

生物の多様度指数 (1)

海域の環境影響評価(環境アセスメント)では、水温や塩分、流れなどといった環境要素とあわせて、その海域に出現する生物についても調査されます。調査される生物種も、プランクトンから魚類や大型海藻まで、多種多様な生物種が対象となっています。

現在、生物の調査は出現生物種をリストアップする調査が主体となっており、希少種や固有種などの確認に役立っています。しかしながら出現生物種のリストから、その海域もしくは測点の生物群集の構造や特性を読み解くのは、専門家でもなかなか難しいものです。一方、生態学的研究では、古くから生物群集の構造や多様性を指数化する方法が検討され、いくつかの多様度指数が提唱されてきました。ここでは、いくつかの多様度指数について、実際のデータを用いて紹介します。

提唱されている多様度指数のほとんどは、その理論基盤として、主に、確率論によるものと情報量理論によるものに分けられます。確率論による多様度指数でよく利用されるものは、Simpsonの多様度指数 λ (もしくは $1-\lambda$, $1/\lambda$)があります。一方、情報量理論による多様度指数では、Shannon-Weaverの関数 H' が使用されることが多いようです。この他にも多くの多様度指数が提唱されていますが、いずれも観察された生物種の総個体数、それぞれの種の個体数及び出現種数を用いて算出されます。しかし海域調査の場合、個々の生物種について個体数を明確に記録することは困難な場合もあり、実際

には「多い」「少ない」といった順位尺度として記録されることもよくあります。

これに対して、中村(1994)は、順位尺度による多様度としてRI指数を提唱し、蝶を対象とした生物群集の構造解析手法として、環境影響評価に利用しています。これらの多様度指数の概要を第1表に示します。

ではこれら多様度指数について、実在するデータを用いて比較してみましょう。多様度指数の算出には、環境省が実施した平成16年度竜串地区自然再生推進計画調査(海域調査)業務報告書(環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所, 2005)の内、魚類相調査の結果を用いました。この調査は、足摺宇和海国立公園の竜串海中公園地区における自然再生事業として実施されたものです。継続的な海域モニタリングの一つとして、竜串湾内5地点において測線100mの潜水目視観察を行い、出現した魚類の種数ならびに種毎の個体数が計数されています。

上記の調査結果からSimpsonの多様度指数 $\lambda(1-\lambda$ として算出)、Shannon-Weaverの関数 H' 、中村のRI指数を算出し、比較してみます。なおRI指数の算出にあたっては、計数されていた個体数を6段階(0個体を含める: 0:0個体, 1:1個体, 2:2~9個体, 3:10~49個体, 4:50~99個体, 5:100個体以上)の順位尺度に変換しました。第2表に調査地点毎の魚類の出現種数、総個体数及び算出した3つの多様度指数を示しました。

第1表 代表的な多様度指数

多様度指数	算出式	内 容
Simpson の多様度指数 λ	$\lambda = \sum n_i(n_i-1) / N(N-1)$	多様性が増加すると、 λ は減少するため、通常は $1-\lambda$ 又は $1/\lambda$ を用いる。; $0 \leq 1-\lambda \leq 1-(1/S) < 1$ 又は $0 \leq 1/\lambda < 10+$
Shannon-Weaver の関数 H'	$H' = -\sum P_i \cdot \log_e P_i$ (ただし $P_i = n_i/N$)	多様性が増加すると、 H' も増加する。対数の底は、2 又は 10 を使う場合もある。; $0 < H' \leq \log_e S$
中村の RI 指数	$RI = \sum R_i / \{S \cdot (M-1)\}$	多様性が増加すると、RI も増加する。; $0 \leq RI \leq 1$

表中の記号: S = 種数, N = 総個体数, $n_i = i$ 番目の種の個体数, $R_i = i$ 番目の種の個体数ランク, M = 個体数ランクの段階数 (M 段階: 0, 1, 2, ..., $M-1$)

一般的に多様性は、「種の多様性」すなわち「種の豊富さ」として理解されていることかと思えます。そのため出現種数や総個体数が多いSt.5やSt.4で、多様度が高いという印象を持つことでしょう。しかし、Simpsonの1- λ やShannon-WeaverのH'が高い値を示したのはSt.2であり、むしろ出現種数も総個体数も少ない調査地点です。これに対して中村のRI指数ではSt.5が最も高く、出現種数や総個体数と連動していることから、一般的な印象に近く、直感的に解りやすい結果となっています。この様な違いは、なぜ起こるのでしょうか。ここで、1- λ 及びH'が最も高かったSt.2、総個体数の最も多かったSt.4、出現種数及びRI指数が最も多かった(高かった)St.5について、出現種の個体数ヒストグラムを第1図に示します。これをみると、St.2における出現種のそれぞれの個体数は、いずれも少数で、比較的均一であったのに対し、St.4及びSt.5では100個体以上の種が出現しており、ある種に個体数の分布が集中していることが分かります。1- λ やH'は、種数と均一性を表す指数であるため、ある種に個体数の分布が集中するようなSt.4やSt.5では、多様度が低下するのです。これに対し、RI指

数は個体数を順位尺度として用いることから、個体数の均一性の影響を受けにくく、直感的に分かりやすい結果が得られています。

これらの違いは、それぞれの多様度指数の持つ特性であり、どの指数が優れているというものではありません。ここで扱った対象生物、魚類には縄張りを持つなど単独で生息する種もあれば、群れを形成して生息する種もいます。そのため、評価の際に誤解をまねかないためにも、対象とする生物群の特性に合わせて、複数の多様度指数を併用して解析をおこなうのが適切です。

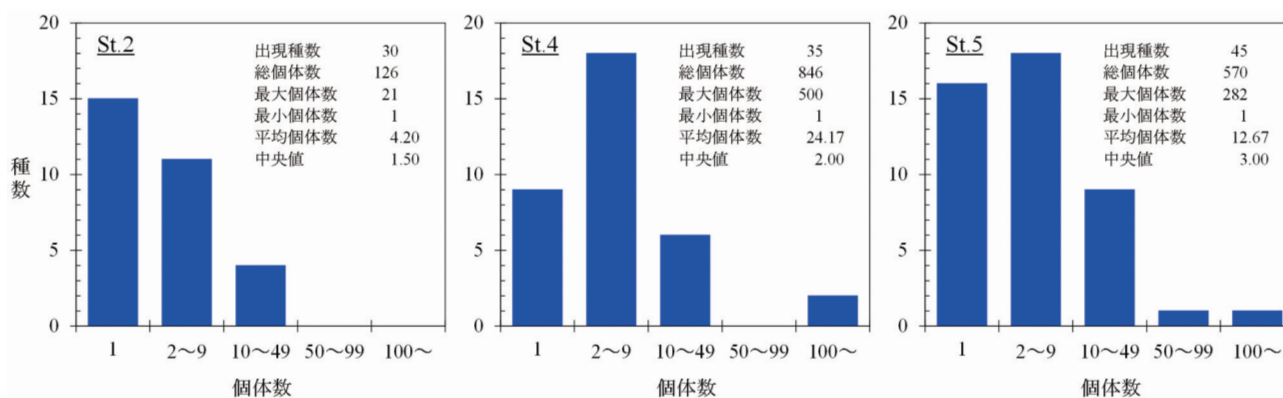
引用文献

- ・環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所. 平成16年度竜串地区自然再生推進計画調査(海域調査)業務報告書. 261pp. (2005).
- ・中村寛志. RI指数による環境評価(1) RI指数の性質と分布. 瀬戸内短期大学紀要, 第24号: 37-41 (1994).

(事務局 研究企画調査グループ 山田 裕)

第2表 調査地点毎の魚類の出現種数、総個体数及び多様度指数

調査地点	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
出現種数	35	30	28	35	45
総個体数	235	126	192	846	570
1- λ	0.899	0.920	0.845	0.599	0.737
H'	2.740	2.818	2.477	1.506	2.253
RI 指数	0.151	0.121	0.133	0.180	0.217



第1図 St.2, St.4及びSt.5の出現種の個体数ヒストグラム