピークが見られた。

図3 淡水域(34群集)および感潮域(10群集)における K, s, r の推定値の頻度分布

(2) 動態特性を表すパラメータと河川環境の関係

群集動態を表すパラメータと河川環境の相関を、淡水域 ($n=34$)、感潮域 ($n=10$) ごとに、無相関の帰無仮説の棄却検定 (F 検定) より調べた。検定には44群集の各パラメータ推定値と生息環境を表す9つの環境変数を用いた。環境変数には、東京都³⁾が生物調査と同地点で毎月測定した水質項目および物理項目を用いた(表2)。検定に使った環境変数は、パラメータ推定に関係した年の全月の平均値である。また、比較対象として群集動態とは直接関係しない群集密度(パラメータ推定に用いたデータの平均値)との相関も調べた。なお、群集密度は環境評価で頻繁に用いられている指標の一つである。

表2に環境変数とパラメータおよび群集密度の相関関係を表す F 検定の結果を水域ごとに示す。感潮域において、群集密度とは有意な相関が一つも無かったが、 K および s では多くの相関が検出された。したがって、本研究で明らかにした群集密度の動態を表すパラメータは、群集密度そのものよりも河川環境と密接な関係があることがわかった。水質との相関は、環境収容力 K は有機汚濁および無機汚濁が進むほど低くなり、変動強度 s は有機汚濁が進むほど大きくなる傾向があった。一方、感潮域では r に5つの環境変数との有意な相関が示した。しかし、群集密度は更に多い7項目との相関があったため、感潮域の環境状態を把握するために群集密度の動態に着目する必要性が高いとは言えない。

4. おわりに

本研究では、個体群動態確率モデルと用いて、底生動物の群集密度の動態特性を表す3つのモデルパラメータを推定し、河川環境の関係を調べた。その結果、特に淡水域に生息する群集の動態特性が河川環境と密接な関係を持っていることが明らかにされた。

参考文献

- 1) N.S. Goel, N. R. Dyn: 生物学における確率過程の理論, pp.142-147, 1978. 2) 東京都環境保全局水質保全部: 水生生物調査結果報告書, 1988-1999. 3) 東京都環境局: 公共用水域および地下水の水質測定結果, 1989-2000.

表2 環境変数とパラメータおよび群集密度の相関関係

環境変数	淡水域				感潮域			
	K	s	r	群集密度	K	s	r	群集密度
DO	+	-				+	-	-
COD	-	-	+			-		+
BOD	-	-						
SS	-							
pH								
T-P	-					-		+
T-N	-					-		+
流量					-	-	-	-
水温	-	-	+			-		+

++, -- は1%, +, - は5%の有意水準で帰無仮説が棄却された。符号は正, 負の相関をそれぞれ意味する