

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「環境・エネルギー分野「地球規模の環境課題の解決に資する研究」

研究課題名「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」

採択年度：平成 27 年度/研究期間：5 年/相手国名：ザンビア共和国

平成 27 年度実施報告書

国際共同研究期間*1

平成 28 年 4 月 1 日から平成 33 年 3 月 31 日まで

JST 側研究期間*2

平成 27 年 6 月 1 日から平成 33 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 28 年 4 月 1 日)

*1 R/D に記載の協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

研究代表者： 石塚 真由美

北海道大学大学院獣医学研究科・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	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
1. 土壌から生態系・人・動物への汚染メカニズムの解明	スペクトルDB/データ共有システム構築				
1-1 土壌環境の総合的評価 広域調査(リモートセンシング、画像解析)、モニタリングラボの設置	スペクトルDB、LCTFを用いた画像解析				
1-2 土壌中鉛の移動性検証と鉛の動物および人への移行 毒性メカニズムの解明 汚染対策提言書の作成	鉛汚染メカニズム解明				
1-3 汚染拡散のシミュレーション シミュレーション結果提示		汚染対策提言書作成			
		汚染拡散のシミュレーションの実施と結果の提示			
2. 鉱床地域の子供における有害金属汚染へのフォローアップスタディ		プロトコルの新規作成と国内への配布(保健省)			
2-1 鉛によるハザードのリスクアセスメント 研究 2-1 と合わせた専門家養成		ケミカルハザード対策専門家の養成(保健省)			
2-2 鉛によるハザードの経済アセスメント		経済アセスメントの実施			
		ケミカルハザードインパクトの経済アセスメント			
3. オンデマンドの環境修復技術の開発と評価	データ収集およびリスクと経済アセスメントによる環境修復技術の選択				
研究 1)と 2)のデータ解析によるオンデマンド修復方針の決定 人材育成		レメディエーションに関する人材育成の実施			
3-1 フィジカルレメディエーション	※	フィジカルレメディエーションの実施と評価			
3-2 ケミカルレメディエーション		ケミカルレメディエーションの実施と評価			
3-3 バイオレメディエーションおよび ファイトレメディエーション		バイオ・ファイトレメディエーションの実施と評価			

(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)

※本プロジェクトの研究成果を世界銀行と共有し、世界銀行のカブウェ環境修復の基礎データとすることとなった。その為、2年目から開始を予定していたフィジカルレメディエーションの開始時期を1年間、前倒しで実施することとした。これに伴い、プラットフォームの早期開設など、グループ3の活動について、変更が生じた。

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

アフリカにおける環境汚染のうち、最も問題となっているのが金属汚染である。ザンビア共和国の中央に位置するカブウェ地域は、典型的な金属汚染地域であり、鉛による高濃度の慢性暴露が問題となっているが有効な対策は全く講じられていない。その主たる原因は汚染のメカニズムが不明であること、健康および経済的リスクのように潜在的リスクに対してアクションが取りにくいこと、があげられる。そこでこれらの点について科学的に明らかにすることを目的とする。

本プロジェクトでは、生態系および人への汚染メカニズムとリスクを明らかにし、経済的損失を可視化することで、科学的根拠に基づいた汚染防御対策や環境修復へと結びつける。リモートセンシングによるスペクトル調査、地上調査による土壌や植物のキャラクタリゼーション、人の鉛汚染のメカニズム、健康ハザードの定量化と経済リスクの可視化、環境修復技術の確立と試行評価と同時に、恒常的モニタリングシステムの構築とキャパシティビルディングによる各専門家の持続的育成を行う。

「日本アフリカ資源開発促進イニシアティブ」では、鉱山周辺の環境汚染防止や当該分野の人材育成、法律や規制づくりの支援が掲げられており、本研究の実施により、ザンビア共和国で初めて生物へのリスクアセスメントが可能なシステムが構築でき、将来的にはアフリカをはじめとした途上国への貢献が期待される。

本年度は、プロジェクト全体としては以下を行った。

- 研究代表者・石塚に加えて、研究題目1～3のリーダーである内田・中山・五十嵐が相手国に渡航し、各カウンターパートと4月以降の具体的な研究内容について討議を行った。
- ザンビア大学において、当該プロジェクトの日本側メンバーとともに、ステークホルダーである保健省、鉱山省、国土省、環境局、教育省が一堂に会してミーティングを行い、当該プロジェクトの推進に関する合意を得た。
- 北海道大学およびザンビア大学間においてJSTのガイドラインを基にMOUを締結した。また、ザンビア政府とJICA間におけるR/Dについては平成27年3月24日に締結した。Kabwe市を訪問し、自治体、World Bank（世界銀行）及び米国環境保護団体であるPure Earthとのミーティングを行い、これまでに我々が得たデータを報告するとともに、プロジェクトに関する今後の協力体制を構築した。
- 日本人人材育成の観点では、2月に工学部より2名、4月に獣医学部より1名の大学院生を現地調査に同行させている。また、6月～7月の現地調査および7月14日にキックオフシンポジウムを開催することを決定し、工学・農学・環境科学・獣医学部より学生7名が参加する。ザンビア側の人材育成としては、2月および7月11日～13日のGIS解析およびリモートセンシング講習会の実施などを通じて、技術供与を行う。また、2016年度SATREPS枠国費留学生の採用が決定し、Ph.D学生に対する人材育成も行っていく。

(2) 研究題目 1

①研究題目 1 の研究のねらい

研究グループ A（リーダー：内田義崇）

研究題目 1 では、ザンビア大学鉱山学院、農学院から協力を得、鉛汚染源とその周辺の土壌、植物、粉塵、水等の調査を行い、鉛汚染源となっているカブウェの鉱山跡地のマップ化、また汚染経路を解明することを目指している。さらに、得られたすべての情報をデータベース化し、可能な限りオープンアクセス化し、常に最新のデータを用いたリスクアセスメントが行えるようにすることを目指す。

②研究題目 1 の研究実施方法

リモートセンシングや画像解析を基盤とした、汚染源情報のデータベース化を目指す。まず始めは、踏査を中心としたスペクトル情報の収集と、土壌分析を大規模に行う。さらに、農作物や水資源の鉛濃度、生産性などの情報を収集する。次に、汚染源から市内、農地への鉛移動メカニズムを明らかにする。最終的には、汚染拡散をシミュレーションし、変化する鉛汚染リスクを現場に提供できるための枠組みを整備する。

③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

相手側との具体的な詳細計画案のすり合わせ、また現地大学でのセミナーを通じた、若手研究者への協力依頼を行った。本年度は内田（北大・農）が 2 回ザンビアを訪問し、ザンビア大鉱山学院の Imasiku Nyambe 教授とそのチームがカブウェ市内での調査をバックアップすることを確認した。また、現地（カブウェ市）を訪問し、アクセス可能な汚染源を踏査し、予備的な植生、農地調査を行った。水調査に必要である現地農民が利用する井戸（ボホ）の場所も調査し、次年度においてスムーズな長期的調査が行えるよう基盤を整備することが出来た。

また、ザンビア大獣医学部内に、モニタリングラボを設置するために、相手国サブリーダー John Yabe 氏らと打ち合わせとラボ設置予定室の調査を行った。日本国側チーム全体から、土壌・粉塵分析から、血中鉛分析まで、異なるタイプの分析を網羅的に行えるようなラボの設置を求められており、それを達成するために、パーティション作成や機器の設置場所、ドラフトの整備等をするための基礎情報を得ることが出来た。

研究題目 1 で重要な要素となるスペクトル調査においては、ザンビア大学に簡易的なドローンが配備されており、利用が可能なことを確認した。また、日本側のスペクトル調査チーム（高橋・北大理、広瀬・JSS）とザンビア側のスペクトル調査チーム（Kawawa 氏・ザンビア大）の連携を進め、現地調査の計画を開始した。

④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

具体的な技術移転はまだ行っていないが、次年度に大規模な調査を協同で行う計画を立てた。現地調査にはザンビア側の若手研究者も同行し、技術移転を行う予定である。さらに、広瀬（JSS）を中心に次年度、ザンビア大の若手研究者・学生向けの GIS 実習を行うことが決定しており、その計画を開始した。

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

⑤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特になし。

(3) 研究題目2

①研究題目2の研究のねらい

研究グループ（リーダー：中山翔太）

研究題目2では、ザンビアにおける保健省の協力の下、子供を中心としたカブウェ地域の住民に対する健康調査とリスクアセスメント、そして対策を行うことを試み、キレートなどの治療前後でのリスクの低減を図る。また、経済アセスメントの観点から、鉛汚染が引き起こす経済的損失を可視化・定量化することも本研究題目の目的である。

②研究題目2の研究実施方法

③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

④研究題目2のカウンターパートへの技術移転の状況

⑤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

上記②～⑤について、以下にまとめて記載する。

研究題目2については、本年度（暫定期間）は主にカウンターパートとの研究戦略の話し合いを中心に行った。本年度に中山（北大・獣医）が5回ザンビアに渡航し、相手国サブリーダーの John Yabe を中心に、ザンビア側から Dr. Chanda Kapata (Head of Research Department, Ministry of Health)、Dr Mwamba Katema: MD (District Director of Health - Kabwe District Health Office)、Mr John Ntapisha (Chief Laboratory Technician - Kabwe District Health Office)、Dr Walubita Virginia (Kabwe Mine Hospital)、Dr, Nosiku Sipilanyambe Munyinda (ザンビア大学医学部講師)、Mr. Andrew Kataba (ザンビア大学獣医学部講師、2016年度 SATREPS 枠国費留学生の採用決定者) が血液などの試料採集に参画することを確認した。2012年に行った先行調査においても、Kabwe District Health Office における冷凍庫を用いて血液などの人試料の保管を行った経緯もあり、今回の調査においても同様の設備の使用を予定している。さらに、本プロジェクトで初めて実施する IQ 調査に関しては、ザンビア大学の School of Humanities and Social Sciences の Prof. Robert Serphell および Dr. Beatrice Matafwali が参画することで合意した。

本年度中に、当初の計画通り、試料採取に必要なザンビア側の倫理委員会 (University of Zambia Biomedical Research Ethics Committee: UNZABREC) に提出するリサーチプロポーザルをカウンターパートと連携して、作成・提出した。現在、UNZABREC の審査に進んでいる段階である。また、採材した血液・尿などの人試料は北海道大学に輸入し、分析に供試することから、日本側の輸入手続きを日本側省庁（東京検疫所、成田空港税関、関東信越厚生局）に確認したところ、「特別な手続きは不要」との回答を得ている（2016年4月8日時点）。一方で、ザンビア側の輸出手続きのルールは2015年に変更になっているため、2012年度の先行調査時に行った方法では輸出不可能であるとの情報を得た。現在、輸出手続き方法を確認している。

【平成27年度実施報告書】【160531】

また、経済アセスメントを行う上での情報収集を目的に、樋渡（北大・経済）とザンビア大学経済学部の Dr. Chrispin Mphuka および Mr. Bona Chitah が連携を開始している。ザンビアの国勢調査などの大規模データの取得に向けて、Central Statistical Office (Ministry of Finance and National Planning)との交渉を開始した。具体的には、最も近年に行われた 2010 年の調査データである“Living Condition and Monitoring Survey (LCMS) 2010 “のデータ取得を目指している。

また、鉛による毒性メカニズムの一つとして、エピジェネティクスへの影響に焦点を当て、ゲノムのメチル化、アセチル化レベルの変動、またそれに伴う次世代への影響を解明する点も当該プロジェクトの目的としており、斎藤（北大・保健）を中心に国内における研究体制を整えている段階である。国内における解析技術の確立が終了次第、ザンビア側カウンターパートへの技術転移を図る。

さらに、本プロジェクトは World Bank や Pure Earth などといった海外機関とも連携してプロジェクトを推進する。上述した World Bank のチームリーダー Mr. Sanjay とは研究題目 2 のリーダーである相手国研究者 John Yabe および中山（北大・獣医）が窓口となり情報共有を行っている。既に数回のミーティングを行い、World Bank の大規模プロジェクト（予算 50 億円）においても、鉛汚染源推定に有効な「鉛安定同位体比解析」は行わず、我々のプロジェクトにおいてデータを出して欲しいと打診を受けている。このように、当該 SATREPS 事業の成果・データは、World Bank のプロジェクトにおける基礎データとして使用される予定であり、世界的にも大きなインパクトを有する。また、Pure Earth の Mr. Russell Dowling (Program Officer, Africa)とも連携している。Pure Earth は、2016 年 1 月までに、Kabwe の Chowa 地区でレメディエーションプログラムを行っており（<http://www.pureearth.org/blog/nearly-100-of-children-in-this-neighborhood-have-been-poisoned/>）（<http://zambiadailynation.com/2015/12/14/anti-lead-project-cheers-kabwe-residents>）

（<http://www.pureearth.org/blog/accomplishments-in-2015-a-year-of-firsts/>）、その成果検証の目的で、当該 SATREPS プロジェクトにおいて、この地区における子供の血中鉛濃度を測定して欲しいと Pure Earth 側から打診を受けている。この打診は、当初計画していたものではないが、Chowa 地区は 2012 年に行った我々の先行調査における対象地域でもあるため、レメディエーション前後におけるデータ比較も可能であり、本プロジェクトにおける重要なデータが得られる可能性があるかと判断し、積極的に共同でプロジェクトを推進する。既に、研究試料採集、および血中鉛濃度簡易測定機器を導入した現地でのリアルタイムにおける血中鉛濃度測定を行う体制を整えつつあることから、次年度の 6 月～7 月の調査において、200 名程度の子供における血中鉛濃度測定を行い、鉛濃度の低減が為されているかを確認する。この結果により、Pure Earth が実施したレメディエーションの効果を検討・確認し、今後の汚染対策の有用性の検討を行うことが可能であると考えている。特に、2015 年 10 月に Pure Earth が発表した最新の「WORLD'S WORST POLLUTION PROBLEMS – 2015 The New Top Six Toxic Threats: A Priority List For Remediation」によると、Kabwe で問題になっている鉛およびカドミウムは、世界でそれぞれ 2600 万人、500 万人(Population at Risk)に汚染問題を引き起こすと予測され、現在、地球規模で対策が必要とされている汚染物質である（*下表参照）。このような状況において、Pure Earth や World Bank と協調して進める当該 SATREPS で得られる知見・開発する技術は、これらの問題に施す対策の基盤データを提供することができると期待され、世界的なインパクトが大きい。

以上より、暫定期間としては、十分な達成状況であると判断する。

(*参考*)

WORLD'S WORST POLLUTION PROBLEMS – 2015, The New Top Six Toxic Threats: A Priority List For Remediation, Report Released by: Pure Earth and Green Cross Switzerland, October 20, 2015, New York, NY, <http://worstpolluted.org/2015-press-release.html>

Pollutant	Population at Risk	Disability Adjusted Life Years Lost - DALYs
Lead	26 million	9 million
Radionuclides	22 million*	N/A
Mercury	19 million	1.5 million
Chromium	16 million	3 million
Pesticides	7 million	1 million
Cadmium	5 million	250,000
Total	95 million	14,750,000 or 15 million years of life lost

(4) 研究題目 3

①研究題目 3 の研究のねらい

研究グループ（リーダー：五十嵐敏文）

研究題目 3 では、鉛汚染地域の環境修復のための実験室内で実施する基礎試験だけでなく、実規模環境修復につながるパイロットスケールによる原位置試験を予定している。現在、ザンビア大学構内で試験候補地点を抽出し、あわせて重金属分析等の継続モニタリングをザンビア大学内の実験室で実施し、北大だけではなく、ザンビア大学等でもパイロット試験の実施とそのモニタリングが可能となるような体制を目指す。

②研究題目 3 の研究実施方法

既存文献調査を実施し、カブウェ鉱山およびその周辺地域に埋設している鉱山廃棄物の性状等を明らかにするとともに、鉱山廃棄物を採取し、それを分析することによって廃棄物の物理的、化学的、鉱物学的な性状を明らかにする。その結果を踏まえ、重金属、とりわけ鉛のリスク低減のための対策を検討し、室内での予備試験を実施した後に、有効性が高いと判断される対策を抽出し、それをパイロットスケール試験に適用する。試験サイトの決定、試験体の構築の後に、モニタリング、とりわけ地下水中の重金属濃度、粉塵中の重金属濃度の測定を開始する。あわせて、カブウェ鉱山およびその周辺地域のモニタリングを実施し、パイロットスケール試験の結果と比較しながら、重金属の環境中の拡散評価を行い、評価手法の構築を目指す。また、カブウェ鉱山あるいはその周辺地域に地下水観測用のボーリング孔を掘削し、長期モニタリングを実施する。

③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

パイロットスケール試験の準備のため、ザンビア大学、鉱山・鉱物開発省、保健省、世銀との意見交換を実施した。それを踏まえ、ザンビア大学構内で試験を実施すること、カブウェ鉱山から鉱山廃棄物を輸送すること、カブウェ鉱山あるいはその周辺地域およびザンビア大学構内に観測用ボーリング孔を

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

掘削することを決定した。さらに、カブウェ鉱山あるいはその周辺地域のボーリング掘削に関してはおおよその掘削位置を決定した。パイロットスケール試験の条件設定のための予備試験として、文献調査で明らかになった鉱山廃棄物の埋設場所を確認し、代表的な廃棄物を採取した。現在は輸入待ちの状況である。また、既存の鉛等の重金属汚染に有効な対策も抽出した。

④研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

具体的な技術移転は実施していないが、ザンビア大学とは試験内容に関する情報交換を実施し、次年度以降共同で試験等が実施できるように調整した。また、五十嵐、伊藤が、ザンビア大学において、日本国内の選鉱技術や鉱山跡地の状況等について講義を行い、本試験の重要性を認識してもらった。

⑤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

とくになし。

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）

1) 今後のプロジェクトの進め方および留意点（軌道修正が必要な点など）

本プロジェクトでは当初より、World Bank との協調を図りつつあったが、平成 27 年度の世界銀行との数度にわたるミーティングから共同研究を行う方向で調整を行う事となった。本プロジェクトの研究成果をもとに World Bank がカブウェにおける環境修復を実施することとなった為、グループ 3 によるフィジカルレメディエーションの基礎データの取得を 1 年早めるなど、スケジュールの修正が必要となった。World Bank との協働により、カブウェの環境修復をより大規模な範囲で実施できる見通しとなった。今後、グループ 2 についても、同じく World Bank と協働している Pure Erath (旧 Blacksmith) と連携をとる事となり、平成 28 年度より、キレートセラピー施行前の Pure Erath の分析結果との比較を行うため、カブウェ在住のセラピー施行後の小児の血液の鉛分析などを当該プロジェクトで行う予定である。

また当初予定よりも参加研究者が増え、情報共有の為の仕組みが必要となっている。後述するように、本プロジェクトは多岐にわたる分野の研究者らが参画していることがプロジェクトの特徴となっており、円滑な研究推進のために参加研究者同士の情報共有とグループ間での意思の疎通が欠かせない。そこで、今後、メーリングリストまたは SNS などの手法を用いて、ザンビア及び日本間で、研究者らによる情報シェアの仕組みを構築する予定である。

2) 成果達成の見通し

グループ 1 からグループ 3 までのリーダーは、平成 27 年度中に各々ザンビアを訪問し、各カウンターパートとの協議を設け、プロジェクト開始後の詳細な計画を打ち合わせている。既に平成 28 年度の研究開始に向けた基礎データを収取しており、グループ 1 について広域調査を行うための協議、グループ 2 について健康および経済アセスメント実施の為の各省との交渉、グループ 3 におけるボーリング開始とパイロット試験場の構築についての関係機関との調整など、着々と研究の準備を進めている。

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

3) 上位目標に向けての貢献や成果の社会的なインパクトの見通し（社会実装や企業等との出口連携などを含む）

本プロジェクトでは、アフリカで普遍的な問題である毒性金属による汚染メカニズムを初めて解明し、生態系及び人間社会への負荷を Health Risk の観点から総合的かつ定量的に「ビジュアル化」し、毒性金属汚染が及ぼす負のインパクトを経済的に評価することで、その対策を講じる合理的なシステムを具現化することを目的としている。そのために、ザンビアのカブウェ地域における鉛汚染をモデル地域とし、アフリカ諸国における共通問題である地下資源開発に伴う金属汚染による生態・社会生態インパクトの定量評価、将来予測、およびリスクを低減するための手法を提供することを予定している。本プロジェクトでは、汚染の実態と汚染経路の同定による効果的な汚染防御方法の確立、セラピープロトコルの確立と配布、レメディエーション手法の提供を社会実装として提案しており、ザンビアにとどまらない、アフリカにおける環境修復の一つのモデルとしてインパクトが得られると考えている。

また、社会実装の手法の一つとして、本プロジェクトでは参画するザンビア政府およびザンビア大学の officer や研究者のキャパシティビルディングに関する取り組みを行い、この分野の人材育成を行う。既に各省庁とも人材育成に関する要望が出されており、平成 28 年度 7 月 14 日のキックオフシンポジウム以降、講習会やセミナーを実施する予定である。また、モニタリングラボをザンビア大学内に構築し、人材育成の研修の場としても活用する。さらに、長期の若手研究者の受け入れとして、文部科学省の国費留学生の SATREPS 優先配置枠に応募し、1 名が採択に至った。平成 28 年度より、北海道大学大学院獣医学研究科にて半年間の研究生及び 4 年間の博士課程学生として受け入れを行う

なお、本プロジェクトには民間企業(三菱マテリアルテクノ)も当初より参画し、特にグループ 3 のレメディエーション手法の開発と実施について連携している。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の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

プロジェクト全体として常に留意している点は、相手国の参画機関が非常に多岐に渡る点である。省庁関係では、高等教育省 (Ministry of Higher Education)、鉱山・鉱物開発省 (Ministry of Mines and Mineral Development)、保健省 (Ministry of Health)、国土・自然資源・環境保護省 (Ministry of Land, Natural Resources and Environmental Protection)、ZEMA (Zambia Environmental Management Agency)、国立リモートセンシングセンター (National Remote Sensing Centre) が参画し、またザンビア大学内でも、獣医学部、鉱山学部、医学部、農学部、社会科学部、経済学部の 6 つの学部の研究者がプロジェクトメンバーになっている。

この点は、当該プロジェクトの魅力でもあり、近年のニーズが高くなっている「多分野融合型・課題解決型プロジェクト」の中でも稀有な Implementation Structure をとっている。一方で、情報共有が疎になるとプロジェクト全体の推進あるいは計画通りに進まない場合の方針再決定が難しい点もまた事実である。従って、本格的に研究が開始する次年度の初期 7 月 14 日にキックオフシンポジウムを開催することを決定し、すでに参加者の調整が進んでいる。このように、プロジェクト全期間を通じて、日本側とザンビア側の参画メンバーが Face-to-Face でディスカッションを行うことにより、多くの参画機関が存在する当該プロジェクトを強力にかつ効率的に推進していく。

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

また、World Bank や Pure Earth などの国際機関との連携も積極的に行っている。World Bank のプロジェクトリーダーの Mr. Sanjay とはザンビアにおいて数回のミーティングを行い、2016 年 4 月 21 日にも、お互いのプロジェクト進捗状況を World Bank Office Lusaka でのミーティングで確認した。World Bank 側のプロジェクト開始は 2016 年の 12 月頃になること、また World Bank 側が我々のプロジェクトによるデータ・成果の使用を期待していることが再認識でき、今後とも共同して推進していくことを確約した。

(2) 研究題目 1 (リーダー：内田義崇)

ザンビア大鉱山学院、農学院は、非常に協力的であるため、大きな問題は無い。しかし、若手研究者のキャパシティビルディングを目指すためには、さらに具体的に、学生らの参加も促していく必要があると感じた。その問題点を克服するために、今年度は、学生向けセミナーを鉱山学院、農学院両方で行い、事務方への予算に関わる説明(研究に必要な物品のやりとりなど)も行った。今後は、そこで得られたコネクションを活かし、引き続き現地を訪問した際はレクチャー、セミナーを行っていく予定である。

また、カブウェを調査するにあたり、現地警察への事前報告、環境省のスタッフらの同行が必要であり、そのアレンジやプロセスをスムーズにすることが必要である。環境省とコネクションが強いザンビア大鉱山学院の職員らとやりとりをして、これを達成する予定である。

現地のモニタリングラボが稼働するまで、また稼働しても精緻な分析のために試料の日本への輸出が求められているが、相手国側研究機関が不慣れなため、この部分に関しても実際に試料をやりとりしながら、より効率よく許可証の発行や必要な書類のやりとりなどを行えるようにする予定である。

(3) 研究題目 2 (リーダー：中山翔太)

研究題目 2 では、ザンビア側保健省との連携が最も重要であるが、感染症対策など多くのプロジェクトを抱えているためか、ミーティングの開催が難儀する場合があった。暫定期間から数回ミーティングを行っているものの、プロジェクト期間全体を通じて、常に密な情報共有を行い、高いモチベーションの維持を保つことが必要であると考えている。そのため、相手国サブリーダーであるザンビア大学獣医学部 Dr. John Yabe だけでなく、医学部の Dr. Nosiku Sipilanyambe Munyinda も含めた連携を開始している。既に中山と Yabe は 8 年以上の共同研究を行っており、密な連携が可能であったが、Dr. Munyinda も新たに加えることで、保健省との繋がりをより強固なものにしていく予定である。また、上述した World Bank の Mr. Sanjay や Pure Earth も含めて、保健省との合同ミーティングを開催することで、保健省側の積極的な関与を求めていく予定である。

また、経済アセスメントも研究題目 2 の柱であることから、当該テーマ担当の樋渡(北大・経済)、Dr. Chrispin Mphuka(ザンビア大・経済)および Mr. Bona Chitah(ザンビア大・経済)を中心にデータ取得・解析を進める。特に、エコノミクスに関わる大規模データの取得には長時間を要すること、および個人情報の取扱いに対する相手国の対応が厳しいことが予想されるため、暫定期間からデータのリクエストをすることで、効率的なデータ取得を試みている。

(4) 研究題目 3 (リーダー：五十嵐敏文)

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

研究題目 3 では、カブウェ鉱山およびその周辺地域での地質・地下水・重金属調査のためのボーリング掘削が不可欠であり、その準備を実施したが、鉱山会社の所有する鉱区が最近になって拡大されたため、当初予定の掘削位置を変更せざるを得ない状況になってきている。これは、世銀の実規模環境修復プロジェクトの予算を鉱山会社が獲得を目指すために、鉱区を拡張したことが予想される。今後、鉱山会社を含め、調整を図る必要がある。また、ザンビア大学構内でのパイロットスケール試験のために、カブウェ鉱山から鉱山廃棄物を輸送することが必要で、鉱区の拡張とあいまって、鉱山会社、ザンビア大学、鉱山・鉱物開発省などとの調整が必要となる。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

技術移転や実用化については、まだ実績として提示する例はない。

(2) 社会実装に向けた取り組み

本プロジェクトの研究成果については、WEBサイトを構築中であり、平成 28 年度に開設を予定している。なお、2015 年に WHO によって発行された“Lead Exposure in African Children”には、SATREPS 本プロジェクト提案の基礎となった我々の研究グループの研究成果が引用されており、ザンビアにおける環境汚染に関する論文 16 報中 7 報は我々の報告した成果であった。アフリカにおける環境汚染に関する活動が着実に成果となりつつあると考えられる。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

平成 27 年度に南アフリカで開催した国際シンポジウム International Toxicology Symposium in Africa において、本プロジェクトの活動と成果について報告し、アフリカ諸国の研究者らに広く周知した。また、在日ザンビア大使に本プロジェクトをプレゼンテーションし、鉛中毒の深刻さとその改善に対して期待したいとのコメントを得ている。

また、同じく平成 27 年度に行った World Bank と Kabwe カウンシルとの会合において、当該プロジェクトを紹介するプレゼンテーションを行い、共同研究へと発展させた。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別紙参照。

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

VI. 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。)
2015	Nakata H*, Nakayama SMM*, Yabe J, Liazambi A, Mizukawa H, Darwish WS, Ikenaka Y, Ishizuka M (* Equal contribution). Reliability of stable Pb isotopes to identify Pb sources and verifying biological fractionation of Pb isotopes in goats and chickens. Environ Pollut. 208(Pt B):395-403 (2016)	10.1016/j.envpol.2015.10.006	国際誌	発表済	

論文数 1 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 1 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～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。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 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

著作物数 0 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

VI. 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、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2015	国内学会	Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Yoshinori Ikenaka, Yared Beyene, Nesta Bortey-Sam, Balazs Oroszlany, Kaampwe Muzandu, Kennedy Choongo, Aaron Mweene, Abel Kabalo, Hazuki Mizukawa, Mayumi Ishizuka, Lead (Pb) poisoning in children from townships around an extensive lead-zinc mine in Kabwe, the Republic of Zambia、日本地球惑星科学連合2015年大会、2015年5月24日～5月28日、幕張メッセ、千葉	口頭発表
2015	国際学会	Shouta M M Nakayama, John Yabe, Yoshinori Ikenaka, Yared Beyene Yohannes, Balazs Oroszlany, Nesta Bortey-Sam, Kaampwe Muzandu, Hazuki Mizukawa, Kenedy Choongo, Abel Kabalo, Aaron Mweene, Mayumi Ishizuka, Lead pollution in the children in Kabwe mining area, Republic of Zambia-Source identification by stable isotope analysis, 7th International Toxicology Symposium in Africa, 31st August, 2015, Johannesburg, South Africa	招待講演
2015	国際学会	John Yabe, Yoshinori Ikenaka, Shouta MM Nakayama, Wageh Sobhy Darwish, Nesta Bortey-Sam, Yared B. Yohannes, Aksorn Saengtienchai, Andy Saengtienchai, Takashi Umemura, and Mayumi Ishizuka, Histopathologic assessment of co-joint Cd and Pb exposure in rats, 7th International Toxicology Symposium in Africa, 31st August, 2015, Johannesburg, South Africa	招待講演

招待講演 2 件
口頭発表 1 件
ポスター発表 0 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、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別

招待講演 0 件
口頭発表 0 件
ポスター発表 0 件

VI. 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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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

VI. 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	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」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

0 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	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

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【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	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	概要
2015	2015/6/5	第1回会議	北海道大学大学院 獣医学研究科	13	スケジュール概要確認などプロジェクトの全体確認
2015	2015/6/16	第2回会議	北海道大学大学院 獣医学研究科	3	リモートセンシングに関する打ち合わせ
2015	2015/7/1	第3回会議	JSS	3	研究題目1(土壌調査)に関する打ち合わせ
2015	2015/7/2	第4回会議	JSS	3	研究題目1(土壌調査)に関する打ち合わせ
2015	2015/7/8	第5回会議	北海道大学大学院 獣医学研究科	16	第1回 SATREPS勉強会
2015	2015/7/23	第6回会議	JICA東京本部204 号会議室	6	ザンビアSATREPS 北大一三菱 グループ3作業部会
2015	2015/7/28	第7回会議	北海道大学大学院 獣医学研究科	4	研究題目2に関する打ち合わせ
2015	2015/8/3	第8回会議	北海道大学大学院 獣医学研究科	4	リモートセンシングに関する打ち合わせ
2015	2015/8/7	第9回会議	北海道大学大学院 獣医学研究科	16	第2回 SATREPS勉強会
2015	2015/8/17	第10回会議	JICAザンビアオフィ ス	8	プロジェクトの概要説明、RDの進捗状況説明
2015	2015/8/17	第11回会議	Ministry of HEALTH, Public Health Section, Research Section	8	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/8/17	第12回会議	School of Veterinary Medicine, University of Zambia (UNZA)	5	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/8/17	第13回会議	National Remote Sensing Center (NRSC)	5	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/8/18	第14回会議	Zambia Environmental Management Agency (ZEMA)	8	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/8/19	第15回会議	Ministry of Lands	7	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/8/19	第16回会議	Ministry of Education, Science, Vocational Training and Early Education	6	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/8/20	第17回会議	Ministry of Mines	5	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/9/1	第18回会議	WBとのTV会議	5	WBとのTV会議
2015	2015/9/4	第19回会議	北海道大学地球環 境科学院	4	レメディエーションに関するディスカッション
2015	2015/9/7	第20回会議	TV会議	3	研究題目1(土壌調査)に関する打ち合わせ
2015	2015/9/9	第21回会議	北大東京オフィスと 北大創生研究機構 でのTV会議	4	リモートセンシングを活用した資源開発・金属汚 染検出に関する勉強会
2015	2015/9/10	第22回会議	JST	4	MOUの進捗状況に関するミーティング
2015	2015/9/10	第23回会議	JICA東京本部およ びJICA(ラオス)との TV会議	6	RDの進捗状況に関するミーティング
2015	2015/9/10	第24回会議	JSS	3	リモートセンシングに関する打ち合わせ
2015	2015/9/14	第25回会議	World Bank Office, Lusaka	11	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/9/14	第26回会議	Ministry of Health	9	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/9/15	第27回会議	Ministry of Mines	6	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/9/15	第28回会議	World Bank, Kabwe Ministry of Council, Blachsmith Institute	30	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/9/15	第29回会議	UNZA Acting VC	5	プロジェクトに関する詳細ディスカッション
2015	2015/10/1	第30回会議	北海道大学農学部	16	第3回 SATREPS勉強会

2015	2015/10/5	第31回会議	北大、JICA東京本部、JICAザンビア事務所、JSTの合同TV会議	11	対処方針会議
2015	2015/10/7	第32回会議	JICAザンビアオフィス	2	詳細計画策定調査前の事前打ち合わせ
2015	2015/10/8	第33回会議	Kabwe Town Clerk など	11	詳細計画策定調査前の事前打ち合わせ
2015	2015/10/9	第34回会議	National Remote Sensing Center (NRSC)	3	詳細計画策定調査前の事前打ち合わせ
2015	2015/10/9	第35回会議	Mine Safety Department in Kitwe	4	詳細計画策定調査前の事前打ち合わせ
2015	2015/10/11	第36回会議	Internal Meeting	6	詳細計画策定調査
2015	2015/10/12	第37回会議	Meeting with JICA Zambia Office	6	詳細計画策定調査
2015	2015/10/12	第38回会議	Courtesy Call on UNZA VC	7	詳細計画策定調査
2015	2015/10/12	第39回会議	Meeting with UNZA	8	詳細計画策定調査
2015	2015/10/12	第40回会議	Meeting with PS for Ministry of Education	8	詳細計画策定調査
2015	2015/10/12	第41回会議	Meeting with WB	10	詳細計画策定調査
2015	2015/10/13	第42回会議	Stakeholders Meeting for kickoff (Ministry of Education, Ministry of Mine, Ministry of Land, Ministry of Health and UNZA)	20	詳細計画策定調査
2015	2015/10/14	第43回会議	Courtesy Call on Kabwe Town Clerk	10	詳細計画策定調査
2015	2015/10/14	第44回会議	Meeting with Kabwe Municipality	20	詳細計画策定調査
2015	2015/10/15	第45回会議	MM finalization works by the team including UNZA	10	詳細計画策定調査
2015	2015/10/15	第46回会議	Courtesy Call on the Embassy of Japan	10	詳細計画策定調査
2015	2015/10/16	第47回会議	Stakeholders Meeting for Signing of MM	20	詳細計画策定調査 & Stakeholders Meeting for Signing of MM
2015	2015/10/16	第48回会議	Meeting with JICA Zambia Office	10	詳細計画策定調査
2015	2015/10/14	第49回会議	宇宙ミッションセンター(創成研究機構 3F106)	2	研究題目1に関する打ち合わせ
2015	2015/10/22	第50回会議	農業環境技術研究所	4	研究題目1に関する打ち合わせ
2015	2015/10/30	第51回会議	北大、JICA東京本部、JICAザンビア事務所、JSTの合同TV会議	9	10月ザンビア渡航に関する帰国報告会
2015	2015/11/4	第52回会議	北海道大学大学院 獣医学研究科	10	第4回勉強会
2015	2015/11/9	第53回会議	北大工学部	4	研究題目3に関する打ち合わせ
2015	2015/11/19	第54回会議	JSS	3	SATREPSのJSSと北大の今後の連携について
2015	2015/11/20	第55回会議	北海道大学大学院 獣医学研究科	10	JICA後任内藤さんとの顔合わせ
2015	2016/1/13	第56回会議	School of Education, UNZA	3	実験手法についての会議
2015	2016/1/14	第57回会議	JICA Zambia	4	プロジェクト全体についての会議
2015	2016/1/14	第58回会議	School of Education, UNZA	4	実験手法についての会議
2015	2016/1/15	第59回会議	Kabwe Town	3	現地にて調査
2015	2016/1/18	第60回会議	School of Mines, UNZA	3	学生向けプレゼン
2015	2016/2/15	第61回会議	Vice Chancellor's Office, UNZA	2	副学長に向けたプロジェクト説明
2015	2016/2/15	第62回会議	School of Agriculture, UNZA	3	学生向けプレゼン
2015	2016/2/22	第63回会議	JICAザンビアオフィス	8	JICAザンビア事務所挨拶、パイロット試験説明
2015	2016/2/22	第64回会議	ザンビア大学	8	ザンビア大学挨拶、パイロット試験説明

2015	2016/2/22	第65回会議	北大ルサカ事務所	11	北大ルサカ事務所挨拶、SATREPSパイロット試験説明と協力要請、北大が使用している実験室視察
2015	2016/2/22	第66回会議	ポーリング会社 (RidgePoint GeoConsult	7	ポーリングの仕様、位置、掘削のための許認可について協議

2015	2016/2/24	第67回会議	世銀ザンビア事務所	13	CP会議、世銀プロジェクト概要説明、JICA/JSTプロジェクト紹介、今後の情報交換、相互協力確認
2015	2016/2/24	第68回会議	ザンビア大学	25	学生向けプレゼン2件、北大工紹介
2015	2016/2/25	第69回会議	保健省	8	保健省へのパイロット試験説明と協力依頼
2015	2016/2/25	第70回会議	鉱山・資源開発省地質研究所	8	鉱山・資源開発省へのパイロット試験説明と協力依頼
2015	2016/2/25	第71回会議	JICAザンビア事務所	8	出張報告、総括
2015	2016/2/24	第72回会議	北海道大学大学院獣医学研究科	5	研究題目2に関する打ち合わせ
2015	2016/2/25	第73回会議	北大人獣共通感染症リサーチセンター	5	高田先生(北海道大学人獣共通感染症リサーチセンター)のSATREPSプロジェクトとの情報共有
2015	2016/3/14	第74回会議	北大(獣医学部・第三講義室)とJSSとのテレビ会議	18	RDの進捗状況、渡航報告(五十嵐・伊藤・内田)、来年度の計画の件、渡航時の諸手続きについて

74 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2015	2015/10/16	第47回会議	20	詳細計画策定調査 & Stakeholders Meeting for Signing of MM

1 件

成果目標シート

研究課題名	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
研究代表者名 (所属機関)	石塚 真由美 (北海道大学大学院獣医学研究科)
研究期間	H27年度採択(平成28年4月1日～平成33年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	ザンビア共和国／ザンビア大学、鉱山省、国土省、保健省、国立リモートセンシングセンター、ザンビア環境管理局

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鉱山資源の維持可能型開発法の確立 ・ 三菱マテリアルテクノ株式会社の参画による、環境修復の実施のための基盤確立
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非河川地域の金属汚染の防止及び環境修復 ・ 地球化学・生態分析調査、衛星画像解析データの統合 ・ ケミカルハザードメカニズムの解明とリスク・経済的アセスメント法の新規確立
国際標準化の推進	<ul style="list-style-type: none"> ・ スペクトルを用いた土壌汚染度評価法 ・ 土壌タイプ、汚染レベルに即した最効果的環境修復法の確立 ・ 健康および経済のリスク評価プロトコルの確立
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成 ・ 国際会議での主催や主導的活躍
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・ ケミカルハザード問題に取り組むための学際的かつ実学的チームの形成 ・ アフリカ諸国における研究者とのネットワーク形成
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星を利用した汚染状況評価法 ・ 汚染防止・環境修復プロトコルの作成 ・ コミュニティレベルで利用可能な家庭利用型汚染防止マニュアルの作成 ・ 慢性鉛暴露におけるセラピープロトコル ・ 汚染拡散シミュレーション法の作成

上位目標

アフリカを中心とした世界諸地域における金属汚染を解決するためのプロトコルの提言と配布、世界的に主要なハザードである金属汚染対策に貢献

ザンビアにおける政策に採用される。
健康および経済リスク評価に基づく環境修復を実施する。
人(幼児)の鉛レベルに低下が見られる。汚染土壌からの植物生育が改善される。

プロジェクト目標

汚染レベル、汚染源別に、汚染除去法を最適化し、健康リスク評価に基づく経済的効果を定量化する

