



地球規模課題対応
国際科学技術協カプログラム



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

北海道大学・大学院獣医学研究科 石塚真由美

アフリカ諸国の 環境汚染の現状①



アフリカでは現在急激な開発が進められている。
その一方で、有害金属の汚染、オイル、農薬など、環境化学物質
の中毒による家畜や野生動物の集団死が頻発している。

アフリカ諸国の 環境汚染の現状②



各国政府は、開発と環境保全の共存を国策として掲げているが、しかしながら実質ペーパーワークにとどまっている国も多い。

特に鉛汚染は…



Massive Childhood Lead Poisoning

The Price of Nigerian Gold

Childhood lead poisoning on a scale unheard of for decades has been detected in rural northwestern Nigeria [EHP 120(4):601-607; Doornyn et al.]. The culprit: lead in gold ore processed using artisanal techniques. Chelation therapy for hundreds of children, soil replacement, and an education campaign to discourage processing ore inside homes may now have radically reduced child mortality in the hardest-hit villages, but the long-term effect of lead poisoning on the surviving children remains to be seen.

The outbreak surfaced in the spring of 2010 when health professionals noticed abnormally high rates of child illness and death among young children in 4 villages of Zamfara State. Blood tests on 8 children returned blood lead levels (BLLs) of 168–378 $\mu\text{g}/\text{dL}$, at least 16 times the level of concern set by the U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). The Nigerian authorities quickly assembled an international team to identify the source of the exposure and to respond, focusing on the 2 worst-affected villages.

Blood samples were collected from 59% of children under age 5. Of those, 97% had BLLs of at least 45 $\mu\text{g}/\text{dL}$,



A child awaits treatment for lead poisoning in 2010. Nearly all children tested in the worst-affected villages had blood lead levels high enough to warrant chelation therapy.

the threshold at which the CDC recommends chelation therapy. The BLLs of 89% surpassed the portable sampling device's maximum detection limit of 65 $\mu\text{g}/\text{dL}$.

A survey of the villages revealed that 29% of all children under age 5 had died in the previous year, most of them in the half-year before the study. This translates to a mortality rate of 255/1,000 live births, compared with a national average of 157/1,000. The problem was the lead-contaminated gold ore being processed in many of the family compounds. Two-thirds of these families had started the activity within the last year.

Soil samples were collected from nearly all the family compounds where processing occurred, with 85% showing heavy lead contamination. The worst reached 250 times the U.S. Environmental Protection Agency safety limit of 400 ppm for play areas. Similarly, waste lead concentrations far exceeded U.S. recommendations.

Not every child's blood could be tested, and a lack of medical data for the deceased meant their deaths could not be definitively linked to lead poisoning. Further, the locally recruited survey staff had limited training in administering questionnaires and collecting environmental samples, which may have affected the results. Nonetheless, the evidence clearly suggests these villages were hit by lead poisoning due to artisanal processing of contaminated gold ore.

Adrian Boehm is a biological Sciences Specialist who also serves regularly for The Lancet, Geology, The Lancet Oncology, and Frontiers in Ecology and the Environment.

- ✳ アフリカでは金属汚染は最も懸念すべき環境汚染の一つ。
- ✳ 2010年、ナイジェリアでは鉛中毒で400人以上の子供が死亡、1万人以上が治療を受けている。
- ✳ ケニアのダンピングサイトで高濃度の鉛汚染を報告。

- ✳ ザンビアのカブウェ地域は米国環境団体PureErathにより
- ✳ 世界で最も汚染された10の地域の一つにあげられている。

WHO

- 「鉛の子供に対する安全レベルは分かっていない」

✳ これまでの常識

- ヒトでは、血中濃度50~300 $\mu\text{g}/\text{dL}$ で運動・認知機能障害
- 300 $\mu\text{g}/\text{dL}$ では、臨床上明瞭な脳症の症状

- ✳ 一般に血中5-10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 未満を基準としている。

→ ザンビアの状況は…？

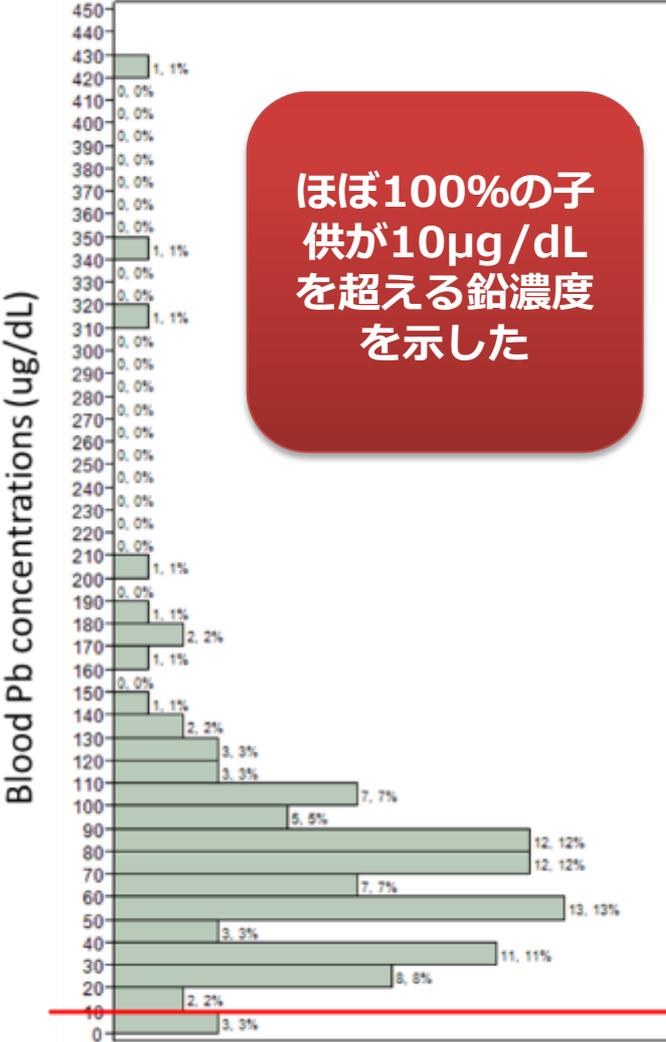


ザンビアKabwe地域の子供の血中鉛濃度

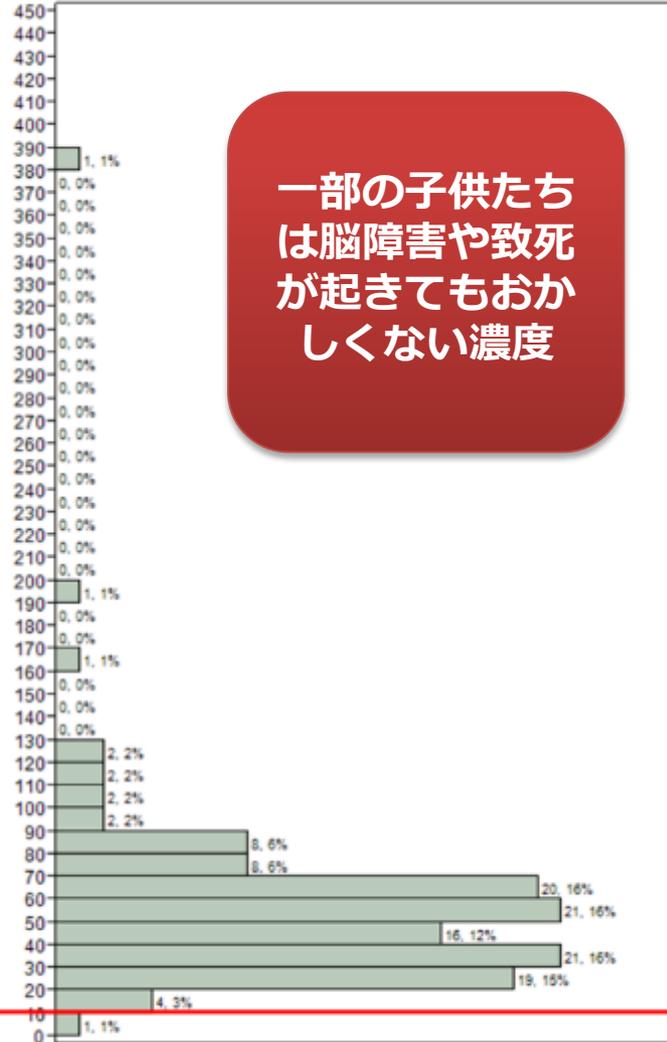


Kasanda (n=100)

Makululu (n=129)



ほぼ100%の子供が10 μ g/dLを超える鉛濃度を示した



一部の子供たちは脳障害や致死が起きてもおかしくない濃度

ザンビアの子供たちの血中濃度は毒性発現レベルをはるかに超えている

10 μ g/dL

Number of children and percent

プロジェクトの概要



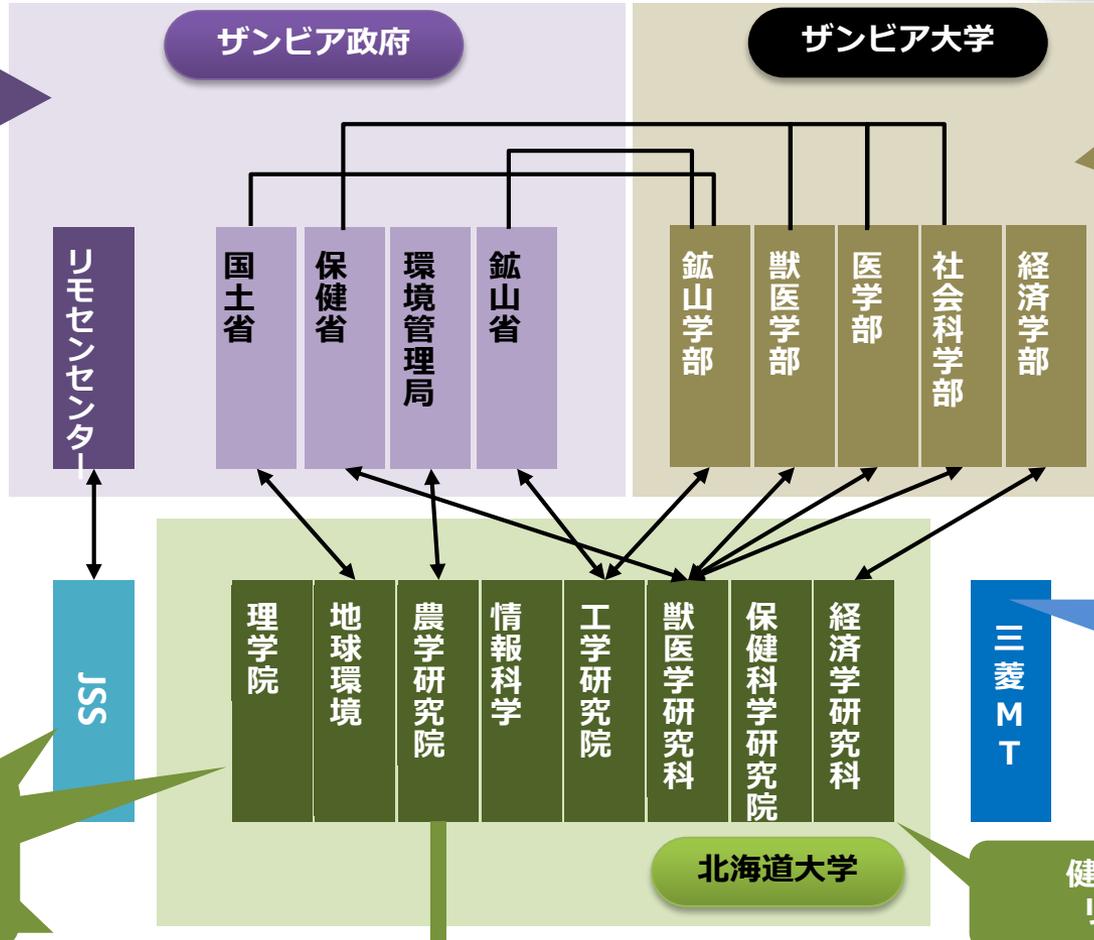
研究グループ	研究内容	アウトプット (新規開発と社会実装)
1 土壌から生態系・ 人・動物への汚染 メカニズムの解明	土壌環境の総合的評価 広域調査（リモートセンシング、地上） 土壌中鉛の移動性検証と鉛の動物および人への 移行	モニタリングラボの設置 移行メカニズムの解明 汚染対策提言書の作成 人材育成 新たな植生指標 汚染拡散の シミュレーション 環境局 国土省 鉱山省 リモセン センター
2 鉱床地域の子供に おける有害金属汚 染へのフォロアッ プスタディ	鉛によるハザードのリスクアセスメント 鉛によるハザードの経済アセスメント	鉛の毒性メカニズムの解明 新たなクライテリア 専門家養成 慢性中毒のセラピープロトコール 保健省
3 オンデマンドの環 境修復技術の開発 と評価	フィジカルレメディエーション ケミカルレメディエーション 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	土壌の新たな環境修復技術 三菱マテリ アルテクノ ↓ 実用化（製品化）

プロジェクト組織全体像



キャパシティビルディング、政策の提言、基準作成、プロトコル作成と配布・実施

汚染データベース
環境修復
健康と経済の
リスク評価



汚染データベースの作成とメカニズム解明、環境修復

環境浄化技術の実用化
(産業化)

農業環境技術研究所、鳥取大学農学部、Univ of the Free State

三菱MT：三菱マテリアルテクノ株式会社
JSS：宇宙システム開発利用推進機構

健康と経済の
リスク評価

キックオフシンポジウムの開催



KAbwe Mining Pollution Amelioration Initiative Project

- ✧ 2016年7月14日
- ✧ 場所：ルサカ（ザンビア）
- ✧ 参加者（66名）

ザンビア

ザンビア大学

鉱山省、保健省、環境局、国土省、リモートセンシングセンター

カブウェカウンシル、世界銀行



日本

北海道大学(獣医、経済、保健、工学、農学、地球環境、理学)

三菱マテリアルテクノ、宇宙システム機構

JICA



プロジェクト名を「KAMPAI」
プロジェクトに命名

KAbwe Mining Pollution Amelioration Initiative

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採択(平成27年10月1日～平成32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

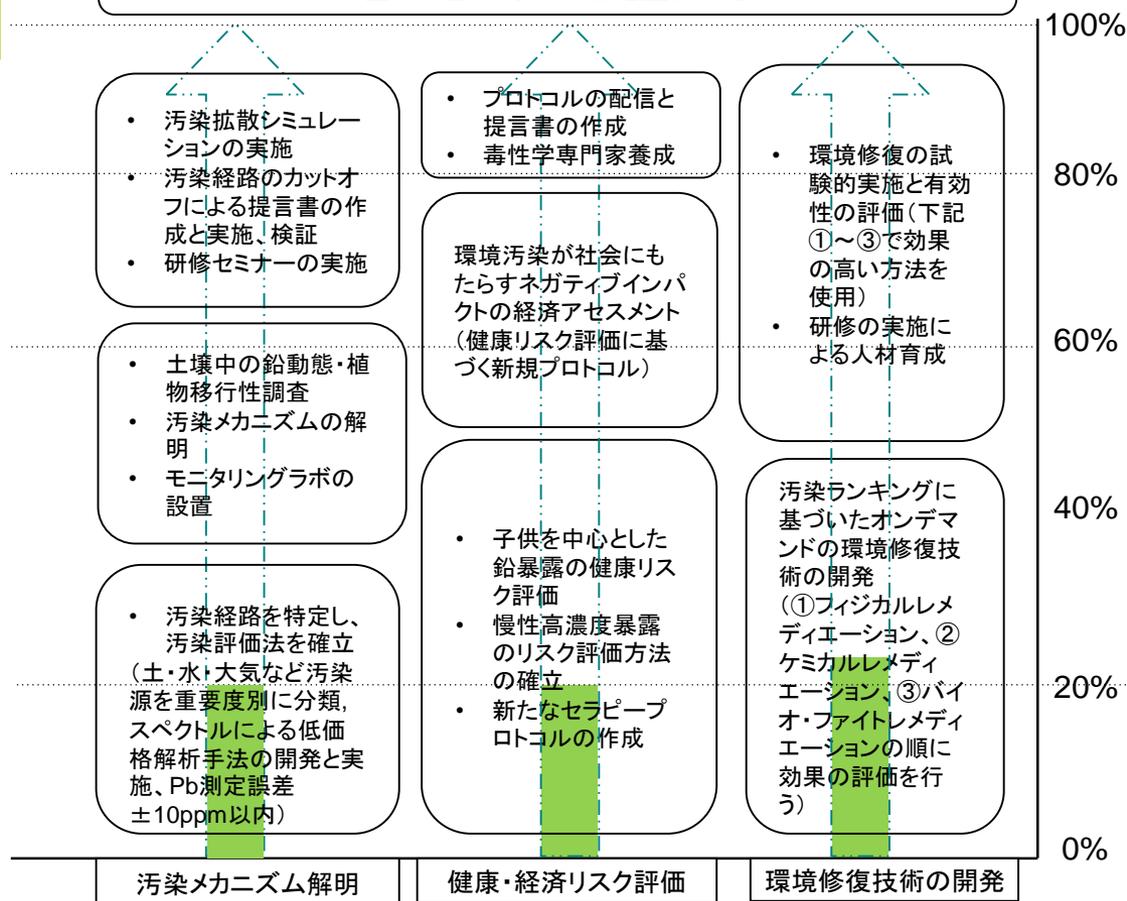
上位目標

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

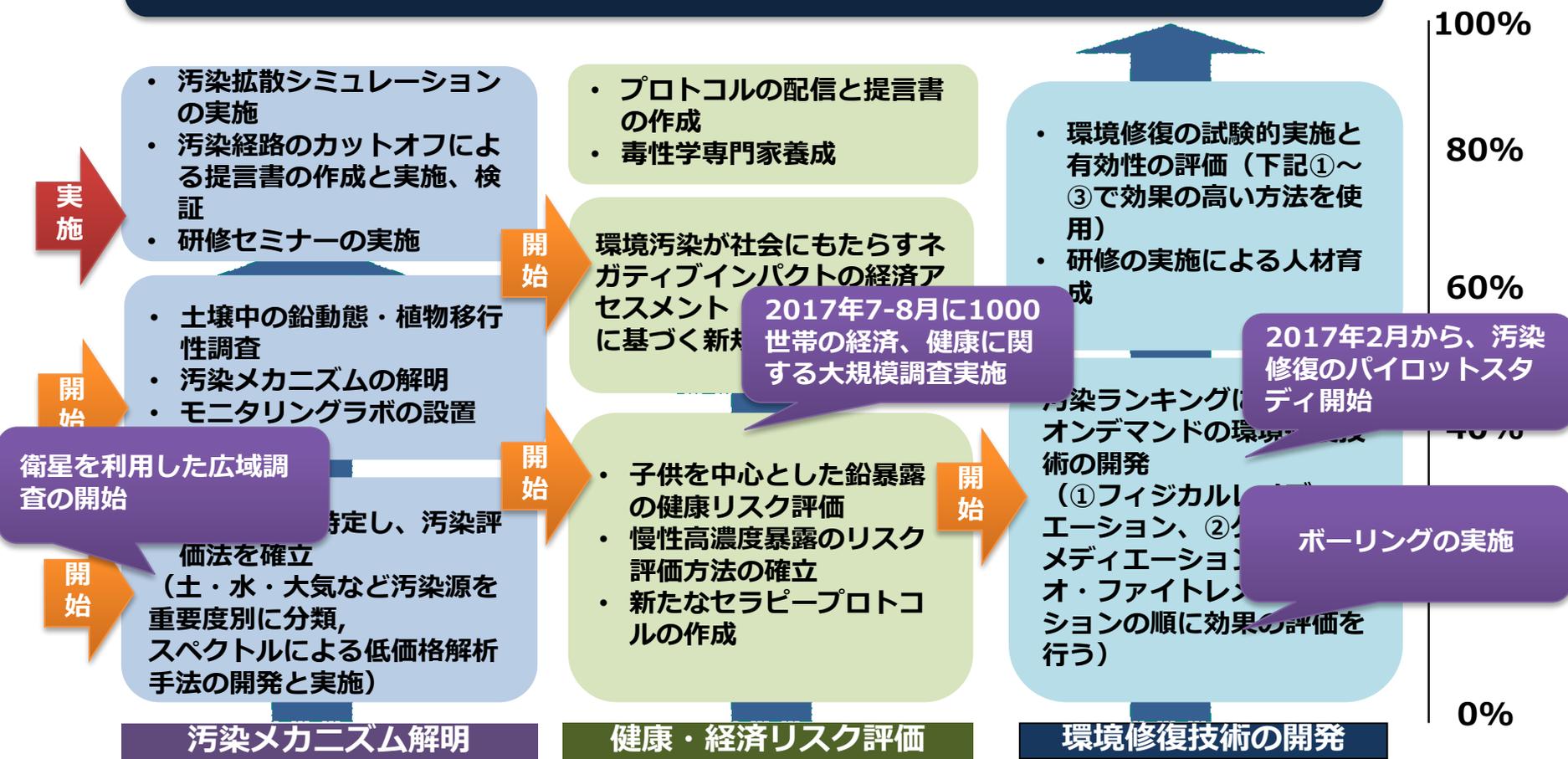




成果目標



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





① 土壌から生態系・人・動物への汚染メカニズムの解明

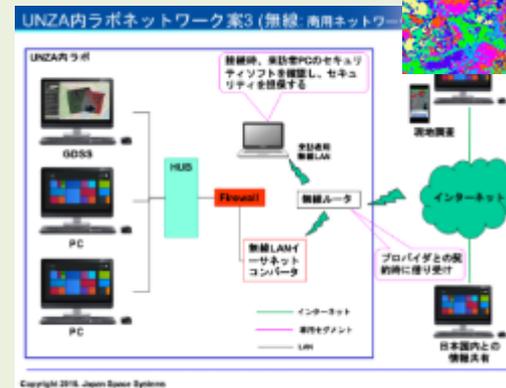
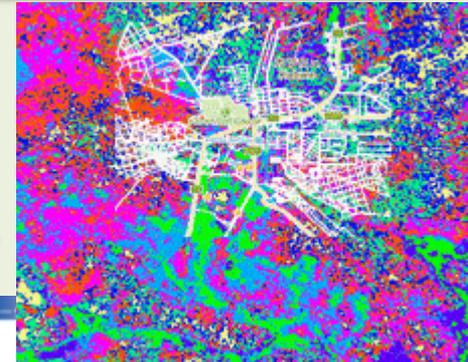


1-1

土壌環境評価

- 基礎的な自然環境調査を行い、カブウェ地域の大まかな土壌タイプ、植生に関する知見を蓄積した。
- カブウェ地方の衛星画像（LANDSAT8）の解析をスタートさせており、データクラスタリング等を季節毎に行い、植生データなどとの連携を試みている。
- オンライン・データベースの構築を始めており、植生、土壌、鉛濃度などの情報を一括管理できるように近々なる予定。
- 次ページで説明する気象データと併せ、鉛リスク警告システムなどの構築を目指す（汚染対策ガイドラインやシミュレーションを目指す）。

カブウェ地域の衛星データをクラスタリングし色別に表示。違う色＝異なる土地利用と考えられる。



ザンビア大内に設置予定のウェブデータベースサーバー概要図

UNZA 鉱山

リモセンセンター

国土省・鉱山省

環境管理局

北大理学部

JSS

北大農学

北大地球環境



① 土壌から生態系・人・動物への汚染メカニズムの解明

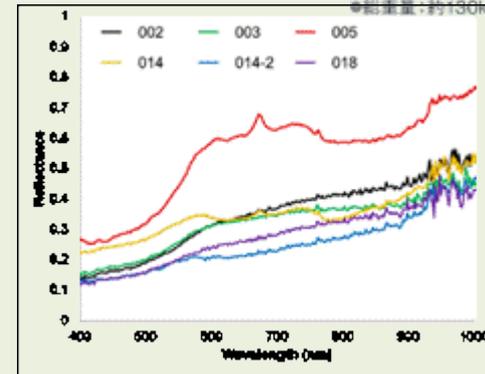


1-2

土壌中鉛の移動性

- オンラインでリアルタイムモニタリングが可能なウェザーステーション設置に向けた具体的な計画を行っている (POTEKA)。ダストセンサーを取り付ける予定。
 - 土壌表面のスペクトルデータを採取しており、粉塵の飛散状況などとの関連性を今後明らかにする予定。
 - 水溶性鉛については、汚染源の地下水鉛濃度データを入手した (検出限界以下がほとんど)。
 - 汚染源周囲 5 キロ地域で、土壌鉛の水溶性を調査したが、それほど高くは無かった。
- 粉塵での鉛飛散が予想されるが、確定は出来ない。

設置予定ウェザーステーション。携帯電話回線を用いて日本からデータが確認できる。



土壌スペクトルデータ。カブウェ地域で異なる土壌タイプが存在することを示唆している。

UNZA 鉱山

リモセンセンター

国土省・鉱山省

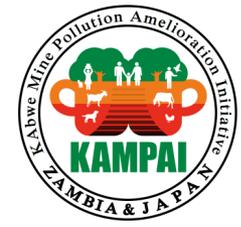
環境管理局

北大理学部

JSS

北大農学

北大地球環境



② 鉱床地域の子供における有害金属汚染へのフォロアップスタディ



2-1

鉛によるハザードのリスクアセスメント

- 5箇所のHealth Clinicにおいて150名を対象とした、Preliminary Surveillanceを実施
- 鉛濃度Mappingのための基盤データ取得
- Questionnaireを用いたリスクファクターの検討
- 子供の神経発達や、母親のQuality of Life (QOL)への影響を解析する予備調査
- On Siteの血中鉛濃度測定器 (Lead Care II) 3台の導入
- 2017年8月に、1000世帯を対象とする大規模調査を実施

UNZA医学

UNZA社会科学

保健省

北大獣医

北大保健

UNZA獣医

2-2

鉛によるハザードの経済アセスメント

- 文献レビューによる鉛汚染の経済アセスメントに必要な指標・解析手法の検討
- カブウェ市庁(Municipal council)の都市計画担当(Urban planner地理情報データ(shape ファイル等)を入手
- カブウェ市内の建物・世帯の位置情報と名称・世帯主名などを関連付ける進行中のプロジェクトの作業データを使用するための調整
- 中央統計局の全国規模世帯調査 (Living Condition Monitoring Survey や Demographic Health Survey) におけるサンプリング・フレーム情報を入手

UNZA経済

UNZA社会科学

保健省

北大経済

三菱MT

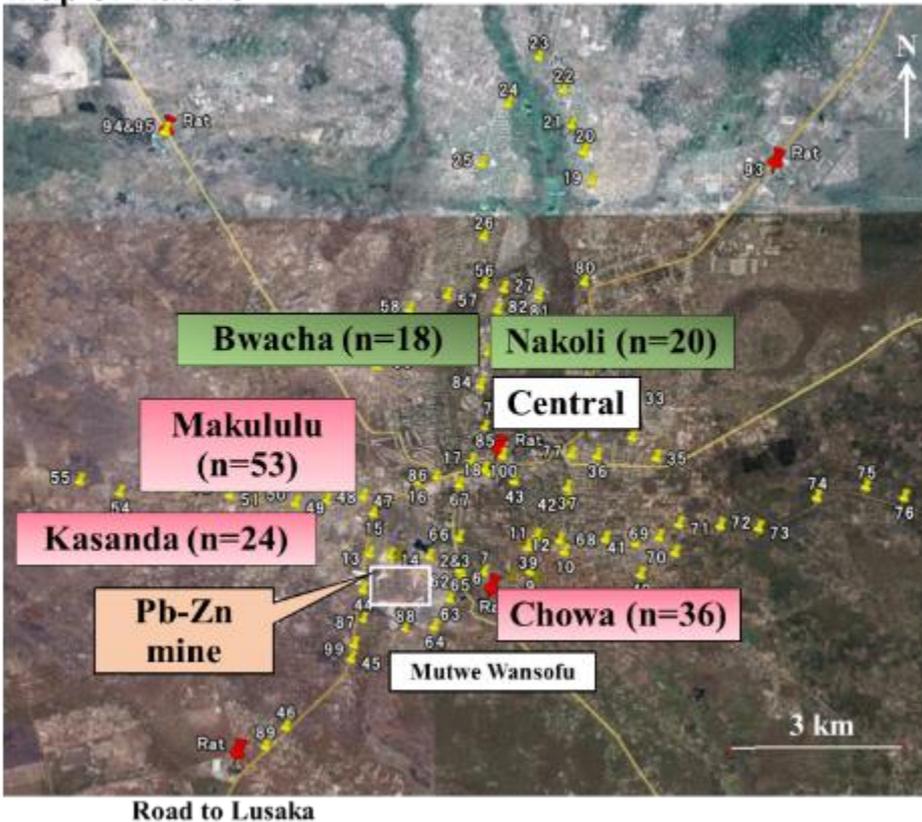


② 鉱床地域の子供における有害金属汚染へのフォローアップスタディ

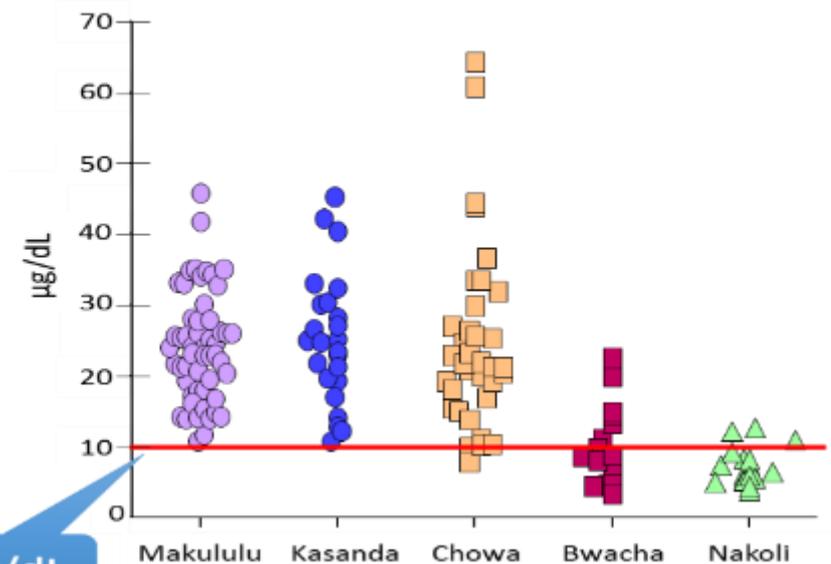


子供150名を対象とした血中鉛濃度調査（2016年10月）

Map of Kabwe



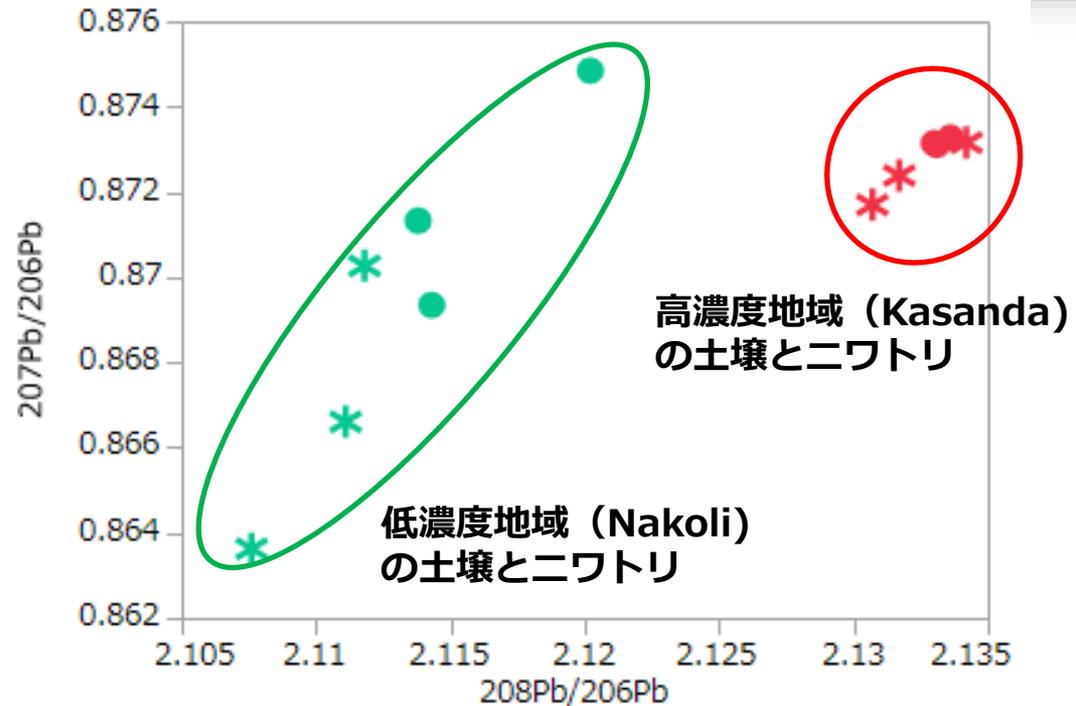
- 鉱床地域では、ほぼ100%の子供が10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ を超える鉛濃度を示した。
- 一方で、周囲地域では鉛濃度に大きな個体差があり、本研究では、鉛濃度のマッピングを血中の分析をもとに行い、毒性学的解析を加えることで、ヒトの鉛暴露経路のメカニズムや、新たな対策・提言に結びつけることができる。



10 $\mu\text{g}/\text{dL}$



鉛安定同位体比による汚染経路の 解明（解析手法を確立）



- 低濃度地域と高濃度地域で異なる同位体比を示す
- 土壌とニワトリの腎臓が同じ同位体比を示す

→ 2017年に1000世帯規模で、ヒト鉛影響の大規模調査を実施する。
鉛同位体測定により汚染経路を解明



③ オンデマンドの環境修復技術の開発と評価

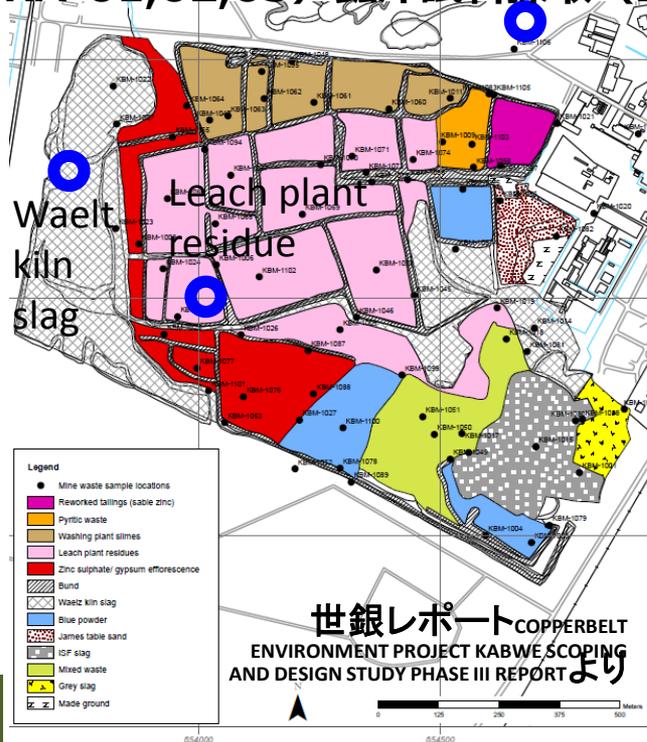


汚染源：カブウェ鉱山Pb,Zn,Cu鉱石の選鉱・製錬残渣（鉱山廃滓）

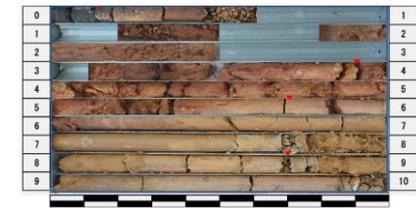
- ・ 汚染源（各種の鉱山廃滓）の調査
- ・ Pb拡散源の把握：地下水，ダスト
- ・ 汚染源からのPb拡散防止対策

カブウェ鉱山廃滓サイトのボーリング：廃滓の深度方向の地質学的特徴の把握（Pb, Zn等の濃度分布），地下水調査
 鉱山廃滓試料の水溶出試験：Pb, Zn等の溶出特性の把握
 鉱山廃滓試料の不溶化試験（ビーカースケール）

カブウェボーリング調査（2016年11月,KA-01,02,03） 鉱滓試料採取（2016年2月，11月）



KA-01ボーリングコア (Leach plant residue)



KA-02ボーリングコア (Waelt kiln slag)

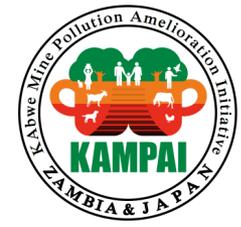
UNZA鉱山

国土省・鉱山省

北大工学

三菱MT

世銀レポート COPPERBELT ENVIRONMENT PROJECT KABWE SCOPING AND DESIGN STUDY PHASE III REPORT より

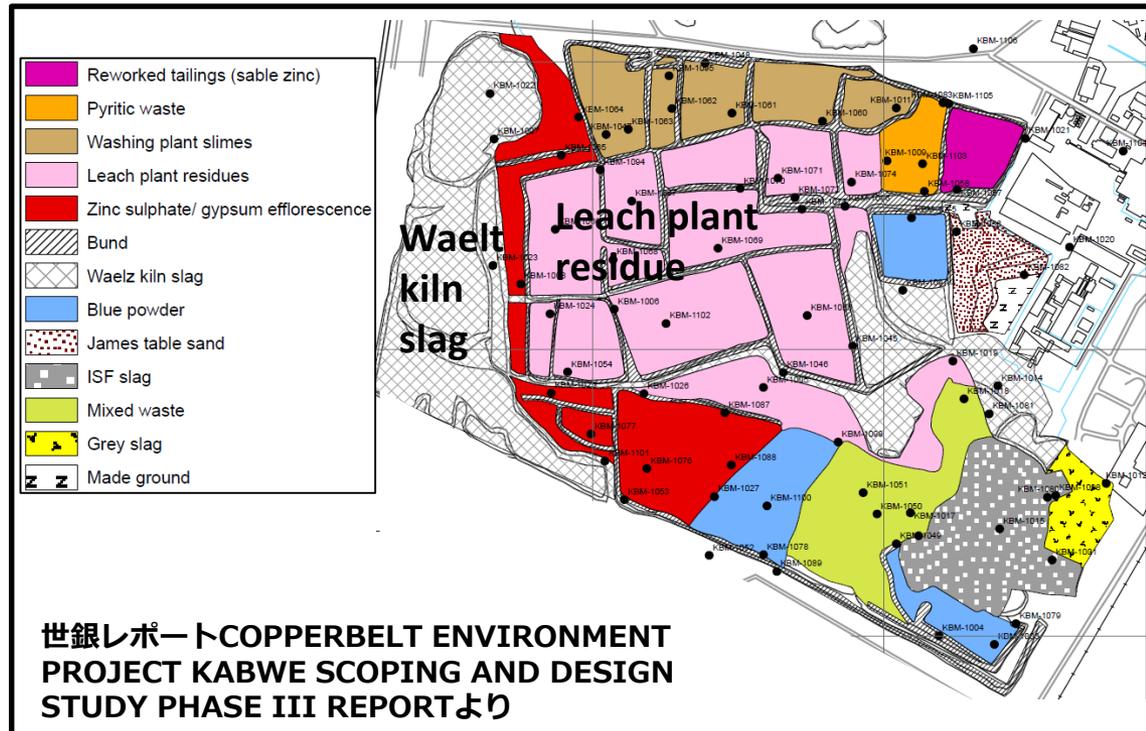
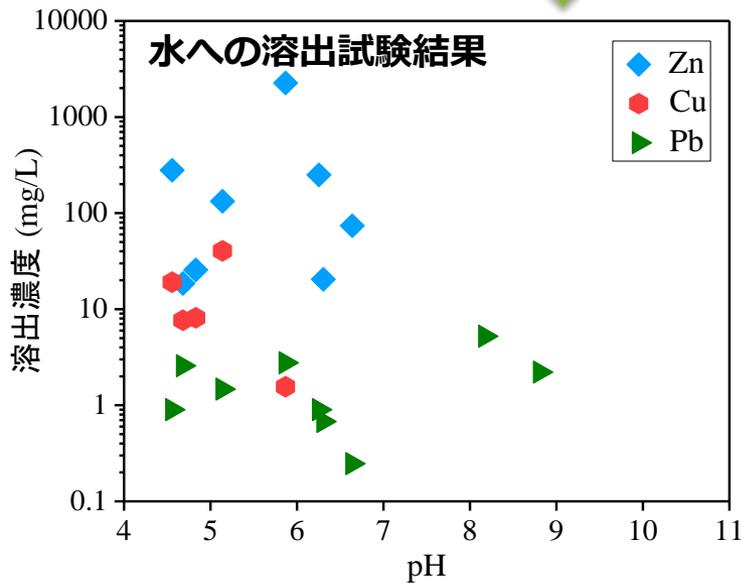


③ オンデマンドの環境修復技術の開発と評価



- ・カブウェ鉱山廃滓サイトでは各種の鉱山廃滓が野積み
- ・廃滓種によって溶出時pHや溶出Pb, Zn, Cuイオン濃度が異なる

- ・Pb溶出性の高い廃滓試料の**不溶化試験を実施** (ビーカースケール: Leach plant residue)
- ・適切な**不溶化試薬の選定**→UNZA敷地内での鉱山廃滓の不溶化パイロットスケール試験 (Pb溶出の抑制効果の評価) を計画 (2017年2月予定)



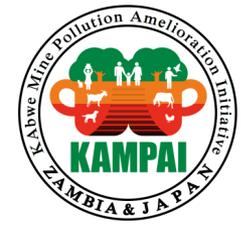
UNZA鉱山

国土省・鉱山省

北大工学

三菱MT

世銀レポートCOPPERBELT ENVIRONMENT PROJECT KABWE SCOPING AND DESIGN STUDY PHASE III REPORTより

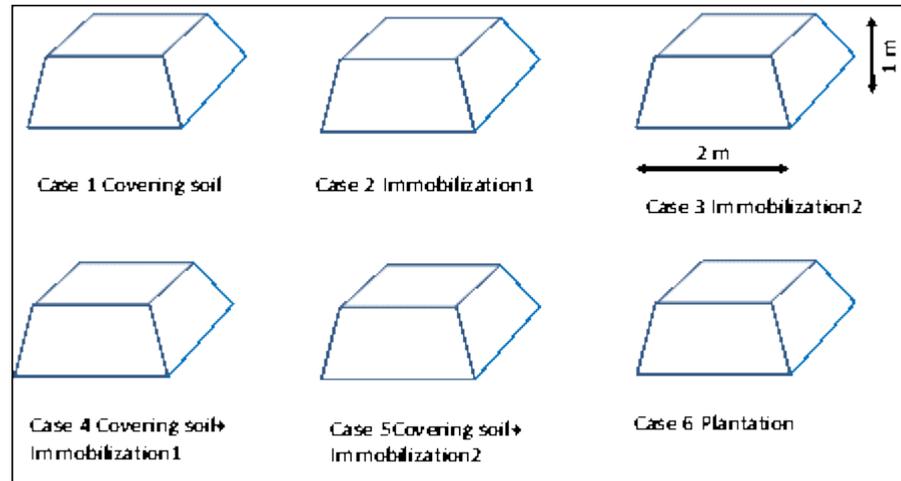


③ オンデマンドの環境修復技術の開発と評価



UNZA敷地内 鉱山廃滓不溶化パイロットスケール試験

- ・ **UNZAボーリング** : パイロットスケール試験予定地のバックグラウンド測定 (深度方向地質, 土壌中Pb, 地下水中Pb濃度) 2016年11月
- ・ **パイロットスケール不溶化試験開始** (2017年2月予定)
 - カブウェイから鉱山廃滓を輸送
 - 不溶化材と混練, 盛土作成 (各種不溶化材)
 - 雨水等でのPb拡散防止措置
 - ウェザーステーション設置
 - 電気伝導度, 水分, 温度等のセンサー設置



- その他の検討項目
- ・ バイオレメディエーション
 - ・ バイオクロッキング
 - ・ Pb等の金属回収試験



2016年度の研究成果 原著論文

(鉛分析方法の開発、アフリカの環境汚染)



- ✳ Nakata H*, Nakayama SMM*, Oroszlany B, Ikenaka Y, Mizukawa H, Tanaka K, Harunari T, Tanikawa T, Darwish WS, Yohannes YB, Saengtienchai A, Ishizuka M (* Equal contribution). Monitoring lead (Pb) pollution and identifying Pb pollution sources in Japan using stable Pb isotope analysis with kidney of wild rats. *Int. J. Environ. Res. Public Health* (2017, in Press)
- ✳ Yohannes YB, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M. Trace Element Contamination in Tissues of Four Bird Species from the Rift Valley Region, Ethiopia. *BECT* (2017, in Press)
- ✳ Yohannes YB, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M. DDTs and other organochlorine pesticides in tissues of four bird species from the Rift Valley region, Ethiopia. *Sci. Total. Environ.* 574: 1389-1395 (2017)
- ✳ Bortey-Sam N, Ikenaka Y, Akoto O, Nakayama SMM, Marfo J, Saengtienchai A, Mizukawa H, Ishizuka, M. Excretion of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites (OH-PAHs) in cattle urine in Ghana. *Environmental Pollution.* 218: 331-337 (2016)
- ✳ Bortey-Sam N*, Nakayama SMM*, Ikenaka Y, Akoto O, Baidoo E, Mizukawa H, Ishizuka M (* Equal contribution). Heavy metals and metalloid accumulation in livers and kidneys of wild rats around gold-mining communities in Tarkwa, Ghana. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 8(7), pp.58-68 (2016)
- ✳ Gerber R, Smit NJ, Van Vuren JH, Nakayama SMM, Yohannes YB, Ikenaka Y, Ishizuka M, Wepener V. Bioaccumulation and human health risk assessment of DDT and other organochlorine pesticides in an apex aquatic predator from a premier conservation area. *Sci. Total. Environ.* 550: 522-533 (2016)
- ✳ 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)
- ✳ Mahmoud AFA, Ikenaka Y, Yohannes YB, Darwish WS, Eldaly EA, Morshdy AE, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M. Distribution and health risk assessment of organochlorine pesticides (OCP) residue in edible cattle tissues from northeastern part of Egypt: High accumulation level of OCP in tongue. *Chemosphere* 144:1365-71 (2016)



2016年度の研究成果 学会発表



* Nesta Bortey-Sam, Yoshinori Ikenaka, Osei Akoto, Shouta M.M. Nakayama, Kwadwo A. Asante, Christian Obirikorang, Elvis Baidoo, Aksorn Saengtienchai, Hazuki Mizukawa, Mayumi Ishizuka. Human health risk due to polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) exposure in Kumasi, Ghana; and excretion of PAH metabolites in cattle urine from urban and rural sites. SETAC Europe 26th Annual Meeting, 22nd – 26th May 2016, La Cite Nantes Congress Center, Nantes, France (Poster)

* Nesta Bortey-Sam, Yoshinori Ikenaka, Shouta M.M. Nakayama, Aksorn Saengtienchai, Hazuki Mizukawa, Mayumi Ishizuka. Human health risk due to polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) exposure in Kumasi, Ghana; and excretion of PAH metabolites in cattle urine from urban and rural sites. 第30回北海道薬物作用談話会、2016年7月31日、北海道大学、札幌（口頭発表）

* John Yabe, Shouta M.M. Nakayama, Yoshinori Ikenaka, Yared B. Yohannes, Haruya Toyomaki, Kennedy Choongo, Kaampwe Muzandu and Mayumi Ishizuka, Kabwe childhood lead poisoning: past, present and future, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Oral)

* Haruya Toyomaki, Shouta M.M. Nakayama, Yared B. Yohannes, Hazuki Mizukawa, Yoshinori Ikenaka and Mayumi Ishizuka, Lead exposure on human samples in African countries: a mini review, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Oral)

* Emmanuel Temiotan Ogbomida, Shouta M.M. Nakayama, Nesta Bortey-Sam, Balazs Oroszlany, Isioma Tongo, Alex Ajeh Enuneku, Ogbeide Ozekeke, Martins Oshioriamhe Ainerua, Iriagbonse Priscillia Fasipe, Lawrence Ikechukwu Ezemonye, Hazuki Mizukawa, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka, Risk Assessment of Heavy Metals via Consumption of Muscle and Offal of Free-Range Animals from Benin City, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Oral)

* Shouta M.M. Nakayama, Hokuto Nakata, Balazs Oroszlany, Yoshinori Ikenaka, Hazuki Mizukawa, Kazuyuki Tanaka, Tsunehito Harunari, Tsutomu Tanikawa, Yared B. Yohannes, Aksorn Saengtienchai, Mayumi Ishizuka, Pb levels and isotope ratio profiles in kidneys of Japanese wild rats, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Poster)

* Masao Togao, Shouta M.M. Nakayama, John Yabe, Hokuto Nakata, Yoshinori Ikenaka, Chihiro Ishii, Yared B. Yohannes, Hazuki Mizukawa, Wageh Sobhy Darwish, Aksorn Saengtienchai, Mayumi Ishizuka, Is there species difference of biological variation of lead (Pb) isotopic composition between livestock and poultry?, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Poster, Poster Award)

* 梶尾正雄、中山翔太、John Yabe、池中良徳、中田北斗、石井千尋、水川葉月、Yared B. Yohannes、Aksorn Saengtienchai、石塚真由美、家畜・家禽の鉛安定同位体生体内分別の種差および歩哨動物としての有用性評価、第159回日本獣医学会学術集会、2016年9月6日～8日、日本大学生物資源科学部、藤沢市、神奈川県（口頭発表）

* Haruya Toyomaki, Shouta M.M. Nakayama, Yared B. Yohannes, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Hazuki Mizukawa, Yoshinori Ikenaka and Mayumi Ishizuka, Lead exposure on human samples in African countries and lead pollution in Kabwe, Zambia. The 4th Sapporo Summer Seminar for One Health (SaSSOH), 20th-21st September, 2016, Sapporo, Japan (Poster)

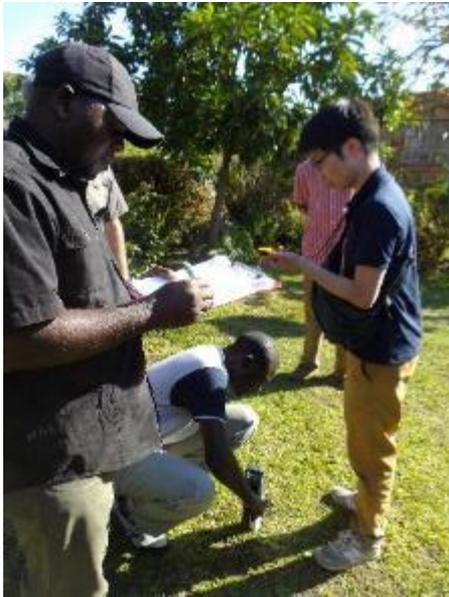
* Haruya Toyomaki, Shouta M.M. Nakayama, Yared B. Yohannes, John Yabe, Kaampwe Muzandu, Hazuki Mizukawa, Yoshinori Ikenaka, Mayumi Ishizuka. Monitoring of blood lead levels (BLLs) in dogs and chickens from lead pollution area, Kabwe, Zambia. International Doctoral Symposium on Sustainable Management of Resources and Environment in the 21st Century, Nov. 9-11, 2016, Hokkaido University, Hokkaido, Japan (Poster)



相手国側の キャパシティデベロップメントの計画



要望内容	省庁
Department Headなどのマネージャースタッフの環境マネジメント・ガバナンス	鉱山省、国土省
テクニカルスタッフのモニタリング技術・環境修復技術	鉱山省、国土省、環境管理局
ケミカルハザードに関するリスクアセスメント	保健省
各省庁スタッフの衛星画像/GIS活用技術（webGISの構築）	鉱山省、国土省、環境管理局、保険省



- ＊ 特にデータ取得後、政策に結びつけるためのデータの解釈・分析について強い要望が出されており、ザンビアにおける研修はもちろん、北海道大学への招聘も行い、3か月-1年の短期研修により、ケミカルハザード対策に必要な人材を育成する。
- ＊ 幼児被暴を防ぐために女性・母親を主な教育対象としたコミュニティセミナーや、農業従事者を対象とした、ワークショップを行う。



キャパシティディベロップメント

2016年度の実施



- ★ リモートセンシング・ワークショップの開催（ザンビア）
 - 1st : 農業省、保健省、Geological Survey Department
 - 2nd : 農業省
- ★ アフリカ若手研究者の短期研修（北海道大学）
 - 1st : 5名（ナイジェリア、カメルーン、南ア（×2）、ガーナ）
 - 2nd : 4名（ナイジェリア、マダガスカル、マラウイ、ウガンダ）
 - いずれも日本人学生との混合授業、ザンビア人講師の参加
- ★ 国費留学生SATREPS枠による博士課程への入学
- ★ 北海道大学外国人招へい教員として採用（2名）
 - 2016年10月～2017年1月
 - 2017年2月～2017年4月

INTERNATIONAL DOCTORAL SYMPOSIUM

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF RESOURCES AND ENVIRONMENT IN THE 21ST CENTURY

CALL FOR PAPERS

NOVEMBER 9-11, 2016

HOKKAIDO UNIVERSITY · SAPPORO · JAPAN



INVITATION

We are pleased to announce a symposium entitled, "Sustainable Management of Resources and Environment in the 21st Century", which will be held on November 9-11, 2016 in Hokkaido University, Sapporo, Japan.

This is an international symposium for the exchange of ideas and recent advances in the fields of sustainable resources management and engineering.

This meeting will focus on the presentations of recent and on-going projects of PhD and master's students from Hokkaido University (HU) and its sister institutions, network building among researchers and potential research collaboration.

THEME

- Environmental and Resources Geology
- Rock Mechanics
- Mining Engineering
- Resources and Energy Development
- Waste Management and Recycling
- Remediation of Contaminated Sites
- Contribution to Global Environmental Concerns

Division of Sustainable Resources Engineering
Faculty of Engineering





日本側の人材育成の状況



✧ 国際交流企画

- 招聘研究者との合同授業や交流会の実施
- 北大の企画する国際シンポジウムへの参加

✧ 大学院共通科目の採択

- プレ授業の開始
- 平成29年度より開始予定、1単位、15回の授業をKAMPAI参画研究者らが担当

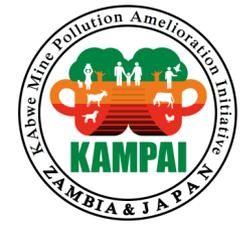
✧ KAMPAIプロジェクト学生会の設立

- 学生計23名



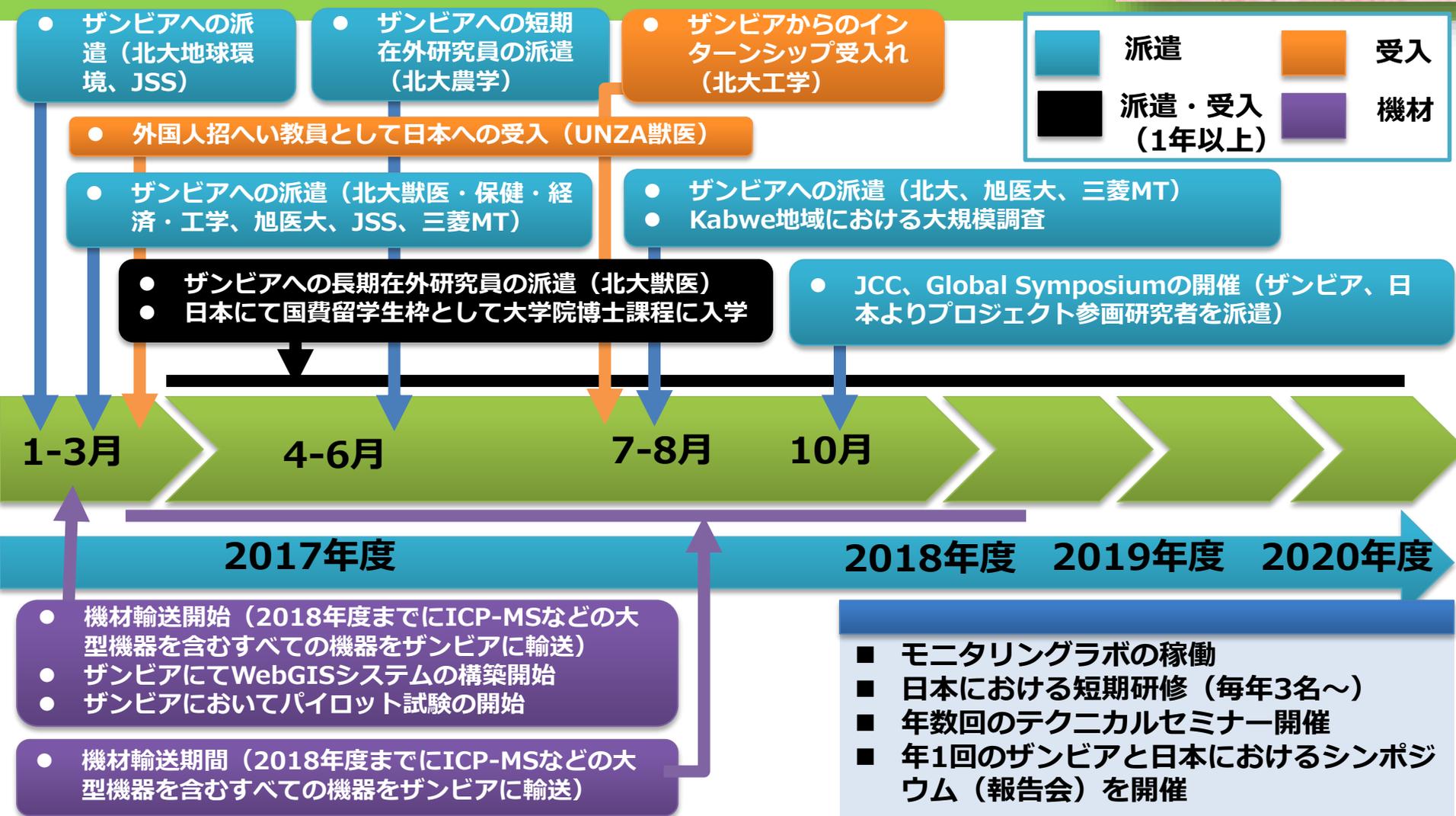
- ✧ 大学院生の長期ザンビア派遣による国際的視野の涵養（3か月、6か月）

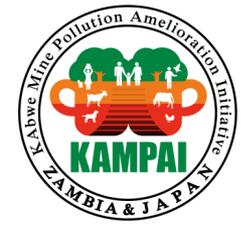
- ✧ 若手研究者の学術研究員、短期支援雇用の積極的採用



今後の活動計画

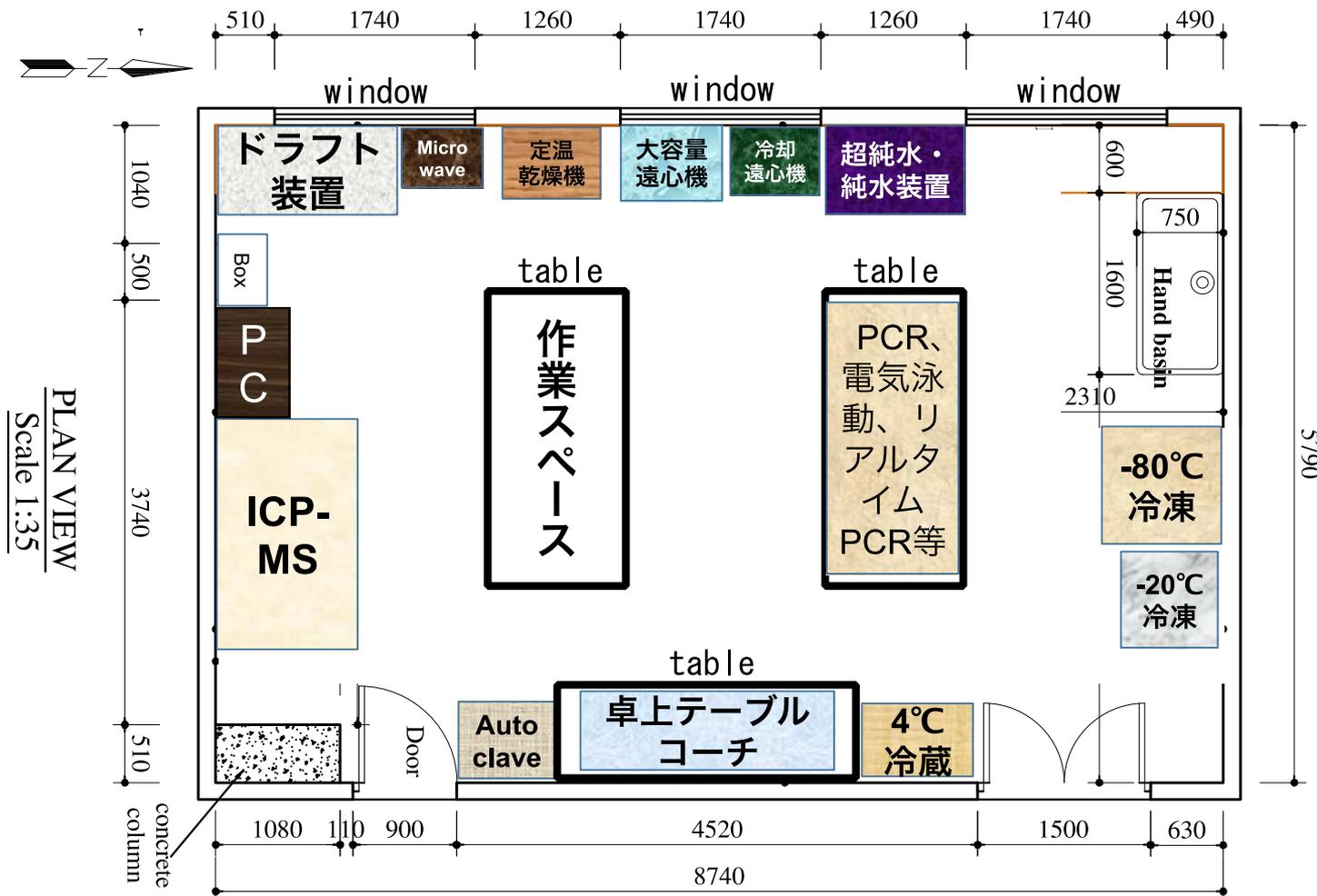
(派遣計画、受入計画、機材等の投入計画)





社会実装に向けた活動

ザンビアにおける モニタリングラボの設置



PLAN VIEW
Scale 1:35

フィールド用

- フィールド調査用車両
- ロガー付水位計
- 粉塵採取装置
- ドローン (自動航行機)
- 携行用XRD/XRF装置
- 気象観測装置
- など

カブウェにも 小拠点を予定

各クリニックでのオン
デマンドでの分析や、
サンプルの前処理、気
象観測ができるサブ拠
点を構築予定



プロジェクト実施上の問題・懸念点や改善案



問題点・懸念点		改善案
<p>世界銀行において60億円によるKabwe改善のプロジェクト計画が立案</p>	<p>世界銀行プロジェクトとKAMPAIプロジェクトとの協調</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 世界銀行とのミーティングを継続的に実施 ● 本プロジェクトの研究データを世界銀行とシェア（世界銀行の環境レメディエーションの基礎データとする） ● 世界銀行と協力関係にあった米国PureEarthと一部の共同研究についてMOUを締結済み ● 2017年5月より海外調整を主業務としたJICA調整員を配置
<p>プロジェクト参加研究者の増加（約80名）</p>	<p>グローバルシンポジウムを開催（2017年度）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● これまでKabweにて環境調査を行ってきた機関に呼び掛けて国際シンポジウムを主催（各国の担当者との協議を実施） ● 情報共有とブレインストーミングを実施
<p>プロジェクト参加研究者の増加（約80名）</p>	<p>専門性を生かした集団構築のチャンスと考え、意志共有を強化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 1-2か月に1度の全体ミーティングの開催 ● 2015年度は74回の会議、2016年度は現在までに53回の会議を開催（Face to Faceの会議とTV会議） ● モバイルTV会議システムの充実（ポリコムモバイルを導入） ● WEBやML、FACEBOOKによる情報共有 ● 学生会の設立
<p>ザンビアとの意識共有（一部、カウンターパートの動きが遅いセクション）</p>	<p>共同研究がなかった分野の活性化（新規分野の開拓と捉える）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 既に関係を構築済みのカウンターパートを含めた効果的な連携 ● JICA調整員のほか、長期および短期在外研究者の派遣（2017年度より） ● 日本からの派遣はもちろん、ザンビアの関係部署から日本へ招聘し、人材の育成や関係強化を実施

アウトリーチ活動 の2016実施状況

- ★ WEBサイト構築
- ★ FaceBookの開設
- ★ 高校生授業への参加（研究紹介、出前授業へのプロジェクト招聘者の参加）
- ★ 新聞取材（北海道新聞）
- ★ 学内誌の取材
- ★ 冊子体の刊行



WEB開設
Facebook開設



高校授業（招聘
研究者も参加）



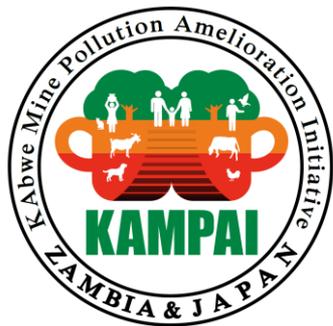
学内誌取材



新聞取材



地球規模課題対応
国際科学技術協カプログラム



ご清聴ありがとうございました



スケジュール



研究題目	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					
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、地上） モニタリングラボの設置	ザンビアにおける広域汚染データベースの作成				
	モニタリングラボ設置・人材育成				
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				
	汚染対策提言書作成				
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アップスタディ					
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	プロトコルの新規作成と国内への配布（保健省）				
	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 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	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				
	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				