

# 炭素・窒素安定同位体比に基づく流域圏生態系健全性評価法の開発

琉球大学大学院理工学研究科 学生会員 宮本大輔  
 琉球大学准教授工学部環境建設工学科 正会員 赤松良久  
 琉球大学工学部環境建設工学科 非会員 吉村朋子

## 1. はじめに

今日まで、河川の環境の評価は BOD (生物学的酸素要求量) 等の水質指標によって行われてきた。しかし、河川や流域圏の生態系について検討するには窒素・リンなどの生元素の計測が必要不可欠であり、BOD のみを河川環境の基準とするには限界がある。

そこで本研究では、現在、陸水学などの分野において研究が進められ、流域における生態系や水環境評価の指標とされている炭素・窒素安定同位体比<sup>1)</sup>を用いて、流域内に多くの貴重な生態系を有する沖縄本島の様々な流域を対象として陸域から河川・沿岸にかけての流域圏の生態系における物質循環の健全性を評価する方法を開発する。

## 2. 沖縄本島の河川環境

沖縄本島の 13 河川において、それぞれ上流から河口の複数地点で河川水および河床堆積物のサンプリングを行った (調査期間: 2007 年 11 月 13 日~12 月 18 日)。潮汐の影響を強く受ける河口域では干潮時にサンプリングを行った。河川水サンプルに関しては BOD,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  の計測を行い、河床堆積物に関しては炭素・窒素の安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) の計測を行った。

図-1 に沖縄本島における河川水中の BOD,  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度および河床堆積物の  $\delta^{15}\text{N}$  を示す。BOD,  $\text{NH}_4\text{-N}$  とともに都市域にあたる南部では高く、自然の多い北部では低い濃

度になっていることがわかるものの、南部河川においても環境基準値をほとんどの地点で満たしている。

河川において  $\delta^{15}\text{N}$  が 6‰ を超える場合は汚濁が著しく、富栄養化が進行していると考えられる<sup>2)</sup>。また調査結果から、南部河川の多くの地点と北部においても基準を超える値が見てとれる。沖縄本島の沿岸には従来貧栄養環境を好むサンゴ礁域が広がっていることから、高濃度の栄養塩を含む河川水の沿岸への流入はサンゴ礁の破壊の一因ともなっており、この結果は BOD 濃度のみによる水質基準では不十分であること示唆している。

## 3. 河床堆積物の炭素・窒素安定同位体比による

### 流域圏生態系健全性評価法

本研究では河川の上流から河口にわたる河床堆積物の炭素・窒素安定同位体比に着目して流域圏生態系の健全性の評価法を検討した。

一般に上流では森林地帯 ( $\delta^{15}\text{N}$ : -1~+1‰,  $\delta^{13}\text{C}$ : -27‰) の影響を受けて  $\delta^{15}\text{N}$  および  $\delta^{13}\text{C}$  は小さい値をとる。河口域では付着藻類や微生物活動の活発化によって  $\delta^{15}\text{N}$  および  $\delta^{13}\text{C}$  は河口に近づくにつれて大きい値になる。つまり、健全な流域内の物質循環が保たれている河川においては上流から河口に向かって  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  とともに上昇していくと考えられる<sup>3)</sup>。

ここで、上流から下流への物質循環の健全性を定量化するために、 $\delta^{15}\text{N}-\delta^{13}\text{C}-L$  (河口からの距離) の 3 次元

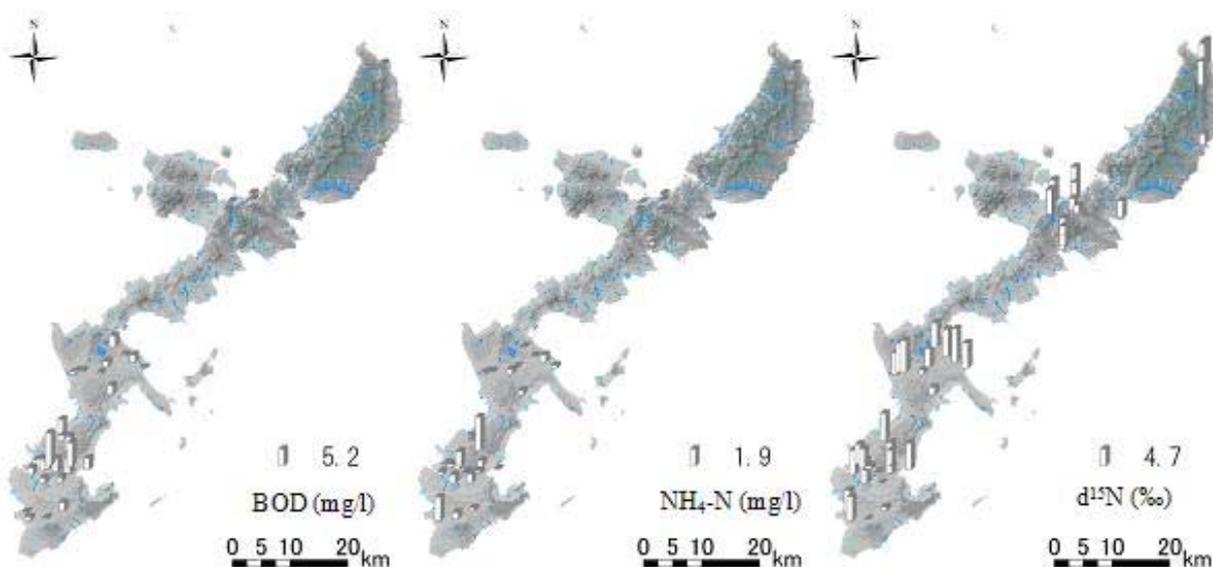


図-1 沖縄本島における河川水中の BOD,  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度および河床堆積物の  $\delta^{15}\text{N}$

マップを考える (図-2). 森林から海へと続くほぼ自然状態に近い河川～沿岸においては最上流の森林域では森林地帯の炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}N_u: 0\text{‰}$ ,  $\delta^{13}C_u: -27\text{‰}$ ) をとり, 沿岸に近い河口域では植物プランクトンの炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}N_d: 6\text{‰}$ ,  $\delta^{13}C_d: -20\text{‰}$ ) をとると仮定する<sup>4)</sup>. 流域内での健全な物質循環が保たれている場合には3次元マップ上でこの2点を結ぶ直線上に炭素・窒素安定同位体比をとると考えられ, 河口からの距離  $L_1$  における炭素・窒素安定同位体比は  $L=L_1$  平面と, 理想直線の交点と考えることができる. この理想点と実際に計測から得られた  $L=L_1$  平面における炭素・窒素安定同位体比の距離を  $\delta^{15}N-\delta^{13}C$  マップ上での最上流端の値 ( $\delta^{15}N_u, \delta^{13}C_u$ ) と河口の値 ( $\delta^{15}N_d, \delta^{13}C_d$ ) の距離で割ったものを乖離度  $\lambda$  として次式のように定義する.

$$\lambda = \frac{\sqrt{(\delta^{13}C_i - \delta^{13}C_m)^2 + (\delta^{15}N_i - \delta^{15}N_m)^2}}{\sqrt{(\delta^{13}C_u - \delta^{13}C_d)^2 + (\delta^{15}N_u - \delta^{15}N_d)^2}} \quad (1)$$

ここに,  $\delta^{15}N_i, \delta^{15}N_m; L=L_1$  における炭素・窒素安定同位体比の理想値,  $\delta^{15}N_m, \delta^{13}C_m; L=L_1$  における炭素・窒素安定同位体比の計測値である. この値によって流域生態系の健全性の評価を行う. つまり, 乖離度が小さければ小さいほど流域における人間活動の影響が小さく, 自然状態に近い健全な水・物質循環の保たれている流域であると考えられる. また, 乖離度が大きい場合には流域における人間活動の影響で流域内での河川を通じた従来の水・物質循環が保たれておらず, 流域圏生態系が不健全な状態にあると考えることができる.

4. 沖縄本島における流域圏生態系の健全性評価

図-3 に沖縄本島の9河川における乖離度の算出結果を示す (調査地点が3地点以下の4河川については割愛した). 沖縄本島南部および中部に位置する都市域を流れる河川では乖離度が1を超える地点がほとんどであるのに対して, 北部の山間部を流れる河川ではほとんど地点で1以下の値をとっている. また, 北部においても河口域に住宅地の広がる源河川や河口付近で河川改修工事が行われていた大浦川では乖離度が大きくなっている.

これらの結果から  $\delta^{15}N-\delta^{13}C-L$  (河口からの距離) の3次元マップを用いた乖離度による本評価法は河川上流から河口域に至るまでの物質循環の健全性を十分に再現できていると考えられる.

5. 結論

本研究では河床堆積物の炭素・窒素安定同位体比に着目して,  $\delta^{15}N-\delta^{13}C-L$  (河口からの距離) の3次元マップを用いて算出される理想的な河川上流から河口域までの炭素・窒素安定同位体比の分布と実際に計測された値との乖離度を新たな流域圏生態系健全性の指標として提案した. 本評価法を様々な流域を有する沖縄本島に適用したところ, それぞれの流域の状態を適切に評価可能であることがわかった.

謝辞: 今回の研究では, 水質および底質の分析に関して, 東京工業大学理

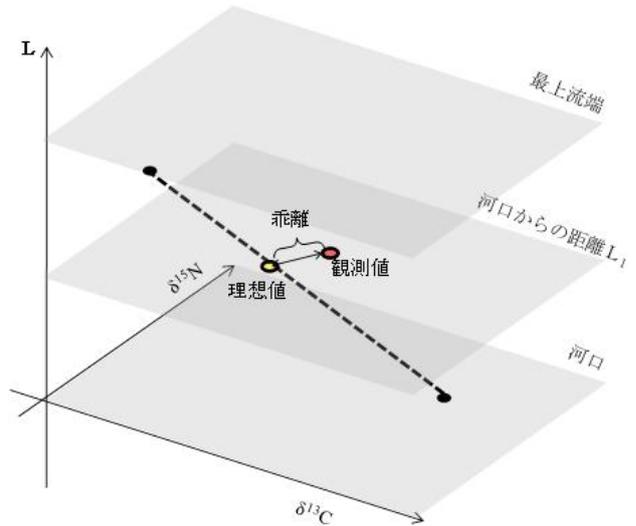


図-2  $\delta^{15}N-\delta^{13}C-L$  (河口からの距離) の3次元マップ

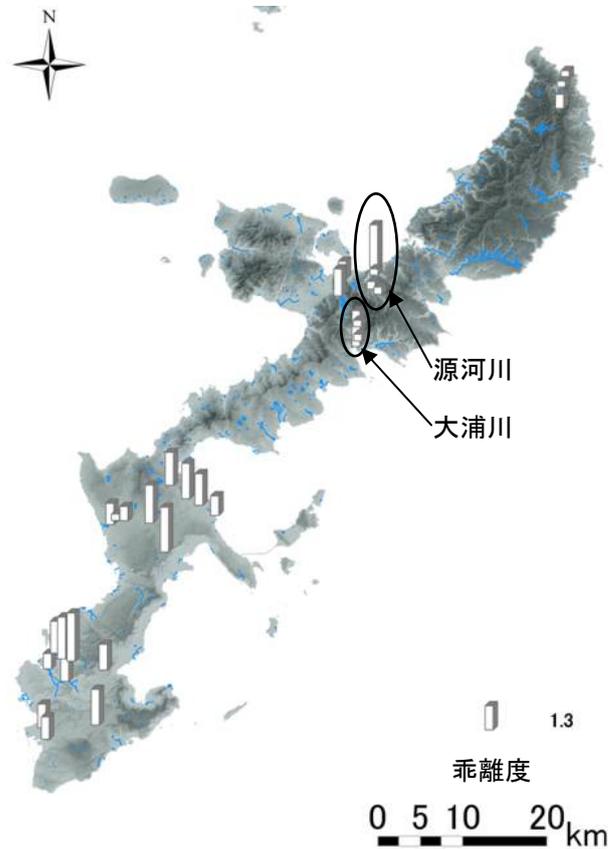


図-3 沖縄本島の各河川における乖離度

工学研究科の池田駿介教授ならびに池田研究室の学生の皆様に機器の使用法等, 多くのご指導を頂きました. ここに謝意を表します.

参考文献

- 1) 酒井均・松久幸敬: 地球化学安定同位体, 東京大学出版会, 1996.
- 2) 高津文人: 窒素安定同位体比による富栄養化診断, 水文・水環境学会誌, vol.19, No.5, pp.413-419, 2006
- 3) 和田英太郎・水谷広・柄沢亭子・蒲谷裕子・南川雅男・米本昌平・辻堯: 大槌水系における有機物の挙動, 地球化学, vol.18, pp.89-98, 1984.
- 4) 和田英太郎: 地球生態学, 岩波書店, 2002.