

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006 ～ 2008
 課題番号：18710024
 研究課題名（和文） 野生生物の重金属濃縮メカニズム解明と生態影響評価の試み
 研究課題名（英文） Studies on heavy metal concentration mechanisms in wildlife bodies and attempt to the evaluation of ecological effects
 研究代表者
 渡邊 泉（WATANABE IZUMI）
 東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・准教授
 研究者番号：30302912

研究成果の概要：解決の求められる環境汚染物質である重金属類を高濃度で蓄積・濃縮する野生生物の蓄積メカニズムを解明し、その生態影響評価を試みた。数種の植物や、タイワンリス、ジャワマンゲース、ニホンジカの重金属濃縮を明らかにし、ハクビシンの疥癬との関係から生態影響評価を試みた。また、アジアで採取された魚類の分析からスリランカ等での重金属汚染の影響が懸念された。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 18 年度	1,400,000	0	1,400,000
平成 19 年度	900,000	0	900,000
平成 20 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	330,000	3,730,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：生態系影響評価、重金属蓄積

1. 研究開始当初の背景

地球環境汚染物質である重金属類は、一部の高い毒性と決して分解されない残留性から対策の急務な化学物質である。クジラ類など海生動物や一部の高等植物が、特定の重金属類を高濃度で蓄積・濃縮する現象が知られているが、そのメカニズムは未解明な部分が多く、また蓄積による生態影響も未解明といえる現状である。研究の開始時点で、我が国の陸上生態系に、銅の濃縮種タイワンリスや水銀の濃縮種ジャワマンゲースおよび数種の植物にカドミウムと鉛の蓄積種を見いだしていた。

2. 研究の目的

おもに、日本とアジアの野生生物を採取し、約 30 種の微量元素分析を行うことで、濃縮・高蓄積種を突き止め、さらに、その濃縮メカニズムを明らかにする。また、その蓄積レベルが果たして生態影響があるかどうかの検討を試みる。

3. 研究の方法

我が国およびアジア諸国（ベトナム・スリランカ）から野生生物（イネ科、マメ科、タデ科植物・魚類・鳥類・哺乳類）を採取し、その体内における重金属類を含めた生体微量元素 26 種（リチウム Li、マグネシウム

Mg、カルシウム Ca、バナジウム V、クロム Cr、マンガン Mn、鉄 Fe、コバルト Co、ニッケル Ni、銅 Cu、亜鉛 Zn、ガリウム Ga、ヒ素 As、セレン Se、ルビジウム Rb、ストロンチウム Sr、モリブデン Mo、銀 Ag、カドミウム Cd、インジウム In、アンチモン Sb、セシウム Cs、バリウム Ba、各種水銀 Hg、タリウム Tl、およぼ鉛 Pb)を分析することで、元素濃縮・蓄積動態を解明した。微量元素分析は既報に従い、血清および精漿試料は約 1.00ml を秤取後、90 °C で 16 時間乾燥した。乾燥試料は、硝酸 (EL) 2ml で MW 分解を行い、超純水で約 10.00ml に希釈後、ICP-MS (HP7500C, Agilent) で Li, Mg, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Mo, Ag, Cd, In, Sb, Cs, Ba, Tl, Pb の 25 元素濃度を測定した。また、総 Hg は冷気酸化原子吸光度法、有機 Hg は金-アマルガム捕集-加熱気化原子吸光度法で分析を行った。全てのデータは対数変換をおこなった後、2 グループ間の差は Mann-Whitney U 検定、相関は Spearman の順位相関検定を用い、 $p < 0.05$ を有意とした。

4. 研究成果

研究開始初年度は植物に関してイネ科、マメ科、タデ科を中心にカドミウムおよび鉛に注目した研究を行った。動物はマンギースの水銀蓄積、タイワンリスの銅およびハイテク材料である超微量元素の蓄積を中心に、昆虫など生態系全体を通じた解析も行った。

植物に関してはイネ科、マメ科、タデ科の各数種を用い、金属曝露した条件の栽培試験を行い、基礎データを収集した。とくに、エンバク類およびクロタリア類は、カドミウム蓄積において近縁種で耐性を有する蓄積種と高感受性の非蓄積種を見だし、耐性種のカドミウム蓄積には、鉄やカルシウムといった低毒性・必須元素およびそれらと関係したメカニズム (トランスポーターやチャンネル) が関係していることが明らかとなった。タデ科ではとくにソバ類で鉛の高蓄積種と比較的蓄積しない種を見いだした。

動物では、奄美大島でジャワマンギースのサンプリングを環境省および鹿児島大学との共同研究で実施した。また、台湾のタイワンリスにハイテク産業と関連した超微量元素汚染が存在する可能性が見いだされ、とくに大気経由で肺に、カドミウム、ヒ素、ガリウムの特徴的な蓄積を見いだした。ジャワマンギースに関しても同様の検討を行ったが、本種の水銀蓄積に大気経由の曝露源の負荷が関与している可能性は低いと結論された。昆虫類ではアリやナナフシ等、一部のグループにヒ素やガリウム等、特殊な濃縮傾向がある可能性が示唆された。また、東京都内の光塩で捕獲された外来種ミシシippアカミ

ガメを用いて、各地域の微量元素組成の解析をクラスター分析を用いて行い、それぞれが独特の元素組成を有する可能性を示唆した。

資料収集の目的で国内で数カ所、および中国の研究者と打ち合わせ等ミーティングも行った。中国では富カルシウム地域に分布する植生の毒性元素蓄積の可能性を探りたい。

化学分析は、ICP-MS による微量元素分析を中心に、液体クロマトグラフィー法を行える環境を整備し、解毒に関わるスーパーオキシドジスムターゼなどの酵素活性や、ファイトケラチン、メタロチオネインなど高濃度蓄積に関わる各種タンパクの発現などのパラメーターを分析した。

次年度は、とくに植物においてはカドミウムに注目し研究を行った。その結果、マメ科のタヌキマメにカドミウム濃縮・耐性品種と、感受性 (毒性が出やすい) 種を見だし、その体内における金属結合タンパク (PC) やリグニン含量が特徴的に変化することを明らかにした。

動物ではマンギースの水銀およびスリランカの魚類における超微量元素の蓄積を中心に解析を行った。その結果、前者は成長に伴う蓄積上昇や、組織特異的な濃縮を明らかにし、後者は採取された 6 地点を特徴付ける元素組成の存在を明らかにした。つまり、ジャワマンギースの毛における水銀排出能が海生哺乳類と類似していることを明らかにし、スリランカの水域には大きく 2 パターンの元素組成を示す汚染が存在すること (銀・カドミウムパターンとヒ素・水銀パターン) を示唆し、さらに各水域にも汚染を特徴付ける元素が存在することを明らかにした。

これらの知見は、大きくは、未だ発見されていない金属類の濃縮種やメカニズムの存在を示唆し、ミニマムには、種以下 (品種や個体群) に特徴的な濃縮機構が存在する可能性を示していると結論された。

最終年度は、野生生物の重金属濃縮の解明をこれまで通り続行させながら、研究のまとめ及び発表にも重点をおいた。化学分析の対象は、当初の予定通り、野生動物の中から、我が国に分布するシカ類やジャワマンギースに加え、ベトナム及びスリランカの魚類を選択し行った。

シカ類からはイタイイタイ病の発生が疑われている兵庫県生野鉾山周辺で捕獲された個体より、いまだ極めて高濃度のカドミウムが検出され、今後の調査の必要が示唆された。ジャワマンギースは高齡のメス胎内の仔に極めて高濃度の水銀が移行するメカニズムが明らかとなった。魚類を用いた検討では、スリランカの南部沿岸で採取された魚類から極めて高濃度のヒ素を検出し、同時に行った都市部不妊患者の精漿分析とあわせ、スリランカにおけるヒ素汚染の影響が懸念され

た。

研究全体のまとめとして、ジャワマンゲースに関して水銀の濃縮器官であることを明らかにした肝臓における細胞内分布を検討した報文を公表し、また、野生動物の微量元素分析を行うことで、本研究の主要テーマ、種に特有な生物濃縮と生態影響評価の試みを行ったタイワンリスやハクビシンのケースを哺乳類科学に公表した。また、生態影響に関して、レビューを求められたカドミウムのリスク評価書に執筆を行った。

本研究の結果、現在の地球環境で水銀やカドミウム、ヒ素といった重金属類・生態微量元素は人為活動の影響で、天然由来を上回る負荷がなされ、野生生物は種特異的に蓄積・濃縮している現状が明らかとなった。今後も、野生生物の綿密なモニターと、高精度の生態影響評価の改良が必要と結論された。

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9件)

Horai, S., Furukawa, T., Ando, T., Akiba, S., Takeda, Y., Yamada, K., Kuno, K., Abe, S. and Watanabe, I., Subcellular distribution and potential detoxification mechanisms of mercury in the liver of the Javan mongoose (*Herpestes javanicus*) in Amamioshima Island, Japan, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(6), 1354-1360, 2008, 査読有

渡邊 泉, 汚染物質の生態評価, 野生動物に対する影響解明への適用の試み, 哺乳類科学, 48(1), 7169-174, 2008, 査読有

尾崎宏和, 渡邊 泉, 依田昌晃, 柳沼佑貴, 北浦恵美, 久野勝治, 所沢市及びその周辺地域における産業廃棄物焼却当時の重金属汚染実態, 人間と環境, 33(3), 103-114, 2007, 査読有

Suzuki, Y., Watanabe, I., Oshida, T., Chen, Y-J., Lin, L-K., Wang, Y-H., Yang, K-C. and Kuno, K., Accumulation of trace elements used in semiconductor industry in Formosan squirrel, as a bio-indicator of their exposure, living in Taiwan, *Chemosphere*, 68(7), 1270-1279, 2007, 査読有

Horai, S., Watanabe, I., Takada, H., Iwamizu, Y., Hayashi, T., Tanabe, S. and Kuno, K., Trace element accumulations in 13 avian species collected from the Kanto area, Japan, *Science of the Total Environment*, 373, 512-525, 2007, 査読有

渡邊 泉, 金属の毒性, Safety

Engineering, 145, 7-12, 2007, 査読無

Horai, S., Minagawa, M., Ozaki, H., Watanabe, I., Takeda, Y., Yamada, K., Ando, T., Akiba, S., Abe, S. and Kuno, K., Accumulation of Hg and other heavy metals in the Javan mongoose (*Herpestes javanicus*) captured on Amamioshima Island, Japan, *Chemosphere*, 65, 657-665, 2006, 査読有

Uragichi, S., Watanabe, I., Yoshitomi, A., Kiyono, M. and Kuno, K., Characteristics of cadmium accumulation and tolerance in novel Cd-accumulating crops, *Avena strigosa* and *Crotalaria juncea*, *Journal of Experimental Botany*, 57(12), 2955-2965, 2006, 査読有

Suzuki, Y., Watanabe, I., Tanabe, S. and Kuno, K., Trace elements accumulation and their variations with growth, sex and habitat: Effects on Formosan squirrel (*Callosciurus erythraeus*), *Chemosphere*, 64, 1296-1310, 2006, 査読有

[学会発表](計3件)

渡邊 泉, 河内惇, 鈴木美成, 稲田征治, 久野勝治, 神澤良子, 佐藤方博: 東京都内の2ヶ所の公園で採取された沼ガメ類の微量元素レベルと組成差. 第16回環境化学討論会(講演要旨集, p232-233) 福岡県北九州市: 2007年6月.

渡邊 泉, 平岡香保利, 小野塚春吉: 水銀による魚介類汚染の実態と問題点. 日本科学者会議第17回総合学術研究集会(予稿集「平和の創造と科学の役割」, p150-151) 愛知県名古屋市: 2008年11月.

Watanabe, I., Suzuki, Y., Horai, S., Ozaki, H. and Kuno, K.: Heavy metal concentrations in Japanese wildlife. Interdisciplinary Symposium on Environmental Sciences (Abstracts Book, p66) Matsuyama Ehime, Japan: 2008年11月.

[図書](計2件)

Suzuki, Y., Watanabe, I., Oshida, T., Lin, L-K., Wang, Y-H. and Kuno, K. (2007) Trace element accumulation in the Formosan squirrel living in Taiwan: the pollution caused by semiconductor industries and atmospheric exposure. In *Chemical Pollution and Environmental Changes* ed. Tanabe, S., Takeoka, H., Isobe, T. and Nishibe, Y. (Universal Academic Press, Inc. Tokyo, Japan) 221-224.

渡邊 泉ら(2008) 第章 外部レビューの意見書と筆者らの対応. In *カドミウム(詳細リスク評価書シリーズ13)*, ed. 中西

準子，小野恭子，蒲生昌志，宮本賢一（丸善株式会社，東京）326-335.

〔その他〕
とくになし

6．研究組織

(1)研究代表者

渡邊 泉（WATANABE IZUMI）
東京農工大学・大学院共生科学技術研
究院・准教授
研究者番号：30302912

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし