

【4D-1102】生物多様性の機能評価のための安定同位体指標に関する研究

(H23~H25；累計予算額 112,249 千円)

陀安 一郎（京都大学）

1. 研究実施体制

- (1) 森林生態系管理が河川生態系に及ぼす影響の研究（京都大学）
- (2) 集水域の栄養塩供給機構評価のための安定同位体指標の開発（東京大学）
- (3) 安定同位体解析による食物網構造解析技術の開発（京都大学）
- (4) 安定同位体食物網情報を用いた生態系評価（龍谷大学）

2. 研究開発目的

本研究課題が提案するのが各種安定同位体比を用いた生態系観測である。生物の体を構成する元素の安定同位体比は、その生物が利用した資源の情報に刻印されている。植物における炭素同位体比は、光合成における炭素獲得条件の情報、窒素同位体比は栄養塩起源の情報を表す。動物においては捕食-被食関係（食物網構造）を反映し、炭素同位体比は餌資源の情報、窒素同位体比は栄養段階を表す。これらを統合した時、生物群集の安定同位体比は食物網構造というパラメータを提供する。さらに近年開発されたアミノ酸同位体指標は、時空間的に変動する一次生産者や一次消費者の同位体比をキャンセルし、高次捕食者の同位体比から食物網構造を推定することができるため、今後の食物網構造観測に有効な指標であると考えられている。また、放射性炭素 14 の天然存在比は、炭素安定同位体比によっては分けられない炭素源の情報を得ることができることが明らかになりつつある。

本研究課題では、最新の安定同位体研究手法を生物多様性観測に適用することで、生態系レベルの生物多様性に対して評価を与える手法を開発し、地球規模での生物多様性観測に有効な指針を提供することを目標とする。食物連鎖の原理に基づいて生態系サービスの評価をすることで、生物多様性観測データを有機的に統合し、愛知目標に即した生物多様性評価を進めることが出来る。本研究は、現在各省庁により各地で行われている生き物分布調査や生物多様性調査（例えば環境省「モニタリング1000」、国土交通省「河川水辺の国勢調査」など）の次の段階の調査立案に際して、安定同位体指標を生物間相互作用の指標として用いるための実証的・理論的基盤を提出することを目的とする。

3. 本研究により得られた主な成果（研究者による記載）

(1) 科学的意義

本研究課題では、近年確立されたばかりのアミノ酸窒素安定同位体比分析手法を中心とする高度な同位体分析手法を、河川生態系に適用した。護摩壇山試験地における研究では、森林伐採か

D-1102 生物多様性の機能評価のための安定同位体指標に関する研究

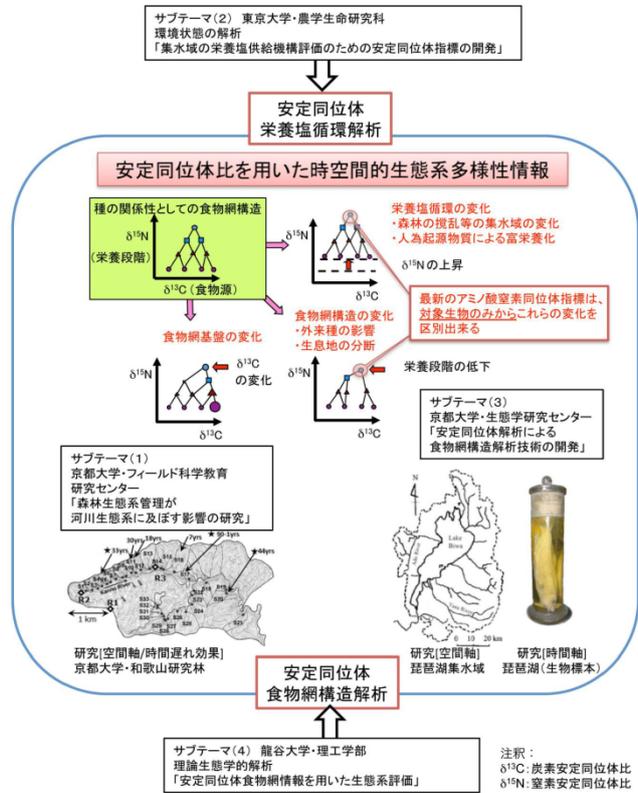


図 研究のイメージ

らの時間的変化に応じた河川生物群集の多様性や食物網の変化について、炭素・窒素安定同位体分析値を用いて捉えることができた。特に、捕食者の栄養段階 (TP) が、林齢ごとに変化することが明らかとなった。これは群集構造の変化によるものと推察される。有田川の流程における研究では、中下流部の果樹園を主とする農業地帯からの流入する硝酸イオン (NO_3^-) に、河川の生物群集は窒素利用の面で依存していることが明らかになった。生物群集については、バイオマスの季節変動は見られたが、栄養段階ごとのバイオマスの大小関係や、食物網の複雑性については大きな差異は認められなかった。栄養塩の資源量は人為起源の窒素負荷によって自然河川の状態から変動しているが、その攪乱の強度は生物群集の構造に影響をあたえるレベルではないということかもしれない。河川生態系は、陸域と水域由来の資源が混合する代表的な系である。このような複雑系でのアミノ酸同位体手法の検証は、研究手法の確立において非常に重要である。本研究では、世界で初めてアミノ酸窒素同位体比を用いた結果を提示した。その結果、本手法は栄養段階だけでなく餌起源の推定にも利用できることを示した。放射性炭素 14 を用いた炭素起源推定は、流域に石灰岩を含むような特殊な河川においては有効であることが、これまでの研究で分かっていた。本研究が示したように、琵琶湖周辺のいろいろな河川でも、河川の一次生産者が現世の大気 CO_2 とは異なる起源の炭素に依存し、そのような炭素が高次捕食者にまで転送されていることが新しく分かった。さらに、伐採後の若い森林でも ^{14}C 年代の極めて古い炭素が一次生産者に取り込まれていることが分かり、本研究の成果が今後の森林-河川生態系における炭素循環研究にとって重要な知見をもたらす可能性が示された。琵琶湖における魚類の 100 年にわたる栄養段階の変遷について、アミノ酸窒素同位体比を用いて検証を行ったところ、餌の混合の可能性など、フェニルアラニンとグルタミン酸という両者のアミノ酸動態を理解した上で用いる必要があることが明らかになった。また、本研究で開発した食物網複雑性指標 (DH、DV、DC) と生態系機能との関連を数理モデル解析によって明らかにした。これらの食物網複雑性指標を実際の食物網に適用したところ、Shannon-Wiener の多様度指数 (H') とは必ずしも一致しない多様性の尺度になることがわかり、食物網構造を加味した生物多様性情報の有用性を示唆した。

(2) 環境政策への貢献

本研究は、生態系情報としての生物試料の安定同位体比、および、環境情報としての栄養塩の安定同位体比が、生物多様性の構造・機能評価のための重要な指標となりうることを示した。生物多様性国家戦略の実行に向けては、地域の生物多様性や生態系機能をモニタリングする実施主体である地方行政・研究機関の観測体制を強化することが必須である。しかしながら、現状では、幅広い生物分類群や物理・化学的項目を対象とした調査を実施する体制が十分に整備されているとは言い難い。本手法を流域生態系管理に適用することによって、今後土地利用改変などの人為攪乱要因に対する生物多様性および生態系の応答を簡便かつ統一的な尺度で評価する観測体制を導入することが期待できる。液浸標本のアミノ酸窒素同位体比分析が可能であることを鑑みれば、全国の大学・研究所・博物館などに収蔵されている生物標本・環境試料などを利用して過去の流域生態系を復元することが可能となるだろう。過去から現在に至る生態系の時系列情報を得ることで、生態系の構造的変化をもたらす人為駆動要因を特定し、修復・再生すべき生態系の目標像を具体的な数値目標に基づいて設定することにも応用可能である。

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究成果は、まず今後行政が行う生物多様性調査において、標本試料を残しておく重要性を指摘する。行政単位の自然保護課もしくは博物館において、たとえば毎年決まった時期に生物多

様性調査を行い、その一部において乾燥標本もしくは液浸標本を保存しておくことにより、種レベルの生物多様性調査以上の生態系情報を保存しておくことを示した。同位体分析については前者の標本の方が望ましいが、DNA 情報も保持するためには後者が望ましく、選択は行政単位にゆだねられると考えられる。また、本分析手法を用いることにより、既存の生物標本を利用することができれば、情報が不足しがちな過去の生態系復元も可能になると考えられる。本研究課題で扱った同位体分析手法は、一般企業や研究機関において外注分析が簡単なものから、技術的に分析可能な機関に限られるものもあるが、今後行政ニーズが明確になると技術革新は自ずと進むものであると考えられる。その意味において、本研究課題の成果は、ただちに行政が活用することの出来る部分とともに、今後を見据えた技術開発の側面をもっている。

4. 委員の指摘及び提言概要

安定同位体解析の新しい技術を用いて、食物網解析の精度を高めたこと、科学的には大きな成果をあげた。研究の水域は異なるが、サブテーマそれぞれの研究成果にも見るべきものが多い。とくに、食物網複雑化指数は、将来的に環境政策などに活用が見込まれる。今後、博物館収蔵試料を活用して、過去の生態系の評価、変遷の実体が解明されることを期待する。

5. 評点

総合評点：A