

土地利用の方法が鉱山由来の鉛暴露量に影響する

～トカゲに着目したフィールドリサーチから～

ポイント

- ・ 土地利用方法の違いを客観的に分類し、鉛への暴露量に影響する環境因子として解析に利用。
- ・ 裸地に住むトカゲには緑地に住むトカゲよりも高濃度の鉛が蓄積する傾向があると判明。
- ・ 肺に高濃度に鉛が蓄積する例から、植生が粉塵の発生とそれに由来する暴露量を低減する可能性。

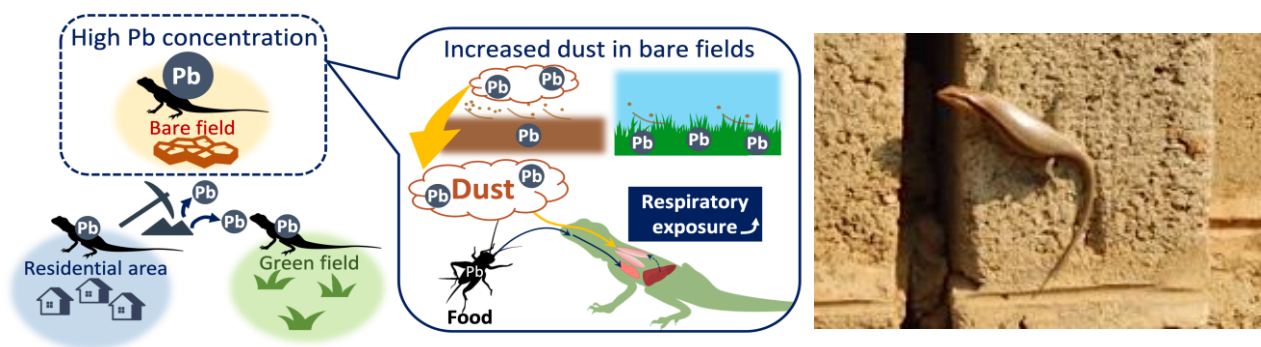
概要

北海道大学大学院獣医学研究院の石塚真由美教授、中山翔太助教、中田北斗博士研究員、北海道大学獣医学部学士課程の銅谷理緒氏とザンビア大学獣医学部のジョン・ヤベ講師らの研究グループは、ザンビア共和国カブウェ市の鉱山跡地周辺でトカゲ科の *Trachylepis wahlbergii* を採取し、肝臓、肺、血液、胃内容物及び生息地の土壌中の鉛濃度を測定しました。その結果、鉱山の近くでは土壌で 23,794 $\mu\text{g/g}$ 、トカゲの肝臓で 200 $\mu\text{g/g}$ と高濃度の鉛が検出され、これまで研究されてきた家畜や野生哺乳類に加え、爬虫類でも鉛への暴露が深刻であることが示されました。

また、衛星画像解析により採取地点の土地利用方法を客観的に分類し、他の環境因子とともに生体中鉛濃度の解析に組み込みました。その結果、生息地が鉱山に近く土壌中の鉛濃度が高いほどトカゲ生体内で鉛の濃度が高く、さらに裸地（雨季でも植生がない）に住むトカゲでは濃度が高く、反対に緑地（雨季には常に植生がある）に住むトカゲでは鉛濃度が低くなる傾向が見られました。また、餌を介した暴露では鉛が分布しにくい肺で鉛濃度が高い個体は、全体の 19% に及びました。これは、経口暴露に加えて鉛を含んだ砂塵を吸入することによる経気道暴露が生じていることを示唆しています。これらの点に加え、植物には地表からの砂塵の発生を抑える効果が知られていることから、都市化の過程で植生が減少すると、砂塵を介した生物への鉛暴露量が上昇してしまう可能性が考えられます。今回の結果から土地利用方法や植生の変化が汚染物質の暴露経路に与える影響に注目していく必要性が示唆されました。

今後これらの調査結果はザンビア政府と共有され、鉛汚染^{*1}や環境からの暴露を低減させるための計画を作成する際の情報として役立てられる予定です。

なお、本研究成果は 2020 年 6 月 3 日（水）に米国科学雑誌 Environmental Science & Technology 誌にオンライン公開されました。



研究概要図[左]と調査対象とした *Trachylepis wahlbergii* (カナヘビの仲間)の写真[右]

【背景】

ザンビア共和国のカブウェ市は 20 世紀に鉱山街として発展しました。鉱山が閉鎖されて 20 年以上が経ちますが、周辺地域の環境、家畜、住民からは高濃度の重金属が検出され続けています。特に鉛は低濃度でも子供の神経発達に悪影響を及ぼしたり、大人の血圧上昇や心疾患のリスクを上げたり、健康被害が懸念される物質です。過去の鉱山活動に由来する鉛汚染の一方、現在でも管理が不十分な鉱滓から周辺地域に鉛が流出・飛散していることが問題となっています。

その一方で、カブウェ市は経済規模が比較的大きいため人口の集中と土地の開発を伴う都市化が進んでいます。こうした土地利用の変化を含む都市開発がすでに広がっている環境汚染にどのように影響するかについてはこれまで調べられてきませんでした。

そこで、研究グループはザンビア大学と国際共同研究を行い、様々な環境に生息しザンビアで一般的に見られるトカゲに着目し生息地の土地利用の方法と生体内の鉛濃度との関係を探ることにしました。

【研究手法】

研究グループは、2017 年 5 月～9 月にカブウェ市の土地利用が異なる複数の地点からトカゲ科の *Trachylepis wahlbergii* 224 匹を採取し、肝臓、肺、胃内容物、血液と生息地点の土壌中の重金属濃度を ICP-MS*2 を用いて測定しました。また、衛星画像の解析により生息地点の土地利用方法を植生の度合いや家屋の有無によって分類しました。この分類と鉱山からの距離や方角、土壌中の鉛濃度などを環境因子としてトカゲ生体内の鉛濃度を解析しました。

【研究成果】

鉱山の近くでは土壌で 23,794 $\mu\text{g/g}$ 、トカゲの肝臓で 200 $\mu\text{g/g}$ と高濃度の鉛が検出され、これまで研究されてきた家畜や野生哺乳類に加え、爬虫類でも鉛への暴露が深刻であることが示されました。また、植生に注目した衛星画像解析により、採取地点の土地利用方法を客観的に分類し、距離や鉱山からの方角など他の環境因子とともに生体中鉛濃度の解析に組み込みました。その結果、生息地が鉱山に近く土壌中の鉛濃度が高いほどトカゲ生体内でも鉛の濃度が高く、さらに裸地（雨季でも植生がない）に住むトカゲで濃度が高く反対に緑地（雨季には常に植生がある）に住むトカゲでは鉛濃度が低くなる傾向が見られました。

さらに、臓器ごとの濃度を比べると、餌などを介して経口摂取された鉛が血流を介して分布すると考えられる肝臓での濃度よりも、通常は鉛の分布比率が小さくなると考えられている肺で鉛濃度が高い個体が全体の 19% に及びました。これは、経口暴露に加えて鉛を含んだ砂塵を吸入することによる経気道暴露が生じていることを示唆しています。

これらの点に加え、植物には地表からの砂塵の発生を抑える効果が知られていることから、都市化の過程で植生が減ったり、なくなったりしてしまうと砂塵を介した生物への鉛暴露量が上昇してしまう可能性が考えられました。今回の結果から、土地利用方法や植生の変化が汚染物質への暴露経路に与える影響に注目していく必要性が示されました。

【今後への期待】

今回の結果から、環境汚染がすでに進んでしまっている地域での都市開発では、暴露経路を解明した上で、その低減する方法などを考慮に入れた開発計画を立てる必要があると考えられます。今後、これらの調査結果はザンビア政府と共有され、環境中の鉛汚染や生物の暴露を低減させるための計画を作成

する際の情報として役立てられる予定です。

【謝辞】

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）と独立行政法人国際協力機構（JICA）の連携事業である地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）「ザンビアにおける鉛汚染のメカニズムの解明と健康・経済リスク評価手法及び予防・修復技術の開発」（研究代表者：石塚真由美）の支援を受けて行われました。

論文情報

論文名 Land Use in Habitat Affects Metal Concentrations in Wild Lizards Around a Former Lead Mining Site（土地利用方法が鉛鉱山跡地周辺に住むトカゲ中の金属濃度に与える影響）

著者名 銅谷理緒¹，中山翔太¹，中田北斗¹，豊巻治也¹，ジョン・ヤベ²，カアンプウェ・ムザンドゥ²，ヤレド・ヨハネス¹，アンドリュウ・カタバ¹，ゴールデン・ジアンボ²，小川貴弘³，内田義崇⁴，池中良徳¹，石塚真由美¹（¹北海道大学大学院獣医学研究院，²ザンビア大学獣医学部，³北海道大学大学院情報科学研究院，⁴北海道大学大学院農学研究院）

雑誌名 Environmental Science & Technology（環境化学の専門誌）

D O I 10.1021/acs.est.0c00150

公表日 2020年6月3日（水）（オンライン公開）

≪ 関連論文 ≫

論文名 Factors associated with lead (Pb) exposure on dogs around a Pb mining area, Kabwe, Zambia（ザンビア共和国カブウェ市の鉛鉱床近郊で飼育されている犬の鉛曝露の分析）

雑誌名 Chemosphere（環境化学の専門誌）

D O I 10.1016/j.chemosphere.2020.125884

公表日 2020年1月13日（月）（オンライン公開）／2020年5月 論文公開

お問い合わせ先

< 研究内容について >

北海道大学大学院獣医学研究院 助教 中山翔太（なかやましょうた）

T E L 011-706-5105 メール shouta-nakayama@vetmed.hokudai.ac.jp

プロジェクト URL <http://satreps-kampai.vetmed.hokudai.ac.jp/>

研究室 URL <http://tox.vetmed.hokudai.ac.jp/>

北海道大学大学院獣医学研究院 教授 石塚真由美（いしづかまゆみ）

T E L 011-706-6949 メール ishizum@vetmed.hokudai.ac.jp

プロジェクト URL <http://satreps-kampai.vetmed.hokudai.ac.jp/>

研究室 URL <http://tox.vetmed.hokudai.ac.jp/>

配信元

北海道大学総務企画部広報課（〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimuhokudai.ac.jp

【参考図】

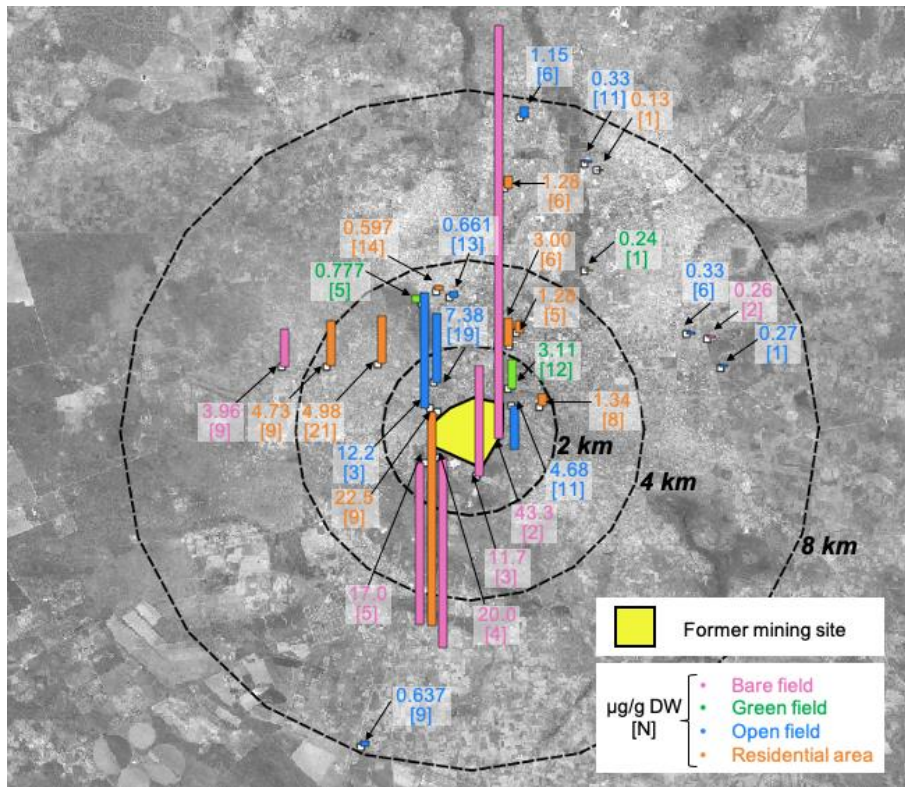


図. トカゲの肝臓中鉛濃度の分布を土地利用の分類ごとに示した図。
鉱山の近くや裸地（Bare field）で高濃度となる傾向が見られる。

【用語解説】

- *1 鉛汚染 … 鉛は天然に存在する元素だが、生物にとって非必須元素であり高濃度では健康に悪影響を及ぼす。このため環境中での基準値が設けられており、米国環境保護庁(U.S. EPA)が公表する安全性の目安となる土壌中の値(ecological soil screening level)は、鳥類で $11 \mu\text{g/g}$ 、哺乳類で $56 \mu\text{g/g}$ となっている。また、ヒトでは健康被害を生じる血中の鉛濃度について閾値はないとされ、可能な限り暴露を低減することが求められている。
- *2 ICP-MS … Inductively coupled plasma mass spectrometry（誘導結合プラズマ質量分析）。高エネルギーのプラズマによって原子をイオン化させ、質量数と電荷の比から元素を識別し測定する手法。高感度かつ多元素を一斉に分析できる。