

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23651008

研究課題名（和文） ルビジウムは生態情報をどれだけ反映するか

研究課題名（英文） Availability of Rb analysis in wildlife in order to elucidate their ecological information

研究代表者

渡邊 泉 (WATANABE IZUMI)

東京農工大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：30302912

研究成果の概要（和文）：

第1族元素である微量元素ルビジウムをさまざまな生態系で分析することで、本元素が野生生物の生態情報をどれだけ反映するか検討することを目的とした。解析の結果、小さなレベルでは数キロメートルのレベルで昆虫類の分布解明に寄与することから、より大きなレベルでは数千キロメートルのレベルで海生無脊椎動物（イカ類）の分布解明に寄与することが明らかとなった。今後は、ルビジウムと多元素分析による統計解析を併用することで、野生生物の生態情報を推定することが可能となると考えられた。

研究成果の概要（英文）：

This study aimed to elucidate a possibility to reveal unclear ecological information of wildlife belonging certain ecosystems by analysis of Rb that is a alkali metal. From results of this study, Rb analysis combing other elements measurement discriminate each habitat of clearwing moths which is a insect species ranged several km. On the other hand, these analysis also suggested life history including feeding and migration of humboldt squid which is a marine invertebrate inhabiting in Pacific Ocean.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：ルビジウム，微量元素，野生動物，トレーサー，重金属

1. 研究開始当初の背景

微量元素研究の中で、水銀やカドミウムといった生物蓄積性の高い金属や、一部のアルカリ土類金属が環境レベルを反映し、その蓄積パターンを解析することで野生生物の生態情報を解析する手法が提案されてきた (Watanabe ら, 1998; Inoue ら, 2007)。ルビジウムは、抗うつ剤として利用されたりしてきたが、生体内での役割は不明な点が多い。しかし、体内の濃度レベルは比較的高く、必

須元素である亜鉛などと同レベルで検出される (Anan ら, 2001)。応募者は、これまで野生生物に蓄積した 25 種の微量元素レベルを解析してきたが、その中でルビジウムが、非常に特徴的な変動を示す感触を得てきた (Ikemoto ら, 2004)。例えば、ユーラシア大陸に陸封された淡水生アザラシから非常に高濃度のルビジウムを検出したが、そのレベルは陸上哺乳類に近いこと、一方でメコンデルタでは海に近付くにつれて魚類のルビジ

ウム濃度は高くなる。さらに、樹木に依存する昆虫類は、なんらかの変動を反映した幅広い濃度分布を示す可能性も示唆された。これらの結果から、体内におけるルビジウムの変動は、周囲の環境を反映し、有効なトレーサーになる可能性が推察された。しかしこれまで、ルビジウムの詳細な環境動態のルール、生物間での挙動などは明らかでなく、どの程度のレベルで環境を反映するのか明らかでない。

ルビジウムがどの程度、生態・環境情報を解析できるトレーサーとして利用できるか、その範囲に関して地理条件と時間条件に着目し、明らかにする。具体的には、まず生態系におけるルビジウムの分布を把握する。土壌（底質）、植物および低次から高次生物までのつながりにおいて、どのようなレベルを示すか一般則を把握する。ついで、津軽平野をフィールドに、数キロメートル離れた溜池やリング園で、植物や魚類にどれだけの変動があり、それに影響を及ぼす要因を解明する。さらに、陸上-海洋規模へ拡大し、メコンデルタや南西諸島など、これまで収集してきた生物試料と比較することで広範（数十から数百キロメートル）の変化も明らかにする。時間条件として、特徴的な元素組成を有する温泉をもつ河川をフィールドに、降雨、融雪に伴う濃度変動がどれだけの時間規模で、その生態系（水草から魚類）に影響するか明らかにする。

2. 研究の目的

本研究は微量元素ルビジウムに着目し、その生物蓄積レベルが、どれだけ生態情報（野生生物の環境履歴）の解析に利用できるか検討し、新たな指標の定時を目指す。野生生物の環境履歴として、生存する周辺環境の微量元素レベルをはじめ、食性や移動などをどれだけ反映するか確認することを目的としている。変動する環境要因として「地理条件」と「時間条件」に注目する。

本研究のポイントは、ルビジウムにくわえ、他の生物蓄積性の毒性元素である水銀やカドミウム、また、これまでトレーサーとして利用されているストロンチウム・カルシウムなど（バリウムやセシウム）との関係を検討することで、環境情報の判別精度を上げる、新たな生態情報解析の“手法もしくは指標”を構築・提案する点である。

3. 研究の方法

アルカリ金属ルビジウムが、どの程度、野生生物の生態情報を反映するかに着目して解析をおこなう。一つは、数キロメートル単位として樹木に依存する昆虫スカシバの分析から、土壌-樹木-昆虫間を検討し、つぎに数十キロメートルの単位として溜池の生態

系に着目し、海や地質などからの影響を検討する。最後によりマクロな単位としてメコンデルタや南西諸島などの生態系と比較し、挙動解析を行う。また、時間条件の検討として、特定の元素組成を有す複数の河川生態系に着目し、経時的な水および魚介類の分析を行う。これらのアプローチにより、海洋対陸域から、よりミクロな地理条件および時間に対する、生物-ルビジウムのルールを導き出す。その知見を用い、ルビジウムを用いた新たな生態情報解析の手法を確立する。

津軽平野は多くの農業用溜池をもつが、それらは地理学的に大きな変異をもつことが知られている。それぞれの生態系の構成生物と、環境の積分器として底質に着目し、その分析から、ルビジウムの野生動物と環境との関係を評価する。これまでの予備調査で、海からの距離に伴う減衰などが確認されており、その原因究明を、網羅的なサンプリングと分析で行う。津軽平野を流れる河川は春の融雪や、夏期の降雨など、流量の変化によって河川の微量元素レベルが変動すると考えられる。このような河川環境に着目し、そこに生息する生物を用い、経時的なサンプリングを行うことで、時間条件に伴うルビジウムの変化レベルを解析する。

くわえて、地理的な隔離が大きい南西諸島の生態系に着目し、その構成生物と環境試料の採取を沖縄島や奄美大島といった半閉鎖的な生態系で行う。つまり、沖縄島の北部、南部といった極端に環境の異なる生態系から、その構成動物、植物、表層土壌などを採取し、ルビジウムの挙動を中心に解析を行う。

以上のサンプリングは研究分担者の東を中心に主に津軽平野、および渡邊を中心に南西諸島で行い、ルビジウム以下微量元素の分析は東京農工大学の渡邊が担当し、解析は両者によって行う。化学分析は既報に従い、高純度硝酸を用いたマイクロウェーブ灰化の後、誘導結合プラズマイオン源質量分析装置にてルビジウムおよびその他の微量元素の定量を行う。

4. 研究成果

アルカリ金属であるルビジウムと併せて28種の微量元素分析を行い、野生生物の体内に蓄積したルビジウムが、どのような生態情報をどの程度、反映しているのか解明することを目的として研究を遂行した。

津軽平野および奄美大島の生態系を用いて、解析を行った。まず、奄美大島では先行研究から水銀に加え、ヒ素、アンチモン、鉛の環境レベルが比較的高いことが、表層土壌を用いたアプローチから推察されていたが、重金属の蓄積植物であるキク科のコセンダングサを用いて、その傾向を確認した。つまり、土壌中のレベルに加え、生物利用可能な

画分の微量元素が植物体内へも効率的に移行していることを明らかにした。その中で、ルビジウムは茎と根において強毒性元素であるタリウムと、葉においてタリウムに加え、高レベルが推察されているアンチモンと類似の挙動を示すことが示唆された。津軽平野ではリンゴ果汁を用いて、生産地の判別がどの程度可能か検討した。その結果、各地から集められたリンゴ果汁は日本産と中国産、長野産と津軽平野産で 90%以上の高い確率で判別可能なことが明らかとなり、その判別因子にルビジウムも高い寄与率を示した。さらに、津軽平野で採取された昆虫のスカシバは、ホストとする樹木の微量元素環境を明らかに反映することが示され、同様に、判別因子の一つとしてルビジウムが高い割合で寄与していた。

このように、本年度の研究成果は、異なった2つの生態系において、ルビジウムが土壌-植物間、植物-動物間の動態を鋭敏に反映すること、その挙動には共に栄養元素であるカリウムとの関係が知られるタリウムやアンチモンと類似した性質を有することを明らかにした。

さらに、分析対象として青森県津軽平野のフクロウ、トビ、マガモ、カジカ、モクズガニそしてスカシバ、長野県のツキノワグマ、またスズメを対象として池袋、新潟県、つくばの3ヶ所、さらに太平洋のアメリカオオアカイカを供試した。

その結果、無脊椎動物のスカシバ、モクズガニ、アメリカオオアカイカでは、それぞれ異なった産地の判別にルビジウム濃度は有効であることが明らかになった。ここで、イカ類は数百 km レベル、モクズガニは数 km、スカシバは数百 m のレベルで判別され、ルビジウム分析が様々なスケールで生息環境を反映する有効な指標となる可能性が示唆された。この傾向は県をまたいだ鳥類のスズメ、長野県内の哺乳類であるツキノワグマにおいても認められ、無脊椎動物だけでなく、脊椎動物の体内レベルも生息地判別に有効であることが考えられた。

3 種の大型野生鳥類を用いて、羽毛の元素レベルが食餌由来の内因性もしくは大気吸着由来の外因性かの判別を試みた。その結果、ルビジウムは羽軸にくらべ羽弁に高く、また羽弁の中でも内側にくらべ外側で有意に高レベルであった。このことから、主に外因性の汚染を反映することが明らかになった。しかし、肝臓中には羽毛よりも高レベルのルビジウムが蓄積されており、体内組織と体外に露出した硬組織では異なった蓄積メカニズムが存在すると考えられ、その究明は今後の課題と結論された。

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 7 件)

(1) 東 信行, 村元寛子, 伊藤結美, 河野冬樹, 野田香織, 笠井亮秀, 渡邊 泉, 小型魚類の生体内元素分析を用いたダム下流域における急激な物質循環変化の検証, 河川技術論文集, 査読有, 18, 2012, 405-410.

(2) Nasedjanov, M., Watanabe, H., Watanabe, I., Kawabata, Y. and Thuyet, D. Q., Water Quality Monitoring of the Chirchik River Basin, Uzbekistan, Journal of Arid Land Studies, 査読有, 22(1), 2012, 195-198.

(3) 尾崎宏和, 油谷有紀, 鈴木大輔, 渡邊 泉, 奄美大島表層土壌における高レベル有害元素濃度および生物可給リスク, 地球化学, 査読有, 46(1), 2012, 63-76.

(4) 石崎陽子, 渡邊 泉, 野田香織, 東 信行, 微量元素分析によるダム湖内生息魚類の生息場所判別手法の検討, 土木学会論文集 G, 査読有, 67(7), 2011, 311-316.

(5) 工藤誠也, 渡邊 泉, 東 信行, 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, 査読有, 62(3), 2011, 135-141.

(6) Hatakeyama, S., Hanaoka, S., Ikeda, K., Watanabe, I., Arakaki, T., Sadanaga, Y., Bandow, H., Kato, S., Kajii, Y., Sato, K., Shimizu, A. and Takami, A., Aerial observation of aerosols transported from East Asia -chemical composition of aerosols and layered structure of an air mass over the East China Sea, Aerosol and Air Quality Research, 査読有, 11, 2011, 497-507.

(7) 鈴木大輔, 尾崎宏和, 渡邊 泉, コセンダングサ *Bidens pilosa* を指標生物として用いた沖縄島における微量元素分布, 人間と環境, 査読有, 37(2), 2011, 72-85.

[学会発表] (計 20 件)

① Hatakeyama, S., Watanabe, I., Arakaki, T. and Zhang, D., Aerial observation of chemical composition of aerosols transported from East Asia, International symposium on aerosols in East Asia and their impacts on plants and

human health, 2012年11月29日, Tokyo, Japan.

②Kawano, F., Noda, K., Muramoto, H., Itoh, Y., Watanabe, I. Azuma, N., Heavy metal pollution monitoring of the IWAKI river watershed, Aomori prefecture using Japanese fluvial sculpin, SETAC Asia Pacific 2012, 2012年9月26日, Kumamoto, Japan.

③Inoue, H., Noda, K., Watanabe, I. and Azuma, N., Use of trace elements in soft tissues of Largemouth bass (*Micropterus salmoides*) for identifying the pond habitats, SETAC Asia Pacific 2012, 2012年9月26日, Kumamoto, Japan.

④ Kudo, S., Watanabe, I. Azuma, N., Environmental variations of trace elements in clearwing moths and assessing adult dispersal patterns, SETAC Asia Pacific 2012, 2012年9月26日, Kumamoto, Japan.

⑤Ban, Y., Satou, N., Kamata, H., Mikami, K., Ebina, J., Sakuyama, M., Noda, K., Watanabe, I. Azuma, N., Trophic characteristics and trace elements concentrations in feather of passerine species, SETAC Asia Pacific 2012, 2012年9月26日, Kumamoto, Japan.

⑥Sato, N., Kamata, H., Ban, Y., Watanabe, I. Azuma, N., Food web analysis using stable isotopes and trace elements in managed reed bed, SETAC Asia Pacific 2012, 2012年9月26日, Kumamoto, Japan.

⑦ 縄田佳那恵, Devanathan, G., Subramanian, A., 渡邊 泉, 田辺信介, 宝来佐和子, インドで捕獲されたジャワマンダース (*Herpestes javanicus*) における微量元素蓄積特性, 第21回環境化学討論会, 2012年7月13日, 愛媛県松山市.

⑧宝来佐和子, 渡邊 泉, 中村幹雄, 水門開放は湖山池にどのような影響を与えるか?, 第21回環境化学討論会, 2012年7月13日, 愛媛県松山市.

⑨谷口大輔, 水川葉月, 野見山圭, 檜垣彰吾, 渡邊 泉, 田辺信介, 宝来佐和子, イエネコ (*Felis catus*) の微量元素蓄積特性と健康影響評価, 第21回環境化学討論会, 2012年7月12日, 愛媛県松山市.

⑩渡邊 泉, 横内宏亮, 2003年から2011年に採取した潮間帯生物を用いた油壺湾の微量元素レベルの変化, 第21回環境化学討論会, 2012年7月12日, 愛媛県松山市.

⑪一瀬寛, 尾崎宏和, 北浦恵美, 前田俊宣, 渡邊 泉, 2010-2011年における所沢の産業廃棄物処理場周辺の微量元素汚染調査, 日本環境学会第38回研究発表会, 2012年6月9日, 大分県別府市.

⑫池田圭輔, 白亮, 花岡小百合, 渡邊 泉, 畠山史郎, 新垣雄光, 畦地総太郎, 定永靖宗, 藤原大, 張代洲, 原和崇, 加藤俊吾, 奥山喜久夫, 荻崇, 李信榮, 筒井亮, 藤本敏行, 瀬戸章文, 黒宮悠祐, 中島秀介, 清水厚, 杉本伸夫, 高見昭憲, 東アジアから輸送される汚染気塊の鉛直構造, 第17回大気化学討論会, 2011年10月18日, 京都府宇治市.

⑬藤原大, 定永靖宗, 増井嘉彦, 畠山史郎, 池田圭輔, 渡邊 泉, 新垣雄光, 加藤俊吾, 梶井克純, 張代洲, 原和崇, 藤本敏行, 瀬戸章文, 奥山喜久夫, 荻崇, 李信榮, 高見昭憲, 清水厚, 竹中規訓, 坂東博, 2010年12月の東シナ海上空における航空機観測による窒素酸化物種の動態解析, 第17回大気化学討論会, 2011年10月18日, 京都府宇治市.

⑭畠山史郎, 渡邊 泉, 新垣雄光, 張代洲, 東アジアから輸送されるエアロゾルの化学成分の航空機観測, 東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト, 平成23年度第一回全体会議, 2011年9月28日, 東京都府中市.

⑮河野冬樹, 渡邊 泉, 神山智昭, 東信行, 野田香織, カジカを用いた青森県岩木川流域の重金属汚染のモニタリング, 第20回環境化学討論会, 2011年7月17日, 熊本県熊本市.

⑯鉄田陽介, 渡邊 泉, 南西諸島の表層土壌における微量元素の分布と特徴, 第20回環境化学討論会, 第20回環境化学討論会, 2011年7月17日, 熊本県熊本市.

⑰松島祐樹, 秋山太一, 渡邊 泉, 東信行, やんばる生態系における微量元素の生物濃縮, 第20回環境化学討論会, 2011年7月17日, 熊本県熊本市.

⑱渡邊 泉, 高橋瑛子, 田辺信介, 1973年から2009年までの日本近海, 北太平洋およびインド洋の魚類における微量元素濃度の変化, 第20回環境化学討論会, 2011年7月16日, 熊本県熊本市.

⑲井上博元, 野田香織, 渡邊 泉, 東信行, 微量元素を用いた津軽地方の溜池に生息するオオクチバスの生息地判別, 第20回環境化学討論会, 2011年7月16日, 熊本県熊本市.

⑳尾崎宏和, 福士謙介, 渡邊 泉, 足尾銅山起源が疑われる重金属元素の底質中鉛直分布, 第20回環境化学討論会, 2011年6月12日, 三重県津市.

〔図書〕(計 2件)

(1) 渡邊 泉, いのちと汚染と重金属, 199pp, 本の泉社, 2012.

(2)渡邊 泉, 重金属のはなし, 278pp, 中央公論新社, 2012.

6. 研究組織

(1)研究代表者

渡邊 泉 (WATANABE IZUMI)

東京農工大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：30302912

(2)研究分担者

東 信行 (AZUMA NOBUYUKI)

弘前大学・農学生命科学部・准教授

研究者番号：40262977

(3)連携研究者

()

研究者番号：