

河床堆積物の炭素・窒素同位体比に基づく流域環境評価

東京理科大学 正会員 ○赤松 良久
八幡浜工業高等学校 非会員 宮本 大輔

1. 目的

これまで、河川環境の評価は BOD (Biological Oxygen Demand) 等の水質指標によって行われてきた。これらの水質指標は河川環境を定量的に評価する有効な手段ではあるものの、河川の水・物質循環あるいは生態系の健全性を評価する指標としては不十分である。一方、近年では流域における生態系や水環境評価に底質や水生生物の炭素・窒素安定同位体比を用いる研究が進められている¹⁾。しかし、安定同位体比を用いて河川や流域の環境を定量的に評価する手法は開発されていない。

そこで、本研究では河床堆積物中の炭素・窒素安定同位体比に着目して、それらを用いた流域環境評価の可能性について検討した。

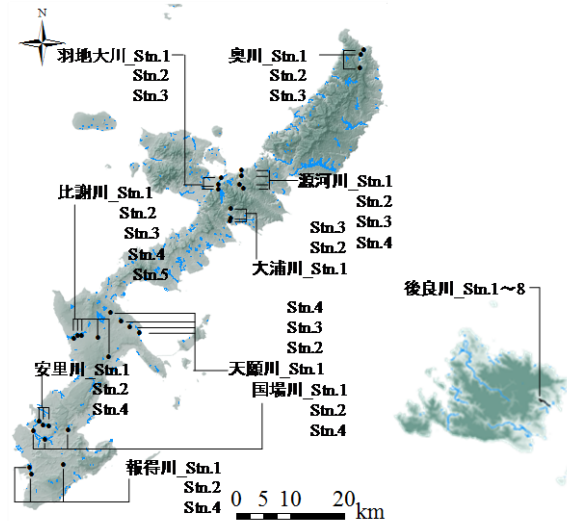


図-1 観測地点

2. 研究方法

沖縄本島の9河川および西表島の後良川において、各河川の上流から河口の複数地点で河床堆積物を採取し、炭素・窒素の安定同位体比 ($\delta^{13}C, \delta^{15}N$) の計測を行った(図-1)。また、流域環境と堆積物の炭素・窒素同位体比の関係を明らかにするために、各観測地点での集水域から土砂流出量・汚濁負荷量の算出を行った。汚濁負荷解析では、汚濁負荷を点源・面源負荷に分け、家庭(生活)・工場・下水処理場・畜産による負荷を点源とみなし、森林・農地(田・畑)・市街地などからの負荷を面源とみなした。土砂流出解析には、土壌侵食・土砂流出モデル WEPP (Water Erosion Prediction Project) と GIS (Geographic Information System: 地理情報システム) を組み合わせた土砂流出解析モデル (GeoWEPP) を用いた。

3. 炭素・窒素同位体比の観測結果

図-2 に都市域を流れる代表的な河川である比謝川, 比較的自然的に残る河川である源河川, 完全な自然河川である後良川における河床堆積物の $\delta^{15}N, \delta^{13}C$ の河川縦断方向の変化を示す。流域内に森林しか存在しない後良川ではすべての点でほぼゼロに近い値を示している一方で、都市域の比謝川では河床堆積物中の $\delta^{15}N$ が全域で富栄養化の基準となる 6‰ を超えている。また、源河川では自然状態に近い中流から上流域において河床堆積物の $\delta^{15}N$ は 6‰ 以下の低い値を示すが、河口に近い地点においては 6‰ を超えている。これは河口付近には住宅地, 耕地, 養鶏場および養豚場があり、陸域からの栄養塩等の負荷が顕著であるためと考えられる。次に、 $\delta^{13}C$ に関しては、後良川ではすべての地点で森林地帯 ($\delta^{13}C: -27‰$) に近い値を示し、源河川においても河口に近い地点以外では同様な傾向を示している。一方、都市域を流れる比謝川では全体的に高い値をとっており、周辺に河畔林が存在する河口から 1km 程度の地点においては -18‰ 程度まで低下している。

4. 流域環境と炭素・窒素同位体比

河床堆積物の炭素安定同位体比は、流域の植生を中心とした、一次生産者の影響を受けてその値が決まることが知られている。沖縄本島および西表島において、河床堆積物の炭素安定同位体比の値を決めるものとして、森林と C4 植物であるサトウキビ畑が考えられる。そこで、GeoWEPP (GIS と融合した土砂流出解析モデル)

キーワード 流域環境評価, 安定同位体比, 汚濁負荷解析, GIS 解析
連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎2641 TEL 04-7124-1501(4072) FAX 04-895-8667

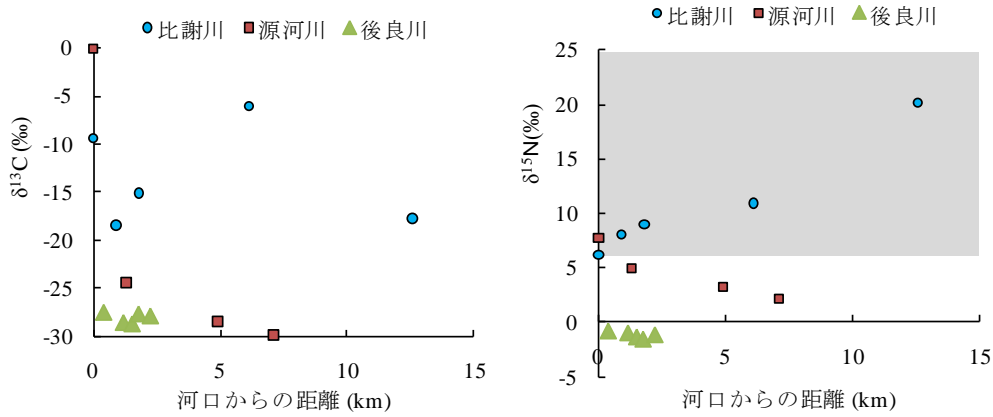


図-2 河床堆積物の δ¹⁵N, δ¹³C の河川縦断方向の変化

を用いて、それぞれの土地利用ごとの土砂流出量を算出し、その混合比から河床堆積物の炭素安定同位体比を式(1)を用いて推定した。

$$\delta^{13}C = (-12) \times \frac{D_s}{D_s + D_f} + (-27) \times \frac{D_f}{D_s + D_f} \quad (1)$$

ここに、δ¹³C:河床堆積物の炭素安定同位体比の推定値(‰), D_s:サトウキビ畑からの土砂流出量(t/year), D_f:森林からの土砂流出量(t/year)とし、係数はそれぞれ、サトウキビの代表的な炭素安定同位体比:-12(‰), 森林の代表的な炭素安定同位体比:-27(‰)とする。推定された値と実測値を比較したところ、比較的良好に一致することがわかった(図-3)。次に、河床堆積物の窒素安定同位体比の実測値と各地点の集水域における単位面積当たりの窒素負荷量の関係を図-4に示す。感潮域において河床堆積物の窒素安定同位体比は、海洋由来の植物プランクトンの影響が大きく、集水域の状況によらず概ね5~7‰の値を取ることが知られているため河口域の地点は対象外とした。この結果より、陸域からの窒素負荷量と河床堆積物の窒素安定同位体比の間には、以下の関係式が成り立つと考えられる。

$$\delta^{15}N = 3.4781 \ln(W_N) + 0.0759 \quad (2)$$

ここに、δ¹⁵N:河床堆積物の窒素安定同位体比の推定値(‰), W_N:集水域からの窒素負荷量(kg/km²/day)である。したがって、河床堆積物の窒素安定同位体比と集水域からの窒素負荷量には式(2)に示すような明確な関係があることが分かった。

以上の結果から河床堆積物の炭素、窒素同位体比は流域環境をよく反映しており、これらを用いた流域環境評価が可能であることが示唆された。

5. 結論

河床堆積物の炭素、窒素同位体比はそれぞれ集水域の窒素負荷量、土地利用状態と密接に関係しており、これらを用いた流域環境評価が可能であることが示唆された。

謝辞: 本研究は国土交通省建設技術研究助成(研究代表者: 赤松良久)の補助を受けている。記して謝意を表す。

参考文献

1) 永田俊, 宮島利宏編: 流域環境評価と安定同位体, 京都大学出版, 2008.

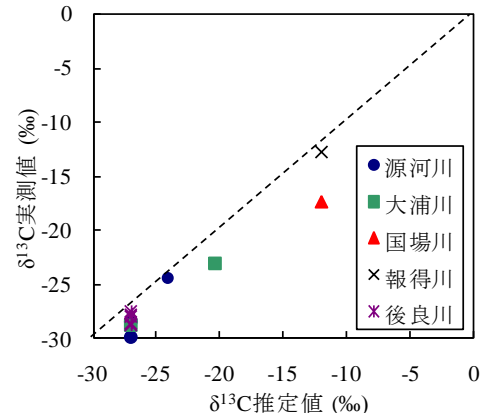


図-3 炭素同位体比の実測値と推定値

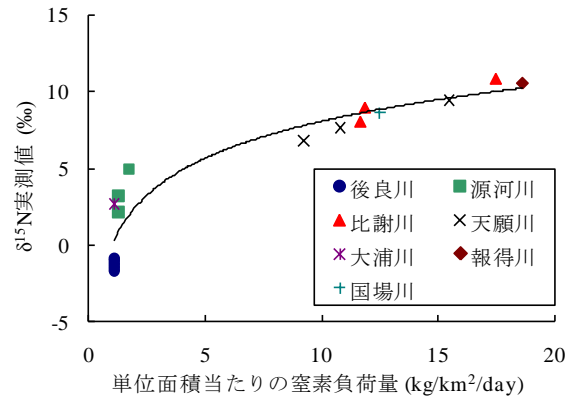


図-4 窒素同位体比の実測値と窒素負荷量の関係