

### (3) 食物網解析

鹿野秀一(東北大学東北アジア研究センター)

動物とエサ候補の炭素・窒素安定同位体比を測定することによって、動物が何を主に食べているかが推定できる。

絶滅危惧種であるシナイモツゴやゼニタナゴが生息するため池において、他の魚類を含む食物網解析を行い、魚類の食性の重なり度合いを検討した解析例を解説する。

#### ■ 安定同位体比による食物網解析

従来、食物網構造や動物の食性をしらべるためには、消化管内容物を分析する方法が用いられてきたが、この方法ではたまたま採取前に摂食したエサが過大評価されることや消化されてしまったエサは不明なことなどの短所が指摘されている。これに対して、近年多く採用されている炭素・窒素安定同位体比を用いた方法(Yoshii et al. 1999, O'connell et al. 2005, Kanaya et al. 2009)は、動物が多く摂食してきたエサが動物の体に同化されたものを測定するために、比較的長期間食べたエサを推定できることが長所としてあげられている。

この方法で用いられる炭素と窒素の安定同位体とは、炭素の場合原子量が 12 の  $^{12}\text{C}$  と 13 の  $^{13}\text{C}$  の 2 種類が存在し、また窒素では原子量が 14 の  $^{14}\text{N}$  と 15 の  $^{15}\text{N}$  の 2 種類があり、これらの比  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  と  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  をそれぞれ炭素安定同位体比と窒素安定同位体比という。動物のエサ資源を解析する場合、食物網におけるエサとそれを食べる動物の炭素・窒素安定同位体比をしらべると、動物の炭素安定同位体比  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  はエサのそれとほぼ同じ値を取るが、動物の窒素安定同位体比  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  はエサよりも一定の率で増えることが知られている。このようなことから、動物とその餌候補の炭素・窒素安定同位体比を調べることでエサ候補の推定ができる。

具体的には、炭素と窒素の安定同位体比はそれぞれ次の式で表されるような  $\delta$ (デルタ) 値で表記される。

$$\delta^{13}\text{C} = \left[ \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{試料}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{標準}}} - 1 \right] \times 1000 \quad (\text{‰})$$

$$\delta^{15}\text{N} = \left[ \frac{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{試料}}}{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{標準}}} - 1 \right] \times 1000 \quad (\text{‰})$$

ここで、 $(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{標準}}$  は炭素同位体比の国際標準物質であるピー・ビー・ベレムナイト(ある地層のや石の化石)の  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  比で、 $(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{標準}}$  は大気中の窒素ガスの  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  である。

$\delta^{13}\text{C}$  や  $\delta^{15}\text{N}$  の値は千分率(‰;プロミルまたはパーミルとよむ)で表され、これら値が大きくなることは、試料中の  $^{13}\text{C}$  または  $^{15}\text{N}$  が多くなることで、逆にこの値が小さくなることは、試料中の重い  $^{13}\text{C}$  または  $^{15}\text{N}$  が少なくなることを意味している。食物網の食う食われる関係において、エサの  $\delta^{13}\text{C}$  値に比べてそのエサを食べていた動物の  $\delta^{13}\text{C}$  値は、変わらないか 1‰程度

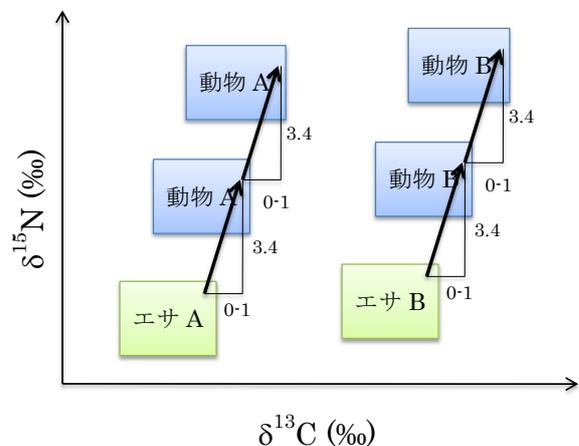


図 1. 炭素・窒素安定同位体比による食物網解析の概念図

高くなるのに対して、動物の  $\delta^{15}\text{N}$  値はエサのそれと比べると平均で 3.4‰ 高くなることが知られている (DeNiro & Epstein 1979, Minagawa & Wada 1984). 横軸に  $\delta^{13}\text{C}$ , 縦軸に  $\delta^{15}\text{N}$  を用いて、エサ A とこれを食べている動物 A の安定同位体比をプロットすると、図 1 のような関係になり、さらにこの動物 A をエサとしている動物 A' がいる場合は、その右上に位置する. また、 $\delta^{13}\text{C}$  値が異なるエサ B を食べている動物 B ではエサ B の右上にプロットが来ることになる. このように炭素の安定同位体比からは食物連鎖の起点を、窒素の安定同位体比からは栄養段階が推定できる.

## ■ため池の食物網解析の例

本章では絶滅危惧種であるシナイモツゴやゼニタナゴが生息するため池の食物網解析の例を解説する. シナイモツゴやゼニタナゴなどの絶滅危惧種を保全していく上で、それらの魚類の生息する湖沼のエサ資源と魚類相を把握し、魚類間のエサの重複度合いを知ることは重要である.

### 調査したため池

今回は、伊豆沼・内沼集水域の上流部にあるため池における食物網を解析した. このため池は、1 次の谷を堰き止めた最大水深が約 3.5 m の池で、周囲にカサスゲやヨシが生育している環境で、シナイモツゴとゼニタナゴが保全のために放流されていて、この他に魚類ではトウヨシノボリ、フナ、ワカサギが生息している.

### サンプルの採集と調整

採集した魚類は、背側の筋肉を少量切り取り、乾燥した後に粉末にして、クロロフォルムとメタノール処理で脂肪を取り除いたサンプルを分析した. エサ候補として、植物プランクトン、動物プランクトン、付着ソウ類、底生ケイ藻、堆積物やユスリカ幼虫などを採集した. なお、付着ソウ類、底生ケイ藻、堆積物は酸処理により無機炭素を除いた後、分析した. また、魚類以外の動物としては、ユスリカ幼虫、ヌカエビ、ザリガニも採集し、分析した. これらのサンプルは、元素分析計と直結した質量分析計 (Finnigan 社製 DELTA plus) を用いて、炭素・窒素同位体比を測定した. ただし、動物プランクトンは現存量が極端に少なかったため、安定同位体比の測定はできなかった.

### サンプルの採集と調整

ため池において採集した魚類やその他の無脊椎動物およびそれらの餌候補の炭素・窒素安定同位体比をプロットした図を、図 2 に示す. シナイモツゴ、トウヨシノボリ、ワカサギとフナの 4 種は炭素・窒素安定同位体比の値が近いことから類似した食性であることが推定できる. これらの魚類は、植物プランクトンの右上に位置していて、 $\delta^{15}\text{N}$  の値が 6‰ ほど高いことから、植物プランクトンを食べている動物プランクトンを主にエサとしていることが推測できる. これに対して、ゼニタナゴは他の魚類とは  $\delta^{15}\text{N}$  の値が低いことから、シナイモツゴなどの他の魚種とは食性の重複が少ないが、ザリガニやヌカエビとは類似する食性で、付着藻類や植物プランクトンを混

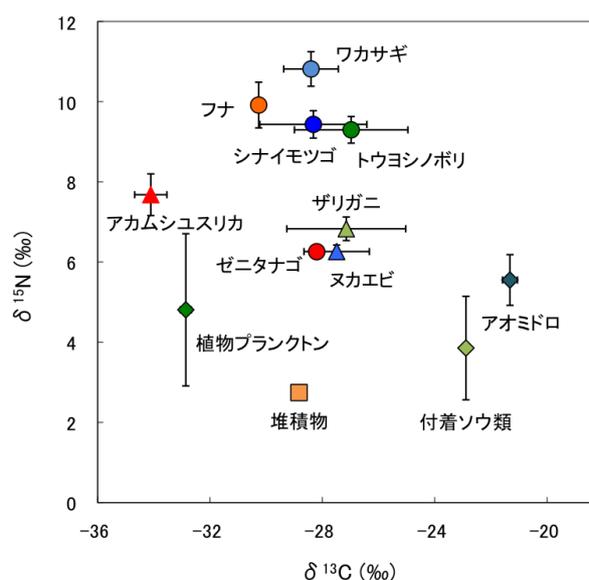


図 2. ため池における魚種や無脊椎動物とそのエサ候補の炭素・窒素安定同位体比

食していると考えられる。このため池では、季節や年が異なる時に採集したサンプルの安定同位体比も同様の結果が得られたことから、これらの魚類の食性における重複度合いは、季節や年が違ってても変化が少ないと考えられ、このため池ではシナイモツゴはゼニタナゴと比べて、他の魚種と食性の重複度合いが大きく、食物をめぐる種間競争が高い可能性が示唆された。

## 引用文献

- DeNiro, M. J. & Epstein, S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 42: 495-506.
- Kanaya, G., Yadrenkian, E. N., Zuykova, E. I., Kikuchi, E., Doi, H., Shikano, S., Mizota, C. & Yurlova, N. I. 2009. Contribution of organic matter sources of cyprinid fishes in the Chany Lake-Kargat River estuary, western Siberia. *Marine and Freshwater Research* 60: 510-518.
- Minagawa, M. & Wada, E. 1984. Stepwise enrichment of  $\delta^{15}\text{N}$  along food chains: Further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 48: 1135-1140.
- O'Connel, M. F., Dempson, J. B. & Power, M. 2005. Ecology and trophic relationships of the fishes of Gander Lake, a large, deep, oligotrophic lake in Newfoundland, Canada. *International Review of Hydrobiology* 90: 486-510.
- Yoshii, K., Melnik, N. G., Timoshkon O. A., Bondarenko, N. A., Anoshko, P. N. et al. 1999. Stable isotope analyses of the pelagic food web in Lake Baikal. *Limnology and Oceanography* 44: 502-511.

