

安定同位体を用いた流域圏における土砂・栄養塩動態の検討

Sediment and Nutrients Movements in Watershed using Stable Isotopes

○大澤 和敏* 神田 太朗* 池田 駿介* 乃田 啓吾**

○Kazutoshi OSAWA*, Taro KANDA*, Syunsuke IKEDA*, Keigo NODA**

1. はじめに

沖縄地方では、近年、圃場整備や各種インフラ事業などが原因で赤土壌等の侵食が顕著になった。その結果、水域汚染による生態系の破壊が起こり重大な問題となっている。流域における土砂や栄養塩の主な発生源は農地であり、それらの流域での動態を適切に評価する必要がある。また、近年では、生態系における有機物循環や土壌中の窒素動態などの評価に炭素や窒素等の安定同位体を用いられることが多い。

そこで、本研究では、河川域において輸送される土砂・栄養塩の負荷起源を、安定同位体比を用いて特定することを目的とした。具体的には、沖縄地方における流域を対象として、土壌の炭素および窒素の安定同位体比を分析し、土地利用毎の特性について検討する。それらと出水時の河川水中に含まれる懸濁物質の安定同位体比を比較することによって、流域における負荷起源について考察する。

2. 対象流域とサンプリング地点

対象流域は沖縄県石垣島西部に位置する名蔵川流域とした。流域面積は 14.9km² であり、筆者ら(2006)によって GIS の構築、現地観測、数値シミュレーションが実施されている。流域における土地利用および試料の採取地点を Fig. 1 に示す。なお、土地利用調査および土壌試料の採取は 2006 年 6 月に実施し、河川水中の懸濁物の採取は 2006 年 9 月の台風 13 号に伴う出水時に実施した。土地利用の割合は、

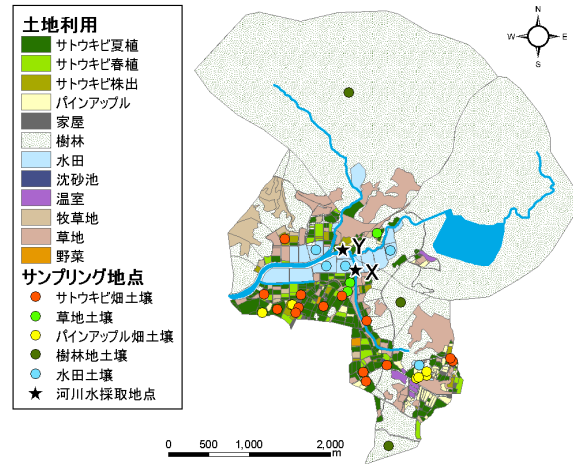


Fig. 1 Land use distribution and sampling points

樹林 76%、草地 9%、サトウキビ畑 8%、水田 3%、パイナップル畑 1%であったので、これらの 5 種類の表層土壌を採取した。また、出水時の河川水中に含まれる懸濁物質の採取は、自動採水機によって採取した懸濁水を濾過し、濾紙に残った試料を分析に用いた。採水地点は 2 地点あり、地点 X は流域南部の支流の末端に位置し、地点 Y は地点 X と流域東部の支流が合流した地点である。各地点の集水域の土地利用面積を Table 1 に示す。

3. 安定同位体比の分析方法

安定同位体比の測定には Elemental Analyzer(EA1112, Thermo Fisher Scientific)と Isotope Ratio Mass Spectrometer (DeltaV advantage) を ConFlo(ConFloIII) で結合した EA-IRMS を用いた。分析する同位体元素は炭素(¹³C)および窒素(¹⁵N)とした。

Table 1 Area of each land use in sub-watershed

Point	Forest	Grass	Sugarcane	Pineapple	Paddy	Others
X	1021	459	455	132	41	55
Y	5028	497	488	143	154	68

Unit: ha

* 東京工業大学 大学院理工学研究科 (Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

** 東京大学 大学院農学生命科学研究科(Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo)

キーワード：物質循環，土砂・栄養塩動態，安定同位体，赤土流出，土壌侵食

EA-IRMS で安定同位体比を測定できる試料量は数 10mg と微量であるため、土壌試料は粒径 2mm 以下のものを分析対象とし、均質なサンプルを作製するために炉乾燥と粉碎を施した。なお、各元素の同位体比は量、変動ともに微小であるため、同位体比の変動を評価する際には標準試料の同位体比に対する千分率偏差(‰)が一般的に用いられており、次式で定義される。

$$\delta^{13}\text{C}, \delta^{15}\text{N} = \left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000 \quad (1)$$

ここで、 R_{sample} 、 R_{standard} はそれぞれ試料、標準物質の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ である。

δ が既知の標準物質として DL-Alanine を用いた。DL-Alanine の国際標準試料に対する δ は $\delta^{15}\text{N}$: -1.6(‰)、 $\delta^{13}\text{C}$: -23.4(‰)である。 $\delta^{15}\text{N}$ の測定では大気窒素が混入してブランクとなり、窒素含有量の少ないサンプルの測定ではブランクの影響が相対的に増大する。そこで一定の δ のブランクが常に一定量混入しているとして、サンプル中の $\delta^{15}\text{N}$ を修正した。

4. 結果および考察

分析結果を Fig. 2 に示す。なお、それぞれの同位体比を散布図で示した。各土壌の点の分布範囲を線で描くと、おおよそではあるが土地利用別に分類が可能であった。

$\delta^{13}\text{C}$ に着目すると、樹林地および水田土壌で小さく、サトウキビ畑土壌で大きい値をとる傾向にあった。酒井・松久(1996)は植物体の光合成回路の違いによって $\delta^{13}\text{C}$ が異なることを紹介しており、C3 植物では小さく、C4 植物では大きい $\delta^{13}\text{C}$ となることを示している。また、C3 植物および C4 植物の両者の光合成回路を有する CAM 植物は、両者にまたがる $\delta^{13}\text{C}$ を示すことが確認されている。本研究の結果でも、C3 植物である樹木や稲の土壌では $\delta^{13}\text{C}$ が小さく、C4 植物であるサトウキビやローズグラス等の牧草の土壌では $\delta^{13}\text{C}$ が大きく、CAM 植物のパイナップルの土壌では、C3 植物および C4 植物と同様な範囲の $\delta^{13}\text{C}$ となった。

$\delta^{15}\text{N}$ に着目すると、水田土壌で小さく、サトウキビ畑やパイナップル畑の土壌で大きい傾向になった。土壌中では微生物の活動によって同位体分別が起こるため、 $\delta^{15}\text{N}$ は通常

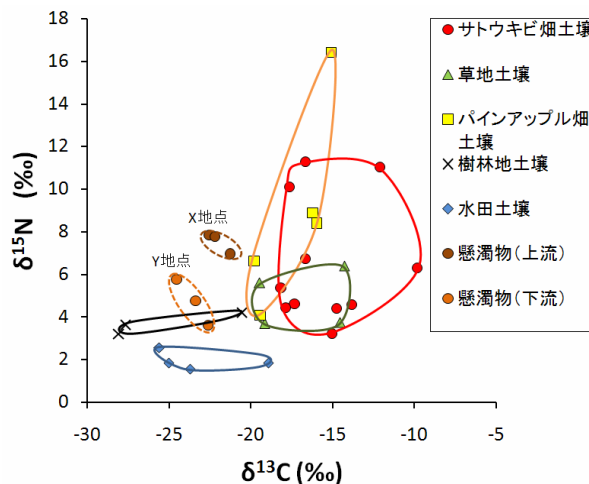


Fig. 2 Distribution of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$

0 より大きい値を示すことが知られている。サトウキビ畑やパイナップル畑の土壌では、 $\delta^{15}\text{N}$ のばらつきが大きい傾向にあったが、大きな $\delta^{15}\text{N}$ となった原因として、堆肥等の有機肥料の投入の影響が考えられる。

出水時における河川水中の懸濁物の同位体比に着目する。X 地点、Y 地点の同位体比はともに土壌の同位体比の分布域の中に位置しており、各土地利用における土壌の同位体が混合された結果と捉えることができる。特に、上流の X 地点の $\delta^{15}\text{N}$ は、樹林や水田土壌の $\delta^{15}\text{N}$ よりも著しく大きいので、河川水中の土砂や栄養塩類の起源として、サトウキビ畑やパイナップル畑の寄与が顕著であったと考えられる。下流の Y 地点では $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ともに X 地点より減少する傾向にあった。これは、Table 1 の土地利用面積に示したように、流域東部における樹林や水田を多く有する支流が合流したため、森林や水田土壌の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ に近づいたと考えることができる。

以上のように、本研究では、流域内において土地利用別に採取した土壌および出水時の河川水中の懸濁物の炭素および窒素の安定同位体比を分析することによって、流域における物質動態を定性的ではあるが評価することができた。

引用文献

大澤 和敏, 高椋 恵, 池田 駿介: 石垣島名蔵川流域における土砂動態および流域土砂管理技術, 河川技術論文集, 12, 293-298, 2006.
酒井 均, 松久 幸敬: 安定同位体地球科学, 東京大学出版会, 1996.