

氏名	クドウ セイヤ 工藤 誠也
本籍（国籍）	青森県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第641号
学位授与年月日	平成27年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
学位論文題目	微量元素分析を利用した野生動物の移動履歴解析 (Evaluating the migration of wildlife using trace element analysis)
学位審査委員	主査 准教授 東 信行 副査 教授 泉 完 副査 講師 東 淳樹 副査 助教 赤坂 卓美

論文の内容の要旨

生物の資源保全や防除を行う上で、その生物・個体群における移動分散の様式とその程度を知ることは重要である。しかし個体の移動分散を直接的に評価することは難しい。例えば昆虫の移動分散評価では、多地点での標識再捕を行うことが多いが、この手法は大変な労力を要し、また、個体密度の小さな集団において移動分散評価が極めて困難である。近年では、個体の移動分散を評価する新たな手法として、微量元素分析が用いられ始めている。この手法は、生物体内の微量元素組成から近過去における生息地を判別・推定するものであり、従来の手法と比べてサンプリングの労力が少ない（大量標識・再捕獲の必要がない）点、個体レベルの移動を評価できる点が有用である。本研究では、微量元素分析による移動分散評価手法を開発・発展させること、そして、この新手法により効率的に野生生物の移動履歴解析を行うことを目的とした。

第1章 産地判別・移動分散評価を目的としたスカシバガ類2種の体内微量元素分析

チョウ目スカシバガ科 (Lepidoptera; Sesiidae) に分類される2種類のスカシバガ (クビアカスカシバ *Glossospehia romanovi* とキタスカシバ *Sesia yezoensis*) を材料とした。クビアカスカシバは栽培ブドウの重大害虫として知られている。一方でキタスカシバは農作物を食害しない。調査地には、クビアカスカシバによる加害が確認された秋田県横手市のブドウ園3地点と周辺にブドウ園が存在しない3地点（青森県・秋田県）の計6地点を設定した。

体内元素組成を求める際はサンプルを1個体ずつ酸分解し、ICP-MSによって26元素 (Li, Mg, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Ba, Tl, Pb, Bi) の濃度を同時に測定した。得られた元素組成からロジスティック回帰モデルを構築し、分類を試みた。

その結果、ブドウ園での捕獲されたクビアカスカシバは、それ以外の場所で捕獲された個体と

比べて、Ni, Zn, Sn, Pb の濃度が有意に高く、Ni・Sn 濃度を説明変数とした回帰モデルで両者を判別できた。このとき、1 個体のみブドウ園での捕獲個体がそれ以外のグループに誤判別されたが、この個体は周辺の自然環境からブドウ園へと侵入した移動分散個体と考えられた。クビアカスカシバの結果に反して、キタスカシバでは良好な回帰モデルを得られず、十分な産地判別ができなかった。キタスカシバは食餌植物・生息環境ともに多様であるため、摂食した植物種の違いなどに由来する個体差が、土壌特性の違いなどに由来する地点間差以上に大きく、地点判別が困難であったものと推測される。

第 2 章 外来種スグリコスカシバの発生地判別と移動分散評価

スグリコスカシバ *Synanthedon tipuliformis* は、近年になって日本での定着が確認されたヨーロッパ原産の外来種である。2008 年に北海道ではじめて発見され、その後、数年のうちに青森県、岩手県、長野県でも発生が確認された。調査地には青森県青森市高田地区とその周辺地域のクロフサスグリ畑 3 地点を設定した。採集した成虫サンプルは、1 個体ずつ酸分解し、ICP-MS によって 26 元素を同時測定した。

オスでは Mg, Mo, Pb, メスでは Mo, Pb を説明変数とした個体の発生地の判別モデルを構築した。その判別モデルの推定結果から、本種の各調査地点間（直線距離 1.2-2.4km）における移動は極めて少ないことと考えられた。本種の急速な分布拡大は、その飛翔分散による能動的移動ではなく、幼虫の入った苗木の輸送など、人為的移動によるものであることが示唆された。

第 3 章 青森県沿岸マダラの回遊推定

陸奥湾口は日本有数のマダラ *Gadus macrocephalus* の産卵場であるが、その産卵群の由来が未解明であった。そこで本研究では、青森県沿岸 3 海域（日本海、太平洋、陸奥湾）で捕獲されたマダラの筋肉を試料とし、ICP-MS と還元気化水銀測定装置を用いて 29 種類の微量元素を測定することで、その元素組成から陸奥湾産卵群の由来の推定を試みた。魚類では、耳石の同位体比や微量元素濃度の挙動を用いた移動履歴研究が盛んに行われているが、軟組織を試料に用いる本手法の方が測定可能な元素の種類数は多く、耳石では検出できない地域差を検出し得ると考えられた。

日本海産と太平洋産では、筋肉中の水銀濃度が異なっており、その濃度によって両者を判別する回帰モデルを構築できた。そのモデルでは、陸奥湾口におけるマダラの産卵群の大部分が太平洋から来遊したものと推定された。

第 4 章 青森県岩木川流域におけるヒゲナガカワトビケラの個体群構造

ヒゲナガカワトビケラ *Stenopsyche marmorata* は、河川の上～中流域に生息する造網性トビケラである。流域生態系は、複数の局所生態系とそれらを繋ぐネットワークから形成されているためメタ個体群構造の研究モデルとして優れており、河川に広く生息する本種を研究対象種とした。本種の体内微量元素組成は、時期や地点毎に大きく変化していたが、目屋ダムの存在がその変化に大きな影響を与えていると考えられた。幼虫・成虫の体内元素組成から岩木川流域における本種の個体群構造を推定した結果、本種の成虫が特定の調査地点間を頻繁に移動していること、また、ダム湖によって移動分散が妨げられ上流域に生息する集団が孤立状態にあることが示唆された。

論文審査の結果の要旨

生物の資源保全や防除を行う上で、その生物・個体群における移動分散の様式とその程度を知ることは重要である。しかし個体の移動分散を直接的に評価することは難しい。例えば昆虫の移動分散評価では、多地点での標識再捕を行うことが多いが、この手法は大変な労力を要し、また、個体密度の小さな集団において移動分散評価が極めて困難である。近年では、個体の移動分散を評価する新たな手法として、微量元素分析が用いられ始めている。この手法は、生物体内の微量元素組成から近過去における生息地を判別・推定するものであり、従来の手法と比べてサンプリングの労力が少ない（大量標識・再捕獲の必要がない）点、個体レベルの移動を評価できる点が有用である。本研究では、微量元素分析による移動分散評価手法を開発・発展させること、そして、この新手法により効率的に野生生物の移動履歴解析を行うことを目的とした。

1. 産地判別・移動分散評価を目的としたスカシバガ類 2 種の体内微量元素分析

チョウ目スカシバガ科 (Lepidoptera; Sesiidae) に分類される 2 種類のスカシバガ (クビアカスカシバ *Glossosphexia romanovi* とキタスカシバ *Sesia yezoensis*) を材料とした。クビアカスカシバは栽培ブドウの重大害虫として知られている。体内元素組成は 26 元素の濃度を同時に測定した。得られた元素組成からロジスティック回帰モデルを構築し、分類を試みた。その結果、ブドウ園での捕獲されたクビアカスカシバは、それ以外の場所で捕獲された個体と判別ができた。このとき、自然環境からブドウ園へと侵入した移動分散個体を検出した。2. 外来種スグリコスカシバの発生地判別と移動分散評価

スグリコスカシバ *Synanthedon tipuliformis* は、近年になって日本での定着が確認されたヨーロッパ原産の外来種である。2008 年に北海道ではじめて発見され、その後、数年のうちに青森県、岩手県、長野県でも発生が確認された。青森市の調査地間 (1.2-2.4km) における移動は極めて少ないこととも考えられた。本種の急速な分布拡大は、その飛翔分散による能動的移動ではなく、人為的移動によるものであることが示唆された。

3. 青森県沿岸マダラの回遊推定

陸奥湾口は日本有数のマダラ *Gadus macrocephalus* の産卵場であるが、その産卵群の由来が未解明であった。本研究では、青森県沿岸 3 海域 (日本海、太平洋、陸奥湾) で捕獲されたマダラの筋肉を試料とし、その元素組成から陸奥湾産卵群の由来の推定を試みた。日本海産と太平洋産では、筋肉中の水銀濃度が異なっており、その濃度によって両者を判別する回帰モデルを構築できた。そのモデルでは、陸奥湾口におけるマダラの産卵群の大部分が太平洋から来遊したものと推定された。

4. 青森県岩木川流域におけるヒゲナガカワトビケラの個体群構造

ヒゲナガカワトビケラ *Stenopsyche marmorata* は、河川の上～中流域に生息する造網性トビケラである。流域生態系は、複数の局所生態系とそれらを繋ぐネットワークから形成されているためメタ個体群構造の研究モデルとして優れており、河川に広く生息する本種を研究対象種とした。本種の体内微量元素組成は、時期や地点毎に大きく変化していたが、目屋ダムの存在がその変化に大きな影響を与えていると考えられた。幼虫・成虫の体内元素組成から岩木川流域における本種の個体群構造を推定した結果、本種の成虫が特定の調査地点間を頻繁に移動していること、また、ダム湖によって移動分散が妨げられ上流域に生息する集団が孤立状態にあることが示唆された。

以上のように、学位論文前半では農地を含む陸域において、後半部では水域における手法の有用性を示した。即ち、食物由来、水由来といった異なる微量元素の体内取り込みルートがあるにも関わらず、動物の移動分散に関わる本手法の広範な適用可能性を示した。

よって本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士(農学)の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

主論文

1. 工藤誠也・大宮慧子・三浦太智・渡邊 泉・東 信行、2015. 生体内微量元素を用いた青森県沿岸マダラの回遊推定. 日本水産学会誌 81(2) (掲載証明付)
2. 工藤誠也・渡邊 泉・東 信行、2011. 発生地および分散パターンの特定を目的としたスカシバガ類 2 種の体内元素濃度分析. *Lepidoptera Science* 62: 135-141.

参考論文

1. Kishida, Y., Kudo, T., & Kudo, S., 2014. A new species of *Nokona* Matsumura from Japan. *Tinea* 23: 4-9.
2. Yago, M., Kudo, S., Aoki, Y., Kudo, T. & Ikeda, H. 2011. Immature stages of two hesperiid butterflies from Vietnam (Lepidoptera: Rhopalocera). *Butterflies* 58: 52-58.