

持続可能開発目標達成支援事業（aXis）

A タイプ研究分野「環境・エネルギー」

研究課題名「ザンビア鉱山地区における鉛汚染環境および
鉛中毒対策としてのリスクベースアプローチの実践と効果検証」

相手国名：ザンビア共和国

終 了 報 告 書

研究期間

2020年4月1日から2022年3月31日まで

研究代表者： 石塚 真由美

北海道大学大学院獣医学研究院・教授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	R2年度				R3年度			
	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月
1. 研究題目：グリーンパークを中心とした環境修復 1-1. 土壌水分保持力や土壌構造・微生物多様性、機能変化 1-2. 植生の多様化と汚染リスク低減の関連性調査 1-3. リアルタイム気象・環境データベースの構築・運用			植栽による土壌環境変化の検証（1-1）					
			混作による生育度、鉛蓄積量の検証（1-2）					
			気象管理システムの拡充（1-3）					
2. 前向きコホートによる鉛中毒の治療効果の検証 2-1. キレート剤治療の実践と血中鉛濃度のフォローアップ調査 2-2. 毒性学指標による健康状態の改善度の評価 2-3. 社会経済学指標による経済インパクトの評価			治療と血中鉛濃度のフォローアップ（2-1）					
			健康改善度の評価（2-2）					
			社会経済学への影響評価（2-3）					
3. 工学分野の環境修復技術の実践 3-1. 高度処理を含む各種処理手法の効果の比較・評価 3-2. 鉱山廃棄物ダンプエリアからの鉛拡散ルート推定と健康被害予測 3-3. 各種処理手法の保健・経済分野への影響の把握			処理手法の比較・評価（3-1）					
			鉛拡散ルートと健康被害の推定（3-2）					
			環境修復による保健・社会経済学への影響評価（3-3）					
機材導入		ドラフトチャンバー、冷凍機の導入						
			オンライン教育リソースの開発と導入					
渡航・招聘		1人、10ヶ月（1-1、1-3）			1人、12ヶ月（1-1、1-2、1-3）			
					7人、2週間（1-1、1-2、1-3）			
		1人、2ヶ月（2-1、2-2）		1人、2ヶ月（2-1、2-2）	1人、2ヶ月（2-1）			
				5人、1ヶ月（2-1、2-2、2-3、シンポジウム）	2人、1週間（2-2、2-3）			
				6人、2週間（3-1、3-2、3-3）	4人、2週間（3-1、3-2、3-3）			
					3人、2週間（3-2、3-3）			
					招聘1名、2ヶ月			
					招聘7名、2週間			
						招聘7名、2週間		

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点（該当する場合）

COVID-19に係る種々の制限により、プロジェクト期間を通じて日本からザンビアへの渡航が極めて困難であった。このため、全ての研究題目の実施において支障が生じたため、プロジェクト実施期間を1年間延長し、2021年度末までとした。これに伴い、全ての実施計画を2021年度に後倒しとした。ザンビアから日本への渡航が2020年度は困難であったことから、招聘計画も全て2021年度に移行した。しかし、2021年度も状況が好転せず、結果的に全ての招聘計画はキャンセルした。日本からザンビアへの渡航も同様に困難な状況が続いたが、最低限の渡航機会を確保し、事業の推進に努めた。変更後の予定は、上のスケジュール表に赤矢印で示している。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

現代社会でますます重要性を増す高度な科学技術には、金属やレアアースが必須である。豊富な地下資源を有する地域では資源開発が活発に行われており、世界中の人々の生活を根底から支えている。しかし、このような開発が進む地域では、顕在化されない環境汚染が着実に進行している。特に途上国の環境汚染は深刻な健康被害をもたらし、生産性や所得の喪失を招き、貧困の要因となる。汚染由来の疾病による生産性の喪失は経済発展を妨げ、低所得国のコストはGDPの1.3%から1.9%に達する。本プロジェクトで対象とする鉛汚染は、環境汚染の中でも特に深刻であり、年間23万人が主に鉱床由来の鉛中毒で死亡し、60万人以上の子供の知的発達に影響を及ぼしており、その大部分が途上国で起きている。保健指標評価研究所（Institute for Health Metrics and Evaluation：IHME）は鉛が世界中で90万人の死亡と2170万年の健康寿命の喪失につながっていることを警鐘している。また、世界各国における原因不明の発達性知的障害の62.5%に鉛が関与している可能性が示唆されている。

本プロジェクトの対象地域であるザンビア共和国Kabwe地域では、20世紀の約100年間にかけて鉛・亜鉛の採掘活動が行われ、国家の基幹産業としての役割を担うとともに、国際社会における重要な金属供給源としての役割を果たした。一方、汚染対策の不十分な操業が長年続けられたことにより、周辺地域に深刻な鉛汚染を引き起こした。Kabweでは20万人以上の住民が生活しており、これらの人々の健康・生活への鉛汚染の影響について長年にわたり懸念されてきた。

石塚を中心とする研究チームは2007年から本地域で汚染状況の解明を進め、2015年からは北海道大学とザンビア大学（University of Zambia：UNZA）の獣医・保健・農・工・経済学からなる分野横断的チームによるJST/JICA SATREPS事業「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および予防・修復技術の開発（KAbwe Mine Pollution Amelioration Initiative Project：KAMPAI プロジェクト）」に発展した。ザンビア技術科学省、保健省、鉱山省、グリーン経済環境省、環境管理局（Zambia Environmental Management Agency：ZEMA）、Kabwe市役所（Kabwe Municipal Council：KMC）との連携により、鉱山から住宅地への汚染メカニズムおよび拡散範囲の解明、汚染された土地の植生回復と農地としての再利用法の構築、オンデマンドな環境修復手法の開発、汚染による人の健康および社会経済への影響の定量化を推進した。これらの研究成果により、社会実装として問題解決に進むための道筋が構築された。

SATREPS事業で構築した手法や得られた成果をもとに、本プロジェクトではそれらをさらに発展させるとともに、社会実装と人材育成（キャパシティ・デベロプメント）により注力した。また、同地域の鉛汚染課題の解決を目的としたZambia Mining and Environmental Remediation and Improvement Project（ZMERIP）が世界銀行の支援のもと、ザンビア鉱山省、保健省、KMCなどが実施機関として行われている。そのため、社会実装においてはZMERIPとの協同を軸とし、そのための意見交換や技術支援を積極的に行なっている。環境汚染が国際社会における普遍的な課題である一方、本プロジェクトで取り組む学際的なリスクベースアプローチはこれまで皆無であり、当然その効果検証も実施されることがない。この点において、本プロジェクトは学術的な新規性の高さに加え、「目標3. すべての人に健康と福祉を」「目標11. 住み続けられるまちづくりを」「目標15. 陸の豊かさを守ろう」「目標17. 持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する」を中心とした

【終了報告書】【210531】

SDGs の達成にも大きく貢献した。

本事業の実施期間においては COVID-19 の世界的流行およびそれに関係した種々の規制により、プロジェクトの実施計画に大きな影響が生じた。こうした状況により、カウンターパート（CP）機関である UNZA を含むプロジェクト関係機関の合意により、プロジェクト期間を 1 年間延長した。また、オンラインの活用やリモートでの業務などの代替策を講じることで、ザンビア側への技術支援や若手の育成を推進した。国際共同事業の性格から COVID-19 による影響は避けられないものであったが、様々な工夫や代案により成果の最大化に努めた。具体的な成果は、以下の通りである。

- 各研究題目で得られた研究成果をもとに、32 報（ザンビア側との共著 29 報）の学術論文が査読付き国際誌に受理された。加えて、5 報（ザンビア側との共著 5 報）が査読中、10 報が投稿準備中である。国内外の学会でも多数の研究発表を行った。
- ザンビアの関連行政機関と定期的なディスカッションを行い、得られた知見の共有と協議を行った。ZMERIP との連携も積極的に行なった。2020 年 8 月には研究題目 2 に関する会議を KMC、ZMERIP、北海道大学、UNZA の 4 者合同で、9 月には研究題目 1 と 3 に関して鉱山省、KMC、ZMERIP、北海道大学、UNZA の 5 者合同で大規模なオンライン会議を実施した。2021 年 10 月にも、関連行政機関や ZMERIP と同様の協議や意見交換を行なった。
- 保健分野（研究題目 2）と環境修復分野（研究題目 1・3）における協力関係を明記した Memorandum of Understanding (MOU) を、2021 年 5 月に ZMERIP と締結した。
- 本プロジェクト関係者のこれまでの知見および経験を元に、2020 年度から ZMERIP が主体となった Health Intervention Activity が開始された。これまでに約 1.3 万人の Kabwe の子供に血中鉛濃度（Blood lead level: BLL）検査が行われ、基準値を超過した場合は定められたプロトコルに従ったキレート剤治療が提供された。プログラムの実施にあたっては本プロジェクト関係者が技術面等での支援を行い、治療・検査マニュアルの作成などを行う委員会にも本プロジェクトの日本・ザンビアの両国メンバーが参画し、中心的な役割を果たしている。得られた検査データは本プロジェクトでも収集し、キレート剤治療による BLL の低減効果などを検証した。学術的知見をベースにしたこのような大規模な問題解決に向けた具体的なアクションは稀有なものであり、社会実装の観点において極めて重要な成果である。
- 同様に、本プロジェクトの知見および提言をもとに、2021 年 8 月に ZMERIP が住宅地の環境修復に着手した。一部の世帯を対象としたパイロットスケールでの実施であるが、植物による汚染土の被覆など本プロジェクトの提言に沿った対策が実践されており、これも社会実装に関する重要なアウトプットである。パイロットスケールで得られた知見を参考に、ZMERIP は今後さらに大規模に環境修復活動を展開していく予定である。
- 2021 年 3 月にオンライン研究発表会を行い、UNZA と北海道大学の各研究題目メンバーが研究成果を発表した。上述したザンビア側行政機関からも多数の出席があり、合計 91 名が参加した。2022 年 2 月にもオンラインでの研究発表会の開催を予定している。
- UNZA 獣医学部内に設置した Monitoring laboratory は、日本からのオンラインでの遠隔サポートのもと、UNZA メンバーが中心となり管理運営および現地での研究活動推進に関する役割を担った。十分な自走下が達成され、持続可能性の観点からも重要な成果となった。

【終了報告書】【210531】

- 日本人若手研究者の育成、および相手国の人材育成においても重要な成果をあげた。北海道大学の若手研究者である中田（北海道大学・獣医）は、現地渡航やオンラインツールを利用し、現地との調整や研究活動の推進に関して中心的な役割を担った。また、筆頭著者として執筆した数報の学術論文は国際誌に受理され、2021年6月には博士号を取得した。また、中村（北海道大学・工学）は鉛の飛散シミュレーションに関する研究により本プロジェクトに大きく貢献し、2022年3月に博士号を取得見込みである。ザンビア人若手研究者である Mukumbuta（北海道大学・獣医）は、現地に長期に渡って滞在し、研究題目1の推進に大きく貢献した。Kataba（ザンビア大学・獣医）および Silwamba（ザンビア大学・鉱山）は2021年3月に北海道大学でそれぞれ博士号を取得し、帰国後はザンビア大学の教員として復職した。2021年度からは相手国カウンターパートとして、研究題目2および3において主要な役割を果たしている。



UNZA 内の Monitoring laboratory での研究活動。Mukumbuta（左）、Kataba（中央）、中田（右）らが中心的な役割を果たした

(2) 研究題目1：「農学分野の長期的環境修復のためのグリーンパーク構築」

（リーダー：内田義崇）

①研究題目1の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

- 国内研究で、鉛汚染が土壌微生物にどのような変化があるのかを調査した。鉛汚染は微生物の量だけではなく、微生物の多様性にも影響を及ぼしており、そのことが植物生育にとって必須である窒素の循環に負の影響を与えていることが明らかとなった（マイルストーン1-1）。
- 現地では、重金属汚染土壌上で農業を営む際のリスク低減法を確立するための試験を実施した。効率的な土壌被覆が可能な植物として、地下茎型のイネ科植物に着目した生育試験を行った。具体的には、現地調査が可能なシバ属の植物が鉛汚染土壌上でも生育すること、一方で十分な灌漑が必要なことなどが明らかとなった。さらに、ファウンテングラスなど、これまで検証されてこなかった植物種の鉛汚染土壌上での生育に関する基礎情報を得た。これらに加え、本研究チームがこれまでに研究してきたレモングラスやベチバークラスについても追加検証を行った。これらのイネ科雑草

【終了報告書】【210531】

を用いて土壌を被覆し、有機物量を増加させることで、鉛の不溶化とその土地の安全な利用につながることを示唆された（マイルストーン 1-2）。水溶性鉛は根圏において大きく減少し、酸溶出性のより不溶化した画分に移動することが示唆された。ポットレベル、フィールドレベルでも同様の結果が得られた。

- グリーンパークに植栽した様々な植物の中では、竹（*Bambuseae*）の生育が良好であることも明らかになった。粉塵防御や現地市民の収入源（工作、炭の原料等）として今後期待できる（マイルストーン 1-2）。竹のバイオマス生産量は、一般的に木材よりも多いことがわかっている。5～6年で収穫できる大きさになり、生育速度が速い点も有用である。このような特徴を踏まえると、現状では木材由来のものが多く木炭の代替として市場を開拓できる可能性を示唆できた。ザンビア人のエネルギー源として木炭は数割以上あるとされており、地方においてこの率はより高くなる。竹林がメンテナンスされている限り、竹炭は再生可能エネルギー源ともなりうるため、市場効果だけではなくエネルギー生産の持続性向上にも役立つことが考えられる。
- 様々な現地調達型の有機肥料の効果に関しても、継続的な検証を行った。リン肥料や炭に加えて、おが屑なども土壌中の可溶化した鉛濃度削減に一定の効果があることが明らかとなった。一方、植物への栄養素供給への影響や、植物の初期成育に必須である灌漑水の質（塩類濃度）等を検証し、複合的な汚染土壌回復法の確立が今後の課題であることが明らかとなった。



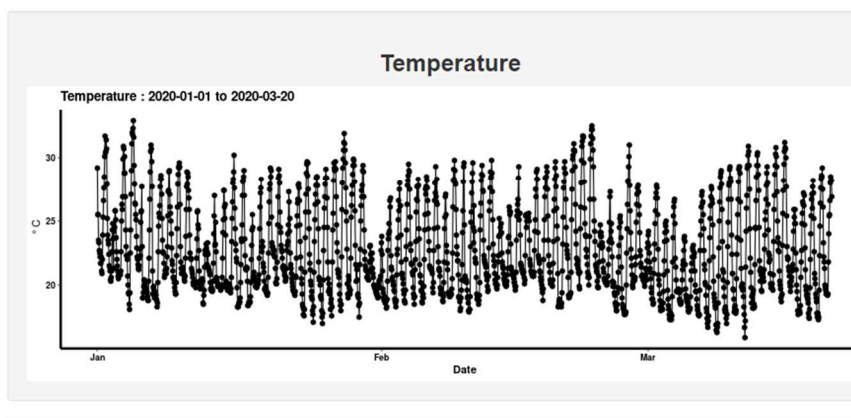
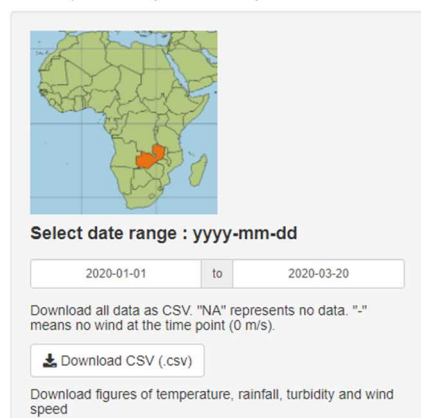
現地行政関係者とのグリーンパーク視察。後ろの背の高い植物が竹

- オンラインで運用してきたウェザーステーションにより、現地の微気象を明らかにした。得られたデータに関して、これまでは研究者間のみで利用してきたが、生データをグラフ化しわかりやすく公開するために統計ソフト R ベースのウェブアプリケーションである **Shiny** を利用したアプリを立ち上げた。このアプリ内で季節ごとの風量や風速の変化などを検索し視覚的に理解することが可能となった。さらに、人工衛星画像を用いて大まかな風量、風向の傾向を調べることも可能となり（MODIS という衛星プロダクトを利用）、そのデータとウェザーステーションのデータを比較す

ることも可能となった（マイルストーン 1-3）。

Weather in Kabwe (Zambia)

Data is provided by 1 hour. Only data "from Jan 2020 to the month before this month" is available.



ウェブ上で Shiny により可視化したウェザーステーションデータ

②研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

COVID-19 禍により現地渡航が困難であったため、微生物多様性や機能に関する情報収集に遅れが生じた。現地で測定を目指していたデータに関しては、現地共同研究者と連携して進め、一部は国内実験により対応した。

③研究題目 1 の研究のねらい（参考）

SATREPS 事業で行ってきた現地での植栽試験を発展させ、植物の多様性が汚染土壌での植物被覆効果にどのような影響を与えているのかを多面的に評価する。さらに、気象を把握するオンラインシステムの利用を利便化する。

④研究題目 1 の研究実施方法（参考）

これまでに鉛汚染土壌に植栽した数十種類の作物の根圏や地表面への影響を調査し、雨風による鉛飛散や流亡リスクの低減への影響を調べる。さらに、すでに開始しているオンライン（携帯電話ネットワーク）気象管理システムをより大規模に展開かつ精緻化し、ゲリラ豪雨やスポット的な強風など（“微”気象）をリアルタイムで把握・予想することを可能とする。

(3) 研究題目 2 : 「鉛中毒治療の実践および保健・経済面への波及効果の検証」

（リーダー：中山翔太）

①研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

【研究グループ A : 獣医・保健サブチーム（サブリーダー：中田北斗）】

- ZMERIP、ザンビア保健省、Kabwe 郡保健局との協働により、2020 年度から現在に至るまで、累計で約 1.3 万人の Kabwe の子供に BLL 検査およびキレート剤治療を提供した。実施にあたってのプロトコル作成や現地医療従事者のトレーニング、対象地域の選定では、日本・ザンビア両国の

【終了報告書】【210531】

本プロジェクト関係者が中心的な役割を果たした。SATREPS 事業から続く長年の研究活動および現地行政機関への提言により、鉛暴露の影響を受ける現地コミュニティに治療が提供されたという点で、社会的なインパクトは極めて大きい（マイルストーン 2-1）。

- 検査にあたっては、オンサイトで利用可能な LeadCare 装置が用いられた。LeadCare 装置の分析精度については、ICP-MS を用いたラボ分析との比較により評価した。米国 CDC が定める reference level である $5\text{ }\mu\text{g/dL}$ 付近の BLL では十分な分析精度が認められ、オンサイトでの簡易スクリーニングには有効であることが示された（Nakata et al., Chemosphere, 2021）。
- 初回検査から治療完了に至るまでの BLL および血液検査結果について、約 2000 名分のデータを本プロジェクトで収集した。データ解析により、キレート剤治療対象である BLL が $45\text{ }\mu\text{g/dL}$ 以上の子供はヘモグロビン濃度とヘマトクリット値が、 $45\text{ }\mu\text{g/dL}$ 未満の子供と比較して有意に低いことが明らかとなった。平均赤血球容積なども同様の傾向を示し、鉛暴露により貧血状態を呈していることが示唆された。さらに、キレート剤治療により BLL が低下した後でも、上記の貧血指標に有意な変化は認められず、治療直後では貧血状態が改善していないことが明らかとなった。途上国で慢性暴露を受けた住民を対象とした数千～1 万人規模のキレート剤治療は前例がなく、本データセットから得られた知見は学術的に価値が高い（マイルストーン 2-2, 2-3）。



現地の医療関係者との活動

- 2017 年に SATREPS 事業の大規模調査により得た 1000 名超の Kabwe 住民の血液サンプルを用いて、金属暴露による造血・肝・腎機能への影響をまとめた論文が国際誌に受理された（Nakata et al., Chemosphere, 2021）。鉛暴露による造血機能障害などが明らかとなり、重要なベースラインデータとなった（マイルストーン 2-4）。
- 口腔内に蓄積した鉛の持つ特定波長の定量による、鉛中毒の新規診断法の開発に向けた取り組みを行なった。2020 年度には、実験動物（ラット）に鉛を投与して撮影を行った予備実験、および簡易フィルターを用いた Kabwe 住民の口腔内撮影により、予備的なデータの取得に至った。2021 年度には、ハイパースペクトルカメラを用いて、より精緻なデータを取得した。これらの取り組みにより、候補となる波長の特定に成功した。

- 環境修復に要する費用と、修復により鉛汚染が改善した場合の便益を比較する費用便益分析を、研究題目2の経済サブチームが中心となり、他の研究題目と共同で進めている。この分析にあたって必要となる、主要な鉛暴露源の探索および暴露源の鉛濃度が減少した場合の BLL 低減効果について、米国環境保護庁（United States Environmental Protection Agency: US EPA）が開発した IEUBK（Integrated Exposure Uptake Biokinetic）モデルを活用した推計を行なった。Kabwe の約 20 地点から土壌、飲用水、ハウスダスト、食物などの環境試料を採材し、それらの鉛濃度から当該地域の子供の推定 BLL を算出した。また、環境修復により土壌中鉛濃度が低下した場合、低下率毎の BLL 変化を推定した。汚染レベルが高い地域では、土壌中鉛濃度を 95~99%低下させることで、BLL が CDC の定める reference level 以下となることが示された。また、土壌と食べ物が主要な暴露源であること、それら2つの寄与率は地域および年齢により異なることが示唆された（Nakata et al., under preparation）。

【研究グループ B：経済サブグループ（サブリーダー：樋渡雅人）】

- COVID-19 の影響で、現地調査による追加データ収集は実施できなかった。不足データの代替措置として、2017 年の Kabwe 調査データに加えて、既存研究による推計の補正值、シミュレーション（IEUBK モデル）の活用、本プロジェクトの他研究題目で得られたデータ（環境修復対策のコスト情報、鉛の飛散予測等）を活用することで、Kabwe における環境修復対策の費用便益分析を実施した。
- 鉛暴露が将来世代において改善されたことによる将来所得の上昇、および、鉛汚染による死亡率の低下、の2つの主経路からの便益を算出した。シナリオとしては、①鉱滓地対策のみ、②鉱滓地対策＋住宅地帯（小規模）、③鉱滓地対策＋住宅地帯（大規模）の3つを想定し、さらに鉱滓地対策については、LPR 地帯に限定したケースも算出した。今後 50 年間の費用便益分析からは、どのシナリオにおいても便益が費用を概ね上回るという結果を得た。特に、鉱滓地エリアに限定した対策は、長期的に費用対効果が大きくなることなどが見出された。
- 今回の費用便益分析では、貨幣換算価値の計算手法について精緻な学術的検証が必要となる住民の QOL や環境の経済的価値などの価値関連は便益として排除しており、便益の試算は比較的保守的なものとなっている。しかし、今回の分析により、修復対策に経済性が認められることを示すことは、現地行政の環境政策への動機付けとして非常に有効であり、関係省庁・局に高い関心を持たれている。

②研究題目2の当初計画では想定されていなかった新たな展開

COVID-19 の影響により、プロジェクト実施期間を通じて現地調査が極めて困難であった。また、ZMERIP による検査・治療活動においても、一部の住民は感染リスクを懸念してクリニックへの訪問に消極的であるなどの課題が生じた。そのような難しい状況の中で、オンラインでのコミュニケーションや地道な啓発活動を通じた成果の最大化に努めた。

③研究題目2の研究のねらい（参考）

治療提供による保健・経済面への波及効果を検証する。研究題目3と共同で、環境修復措置のコス

ト試算、および環境修復による保健・経済面への波及効果を算出し、費用便益分析を行う。

④研究題目2の研究実施方法（参考）

SATREPS 事業により得られた知見や技術、経験をもとに、ZMERIP や現地医療機関との協働により、Kabwe 住民を対象とした大規模な検査および治療を実施する。治療前後の BLL 等のデータを解析し、治療効果を検証する。COVID-19 禍において現地調査による保健・社会経済データの取得が困難な場合は、モデリングやシミュレーションで代替し、効果検証を行う。

(4) 研究題目3：「鉛・亜鉛含有鉱滓（鉱山廃棄物）ダンプエリアからの鉛汚染拡散防止のための処理手法の比較と、保健・経済面への波及効果の検証」

（リーダー：伊藤真由美）

①研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

- 高度処理を含む各種処理手法の効果の比較・評価について、2020 年 8 月、9 月、2021 年 10 月に ZMERIP と合同会議を実施し、研究データの共有とディスカッションを行った。
- 一般的に、環境修復の実施および事後モニタリングは一過性の取り組みではなく、実際には長い年月を要する。本プロジェクト終了後も継続的な意見交換や議論を関係機関で継続する必要があるが、鉱山省、KMC、ZMERIP、北海道大学、UNZA の 5 者による合同委員会の設立についてザンビア側から提案があり、設立に向けて概ね合意が形成された。粘り強い取り組みが必要な環境汚染課題において、こうした組織の設立は社会実装における重要な成果である。
- ザンビアでの高度処理試験やその分析の自走化を目指し、ザンビア側への技術移転を行なった（マイルストーン 3-1）。COVID-19 に係る渡航制限により、日本からの渡航およびザンビアから日本への招聘は困難であったが、オンライン等での代替措置を講じた。ケミカルレメディエーションやバイオレメディエーションに関する新たな知見が蓄積された（Silwamba et al., under preparation）（Nakashima et al., under preparation）また、2021 年 3 月に北海道大学で学位を取得した Silwamba は 2021 年 4 月よりザンビア大学鉱山学部講師として復職し、現地での技術移転や研究活動の推進において重要な役割を果たした。
- UNZA 敷地内で実施したパイロットスケール試験は、2020 年 6 月に盛土の解体、盛土断面の分析、最終評価を予定していたが、COVID-19 の影響を受けて延期した。2021 年 10 月に予定していた作業の実施に至り、これにより精度の高い結果の評価が可能になった。周辺環境への汚染防止に関するポストモニタリングも継続しており、2022 年 3 月に完了する見込みである（Walubita et al., under preparation）（Tangviroon et al., under preparation）。
- 鉱山廃棄物ダンプエリアからの鉛拡散ルートの推定と健康被害予測を行った。これまでの研究から、汚染源である鉱山廃棄物ダンプエリアからの鉛拡散の主要ルートは(a)風による鉛含有粒子の飛散、(b)地下水汚染の拡散、が推定されていた。地下水経由での拡散は、SATREPS 事業で実施した「鉱山廃棄物ダンプエリアに掘削したモニタリング井戸の採水・分析」により、Kabwe の汚染事例においては影響が限定的であることが示されており、風による飛散の寄与率が大きいと考えられた。本プロジェクトでは、(a)風による鉛含有粒子の飛散に関するシミュレーション手法を開発し、拡散予測を行った。また、季節毎の風向や風速など詳細な気象条件について、鉛拡散に与える影響の評価を行な

った。Kabwe 鉱山敷地内にある IFS スラグ堆積場からの鉛含有廃滓の飛散シミュレーション、および鉛含有亜鉛浸出残渣堆積場からの鉛含有廃滓の飛散シミュレーションを実施し、その影響を評価した (Nakamura et al., Minerals, 2021)。また、衛星画像を用いた土壌水分分析と飛散シミュレーション結果の考察により、シミュレーション予測の精度向上を行なった (Nakamura et al., under preparation)。



鉱山廃棄物ダンプエリアのモニタリング井戸

- 各種の汚染拡散防止対策を適用した場合の効果予測を目的として、上述したシミュレーションを拡張し、処理後の拡散予測の比較（処理有り vs 処理無し）を行った。これらの結果を比較し、拡散防止対策や各種の処理工法が周辺の住民居住エリアに与える影響を評価した（マイルストーン 3-2）。工学分野の研究では一般的に、上述したような高度処理を含む各種処理手法の開発およびその成果発表が研究のエンドポイントとなる。本プロジェクトでは、各種処理手法の比較・評価とともに、処理後の汚染拡散のリスク評価、住民の健康被害予測、および ZMERIP や関係行政機関への提言までを実施する点で極めてユニークである。
- 各種処理手法を実践した場合の、保健・経済分野への影響予測を行った。実際の施工においては、コストや定期モニタリング・補修を勘案した長期的および短期的な双方の視野から適切な処理手法の選択・組み合わせが必要であり、これに応じて住民の健康被害予測結果も変化する。多様な社会経済データの解析を行っている研究題目 2 との連携により、治療および環境修復が社会経済に与える影響の定量化および社会経済学的な合理性と妥当性の評価を行い、ZMERIP や現地行政機関向けの提言書を作成した（マイルストーン 3-3）。この提言書は、Kabwe 鉱山内の鉱滓堆積場の概要、鉱滓堆積物中に含まれる鉛の周辺住民エリアへの拡散ルートの推定、風による飛散シミュレーション、鉱滓エリアおよび周辺汚染土壌の修復法の提案（安価な処理法から高度処理まで複数案）、各処理法のコスト試算、修復処理の有無による住民の健康被害の推定、各処理コストと健康被害低減による最終的な収支の予測（費用便益分析）から構成される。研究題目 2 の項目で上述した通り、鉱滓エリア・周辺汚染土壌の修復処理コストと比較し、鉛暴露低減による便益が大きいことが示された。この提言書

について、2021 年 10 月に現地関係機関への口頭説明および内容の調整を行い、その後 2021 年 12 月に最終化した（マイルストーン 3-3）。

②研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

COVID-19 の影響により現地渡航が難しく、計画に遅れが生じた。オンラインの活用などで対応し、当初計画の達成に努めた。

③研究題目 3 の研究のねらい（参考）

鉱山廃棄物ダンプエリアからの鉛汚染拡散防止の適切な実施を目指し、鉱山廃棄物の環境修復処理の実証試験、および他の高度処理手法の評価と総括を行い、保健・経済分野への波及効果についても検証する。

④研究題目 3 の研究実施方法（参考）

種々の汚染対策法を拡散予防とコストの両面から比較検証する。その際、長期的なモニタリングや修繕費用についても勘案する。他の研究題目と共同で、汚染対策コストおよび対策実施による保健・経済面への波及効果を算出し、それらの結果から費用便益分析を行うことで社会経済的なインパクトと妥当性を明らかにする。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

当初は 2020 年度末に本プロジェクトは終了予定であり、この前提で研究活動および社会実装に向けた取り組みを進めていた。しかし、COVID-19 の影響が甚大であり、現地渡航が極めて困難な状況が続いたため、プロジェクト関係機関の合意によりプロジェクト実施期間を 1 年間延長した。他方、2021 年度も COVID-19 の影響が終焉を迎えることはなく、オンラインや遠隔での取り組みに一部計画を代替することで、成果の最大化に努めた。本プロジェクトの終了後においても、社会実装の更なる深化に向けた継続的な取り組みが重要であるが、本プロジェクト期間中に蓄積した遠隔でのアプローチなどを活用することで、より大きな成果達成に向けた歩みを有機的に進めることができる。

本プロジェクトが取り組む課題においては ZMERIP との連携が極めて重要なものであった。上述した通り、保健分野では 1 万人を超える子供の検査と治療が行われた。環境修復分野でも、本プロジェクトからの提言に基づいた住宅地の修復工事がパイロット規模で実践された。本プロジェクトが当初想定していた社会実装に関する成果は十分に達成しており、今後はさらにスケールを拡大した取り組みが現地で展開されることが期待される。

学術研究に関しても、今後の更なる発展が見込まれる。上述した通り、本プロジェクトの取り組みを通じて多くの若手研究者の育成が行われた。ザンビア側では、北海道大学で博士号を取得した Mukumbuta（研究題目 1）、Kataba（研究題目 2）、Silwamba（研究題目 3）が現地の研究活動を主導し、ザンビア大学の学生らの指導を行っている。カウンターパートとして日本側との共同研究においても重要な役割を担っており、今後はさらに二国間の共同研究が加速すると考えられる。さらに、Mufalo（北海道大学・工学）は北海道大学の博士課程で本プロジェクトに関する重要な研究課題に取り組み、2022 年 9 月に博士号を取得する見込みである。また、研究題目 2 の日本側グループリーダー兼国際コーディネーターの中山（北海道大学・獣医）は、本プロジェクトなどのこれまでの実績を評価され、2022 年 1 月に UNZA の Visiting Researcher/Lecturer として就任した。今後は 2 年毎にこの職位を更新し、継続的な現地活動や教育活動の更なる発展に取り組む。

研究題目別の詳細は次の通りである。研究題目 1 では、主に鉛汚染土壌の肥沃化に向けた基礎的な情報である植物生育ポテンシャルや土壌微生物の変化について調べ、成果を上げた。さらに気象など鉛汚染土壌の飛散に関連するデータに関しても、オンラインウェザーステーションや人工衛星データを組み合わせ、解析を行うことができた。これらの成果をもとに、ZMERIP 等との連携も推進してきたが、こうした取り組みを継続させることは重金属リスク低減型の農法や植栽法をより広域で実施する枠組みの構築に繋がる。

研究題目 2 では、鉛の毒性に関する多様な知見を蓄積した。学術的な重要性の高さに加えて、これまで全容が未解明だった Kabwe 住民における健康影響の実態について明らかになったという点で社会的な意義も大きい。得られた試料やデータは、今後の更なる研究の拡張にも有用である。学術的なエビデンスをもとにした検査・治療プログラムの実践も大きな成果であり、これはザンビア政府が主体となり今後も継続される見込みである。環境汚染課題は一朝一夕で解決されるものではなく、長期的な取り組みが必要である。この点において、プロジェクト終了後においても取り組みが継続される道筋を構築できたことの意義は極めて大きい。経済分野における費用便益分析の関する知見は、こうした成果を後押しする本プロジェクトにおける重要なファクターであったが、環境分野における類い稀なグッドプラクティスでもある。ライフサイエンスと社会経済学を融合させた学際的なアプロ

一チは、他の汚染地域への水平展開も期待される。また社会実装の観点からもモニタリングラボをプロジェクト終了後にも運用することが可能な人材育成と組織体制を構築している。

研究題目3においては、高度処理の試験技術や分析技術の技術移転を目的としたザンビア側メンバーの日本への招聘を計画していたが、COVID-19に係る渡航制限により実施することができなかった。一方、2021年10月に日本側メンバーがザンビアに渡航した際、パイロット試験場の最終解体やKabwe 鉱山でのモニタリング井戸の採材・分析などを行い、現地での技術指導の機会となった。これ以外にもオンラインなど遠隔ツールを用いた取り組みを推進しており、こうした取り組みはプロジェクト終了後にも継続可能なものである。上述した研究題目2の保健・社会経済に係るデータと鉛中毒の治療コスト、および本研究題目3の汚染源処理の費用データを組み合わせた取り組みは、関係行政機関への働きかけに有効なものであり、今後こうしたアプローチを推進することが重要と考えられる。また、上述の通り本プロジェクトからの提言に基づいたZMERIPの環境修復活動が既に始動しており、この活動は今後さらに発展していく見通しである。



ZMERIPによる住宅地の環境修復。非汚染土壌による被覆や植栽を実施

また、本事業の他国、他地域への展開については、本事業で得られた知見をもとにした概説論文をWHOとの共著で作成し、学術誌に投稿している。また、WHOのレポートにも掲載される予定である。本事業の取り組みは世界銀行ZMERIPの報告書等にも明記される見込みであり、こうした国際機関が発行する媒体を通じた水平展開を進めている。

今後の継続性として、ザンビア大学と世界銀行は、分析依頼に関する契約も行うことで話を進めており、ザンビア政府や世界銀行から引き続き継続した協力を正式に求められている。以上のように、事業終了後も継続した汚染モニタリングなどが可能となっている。

Ⅲ. 社会実装に向けた課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

（1）プロジェクト全体

- 2021年8月に大統領選を含む総選挙がザンビアで行われ、政権交代が起きた。社会実装に向けては現地行政機関との連携が欠かせないが、SATREPS事業の実施期間中であつた2019年度に事務次官級官僚の大規模な人事異動が行われた際、高等教育省などの関連省庁も対象となり、関係者が異動となった経緯があつた。こうした経験をもとに、選挙後に後任の事務次官等とコミュニケーションを密にし、関係性の構築により一層努めるなど、プロジェクトへの理解や支援取り付けを行った。これらの対応により、新政権とも良好な関係性を築くことができた。

【終了報告書】【210531】

- COVID-19 の世界的な拡大に伴い、日本からの渡航禁止措置やザンビア国内の移動制限、ザンビア大学の閉鎖などが行われた。感染症の蔓延は国際共同研究および現地における社会実装を進める上での主要なリスク要因の一つではあるが、過去に前例がないほど多くのプロジェクトに甚大な影響が生じた。一方、本プロジェクトでは TV 会議システムなどのオンラインシステム関連のインフラ整備を進めているほか、実施に先立って採材からラボ実験、データ解析までの一連の流れをザンビア国内で完結させるためのモニタリングラボの構築と技術移転を SATREPS 事業で進めていたことから、様々な制限のもとであってもプロジェクト活動の完全な停止は免れた。Capacity development に関連する取り組みは、こうしたリスク要因への有効な対応策にも成り得る。



政権交代後の鉱山省・事務次官との協議

- (2) 研究題目 1 : 「農学分野の長期的環境修復のためのグリーンパーク構築」
(リーダー：内田義崇)
- 現地渡航が困難であるのがプロジェクト実施期間を通じた課題であった。現地に滞在する若手研究者や学生らを軸に、UNZA 学生も研究に巻き込みながら研究を進めるという形で工夫した。またオンラインデバイスを効率よく使い、ウェザーステーションなどのデータに不備があった際なるべく迅速にリモートで解決にあたる等の流れを構築した。
- 実証試験においては、土地を継続的に管理・運営するための枠組みが必要であり、プロジェクト実施後のフィールドをどう用いるか協議を前もって行うことが重要である。
- (3) 研究題目 2 「鉛中毒治療の実践および保健・経済面への波及効果の検証」
(リーダー：中山翔太)
- SATREPS 事業から続く密で積極的なコミュニケーションやサポートにより、2020 年度に ZMERIP による Kabwe 住民への検査・治療の提供に至った。COVID-19 の影響は特に保健分野の取り組みにおいてインパクトが大きく、感染機会となり得る医療機関への受診を住民が避ける、医療機関のリソースが COVID-19 対応に集中される、などの状況がみられた。こうした状況

においても、関係機関と良好な関係性を保ち、プロジェクトが取り組む課題の重要性を丁寧に説明することが、活動の推進に繋がった。現地機関や他ドナーとの協同により国際共同研究のインパクトはより大きなものとなるが、実施においてはこうした積極的なコミュニケーションとサポートが極めて重要となる。

- 環境課題の解決を目指した社会実装を目指す場合は、一般により長い時間が求められる。獣医・保健および経済チームは、日本とザンビアの両国メンバーの連携のもと、科研費プロジェクト（国際共同研究加速基金（国際共同研究強化（B））にそれぞれ採択されている。本プロジェクトの終了後においても保健および社会経済調査を継続的に実施するスキームを確保し、本プロジェクト期間に得られる成果の更なる深化や具体的な社会実装に向けて取り組みを進めていく。
- **Hangoma（UNZA・公衆衛生）**を日本に招聘し、社会経済分野において共同でデータ解析を進めることを予定していたが、**COVID-19**の影響によりキャンセルとなった。予定していた共同解析は、オンラインにより代替した。

（4）研究題目3「鉛・亜鉛含有鉱滓（鉱山廃棄物）ダンプエリアからの鉛汚染拡散防止のための処理手法の比較と、保健・経済面への波及効果の検証」

（リーダー：伊藤真由美）

- **COVID-19**に係る渡航制限を受け、現地機関との対面会議は1回のみ（2021年10月渡航）となった。そのため、**ZMERIP**やその関係組織とはオンライン会議を重ね、先方の調査状況や本プロジェクトで提案した複数の具体的な施工法に関する情報共有と意見交換を行った。渡航による現地訪問では時間に制約があるが、比較的時間を確保しやすいという点でオンライン会議にはメリットがあり、充実したディスカッションを行うことができた。今後は渡航再開後においても、訪問・対面会議方式だけでなく、オンライン方式も柔軟に取り入れることでより深い議論が可能と考えられる。
- 上述の通り、鉱山省、KMC、**ZMERIP**、北海道大学、**UNZA**の5者合同での合同委員会の設立に向けて概ね合意を形成した。環境修復分野における継続的な情報共有を目的としているが、一般に環境課題の解決には長い年月がかかることから、こうしたプラットフォームの構築は社会実装における重要なアウトプットである。

IV. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- 本プロジェクトが得た保健および環境修復分野における研究結果は、上述のように **ZMERIP** の活動計画の基礎データおよびプロトコールとして採用されている。
- 2021年4月に、ザンビアの主要新聞社である **Zambia Daily Mail** の紙面において本プロジェクトに関する取り組みが紹介された。
- 国際学会の多くがオンライン開催となっているが、この利点を生かして積極的に国際学会での研究発表を行なっている。世界各国の環境化学、毒性学、工学等の分野の研究者に対して本プロジェクトの概要および研究成果を発表した。
- 本プロジェクトの成果に関するプレスリリースを発出しており、多数の海外メディアに引用・報道されている。

【終了報告書】【210531】

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VII. その他（非公開）

以上

V. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2020	Silwanba M, Ito M, Hiroyoshi N, Tabelin CB, Hashizume R, Fukushima T, Park I, Jeon S, Igarashi T, Sato T, Chirwa M, Banda K, Nyambe I, Nakata H, Nakayama S, Ishizuka M. Recovery of Lead and Zinc from Zinc Plant Leach Residues by Concurrent Dissolution–Cementation Using Zero–Valent Aluminum in Chloride Medium. <i>Metals</i> . 10(4): 531 (2020).	10.3390/m10040531	国際誌	発表済	
2020	Yohannes YB, Nakayama SMM, Yabe J, Nakata H, Toyomaki H, Kataba A, Muzandu K, Ikenaka Y, Choongo K, Ishizuka M. Blood Lead Levels and Aberrant DNA Methylation of the ALAD and p16 Gene Promoters in Children Exposed to Environmental–Lead. <i>Environmental Research</i> . 109759 (2020).	10.1016/j.envres.2020.109759	国際誌	発表済	北海道大学、JSTで共同プレスリリース、国内外のメディアに掲載された(「V. 受賞等」を参照)
2020	Doya R*, Nakayama SMM* (* Equal Contribution), Nakata H, Toyomaki H, Yabe J, Muzandu K, Yohannes Y, Kataba A, Zyambo G, Ogawa T, Uchida Y, Ikenaka Y, Ishizuka M. Land Use in Habitat Affects Metal Concentrations in Wild Lizards Around a Former Lead Mining Site. <i>Environmental Science & Technology</i> . 52(22), 14474–14481 (2020).	10.1021/acs.est.0c00150	国際誌	発表済	環境科学分野におけるトップジャーナル。北海道大学HPでプレスリリース(「V. 受賞等」を参照)
2020	Silwanba M, Ito M, Hiroyoshi N, Tabelin CB, Fukushima T, Park I, Jeon S, Igarashi T, Sato T, Nyambe I, Chirwa M, Banda K, Nakata H, Nakayama SMM, Ishizuka M. Detoxification of lead-bearing zinc plant leach residues from Kabwe, Zambia by coupled extraction–cementation method. <i>Journal of Environmental Chemical Engineering</i> . 104197 (2020).	10.1016/j.jece.2020.104197	国際誌	発表済	
2020	Yoshii Y, von Rein I, Munthali K, Mwansa M, Nakata H, Nakayama S, Ishizuka M, Uchida Y. Evaluation of phytoremediation effects of chicken manure, urea and lemongrass (<i>Cymbopogon citratus</i>) to remediate a lead contaminated soil in Kabwe, Zambia. <i>South African Journal of Plant and Soil</i> . 37(5), 351–360 (2020).	10.1080/02571862.2020.1772386	国際誌	発表済	
2020	Nakata H*, Nakayama SMM* (* Equal contribution), Yabe J, Muzandu K, Toyomaki H, Yohannes YB, Kataba A, Zyambo G, Ikenaka Y, Choongo K, Ishizuka M. Clinical biochemical parameters associated with the exposure to multiple environmental metals in residents from Kabwe, Zambia. <i>Chemosphere</i> . 127788 (2020).	10.1016/j.chemosphere.2020.127788	国際誌	発表済	北海道大学HPで共同プレスリリース、国内外のメディアに掲載された(「V. 受賞等」を参照)
2020	Andrew Kataba, Tarryn L. Botha, Shouta M.M Nakayama, Yared B. Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Victor Wepener, Mayumi Ishizuka. Acute exposure to environmentally relevant Pb levels induces oxidative stress and neurobehavioral alterations in larval zebrafish (<i>Danio rerio</i>). <i>Aquatic Toxicology</i> . 105607 (2020).	10.1016/j.aquatox.2020.105607	国際誌	発表済	
2020	Daichi Yamada, Masato Hiwatari, Peter Hangoma, Daiju Narita, Chrispin Mphuka, Bona Chitah, John Yabe, Shouta M.M. Nakayama, Hokuto Nakata, Kennedy Choongo, Mayumi Ishizuka. Assessing the population–wide exposure to lead pollution in Kabwe, Zambia: an econometric estimation based on survey data. <i>Scientific Reports</i> . 10: 15092 (2020).	10.1038/s41598-020-71998-5	国際誌	発表済	
2020	Pawit Tangviroon, Kenta Noto, Toshifumi Igarashi, Takeshi Kawashima, Mayumi Ito, Tsutomu Sato, Walubita Mufalo, Meki Chirwa, Imasiku Nyambe, Hokuto Nakata, Shouta Nakayama, Mayumi Ishizuka. Immobilization of lead and zinc leached from mining residual materials in Kabwe, Zambia: Possibility of chemical immobilization by dolomite, calcinated dolomite, and magnesium oxide. <i>Minerals</i> . 10(9): 763 (2020).	10.3390/min10090763	国際誌	発表済	
2020	Wilson Mwandira, Kazunori Nakashima, Satoru Kawasaki, Allison Arabelo, Kawawa Banda, Imasiku Nyambe, Meki Chirwa, Mayumi Ito, Tsutomu Sato, Toshifumi Igarashi, Hokuto Nakata, Shouta M.M Nakayama, Mayumi Ishizuka. Biosorption of Pb (II) and Zn (II) from aqueous solution by <i>Oceanobacillus profundus</i> isolated from an abandoned mine. <i>Scientific Reports</i> . 10: 21189 (2020).	10.1038/s41598-020-78187-4	国際誌	発表済	
2020	Patricia N. Mwilola, Ikabongo Mukumbuta, Victor Shitumbanuma, Benson H. Chishala, Yoshitaka Uchida, Hokuto Nakata, Shouta M.M Nakayama, Mayumi Ishizuka. Lead, Zinc and Cadmium Accumulation, and Associated Health Risks, in Maize Grown Near the Kabwe Mine in Zambia in Response to Organic and Inorganic Soil Amendments. <i>Int. J. Environ. Res. Public Health</i> . 17(23): 9038 (2020).	10.3390/ijerph17239038	国際誌	発表済	
2020	Yared B. Yohannes, Shouta M.M. Nakayama (Co–corresponding), John Yabe, Haruya Toyomaki, Andrew Kataba, Hokuto Nakata, Kaampwe Muzandu, Yoshinori Ikenaka, Kennedy Choongo, Mayumi Ishizuka (Co–corresponding). Delta–aminolevulinic acid dehydratase (ALAD) and vitamin D receptor (VDR) genes polymorphisms in children residing in an abandoned lead–zinc mine area. <i>Meta Gene</i> . 27 (2021).	10.1016/j.mgene.2020.100838	国際誌	発表済	
2020	Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, Andrew Kataba, Yared Beyene Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Evaluation of the ameliorative effect of <i>Spirulina</i> (<i>Arthrospira platensis</i>) supplementation on parameters relating to lead poisoning and obesity in C57BL/6J mice. <i>Journal of Functional Foods</i> . 77, 104344 (2021).	10.1016/j.jff.2020.104344	国際誌	発表済	
2020	Andrew Kataba, Shouta M.M Nakayama (Co–corresponding), Hokuto Nakata, Haruya Toyomaki, Yared B Yohannes, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Golden Zyambo, Ayano Kubota, Takehisa Matsukawa, Kazuhito Yokoyama, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka (Co–corresponding). An investigation of the wild rat crown incisor as an indicator of lead (Pb) exposure using inductively couple plasma mass spectrometry (ICP–MS) and laser ablation–ICP–MS. <i>International Journal of Environmental Research and Public health</i> . 18(2):767 (2021).	10.3390/ijerph18020767	国際誌	発表済	
2020	Nakata H (Equal contribution), Nakayama SMM (Equal contribution, Co–corresponding), Yabe J, Muzandu K, Toyomaki H, Yohannes YB, Kataba A, Zyambo G, Ikenaka Y, Choongo K, Ishizuka M (Co–corresponding). Assessment of LeadCare® II analysis for testing of a wide range of blood lead levels in comparison with ICP–MS analysis. <i>Chemosphere</i> . 129832 (2021).	10.1016/j.chemosphere.2021.129832	国際誌	発表済	
2020	Wilson Mwandira, Kazunori Nakashima, Yuki Togo, Tsutomu Sato, SatoruKawasaki, Cellulose–metallothionein biosorbent for removal of Pb(II) and Zn(II) from polluted water. <i>Chemosphere</i> . 246, 125733 (2020).	10.1016/j.chemosphere.2019.125733	国際誌	発表済	
2020	Yuki Togo, Kazunori Nakashima, Wilson Mwandira, and Satoru Kawasaki, A Novel Metal Adsorbent Composed of a Hexa–histidine Tag and a Carbohydrate–binding Module on Cellulose, <i>Analytical Sciences</i> , 36(4), 459–464 (2020).	10.2116/analyticalsci.19P356	国際誌	発表済	

2021	Hokuto Nakata, Harukazu Tohyama, Wakako Fujita, Shouta M.M. Nakayama, Mayumi Ishizuka, John Yabe, Nosiku S. Munyinda, Doreen Sakala, Kennedy Choongo, Shojiro Yamasaki, Natsumi Nagai, Takahiko Yoshida, Takeshi Saito. The impact of elevated blood lead levels in children on maternal health-related quality of life. <i>Chemosphere</i> . 130490 (2021)	10.1016/j.chemosphere.2021.130490	国際誌	発表済	北海道大学HPでプレスリリース(「V. 受賞等」を参照)
2021	Junpei Yamazaki, Haruya Toyomaki, Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Jaroslav Jelinek, Shoko Yokoyama, Yoshinori Ikenaka, Mitsuyoshi Takiguchi, Mayumi Ishizuka. Genome-wide DNA methylation analysis of dogs with high lead exposure living near a lead mining area in Kabwe, Zambia. <i>Environmental Pollution</i> . 117229 (2021)	10.1016/j.envpol.2021.117229	国際誌	発表済	北海道大学HPでプレスリリース(「V. 受賞等」を参照)
2021	Toyomaki H, Yabe J, Nakayama SMM, Yohannes YB, Muzandu K, Mufune T, Nakata H, Ikenaka Y, Kuritani T, Nakagawa M, Choongo K, Ishizuka M. Lead concentrations and isotope ratios in blood, breastmilk and feces: Contribution of both lactation and soil/dust exposure to infants in a lead mining area, Kabwe, Zambia. <i>Environmental Pollution</i> (2021, in press)	10.1016/j.envpol.2021.117456	国際誌	発表済	
2021	Yared Beyene Yohannes, Shouta M. M. Nakayama, John Yabe, Haruya Toyomaki, Andrew Kataba, Hokuto Nakata, Kaampwe Muzandu, Yoshinori Ikenaka, Kennedy Choongo, Mayumi Ishizuka. Glutathione S-transferase gene polymorphisms in association with susceptibility to lead toxicity in lead- and cadmium-exposed children near an abandoned lead-zinc mining area in Kabwe, Zambia (2021)	10.1007/s11356-021-16098-1	国際誌	発表済	
2021	Shinsaku Nakamura, Toshifumi Igarashi, Yoshitaka Uchida, Mayumi Ito, Kazuyo Hirose, Tsutomu Sato, Walubita Mufalo, Meki Chirwa, Imasiku Nyambe, Hokuto Nakata, Shouta Nakayama, Mayumi Ishizuka. Evaluation of Dispersion of Lead-Bearing Mine Wastes in Kabwe District, Zambia. <i>Minerals</i> . 11(8):901 (2021)	10.3390/min11080901	国際誌	発表済	
2021	Yared Beyene Yohannes (Equal contribution), Shouta M. M. Nakayama (Equal contribution, Co-corresponding), John Yabe, Haruya Toyomaki, Andrew Kataba, Hokuto Nakata, Kaampwe Muzandu, Yoshinori Ikenaka, Kennedy Choongo, Mayumi Ishizuka (Co-corresponding). Glutathione S-transferase gene polymorphisms in association with susceptibility to lead toxicity in lead- and cadmium-exposed children near an abandoned lead-zinc mining area in Kabwe, Zambia. <i>Environ Sci Pollut Res</i> . (2021)	10.1007/s11356-021-16098-1	国際誌	発表済	
2021	Andrew KATABA, Shouta M.M. NAKAYAMA (Co-corresponding), Yared Beyene YOHANNES, Haruya TOYOMAKI, Hokuto NAKATA, Yoshinori IKENAKA, Mayumi ISHIZUKA (Co-corresponding). Effects of zinc on tissue uptake and toxicity of lead in Sprague Dawley rat. <i>JVMS</i> (2021)	10.1292/jvms.20-0684	国際誌	発表済	
2021	Walubita Mufalo, Pawit Tangviroon, Toshifumi Igarashi, Mayumi Ito, Tsutomu Sato, Meki Chirwa, Imasiku Nyambe, Hokuto Nakata, Shouta Nakayama, Mayumi Ishizuka. Solid-phase partitioning and leaching behavior of Pb and Zn from playground soils in Kabwe, Zambia. <i>Toxics</i> . 9(10):248 (2021)	10.3390/toxics9100248	国際誌	発表済	
2021	Andrew Kataba, Tarryn L. Botha, Shouta M.M. Nakayama, Yared B. Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Victor Wepener, Mayumi Ishizuka. Environmentally relevant lead (Pb) water concentration induce toxicity in zebrafish (<i>Danio rerio</i>) larvae. <i>Comparative Biochemistry and Physiology, Part C</i>	10.1016/j.cbpc.2021.109215	国際誌	発表済	
2021	Given Moonga, Moses N. Chisola, Ursula Berger, Dennis Nowak, John Yabe, Hokuto Nakata, Shouta Nakayama, Mayumi Ishizuka, Stephan Bose-O'Reilly. Geospatial approach to investigate spatial clustering and hotspots of blood lead levels in children within Kabwe, Zambia. <i>Environmental Research</i> (2022)	10.1016/j.envres.2021.112646	国際誌	発表済	
2021	Hokuto Nakata, Akifumi Eguchi, Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Kaampwe, Muzandu, Yoshinori Ikenaka, Chisato Mori, Mayumi Ishizuka. Metabonomic Alteration in the Plasma of Wild Rodents Environmentally Exposed to Lead: A Preliminary Study. <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> (2022)	10.3390/ijerph19010541	国際誌	発表済	
2021	Kazuhiro TOYODA, Shota NAKANO, Shunitz TANAKA, Kawawa BANDA, Imasiku A. NYAMBE, Tsuyoshi ISHIKAWA, Shouta NAKAYAMA, Mayumi ISHIZUKA. Geochemical identification of particulate lead pollution in shallow groundwater in inhabited areas in Kabwe, Zambia. <i>Applied Geochemistry</i> (2022)		国際誌	accepted	

論文数 29 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 29 件
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ一おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2020	Ishii C, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Kuritani T, Nakagawa M, Saito K, Watanabe Y, Ogasawara K, Onuma M, Haga A, Ishizuka M. Current situation regarding lead exposure in birds in Japan (2015 – 2018); lead exposure is still occurring. <i>JVMS</i> . 20-0104 (2020)	10.1292/jvms.20-0104	国際誌	発表済	
2020	Ushine N, Nakayama SMM, Ishizuka M, Sato T, Kurahashi Y, Wakayama E, Sugiura N, Hayama S. Relationship between blood test values and blood lead (Pb) levels in Black-headed gull (<i>Chroicocephalus ridibundus</i> : Laridae). <i>JVMS</i> . 20-0246 (2020)	10.1292/jvms.20-0246	国際誌	発表済	
2021	Ryouta Torimoto, Chihiro Ishii, Hiroshi Sato, Keisuke Saito, Yukiko Watanabe, Kohei Ogasawara, Ayano Kubota, Takehisa Matsukawa, Kazuhito Yokoyama, Atsushi Kobayashi, Takashi Kimura, Shouta M. M. Nakayama, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Analysis of lead distribution in avian organs by LA-ICP-MS: study of experimentally lead-exposed ducks and kites. <i>Environmental Pollution</i> . 117086 (2021)	10.1016/j.envpol.2021.117086	国際誌	発表済	

論文数 3 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 3 件
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2020	中田北斗(他)、ザンビアを知るための55章(明石書店)		書籍	発表済	
2021	中田北斗(他)、日本の国際協力 中東・アフリカ編(ミネルヴァ書房)		書籍	発表済	

著作物数 2 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

V. 成果発表等

(2)学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、年月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2020	国際学会	Mufalo, W., Tangviroon, P., Igarashi, T., Ito, M., Sato, T., Chirwa, M., Nyambe, I., Nakata, H., Nakayama, S., Ishizuka, M., Characterization and leaching behavior of playground soils in Kabwe, Zambia, Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2020, pp. 154-157, 2020.	ポスター発表
2020	国内学会	Andrew Kataba, Tarryn L. Botha, Shouta M.M Nakayama, Yared B. Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Victor Wepener and Mayumi Ishizuka, Effects of environmentally and regulatory lead (Pb) levels on survival, neuromuscular, cardiovascular and oxidative stress systems in zebrafish embryos、環境化学オンライン研究発表会2020、2020年9月3日～9月4日、Web conference	口頭発表
2020	国際学会	Andrew Kataba, Tarryn L. Botha, Shouta M.M Nakayama, Yared B. Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Victor Wepener and Mayumi Ishizuka. Embryonic lead exposure induced development toxicity, neuromuscular, cardiovascular and oxidative stress responses in zebrafish (Danio rerio). The 8th Sapporo Summer Symposium for One Health (8th SaSSOH), 16-17th Sep 2020. Hokkaido University (Online)	ポスター発表
2020	国際学会	Andrew Kataba, Tarryn L. Botha, Shouta M.M Nakayama, Yared B. Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Victor Wepener and Mayumi Ishizuka. Environmentally relevant lead levels induce neuromuscular, cardiovascular and oxidative stress systems derangements in zebrafish embryos. SETAC North America 41st Annual Meeting. 15-19 November 2020. Web conference	ポスター発表
2020	国際学会	Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, Andrew Kataba, Yared Beyene Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Does Spirulina (Arthrospira platensis) Supplementation Ameliorate Lead Poisoning and Obesity in C57BL/6J mice?. SETAC North America 41st Annual Meeting. 15-19 November 2020. Web conference	ポスター発表
2020	国際学会	Mengmei Zhang, Takashi Fujimori, Shouta MM Nakayama, Kenji Shiota, Hokuto Nakata, Mayumi Ishizuka, John Yabe, Masaki Takaoka. Characteristics of Metal(loid)s, Chlorine and Brominated Flame Retardants in Soil from MSW Open Dumping and Burning Site in Kabwe, Zambia. The 7th 3R International Scientific Conference, 3RINCS, 15-19 March 2021. Web conference	口頭発表
2021	国際学会	Shouta M.M. Nakayama, Rio Doya, Hokuto Nakata, Haruya Toyomaki, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Yared B. Yohannes, Andrew Kataba, Golden Zyambo, Takahiro Ogawa, Yoshitaka Uchida, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Land use in habitats affects metal concentration in wild lizards around a former lead mining area. SETAC Europe 2021, 3-6 May 2021, Virtual Meeting	ポスター発表
2021	国内学会	Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Investigation of major sources of human exposure and estimation of exposure reduction effects by environmental remediation using IEUBK model in lead-contaminated area. 第29回環境化学討論会、2021年6月1日～6月4日、千里ライフサイエンスセンター、大阪府／バーチャル	口頭発表
2021	国内学会	Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, Andrew Kataba, Yared B. Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Evaluation of the mitigative effect of Spirulina (Arthrospira platensis) supplementation on lead poisoning and obesity in C57BL/6J mice. 第29回環境化学討論会、2021年6月1日～6月4日、千里ライフサイエンスセンター、大阪府／バーチャル	ポスター発表
2021	国際学会	Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Investigation of human exposure sources and estimation of exposure reduction effects by environmental remediation using IEUBK model in lead-contaminated area. 9th Zambia Water Forum and Exhibition. 7-8 June 2021, Virtual meeting	口頭発表
2021	国際学会	Tina Kapandula, Ikabongo Mukumbuta, Benson Chishala. Effects of biochar and lime on leaching of lead and zinc in heavy metal contaminated soils of Kabwe, Zambia. 9th Zambia Water Forum and Exhibition. 7-8 June 2021, Virtual meeting	口頭発表
2021	国際学会	Kataba A, Botha TL, Nakayama SMM, Ikenaka Y, Wepener V, Ishizuka M. Environmentally relevant water lead (Pb) levels affects swimming behaviour and molecular subcellular responses of larval zebrafish (Danio rerio). 9th Zambia Water Forum and Exhibition. 7-8 June 2021, Virtual meeting	口頭発表
2021	国際学会	Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, Andrew Kataba, Yared Beyene Yohannes, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka, Evaluation of the ameliorative effect of Spirulina (Arthrospira platensis) supplementation on lead poisoning and obesity in C57BL/6J mice、日本アフリカ学会北海道支部オンラインレクチャー、Online、On-demand	招待講演
2021	国内学会	Yared Beyene Yohannes, Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Hokuto Nakata, Haruya Toyomaki, Andrew Kataba, Kaampwe Muzandu, Kennedy Choongo, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. (Epi) Genetic Effects of δ -Aminolevulinic Acid Dehydratase (ALAD) in Children Exposed to Environmental Lead - a primary study from Kabwe, Zambia. 48th Annual meeting of Japanese Society of Toxicology. Online (Hybrid). 07-09, July 2021	口頭発表
2021	国内学会	村上昂暉、中山翔太、一瀬貴大、中田北斗、Yared B. Yohannes、Andrew Kataba、平井杏梨、池中良徳、石塚真由美、鉛中毒マウスの短期作業記憶低下および血中ステロイドの分析、第164回 日本獣医学会学術集会 日本比較薬理学・毒性学会、Online、2021年9月7～9日	口頭発表
2021	国内学会	Doya Rio, Nakayama M.M. Shouta, Nakata Hokuto, Toyomaki Haruya, Yabe John, Muzandu Kaampwe, Yohannes B. Yared, Kataba Andrew, Kuritani Takeshi, Nakagawa Mitsuhiro, Uchida Yoshitaka, Ikenaka Yoshinori, Ishizuka Mayumi. Isotopic Evaluation of the Contribution of Dust from a Mining Site to Heavy Metal Exposure to Wild Lizards. The 9th SaSSOH, 2021. Online. 15-16 Sep 2021	ポスター発表
2021	国内学会	Nyein Chan Soe, Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Hokuto Nakata, Yared B. Yohannes, Kenneth Chawinga, Golden Zyambo, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Accumulation of toxic and trace metals in organs of stray dogs from Kabwe in Zambia. The 9th SaSSOH, 2021. Online. 15-16 Sep 2021	ポスター発表
2021	国際学会	Rio Doya, Shouta M.M. Nakayama, Hokuto Nakata, Haruya Toyomaki, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Yared B. Yohannes, Andrew Kataba, Yoshitaka Uchida, Yoshinori Ikenaka, and Mayumi Ishizuka. Eco-Toxicological Investigation into Lead Exposure to Wild Lizards via Respiratory System. The 14th Asian Society of Conservation Medicine. Hokkaido University/hybrid. 22-24 Sep 2021	口頭発表
2021	国際学会	Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Kennedy Choongo, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Investigation of Human Exposure Sources and Estimation of Exposure Reduction Effects by Environmental Remediation Using IEUBK Model in Lead-contaminated Area. SETAC North America 42nd Annual Meeting. Online. 14-18 November, 2021	口頭発表
2021	国際学会	Nakayama SMM, Toyomaki H, Yabe J, Yohannes YB, Muzandu K, Mufune T, Nakata H, Ikenaka Y, Kuritani T, Nakagawa M, Choongo K, Ishizuka M. Lead Concentrations and Isotope Ratios in Blood, Breast Milk, and Feces: Contribution of Both Lactation and Soil/Dust Exposure to Infants in a Lead Mining Area—Kabwe, Zambia. SOT 61st Annual Meeting & Toxexpo, 27-31, 2022	ポスター発表

招待講演	1 件
口頭発表	10 件
ポスター発表	9 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、年月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2020	国内学会	内田義崇、中山翔太、中田北斗、龍見史恵、腸内と土壌を行き来する微生物コミュニティは鉛汚染地域にどのように適応しているのか、第6回北海道大学部局横断シンポジウム、2020年10月19日、北海道大学(オンライン開催)	ポスター発表
2020	国際学会	Akira NAGATA, Chikae TATSUMI, Yoshitaka UCHIDA. Evaluation of microbial denitrification processes in heavy metal polluted soil. The 68th Annual Meeting of the Ecological Society of Japan, 17th – 21st March, 2021, online	ポスター発表

招待講演	0 件
口頭発表	0 件
ポスター発表	2 件

V. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数0 件

公開すべきでない特許出願数0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数0 件

公開すべきでない特許出願数0 件

V. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日 (例:2020/4/1)	賞の名称	業績名等 (「○○の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2020	2020年4月10日	Hot Article Award	A novel metal adsorbent composed of hexa-histidine tag and carbohydrate-binding module on cellulose	Yuki Togo	Analytical Sciences	3.一部当課題研究の成果が含まれる	大学院生の受賞
2020	2020年6月25日	環境化学賞	環境毒性学を中心に据えた化学物質適正管理への学術貢献	石塚真由美	第29回環境化学討論会	2.主要部分が当課題研究の成果である	研究代表者の受賞
2021	2021年9月24日	Excellent Presentation Award	Eco-Toxicological Investigation into Lead Exposure to Wild Lizards via Respiratory System	銅谷理緒	The 14th Asian Society of Conservation Medicine	2.主要部分が当課題研究の成果である	若手研究者の受賞

3 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日 (例:2020/4/1)	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2020	2020年7月9日	国立環境研究所 環境情報メディア「環境展望台」	北大・ザンビア大、野生トカゲの鉛暴露に関する調査を実施		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年7月9日	北海道大学ホームページ	土地利用の方法が鉱山由来の鉛暴露に与える影響をトカゲに着目したフィールドリサーチから		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年7月21日	国立環境研究所 環境情報メディア「環境展望台」	北大など、子どもの血中鉛濃度とエピジェネティック修飾変化の関係を解明		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年7月21日	北海道大学ホームページ、JSTホームページ	ザンビア共和国カプウェ鉱床地域の子どもの血中鉛濃度とDNAメチル化レベルとの関係性を調査		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月7日	Hokkaido University HP	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月7日	Mirage News (Australia)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月7日	asiaresearchnews (United Kingdom)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月7日	Phys.org (United States)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月7日	Bioengineer.org (United Kingdom)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月7日	EurekAlert! (United States)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月7日	Science Codex (United States)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月7日	News-Medical (United States)	Study shows link between high blood lead levels and aberrant methylation of DNA		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月8日	ScienceDaily (United States)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月8日	Environmental News Network (United States)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月8日	Bright Surf (United Kingdom)	Lead poisoning could reduce gene expression in humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月8日	The Medical News	Study shows link between high blood lead levels and aberrant methylation of DNA		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月8日	Health Medicine Network (United States)	Study shows link between high blood lead levels and aberrant methylation of DNA		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月8日	Targeted News Service (Print Edition) (United States)	Hokkaido University: Lead Poisoning Could Reduce Gene Expression in Humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月8日	Medindia (India)	Lead Poisoning Shown to Reduce Gene Activity		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月10日	Labroots (United States)	Lead Exposure Seems to Affect Gene Expression in Kids		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月10日	Technology Networks (United Kingdom)	Scientists Find Link Between Lead Poisoning and Reduced Gene Expression		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月10日	Laboratory Equipment (United States)	Lead Poisoning Could Reduce Gene Expression in Humans		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年8月10日	AzoLifeSciences (United Kingdom)	Increased blood lead levels in children are linked to reduced expression of genes		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年10月12日	国立環境研究所 環境情報メディア「環境展望台」	北大など、ザンビアの鉱業都市で重金属曝露リスクを評価		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年10月12日	北海道大学、JICA	ザンビア共和国カプウェ鉱床地域での住民の健康影響評価～鉱山由来の鉛・カドミウム・亜鉛による住民の造血・肝臓・腎臓機能への影響を評価～		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年11月4日	asiaresearchnews (United Kingdom)	The lasting effects of pollution from the Kabwe mine		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年11月4日	Mirage News (Australia)	Lasting effects of pollution from Kabwe mine		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年11月4日	Alpha Galileo (United Kingdom)	The lasting effects of pollution from the Kabwe mine		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年11月4日	Targeted News Service (Print Edition) (United States)	Hokkaido University: Lasting Effects of Pollution From the Kabwe Mine		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年11月4日	Phys.org (United States)	The lasting effects of pollution from the Kabwe mine		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年11月4日	EurekAlert! (United States)	The lasting effects of pollution from the Kabwe mine		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020年11月9日	Mining. Com (Canada)	People near Broken Hill mine in Zambia show high blood levels of lead, cadmium		2.主要部分が当課題研究の成果である	

2021	2021年5月19日	北海道大学	子供の鉛中毒は母親の生活の質を悪化させる ～鉛汚染がもたらす影響の新機軸～		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年6月30日	北海道大学	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年6月30日	Bioengineer.org (United Kingdom)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年6月30日	Medical Xpress (United Kingdom)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年6月30日	Mirage News (Australia)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年6月30日	asiaresearchnews (United Kingdom)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年6月30日	Alpha Galileo (United Kingdom)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年6月30日	Targeted News Service (Print Edition) (United States)	Hokkaido University: Cross-Generational Consequences of Lead Poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年7月1日	The Medical News (Australia)	Environmental lead poisoning has cross-generational consequences		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年7月1日	Science Codex (United States)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年7月1日	Scienmag Science Magazine (United Kingdom)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年7月1日	ScienceDaily (United States)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年7月1日	EurekAlert! (United States)	Cross-generational consequences of lead poisoning		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年7月2日	生物通 (中国)	鉛中毒の跨代影响		2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021年9月13日	北海道大学	Abnormal DNA methylation found in lead-exposed dogs, genomic study shows		2.主要部分が当課題研究の成果である	

V. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等／実証試験等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日 (例: 2020/4/1)	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2020	2020/4/14	第1回会議	オンライン	5 (2)	非公開	研究題目2の打ち合わせ
2020	2020/4/24	第2回会議	オンライン	10 (4)	非公開	現地活動に関する打ち合わせ
2020	2020/5/14	第3回会議	オンライン	10 (4)	非公開	研究内容に関する打ち合わせ
2020	2020/5/18	第4回会議	オンライン	3 (2)	非公開	研究題目2の打ち合わせ
2020	2020/5/20	第5回会議	北海道大学	3	非公開	研究題目2および導入機材の打ち合わせ
2020	2020/5/22	特別授業(アウトリーチ)	北大、長野高校、染ヶ丘高校、浦和高校	120	非公開	長野県・長野高校、染ヶ丘高校、埼玉県・浦和高校へのオンライン特別授業
2020	2020/6/2	第6回会議	オンライン	5	非公開	現地状況、特にザンビア政府と中央州に関する状況の共有
2020	2020/6/15	第7回会議	北海道大学	4	非公開	研究題目1の打ち合わせ
2020	2020/7/2	ブレキックオフ会議	オンライン	6	非公開	キックオフ前のプレ会議
2020	2020/7/6	第8回会議	北海道大学	5	非公開	研究題目2の打ち合わせ
2020	2020/7/6	第9回会議	オンライン	7	非公開	研究題目1の打ち合わせ
2020	2020/7/10	第10回会議	オンライン	5	非公開	研究題目3の打ち合わせ
2020	2020/7/17	第11回会議	北海道大学	2	非公開	研究題目2の打ち合わせ
2020	2020/7/27	第12回会議	北海道大学	6	非公開	研究題目2、3の打ち合わせ
2020	2020/7/30	第13回会議	ザンビア大学(ザンビア)	3 (2)	非公開	研究題目1、2の打ち合わせ
2020	2020/8/13	第14回会議	オンライン	4	非公開	研究題目3の打ち合わせ
2020	2020/8/17	第15回会議	ザンビア大学(ザンビア)	2 (1)	非公開	研究題目3の打ち合わせ
2020	2020/8/18	第16回会議	カプエ市役所(ザンビア)	3 (2)	非公開	研究題目2の打ち合わせ
2020	2020/8/21	第17回会議	オンライン	9	非公開	研究題目1の打ち合わせ
2020	2020/8/26	第18回会議	カプエ市役所(ザンビア)	3 (2)	非公開	研究題目2の打ち合わせ
2020	2020/8/31	第19回会議	在ザンビア大使館(ザンビア)	3	非公開	現地状況の共有および鉛含有粉塵の吸入予防のマスク調達の打ち合わせ
2020	2020/9/1	第20回会議	オンライン	6	非公開	研究題目1～3の打ち合わせ
2020	2020/9/3	第21回会議	カプエ市役所(ザンビア)	4 (3)	非公開	研究題目1～3の打ち合わせ
2020	2020/9/8	第22回会議	オンライン	6	非公開	研究題目1～3の打ち合わせ
2020	2020/9/10	第23回会議	オンライン	15 (8)	非公開	研究題目1、3の打ち合わせ
2020	2020/9/15	タスクフォース会議	ザンビア大学(ザンビア)	8 (5)	非公開	ザンビア大学内の実験室に関する打ち合わせ
2020	2020/9/16	第24回会議	カプエ獣医局(ザンビア)	5 (4)	非公開	カプエ獣医局との打ち合わせ
2020	2020/9/22	第25回会議	ザンビア大学(ザンビア)	3 (2)	非公開	研究題目3の打ち合わせ
2020	2020/11/6	第26回会議	北海道大学	4	非公開	研究題目3の打ち合わせ
2020	2020/11/12	第27回会議	オンライン	8 (4)	非公開	研究題目2、3の打ち合わせ
2020	2020/11/16	第28回会議	オンライン	4 (3)	非公開	カプエ市役所との打ち合わせ
2020	2020/11/17	第29回会議	北海道大学	10	非公開	研究題目2、3の打ち合わせ
2020	2020/11/30	第30回会議	オンライン	8 (4)	非公開	研究題目1、2の打ち合わせ
2020	2020/12/1	第31回会議	オンライン	30 (2)	非公開	全体会議
2020	2020/12/8	特別授業(アウトリーチ)	北大、小谷場中学校	40	非公開	埼玉県・小谷場中学校へのオンライン特別授業
2020	2020/12/9	第32回会議	北海道大学	4	非公開	研究題目1、2の打ち合わせ
2020	2021/1/14	第33回会議	北海道大学	4	非公開	研究題目1、2の打ち合わせ
2020	2021/1/21	第34回会議	北海道大学	4	非公開	研究題目1、2の打ち合わせ
2020	2021/2/8	第35回会議	ザンビア大学(ザンビア)	5 (3)	非公開	研究題目3の打ち合わせ
2020	2021/2/11	第36回会議	ザンビア大学(ザンビア)	5 (4)	非公開	研究題目2の打ち合わせ
2020	2021/2/18	第37回会議	カプエ市役所(ザンビア)	5 (4)	非公開	カプエ市役所との打ち合わせ
2020	2021/2/24	タスクフォース会議	オンライン	8 (4)	非公開	ザンビア大学内の実験室に関する打ち合わせ
2020	2021/3/18	第38回会議	北海道大学	15	非公開	JSTの北海道大学への視察
2020	2021/3/24	研究発表会	オンライン	91 (40)	公開	進捗報告会議
2021	2021/4/7	第39回会議	北大など	5	非公開	研究題目2の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/4/7	第40回会議	北大、JST	6	非公開	JSTとの打ち合わせ
2021	2021/4/13	第41回会議	北大、UNZA	7(5)	非公開	研究題目3の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/4/19	第42回会議	北大	3	非公開	研究題目3の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/5/11	セミナー(研究談話会)	北大	67	公開	研究成果報告会
2021	2021/6/1	第43回会議	北大など	30	非公開	全体会議
2021	2021/6/2	第44回会議	KMC	4(3)	非公開	KMC、ZMERIPとの打ち合わせ
2021	2021/6/10	第45回会議	北大、UNZAなど	58(40)	公開	研究成果報告会
2021	2021/6/11	第46回会議	KMC	12(2)	非公開	KMC、ZMERIPとの打ち合わせ
2021	2021/6/30	第47回会議	北大など	6	非公開	日本側グループリーダー会議
2021	2021/7/9	第48回会議	ザンビア大学(ザンビア)	4 (3)	非公開	研究題目2の打ち合わせ
2021	2021/8/5	第49回会議	北大	6	非公開	研究題目2の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/8/24	第50回会議	北大	4	非公開	研究題目3の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/8/27	第51回会議	北大など	30(4)	非公開	全体会議
2021	2021/8/27	特別授業(アウトリーチ)	北大、長野高校、飯山高校	180	非公開	オンラインでの特別授業
2021	2021/9/6	第52回会議	北大、UNZAなど	10(5)	非公開	活動に関する打ち合わせ
2021	2021/9/16	特別授業(アウトリーチ)	千葉県県立船橋中学校	422	非公開	特別授業
2021	2021/9/16	特別授業(アウトリーチ)	千葉県県立船橋中学校	180	非公開	特別授業
2021	2021/9/17	特別授業(アウトリーチ)	千葉県県立船橋中学校	220	非公開	特別授業
2021	2021/9/28	第53回会議	北大	6	非公開	研究題目2の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/10/1	第54回会議	北大	5	非公開	研究題目3の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/10/4	第55回会議	ザンビア大学(ザンビア)	6(3)	非公開	研究題目2の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/10/4	第56回会議	在ザンビア日本国大使館	9	非公開	大使館への表敬訪問
2021	2021/10/4	第57回会議	ザンビア大学(ザンビア)	10(6)	非公開	グループリーダー会議
2021	2021/10/5	第58回会議	ザンビア鉱山省	10(7)	非公開	相手国機関との打ち合わせ
2021	2021/10/5	第59回会議	ザンビア環境管理局	20(12)	非公開	相手国機関との打ち合わせ
2021	2021/10/6	第60回会議	ザンビア鉱山省	15(8)	非公開	相手国機関との打ち合わせ
2021	2021/10/6	第61回会議	ザンビア教育省	15(8)	非公開	相手国機関との打ち合わせ
2021	2021/10/7	第62回会議	KMC	40(30)	非公開	相手国機関との打ち合わせ
2021	2021/10/26	第63回会議	ザンビアグリーン経済環境省	10(5)	非公開	相手国機関との打ち合わせ
2021	2021/11/2	第64回会議	北大、UNZAなど	10(5)	非公開	研究題目2の活動に関する打ち合わせ
2021	2021/11/12	第65回会議	北大、UNZAなど	30(140)	非公開	活動に関する打ち合わせ
2021	2022/1/6	第66回会議	北大、UNZAなど	8(40)	非公開	活動に関する打ち合わせ
2021	2022/1/18	第67回会議	北大、UNZAなど	10(4)	非公開	活動に関する打ち合わせ
2021	2022/1/24	第68回会議	北大、UNZAなど	5(3)	非公開	活動に関する打ち合わせ
2021	2022/2/15	シンポジウム	北大、UNZAなど	未定	公開	研究成果報告会
2021	2022/2/18	意見交換会	JST、北大など	未定	非公開	POとの意見交換会

②実証試験等

年度	実施期間(実施日)	実証項目	実施場所	概要
2020	9月～11月	研究題目1	カブエ市内農場	土壌改良剤による汚染土壌における鉛低蓄積の食用作物の栽培方法について、ポリ乳酸チューブを用いて実証試験を現地の汚染サイトで実施した。ポリ乳酸チューブは、協力民間企業から提供を受けた。土壌改良剤の混合により、生育度の上昇と鉛濃度の低下が認められた。ただし、食用作物の基準値を超過しており、さらなる検証が必要と考えられた。
2020	10月～12月	研究題目1	北海道大学、他	現地に設置しているオンライン気象観測装置から得られるデータを、現地住民にリアルタイムで提供するためのオンラインアプリの開発と公開を行なった。風雨による鉛飛散リスクの上昇を住民に即座に共有して注意を促すためには、ゲリラ豪雨やスポッ的な強風などの“微”気象を把握・予想することが重要と考えられた。
2020	5月～12月	研究題目2	カブエ市内	世界銀行ZMERIPや現地の医療機関と共同で、汚染地域に居住する子供の血中鉛濃度測定および中毒患者へのキレート剤治療を実施した。期間中に、1万人の子供を検査し、そのうち基準値を超過した約15%の子供には治療を行なった。治療前後における血中鉛濃度および血液検査データを収集しており、これらの解析による治療成果の詳細な評価が今後の課題である。
2020	8月～3月	研究題目2、3	カブエ市内、他	これまでの研究により示された「汚染土壌の環境修復が現地住民の鉛暴露量の軽減と健康改善に繋がる」ことについて、米国環境保護庁が提供するモデルを用いた実証を進めた。様々な環境試料をカブエの広範な地域で採材し、鉛濃度データをもとに地域ごとの解析を進めている。定量的なデータを取得して提供することが今後の課題であるが、これによりザンビア政府を中心とした環境修復の実践が進むと考えられる。
2020	4月～3月	研究題目3	ザンビア大学	パイロットスケールでの環境修復手法の実証試験を進めている。本試験で良好な成果が得られれば、これまでに行なってきたラボスケール試験のデータを裏付けることになり、ザンビア政府をはじめとした機関への提言がより説得力を持つものになる。COVID-19の影響で試験場の解体・採材が延期となっているが、2021年度中に完了させる。
2021	4月～12月	研究題目1	カブエ市内農場	植物による土壌被覆や土壌改良剤を利用した農業リスク低減技術の実証試験を現地の汚染サイトで実施した。特定の植物は汚染土壌でも十分に生育し、物理的な遮蔽および不溶化効果により鉛飛散防止に有効であること、などが示された。
2021	4月～12月	研究題目1	北海道大学、他	現地に設置しているオンライン気象観測装置から得られるデータを、現地住民にリアルタイムで提供するためのオンラインアプリの開発と公開を行なった。風雨による鉛飛散リスクの上昇を住民に即座に共有して注意を促すためには、ゲリラ豪雨やスポッ的な強風などの“微”気象を把握・予想することが重要と考えられた。
2021	4月～8月	研究題目2	カブエ市内	世界銀行ZMERIPや現地の医療機関と共同で、汚染地域に居住する子供の血中鉛濃度測定および中毒患者へのキレート剤治療を実施した。期間中に、累計1.3万人の子供を検査し、そのうち基準値を超過した約15%の子供には治療を行なった。治療前後における血中鉛濃度および血液検査データなどのデータを収集し、この解析によりキレート剤治療に関する重要な知見が得られた。
2021	4月～10月	研究題目3	ザンビア大学	パイロットスケールでの環境修復手法の実証試験を行い、2021年10月に試験場の解体および試料採取を行った。本試験で示される成果は、これまでに行なってきたラボスケール試験のデータを裏付けとなり、ザンビア政府をはじめとした機関への提言を強化することができる。