

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26340089

研究課題名(和文) 生体タグを用いた超個体群動態の把握による水系ネットワーク保全技術の展開

研究課題名(英文) Using stable isotopes and trace elements for analyzing meta-population structure in the water system networks

研究代表者

東 信行 (AZUMA, NOBUYUKI)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：40262977

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：青森県岩木川水系を主な対象として、哺乳類であるカワネズミ、魚類、水生昆虫類を対象に移動分散率を解明するための手法として生体内元素分析を行った。炭素・窒素安定同位体に加えストロンチウム安定同位体、酸素安定同位体などの同位体比と20以上の微量元素濃度分析を行った。水系上流部のダム湖と中心とした水系ネットワークでは、魚類、カワネズミの支流間移動は認められず各個体群分断化の可能性が示唆された。

水生昆虫では主にヒゲナガカワトビケラを対象とし検討したが、成虫の飛翔行動は上下流双方向で認められ、従来から論じられた上流方向へのベクトルの卓越は認められず、かつ大ダムが大きな障害となっていることが示された。

研究成果の概要(英文)： We conducted investigation to find the migration of stream organisms in the Iwaki River using stable isotopes and trace elements analysis. We found evidence that the populations in fishes and small mammalian which inhabited the tributaries of upstream of this river system were fragmented by artificial lake. But also, there were alternative evidence of spawning migration from the lake to upstream tributaries such as Ezo ugui, Tribolodon sachalinensis.

The aquatic insects could also be isolated in each stream because we obtained no positive evidences in flight migration by analyzing concentration values of each element in their bodies.

研究分野：生態工学

キーワード：微量元素 安定同位体比 超個体群 移動

1. 研究開始当初の背景

研究代表者が進めてきた、水域ネットワークの生態的機能評価と保全に関するこれまでの研究は、結果から導き出されるトップダウンの「現状評価」としてとらえることができる。しかしながら、水系ネットワークをどのようにとらえ、保全・再生を推進するかは、その生態系・生物群集の成立メカニズムにまで踏み込んだボトムアップのアプローチが重要な視点となるものと実感している。流域内にちりばめられた生態的機能をどのように繋ぐことによって、現状の問題点を解消することができるのか、あるいは事業や管理における課題を的確に把握することは、現状の保全のみならず自然再生のステップとして重要である。季節的に大きく水環境が異なり、本来後背湿地の生態系を維持する役割を担う水田や農業水路網・溜池などの農業水利施設や、人為的に大きく改変された大ダム周辺の水系では、元々の河川とは異なる超個体群動態に関する情報の整備が必要である。河川の場合には海から源流まで連続性を確保することが生態系の健全性を確保する第一目標とされるが、農耕地の水系や大ダム周辺では独自の超個体群構造として成立しており生態系に生息する生物は水系利用が複雑で、通常の河川生態系と同様に考えると間違った保全策を実施してしまう可能性もある。一方で多くの絶滅危惧種がその場に依存していることから、これらの系の独自性に留意する必要がある。

生態系の保全再生を考える場合に必要な連続性の空間スケールは、種あるいは超個体群の構造や動態によってそれぞれ異なることが予想される。これまでそれを把握するには、採捕調査による分布重心の移動や大量の標識再捕、テレメトリーなど、非常に大がかりな、あるいは長期の現地調査に頼るしかなかった。研究代表者らはこれら

の方法により、ヤリタナゴが数キロ程度の産卵回遊を行っていることなどを明らかにし、ネットワークの考え方で重要な知見を蓄積してきた。しかしながら、現地での労がきわめて多く、しかも得られる情報は解像度が低いかサンプル数が限られるという問題点があり、超個体群の動態を解明することは困難であった。実際に季節や水管理の変化に伴い、多くの動物種の移動を認めることはあっても、これらの生物の由来は想像するしかない場合がほとんどであった。実際に移動性の高い種においては、特に空間構造の動態把握は極めて難しい。これらの経験より、研究代表者は従来の方法に代わるあるいは補完する生物の移動履歴を解明する技術開発を目指し、挑戦的萌芽研究「水生生物の生活史における水系ネットワーク内の移動分散に関する分析法」によって、生息域毎に異なる生体内元素濃度の分析が生物の移動履歴解析に適用可能かつ有効であることを示し、本格的な研究展開を行う段階に至った。非常に複雑な連携のある水田生態系や、創出されたダム湖を中心とした生態系など、変動する環境に適応し成立している生物群集・個体群の把握が困難であったものに新たな展開をもたらし、保全や管理さらには配慮工法などに対して適切な情報を提供する手法となり得ることが確認できている。

2. 研究の目的

本研究は近年の進歩した生体内元素分析法を応用し、生物の体内に存在するその個体が経験してきた生態情報の「生体タグ」を利用して、試料さえあれば超個体群の移動・動態把握を可能とするツールに仕上げるのが第一の目的である。したがって、隔離されている個体群の遺伝解析とは異なり、水域ネットワークを様々なスケールで利用している生物に関して、その移動を含

めた超個体群の動態把握をすることに重点を置いた。

本研究においてはまず、魚類耳石微量元素分析 魚類耳石酸素炭素安定同位体比分析 軟組織(筋肉など)微量元素・窒素炭素安定同位体比分析の手法を駆使し、どの生物に対してどの手法あるいは組み合わせが有効であるかを見極め、これらの効率的な利用方法を確立する。魚類に適用され時系列的な解析が可能な利点がある一方、パラメータとなる分析可能な元素数が少ない欠点がある。この手法では検出元素数ははるか多いものの(約 30 元素) 時系列的には近過去の情報にとどまる。しかし移動期には有効な手法であり、さらに元素ごとの特性把握(水由来、餌由来、代謝回転速度)の精度を高め、詳細な移動履歴を解明することも可能である。これらに関してはサンプルの入手や取り扱いの容易さから大型の海産魚類を用いて試行的に手法開発を行うことも想定している。本研究グループは既に岩木川水系をモデルとして、河川本支川と水路網・ため池群を含む農業系水系における水中有機物(POM)の安定同位体比や水系ごと(河川・農業水路・溜池など)の元素存在割合について季節的変動を含め把握しており、生体内の存在パターンとつきあわせ種毎の特性を考慮しながら移動分散を解析する。

これまでの調査より、当該調査エリアの生物の分布拡散時期などはおおよそ把握しているため、たとえば水路内で採捕された生物がため池から降下してきたものなのか、支線水路から移動してきたものなのか、あるいはダム湖や下流から遡上してきたもののかなど、目的別に手法の適用性を検証する。また、魚類、昆虫など分類群による違いなど、最適なトレーサーを見つけ出しつつ進める。さらに希少種対応のために個体を殺傷することなく、体の一部分を利用

した個体の再放流(放逐)が可能な手法を確立する。

最終的には水系内の重要な繁殖地や越冬地の特定を簡便に行い、広域での環境構造のありかたを保全対象種ごとに示すことによって、事業での保全対策に適切な指針を与える手法に成長させることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

調査地を青森県津軽地方の岩木川流域とする。本調査地は、既に本研究グループが長期にわたり調査をしているため、本調査地を熟知しており、さらには岩木川本支川、岩木川農業水路網および付属する溜池群の基礎的な生態的知見を蓄えているため、それらを元に魚類・水生昆虫・甲殻類のサンプリングを行う。考えられる移動パターンと採集された水域間における季節的生体内元素構成の違いとを元に、移動履歴を推定する。同時に、水や土壌も分析し、場所ごとの特異性を把握しておく。分析は筋肉・肝臓などの軟組織、非捕殺的に行える鱭や羽根の一部の他、魚類においては時間的な情報を持つ耳石などの硬組織を使用する。軟組織では 30 種程度の微量元素分析および窒素・炭素同位体比、耳石では中心より縁辺に向かい数十 μm 間隔でレーザーを当てる微量元素分析と炭素酸素安定同位体比の手法をあわせて用い検討する。

4. 研究成果

青森県岩木川水系を主な対象として、哺乳類であるカワネズミ、魚類、水生昆虫類を対象に移動分散率を解明するための手法として生体内元素分析を行った。炭素・窒素安定同位体に加えストロンチウム安定同位体、酸素安定同位体などの同位体比と 20 以上の微量元素濃度分析を行った。

水系上流部のダム湖と中心とした水系ネ

ネットワークでは、魚類、カワネズミの支流間移動は認められず各個体群分断化の可能性が示唆された。一部の魚類ではダム湖-支流間の移動は認められたが、この現象はダム湖の水位操作との関係性を検討する必要があることが示唆された。制限水位管理方式である旧ダムから常時満水位管理となる再開発ダムへの変換によるダム湖完成後の検討課題となった。

水生昆虫では主にヒゲナガカワトビケラを対象とし検討したが、成虫の飛翔行動は上下流双方向で認められ、従来から論じられた上流方向へのベクトルの卓越は認められず、かつ大ダムが大きな障害となっていることが示された。支流間の移動は分析サンプルからは検出できず、より多くのサンプル分析の必要性が考えられたが、支流間の移動はさほど頻出しないことが示唆された。この際、幼虫からさなぎを経て成虫に変態する時に継続してその特徴を持つ元素と、特徴が消える元素が検出され、今後精査することにより使い分けが必要となることが明らかとなった。

また本手法の開発プロセスで、耳石などの分析技術を確立するために、様々な流域環境における水系ネットワークの魚類や大型の海産魚であるマダラを用いて試行的に行った調査・実験に関しても一定の成果を得ることができた。

本手法が当該研究目的において有効であることが示され、より一般的な手法となるように分析技術を検討することにより、汎用性を高めることが今後の課題となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

1. 塩塚菜生・東 信行：青森県西部におけるカワネズミの捕獲。白神研究，印刷中 2017 査読有
2. 田村 和也・東 信行：魚類標本の安定同

位体比を指標とした青森県小河川における環境変遷の推定，人間と環境 41(2)，2-16，2015 査読有

3. 工藤誠也・大宮慧子・三浦太智・渡邊 泉・東 信行：生体内微量元素を用いた青森県沿岸マダラの回遊推定。Nippon Suisan Gakkaishi (日本水産学会誌) 81(2)，227-233，2015 査読有

[学会発表](計 6 件)

1. 東 信行・工藤誠也・坂有希子・三浦太智：さまざまな元素を用いた動物の移動追跡，第 64 回日本生態学会大会，東京，2017.3.18

2. 工藤誠也・井上博元・野田香織・渡邊 泉・申基澈・東 信行：微量元素およびストロンチウム安定同位体を用いたヒゲナガカワトビケラの発生地判別の可能性，応用生態工学会第 20 回大会，東京，2016.9.5

3. Shiozuka, N., T. Kanzaki, M. T. Kazama, R. Nakashita, N. Azuma: Using stable isotopes to determine Japanese water shrew trophic position in headwater food webs and importance of continuity of riverine ecotone. 5th International Wildlife Management Congress. Sapporo, 2015.7.28

4. Kudo, S., I. Watanabe, N. Azuma: Estimating the natal sites of clearwing moths by using trace elements and the invasive pattern of currant clearwing moth. Japan Geoscience Union Meeting. Chiba, 2015.5.28

5. 神崎東子, 田村和也, 工藤誠也, 野田香織, 渡邊 泉, 東 信行: ダム湖が及ぼす流程方向における物質循環の変化. 平成 27 年度日本水産学会春季大会. 東京, 2015.3.27

6. 工藤誠也・井上博元・野田香織・渡邊 泉・東 信行: 微量元素を用いたヒゲナガカワトビケラの生息地環境評価と個体群の動的構造解明第 62 回日本生態学会大会，鹿児島，2015.3.20

6 . 研究組織

(1)研究代表者

東 信行(AZUMA, Nobuyuki)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：40262977

(2)研究分担者

大竹二雄(OOTAKE, Tsuguo)

東京大学大学院・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：20160525

渡部 泉(WATANABE, Izumi)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・

准教授

研究者番号：30302912