

炭素・窒素同位体比からみた生態系配慮のその後 Change of Ecosystem Status in Ecological Considerations using the Analysis of Carbon and Nitrogen Stable Isotope Ratio

森 淳*・津々良瑛介**・高松利恵子*・落合博之*

1. はじめに

1999年に施行された食料・農業・農村基本法では(1)食料の安定供給の確保、(2)農業の有する多面的機能の発揮、(3)農業の持続的な発展と(4)その基盤としての農村振興を理念として掲げられた。これを受けて2002年に土地改良法が改正され、第1条の目的および原則に「土地改良法の施行にあたっては(中略)環境との調和に配慮しつつ(後略)」が加えられたことは農業農村整備関係者すべてが理解しているだろう。

その後環境配慮に関する技術指針や手引きが策定され、またこれらに基づいた事業実施を担保するための組織づくりも進んだ。これらの法制度等が現場で適切に動作しているかを検証・確保するために必要なことは、いうまでもなくモニタリングである。モニタリングによって環境配慮施設が計画通りの効果をもたらしているかを検証し、仮に目標に達していない場合は、その原因を科学的な知見に基づいてその原因を仮定し修正する、アダプティブ・マネジメントが必要となる。

現在、十分とは言えないながらも実施されているモニタリングは、施工前後の数年の指標生物の採捕調査が中心である。しかし我が国の水田開発とともに超長期にわたって形成・保全されてきた生態系に対して、事業によって改変された影響を瞬間的なデータで評価することは、技術的課題が存在するとはいえ十分とは言えない。真に必要なことは「環境改変した農業水路等における生態系が、次の世代に引き継がれるときにどうなるか」を予察し、可能であれば対策を講じることである。

本稿では比較的長期間にわたる環境配慮対策の効果・影響を、食物網の構造や変化を明らかにできる炭素・窒素安定同位体比(以下順に $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ とする)を用いて検証した概要を報告する。

2. 方法

筆頭著者は2001年に東北農政局胆沢猿ヶ石土地改良建設事業所に配属され、岩手県の国営農地再編整備事業「いさわ南部地区」の環境配慮のチーフを務めた。その後ほぼ毎年同地区の幹線排水路である原川(図1)の魚類の採捕調査を継続的に行ってきた。そして食物網や生物群集の動態を解析する基礎データとして $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ を分析してきた。 ^{12}C より重い ^{13}C の含まれる割合を表す $\delta^{13}\text{C}$ は植物の光合成回路等により異なり、C3植物で-27‰程度、C4植物で-12‰程度、藻類で-20‰程度である。イネや斜面林の木本類等はC3植物

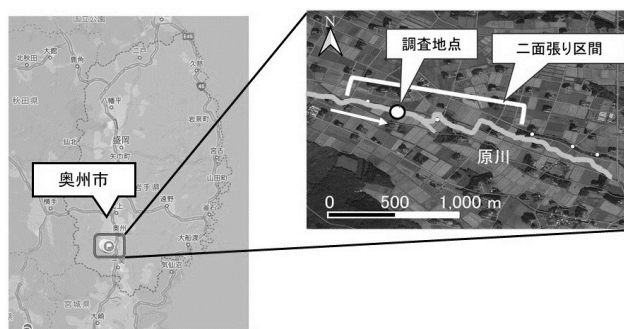


図1 調査地点の位置

*北里大学獣医学部 (Kitasato University School of Veterinary Medicine), **竹中工務店 (Takenaka Corporation) キーワード: 生態系配慮, モニタリング, 水田生態系, 安定同位体比

である。捕食者と被捕食者の $\delta^{13}\text{C}$ はほとんど異ならない。一方 $\delta^{15}\text{N}$ は捕食により 3‰ 程度上昇する。これらの性質を利用して $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ を用いて食物網やその起源となる生産者を推定できる。

原川の一部は水路底をライニングしない二面張り水路で施工され、豊かな生物群集が生息している。本研究の調査地点は、二面張り水路のうち本地区において継続的に実施している卒業研究の調査地点のうち、採捕個体数の多い地点（2001 年竣工）を選んだ。対象魚は原川の普通種であるアブラハヤ（*Phoxinus lagowskii*）を用いた。

この対照区として、同じ地点のデータのうち最も採捕個体数が多かった 2015 年のデータを用いた。採捕は夕方定置網を設置し翌日回収して行った。アブラハヤの筋肉組織の $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ は、2015 年分は現農研機構農村工学研究部門の同位体分析システムにより、2023 年分は（株）地球科学研究所に委託して、それぞれ分析した。

3. 結果と考察

2015 年におけるアブラハヤの $\delta^{13}\text{C}$ 平均値は -25.2‰ であったのに対して 2023 年では $\delta^{13}\text{C}$ 平均値が -22.5‰ に増加し、この差は有意であった（t 検定、 $p < 0.01$ ）（図 2）。 $\delta^{13}\text{C}$ の上昇から、陸起源有機物に強く依存していた原川のアブラハヤが、時間の経過とともに藻類起源の有機物の影響を、より大きく受けるように変化したと考えられた。標準偏差は 2023 年の方が小さかった。これは餌資源の起源が単純化したことを表していると考えてよい。

また 2015 年における $\delta^{15}\text{N}$ の平均値は 10.1‰ だったのに対して 2023 年では $\delta^{15}\text{N}$ の平均値は 8.1‰ に減少した（t 検定、 $p < 0.01$ ）。Layman (2007) は一次生産者が単純である場合、一次生産者より高次に位置する中間捕食者が減少することで捕食—被捕食の相互作用が希薄化し、最上位の栄養段階に位置する魚類の $\delta^{15}\text{N}$ が減少するとした。原川においては、餌資源の多様性が減少したことで捕食—被捕食の生物間相互作用が単純化・希薄化した可能性がある。Post (2002) は、 $\delta^{15}\text{N}$ によって一次生産者から高次栄養段階に位置する生物までの食物連鎖長を推定できるとした。アブラハヤの $\delta^{15}\text{N}$ 低下は、少なくとも 2015 年から 2023 年の間に一次生産者からアブラハヤまでの食物連鎖長が縮小した、換言すれば、この間に原川食物網を構成する生物群集が単純化したと考えれば、本研究におけるアブラハヤの $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ の変化と符合する。

4. まとめ

食料安全保障の確保を軸とする今回の食料・農業・農村事本法改正には、農業が環境に与える外部不経済についての事項は含まれているが、多面的機能に関する事項は含まれていない。原川のアブラハヤの $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ を分析した結果、10 年足らずの間に餌資源構造が単純化したと推定されたことは、我々は生物多様性保全機能など多面的機能を将来にわたって予測・保全する手法を、実は未だ持っておらず、引き続き研究開発を進める必要があることを強く示唆する。農業農村整備事業による生態系に対する影響を緻密に把握することは不可能であるが、生物のソースたる注目すべき生息地（環境創造区域など）を中心として、環境配慮の効果と持続性を可能な限り把握し、次世代に健全な水田生態系を受け渡すという環境倫理上の責務を果たす必要がある。

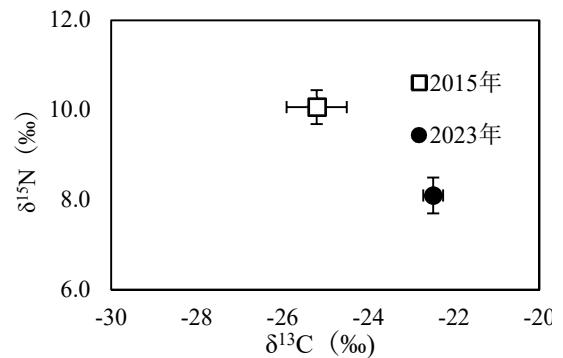


図 2 アブラハヤの炭素・窒素安定同位体比の時系列的変化（エラーバーは標準偏差）