

# JST news

未来をひらく科学技術

8

August  
2019

特集

国や分野の垣根を越え  
ザンビアの鉛汚染に挑む

海水を安全な飲み水に  
世界の水不足を解消へ



03 特集1

国や分野の垣根を越え  
ザンビアの鉛汚染に挑む



08 特集2

海水を安全な飲み水に  
世界の水不足を解消へ



12 数字に見る科学と未来

深紫外LEDの性能向上で  
水銀不使用の殺菌灯を目指す



14 NEWS & TOPICS

素材に微細な傷を付けて色や形を表現  
インクを使わず超高精細に印刷



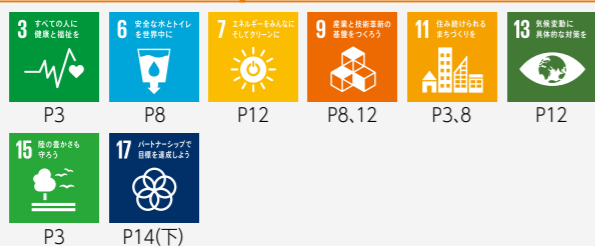
16 さきがける科学人

出合ったものを運命と思い  
大切に伝えていく

名古屋大学 生物機能開発利用研究センター  
准教授 野田口 理孝



JSTは、シンクタンク機能、研究開発、産学連携、次世代人材育成、科学と社会との対話など、多岐にわたる事業を通じて、持続可能な開発目標 (SDGs) の達成に積極的に貢献していきます。



編集長：安孫子満広  
科学技術振興機構 (JST) 広報課  
制作：株式会社伝創社  
印刷・製本：株式会社丸井工文社

特集 1

国や分野の垣根を越え  
ザンビアの鉛汚染に挑む

アフリカ大陸の南部に位置するザンビアは豊富な鉱物資源を有する国だが、そのために有害な重金属による汚染が社会問題となっている。中でも鉛の生産地であるカブウェは汚染が深刻で、早急な対策が求められている。北海道大学大学院獣医学研究院の石塚真由美教授が率いる研究チームは、ザンビア大学の研究チームとタッグを組み、汚染状況や健康被害に関する研究や環境修復技術の開発に取り組んでいる。



なかつ ほくと  
**中田 北斗**北海道大学 大学院獣医学研究院  
学術研究員2015年よりSATREPS JICA  
在外研究員いしづか まゆみ  
**石塚 真由美**北海道大学 大学院獣医学研究院  
教授

2015年よりSATREPS研究代表者

### 研修の引率をきっかけに 深刻な鉛汚染を知る

鉱物資源が豊富なアフリカ大陸では古くから盛んに採掘が行われてきた。その負の遺産が、人体に有害な重金属による深刻な環境汚染だ。アフリカ南部に位置するザンビアのカブウェも汚染が深刻な地域で、世界で最も汚染された町の1つと呼ばれることもある。北海道大学とザンビア大学の共同研究チームは、JSTがJICA(国際協力機構)と連携で運営する「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)」で、この地域の鉛汚染の対策に取り組んでいる。

プロジェクト終了時に両国が笑顔で乾杯できるようにという願いを込め「KAMPAI(Kabwe Mine Pollution Amelioration Initiative)」と名付けられたこのプロジェクトは、ある偶然をきっかけに始まった。日本側の研究代表者である北大大学院獣医学研究院の石塚真由美教授はこう振り返る。「北大の獣医学部とザンビア大学とは、古くから交流がありました。そうした関わりを生かし、文部科学省の事業で北大の学生がザンビアで1カ月間の研修を受けるプログラムが実施されました。その引率役としてザンビアを訪れた際に、カ

ブウェで鉛汚染が起こっていることを知ったのです」。

滞在中に石塚さんの専門が毒性学だと知ったザンビア大学の研究者が、カブウェの鉛汚染対策への協力を打診してきたのである。しかし、それ以前に石塚さんが研究していたのは、ダイオキシンなどの有機化合物で、鉛については毒性学者としての基礎知識のみだった。しかも、石塚さんにとっては初めてのアフリカ訪問で、右も左もわからぬ状態。どこまで貢献できるかは未知数だったが、まずは鉛汚染の実態を把握しようと過去の文献を調べることにした。

「環境汚染が起こっている場所では汚染の程度などを調べた結果が報告されているはずなのですが、ザンビアに関しては環境汚染の論文はほとんど見つからなかったのです」と当時の驚きを語る。もちろんまったくなかったわけではないが、欧米の研究者が単発で調査した結果がわずかに見つかるだけで汚染の全貌はわからなかった。「自分たちで調査するしかない」と考えた石塚さんは、ザンビア大学の協力を得てザンビア各地の鉛汚染の実態調査を進めることになった。

### 若手研究者に背中を押され 対策を視野に入れた調査へ

石塚さんは自身が主宰する毒性学教室の若手研究者や学生を現地に派遣し、ザンビア各地で土壌サンプルを採取し、分析した。当初の情報通りカブウェの鉛汚染が最も深刻なことが明らかになり、以降カブウェに集中して、鉛の汚染源やその拡散経路を解明する調査を続けた。

この時、調査に参加していた学部生の1人が、現在はKAMPAIプロジェクトでザンビアに駐在している中田北斗学術研究員だ。「現地での調査は2週間ほどでしたが、私も一緒に参加した仲間もやりきれなさを感じることがありました」と話す。現地での分析により鉛による汚染状況はわかりつつあったが、住民から対策を問われても何も答えられない。その忸怩たる思いを、仲間と共に石塚さんにぶつけた。



「中田君をはじめ調査に参加した数人から『分析はするけれど、それ以上のことはできない』、『何のためにやっているんだろう』と言われてしまったんです。痛いところを突かれ、はっとしました」と石塚さん。鉛の汚染状況や住民の健康被害の調査は毒性学教室だけでもできる。しかし、鉛を封じ込めたり除去したりといった対策を講じることは難しかった。対策を前提としない調査に歯がゆさを感じていたのは、実は石塚さんも同じだったのだ。「石塚先生自身、環境問題に関心があって毒性学を研究しているのですから、対策の必要性は十分にわかっていたと思います。当時は生意気でしたね」と中田さんは笑うが、その思いが石塚さんを動かすことになる。

石塚さんは、これまで踏み出せずにいた対策の検討まで盛り込んだ研究提案書の作成に取りかかった。この取り組みが巡り巡って工学部の研究者に伝わったことが、思いがけぬ展開につながった。石塚さんはこう説明する。「以前から知り合いだったのですが、突然、協力したいという申し出を受けました。工学部には環境修復の専門家がいますし、農学部なら土壌を改善する技術もあるでしょう。保健や経済の専門家がいれば健康被害の把握や、それによる経済的な損失も算出できます。他学部の先生方の協力が得られたことで、対策を含めた研究体制が整えられました」。

こうして2015年から、日本とザンビアによるKAMPAIプロジェクトが動き出した。

プロジェクトが掲げた3つの目標は、汚染メカニズムの解明、健康や経済リスクの評価、そして環境修復技術の開発だ。効果的な対策を講じるには、汚染の状況や拡散経路などを正確に把握する必要がある。また、対策が確実に実施されるためには、汚染による健康リスクを評価し、経済効果を定量的に示すことも重要だ。これらを並行で進めることで、実現可能性を高めることを狙っている。

### 環境中の鉛濃度を調べ 拡散経路を明らかに

汚染状況の把握や拡散経路の解明には、地形や地表情報に関する詳細な地図が必要だ。しかし、植生や農地開発に関するデータはほとんど収集されておらず、鉛濃度と環境の関係を評価することが難しかった。そこで取り組んだのが、土壌、植生、粉じん、水などを調査し、汚染源となる鉱山跡地を中心に地図化することだった。地域内を歩き回ったの調査に加え、人工衛星画像も活用した。

人工衛星画像のスペクトル画像を解析すると林、農作地、草原、湿地といった地表データや地形データが広範囲で得られる。データベース化もされてお

り、過去にさかのぼることで季節変動や長期的な変化を捉えることも可能だ。こうして得られたデータを、地上のサンプリング調査で集めた情報と組み合わせることで、汚染状況が地図上で可視化できた。調査する上で重要な情報であるとともに、将来予測シミュレーションなど汚染対策での活用も期待されている。

汚染経路の解明についてはプロジェクトで最も力を入れているところだ。鉱山跡地の鉛がどのように広がり、人体に取り込まれるのかわかれば、生活する上で何に気を付ければよいかのヒントが得られるからだ。現地の獣医局との合同調査によりその一端は明らかになりつつあると石塚さんは話す(図1、2)。「食事などにより口から取り込まれるというのももちろんなのですが、鉛が細かい粒子となり粉じんとして空気中に飛散し、呼吸によって取り込まれる量も多いようなのです」。

口から体内に取り込まれた鉛は、血液に入って全身を巡った後、まず肝臓や腎臓に、さらに骨に蓄積する。しかし、草の生えない裸地で暮らす野生動物では、草地に暮らす動物と比べて鉛濃度が高く、さらに肺への蓄積が多かった。裸地では草地と比べて粉じんが巻き上がりやすいことから、呼吸によって多くの鉛が体内に取り込まれると考えられるのだ。



図1 ザンビアの獣医局と合同で調査を実施し、環境情報や動物試料を採集した。足元に置かれたカゴ型トラップや中田さんが手にしている粘着トラップは、ネズミやトカゲの捕獲に使う。



図2 植生の異なる地域で野生動物を集め、鉛濃度を比較する。写真は集落での採集の様子。動物が隠れている隙間を探し、素早く捕まえる。

### 子供から基準値を超える鉛調査データ提供で医療に貢献

多量の鉛が体内に取り込まれ蓄積すると貧血や神経症を発症することが知られている。いずれも鉛中毒特有の症状ではないため、どの程度の血中濃度で症状が現れるかを明確に示すことは難しいが、多くの国で血中濃度1デシリットル当たり5~10マイクログラムが指標とされている。中田さんはカブウェに住む子供たちを対象とした調査結果について「鉱山近郊では、調査した子供たちのほぼ100パーセントが1デシリットル当たり10マイクログラムを超える鉛濃度を示しました。100マイクログラムを超える子供も少なくありませんでした」と説明する(図3)。

基準値の10~20倍とあまりに高濃度なため、学会発表などでデータの信頼性を疑われることもあったほどだと石塚さんも話す。「毒性学的に信じられない値です。1デシリットル当たり100

マイクログラムは教科書では致死量とされる濃度ですから、最初にデータを見た時は私自身も疑ったくらいです」。これでは鉛を原因とする何らかの症状が現れても不思議はないが、必ずしも症状が見られるわけではない。子供では特に神経発達に深刻な影響が出やすいため、教育学部と連携しながら4歳から12歳を対象に精神発達や知的活動に関する調査も進め、血中濃度との関係を詳細に調べている。

同じ地域での調査では、野菜の鉛濃度は思ったほど高くない一方、盛んに飼育されている地鶏は餌と共に鉛に汚染された土を飲み込み高濃度の鉛を蓄積していることが明らかになった。この知見に基づき、現地の獣医を通じて地鶏ではなくブロイラーの鶏肉を推奨する、鉛が蓄積されやすい肝臓や腎臓は極力食べないといった生活に役立つアドバイスが可能になってきた。

得られた情報を、治療に生かすための働きかけも開始している。プロジェク

トでは医療の提供が難しいことから、カブウェで実施されていた世界銀行のプロジェクト(ZEMERIP)と覚え書きを締結。石塚さんらが現地調査で得た環境、健康、暮らし向きに関するデータを提供し、ZEMERIPが治療活動、医療支援活動に役立てることで合意し、すでにデータの提供を開始している。

「調査開始前は地元の人々の反発もあるのではと考えていましたが、彼らも鉛汚染に不安を感じていたためか血液検査なども抵抗なく受け入れてもらえました。私自身家族と共にザンビアに住み、問題をより自分ごととして感じられるようになったことも信頼関係を築くのに役立つように思います」と中田さんが話すと、石塚さんはこう続ける。「開始当初は調べることもしかできないというジレンマがありました。世界銀行との連携や環境修復法の開発などで少しずつ住民に還元できるだろうと考えています」。

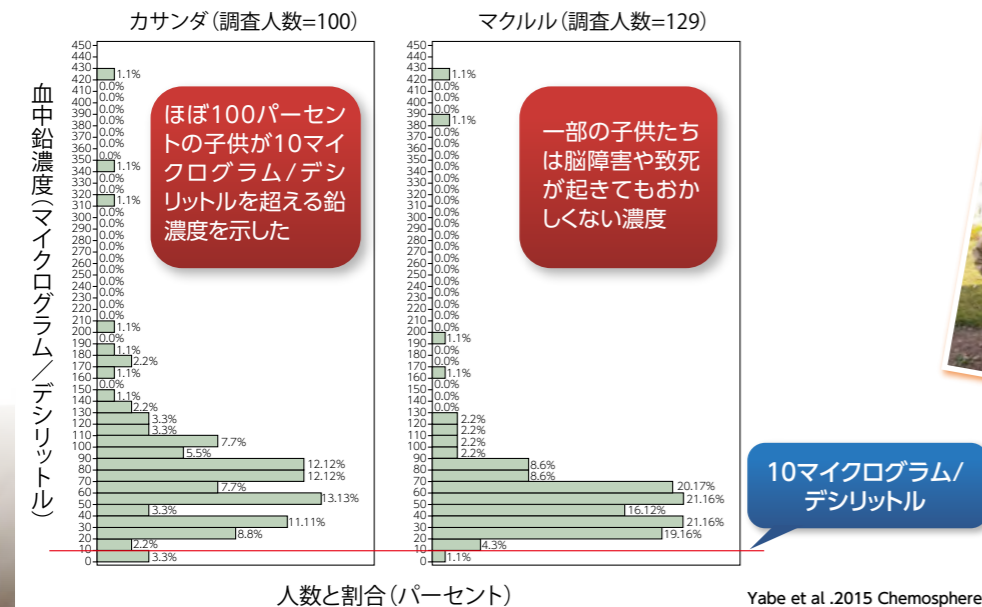


図3 鉱山に近いカサندا、マクルルでの調査では、ほとんどの子供で基準値をはるかに超える鉛が検出された。



図4 鉛不動態化剤の効果を現地で検証している。盛り土の中心に集水ピットを設け、浸出水の成分を分析する。水に含まれる鉛の濃度で鉛不動態化効果を確認する。



### 信頼関係を築き問題解決へ世界に飛び出す人材を育てる

環境修復の見通しを石塚さんはこう語る。「カブウェの汚染は予想以上に深刻です。特に汚染がひどい地域は修復が難しく、立ち入りを禁止することが現実的だろうと考えています。その上で、鉛がこれ以上広がらないような対策を検討しています」。

対策の1つが植物を植えて粉じんの飛散を抑える試みだ。野生動物の調査で、草地に生息する個体よりも裸地の個体の方が体内の鉛濃度が高かったことからヒントを得て、植物を植え地面を覆えば飛散防止効果があることを確認した。選んだ植物は、レモングラスやベチバーだ。「鉛に汚染された土地でも育ち、鉛をほとんど吸収しません。生育後はハーブや香料、精油の原料として販売できますから、現金収入につながるというメリットもあります」と中田さんは説明する。植栽が進んで粉じんの飛散が抑えられれば、鉛汚染の対策は前進するに違いない。

並行して鉛の飛散や水への溶け出しを防ぐ鉛不動態化剤の開発も進める。「鉛に汚染された土壌をザンビア大学に運び、開発した鉛不動態化剤を試しています。効果が確かめられれば、近い将来、汚染地域で使えるでしょう」と石塚さんは期待を込める(図4)。留意したのはザンビアで入手可能な資材のみを使うことだ。入手困難な資材を使っているのは、どんなに有効性が認められようとも汚染

地域で使えないからだ。ザンビア大学やカブウェ市役所との連携も生かし、着実に歩みを進めている。

プロジェクトの後半に入り、啓発活動にも力を入れる。まずは汚染地域へは立ち入らないことを徹底していく予定だ。「住民たちはあの地域は危なそうだと思っていても、まあ大丈夫だろうと判断してしまう。データに基づき危険性を示し、理解してもらうことで、意識が変化することを期待しています」と中田さん。

石塚さんは「カブウェで培った技術は、いずれ他の地域での環境汚染にも活用できると考えています。社会事情や汚染の原因となる物質も異なるでしょうが、方向性は変わらないはず」と意気込む。

各地の問題を解決するには人材の育成も欠かせない。「知識や技術も必要ですが、大事なのは現地の人たちと信頼関係を築き、一緒に課題を解決できること。教室ではおとなしい学生がすぐに現地に溶け込んだりしますから、適性はわからないものです。可能性を発掘し、新しい世界に飛び出せるよう背中を押してあげたいですね」と目を輝かせる。

有用な技術が開発されたとしても、現地の人々と協力し合ってその技術を活用する人材がいなければ、開発途上国の社会問題を解決に導くことは難しい。SATREPSでの活動を通じて、文化も風習も異なる社会に飛び込んで技術を生かす人材が育まれ、日本が国際貢献していく力も高まっていく。



ザンビアからの留学生アンドリュー・カタバさん(右)と実験室で。日本だけでなくザンビアの研究者育成にも力を入れる。

## 第7回アフリカ開発会議(TICAD7)でKAMPAIプロジェクトを紹介します。

TICADは、日本政府が主導し、国連、国連開発計画(UNDP)、世界銀行およびアフリカ連合委員会(AUC)と共同で開催する国際会議です。

**ブース出展**

日時 8月27日(火)~30日(金)  
場所 パシフィコ横浜 アネックスホール A-84 番ブース

**口頭発表**

日時 8月29日(木) 13:00~14:30  
場所 パシフィコ横浜 展示ホール B-07

- 日本・ザンビア両国の研究者が、研究成果や今後の展望を丁寧に解説します。関連グッズも配布予定。
- 鉱床由来の鉛汚染に対する獣医・工学・農学などさまざまな専門領域からのアプローチおよび成果を紹介。ザンビア大学のプロジェクトリサーチマネージャーも来日し、登壇します。

<https://ticad7.city.yokohama.lg.jp/>