

**アフリカ地域
鉱山環境・保安に係る
情報収集・確認調査
ファイナル・レポート**

**平成 26 年 3 月
(2014 年)**

**独立行政法人
国際協力機構 (JICA)**

**三菱マテリアルテクノ株式会社
住鉱資源開発株式会社**

産公
JR
14-080

はじめに

本報告書では、「アフリカ地域鉱山環境・保安に係る情報収集・確認調査」（以下、「本調査」）の進捗状況を報告する。本調査の目的は、① 鉱山環境・保安に関する情報・データの収集・整理、② 対象国にて活用可能な本邦企業・機関が有する鉱山環境の技術の優位性に関する情報収集・整理及び③ キャパシティ・ディベロップメント及び人材育成に係る対象国関係機関の要望に関する調査からなる。本調査の業務は、JICA 及び本調査協働企業体との委託契約の実施細則（SW）に基づいて 2013 年 10 月 10 日に開始された。

本報告書は、国内準備作業、第一次現地調査（対象国：アンゴラ、マラウイ、ザンビア、ボツワナ、ジンバブエ、南アフリカ、モザンビークの 7 カ国）、第二次現地調査（対象国：マラウイ、ザンビア、ジンバブエ、南アフリカ、マダガスカルの 5 カ国）及び帰国後整理作業における鉱山環境・保安に関する情報の収集・解析・整理からなり、更に今後の調査について検討を行った。

本調査における調査団員は以下の 4 名からなる。

- | | | |
|------------------|-------|---------|
| 1 総括/鉱山環境 A | 梶間 幹雄 | (MMTEC) |
| 2 鉱山保安/採鉱 B | 横山 隆之 | (MMTEC) |
| 3 採鉱 A/鉱山環境 B | 根岸 義光 | (MMTEC) |
| 4 地質/地化学/衛星データ処理 | 小林 浩久 | (SRED) |

Remarks:	MMTEC	: 三菱マテリアルテクノ株式会社
	SRED	: 住鉱資源開発株式会社

本調査対象国であるアンゴラ、マラウイ、ザンビア、ボツワナ、ジンバブエ、モザンビーク、南アフリカ及びマダガスカルの鉱山環境・保安関連部署の各担当者の親切なご協力に深謝申し上げます。

2014 年 3 月

要 旨

(1) 調査概要

- ・本調査は、アフリカ地域各国の鉱山環境・鉱山保安に関して ① 現状及びデータの収集・整理、② 対象国にて活用可能な本邦企業・機関が有する技術の優位性に関する情報の収集・整理及び ③ キャパシティ・デベロップメント（CD）や人材育成（長期研修）に係る対象国の関連機関の要望に関する調査を実施し、その結果を踏まえアフリカ地域における開発途上国の状況に即した持続的かつ環境に配慮した鉱山開発のための JICA における支援内容の検討に必要な指針を得ることを目的とする。
- ・本調査の対象国は、ザンビア、モザンビーク、南アフリカ、マラウイ、ボツワナ、マダガスカル、ジンバブエ及びアンゴラ の 8 カ国からなる。
- ・本調査は、国内準備作業、第一次現地調査、国内作業、第二次現地調査及び帰国後整理作業の 5 段階からなる。
- ・第一次現地調査は、2013/11/10～2013/12/8 の 1 ヶ月間とフォローアップとして 2014/2/19～2014/2/28 の 10 日間で実施し、各国の鉱山環境・保安に係る情報収集、セミナーの開催、人材育成に係る対象国関係機関の要望を確認した。
- ・第一次現地調査後の国内作業では、第一次現地調査までに収集した情報等に基づき、第二次現地調査地としてマラウイとザンビアを選定した。このうちマラウイにおける踏査地点は石炭鉱山 3 か所と小規模採掘地（貴石）2 か所、ザンビアは銅ベルトの銅鉱山 2 か所、休廃止亜鉛・鉛鉱山 1 か所、計 8 か所とした。
- ・第二次現地調査は、2014/1/19～2014/2/18 の 1 ヶ月間で実施し、① 環境調査、② 土壌サンプリング・分析、③ 水サンプリング・分析、④ 簡易測量、⑤ 各鉱害サイトにおける鉱害発生場所、規模、種類等の確認、周辺環境の状況、問題点の整理、鉱害防止対策の検討、並びに対象国の鉱山環境・保安の状況の調査を行った。
- ・帰国後整理作業は第二次現地調査後に実施し、全ての情報を取りまとめたうえ、対象国の課題を抽出、今後への提言をまとめた。

以下、第一次現地調査及び第二次現地調査における各国の状況を取り纏めた。

（鉱山管理及び鉱山環境関連法規）

- ・各国共 1990 年～2000 年代に鉱業法を新たに制定し、探鉱及び鉱山開発の促進と共に環境社会を配慮した持続可能な開発を目指している。
- ・鉱業政策も金、ダイヤモンド等の特定の鉱種だけに依存せず、ベースメタル、レアアース、石油・天然ガス・石炭等のエネルギー資源を含む多種類の鉱物資源探査へシフトしている。
- ・鉱山開発に伴うインフラ整備が課題となっている国・地域が多く、探鉱に必要な外資の導入等への課題となっている。

（鉱業の状況及び同ポテンシャル）

- ・南アフリカ、ジンバブエ、ザンビアでは多鉱種の資源の開発が歴史的にも長期に亘って行わ

れている。

- ・その他の国では比較的新規の鉱物資源開発であるが、ポテンシャルが高く今後の探鉱・鉱山開発の促進が期待されている。特に、ザンビア・コンゴに跨るカッパーベルトの南西側延長部であるアンゴラ及びボツワナ（カラハリ・カッパーベルト）では、探鉱が活発に行われ、いくつかの銅鉱床が既に開発に達している状況である。

（環境政策及び環境状況）

- ・各国とも環境法規が整備されており、環境法、環境保護法等を含む基本法が制定されている。また、環境影響評価（EIA）が基本法内に規定され、環境省はその業務を担っている。
- ・探鉱及び鉱山開発に伴う EIA の評価では、各国ともその専門項目について鉱山関連省に委託している。なお、鉱山に関する EIA の評価について担当者の経験が不足していることから、長期的な人材育成計画の策定・実施を検討する必要がある。
- ・環境管理計画、モニタリング等環境保護について、プロジェクト実施者にその履行を（鉱業法からも）義務付けているが、閉山については明確な（閉山）計画の実施義務付けがされていない国が殆どである。また、全国的なモニタリング実施体制の整備がほとんど行われていないことから全国的あるいは重要拠点（都市部、ホットスポット等）の環境状況が把握できていない。
- ・大気質、水質、土壌質、騒音・振動等の環境基準は、すでに設定されている国もあるが、設定されていない項目も認められ、環境評価のためにも早急に整備する必要がある。

（鉱害の発生、同ポテンシャル及び鉱害対策等の状況）

- ・アンゴラ、マラウイ、モザンビークでは、ベースメタル等の硫化物鉱床の鉱山開発が少ないことから鉱害の発生が認められないが、鉱害のポテンシャルは有していると言える。
- ・その他の国では、廃水、排ガスによる鉱害の発生が認められており、周辺環境への影響も懸念されている。更に、鉱害の状況、被害の調査等の把握が不十分であり、環境対策も十分行われていない状況である。
- ・モニタリングによる環境状況の把握、必要な環境対策の策定・実施のための技術ガイドライン等の整備も必要である。

（化学分析）

- ・アンゴラ、モザンビークでは環境・鉱山関連省庁下の分析所は設置されていない、現在設置の予定である。その他の国は主に地質調査所（院）または環境省内に設置されている。
- ・分析の精度及び分析項目は、環境系では環境分析を目的としているが、地質調査系の分析所では主に鉱石レベル・地化学分析レベル及び無機物を対象としている。
- ・ジンバブエでは分析所でモニタリング調査を実施し、現在モニタリング調査結果のデータベースの構築化が予定されている。

（鉱山保安の状況）

- ・鉱山・製錬所での災害・事故件数の統計は、ボツワナ、ジンバブエで入手した。その他の国では、鉱山保安の統計が得られていない。
- ・鉱山保安について、各国とも担当省庁からの指導・命令等を行っているが、保安上の訓練等は実施していない。しかし、ジンバブエでは鉱山会議所が保安に関する技術研修を定期的の実施している。

(人材育成及び技術研修の要望)

- ・各国とも特に人材育成の計画はない。
- ・各国の関連省庁からの JICA への技術研修の要望は、多分野多人数及び長～短期間に亘っている。

(2) 提 言

本調査により得られた鉱山環境・保安に係る情報や各国の現状での課題に基づき、対象 8 カ国への支援として考えられる事項や、第二次現地調査においてザンビア及びマラウイで対象にした鉱山の改善・対策案については、第 5 章に記述した。

現地における関連情報収集により、対象各国の鉱業セクターの状況は、①資源国もしくは資源開発が比較的に進んでいる国（南アフリカ、アンゴラ、ボツワナ、ザンビア、ジンバブエ）、②資源開発途上国（マラウイ、マダガスカル）、③資源開発途上国から資源国へと移行しつつある国（モザンビーク）として分けて捉えられる。この中で対象国①は、鉱山環境・保安上の懸念や課題がハード面を含めて具体的であり、その対策が急務である。その一方で②と③の対象国は、懸念や課題の解決が急務ではないものの、将来的に資源開発が進んだ場合に備えて、法令や人材育成等のソフト面の改善・対策が必要である。また②とされたマダガスカルに関しては、近年 Amvatovy ニッケル鉱山や Mandena チタン鉱山にメジャー企業が参入しているものの、鉱山環境・保安に関する規制側の現状は定まっておらず、③のように資源開発途上国から資源国へと移行しつつあるというよりも、②の資源開発途上国として位置づけられる。

以上のような各国の状況を考慮したうえ、第二次現地調査による鉱山サイト調査や第 5 章で検討された支援案に基づき提言されるプログラム案は、次のとおりまとめられる。

(ザンビア)

プログラム：Kabwe 亜鉛・鉛鉱山（休廃止）周辺における汚染対策工事

- ・対策に係る状況：旧鉱山内外の土壌・水に含まれる亜鉛・鉛等の濃度が高い。旧鉱山で利用されていた尾鉱・廃さい堆積場は当時の状態のままで残置されており、浸食や風の影響などで容易に下流側に流出してしまう。現状で旧鉱山内外や下流側に沿って土壌・水中の亜鉛・鉛等の濃度が高いため、すでに拡散している可能性が高い。加えて同地には柵等が設けられていないため、外部からの出入りも容易に可能である。旧鉱山周辺の廃水に関しては、下流側において住民が生活用水として利用している。対策に係る対象範囲は約 2km×2km である。
- ・対策の内容：旧堆積場の整地と植栽、同地から下流にかけての排水路の設置、下流側の沈殿・堆積ダムの建設、旧堆積場の防護柵、等の対策工事が必要である。対策により現状の高濃度土壌や排水を直接的に外部に流出させないことで、汚染の拡大が緩和される。またその後も汚染源の管理が可能になる。これら対策工事を行う場合、工事規模が大小総合的になる。そのため工事は段階的に進める必要がある。この際、最も規模の大きな工事は沈殿・堆積ダムの建設であり、同建設を中心にした対策計画が必要である。想定される工事期間は、ダム建設で 4～5 年、排水路の設置で 2～3 年、その他で 1～2 年である。金額規模は工事全体で十数億円が予想され、このうちダム建設で数億～十億円、排水路の設置で数億円、その他で数千万～数億円である。

また、対策工事計画の事前には汚染メカニズムの解明が必要である。解析ではボーリングによる土壌・水質調査、地下水流動シミュレーション等を行い、調査・解析期間は2年程度、金額規模は数千万円程度が予想される。

- ・対策に伴う研修の実施：日本の休廃止鉱山において、坑廃水処理状況の視察と同視察に伴う研修を行う。これにより研修者は対策方法とその後の管理・モニタリング方法を学ぶことが出来る。また研修時には、研修対象とした休廃止鉱山で実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の実地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。

このほか視察先として、鉱山跡利用施設（例：佐渡 Au、足尾 Cu）、鉱害対策施設（例：渡良瀬遊水地）なども加え、研修者の鉱山閉山に関する知識を深めることとする。

プログラム：銅ベルト Mopani 及び Konkola 鉱山等における鉱山施設排水改善工事

- ・改善に係る状況：これら鉱山施設周辺の河川／排水路の水や周辺土壌中には、一部金属等の含有量が高いことが確認された。またいずれの鉱山においても尾鉱ダムから seepage が存在しているが、そのままの状態で排出され河川に流出している。このうち Konkola 鉱山の尾鉱ダム周辺の水井戸の水質はやや酸性で、同水は付近の住民も生活水として利用している。対策に係る対象範囲は約 2km×2km である。

- ・改善の内容：鉱山内外の排水路及び尾鉱ダム周辺排水路の改修及び新設が必要である。また改修工事計画の事前には、特に尾鉱周辺における地下水流動等の解析も必要である。

これら改善工事のうち、鉱山内外や尾鉱ダム周辺の排水路の改修の工事期間は2年程度、新設は3～4年が想定される。金額規模は各鉱山での改修工事で数億～数千万円、新設で数億円である。

地下水流動解析ではボーリングによる土壌・水質調査、地下水流動シミュレーション等を行い、調査・解析期間は2年程度、金額規模は各鉱山で数千万円程度が予想される。

- ・改善に伴う研修の実施：日本の休廃止鉱山において、坑廃水処理状況の視察と同視察に伴う研修を行う。これにより研修者は対策方法とその後の管理・モニタリング方法を学ぶことが出来る。また研修時には、研修対象とした休廃止鉱山で実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の実地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。

このほか視察先として、鉱山跡利用施設（例：佐渡 Au、足尾 Cu）、鉱害対策施設（例：渡良瀬遊水地）なども加え、研修者の鉱山閉山に関する知識を深めることとする。

プログラム：鉱山環境汚染対策工事に係る国別研修の実施

- ・研修に係る背景：当国での鉱山開発は非常に活発であるが、開発に係る鉱山環境上の改善や対策についての懸念は理解されているものの、具体的な改善や対策工事については多く進んでいないのが現状である。たとえば Kabwe 休廃止亜鉛・鉛鉱山では、対策に係る計画は成されているものの、同対策工事は未だに成されていない。

このような状況から、当国の関係者が改善・対策工事と管理・運営に係る研修受講することは、今後の持続的開発において役立つものである。

- ・研修内容：日本の休廃止鉱山において、坑廃水処理状況の視察と同視察に伴う研修を行う。
これにより研修者は対策方法とその後の管理・モニタリング方法を学ぶことが出来る。
また研修時には、研修対象とした休廃止鉱山で実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の実地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。
このほか視察先として、鉱山跡利用施設（例：佐渡 Au、足尾 Cu）、鉱害対策施設（例：渡良瀬遊水地）なども加え、研修者の鉱山閉山に関する知識を深めることとする。

（マラウイ）

プログラム：Mchenga 石炭鉱山における汚染対策指導及び対策工事

- ・対策に係る状況：鉱山内の廃止坑から沢筋の下流側にかけて、酸性坑廃水が流出している。
また同廃止坑の地表上部には崩落が認められる。そのため特に豪雨時に酸性水と土砂の大規模な突出が懸念される。同水系の下流には集落があることから、突出の場合、災害になる可能性がある。対策に係る対象範囲は数 100m×数 100m である。
- ・対策の内容：対策として同地点の酸性坑廃水の直接流出と崩落を改善する対策工事が必要である。工事内容としては、旧坑口周辺の排水路や防護堤の設置、法面保護工、整地・安定化工、等である。指導では対策工事を行いつつ、関係者へと対策方法と工事管理方法などを指導する。
対策工事を行う場合、坑廃水の流出と土砂崩落防止の両方を共に行う必要がある。
同対策工事に係る期間は 2 年～3 年、金額は一億円程度予想される。
- ・対策に伴う研修の実施：日本の休廃止鉱山において、坑廃水処理状況の視察と同視察に伴う研修を行う。これにより研修者は対策方法とその後の管理・モニタリング方法を学ぶことが出来る。また研修時には、研修対象とした休廃止鉱山で実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の実地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。

プログラム：Mchenga 石炭鉱山における保安改善指導及び改善工事

- ・改善に係る状況：同鉱山の坑内は 3m×2.5m であるが、場所によりさらに狭くなる。また坑内では場所によりベルトコンベアを利用しているが、同コンベアと通路との空間が確保されていない場所がある。そのため引き込まれ事故等が発生し易い状況にある。また天盤は比較的安定しているとはいえ、矢板を設置せずに裸岩の個所が大半である。そのため落盤の発生し易い状況にある。これまでも落盤事故が発生している。対策に要する範囲は主要坑道と鉱山施設全体である。
- ・改善の内容：改善する内容は、坑内空間利用や落盤危険防止に関する技術指導、坑内空間利用や落盤防止に関する対策工事であり、坑内空間レイアウト設計や支柱・矢板等の設置工事等を行う必要がある。指導では改善工事を行いつつ、関係者へと改善方法と工事管理方法などを指導する。
改善工事を行う場合、工事に係る期間は 2 年～3 年、金額は数千～一億円程度予想される。

- ・改善に伴う研修の実施：研修はリロングウェもしくはサイトで行い、日本から石炭鉱山系のエンジニアを講師として派遣する。これにより、採掘も含めて保安技術の高度化に関する知識や管理方法を学ぶこととする。

(マダガスカル)

プログラム：鉱山環境・保安の監査・モニタリング技術の習得

- ・技術の習得に係る状況：同国では、鉱山内外の環境・保安に係る法令が現状に即していないことや（規制に関して独自の排出基準等が無いなど）、法令等遵守に係る監査・モニタリング方法がマニュアル化されていない状況である。そのため鉱山環境・保安上重要な許認可作業において、特に対象が近年操業を開始した比較的規模の大きな鉱山や鉱山施設において、監督者側の判断は一貫性のない状況になっている。
- ・技術習得の内容：習得は日本での研修として行う。研修内容は、鉱山環境・保安の基礎、監査・モニタリングに係る環境・保安基準、監査・モニタリングの方法と手順を学ぶこととする。また同時に、日本の休廃止鉱山における坑廃水処理状況の視察も行い、実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の現地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。
このほか視察先として稼働金属鉱山（例：菱刈 Au）や製錬所（例：直島 Cu、日向 Ni）なども加え、研修者の鉱山施設に対する知識を深めることとする。

プログラム：鉱山環境・保安関連法規の改訂支援

- ・改訂に係る状況：上述したように、同国では鉱山内外の環境・保安に係る法令が現状に即していないことや（規制に関して独自の排出基準等が無いなど）、法令等遵守に係る監査・モニタリング方法がマニュアル化されていない状況である。そのため鉱山環境・保安上重要な許認可作業において、特に対象が近年操業を開始した比較的規模の大きな鉱山や鉱山施設において、監督者側の判断は一貫性のない状況になっている。監督側の鉱山省や環境省はこれらの点を認識しており、特に鉱山局においては、関連する法規や手順のアップグレードに関する要望が大きい。
- ・支援内容：支援では現行の鉱業及び環境関連法規の見直し、監査・モニタリングに係る手順書の作成を支援する。支援にあたっては、閉山後の管理も考慮した法規の見直し、現在利用している関連基準の見直し、近年操業を開始した規模の大きな鉱山における現状の監査・モニタリングの内容や手順のアップグレード、などを含める。

目 次

はじめに	
要 旨	
目 次	
図表写真一覧	
略語表	

第1章 序 文

1.1 調査の背景	1-1
1.2 調査の目的	1-1
1.3 調査の対象地域	1-2
1.4 調査の内容	1-2
1.5 調査フロー及び調査手順	1-3
1.6 作業工程計画	1-3
1.7 調査機関及び人員	1-4

第2章 調査内容

2.1 国内準備作業	2-1
2.2 第一次現地調査	2-2
2.3 国内作業	2-4
2.4 第二次現地調査	2-4
2.5 帰国後整理作業	2-6

第3章 第一次現地調査

3.1 アンゴラ	3-1
3.1.1 アンゴラの概況	3-1
3.1.2 第一次現地調査の概要	3-3
3.1.3 鉱業政策及び鉱業状況	3-6
3.1.4 環境担当部局の環境政策及び環境状況	3-13
3.1.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況	3-14
3.1.6 鉱山保安の状況	3-15
3.1.7 人材育成の状況及び技術研修の要望	3-15
3.2 ザンビア	3-17
3.2.1 ザンビアの概況	3-17
3.2.2 第一次現地調査の概要	3-19
3.2.3 鉱業政策及び鉱業状況	3-22
3.2.4 環境政策及び環境状況	3-27
3.2.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況	3-28

3.2.6	鉱山保安の状況	3-29
3.2.7	人材育成の状況及び技術研修の要望	3-30
3.3	マラウイ	3-31
3.3.1	マラウイの概況	3-31
3.3.2	第一次現地調査の概要	3-33
3.3.3	鉱業政策および鉱業状況	3-36
3.3.4	環境政策及び環境状況	3-39
3.3.5	鉱害及び同ポテンシャルの状況	3-40
3.3.6	鉱山保安の状況	3-41
3.3.7	人材育成の状況及び技術研修の要望	3-42
3.4	ボツアナ	3-43
3.4.1	ボツアナの概況	3-43
3.4.2	第一次現地調査の概要	3-46
3.4.3	鉱業政策及び鉱業状況	3-47
3.4.4	環境政策及び環境状況	3-54
3.4.5	鉱害及び同ポテンシャルの状況	3-56
3.4.6	鉱山保安の状況	3-56
3.4.7	人材育成の状況及び技術研修の要望	3-57
3.5	ジンバブエ	3-59
3.5.1	ジンバブエの概況	3-59
3.5.2	第一次現地調査の概要	3-61
3.5.3	鉱業政策及び鉱業状況	3-65
3.5.4	環境政策及び環境状況	3-72
3.5.5	鉱害及び同ポテンシャルの状況	3-76
3.5.6	鉱山保安の状況	3-80
3.5.7	人材育成の状況及び技術研修の要望	3-80
3.6	モザンビーク	3-82
3.6.1	モザンビークの概況	3-82
3.6.2	第一次現地調査の概要	3-85
3.6.3	鉱業政策及び鉱業状況	3-87
3.6.4	環境政策及び環境状況	3-89
3.6.5	鉱害及び同ポテンシャルの状況	3-92
3.6.6	鉱山保安の状況	3-93
3.6.7	人材育成の状況及び技術研修の要望	3-94
3.7	南アフリカ	3-95
3.7.1	南アフリカの概況	3-95
3.7.2	第一次現地調査の概要	3-97
3.7.3	鉱業政策及び鉱業状況	3-100
3.7.4	環境政策及び環境状況	3-113
3.7.5	鉱害及び同ポテンシャルの状況	3-114

3.7.6	鉱山保安の状況	3-117
3.7.7	人材育成の状況及び技術研修の要望	3-117
3.8	マダガスカル	3-118
3.8.1	マダガスカルの概況	3-118
3.8.2	第一次現地調査の概要	3-121
3.8.3	鉱業政策及び鉱業状況	3-123
3.8.4	環境政策及び環境状況	3-128
3.8.5	鉱山環境	3-130
3.8.6	鉱山保安の状況	3-130
3.8.7	人材育成の状況及び技術研修の要望	3-130
3.9	アフリカ南部の鉱山環境・保安のまとめ	3-132
3.9.1	鉱業管理策及び関連法規	3-132
3.9.2	鉱業の状況	3-133
3.9.3	環境政策及び環境状況	3-135
3.9.4	鉱害、同ポテンシャル及び鉱害対策等の状況	3-136
3.9.5	鉱山保安の状況	3-138
3.9.6	人材育成及び技術研修の要望	3-139

第4章 第二次現地調査

4.1	第二次現地調査の内容	4-1
4.2	調査対象地	4-1
4.3	マラウイ	4-2
4.3.1	調査日程	4-2
4.3.2	調査概要	4-3
4.3.3	鉱山環境に関する調査	4-5
4.3.4	鉱山保安に関する調査	4-12
4.3.5	調査結果	4-15
4.4	ザンビア	4-16
4.4.1	調査日程	4-16
4.4.2	調査概要	4-17
4.4.3	鉱山内外での鉱山環境に係る調査結果	4-18
4.4.4	水質簡易分析結果	4-33
4.4.5	土壌・水分析結果	4-34
4.4.6	水の分析結果	4-44
4.4.7	土壌の物理試験	4-50
4.4.8	土壌の化学分析結果	4-52
4.4.9	汚染対策の概要	4-64

第5章 環境汚染・保安対策の検討及び今後の支援について

5.1 環境汚染・保安対策の検討	5-1
5.1.1 マラウイ	5-1
5.1.2 ザンビア	5-3
5.2 今後の支援について	5-5
5.2.1 鉱山環境・保安の管理に関する支援	5-5
5.2.2 第二次現地調査サイトへの支援	5-6

第6章 結論および提言

6.1 結 論	6-1
6.2 提 言	6-3

参考文献

付属資料

図表写真一覧

(図)

図 1.1 アフリカ地域の調査対象国	1-2
図 1.2 業務フローチャート	1-5
図 1.3 作業工程計画	1-6
図 2.1 第一次現地調査	2-2
図 2.2 第二次現地調査	2-5
図 3.1 アンゴラ国及び行政区	3-2
図 3.2 アンゴラの地質	3-3
図 3.3 アンゴラの鉱床・鉱徴地の分布	3-3
図 3.4 現在の地質鉱山省鉱山局内の組織	3-7
図 3.5 アンゴラの GDP への鉱業の寄与	3-12
図 3.6 アンゴラにおける EIA の手順	3-14
図 3.7 ザンビア国及び行政区	3-18
図 3.8 ザンビアの地質	3-19
図 3.9 ザンビアの鉱山分布	3-19
図 3.10 現在の鉱山・エネルギー・水資源省の組織	3-22
図 3.11 現在の鉱山環境に係る土地・天然資源・環境保護省の組織	3-27
図 3.12 マラウイ国及び行政区	3-32
図 3.13 マラウイ国の地質及び鉱床位置	3-33
図 3.14 現在の鉱山省の組織	3-36
図 3.15 現在の鉱山環境に係る土地・天然資源・環境保護省の組織	3-40
図 3.16 ボツワナ共和国及び行政区	3-44
図 3.17 ボツワナの地質	3-45
図 3.18 ボツワナの主要鉱床の分布	3-45
図 3.19 現在の鉱山エネルギー水資源省及び鉱山局内の組織	3-48
図 3.20 環境野生生物観光省 (MEWT) の組織	3-54
図 3.21 ボツワナにおける EIA の手順	3-55
図 3.22 ジンバブエ国及び行政区	3-60
図 3.23 ジンバブエの地質	3-60
図 3.24 ジンバブエの主要鉱床の分布	3-61
図 3.25 ジンバブエの石炭資源	3-61
図 3.26 鉱山鉱業開発省の組織	3-65
図 3.27 鉱山の分布	3-66
図 3.28 環境関連組織	3-73
図 3.29 ジンバブエにおける EIA の手順	3-75
図 3.30 鉱害発生のパテンシャル地域	3-76
図 3.31 シャックルトン (Shackleton) 鉱山の位置及び地質	3-77
図 3.32 モザンビーク国及び行政区	3-83
図 3.33 モザンビークの地質	3-84

図 3.34 モザンビークの鉱床分布	3-84
図 3.35 現在の鉱物資源省の組織	3-88
図 3.36 現在の環境省の組織	3-90
図 3.37 南アフリカ国及び行政区	3-96
図 3.38 南アフリカの地質	3-97
図 3.39 現在の鉱物資源省の組織	3-100
図 3.40 現在の地質調査所の組織	3-101
図 3.41 現在の水省の組織	3-113
図 3.42 現在の環境省の組織	3-113
図 3.43 ステークホルダーによるウィットウォーターズランド Mining Basins の水理解析・対策図	3-116
図 3.44 マダガスカル国の地図及び行政区	3-119
図 3.45 マダガスカルの地質	3-120
図 3.46 マダガスカルの主要鉱床の分布	3-120
図 3.47 鉱山省の組織	3-124
図 3.48 環境省の組織	3-128
図 3.49 環境影響評価の手順	3-129
図 4.1 マラウイでの調査サイト位置	4-4
図 4.2 ザンビアの稼業鉱山と調査対象鉱山	4-18
図 4.3 Mopani 鉱山サイトにおける水・土壌試料の採取位置	4-23
図 4.4 Konkola 鉱山サイトにおける水・土壌試料の採取位置	4-25
図 4.5 Kabwe 鉱山サイトにおける水・土壌試料の採取位置	4-30
図 4.6 (1) Mopani 鉱山サイトにおける水の流れ	4-38
図 4.6 (2) Konkola 鉱山サイトにおける水の流れ	4-39
図 4.6 (3) Kabwe 鉱山サイトにおける水の流れ	4-40
図 4.7 (1) Mopani 鉱山サイトにおける汚染状況 (Pack Test)	4-41
図 4.7 (2) Konkola 鉱山サイトにおける汚染状況 (Pack Test)	4-42
図 4.7 (3) Kabwe 鉱山サイトにおける汚染状況 (Pack Test)	4-43
図 4.8 (1) Mopani 鉱山サイトにおける Zn、Cu 及び F の相対的高濃度範囲	4-47
図 4.8 (2) Konkola 鉱山サイトにおける Zn、Cu 及び F の相対的高濃度範囲	4-48
図 4.8 (3) Kabwe 鉱山サイトにおける Zn、Cu 及び F の相対的高濃度範囲	4-49
図 4.9 (1) 溶出量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Mopani)	4-58
図 4.9 (2) 溶出量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Konkola)	4-59
図 4.9 (3) 溶出量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Kabwe)	4-60
図 4.10 (1) 含有量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Mopani)	4-61
図 4.10 (2) 含有量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Konkola)	4-62
図 4.10 (3) 含有量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Kabwe)	4-63
図 5.1 Mchenga 石炭鉱山の廃坑箇所	5-2
図 5.2 坑口での空気遮断法	5-2
図 5.3 Mchenga 石炭鉱山の廃坑箇所の改善例	5-2
図 5.4 採掘現場での安全策	5-3
図 5.5 マラウイにおける鉱山環境・保安に関する支援	5-6

図 5.6 ザンビアにおける鉱山環境・保安に関する支援	5-8
-----------------------------	-----

(表)

表 1.1 調査の内容	1-3
表 3.1 アンゴラでの第一次現地調査の実施日程	3-4
表 3.2 セミナー参加者リスト	3-6
表 3.3 アンゴラの鉱業関連法規	3-8
表 3.4 アンゴラの鉱山・製錬所リスト	3-10
表 3.5 アンゴラの探鉱状況	3-12
表 3.6 ザンビアでの現地調査の実施日程	3-20
表 3.7 セミナー参加者リスト	3-22
表 3.8 稼業鉱山のリスト	3-24
表 3.9 ザンビアの探鉱状況	3-26
表 3.10 マラウイでの現地調査の実施日程	3-34
表 3.11 セミナー参加者リスト	3-35
表 3.12 稼業鉱山のリスト	3-38
表 3.13 マラウイの探鉱状況	3-39
表 3.14 ボツワナでの現地調査の日程	3-46
表 3.15 セミナー参加者リスト	3-48
表 3.16 ボツワナの鉱業関連法規	3-49
表 3.17 稼業鉱山のリスト	3-52
表 3.18 製錬所のリスト	3-53
表 3.19 ボツワナの鉱山に関する環境問題について	3-56
表 3.20 ボツワナでの鉱山に関する事故	3-57
表 3.21 ジンバブエでの現地調査の日程(1)	3-62
表 3.21 ジンバブエでの現地調査の日程(2)	3-63
表 3.22 セミナー参加者リスト	3-64
表 3.23 ジンバブエ国内の鉱山のリスト	3-67
表 3.24 ジンバブエ国内の製錬所のリスト	3-71
表 3.25 モザンビークでの現地調査の実施日程	3-85
表 3.26 セミナー参加者リスト	3-87
表 3.27 稼業鉱山のリスト	3-91
表 3.28 モザンビークの探鉱状況	3-92
表 3.29 南アフリカでの現地調査の実施日程(1)、(2)	3-98
表 3.30 セミナー参加者リスト	3-99
表 3.31 稼業鉱山のリスト(1)	3-102
表 3.31 稼業鉱山のリスト(2)	3-103
表 3.31 稼業鉱山のリスト(3)	3-104
表 3.31 稼業鉱山のリスト(4)	3-105
表 3.31 稼業鉱山のリスト(5)	3-106
表 3.31 稼業鉱山のリスト(6)	3-107

表 3.31	稼業鉱山のリスト(7).....	3-108
表 3.31	稼業鉱山のリスト(8).....	3-109
表 3.32	南アフリカの探鉱状況(1).....	3-110
表 3.32	南アフリカの探鉱状況(2).....	3-111
表 3.32	南アフリカの探鉱状況(3).....	3-112
表 3.33	マダガスカルでの現地調査の実施日程.....	3-121
表 3.34	セミナー参加者リスト.....	3-122
表 3.35	マダガスカルの鉱業関連法規.....	3-124
表 3.36	マダガスカル国の鉱山のリスト.....	3-127
表 3.37	調査対象国の鉱業管理、鉱山環境関連法規及び鉱業政策について.....	3-132
表 3.38	調査対象国の鉱業の状況について.....	3-133
表 3.39	調査対象国の環境部局、環境影響評価及び環境状況.....	3-135
表 3.40	調査対象国の鉱害の発生等の状況について.....	3-137
表 3.41	調査対象国の鉱山保安の状況について.....	3-138
表 3.42	調査対象国の鉱山環境・保安に関する人材育成及び技術研修の要望について.....	3-139
表 4.1	第二次現地調査の調査対象地(1) 現地踏査.....	4-1
表 4.1	第二次現地調査の調査対象地(2) 現地調査.....	4-2
表 4.2	マラウイでの第二次現地調査の日程.....	4-3
表 4.3	調査サイトの概要.....	4-4
表 4.4	鉱山内外における水質の簡易分析結果.....	4-11
表 4.5	ザンビアでの第二次現地調査の日程(1) 1月28日～2月2日.....	4-16
表 4.5	ザンビアでの第二次現地調査の日程(2) 2月3日～2月9日.....	4-16
表 4.5	ザンビアでの第二次現地調査の日程(3) 2月10日～2月16日.....	4-17
表 4.6	調査サイト概要.....	4-18
表 4.7	Mopani 鉱山内外で採水された水のバックテスト分析結果.....	4-24
表 4.8	Konkola 鉱山内外で採水された水のバックテスト分析結果.....	4-26
表 4.9	Kabwe 鉱山内外で採水された水のバックテスト分析結果(1).....	4-31
表 4.9	Kabwe 鉱山内外で採水された水のバックテスト分析結果(2).....	4-32
表 4.10	水の分類及び鉱山サイトでの Pac Test の簡易分析結果(1).....	4-35
表 4.10	水の分類及び鉱山サイトでの Pac Test の簡易分析結果(2).....	4-36
表 4.10	水の分類及び鉱山サイトでの Pac Test の簡易分析結果(3).....	4-37
表 4.11	各鉱山サイトにおける水質分析の結果.....	4-44
表 4.12	Mopani 鉱山サイトの溶存成分間の相関.....	4-45
表 4.13	Konkola 鉱山サイトの溶存成分間の相関.....	4-45
表 4.14	Kabwe 鉱山サイトの溶存成分間の相関.....	4-46
表 4.15	土壌の物理試験結果(1) Mopani 鉱山サイト.....	4-50
表 4.15	土壌の物理試験結果(2) Konkola 鉱山サイト.....	4-50
表 4.15	土壌の物理試験結果(3) Kabwe 鉱山サイト.....	4-50
表 4.16	Mopani 鉱山サイトの溶存成分間の相関.....	4-54
表 4.17	Konkola 鉱山サイトの溶存成分間の相関.....	4-54
表 4.18	Kabwe 鉱山サイトの溶存成分間の相関.....	4-55

表 4.19	各鉱山サイトにおける水質汚濁範囲	4-56
表 4.20	採取された土壌試料の化学分析結果	4-57

(写真)

写真 3.1	セミナーの出席者	3-5
写真 3.2	セミナーの状況	3-5
写真 3.3	鉱山に関する管理部局	3-7
写真 3.4	環境に関する管理部局	3-13
写真 3.5	セミナー状況	3-21
写真 3.6	セミナー状況	3-21
写真 3.7	鉱山・エネルギー・水資源開発省表敬	3-23
写真 3.8	ZEMA Ndra 事務所でのヒアリング	3-23
写真 3.9	カッパーベルト・キトウェ北西のムフリラ鉱山製錬所	3-28
写真 3.10	カブウェの鉛垂鉛鉱山の排水路跡	3-28
写真 3.11	鉱山省政策計画課との面談	3-35
写真 3.12	セミナー状況	3-35
写真 3.13	鉱山省鉱山監査部へのヒアリング	3-36
写真 3.14	労働・職業訓練省職業・安全・衛生局長との面談	3-36
写真 3.15	リロングウェ南部の石材鉱山(片麻岩)跡現在は周辺住民が不法採掘中	3-40
写真 3.16	不法採掘された石材を粉砕する住民	3-40
写真 3.17	セミナー出席者	3-47
写真 3.18	セミナーの状況	3-47
写真 3.19	鉱山に関する管理部局	3-49
写真 3.20	環境に関する管理部局	3-54
写真 3.21	セミナーの出席者	3-64
写真 3.22	セミナーの状況	3-64
写真 3.23	環境に関する管理部局	3-73
写真 3.24	堅坑及び坑内採掘箇所	3-78
写真 3.25	ズリ捨場	3-78
写真 3.26	一次粗砕設備	3-78
写真 3.27	選鉱場(奥)とシックナー	3-78
写真 3.28	精鉱ストックパイル	3-78
写真 3.29	廃さい堆積場	3-79
写真 3.30	廃さい堆積場頂面	3-79
写真 3.31	製錬所(左側)及び精錬所(右側)	3-79
写真 3.32	セミナー状況	3-86
写真 3.33	セミナー状況	3-86
写真 3.34	鉱物資源省事務次官との面談	3-88
写真 3.35	鉱物資源省国家鉱山総局環境部長との面談	3-88
写真 3.36	地質調査所	3-99
写真 3.37	地質調査所との面談・セミナー状況	3-99

写真 3.38	地質調査所水理地質学部門との面談	3-100
写真 3.39	水省担当者との面談	3-100
写真 3.40	キャロリナの飲用採水ダム下流での水質分析	3-115
写真 3.41	キャロリナの飲用採水ダム内での水質分析	3-115
写真 3.42	地質調査所の水理地質技師	3-115
写真 3.43	ウイトバンクのマンガン廃さいストックサイト	3-115
写真 3.44	セミナー状況	3-123
写真 3.45	鉱山局と地質局からヒアリング	3-123
写真 4.1	Mchenga 石炭鉱山坑口の状況	4-5
写真 4.2	Mchenga 石炭鉱山横坑	4-5
写真 4.3	坑口原鉱ストックからの排水状況	4-5
写真 4.4	原鉱ストック下の石積みによる排水フィルター	4-5
写真 4.5	旧坑口からの坑廃水流出と坑口上部の崩壊	4-6
写真 4.6	鉱山局 Muzuzu 所長及び Mchenga 石炭鉱山所長と共に水質検査	4-6
写真 4.7	Kaziwiziwi 石炭鉱山入口	4-7
写真 4.8	Kaziwiziwi 石炭鉱山事務所	4-7
写真 4.9	坑口（横坑）状況	4-7
写真 4.10	選鉱所からの排水及び廃さいの堆積池	4-7
写真 4.11	Jalawe 石炭鉱山坑口状況	4-8
写真 4.12	鉱山事務所と貯炭場	4-8
写真 4.13	旧坑口（沢に沿って点在）	4-8
写真 4.14	地元鉱夫による手選状況	4-8
写真 4.15	Changwue 鉱山採掘場	4-9
写真 4.16	Changwue 鉱山採掘場	4-9
写真 4.17	宝石研磨器具	4-9
写真 4.18	宝石等切断器具	4-9
写真 4.19	Muzumwanda 鉱山入口	4-10
写真 4.20	Changwue 鉱山採掘場	4-10
写真 4.21	Mchenga 鉱山横坑内	4-12
写真 4.22	Mchenga 鉱山横坑内天盤	4-12
写真 4.23	横坑内支保状況	4-13
写真 4.24	横坑内天盤状況	4-13
写真 4.25	横坑内天盤支保状況	4-13
写真 4.26	鉱山坑口での運搬工	4-13
写真 4.27	坑口での運搬工	4-14
写真 4.28	選炭及び破碎機	4-14
写真 4.29	付近住民が雇用されて採掘	4-14
写真 4.30	トレンチ状の採掘地	4-14
写真 4.31	付近住民が雇用されて採掘	4-15
写真 4.32	トレンチ状の採掘地	4-15
写真 4.33	Mopani 鉱山を Slag Dump #2 から望む	4-19

写真 4.34	Mopani 鉱山の立坑	4-19
写真 4.35	鉱山施設からの放水路	4-20
写真 4.36	尾鉱ダムの放水路	4-20
写真 4.37	製錬所からの排煙	4-20
写真 4.38	尾鉱ダムからの Seepage	4-20
写真 4.39	水質モニタリング孔での測定	4-21
写真 4.40	Slag Dump #2 での水質測定	4-21
写真 4.41	Konkola 鉱山立坑	4-21
写真 4.42	Konkola 鉱山内	4-21
写真 4.43	鉱山施設や坑内からの排水	4-22
写真 4.44	尾鉱のダムへの放水	4-22
写真 4.45	尾鉱ダム内からの採水	4-22
写真 4.46	モニタリング孔における住民の採水利用	4-22
写真 4.47	パックテストによる水質測定	4-27
写真 4.48	周辺河川での水質測定	4-27
写真 4.49	旧鉱山施設入口	4-27
写真 4.50	跡地内に新設された SX-EW 施設	4-27
写真 4.51	旧尾鉱ダム	4-28
写真 4.52	旧尾鉱ダム／鉱滓堆積場	4-28
写真 4.53	モニタリング井戸での地下水採取	4-29
写真 4.54	旧立坑での坑内水採取	4-29

略 語 表

[illegible]

第1章 序 文

1.1 調査の背景

鉱物資源は、産業、経済活動を進める上で不可欠なものであり、地下資源を有する開発途上国にとっても、将来の経済発展を支える上で重要性が高い。また、鉱山の開発は単に産業の創出にとどまらず、インフラ等社会基盤の整備、辺境地の地域開発・経済の振興やさまざまな分野の技術者、技能者の人材育成への貢献等、当該国の社会、経済に与える影響は大きなものである。したがって、資源ポテンシャルの高い開発途上国においては、自国資源の有効活用の観点から、鉱業振興に強い意欲を有し開発を行っている国が多い。

一方、鉱山の開発は、鉱床の探査から開発・操業に至るまで多大の資金及び技術を要する。さらに、昨今の鉱床の潜頭化及び遠隔地化、並びに環境問題への関心の高まりから、開発途上国が独自に鉱床を発見し、鉱山として開発・操業・閉山してゆくことは多くの困難を伴うものとなっている。また、鉱山開発における環境問題については、ズリ、廃さい、排煙、廃水、閉山後の不適切な管理に起因する環境汚染の問題が顕在化しており、持続可能な鉱山開発のために探鉱～操業～閉山意向までの全プロセスにおいて環境への配慮・対策が求められている。また、鉱山保安対策、法制度、管理体制の不備等により、鉱山における事故が多発し、人命の損失・操業効率の低下を招いている。そのために、① 災害・事故数の最小化、② 労働環境の改善等を含めた鉱山保安管理体制の充実が必要不可欠である。

アフリカ地域では、資源ポテンシャルの高い国が数多く存在するものの、鉱山環境及び鉱山保安における法制度・対策・管理体制が未整備な国も多い。このような背景の下、2013年5月に、日アフリカ資源大臣会合が開催され、① 資源投資促進とインフラ整備、② 資源産業基盤の強化、人材育成、③ 環境・保安面で持続可能な資源開発、④ 地域社会との共生について協議され、「日アフリカ資源開発促進イニシアティブ」が表明された。

「日アフリカ資源開発促進イニシアティブ」の内容を以下に示す。

- ① アフリカにおける資源開発投資促進とインフラ整備に向けた取組
- ② アフリカの資源産業基盤の強化、人材育成に向けた取組
- ③ 環境・保安面で持続可能な資源開発に向けた取組
- ④ 地域社会との共生に向けた取組

1.2 調査の目的

本調査は、アフリカ地域各国の鉱山環境・鉱山保安に関して、

- ① 現状整理と具体的なデータの収集・整理
- ② 対象国にて活用可能な本邦企業・機関が有する技術の優位性に関する情報の収集・整理
- ③ キャパシティ・デベロップメント（CD）や人材育成（長期研修）に係る対象国の関連機関の要望に関する調査

を実施し、その結果を踏まえアフリカ地域における開発途上国の状況に即した持続的かつ環境に配慮した鉱山開発のための JICA における支援内容の検討に必要な指針を得ることを目的とする。

1.3 調査の対象地域

本調査の対象国は、1) ザンビア、2) モザンビーク、3) 南アフリカ、4) マラウイ、5) ボツワナ、6) マダガスカル、7) ジンバブエ、8) アンゴラ の8カ国からなる。これらの対象国はアフリカ南部地域に位置している（図 1.1）。

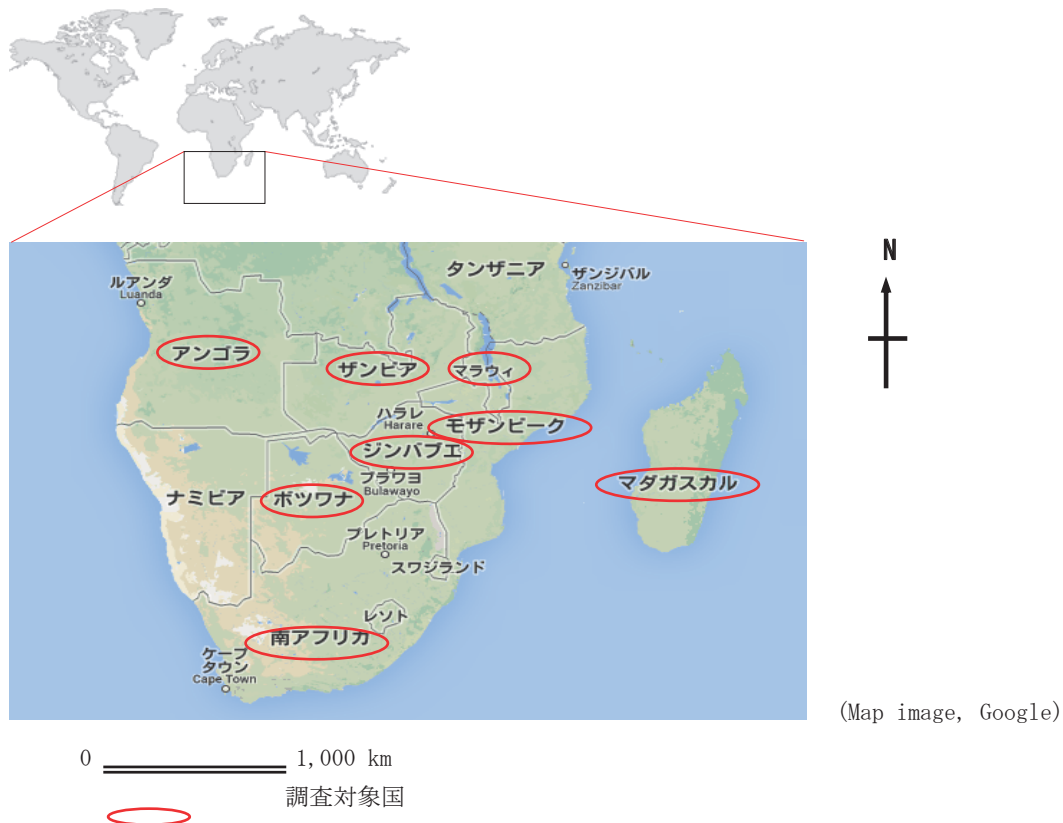


図 1.1 アフリカ地域の調査対象国

1.4 調査の内容

本調査業務は、2013 年 10 月より 2014 年 3 月まで、6 ヶ月に亘って実施された。本業務は 1) 国内準備作業、2) 第一次現地調査、3) 国内作業、4) 第二次現地調査及び 5) 帰国後整理作業の 5 段階からなり、各調査段階の業務内容を表 1.1 に示す。

表 1.1 調査の内容

調査段階	期 間	調査内容	備 考
1. 国内準備作業	2013/10/10 ～ 2013/11/9	(1) 調査実施計画の検討 (2) 既存情報の収集及び整理 (3) 対象国に対する質問票の作成及び送付 (4) 鉱山環境・鉱山保安における問題点の体系的な整理（セミナーの発表内容の検討）	・国内作業 ・質問票 ・セミナーの内容
2. 第一次現地調査	2013/11/10 ～ 2013/12/8	(1) 当該地域の鉱山環境・保安に係る情報収集及び整理 a. 鉱山環境・保安に関する政策、法制度、管理体制 b. 鉱山の種類、数及び操業状況 c. 鉱山環境問題の有無、種類及び状況 d. 鉱山保安に関連する問題の有無、種類及び状況 (2) セミナーの開催 (3) 人材育成に係る対象国関係機関の要望確認	・質問票の回収 ・資料収集 ・セミナー ・人材育成の要望 ・現地報告
3. 国内作業	2013/12/9 ～ 2014/1/17	(1) 質問票の回答分析及び第二次現地調査対象国の絞込み (2) インタリムレポート（IT/R）の作成・提出	・質問票の分析 ・対象国の検討 ・インタリムレポート
4. 第二次現地調査	2014/18 ～ 2014/3/2	(1) 現地踏査 (2) 土壌サンプリング及び分析 (3) 水サンプリング及び分析 (4) 簡易測量 (5) 現地調査の報告及び協議	・資料収集 ・現地調査報告 ・現地報告
5. 帰国後整理作業	2014/3/2 ～ 2014/3/19	(1) 現地調査結果分析及び評価 (2) 国内セミナーの開催 (3) ドラフト・ファイナルレポート（DF/R）の作成・説明及び協議 (4) ファイナルレポート（F/R）の作成及び提出	・国内セミナー ・ドラフト・ファイナルレポート ・ファイナルレポート

1.5 調査フロー及び調査手順

本調査の業務フローチャートを図 1.2 に示す。

1.6 作業工程計画

本調査の作業工程計画を図 1.3 に示す。

1.7 調査機関及び人員

本調査の調査機関は三菱マテリアルテクノ㈱及び住鉱資源開発㈱の共同企業体からなり、JICA 調査団は梶間 幹雄を総括として以下の 4 名で構成される。

1 総括/鉱山環境 A	梶間 幹雄	(MMTEC)
2 鉱山保安/採鉱 B	横山 隆之	(MMTEC)
3 採鉱 A/鉱山環境 B	根岸 義光	(MMTEC)
4 地質/地化学/衛星データ処理	小林 浩久	(SRED)

備考: MMTEC : 三菱マテリアルテクノ株式会社
SRED: : 住鉱資源開発株式会社

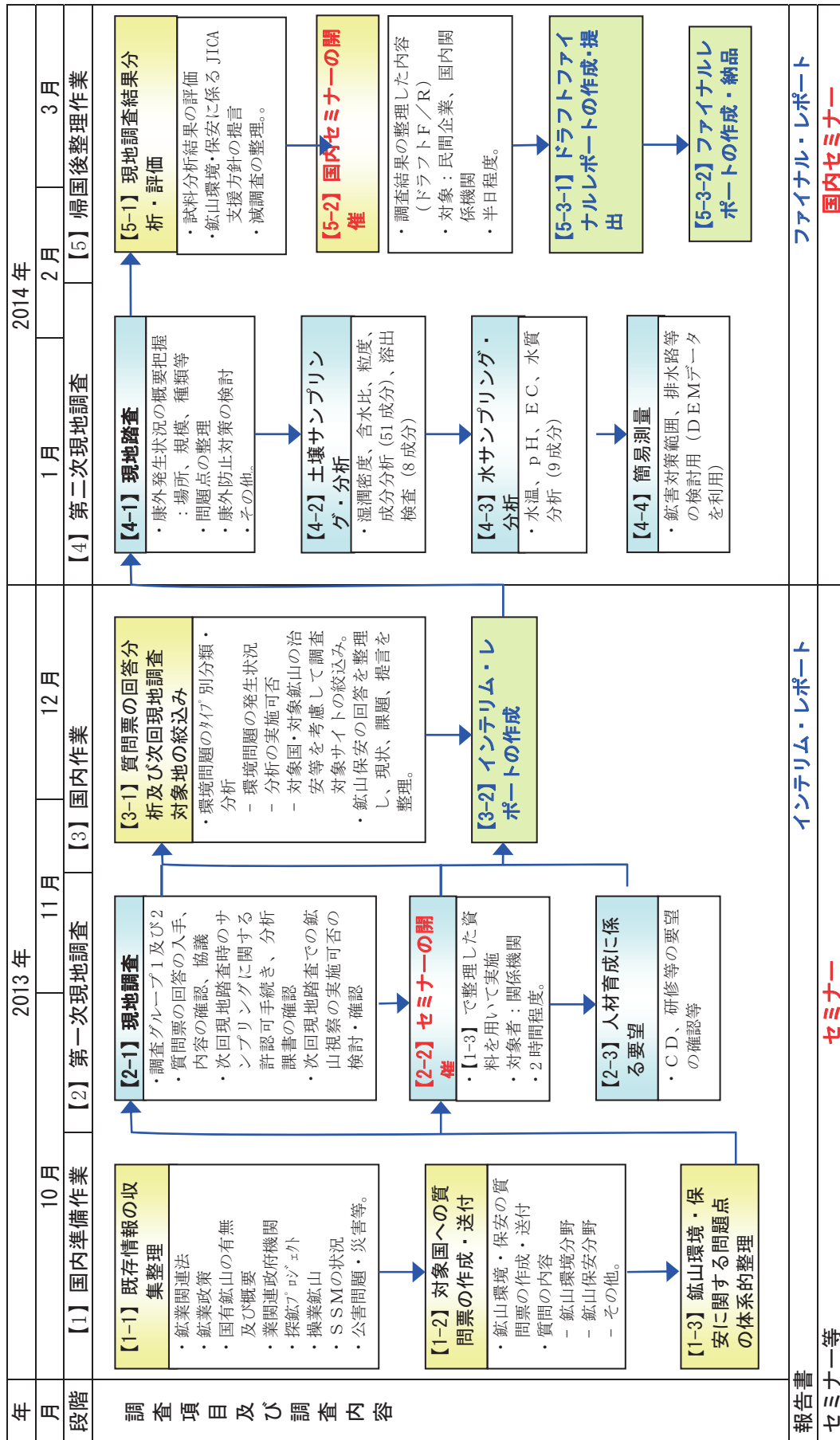


図 1.2 業務フローチャート

作業項目	期 間	2013 年度											
		10	11	12	1	2	3						
【1】 国内準備作業													
【1-1】 既存情報の収集整理													
【1-2】 対象国への質問票の作成・送付													
【1-3】 鉱山環境・保安に関する問題点の体系的整理													
【2】 第一次現地調査													
【2-1】 現地調査：調査グループ1及び2													
【2-2】 セミナーの開催													
【2-3】 人材育成に係る要望													
【3】 国内作業													
【3-1】 質問票の回答分析及び次回現地調査対象地の絞り込み													
【3-2】 インタerview・レポートの作成													
【4】 第二次現地調査													
【4-1】 現地踏査													
【4-2】 土壌サンプリング・分析													
【4-3】 水サンプリング・分析													
【4-4】 簡易測量													
【5】 帰国後整理作業													
【5-1】 現地調査結果分析・評価													
【5-2】 国内セミナーの開催													
【5-3-1】 ドラフト・ファイナルレポートの作成・提出													
【5-3-2】 ファイナルレポートの作成・納品													

凡例：  現地業務期間  国内作業期間  △・△ 報告書の説明

図 1.3 作業工程計画

第2章 調査内容

各作業の内容を以下に示す。

2.1 国内準備作業

国内準備作業は、既存情報の収集・整理、対象国に対する質問票の作成・送付及び鉱山環境・鉱山保安における問題点の体系的な整理からなる。

2.1.1 既存情報の収集・整理

対象国における鉱業関連法、鉱業政策、国有鉱業会社の有無及びその概要、鉱業関連の政府機関、探鉱プロジェクト、操業鉱山、小規模鉱山（SSM）の状況等について既存情報の収集・整理を重点的に行う。

また、JICAにおける支援内容検討に資する情報の収集を目的として、対象国において活用可能な鉱害対策及び鉱山災害対策分野での本邦企業・機関が有する技術の優位異性について情報収集・整理を行う。

2.1.2 対象国に対する質問票の作成・送付

上記既存情報の収集・整理を踏まえ、現状の定量的・定性的データの収集を目的として、鉱山環境・鉱山保安分野の質問票を作成する。質問票は対象国 JICA 事務所を通じ、関係機関に送付する。質問票の内容は以下の内容を含める。

（鉱山環境分野）

国有企業が保有する稼動中の鉱山及び旧廃止鉱山の ① 鉱山廃水、② 堆積場、③ 植栽状況、④跡地荒廃等。なお、第二次現地調査時で分析の実施を計画しているため、対象国内での実施可能性に関しても、質問票に含める。

（鉱山保安分野）

稼動中の鉱山及び休廃止鉱山の ① 鉱山保安法の制定時期・内容、保安監督機関の実施体制（組織、人員等）、③ 鉱山における災害・事故件数等。

2.1.3 鉱山環境・鉱山保安における問題点の体系的な整理

鉱害及び鉱山災害の問題をタイプ別に整理し、その原因・調査方法について体系的にまとめる。併せて、第一回現地調査実施時に開催するセミナーの発表資料を作成する。なお、発表内容については JICA と十分に協議を行い、作成する。

鉱山環境・保安に関する体系的な整理及びセミナーの発表資料の主な内容を以下に示す。

- * 鉱山ライフを通しての環境社会配慮
- * 鉱山環境の法制度及び管理組織
- * 本邦の鉱害対策の推移及び事例の説明
- * アフリカ地域における鉱山環境・保安に係る支援概念図の説明
- * 当該調査業務及び調査実施フローの説明

2.2 第一次現地調査

第一次現地調査においては、2 グループに分けて調査を実施した。各グループの対象国を下記及び図 2.1 に示す。

- 1) グループ 1 の調査範囲・行程：アンゴラ→ボツワナ→ジンバブエ
- 2) グループ 2 の調査範囲・行程：ザンビア→マラウイ→モザンビーク→南アフリカ

第一次現地調査の内容は、当該地域の鉱山環境・保安に係る情報収集・整理、セミナーの開催及び人材育成に係る対象国関係機関の要望確認からなる。

鉱山環境・保安に係る情報の内容を以下に示す。

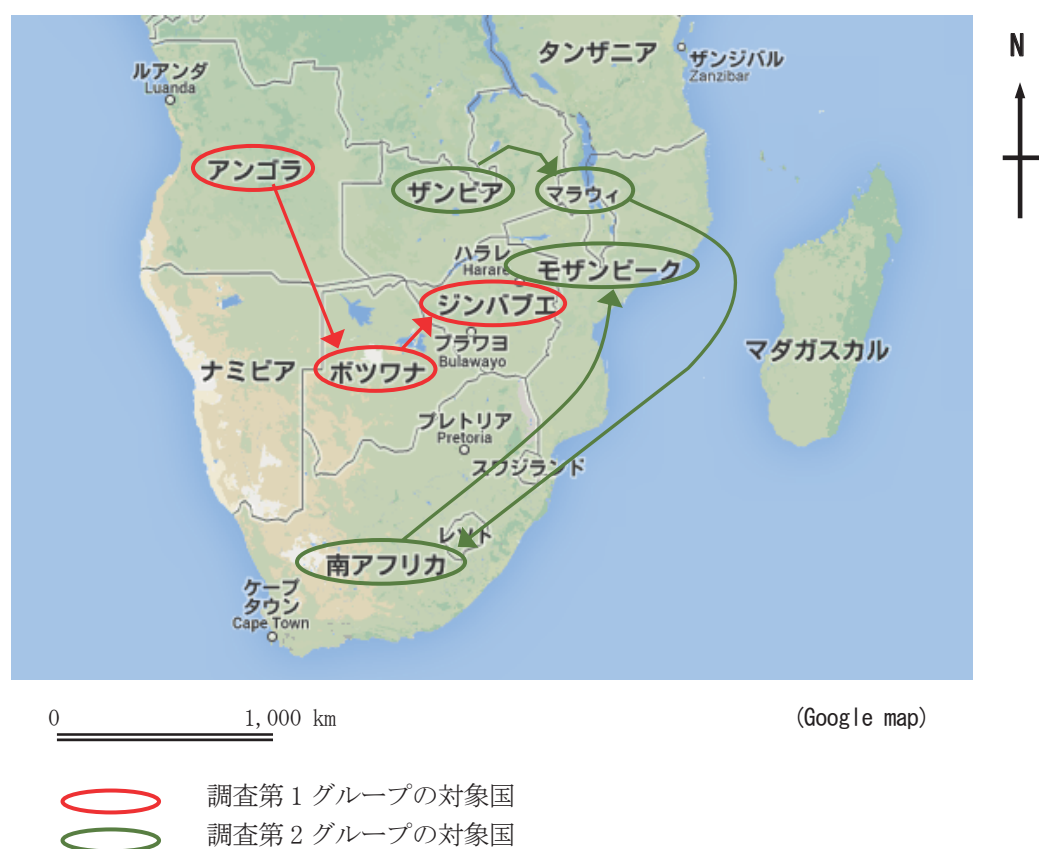


図 2.1 第一次現地調査

2.2.1 当該地域の鉱山環境・保安に係る情報収集・整理

鉱山環境及び保安に関する情報収集・整理の内容を以下に示す。

(鉱山環境・保安に関する政策、法制度、管理体制)

- ・ 鉱山環境・保安に関する政策： 鉱山環境の政策、休廃止鉱山の政策、鉱山保安の政策
- ・ 鉱山環境・保安に関する法制度： 基本法（鉱業法、鉱山保安法、同規則・施行令等）、関連法規（環境影響評価（EIA）法、各種公害防止法、各種環境基準、閉山管理法、廃棄物管理法、水関連法、農業法、環境法、河川法、地すべり等防止法等）、関連ガイド

ライン（各種ガイドライン、マニュアル、技術指針等）。

- ・鉱山環境・保安に関する管理体制： 管理官庁及び部署の組織体制、人員、予算等（組織図、管理フロー）、パンフレット、ニュースレター、報告書等、管理体制の履歴、国際機関、二国間援助等による国際協力の状況及び履歴。

（鉱山の種類、数、操業状況）

- ・操業鉱山の項目： 鉱山名、位置、操業会社名、鉱種、EIA 認可取得年、開発範囲（面積）、操業開始年、操業期間、閉山予定年、採掘法、採掘量（日産、年産）、選鉱法、従業員数、工業用水量、排水量、ズリ廃棄量、ズリ捨場の状況、廃さい量、廃さい堆積場の状況等。
- ・休廃止鉱山の項目： 鉱山名、位置、操業会社名、鉱種、EIA 認可取得の有/無、開発範囲（面積）、操業開始年、操業期間、閉山年、採掘法、採掘量（日産、年産）、選鉱法、従業員数（最盛時）、鉱山施設の状況、ズリ捨場の状況、廃さい堆積場の状況、閉山後の管理体制（モニタリング等）。
- ・集計項目： 操業鉱山数、休廃止鉱山数、開発予定鉱山数、各鉱山の状況（上記項目を参照）、モニタリング結果、各種対策の計画・実施等。

（鉱山環境問題の有無、種類、状況）

- ・鉱山環境問題： 環境問題の有/無、（以下、有の場合：）問題の種類、発生位置、モニタリング結果、規模（排ガス量、排水量、土壌汚染量、騒音レベル等）、被害の状況（被害者数、救済措置の状況、閉山計画の状況、地域住民等の認知度、情報開示、調査・対策の状況等）。
- ・鉱害発生ポテンシャル： ポテンシャルの有/無、（以下、有の場合：）ポテンシャルの種類、発生予想位置、モニタリング結果、予想規模、被害の予想状況、被害発生確率等。
- ・鉱山環境問題に対する国、地方政府の対応状況。

（鉱山保安に関連する問題の有無、種類、状況）

- ・鉱山保安には、① 鉱山における人に対する危害の防止、② 鉱物資源の保護、③ 鉱山施設の保全について検討する。
- ・鉱山保安問題： （作業項目別）
 - ① 鉱山における人に対する危害の防止： 保安問題の有/無、（以下、有の場合：）問題の種類、発生箇所、発生原因、危害状況（被害者数、死亡・傷害程度等）、情報開示、保安対策の状況等。
 - ② 鉱物資源の保護： 本項は、有限の鉱物資源を合理的に採掘し、自然発火や出水等により資源の損耗を防止しようとするものであり、具体的には資源の実収率を上げること、坑内あるいはピット内の事故等による採掘不能による資源の損失を未然に防止すること等が挙げられる。
本項については、国の政策としての役割が大きいことから、本稿では特掲しない。
 - ③ 鉱山施設の保全： 本項は、坑道のように代替困難な施設が根幹となっていることからその保全を優先させる必要があることから、本項では省略する。
- ・テロ、暴動、犯罪等の発生： 被害の状況、火薬類の保管、社会問題化等。
- ・鉱山治安問題に対する国、地方政府の対応状況。
- ・鉱山保安： ① 鉱山における人に対する危害の防止、② 鉱物資源の保護、③ 鉱山施設の保全。

2.2.2 セミナーの開催

各対象国でセミナーを実施する。セミナーの対象者は関係機関の職員（最大 20 名程度）、半日程度のセミナーである。

セミナーの内容は、下記の通りである。

- ・ 鉱山ライフを通しての環境社会配慮の手法
- ・ 鉱山環境の法制度及び管理組織
- ・ 本邦の鉱害対策の推移及び事例の説明
- ・ アフリカ地域における鉱山環境・保安に係る支援概念図の説明
- ・ 当該調査業務及び調査実施フローの説明
- ・ 人材育成に係る対象国関係機関の要望の説明

2.2.3 人材育成に係る対象国関係機関の要望確認

キャパシティ・デベロップメント（CD）及び人材育成（長期研修）に係る対象国関係機関の要望に関する聞き取り調査を実施する。特に、CD 及び人材育成（長期研修）がどのような分野において必要か調査を行う。

2.3 国内作業

2.3.1 質問票の回答分析及び第二次現地調査対象国の絞込み

鉱山環境においては、質問票の回答内容を環境問題のタイプ別に整理・分析を行う。

- ① 鉱山環境問題の発生状況
- ② 分析の実施可否
- ③ 対象国・対象鉱山の治安

等を考慮し、第二次現地調査実施国及び調査対象鉱山の絞込みを実施する。なお、対象国は JICA と十分に打合せして決定する。

鉱山保安については、質問票の回答内容を整理し、対象国毎に ① 現状と課題及び ② 今後の提言を整理する。

2.3.2 インタリムレポート（IT/R）の作成・提出

本調査の内容を体系的に整理し、その内容をインタリムレポート（IT/R）として取り纏め、提出する。

2.4 第二次現地調査

第二次現地調査においては、当初 1 グループ（調査団）で現地踏査を行い、その後第一次現地調査の補足調査を 2 グループに分けてジンバブエ、南アフリカ及びマダガスカルで現地調査を実施した。当該調査の対象国を下記及び図 2.2 に示す。

- *調査団： マラウイ → ザンビア → 1) グループ 1：ジンバブエ
2) グループ 2：南アフリカ → マダガスカル

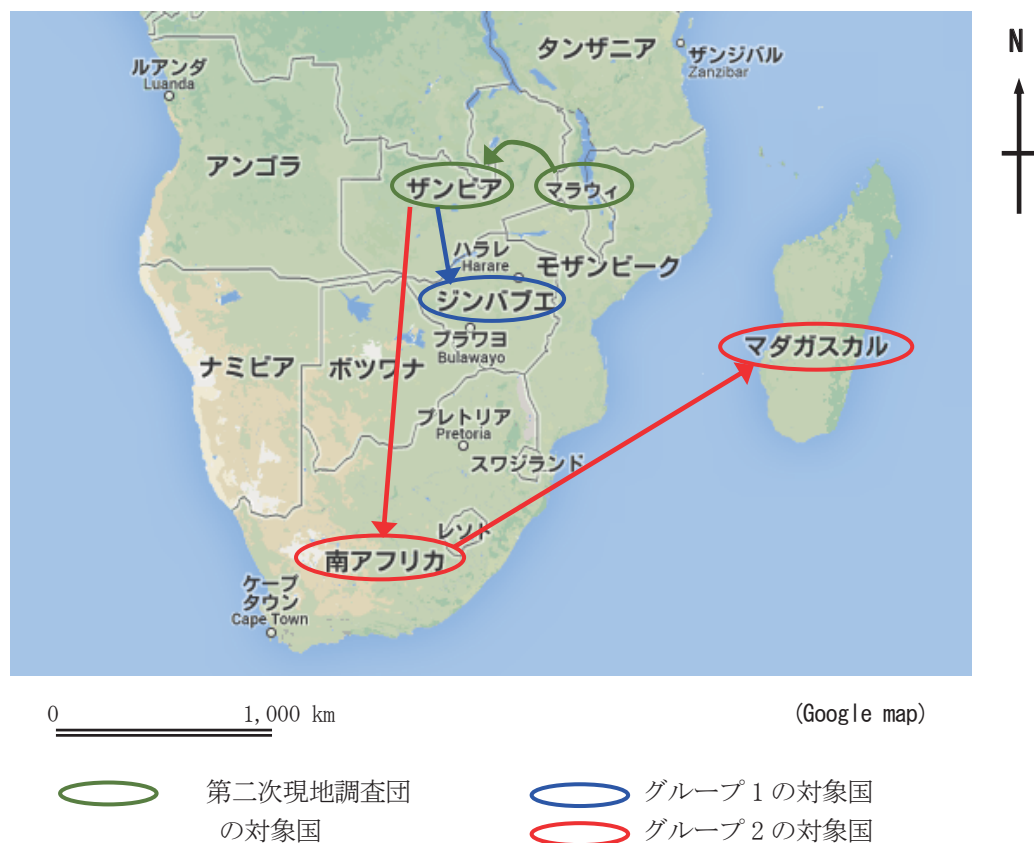


図 2.2 第二次現地調査

第二次現地調査の内容は、現地踏査、土壌サンプリング・分析、水サンプリング・分析及び簡易測量からなる。また、補足調査は第一次現地調査の内容と同様である。

各調査の内容を以下に示す。

2.4.1 現地踏査

鉱害発生状況の概要把握、問題点の整理、鉱害防止対策の検討を行うため、鉱害発生場所、規模、種類等の確認を行う。

2.4.2 土壌サンプリング・分析

鉱害発生状況の詳細確認のため、土壌サンプリングを実施する。

試験項目は、湿潤密度、含水比、粒度、成分分析（8 成分）、溶出検査（8 成分）等からなる。採取数は質問票の回答内容を考慮して決定する（最大 20 サンプル/1 鉱山）。なお、土壌サンプリングは調査団が実施するが、サンプリングにあたっては関係機関の担当者を必ず同行し実施する。

2.4.3 水サンプリング・分析

鉱害発生状況の詳細確認のため、水サンプリングを実施する。

試験項目は、水温、pH、EC（電気伝導度）及び溶存元素分析（9 成分（要確認））を行うこととする。採取数は質問票の回答内容を考慮して決定する（最大 20 サンプル/1 鉱山）。なお、土壌サンプリングは調査団が実施するが、サンプリングにあたっては関係機関の担当者を必ず同行し実施する。

2.4.4 簡易測量

鉱害対策範囲、排水路等の検討のための簡易測量を実施する。測量範囲・測量点数は質問票の回答内容を考慮して決定する。

ただし、現地踏査を含め大規模あるいは境界等が不明瞭な場合もあることから、現地踏査結果と共にサテライト・イメージ、DEM データを活用して簡易測量の代用とした。

2.5 帰国後整理作業

帰国後整理作業は、現地調査結果の分析・評価、国内セミナーの開催、ドラフト・ファイナルレポートの作成・説明・協議及びファイナルレポートの作成・提出からなる。

2.5.1 現地調査結果分析・評価

第二次現地調査にて収集したサンプルの分析結果の評価を行う。また、調査結果を考慮し、鉱山環境・鉱山保安に関する JICA における支援方針の提言する。

2.5.2 国内セミナーの開催

調査結果を民間企業及び国内関係機関へ周知を行うため、現地調査の内容を体系的に整理した内容のセミナーを開催する。セミナーの対象者は上記の通り民間企業及び国内関係機関（最大 100 名程度）とし、セミナーを開催することとする。

2.5.3 ドラフト・ファイナルレポート（DF/R）の作成・説明・協議

現地調査結果の内容を体系的に整理し、ドラフト・ファイナルレポート（DF/R）を作成する。

2.5.4 ファイナルレポート（F/R）の作成・提出

ドラフト・ファイナルレポート（DF/R）に対する JICA からのコメントを反映した、ファイナルレポート（F/R）の作成を行う。

ファイナルレポート（F/R）は業務終了後、提出する。

第3章 第一次現地調査

3.1 アンゴラ

3.1.1 アンゴラの概況

(1) 国情及び経済指標

アンゴラ共和国の国情及び経済指標を以下に示す。

- ・面積 : 124.7 万 km² (日本の約 3.3 倍、図 3.1)。
- ・人口 : 2,082 万人 (2012 年)。
- ・首都 : ルアンダ (人口約 450 万人 : 2009 年)。
- ・民族 : オヴィンブンドゥ族 (37%)、キンブンドゥ族 (25%) 等。
- ・言語 : ポルトガル語 (公用語)、その他ウンブンドゥ語等。
- ・主要産業 : (鉱) 石油、ダイヤモンド。
(農) とうもろこし、フェイジョン豆、砂糖、コーヒー、サイザル麻等。
- ・GNI (国民総所得) : 1,152 億ドル (2012 年 : IMF)。
- ・一人当たり GNI : 5,700 ドル (2012 年 : IMF)。
- ・経済成長率 : 5.2% (2012 年 : IMF)。
- ・物価上昇率 : 10.3% (2012 年 : IMF)。
- ・総貿易額 : 輸出 692 億ドル、輸入 228 億ドル (2012 年 : CIA 推定)。
- ・主要輸出品目 : 原油、ダイヤモンド、石油製品等。
- ・主要貿易相手国 (2012 年 : CIA 推定) :
 - ・輸出 : 中国 (45.8%)、米国 (13.7%)、インド (11%)、南アフリカ (4.1%)。
 - ・輸入 : 中国 (20.8%)、ポルトガル (19.5%)、米国 (7.7%)、南アフリカ (7.1%)。
- ・通貨 : クワンザ (KZ)。
- ・為替レート : 1 米ドル=約 97 クワンザ (2013 年 11 月)。
- ・経済概況 : 1975 年独立以来の長期にわたる内戦により経済は極度に疲弊したが、石油、ダイヤモンド等の鉱物資源に恵まれている他、農業、漁業等の潜在能力も高く、高い経済成長率を維持している。特に、石油についてはナイジェリアに並ぶサブサハラアフリカ最大の産油国。2007 年には石油輸出国機構 (OPEC) に加盟し、2009 年は議長国を務めた。一方、アンゴラ政府は石油依存型経済からの脱却を図るため、国家開発計画の下、農林水産業、製造業の振興等の産業多角化も図っている。
- ・主要援助国 (2009 年 DAC) : 米国、韓国、スペイン、ノルウェー、ドイツ等。
- ・日本の援助実績 :
 - (1) 有償資金協力 (～2012、JICA) なし。
 - (2) 無償資金協力 (～2012、JICA) 393.83 億円。
 - (3) 技術協力 (～2012、JICA) 47.89 億円。
- ・地方行政区画 : 18 州、158 市町村 (図 3.1)。

(2) 自然状況

a. 地形

アンゴラ本土は、南はナミビア、東はザンビア、北はコンゴ民主共和国と国境を接し、西側が大西洋に面している。また、飛び地であるカピンダ州はコンゴ民主共和国とコンゴ共和国に挟まれている。



1. ベンゴ州
2. ベンゲラ州
3. ビエ州
4. カビンダ州
5. クアンド・クバンゴ州
6. クアンザ・ノルテ州
7. クアンザ・スル州
8. クネネ州
9. ウアンボ州
10. ウイラ州
11. ルアンダ州
12. ルンダ・ノルテ州
13. ルンダ・スル州
14. マランジェ州
15. モシコ州
16. ナミベ州
17. ウィジェ州
18. ザイレ州

(Google image)

図 3.1 アンゴラ国及び行政区

アンゴラの海岸部は幅 40～140km の細長い海岸平野が発達し、殆んどは乾燥地帯である。北部及び飛び地の Cabinda 地域では熱帯雨林となっている。

内陸部は大部分が標高 1,000～1,600m の高地であり、農用地として利用されている。国内の最高峰は中央西部に位置する Moco 山の標高 2,620m である。

当該国の主要河川は、Cuanza 川、Cuango 川 (Zaire 川支流)、Gunene 川、Cubango 川であり、当該国の北東－南西方向に分水嶺がある。北西部の河川は大西洋に流下し、南東部の河川は内陸側のボツワナ及びザンビアの Zambezi 川に流出している。

b. 地質・鉱床

アンゴラの地質は、太古代－原生代前期、原生代後期及び顕生代の 3 つの地質単元に分けることができ (図 3.2)、それぞれに特有の鉱物資源を産する。

太古代－原生代前期は、Angolan 等の 4 つの楕状地及び Kwanza 地塁をなす。これらは花崗岩－グリーンストーンからなる。Angolan 楕状地の南西部には、斜長岩～斑レイ岩からなる巨大な塩基性複合岩体が分布し、金鉱床を伴っている。

原生代後期では、パン・アフリカン造山帯が形成されており、楕状地の境界部に発達する。堆積岩の中にはキンバーライトやカーボナタイトを含む火山岩が発達している。顕生代は主に第三紀～第四紀層からなり、アンゴラの東部の半分の地域を占めて分布している。また、新生代の海成堆積物が西側海岸部に発達し、石油資源を胚胎している。さらに、銅、アスファルト、塩、カリ、硫黄、石膏等の工業用鉱物も産出されている (図 3.3)。

c. 気象

アンゴラは亜熱帯に位置しているが、Benguela 寒流、内陸部の高地、Namibe 砂漠からの影響もあり、10 月～4 月までの雨期、5 月～9 月までの気温の低い乾期の 2 期からなる。降雨量は、海岸地域に沿って降雨量が増し、Namib 砂漠方向に南下するにつれ 800～50mm へ急激に減少する。

一方、内陸部は北部、中央部及び南部の 3 気候区に区分され、北部が高温多湿であり、中央部は低温 (平均気温 19℃) 乾燥であり、南部は乾燥している。

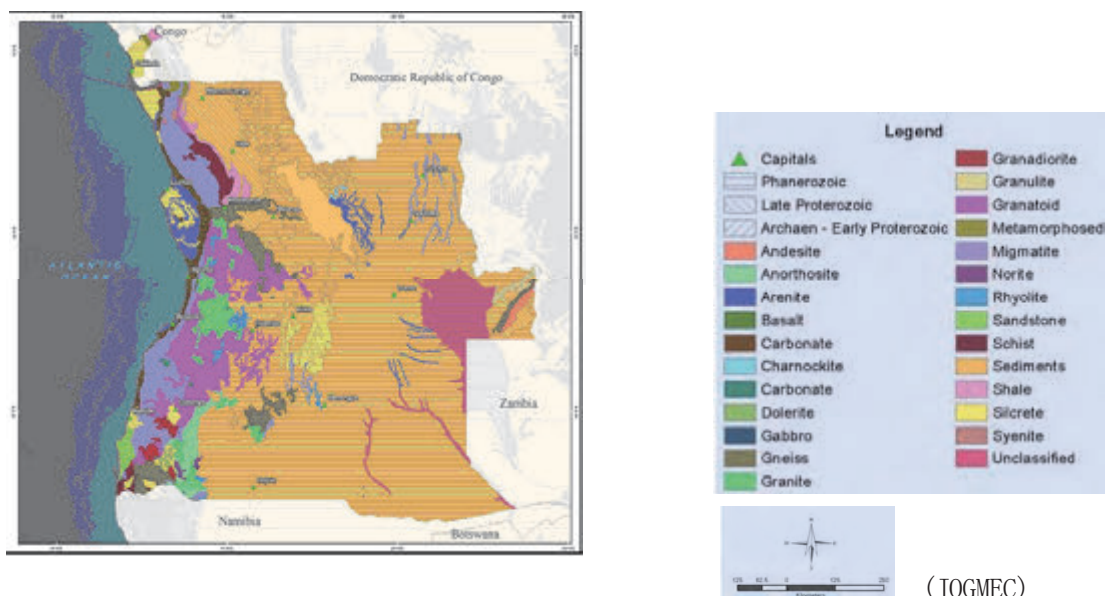


図 3.2 アンゴラの地質

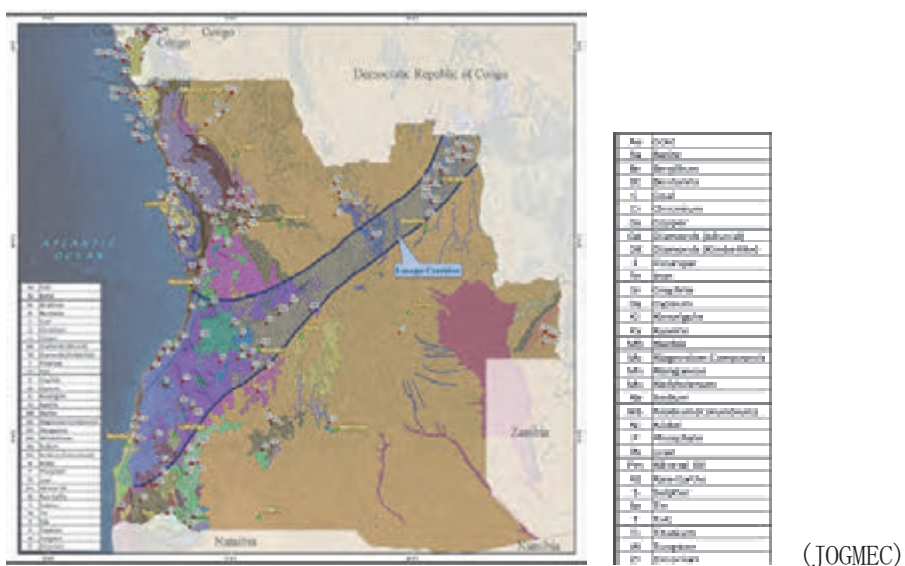


図 3.3 アンゴラの鉱床・鉱徴地の分布

3.1.2 第一次現地調査の概要

(1) 調査日程

アンゴラにおける第一次現地調査は、11月11日～11月15日の5日間に亘って実施された。現地調査の実施日程を表3.1に示す。

表 3.1 アンゴラでの第一次現地調査の実施日程

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	11/10 (日)	－	羽田 - トンバ・イール アンダ (アンゴラ)	移動。	
2	11/11 (月)	－	ルアンダ：	資料整理、調査準備等。	
3	11/12 (火)	8:30 ～ 10:00 ～ 11:00 ～ 14:00 ～	ルアンダ： JICA 事務所 環境省 地質鉱山省 セミナー	表敬、調査打合せ。 表敬、回答書等打合せ。 表敬、回答書等打合せ。 地質鉱山省会議室にて。	所長、他。 環境局・保護・EIA 部。 地質局、鉱山局、分析部。 参加者：23 名。
4	11/13 (水)	9:00 ～ 10:00 ～ 12:30 ～	ルアンダ： 地質鉱山省地質局 同法務部 同環境・保安部	回答書受領、協議。 法律等協議。法規入手。 鉱山環境・保安等協議。	地質部長。 法務部長、他。 環境・保安担当。
5	11/14 (木)	9:00 ～ 10:30 ～ 14:00 ～	ルアンダ： 環境省、EIA 局 同法務部 地質鉱山省環境・ 保安部	回答書受領、協議。 法律等協議。法規入手。 鉱山環境・保安、人材育成 等協議。	EIA 部長、他。 法務部長。 環境・保安担当。
6	11/15 (金)	8:30 ～ 10:00 ～ 14:00 ～	ルアンダ： 地質鉱山省鉱山局 同地質局 日本大使館 JICA 事務所	鉱山開発、人材育成等協議。 鉱山開発、人材育成等協議。 表敬、調査概要報告。 調査概要報告。	鉱山局長、他。 地質部長。 担当官。 所長、他。
7	11/16 (土)		ルアンダ - ヨハネスブル グ (南アフリカ)	移動。	

(1) 調査の対象官庁及び訪問先

現地調査における訪問先、並びに調査対象官庁・部署を下記に示す。

(訪問先)

- ・在アンゴラ日本大使館
- ・在アンゴラ JICA 事務所

(調査対象官庁・部署)

- ・環境省、環境局、保護・EIA 部
- ・地質鉱山省、地質局
- ・地質鉱山省、鉱山局、法務部

(2) 質問票の回収

質問票は国内準備作業中に作成し、各対象国の JICA 事務所を通して主要な関係機関である地質鉱山省鉱山局及び環境省環境局に事前に配布されていた。

質問票の回収は関係機関に訪問した際に質問票及び回答を確認し、回収する手順であったが、各機関とも回答が終了していなく、訪問した際に回答内容を協議して、回答書を後日回収した。質問票の回答は地質鉱山省鉱山局の鉱山環境・保安係から 3 部及び環境省環境局から 1 部の計 4 部を回収した。

(3) セミナーの開催

セミナーは、11月12日に地質鉱山局の会議室（60名参加可能）で14:00～16:30までの2時間半をかけて行った。参加者は、地質鉱山省鉱山局、同地質局及び環境省保護・環境影響評価局及び対外協力局の総数23名であった（表3.2及び写真3.1・3.2参照）。

セミナーでの説明において特に本邦での鉱害発生歴史、同被害状況及び対策事例、並びに鉱山環境への配慮及び（JICAの）人材育成について強く関心を示した。



写真 3.1 セミナーの出席者



写真 3.2 セミナーの状況

(説明資料)

セミナーは会議室用のプロジェクターを使用して行った。セミナーのプレゼン資料は下記の2ファイルを使用した。

- 1) アフリカ地域調査 JICA 背景説明 131105 .ppt : JICA の活動
- 2) アフリカ地域調査 鉱山環境-保安 説明 .ppt : 当該案件、本邦鉱害・対策事例等

(質疑・応答)

質疑・応答では、以下の質問及び協議があった。

- ・ダイヤモンド鉱山の環境について
- ・リン鉱石での廃さい堆積場の環境について
- ・リン鉱石の放射能問題について

・ JICA の人材育成のスキームについて

表 3.2 セミナー参加者リスト

No	Name	Organization / Division	Position
1	Jelseta Condez	DG of Environment	Directorate General
2	Sandra Nascimento	MoE, DNPAIA	Director
3	Mihian Jleite Cunha	MoE, DNPAIA	Staff
4	Vilma Raulo	MoE, DNPAIA	Staff
5	Jose Muanza	MoE.	Staff
6	Mesquita Vicente Jose	MoE	Staff
7	Santos da Mata	MoE, DNPAIA	Staff
8	Antonio Jerreira Joaz	MGM, DNM	Staff
9	Ana Paulo Madiths de Souse	MGM, DNM	Staff
10	Osvaldina de Ahulida	MGM, DNM	Staff
11	Albertina Cassule	MoE, Technical of Exchange Office and International Relations (GIRI)	Staff
12	Goreio Simos	DNM	Staff
13	Domingos Goio Guimenecs	MGM, Department of Laboratory, Geologist (IGEO)	Staff
14	Antonio Muaty Chitoponge	GUS de Integcisio	Staff
15	Josefine Cailodasotz Leuis	MGM, Department of Laboratory (IGEO)	Staff
16	Caramb Oalicanto Nancia	MGM, Department of Laboratory (IGEO)	Staff
17	Polcmero Morcalius	MoE	Staff
18	Paulo Nzaji Dinis Sereira	DNM	Staff
19	Jise Pechro Paseoel	MoE, Gebineto Luridico	Staff
20	Jilbrco Picho Nebumbor	MGM, Department of Laboratory (IGEO)	Staff
21	Miguel Paulino A. Almeida	MGM, DNM, director	Staff
22	Domingos Kafanda Jose	MGM, Department of Laboratory, Chief Geologist (IGEO)	Staff
23	Jose Mingra de Rsus	MGM, DNM	Staff
24	Kayo Omachi	JICA, Angola Field Office	Staff
25	Joao Jose Bartolomeu	JICA, Angola Field Office	Staff
26	Takayuki Yokokawa	JICA Study Team	JICA Study Team
27	Mikio Kajima	JICA Study Team	JICA Study Team

MoE : 環境省 : Ministry of Environmental Affairs

DNPAIA : 保護・EIA 部 : National Directorate of Prevention and Environmental Impact Assessment

DNM : 鉱山局 : National Directorate of Mines

MGM : 地質鉱山省 : Ministry of Geology and Mines

GIRI : 国際協力室 : Technical of Exchange Office and International Relations

IGEO : 地質院 : Geological Institute of Angola

D.E. : 環境局 : Directorate of Environment

3.1.3 鉱業政策及び鉱業状況

(1) 鉱山担当部局及び組織

アンゴラの鉱山に関する管理部局は、全て地質鉱山省の鉱山局が携わっている。本省は何度も改組され、現在の組織も数年前に工業部門が分離しており、来年度は地質部門が分離され、大幅に改組される予定である。現在の鉱山局内の組織を図 3.4 に示す。

鉱山局は、① 鉱山・環境管理部、② 鉱山技術管理部及び ③ 小規模鉱山・探査援助部に分かれ、本調査では鉱山局長及び鉱山環境・保安を担当する鉱山・環境管理部が対応した（写真 3.3）。

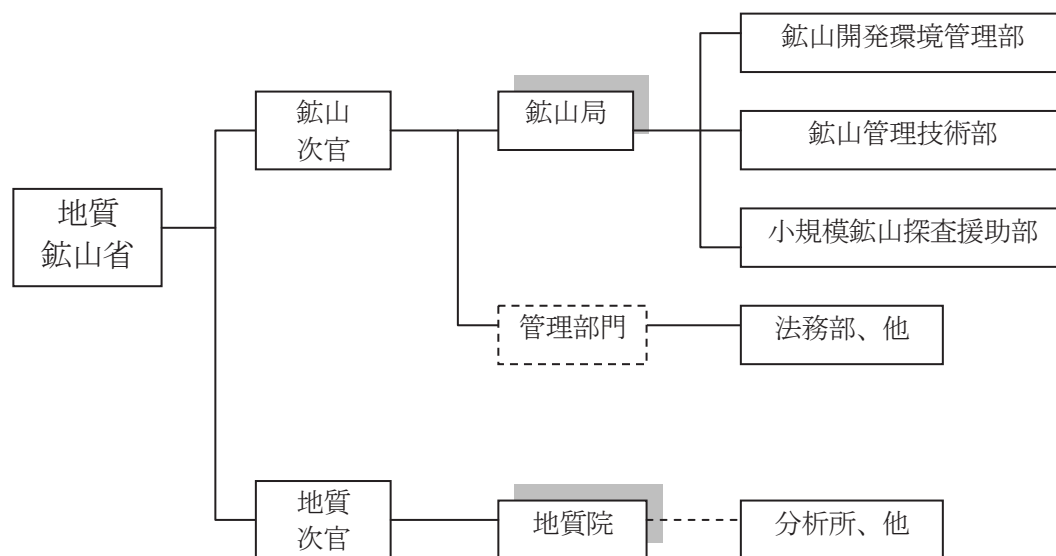


図 3.4 現在の地質鉱山省鉱山局内の組織



写真 3.3 鉱山に関する管理部署（地質鉱山省鉱山局での協議）

(2) 鉱業関連法規

法律に関する情報は、同省の鉱山局及び法務部が対応した。
アンゴラの鉱業関連法規を表 3.3 に示す。

表3.3 アンゴラの鉱業関連法規

No	鉱山関連法規	号 (制定年)	主 な 内 容
1	(旧) 鉱業法	第1/92号 (1992)	・全ての鉱物は国に帰属。 ・探査ライセンス、採掘権は地質鉱山省が付与し管理・監督を行う。 ・実施中のデータ等を記載した定期報告書を作成・提出すること。 ・小規模鉱業の特別条項はない。 ・EIAの実施、環境保護の遵守、等。 ・その他。
2	鉱物法 (ダイヤモンド法)	第16/94号 (1994)	・地質図の作成、鉱物資源の探査、選鉱、売買等の科学的知見、作業、開発に適用。 ・ダイヤモンドの採掘に関する法律。 ・その他。
3	(新) 鉱業法	第 31/11 号 (2011)	・(旧) 鉱業法より広範囲をカバーし、(旧) 鉱業法・ダイヤモンド法を廃止する。 ・戦略的鉱物は、石油・ガス・金・ダイヤモンド・放射性物質である。 ・当該法に石油・ガスは含まない。 ・零細採掘の法制化。 ・EIAの調査義務の遵守、環境義務事項の履行遵守、環境報告の義務、環境被害への保証義務、環境保全基金（保証金）の義務、等。 ・その他。
4	石油活動法	第 10/04 号 (2004)	・石油事業に関する法律。

アンゴラの（旧）鉱業法は、内戦終結後の1992年に制定され、鉱業政策の新たな枠組みが反映されており、鉱物種の独占を排除、民間部門の投資機会の拡大、国営企業の独占の提言を行うことを目的とされた。さらに新鉱業法が2011年に制定され、（旧）鉱業法及びダイヤモンド法が廃止され、その適用範囲が大幅に拡大された。ただし、新鉱業法への移行はスムーズではなく、今後とも紆余曲折が予想されてもいる。

（鉱山環境に関する法規）

（新）鉱業法では、鉱山環境に関し（旧）鉱業法と比較して、鉱業活動に伴う環境社会配慮の義務を大幅に要求され、改善されている。

鉱山環境関連法規は以下に示す法律が制定されているが、その他の法規は制定途中である。しかし、その殆んどは既に国会及び大統領の承認を受けており、来年度には制定の見込みとのことである。

（制定済）

- * 環境基本法（第 5/98 号、1998 年）
- * 環境影響評価法
- * 廃棄物管理法
- * 水法
- * 水質環境基準

（今後の制定予定）

- * 水質汚染に関する法律
- * 土質汚染に関する法律

＊騒音防止に関する法律、他。

注）水道等の飲料水基準は、WHO 基準を使用している。

(3) 鉱業政策

アンゴラの経済及びその成長は工業部門に大きく依存し、2008～09 年では政府歳入の 75%、商品輸出の 96%を占めていた。ただし、重要な鉱物資源は石油とダイヤモンドであり、両者で国内鉱物生産高の 85%を占めている。

鉱業部門では、過去にセメント、碎石、岩塩、鉄鉱石等が採掘されていたが、その後、内戦によりセメント、碎石等の非金属鉱物以外の採掘は休止されている。しかし、近年では石油とダイヤモンド以外の鉱物の開発への見直しがおこなわれ、新鉱業法の制定を下に鉱物資源開発のための探鉱投資の拡大の動きが見られ、更には鉄、銅等の開発も間近となって来ている。

(4) 鉱業の状況

アンゴラではポルトガル人の入植前から金、銅、鉄の小規模な採掘・製錬は行われていたが、機械による操業は1913 年のダイヤモンド採掘から始められ、銅鉱石採掘は1930年、マンガン鉱石は1943 年、鉄鉱石は1960 年にそれぞれ始まっている。

1960 年代から1970 年代前半には、ダイヤモンドや鉄鉱石を始めとして、マンガン、金、銅、錫、ベリル、カオリン等の採掘も行われ、また、ポルトガル、南ア、欧米系企業による鉄、非鉄、ウラン、リン鉱石等の探査も盛んに行われていた。しかし、1961 年以降の反植民地主義者によるゲリラ活動と長引く内戦により、新たな探査技術・手法によるアンゴラ国内での広域調査は殆ど行われていなかった。

1988 年では、ソ連の地質チームの協力により100 万分の一の地質図(6 葉)が作成され、ポルトガル時代のを改訂・増補して構造解析を加えているが、10 万分の一、25 万分の一縮尺の地質図は国土の40%をカバーしたが、南アフリカに次ぐ豊富な鉱物資源ポテンシャルの可能性を確認するには至っていない。

その後、東北部の北ルンダ県等にある世界的規模のダイヤモンド鉱床群は漂砂鉱床の一部が生産されているのみであるが、この他ニオブ、タンタル、レアアース、蛍石、バライト等の賦存が判明している。現在、非エネルギー鉱物資源の稼業鉱山はダイヤモンド及びセメント用の石灰岩の採掘のみであり、表3.3に稼業鉱山のリストを示す。

ダイヤモンドの採掘では、2009 年にアンゴラは価値に換算して世界のダイヤモンドの 13%生産したとされる。また、鉱業のアンゴラの GDP への鉱業の寄与を図 3.5 に示すとおり、大きいものとなっている。

また、多金属鉱床、各種の工業原料鉱物の賦存も明らかにされつつあり、探査も表 3.4 に示すように進められて、今後の開発へ期待されている。

Ferrangol はCassinga(ウイア州)及びKassala-Kitungo(クワンザ・ノルテ州)の鉱床の採掘権を有しており、アンゴラ AMR 社と共同で、2013 年から年間約 300 万 t の鉄鉱石を生産する予定である。

表 3.4 アンゴラの鉱山・製錬所リスト (1)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量 (生産物)	環境問題	保安問題
1	Secil-Lobito	Companhia de Cimento do Lobito S.A. [TecnoSecil Investimentos e Participações S.A.R.L., (51), Government, (49)]	Lobito, Benguela Province	Ls	OP	-	0.25 Mt/y cement		
2	Nova Cimangola	Nova Cimangola S.A. [Government (89), private investors, (11)]	Luanda	Ls	OP	-	1.8 Mt/y 0.54 Mt/y cement clinker		
3	Dundo (ENDIAMA)	Associação em Participação Chitotolo [Empresa Nacional de Diamantes de Angola (45), ITM Mining Ltd. (40), LUMANHE Lda., (15)]	Chitotolo, 95km southeast of Dundo	Dia	OP	-	28 TC/y		
4	Rio Lapi (ENDIAMA)	Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (51), New Millenium Resources Ltd. (34), Mombo Lda. (15)	45km northeast of Saurimo, Lunda Province	Dia	OP		240 TC/y		
5	Lunda Norte (ENDIAMA)	Luó-Sociedade Mineira do Camatchia-Camagico	Lunda Norte Province	Dia	OP	-	18 TC/y		
6	Luzamba (ENDIAMA)	Sociedade de Desenvolvimento Mineiro de Angola S.A.R.L. (SDM) [Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA), (50), Odebrecht Mining Services Inc., (50)]	Luzamb, Cungo Valley, Luanda Norte	Dia	OP	-	70 TC/y		
7	Catoca (ENDIAMA)	Sociedade Mineira de Catoca Lda. [Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA) (32.8), ALROSA S.A., (32.8), Daumonty Financing Co. B.V., (18.0), Others (16.4)]	Catoca, 36km south of Saurimo, Lunda Sul Province	Dia	OP	-	6500 TC/y		

*製錬所：なし。

表 3.4 アンゴラの鉱山・製錬所リスト (2)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量 (生産物)	環境問題	保安問題
8	Cuango (ENDIAMA)	Sociedade Mineira do Cuango [Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA), (41), ITM Mining Ltd. (38), LUMANHE Lda (21)]	Cuango, Cuango Valley, Luanda Norte Province	Dia	OP	-	31 TC/y		
9	Mufuto (ENDIAMA)	Sociedade Mineira do Lucapa Ltd. [Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA), (51), Sociedade Portuguesa de Empreendimentos (49)]	Mufuto Nort	Dia	OP	-	25 TC/y		
10	Calonda (ENDIAMA)	Sociedade Mineira do Lucapa Ltd. [Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA) (51), Sociedade Portuguesa de Empreendimentos, (49)]	Calonda, Lucapa, Lunda Norte Province	Dia	OP	-	27 TC/y		
11	Fucauma (ENDIAMA)	Trans Hex Group Ltd.(32), Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA) (40)	Fucauma, northeastern Angola	Dia	OP	-	120 TC/y		
12	Luarica (ENDIAMA)	Trans Hex Group Ltd.(35), Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA) (40)	Luarica, northeastern Angola	Dia	OP	-	90 TC/y		
13	Somiluana (ENDIAMA)	Trans Hex Group Ltd.(33), Empresa Nacional de Diamantes de Angola E.P. (ENDIAMA) (40)	Somiluana, northeastern Angola	Dia	OP	-	42 TC/y		
14	Gypsum plant	Fábrica de Gesso do Sumbe	City of Sumbe, Cuanza Sul Province	Gypsum	OP		0.2 Mt/y		

*製錬所： なし。

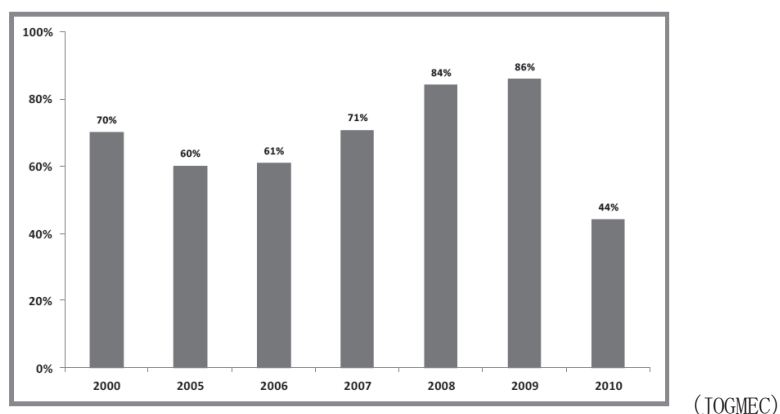


図 3.5 アンゴラの GDP への鉱業の寄与

表3.5 アンゴラの探鉱状況 (JOGMEC)

No	プロジェクト名	鉱種	保有企業等
1.	Cabinda	P	Minbos Resources Ltd.、他
2.	Mavoio Copper	Cu	AP Services、 Genius Minerals
3.	Cachoeiras de Binga	Cu, Co	Fortitude Minerals Ltd.、他
4.	Jamba Gold	Au	Huila 地方自治体
5.	Cassala Quitungo	Fe	Vale
6.	Cuvo River	Cu, Co	不明
7.	Lumbala	Cu, Co	GEVALE
8.	Kunene	Ni	GEVALE

(5) 地質・鉱床担当部署の役割

地質鉱山省地質局（旧アンゴラ地質院）は、主に地質・鉱床図の作成・管理を行っている。当該局は以前の“地質調査院”の組織が残存されており、また、地質局は今後に地質鉱山省からの分離が予定されている。

本調査では、地質局長（旧地質院長）及び補佐官が対応した。

(化学分析)

大気質、水質、土質等の公営の化学分析所は、設置されていない。環境分析の場合、南アフリカに資料を送付して分析を行っている。ただし、各プロジェクトでの環境分析は各プロジェクトで実施（自社あるいは外注）しており、本省はそれらの分析結果の報告を受領している。ただし、現在同省内の地質総局は外局としての地質院の改組を計画しており、来年度に新たに創設し建物の建設を開始するとのことで、化学分析所も同時に建設を計画している。

(6) 国際協力等

鉱山部門及び地質・鉱床部門での国際協力は殆んど無かったとのことであるが、近年ではフランスが地質図作成プロジェクトに伴う短期研修、日本の JICA による地質院のキャパシティ・デベロップメント（2012～2013 年）の集団研修等の技術協力が行われている。また、JOGMEC によるボツワナ・地質リモートセンシングセンターでの研修に過去 5 年間で 18 名（2013 年度 2 名）に及んでおり、地質院及び鉱山局から派遣されている。

3.1.4 環境担当部局の環境政策及び環境状況

(1) 環境担当部局

環境に関する管理は全て環境省が携わっている。環境省の人員は現在 230 名である。

環境省は、鉱山開発との関連項目として環境影響評価（EIA）の管理、環境管理計画、環境許可、環境（モニタリング）報告書等に携わっている。

本調査では同省の保護・環境影響評価局及び対外協力部が対応した。また、法律に関する情報は、同省の法務部が直接対応した。



写真 3.4 環境に関する管理部局（環境省保護・環境影響評価局）との協議

(2) 環境関連法規

a. 環境法規

（新）鉱業法では、鉱山に係る環境社会配慮として「環境影響評価の調査による義務の遵守」、「自然環境を保護する措置の策定」、「安全、健康、衛生、公衆衛生の促進」、「労働災害及び職業病に関する通知」、「鉱業活動に伴う諸要素のを含む関連データの通知」、「土壌占有や環境の特性への採掘活動の影響の通知」、「鉱山閉鎖に関する要件」、「第三者に対し生じた損害の補償」及び「先住民の権利」の義務を課している。

環境に関連した法規は、以下の通りである。

＊環境法（第 5/98 号）：環境影響評価を含む。

＊国立公園法（第 38/11 号）

＊環境保護法（第 3/06 号）

（政令）

・環境影響評価について（政令第 51/04 号）

・環境許可（政令第 59/07 号）

・環境許可について（政令第 96/09 号）

（規則）

・廃棄物・残留物管理規則

・水質に関する規則：水質環境基準、排水基準等。

・環境被害の責任に関する規則

また、先住民については、別途「先住民の権利法」が制定されており、当該（新）鉱業法ではその適用を明確に示している。

b. 環境影響評価(EIA)の手順

アンゴラにおける EIA の手順を図 3.6 に示す。

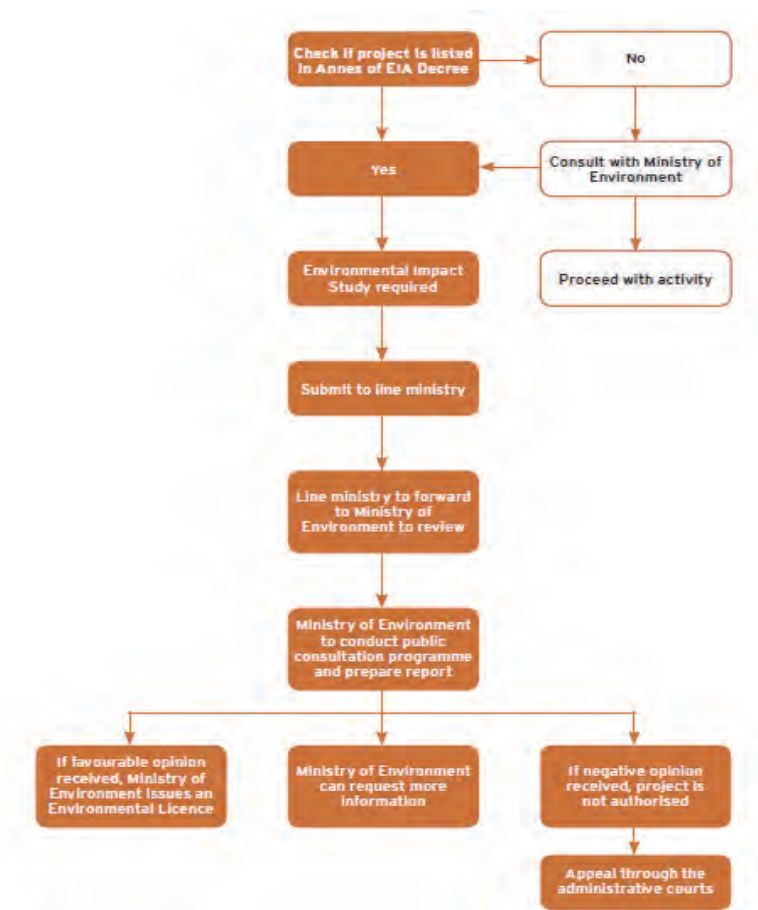


図 3.6 アンゴラにおける EIA の手順

鉱山開発に関する環境影響評価（EIA）はすべて環境省が関与し、鉱山開発プロジェクトの EIA 報告書は環境省に提出され、専門分野について地質鉱山省の鉱山局の環境担当で審査され、その結果を環境省にコメントとして提出される。その後、環境省が全体審査を経て認証されれば、“環境許可”を認可する手順となる。しかし、現在まで鉱山開発に関する EIA の実績は有していない。

探鉱段階の環境審査は、その規模により（予備的な）EIA が必要となり、主な手順は上記の EIA と同様である。

3.1.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況

(1) 鉱山に関する環境対応

石油・天然ガス開発以外の金属鉱山関連の環境問題は、実際に稼働している鉱山がないことから鉱害の発生はない、とのことである。ただし、石油開発の関係では原油、精製油の漏洩等の環境問題が発生しているとのことであった。

鉱山開発に伴う環境管理計画及びモニタリング等の環境管理の実施は、（新）鉱業法及び環境基本法で規定されており、環境汚染が発生しないように管理を厳格に実施する予定である。しかし、保

護・環境影響評価局では、鉱山に関する EIA の実施例がないことから、JICA に鉱山開発関連の EIA の研修を期待していた。

(2) 鉱山に関するモニタリング

鉱山開発におけるモニタリングは、鉱山の操業者が実施し、その結果を鉱山局が評価することになっている。

3.1.6 鉱山保安の状況

前記の（新）鉱業法の中で、鉱山保安として「安全、健康、衛生、公衆衛生の促進」、「労働災害及び職業病に関する通知」、「鉱業活動に伴う諸要素のを含む関連データの通知」、及び「第三者に対し生じた損害の補償」の義務を明確に課している。

アンゴラの鉱山保安の現状について、以下の知見を得た。

- * 鉱山保安に関しては、鉱山法にその条項が概略的に記載されているが、“鉱山保安法”として、すでに国会の承認を得ており、その制定が来年度以降予定されている。
- * 鉱山保安の各鉱種に対応した（Specified）保安規則についてはまだ出来ておらず、今後の課題である。
- * 鉱山開発における EIA には鉱山保安についても検討することになっており、各鉱山会社が対応する。
- * 現在までのところ、鉱山保安については稼業鉱山がないので事故等の発生はない。ただし、石油・ガス開発での（小規模な）漏洩事故等の情報はあ

る。鉱山保安に関する具体的な対応、計画内容は得られなかった。ただし、セミナー等での関心の高さから、鉱山保安についても十分懸念していることが理解された。

3.1.7 人材育成の状況及び技術研修の要望

(1) 人材育成の状況

地質鉱山省での人材育成は殆んど行われていないとのことである。本省での諸外国からの人材育成の援助では、1990 年代にフランスの BRGM が地質図作成プロジェクト実施時に 3 名の地質官をフランスに短期研修（2～3 ヶ月）を 1 回実施した。2000 年以降に JICA が鉱山に関する短期研修（2～3 ヶ月、JOGMEC 小坂研修センターを含む）を 3 名行った。また、JOGMEC のボツワナでのリモートセンシング研修センターへは数名参加しているが、その後の海外研修は行っていない。

(2) 本邦技術研修への要望

今後の人材育成に関する地質鉱山省の鉱山局・地質局及び環境省からの要望を以下に示す。

- * 長期研修： 1～2 年（修士コースを含む。）
- * 短期研修： 1～3 ヶ月

(地質鉱山省の鉱山局)

本局は実務経験が少ないことから、鉱山監理に関する実務の研修を必要としている。

- * GIS : 2 名（長期・短期 各 1 名）
- * 鉱量計算法 : 3 名（長期 1 名・短期 2 各）
- * 鉱山計画 : 2 名（長期・短期 各 1 名）

- *採鉱 : 2名(長期2名・短期1名)
- *鉱山保安 : 2名(長期・短期 各1名)

(地質鉱山省の地質局)

本局は分析所の設立を計画しており、設備・建設は(予算があり)実施予定であるが、人材育成が殆んど計画されていない。是非、人材育成の援助を希望している。

- *化学分析 : 2名(長期・短期 各1名)
- *物理探査 : 2名(長期・短期 各1名)
- *地化学探査 : 2名(長期・短期 各1名)
- *水文地質 : 2名(長期・短期 各1名)
- *鉱物調査 : 2名(長期・短期 各1名)
- *分析所の管理 : 2名(長期・短期 各1名)
- *環境影響評価 : 2名(長期・短期 各1名)

(環境省)

本局のスタッフはEIAに関する実務経験が少ないことから、研修を要望している。ただし、研修対象は中堅クラスであり、1名以外は1~2ヶ月の短期が望ましい。

- *環境影響評価法 : 4名(短期3名、長期1名)

3.2 ザンビア

3.2.1 ザンビアの概況

(1) ザンビアの国情及び経済指標

アンゴラ共和国の国情及び経済指標を以下に示す。

- ・面積 : 75.3 万 km² (日本の約 2 倍、図 3.7)。
- ・人口 : 2,082 万人 (2012 年)。
- ・首都 : ルサカ (人口約 170 万人 : 2011 年)。
- ・民族 : 73 部族 (トンガ系、ニャンジャ系、ベンバ系、ルンダ系)。
- ・言語 : 英語 (公用語)、ベンバ語、ニャンジャ語、トンガ語。
- ・主要産業 : 農業 (とうもろこし、たばこ、落花生、綿花、コーヒー等) 銅鉱業・加工、建設、食品、観光。
- ・GNI (国民総所得) : 156 億ドル (2011 年 : 世銀)。
- ・一人当たり GNI : 1,160 ドル (2011 年 : 世銀)。
- ・経済成長率 : 5.9% (2011 年 : 世銀)。
- ・物価上昇率 : 8.5% (2010 年 : 世銀)。
- ・総貿易額 : 輸出 9,201 百万ドル、輸入 6,359 百万ドル (2011 年 : CIA)。
- ・主要輸出品目 : 銅、コバルト、電力、たばこ、花、綿花等。
- ・主要貿易相手国 (2011 年 : CIA) :
 - ・輸出 : 中国 (34.8%)、スイス (18.3%)、南アフリカ (11.7%)。
 - ・輸入 : 南アフリカ (33.4%)、コンゴ(民) (21.9%)、中国 (10.6%)。
- ・通貨 : ザンビア・クワチャ (ZMK)。
- ・為替レート : 1 米ドル=5.369ZMK ザンビア・クワチャ (2013 年 3 月末)。
- ・経済概況 : 独立以来、銅の生産に依存するモノカルチャー経済 (銅が輸出額の約 6 割を占める)。銅の生産量と国際価格の変動がザンビア経済に大きな影響を与えるため、農業や観光等を中心とした産業構造改革を最優先の政策の一つとして掲げている。
2005 年 4 月、世銀及び IMF 理事会にてザンビアの重債務貧困国スキーム (HIPIC) 完了点到達が承認され、ドナー各国及び機関が債務救済を行い、対外債務は著しく減少した。
海外からの投資促進及び銅の国際価格上昇による銅の生産増大によって、経済は好調であり、近年、6%前後の経済成長率を維持している。
- ・主要援助国 (2010 年 DAC) : 米国、英国、ノルウェー、日本、オランダ等。
- ・日本の援助実績 :
 - (1) 有償資金協力 (～2011、JICA) 550.08 億円。
 - (2) 無償資金協力 (～2011、JICA) 1,056.66 億円。
 - (3) 技術協力 (～2011、JICA) 532.24 億円。
- ・地方行政区画 : 9 州 (図 3.7)。

(2) 自然状況

a. 地形

ザンビア共和国は、アフリカ南部に位置する共和制国家で、かつてはイギリス領北ローデシアであった地域であり、内陸国である。

ザンビア共和国は、アンゴラ、コンゴ民主共和国、タンザニア、マラウイ、モザンビーク、ジンバブエ、ナミビアと国境を接している。



(Google image)

図 3.7 ザンビア国及び行政区

ザンビアの大部分が高原であり、いくつかの河川が谷を刻んでいる。南部にザンベジ盆地を擁する。国境沿いのヴィクトリアの滝があるザンベジ川は国の西から東へモザンビークに流出している。北部の河川の一部はコンゴ川の上流域である。最北部のタンガニーカ湖は南東端にカランボ川に流入している。

b. 地質・鉱床

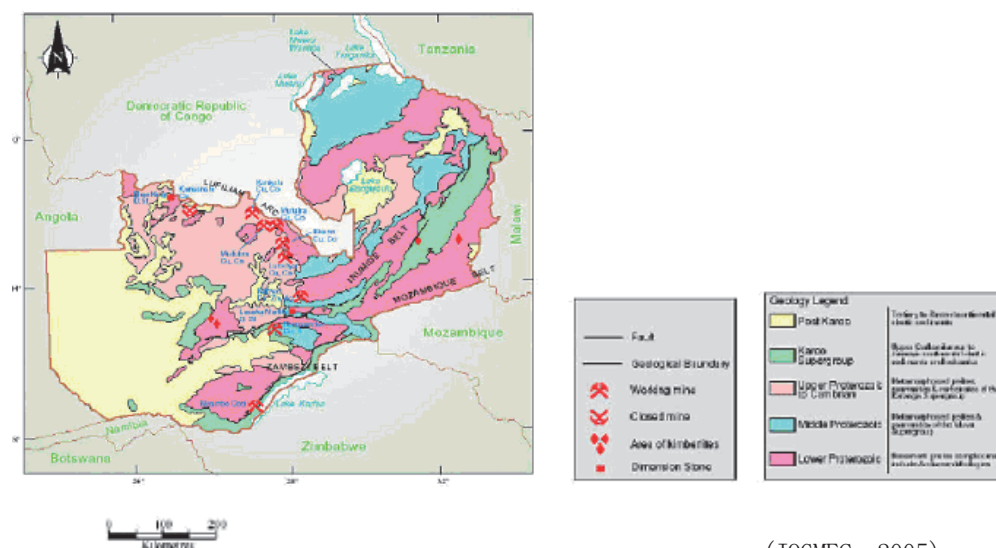
ザンビアの地質は、アフリカ中央部での複数のクラトンに挟まれた地域で、複雑さと多様性を示している。最古の岩石は、基盤岩を構成する花崗岩、花崗片麻岩、ミグマタイトで、東部、中央部及び南部に分布し、主要な地質構造としての Kafue 背傾構造及びカッパーベルトのドームとして隆起している。堆積岩及び変成岩が基盤岩の上部を覆っている。また、北部の Bangweulu 地塊はかなり異っており、大陸性堆積岩として 5,000m の層厚を有している (図 3.8)。

ザンビアの鉱物資源として金、銅、コバルト、鉛・亜鉛、鉄、石炭、貴石が挙げられる。

金: 300 以上の金の鉱徴地が知られており、古くから大規模に掘られた鉱山として、Mumbwa 地区の Dunrobin 鉱山、Matala 鉱山、Rufunsa 地区の Jessie 鉱山がある。多くの鉱山は脈状鉱床で、銅、ウランを随伴する場合がある。

銅-コバルト: 既に銅鉱石 (2.7%Cu) として 10 億トン以上が掘られたといわれ、更に 20 億トンの鉱石が期待される。銅鉱床は、Lower-Katanga Mines Series グループの砂岩、頁岩等に層状にある。銅鉱床にはコバルトが随伴しており、コンゴ共和国とともに世界のコバルトの主要供給国となっている。

鉛・亜鉛: ザンビア中央部の Kabwe 鉱山で今までに 11 百万トンの鉱石 (25%Zn、15%Pb) が採掘された。当鉱床は塊状鉱床からブレッチャータイプ、交代鉱床まで、Lower Roan 層から Upper Roan 層までの地層中に存在している。同様の鉱化作用が Kabwe 地域、北方の Kapiri Mposhi に見られる (図 3.9)。



(JOGMEC, 2005)

図 3.8 ザンビアの地質



(JOGMEC, 2005)

図 3.9 ザンビアの鉱山分布

c. 気象

ザンビアの気候は熱帯性気候であるが、高地ではしのぎやすい。年降水量は 500～1,500mm である。首都ルサカ（標高約 1,200m）では 1 月の平均気温は 21℃、7 月の平均気温は 16℃である。乾季は 5 月～8 月、雨季は 12 月～4 月である。

3.2.2 第一次現地調査の概要

(1) 調査日程

ザンビアにおける第一次現地調査は、11 月 11 日～11 月 15 日の 5 日間に亘って実施された。現地調査の実施日程を表 3.6 に示す。

表 3.6 ザンビアでの現地調査の実施日程

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	11/10 (日)	-	羽田 - トンバ・イルサカ(ザンビア)	移動。	
2	11/11 (月)	9:00 ~ 14:30 ~	ルサカ： JICA 事務所 鉱山・エネルギー・水資源開発省 (下写真)	表敬、調査打合せ。 鉱山・エネルギー・水資源開発省事務次官室	寺田所長、他。 事務次官、鉱山開発局長、鉱山保安局長、地質調査所長。
3	11/12 (火)	8:30 ~ 14:30 ~	ルサカ： セミナー資料準備、情報整理 セミナー	JICA 会議室にて。	鉱山開発局、地質調査所、ザンビア環境管理庁(以下 ZEMA)。 参加者：ザンビア側 9 名
4	11/13 (水)	8:30 ~ 11:00 ~ 14:00 ~ 16:30 ~	ルサカ： 地質調査所 ZEMA EIA エット 鉱山開発局 ZEMA EIA エット	協議、ヒアリング。 協議、回答書受領。 協議、回答書受領。 協議。	地質調査所長、他。 主席監査官、他。 鉱山技師。 主席監査官。
5	11/14 (木)	6:30 ~ 11:00 ~ 14:00 ~ 18:00 ~	ソドワ、キトワ： ルサカ - ソドワ ZEMA ソドワ事務所 ムフリヤ銅鉱山製錬所等を遠望 キトワ鉱山保安局	移動 協議、回答書受領、法規等入手。 銅鉱山施設等の状況視察 協議、ヒアリング。	主席監査官、他。 主席監査官。
6	11/15 (金)	7:30 ~ 11:00 ~ 14:00 ~ 15:00 ~ 16:00 ~	カブウェ： キトワ - カブウェ カブウェ鉛垂鉛鉱山内を遠望 鉱山開発局 ZEMA EIA エット JICA 事務所	移動 鉛垂鉛鉱山施設等の状況視察 協議、情報提供手続き 協議、組織図等入手 調査概要報告。	鉱山技師。 監査官。 寺田所長、他。
7	11/16 (土)		ルサカ - ヨハネスブルグ(南アフリカ)	移動。	

(2) 調査の対象官庁及び訪問先

現地調査における訪問先、並びに調査対象官庁・部署を下記に示す。

(訪問先)

- ・ JICA ザンビア事務所

(調査対象官庁・部署)

- ・ 鉱山・エネルギー・水資源開発省 鉱山開発局
- ・ 鉱山・エネルギー・水資源開発省 鉱山保安局
- ・ 鉱山・エネルギー・水資源開発省 地質調査所
- ・ 土地・天然資源・環境保護省 ザンビア環境管理庁 監査部
- ・ 土地・天然資源・環境保護省 ザンビア環境管理庁 北部事務所

(3) セミナーの開催

セミナーは11月12日（火）、JICA 会議室で行った。ザンビア関係機関からの参加者は計9名であった。参加者の内訳は、鉱山・エネルギー・水資源省に属する鉱山開発局から3名（鉱山技師3名）及び地質調査所から5名（上級地質技師1名、地質技師2名、化学技師1名、物理探査技師1名）、土地・鉱物資源・環境保護省に属するザンビア環境管理庁1名（監査官）であった（写真3.5、3.6）（表3.7）。

セミナーでは、はじめに JICA 寺西所長が挨拶を行い、調査の背景や鉱業セクターに関して持続的開発を支持する旨を話された。その後調査団から準備した資料の1～3までを説明、各説ごとに質問を受けた。全体に興味を引かれた。



写真 3.5 セミナー状況
（所長挨拶）



写真 3.6 セミナー状況
（ザンビア側は9名参加）

(説明資料)

セミナーは会議室用のプロジェクターを使用して行った。セミナーのプレゼン資料は下記の2ファイルを使用した。

- 1) アフリカ地域調査 JICA 背景説明 131105 .ppt : JICA の活動
- 2) アフリカ地域調査 鉱山環境-保安 説明 .ppt : 当該案件、本邦鉱害・対策事例等

(質疑・応答)

質疑・応答では、以下の質問及び協議があった。

- ・ 日本における休廃止鉱山の管理方法
- ・ 日本における休廃止鉱山の管理・対策の政府側と民間側の役割
- ・ 日本における休廃止鉱山の管理・対策に係る資金の出所
- ・ 長期研修の内容

表 3.7 セミナー参加者リスト

No	Name	Organization / Division	Position
1	Jelseta Condez	DG of Environment	Directorate General
2	Sandra Nascimento	MoE, DNPAAIA	Director
3	Mihian Jleite Cunha	MoE, DNPAAIA	Staff
4	Vilma Raulo	MoE, DNPAAIA	Staff
5	Jose Muanza	MoE, S.N.F.A.	Staff
6	Mesquita Vicente Jose	MoE, S.N.F.A.	Staff
7	Santos da Mata	MoE, DNPAAIA	Staff
8	Antonio Jerreira Joaz	MGM, DNM	Staff
9	Ana Paulo Madiths de Souse	MGM, DNM	Staff
10	Osvaldina	JICA Zambia Office	Staff
11	Albertina	JICA Zambia Office	Staff
12	Goreio	JICA Zambia Office	Staff
13	Hirohisa Kobayashi	JICA Study Team	JICA Study Team
14	Yoshimitsu Negishi	JICA Study Team	JICA Study Team

ZEMA : ザンビア環境管理庁 : Zambia Environmental Management Agency

3.2.3 鉱業政策及び鉱業状況

(1) 鉱山担当部局及び組織

鉱山開発局は鉱区関連の管理と採鉱関連の管理等、鉱山の操業に係る管理業務を行っている(図 3.10)。鉱区の許認可は同局で行う。許認可は ZEMA による EIA 認可されていることが前提である。採鉱の管理においては、同局技師が操業鉱山の採鉱方法が適切かどうかについて、3 カ月ごとに監査を行っている。事務所はルサカの鉱山・エネルギー・水資源省と同じ政府コンプレックス内にある。本局では鉱区取得の前提となる EIA 許認可には係っていない(写真 3.7、3.8)。

鉱山保安局は操業中鉱山の鉱山環境と保安に関する管理を行っている。管理においては、同局監査官が操業中鉱山の鉱山環境と保安の状況について、モニタリングと監査を行っている。監査はザンビア環境管理庁と協業で行っている。事務所は銅ベルトの Kitwe (キトウェ) にある。EIA 許認可には係っていない。

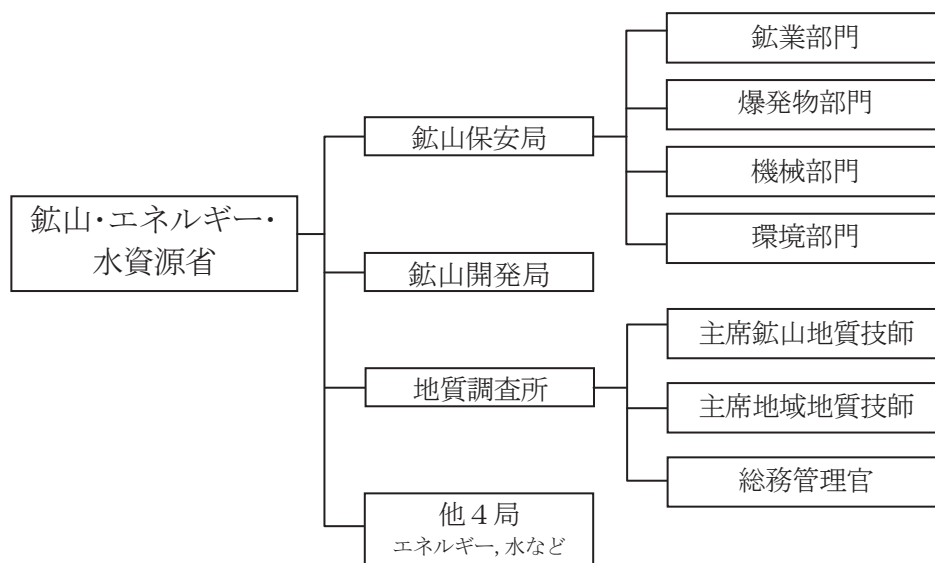


図 3.10 現在の鉱山・エネルギー・水資源省の組織



写真 3.7 鉱山・エネルギー・水資源開発省表敬
（事務次官ほか表敬と面談）



写真 3.8 ZEMA Ndra 事務所でのヒアリング
（Ndra 事務所は銅ベルトの鉱山環境を管轄）

(2) 鉱業関連法規

関連法規は鉱山・鉱物開発法（2008 年制定）である。これらは鉱業法（1970 年制定）の改訂版であり、まだ改訂中である。鉱山保安に関しては鉱山規則（1973 年制定）として制定され、現在では鉱山・鉱物開発法（2008 年制定）に含まれている。

鉱山・鉱物開発法は、鉱業規則（1995 年施行）、鉱業・鉱物（環境）規則（1997 年施行）、鉱業（環境保護基金）規則（1998 年施行）、鉱業・鉱物資源開発（ウラン及びその他放射性鉱物資源の概査、鉱業）規則（2008 年施行）からなる。鉱山環境の関連法規は環境管理法（2011 年制定）である。これは環境保護・汚染防止法（1990 年制定）の改訂版であり、まだ改訂中である。この環境管理法の改訂は 2014 年に終了する予定である。環境管理法は、有害廃棄物管理規則（2001 年施行）、環境影響評価規則（1997 年施行）、大気汚染防止規則（1997 年施行）、水環境保全規則（1993 年施行）からなる。なお、飲料水の基準は WHO 基準を用いている。

(3) 鉱業政策

現在の政策上の重要事項は、法令の改訂、付加価値の創出、関連インフラ整備（道路、鉄道、水、エネルギー）、保安と環境策の強化である。具体策として、たとえば関連インフラに関しては電力のキャパシティを 2015 年までに約 500Mw 追加（現状 2200Mw）、また環境策の強化として監査・モニタリングを強化するための環境保護基金の設立、などがあげられる。

以上の法令の改訂に関しては、2011 年にロイヤルティは 6%（以前は 3%）に引き上げられ、2008 年には探鉱権及び採掘権の鉱区面積が大規模（上限面積 250km²）、小規模（上限面積 10km²）に区分（以前は無制限）されている。

(4) 鉱業の状況

鉱山は銅ベルトのキトウェ周辺に銅鉱山が集中している。これら銅鉱山には製錬所も付属している。その他の鉱山としては、ルサカ北方のカブウェ（Kabwe）周辺の鉛・亜鉛鉱山、ルサカ南方カフエ（Kafue）周辺のニッケル鉱山、銅ベルト北東のマンサ（Mansa）のマンガン小規模鉱山などがある（表 3.8）。銅鉱山の集中するキトウェやンドラ周辺は、銅精鉱や粗・精銅と思われる製品やその他の材料を積載した 40t 級トラックが頻繁に往来している。鉄道による積載はほとんど行われていない。採掘権の許可数は、大規模採掘権 71、小規模採掘権 391、宝石類採掘権 132 である。ザンビアの探鉱状況を表 3.9 に示す。

表 3.8 稼業鉱山のリスト(1)

No	鉱山名	所有者(比率)	位置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物)	環境問題	保安問題
1	Lumuwana	Barrick Gold Corp (100) [Canada]	Solvezi	Cu, Co, U, Au	OP	2005 -	20 Mt/y	ore	-	-
2	Kansanshi	First Quantum Minerals Ltd (80) [Canada] ZCCM(20)	Solvezi	Cu, Au	OP	2005 -	12 Mt/y 8.4 Mt/y 6.1 Mt/y	sulfide ore mixed ore oxide ore	-	-
3	Nchanga underground	Vedanta Resources plc (79.4) [India] ZCCM(20.6)	Chingola	Cu, Co	UG	? -	2.8 Mt/y	ore	Seep from old tank into the Kafue River	-
4	Konkola	Vedanta Resources plc (79.4) [India] ZCCM(20.6)	Chingola	Cu, Co	?	? -	NA	reprocessing of tailings	Sulphur dioxide pollution	-
5	Fitwaola open pit	Vedanta Resources plc (79.4) [India] ZCCM(20.6)	Chingola	Cu, Co	OP	? -	NA	?	-	-
6	Nkana	Glencore International AG (73.1) [Swiss] First Quantum Minerals Ltd (16.9) [Canada] ZCCM(10)	Kitwe	Cu, Co	UG/OP	1932 -	5.5 Mt/y	ore	-	-
7	Mufulira	Glencore International AG (73.1) [Swiss] First Quantum Minerals Ltd (16.9) [Canada] ZCCM(10)	Mufulira	Cu, Co	?	? -	2.5 Mt/y	ore	-	-
8	Mopani	Glencore International AG (73.1) [Swiss] First Quantum Minerals Ltd (16.9) [Canada] ZCCM(10)	Mufulira	Cu, Co	UG	1990 -	1.87 Mt/y	?	-	-
9	Baluba underground	ZCCM Luanshya Division	Luanshya	Cu, Co	UG	? - 2009	1.8 Mt/y	ore	-	-
	Baluba	CNMIC Luanshya Copper Mines PLC [China]	Luanshya		?	2009 -	NA	?	-	-
10	Chambishi	China Nonferrous Metals Group (85) [China] ZCCM (15)	Kalulushi, Kitwe	Cu, Co	UG	2003 -	0.9 Mt/y 0.05 Mt/y	ore Cu conc.	Sulphur Dioxide emitting	-
11	Munali	Jinchuan Group Ltd (18.4) その他 (81.6)	Lusaka	Ni, Co, Cu	UG	? -	1.2 Mt/y 1700 t/y 500 t/y	ore Cu conc. Co conc.	-	-
12	Mkubwe	?	Ndola	Cu	OP	1998 -	0.7 Mt/y	?	-	-

表 3.8 稼業鉱山のリスト (2)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱 種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物)	環境問題	保安問題
13	Munali	Albidon Lrd[Australia]	60km south of Lusaka	Ni,Cu, Co,Pt	?	2006 -	10.5 Mt/y	ore	-	-
14	Nampundwe	Vedanta Resources plc (79.4) ZCCM(20.6)	48kmwest of Lusaka	Pyrite	?	? -	0.30 Mt/y	ore	-	-
15	Chilanga II plant	Lafarge Cement Zambia	15km south of Lusaka	Ls	?	? -	0.83 Mt/y	cement	-	-
16	Ndola plant	Zambezi Portland Cement LTD Lafarge Cement Zambia	Ndola	Ls	?	? -	0.45 Mt/y	cement	-	-
17	Chilanga I plant	Lafarge Cement Zambia	18km south of Lusaka	Ls	?	? -	0.20 Mt/y	cement	-	-
18	Maamba	Maamba Collieries LTD	350km south of Lusaka	Coal	?	1971 - 2007	0.36 Mt/y	bituminous	-	-
19	Kandabwe	?	Sinazongwe	Coal	?	? -	0.24 Mt/y	bituminous	-	-

表3.9 ザンビアの探鉱状況

(JOGMEC)

ステージ	No	プロジェクト名	鉱種	保有企業(権益:%)
開発段階	1.	Hebei Jidong	Cu,Au	Hebei Jidong Construction Co Ltd (-)
	2.	Kabwe	Zn,Pb,V,Cu,Ag,Mn	Alberg Mining and Exploration plc (100)
	3.	Konkola Deep	Cu,Co	Vedanta Resources plc (79.4), Zambia Consolidated Copper Mines Ltd (20.6)
	4.	Konkola North	Cu,Co	Teal Exploration and Mining Inc (80), Zambia Consolidated Copper Mines Ltd (20)
	5.	Muliashi North	Cu,Co	China Non-ferrous Metal International Mining (85), ザンビア政府 (15)
	6.	Ichimpe	Cu,Co	Zhonghui Mining
	7.	Mushiba	Cu	China Non-Ferrous Metal International Mining (85), ザンビア政府 (15)
F/S段階	8.	Chirundu	U	African Energy Resources (Guernsey) Ltd (100)
	9.	Kabwe Tailings	Pb,Zn,V,Cu,Mn,Ag	Berkeley Mineral Resources plc (100)
	10.	Mkushi	Cu	Ratel Group Ltd (51), African Eagle Resources plc (49)
	11.	Mutanga	U	Denison Mines Corp (100)
	12.	Mwambashi	Cu,Co	Teal Exploration and Mining Inc (100)
試 錐 探 鉱 段階	13.	Cheowa-Neningombe	Cu,Au,Ag	Zambezi Resources Ltd (49), Glencore International AG (51)
	14.	Chingola Dumps	Cu	Zambezi Resources Ltd (100)
	15.	Chongwe	Cu,Au	Zambezi Resources Ltd (49), Glencore International AG (51)
	16.	Eagle Eye	Cu,Au	African Eagle Resources plc (100)
	17.	Fishtie	Cu	First Quantum Minerals Ltd (-)
	18.	Kadola West	Cu,Co,Au	Caledonia Mining Corp (-)
	19.	Kangaluwi	Cu,Au	Zambezi Resources Ltd (100)
	20.	Luanshya	Cu,Co	Unnamed owner (100)
	21.	Luri Hill	Au,Cu	Luri Gold Ltd (100)
	22.	Lumwana Uranium	U,Cu	Barrick Gold Corp (100)
	23.	Mokambo	Cu	North Western Plant Hire Ltd (100)
	24.	Mokambo South	Cu	African Eagle Resources plc (100)
	25.	Mufulira Tailings	Cu	China Nonferrous Metals Group, Zambia Consolidated Copper Mines Ltd
	26.	Mufumbwe	Cu	Earthstone Group, M/S Aupie Agro Foam Ltd
	27.	Mumbwa	Cu,Au,Ag,U	Blackthorn Resources Ltd (100)
	28.	Nama	Co,Cu,Au,Ni	Caledonia Mining Corp (100)
	29.	Ndola	Cu	African Eagle Resources plc (100)
	30.	Rephidim	Cu	Rephidim Enterprises Ltd (100)
	31.	Sebembere	Cu	Local Interest (100)
	32.	Trident	Cu,Co,Ni,U	First Quantum Minerals Ltd (100)
物 理 探 査 段階	33.	Iron Cap	Au	Challenger Development Corp (70), Local Interest (30)
	34.	Kawako	Ni	First Quantum Minerals Ltd (100)
	35.	Kawanga	U	First Quantum Minerals Ltd (100)
	36.	Nyimba	Zn,Cu,Ag	Mukuba Resources Ltd (85), Lukusashi Mining Ltd (15)
	37.	Zambezi	Cu	Equinox Minerals Ltd (100)
	38.	Zambian Copperbelt	Cu,Co	Korea Zinc Co Ltd (30), African Rainbow Minerals Ltd (70)
初 期 探 鉱 段階	39.	Mpande	U	Zambezi Resources Ltd (100)
	40.	Mulofwe Dome	U	Zambezi Resources Ltd (100)
	41.	Mwinilunga	Cu,Co	First Quantum Minerals Ltd (-), BHP Billiton Group (-)
	42.	Nambala	Fe	Luri Gold Ltd (100)

(5) 地質・鉱床担当部署の役割

地質調査所は、鉱山開発局と鉱山保安局と同様に鉱山・エネルギー・水資源省に属する。本所の主な業務は国内の地質マッピングである。ザンビア国内の地質図幅（縮尺 1:100,000）は全て完成しておらず、この図幅調査のためのマッピングを行っている。

鉱山環境については全くタッチしていない。ただし水理地質技師がおり、今後同局でも鉱山環境調査関係の活動を行いたいとのことである。

(6) 国際協力等

これまで鉱山担当部局の活動について、国際機関からの援助は無い。その一方で地質調査所に対する最近の支援について、2007 年～2010 年、JICA が Capacity building を含めて、銅パルベルト北東のカサマ（Kasama）における地質図幅調査と地質 GIS について支援、2010 年～2011 年には短期専門家を派遣した。

現在は中国との二国間援助として地質図幅調査（縮尺 1:100,000）が行われている。期間は 2013～2015 年である。場所は JICA で行った地域と同じカサマ地域である。

ボツワナの JOGMEC リモートセンシング研修にこれまでに 26 名（2013 年度は 2 名）参加している。

3.2.4 環境政策及び環境状況

土地・天然資源・環境保護省に属するザンビア環境管理庁は、EIA の許認可と、その後の EIA モニタリングとして操業鉱山での鉱山環境監査を行っている。ザンビア環境管理庁内の担当部署は EIA ユニットである。鉱山環境監査の拠点は銅パルベルト内のンドラ（Ndola）の北部地域事務所である。同事務所では鉱山保安局と協業でキトウェ周辺鉱山や製錬所等施設の不定期の監査を行っている。

(1) 環境担当部局及び組織

環境担当局の組織は次のようである（図 3.11）。

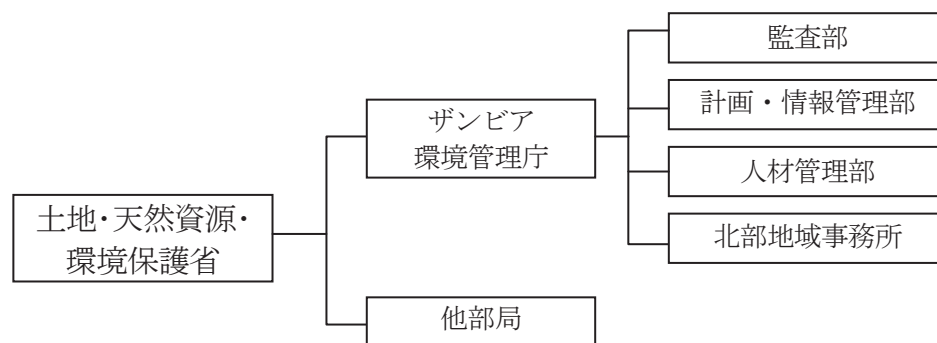


図 3.11 現在の鉱山環境に係る土地・天然資源・環境保護省の組織

(2) 環境関連法規

関連法規は環境管理法（2011 年制定）である。これは環境保護・汚染防止法（1990 年制定）の改訂版であり、まだ改訂中である。この環境管理法の改訂は 2014 年に終了する予定である。

環境管理法は、有害廃棄物管理規則（2001 年施行）、環境影響評価規則（1997 年施行）、大気汚染防止規則（1997 年施行）、水環境保全規則（1993 年施行）からなる。なお、飲料水の基準は WHO 基準を用いている。

(3) 環境政策

土地・天然資源・環境保護省における環境関連の範囲は、野生動物、森林利用、土地利用、鉱業起源、保健医療起源、等広い。ザンビアでは環境保護・汚染防止法の制定後、国家環境行動計画を策定して、全てのセクターの開発プロジェクトに対して、環境影響評価の実施を義務付けている。

(4) 環境状況及びモニタリング等環境監査

ザンビアの環境に負荷を与える事項として、農地拡大による森林破壊、密猟等による野生動物の減少・消滅、工業化に伴う都市部の水質汚濁、銅ベルトにおける大気汚染・水質汚濁、森林破壊・鉱工業による土壌の悪化と廃棄物処理、等がある。

(5) 国際協力等

環境全般に関する援助として、世銀により 1990 年の環境保護・汚染防止法の制定前後から環境支援事業計画 (Environment Support Programme) が策定され、それ以後環境管理に関する取り組みが成されている。

3.2.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況

(1) 鉱山環境

鉱山環境上最も大きく取り上げられている事象は大きく二つで、銅ベルト内のキトウェ周辺の銅鉱山と関連製錬所 (写真 3.9、3.10)、ルサカ北方カブウェの休止鉛・亜鉛鉱山の採掘跡と廃さいを含む周辺地 (下写真) である。カブウェの同鉱山は環境団体 (ブラックスミス研究所) により世界 10 大環境汚染地の一つとされている。



写真 3.9 カッパーベルト・キトウェ北西
のムフリラ鉱山製錬所



写真 3.10 カブウェの鉛亜鉛鉱山の排水路跡
(付近の土壌は汚染されているとのこと)

(2) 鉱害の発生及び同ポテンシャル

銅ベルト内のキトウェ周辺の鉱害は、現在操業中鉱山や製錬所からの硫酸ガス、排水、土壌への拡散である。

カブウェの鉛・亜鉛鉱山は、1990 年代初頭まで ZCCM (ザンビア銅公社) により操業されていたが、現在は休止している。鉱害は操業時排水の地表への拡散、それによる土壌汚染、現在は廃さいの放置による汚染拡散の懸念である。

(3) 鉱害被害状況

これらの鉱害は政府関係者のほか、地域住民にも良く認識されている。このうちキトウェに関して、住民は主要水系のカフエ川や支流からの飲用を避けているとのことである。また鉱山や鉱山施設周辺の土壌や作物からは、基準をオーバーする金属元素の含有が確認されている (Etter et al., 2012, Kribek et al., 2012 など)。

Kabwe に関して、住民は鉱山排水路から下流側や廃さい地周辺において、畑作を行っていないようである。これら鉱害については、たびたび地元紙にも掲載されている (Lusakataimes,

2013 など)。

(4) 鉱害への対応等

鉱害の低減策として排水の再利用や老朽化設備の改善等の実行、民間側と鉱山保安局及び ZEMA による監査・モニタリングが行われている。

監査対象は鉱山関連施設の管理状態、排水や排煙であるが、その方法は目視である。また EIA 許認可とその後の監査に関して独立した管理フローなど、独自のマニュアルやガイドラインはない。監査でのガイドラインは鉱山開発局と鉱山保安局が用いているガイドラインを用いている。EIA 許認可に関するガイドラインはないが、EIA 関連法規に基づき実施している。環境が携わっている。環境省の人員は現在 230 名である。

本調査では同省の保護・環境影響評価局及び対外協力局が対応した。また、法律に関する情報は、同省の法務部が直接対応した。

(5) ザンビアの鉱害への低減化対策等

排水の再利用や老朽化設備の改善等が行われているようである。

(6) 対象地及び周辺でのモニタリング

モニタリングは鉱山側と政府側で行っている。このうち鉱山側のモニタリング結果は関係者以外は参照出来ない。

政府側の監査はモニタリングを含めてキットウェの鉱山保安局とンドラの ZEMA が行っている。ただし対象地が多く管理等が追い付いていないようである。またその際の監査とモニタリングは目視であるため、管理自体が難しいようである。そのため鉱害の実態は把握されていないようである。

カブウェ鉱山のオーナーは現在も ZCCM であり、ZEMA によると管理義務は ZCCM とされている。しかし鉱山には ZCCM 環境サービス社が常駐しているものの、適切な管理が成されているかどうかは不明である。監督者である鉱山保安局と ZEMA による監査・モニタリングは行われていない。尚、同鉱山施設（製錬所等）は現在中国系の会社が利用しており、銅ベルトの小規模鉱山から採掘された銅鉱石を選鉱・精鉱しているようである。

(7) 国際協力等

鉱害を低減させるための具体的な支援は成されていない。

3.2.6 鉱山保安の状況

(1) 鉱山保安関連法規

関連法規は鉱山・鉱物開発法（2008 年制定）である。鉱山保安に関する規則は鉱山規則（1973 年制定）として制定され、現在では鉱山・鉱物開発法（2008 年制定）に含まれている。現在で関連する規則は鉱業規則（1995 年施行）であり、その他に火薬規則（1978 年制定）がある。

(2) 鉱山保安状況

現状で鉱山保安上大きく問題になっている事項はないが、危惧される事項として、坑内における小規模地震や落盤、廃さいダムの決壊、停電、等である。

上記に関連する最近の事故としては、2011 年に銅ベルトの Nchanga 鉱山において停電が発生している。ここでは 200 名強の作業員が坑内に取り残されたものの、数時間後に電力が復旧し、事なきを得ている。

以上のほかたびたび労働争議が発生している模様である。直近では銅ベルトの

Luanshya 鉱山やKansanshi 鉱山において数日間のストが発生し、同期間の操業が中止している。

(3) 国際協力等

これまで鉱山保安に関する協力事業はない。

3.2.7 人材育成の状況及び技術研修の要望

(1) 人材育成の状況

人材育成に関する独自のシステムは無く、基本的にはOJTのようである。従って関連各部署において、日本等への人材育成プログラムの参加要望は多い。

(2) 国際協力等

人材育成に関する他国からの国際協力として、鉱物資源開発に関するセミナー、短期研修、Capacity building が JICA や JOGMEC により、基本的には地質調査所に対して行われている。

この中でボツワナの JOGMEC リモートセンシング研修にこれまでに 26 名（2013 年度は 2 名）参加している。

(3) 本邦技術研修への要望

人材育成等、各局庁の要望に係り、いずれの局庁も日本における長期研修に大きく興味を引いている。取得したい技術内容や要望、研修を通じた育成対象は次のとおりである。

(鉱山開発局)

- ・ 取得したい技術：採鉱に関する新技術の取得と管理方法の取得。
- ・ 要望：研修への参加。
- ・ 育成対象：鉱山の採鉱をモニタリングしている鉱山技師数名。

(鉱山保安局)

- ・ 取得したい技術：各種鉱山環境（排水、土壌、大気等）のモニタリング・管理方法。
- ・ 要望：研修への参加、環境モニタリング機材の供与。
- ・ 育成対象：鉱山環境をモニタリング・監査している鉱山技師数名。

(ザンビア環境管理庁)

- ・ 取得したい技術：大気汚染モニタリング方法と管理方法、鉱山休廃止管理方法、鉱山排水管理方法、鉱山周辺の大気モニタリング方法、放射線モニタリングと管理方法、EIA の再評価方法。
- ・ 要望：研修への参加。
- ・ 育成対象：鉱山環境をモニタリング・監査している化学系の環境技師数名。

(地質調査所)

- ・ 取得したい技術：鉱物資源探査方法、水理地質をベースにした鉱山環境調査方法。
- ・ 要望：研修への参加。
- ・ 育成対象：鉱物資源を対象にしている地質技師 1 名、これから鉱山環境を担当させたい水理地質技師 1 名。

3.3 マラウイ

3.3.1 マラウイの概要

(1) マラウイの国情及び経済指標

マラウイ共和国の国情及び経済指標を以下に示す。

- ・面積 : 11.8 万 km² (北海道と九州をあわせた面積、図 3.12)。
- ・人口 : 1,538 万人 (2011 年：世銀)。
- ・首都 : リロングウェ (人口約 190 万人：2008 年国勢調査)。
- ・民族 : バンツー系 (主要部族はチェワ族、トゥンブーカ族、ンゴニ族、ヤオ族)。
- ・言語 : チェワ語、英語 (以上公用語)、各部族語。
- ・主要産業 : (農業) たばこ、メイズ、茶、綿花、ナッツ、コーヒー。
(工業) 繊維、石鹼、製靴、砂糖、ビール、マッチ、セメント。
- ・GNI (国民総所得) : 44.3 億ドル (2011 年：世銀)。
- ・一人当たり GNI : 360 ドル (2011 年：世銀)。
- ・経済成長率 : 4.3% (2011 年：政府発表)。
- ・物価上昇率 : 7.6% (2011 年：政府発表)。
- ・総貿易額 : 輸出 16.63 億ドル、輸入 22.20 億ドル (2011 年：CIA)。
- ・主要輸出品目 : たばこ、紅茶、衣料、繊維製品、砂糖、綿花、コーヒー、ナッツ等。
- ・主要貿易相手国 (2011 年：CIA) :
 - ・輸出：カナダ (12.4%)、ジンバブエ (8.9%)、ドイツ (8.8%)、南アフリカ (8.4%)、中国 (6.1%)。
 - ・輸入：南アフリカ (31.0%)、インド (10.6%)、ジンバブエ (9.4%)、中国 (8.7%)、タンザニア (5.7%)。
- ・通貨 : マラウイ・クワチャ (MWK)。
- ・為替レート : 1 米ドル=165MMK (2011 年)。
- ・経済概況 : 伝統的な農業国であり、労働人口の約 80%が農業及び農業関連事業に従事している。タバコ、紅茶、砂糖等の農産物が全輸出の 8 割を占めており、これら農産物価格の国際市況に外貨収支が大きく左右されるため、経済構造の変革や新たな外貨獲得源の確保が課題となっている。

2009 年から北部のカエレケレ・ウラン鉱山 (推定埋蔵量 11,000 トン) で年間 1,500 トン規模でウラン鉱採掘を開始。2015 年には、GDP に占める鉱業部門の割合が 20%に達するという予測もあり、今後の動向が注目される。
- ・主要援助国 (2009 年) : 英国、米国、ノルウェー、日本、ドイツ。
- ・日本の援助実績 :
 - (1) 有償資金協力 (～2010) 331.49 億円。
 - (2) 無償資金協力 (～2010) 559.79 億円。
 - (3) 技術協力 (～2010) 345.26 億円。
- ・地方行政区画 : 北部州、中部州、南部州の 3 つの州 (Region) に分かれており、さらに二十数の地域 (District) に分かれている。

(2) 自然状況

a. 地形

マラウイ共和国は、アフリカ大陸南東部に位置し、モザンビーク、ザンビア、ボツワナ、タンザニアに隣接する。首都はリロングウェ、最大の都市はブランタイヤである。

地形はアフリカ大地溝帯に位置する内陸国で、国土はほとんど高原上にあり、マラウイ湖の

西岸にある南北に細長い国である。東西の幅は 90～161km、南北の長さは 900km に及ぶ。マラウイ湖の面積が国土の 20%以上を占めており、国土の 5 分の 1 が湖や川などの水域である（図 3. 12）



(Google image)

図 3. 12 マラウイ国及び行政区

b. 地質・鉱床

マラウイの地質の大部分はモザンビークベルト（後期プレカンブリア紀～前期古生代）の一部である花崗岩相または角閃岩相の結晶片岩・準片麻岩・白粒岩よりなる。Granulite相の岩石は主に紫蘇輝石花崗岩質岩石とザクロ石－珪線石－石墨珪質片岩よりなる。Amphibolite相は黒雲母片麻岩～角閃岩などよりなる。これらの基盤岩は一般的にCa・Mg に富んでいるが、北部ほどK・Si に富む。

中央部・北部の一部には基盤岩の上に不整合を持って原生界（1, 300m. y. 以前の堆積）の砂質岩に覆われている。

以上の基盤岩と原生界を貫いてlate-precambrianの花崗岩が貫入している。

ジュラ紀には、特に南部 Malawi に粗粒玄武岩岩脈の貫入と玄武岩熔岩の噴出があった。ジュラ－白亜紀にかけては Chilwa Alkaline Province とよばれるアルカリ岩及びカーボナタイトの活動があり、火山頸や侵入岩体として分布している（図 3. 13 参照）。

マラウイには3つの重砂鉱床があり、種々の探査がなされてきた。

＊Tengani 鉱床：埋蔵量108 t、イルメナイトを含有。

＊Mpyukyu/Kachulu 鉱床：東部マラウイのChilwa 湖盆地、埋蔵量はイルメナイト4.8 百万 t、ジルコン30万 t、ルチル1 万t

＊Monkey Bay、Salima、Unga 鉱床は、Malawi 湖岸のビーチサンド。

銅－ニッケル鉱はまだ調査段階で、これまでにINCO はLilongwe の北西の基盤岩中にあるpyroxenite・amphibolite に伴うCu・Ni 鉱化の調査を行っている。

カーボナタイト鉱床として、南部 Malawi の Chilwa 湖の Chilwa 島はNb 資源が注目されている。また、Chilwa 湖の南岸Tundulu には多量のapatite と少量のpyrochloreを伴うカーボナタイトがある。Balaka 近くのKangankunde Hill にはstrontianite と monazite を伴うカーボナタイトがあり、Sr・Ce 資源として注目されている（図 3. 13）。

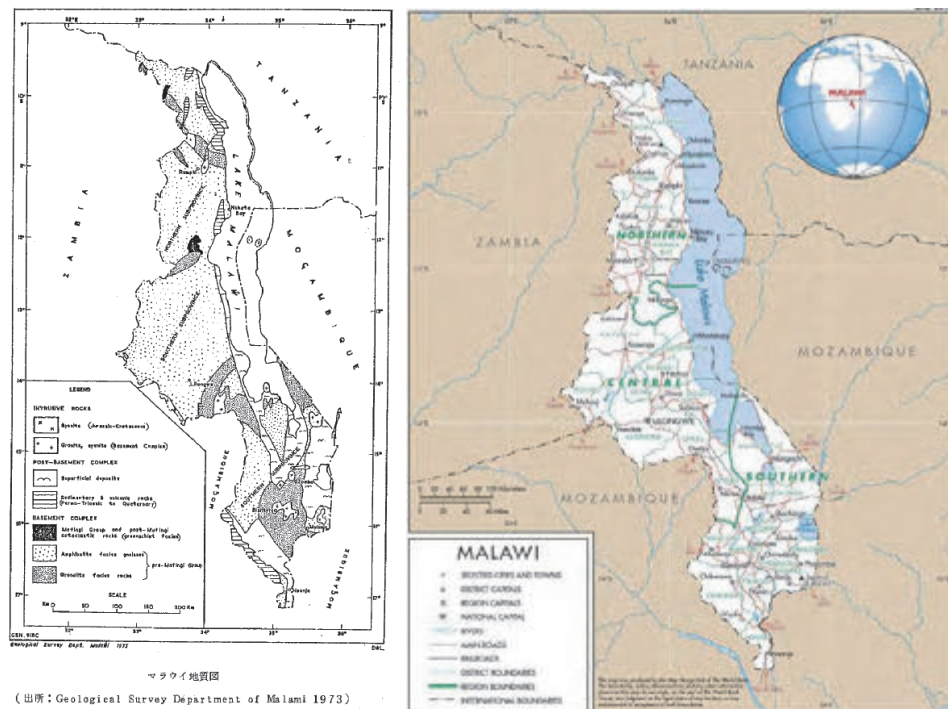


図 3.13 マラウイ国の地質及び鉱床位置

c. 気象

気候は熱帯モンスーン気候帯に属し、高地で涼しく、5月から10月までが乾季である。降水量は年2,000 mm以上あるが、南部の低地では800 mm程度と少ない。

3.3.2 第一次現地調査の概要

(1) 調査日程

マラウイにおける第一次現地調査は、11月18日～11月22日の5日間に亘って実施された。現地調査の実施日程を表3.10に示す。

(2) 調査の対象官庁及び訪問先

現地調査における訪問先、並びに調査対象官庁・部署を下記に示す。

(訪問先)

- ・ JICA マラウイ事務所

(調査対象官庁・部署)

- ・ 鉱山省 政策計画課
- ・ 鉱山省 鉱山局
- ・ 鉱山省 地質調査所 リロングウェ事務所
- ・ 環境・気候変動管理省 環境局
- ・ 労働・職業訓練省 職業・安全・衛生局

表 3.10 マラウイでの現地調査の実施日程

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	11/17 (日)	-	ヨハネスブルグ(南アフリカ)-リロングエ(マラウイ)	移動。	
2	11/18 (月)	11:00 ~ 15:00 ~ 16:00 ~	リロングエ： JICA 事務所 鉱山省政策計画課 環境局	調査打合せ。 協議。 協議。	富谷所長補佐、他。 主任経済専門官、他。 環境専門官。
3	11/19 (火)	9:00 ~ 14:00 ~ 16:30 ~	リロングエ： 鉱山局 鉱山省会議室 職業安全保健省	協議、回答書受領。 セミナー。 協議。	主任鉱山技師、他。 鉱山省、鉱山局、地質調査所、環境局。 参加者：ザンビア側 7 名。 主任事務。
4	11/20 (水)	10:00 ~ 14:00 ~ 15:30 ~	リロングエ： 鉱山省政策計画課 職業安全保健省 環境局	協議、回答書受領、組織等 情報入手。 協議、回答書受領。 回答書受領。	主任鉱山技師、他。 局長、主任事務官。 事務官。
5	11/21 (木)	8:30 ~ 13:30 ~ 14:00 ~	リロングエ： リロングエ 地質調査所 鉱山局	情報整理。 協議、組織等情報入手。 協議、法規等情報入手。	地質技師。 主任鉱山技師、他。
6	11/22 (金)	9:00 ~ 15:30 ~ 16:30 ~	リロングエ近郊： 小規模鉱山 環境局 JICA 事務所	不法採掘地、石材鉱山。 協議、組織等情報入手。 調査結果報告等。	鉱山局鉱山技師案内。 環境専門官。 富谷所長補佐。
7	11/23 (土)	-	リロングエ：	情報整理。	

(3) セミナーの開催

セミナーは11月19日(火)、鉱山省会議室で行った。マラウイ関係機関からの参加者は計7名であった。参加者の内訳は、鉱山省に属する鉱山局から1名(主任鉱山技師1名)、地質調査所から3名(地質技師3名)、政策計画課から2名(主任経済官1名、鉱山技師1名)、環境局から1名(環境官1名)であった(写真3.11、3.12)(表3.11)。

セミナーでは、はじめに富谷所長補佐の挨拶、マラウイ鉱業セクターにとって良い機会である旨説明された。その後調査団から準備した資料の1～3までを説明、各説ごとに質問を受けた。全体に興味を引かれ、多数の質問が成された。このなかで、第二次現地調査を選定する際の基準に関して、現在汚染されているもしくはポテンシャルを持つ地点だけを対象にせず、マラウイのようにモニタリングと監査のプロシジャールが整っていない地点についても対象に入れてほしい旨、強く要望された。

調査団からの質問として、2007年に操業開始されたカエレケラ(Kayelekera)ウラン鉱山の休廃止後の管理とモニタリングについて、政府と民間の役割を質問したところ、現状では民間側のEIA許認可時の計画に従っているようであった。同計画では休廃止後の管理・モニタリングに関する役割について記載、もしくは協議されていない模様で、今回参加したセミナー参加者は通常の監査・モニタリングも含めて危惧しているようである。



写真 3.11 鉱山省政策計画課との面談
(事務次官及び局長は出張中)



写真 3.12 セミナー状況
(マラウイ側は7名参加)

(説明資料)

セミナーは会議室用のプロジェクターを使用して行った。セミナーのプレゼン資料は下記の2ファイルを使用した。

- 1) アフリカ地域調査 JICA 背景説明 131105 .ppt : JICA の活動
- 2) アフリカ地域調査 鉱山環境-保安 説明 .ppt : 当該案件、本邦鉱害・対策事例等

(質疑・応答)

質疑・応答では、以下の質問及び協議があった。

- ・ 休廃止鉱山の管理・対策の政府側と民間側の役割について
- ・ 鉱山オーナーが破産した場合の管理について
- ・ 日本における政府側の組織について
- ・ 同鉱山処理施設を建設するタイミングについて
- ・ 第二次現地調査を選定する際の基準について
- ・ JICA の長期研修内容について

表 3.11 セミナー参加者リスト

No	Name	Organization / Division	Position
1	Stewart Ngalonde	Geological Survey Department	Geologist
2	Buernett J.W. Msika	Department of Mines	Mining Engineer
3	Patrick M. Nyirenda	Environmental Affairs Department	Environmental Engineer
4	Fumuyane Gondwe	Geological Survey Department	Geologist
5	Gift Tsokonombwe	Geological Survey Department	Geologist
6	James J. Namalima	Policy and Planning Section, Ministry of Mining	Economist
7	Chimwemwe Bandazi	Policy and Planning Section, Ministry of Mining	Environmental Engineer
8	Buernett J.W. Msika	Department of Mines	Mining Engineer
9	Takeshi Tomitani	JICA Malawi Office	Assistant Resident Representative
10	Yoshimitsu Negishi	JICA Study Team	JICA Study Team
11	Hirohisa Kobayashi	JICA Study Team	JICA Study Team

MoM- : 鉱山省 : Ministry of Mining
 -PPS : 鉱山省・政策計画課 : Policy and Planning Section
 MD : 鉱山局 : Mines Department
 GSD : 地質調査所 : Geological Survey Department
 EAD : 環境・気候変動管理省 環境局 : Environmental Affairs Department

3.3.3 鉱業政策及び鉱業状況

(1) 鉱山担当部局及び組織

鉱山局は鉱山の監査・モニタリング等、鉱山操業や鉱山環境・保安に係る監督業務を行っている（図 3. 14）。鉱山環境に関しては、EIA に関する許認可には係っていないが、EIA に記された民間側の管理計画に従い、環境局と共に監査を行っている。実際の監査・モニタリングは、リロングウェの鉱山局本拠と地方事務所の両方で行っている。このほか関連委員会として鉱山・鉱物資源委員会があるが、同委員会は探鉱・開発権の許認可のみを行っており、鉱山環境と保安に係っていない（写真 3. 13、3. 14）。

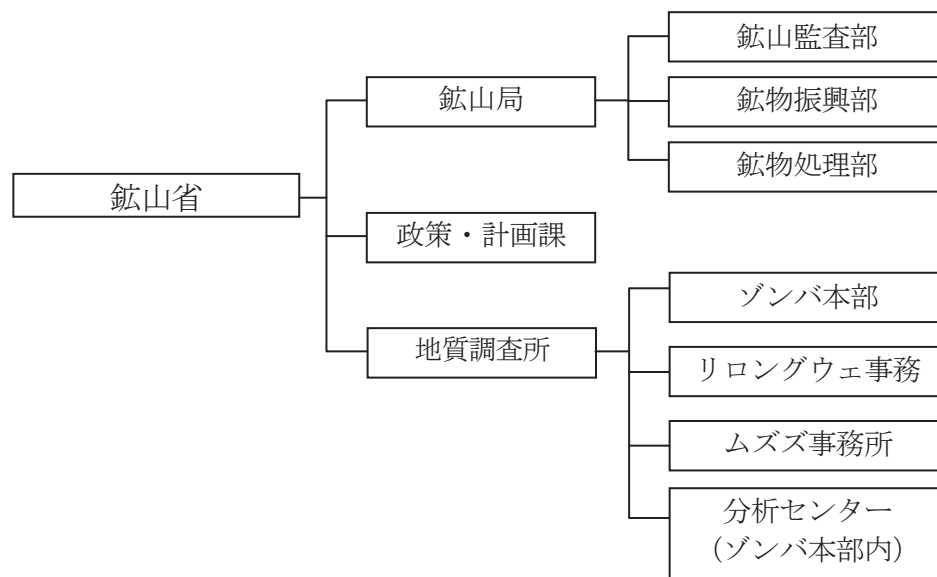


図 3. 14 現在の鉱山省の組織



写真 3. 13 鉱山省鉱山監査部へのヒアリング
（当部は鉱山全般の監査・モニタリングを実施）



写真 3. 14 労働・職業訓練省
職業・安全・衛生局長との面談

(2) 鉱業関連法規

関連法規及び施策として整備されているのは、鉱山・鉱物資源法（1981 年制定）及び鉱山及び鉱物施策（2012 年制定）、原子力法（2011 年制定）である。これらに伴うガイドラインやプロシジャ等は整備されていない。

鉱山環境関連法規及び施策として整備されているのは、環境管理法（1996年制定）、鉱山及び鉱物施策（2012年制定）と環境管理施策である。これらに伴うガイドラインやプロシジャー等は整備されていない。

関連法規として水や大気に関する基準についてはWHO等の国際基準を用いており、独自の規則はない。また、上記法規に関する改訂は制定以降で成されていない。

(3) 鉱業政策

2011 年のマラウイ GDP 中の鉱業セクターの比率は 2%である。そのため現在の政策上の重要事項は、鉱物資源開発を加速させることである。そのために新たに 2012 年に鉱山・鉱物政策を策定、現在は 1981 年に施行された現行の鉱山・鉱物法を改訂中のところである。さらに石油に関する法令も策定中である。

法令の強化・整備とともに探鉱を活発化させるための敷石として、現在は高密度の空中物理探査、地質図や鉱区台帳のアップグレード、これらデータへのアクセスを容易にするための地質データセンターの立ち上げなどを実施中である。

現在改訂を検討中の鉱山・鉱物資源法において、ロイヤルティに関する記述は曖昧である。そのため近年操業開始されたカエレケラ・ウラン鉱山の場合、そのロイヤルティは当初 3 年間は 1.5%、4 年目以降は 3%と非常に低い率になっている。また権益について、政府側の取得は 15%となっている。

(4) 鉱業の状況

マラウイにおいて稼働中の鉱山は少なく、現状でベースメタル鉱山はない。対象は石炭、ウラン、石灰石、宝石類、骨材用砂、石材である。このうち国内最大の鉱山はカエレケラ・ウラン鉱山である。同鉱山は 2007 年に稼働を開始し、採掘は露天掘である。炭鉱はムチェンガ（Mchenga）、エランド（Eland）、カジウィジウィ（Kaziwiziwi）の 3 鉱山があり、採掘方法はいずれも坑内採掘である。これらウラン及び石炭鉱山は北部に位置する（表 3. 12）。

この他、中小規模鉱山として、シャヨナ（Shayona）石灰石鉱山、トゥンドゥル（Tundulu）燐灰石鉱山、ルビー・サファイア等のチンワドゥル（Chimwadzulu）鉱山、石材鉱山、その他、砂（骨材）等が多数存在する。このうち石灰石鉱山は中部、宝石類はマラウイ湖南方、砂・石材等はリロングウェ周辺に位置する。

以上鉱山のほか、近年の探鉱として南部州におけるレアアース探鉱、マラウイ湖における石油・天然ガス探鉱が活発化している。マラウイの探鉱状況を表 3. 13 に示す。

表 3. 12 稼業鉱山のリスト

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物)	環境問題	保安問題
1	Kayelekera	PALADIN ENERGY Ltd (100) (Australia)	575km north of Lilongwe	U	OP	2009 -	1500 t/y	U ₃ O ₈	-	-
2	Mchenga	Mchenga Coal Mines Ltd.	Rumphi District	Coal	UG	? -	0.72 Mt/y	coal	-	-
3	Kziwiziwi	Kziwiziwi Mining Company	Kziwiziwi	Coal	?	? -	0.25 Mt/y	coal	-	rock ejection from the wall 1 killed
4	Lufira	Eland Coal mining Co	Lufira coalfield	Coal	?	? -	0.25 Mt/y	coal	-	-
5	-	Ilomba Granite Company Ltd.	Chitipa District	Dimension stone	OP	? -	NA	stone materials	-	-
6	-	Granite Ltd.	Mzimba District	Dimension stone	OP	? -	NA	stone materials	-	-
7	-	Mzimba Gemstone Mining Cooperative Society Ltd.	Mzimba District	Gemstone	OP	? -	NA	amethyst, aquamarine, garnet and tourmaline	-	-
8	Nyala Mine	Nyala Mines Ltd.	Chimwadzulu Hill	Gemstone	OP	? -	300 Piece 150 Piece	ruby sapphire	-	-
9	Livwezi Mine	Shayona Cement Corp.	Livwezi	Ls	OP	? -	0.80 Mt/y	limestone	-	-
10	Tundulu Mine	Optichem Ltd.	Tundulu	Phosphate	OP	? -	NA	phosphate	-	-

表3.13 マラウイの探鉱状況

(JOGMEC)

ステージ	No	プロジェクト名	鉱種	企業名
F/S 段階	1.	Kanyika	ニオブ, ウラン, タンタル, ジルコニウム	Globe Metals and Mining Ltd.(100)
試錐探鉱段階	2.	Kangankunde	ランタン	Lynas Corp Ltd.(100)
	3.	Livingstonia	ウラン	Resource Star Ltd.(80) Globe Metals and Mining Ltd.(20)
	4.	Songwe Hill	ランタン	Mkango Resources Ltd.(100)
物理探査段階	5.	Machinga	ランタン, ニオブ, タンタル, ウラン, ジルコニウム	Globe Metals and Mining Ltd.(80) Resource Star Ltd.(20)
初期探鉱段階	6.	Ilomba Hill	ウラン, ニオブ	Resource Star Ltd.(90) Nyalihanga Enterprises Ltd.(10)

(5) 地質・鉱床担当部署の役割

地質調査所は鉱山局と同様に鉱山省に属する。本部は南部のゾンバにある。リロングウェは地方事務所である。その他ミズズ (Mzuzu) にも地方事務所がある。在籍する地質技師はゾンバ本署に 10 名、リロングウェ事務所に 3 名、ミズズ事務所に 2 名、リロングウェ鉱山省内に 1 名である。主な業務は国内の地質・鉱物資源に関する調査であるが、図幅調査等は実施しておらず、国内の地質・鉱物資源関連情報を整備している状況である。鉱山環境に関しては係っていない。

(6) 国際協力等

鉱山担当部局に関しては、世銀や EU による鉱業セクターに対する資金援助がある。しかし、鉱山環境に関する具体的な支援プログラムは無い。

地質調査所に関しては、2012 年～2013 年に JICA により地質・鉱物資源情報 (GIS) 整備プロジェクトが実施されたとともに、2009 年～2012 年には長期専門家も派遣している。現在は世銀プロジェクトとして、2012 年からフランス BRGM が空中物理探査を実施中である。同探査は現在 30%程度終了し、2014 年までに終了予定である。この物理探査後にサイトを選定し、鉱物資源調査プロジェクトを実施する予定である。このほか、中国政府による支援も計画準備中とのことである。

この中でボツワナの JOGMEC リモートセンシング研修にこれまでに 55 名 (2013 年度は 7 名) 参加している。

3.3.4 環境政策及び環境状況

環境・気候変動管理省に属する環境局は EIA の許認可と、操業後に EIA による計画が実施されているかどうかについて、監査・モニタリングを実施している。実施に係る同局の担当は、環境影響評価・監査課 (EIAS) である。同実施は先の鉱山局と協業して実施している。

監査・モニタリングの方法に関し、本局内にはこれらに係る機器や分析装置等はない。従って、監査・モニタリングは目視に頼っている状況である。これら機器等について局内で整備するという計画はあるが、実際には予算の都合で整備されていない。また鉱山局と同様、監査・モニタリングに係るガイドラインやプロシジャールは整備されておらず、基本的には法令に基づくのみである。

(1) 環境担当部局及び組織

環境担当部局の組織は図 3.15 のとおりある。

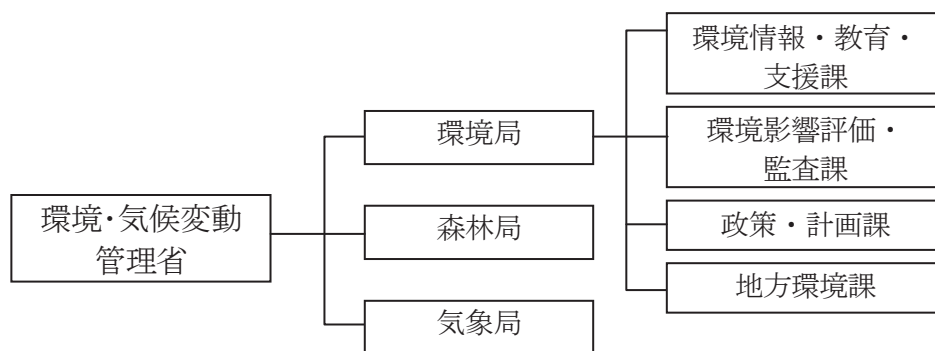


図 3.15 現在の鉱山環境に係る土地・天然資源・環境保護省の組織

(2) 環境関連法規

関連法規及び施策として整備されているのは、環境管理法（1996年制定）、鉱山及び鉱物施策（2012年制定）と環境管理施策である。これらに伴うガイドラインやプロシジャ等は整備されていない。関連法規として水や大気に関する基準についてはWHO等の国際基準を用いており、独自の規則はない。また、上記法規に関する改訂は制定以降で成されていない。

(3) 国際協力等

協力について、これまでに UNEP（United Nations Environment Programme）による資金援助があり、本援助により環境全般の管理ガイドラインが作成されている。また現在、環境局内に JICA 専門家 1 名が派遣されているが、同局内の特にデータ整備が目的である。このように、国際協力として鉱山環境に特化した援助は成されていない。

3.3.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況

(1) 鉱山環境

操業鉱山の少ない中、鉱害は発生していない。但し現状で鉱山環境上取り上げられる事項は、石材及び石灰鉱山におけるダスト、石灰鉱山における排水、違法採掘者のためき掘りによる地形改変と排水等である（写真 3.15、3.16）。現状で酸性水等鉱害の発生はない。



写真 3.15 リロングウェ南部の石材鉱山（片麻岩）跡現在は周辺住民が不法採掘中



写真 3.16 不法採掘された石材を粉碎する住民（石材の値段は約 2,500 円/t）

(2) 鉱害の発生及び同ポテンシャル

鉱山環境上懸念されるポテンシャルとして第一に挙げられているのは、カエレケラ（Kayeelera）ウラン鉱山である。現状で採掘や廃さいに伴う排水等に汚染の報告はないが、当局による監査・モニタリングが目視に頼っていることや、EIA に係る分析項目にウランを含んでいないこと、採掘終了後の措置やモニタリング等管理が不明確なことなど、課題がある。当局となる鉱山局と環境局はこの点を認識しているものの、具体的な活動は行われていない。

このほかのポテンシャルとして、ムチェンガ（Mchenga）石炭鉱山における粉じんや排水、テラストーン（Terrastone）採石場の粉じんがあげられる。いずれも監査は成されているものの、目視による現状確認のみである。

(3) 鉱害発生状況

現状で大きく問題となる事象は無いが、石炭鉱山や採石場等の粉じんによる周辺住民からの苦情、不法 small-scale mining による地形改変による土砂の流出等があげられる。

(4) 鉱害への対応等

同ポテンシャルの低減策として、粉じんに関しては鉱山側による定期的な散水が行われている。鉱山開発局と環境局側は目視監査を行っている。不法 small-scale mining に関しては、相手が貧困層であることから、大きな対策は成されていない。

(5) 鉱害への低減化対策等

同ポテンシャルの低減策として、粉じんに関しては鉱山側による定期的な散水が行われている。鉱山開発局と環境局側は目視監査を行っている。

(6) 対象地及び周辺でのモニタリング

モニタリングは鉱山開発局と環境局側により行われている。ただしモニタリングは目視である。

(7) 国際協力等

鉱害ポテンシャルを低減させるための具体的な支援は成されていない。

3.3.6 鉱山保安の状況

(1) 鉱山保安関連法規

関連法規及び施策として整備されているのは、鉱山・鉱物法（1981 年制定）及び同施策、安全・衛生福祉法（1997 年制定）、原子法（2011 年制定）、火薬法（2005 年制定）である。これらに伴うガイドラインやプロシジャ等は整備されていない。

(2) 鉱山保安状況

鉱山でのアクシデントとしてはムチェンガ石炭鉱山の立坑落盤・落石事故や、石材鉱山でのダイナマイト爆発・落石事故などがあり、作業員や監査官が死亡している。また特に最近ではカエレケラ・ウラン鉱山が開発されていることから、これに関する放射性物質の人的影響についても考慮する必要があると認識している。

(3) 国際協力等

これまで鉱山保安に関する協力事業はない。

3.3.7 人材育成の状況及び技術研修の要望

(1) 人材育成の状況

各所において人材育成に関する独自のシステムは無く、基本的にはOJTのようである。従って関連各部署において、日本等への人材育成プログラムの参加要望は大きい。

(2) 国際協力等

人材育成に関する他国からの国際協力としては、これまでにJOGMECやJICAが鉱山局と地質調査所に対してセミナーや短期研修を行っている。また最近では豪州により鉱山保安に係る支援が行われており、2011年からこれまでに4名が訪豪している。

この中でボツワナのJOGMECリモートセンシング研修にこれまでに55名（2013年度は7名）参加している。

(3) 本邦技術研修への要望

人材育成等、各局庁の要望に係り、いずれの局も日本における長期研修に大きく興味を引いている。取得したい技術内容や要望、研修を通じた育成対象は次のとおりである。

(鉱山局)

- ・取得したい技術：鉱山環境と保安を含む鉱山操業管理・監督、モニタリングに係る技術の取得、EIA監査・モニタリング技術の取得。
- ・要望：鉱山環境と保安を含む鉱山操業管理・監督、モニタリングに係る人材育成、鉱山環境モニタリングに係るモニタリング機材の供与、鉱山環境に係る分析所と機器の供与、鉱山の監査や各種モニタリングのガイドライン・プロシジャー策定に係る支援。
- ・育成対象：鉱山の監査とモニタリングを実施している鉱山系及び環境系技師数名。

(環境局)

- ・取得したい技術：鉱山環境及びEIAに係る監査とモニタリング技術の取得。
- ・要望：監査とモニタリングに係る人材育成、環境モニタリングに係るモニタリング機材の供与。
- ・育成対象：監査・モニタリングを実施している環境系技師数名。

(職業・安全・衛生局)

- ・取得したい技術：鉱山保安の監査とモニタリング技術の取得。
- ・要望：鉱山保安の監査とモニタリングに係る人材育成、鉱山操業による人的影響に係るモニタリング機材の供与、鉱山保安の監査とモニタリングに関するガイドラインやプロシジャーの作成支援。
- ・育成対象：監査・モニタリングを実施している技術系（保健、環境化学、土木）監査官数名。

3.4 ボツワナ

3.4.1 ボツワナの概要

(1) ボツワナの国情及び経済指標

ボツワナ共和国の国情及び経済指標を以下に示す。

- ・面積 : 58.2 万 km² (日本の約 1.5 倍、図 3.16)。
- ・人口 : 203 万人 (2011 年：世銀)。
- ・首都 : ハボローネ (人口約 23 万人：2011 年：国勢調査推測値)。
- ・民族 : ツワナ族 (73%)、カラング族 (11%)、バサルク族 (3%) 等。
- ・言語 : 英語、ツワナ語 (国語)。
- ・主要産業 : (農業) こうりゃん、メイズ、(畜産) 牛、羊、(鉱業) ダイヤモンド、銅、ニッケル、石炭、(工業) 繊維製品、食品加工。
- ・GNI (国民総所得) : 151.8 億ドル (2011 年：世銀)。
- ・一人当たり GNI : 7,470 ドル (2011 年：世銀)。
- ・経済成長率 : 5.7% (2011 年：世銀)。
- ・物価上昇率 : 10.7% (2011 年：世銀)。
- ・総貿易額 : 輸出 64.58 億ドル、輸入 62.75 億ドル (2011 年：EIU)。
- ・主要輸出品目 : ダイヤモンド、銅・ニッケル、繊維製品、牛肉。
- ・主要貿易相手国 (2011 年：CIA) :
 - ・輸出：英国 (55.3%)、南アフリカ (13.2%)、ノルウェー (9.3%)、イスラエル (5.2%)。
 - ・輸入：南アフリカ (72.4%)、英国 (9.2%)、中国 (5.4%)、イスラエル (1.8%)。
- ・通貨 : プラ (Pula)。
- ・為替レート : 1 米ドル=8.2 プラ (2013 年 4 月)。
- ・経済概況 : 独立当初のボツワナ経済は、牧畜を基幹産業とし、牛肉の輸出に全面的に依存していたが、1967 年にダイヤモンドが発見されて以降、急速な経済発展を遂げた。ボツワナの経済は、産出高世界第 1 位を誇るダイヤモンド産業が GDP の約 30%、輸出総額の 56.3% (2009 年)、政府歳入の約 5 割を占め、30 年間の経済成長率が平均約 9% と世界的にも有数の高い経済成長を遂げた。一方で、政府は、ダイヤモンド依存型経済からの脱却を目指し、産業の多角化を進めている他、雇用創出、格差是正、地域インフラ整備等に取り組んでいる。
- ・主要援助国 (2010 年 DAC) : 米国、日本、フランス、スウェーデン、ドイツ。
- ・日本の援助実績 :
 - (1) 有償資金協力 (～2011、JICA) 132.46 億円。
 - (2) 無償資金協力 (～2011、JICA) 41.57 億円。
 - (3) 技術協力 (～2011、JICA) 56.54 億円。
- ・地方行政区画 : 9 地区 (図 3.16)。

(2) 自然状況

a. 地形

ボツワナ共和国は、南部アフリカに位置し、南を南アフリカ共和国、西と北をナミビア、東をジンバブエ、北をザンビアに囲まれた内陸国である。首都はハボローネ (Gaborone) である。

ボツワナは、周縁を高地で囲まれ、海から数百キロメートル以上も隔たった内陸国であり、広大な平原が広がる盆地の中央部にある。海拔は 1,000m 前後と高い。

中央部にはサバンナが覆うが、サバンナにもまばらに低木と草が茂り、西部の大半がカラハリ砂漠に覆われている。北部には北西のアンゴラ側から流出する Cubango 川が滞留し広大な

Okavango 湿地帯を形成している。また、南部はほぼ砂漠になっており、Limpopo 川と Morobe 川が南アフリカとの国境になっている。



(Google image)

1. セントラル地区
2. ハンツィ地区
3. カラハリ地区
4. カトレン地区
5. クウェネン地区
6. ノースイースト地区
7. ノースウェスト地区
8. サウスイースト地区
9. サザン地区

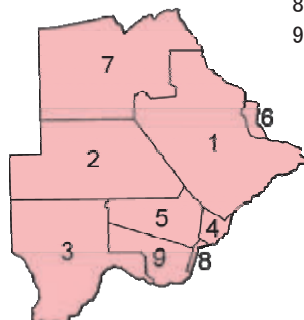


図 3.16 ボツワナ共和国及び行政区

b. 地質・鉱床

ボツワナは、国土の3分の2がカラハリ砂漠の堆積層に覆われ、岩石が露出しているのは東部の3分の1の地域である。この露出地域には主に始生代の地塊が分布する（図3.17）。ボツワナ南部にはカープバール地塊が、北部にはジンバブエ地塊が分布し、その間にはリンポポ・ベルト変動帯が分布する。

ボツワナ東部は、Limpopo 変動帯を境界とし、北部にZimbabwe始生代地塊が南部にKaapvaal地塊の基盤が分布する。Zimbabwe地塊は花崗岩質片麻岩、迸入型花崗岩、超苦鉄質片岩等を特徴とし、いわゆる花崗岩・緑色岩帯である。この緑色岩帯は、金やベースメタル(Cu, Ni)鉱床の鉱化作用を伴う。Kaapvaal地塊の上位に弱く変形・変成した始生代火山・堆積岩層が重なり、金・ウラン鉱化作用の胚胎が期待される。

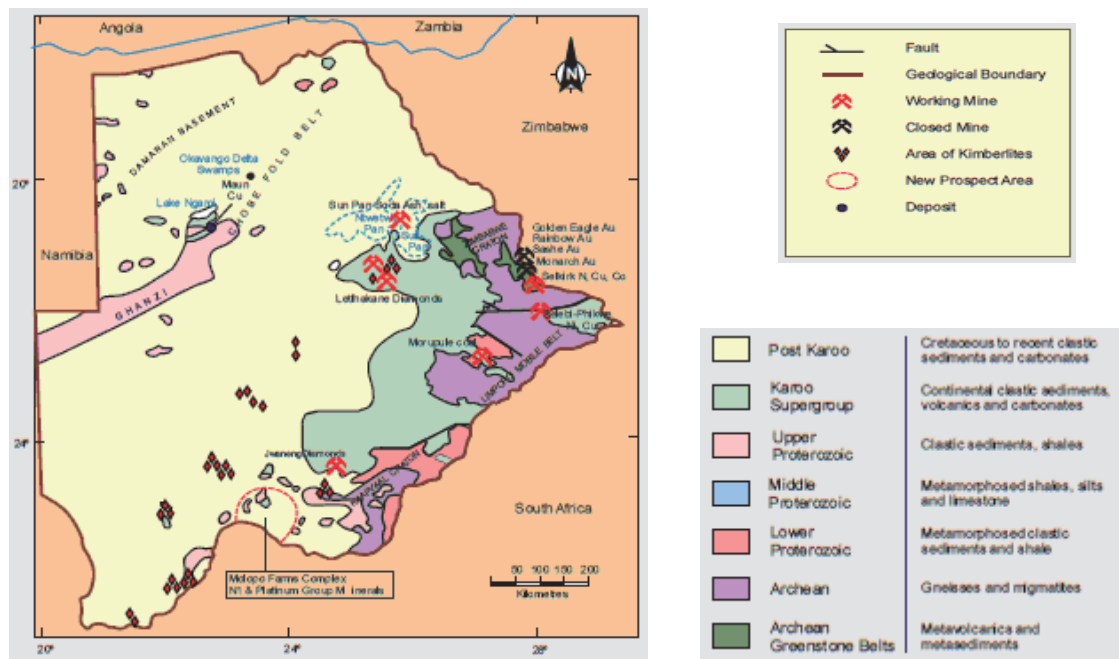
ボツワナ中央部と北西部は、東部のKaapvaal - Zimbabwe地塊とより北側のAngola地塊（ナミビア及びアンゴラ側）との間に位置する一連の複雑な造山帯から構成されている。

ボツワナ南部には、原生代初期から中期の火山堆積層群が分布し、大型の苦鉄質岩類が多く貫入し、南アの白金族、クロムを生産するBushveld複合体と類似している。

ダイヤモンドの胚胎層として知られるキンバーライトは特定の地層に貫入することはなくボツワナの地史のかかなりの期間に亘り、その活動が知られている。

ボツワナでは、その地質学的進化の過程で、幾つかの重要な鉱床が生成している（図3.18）。

Zimbabwe地塊は金、ニッケル、銅、鉛、亜鉛鉱化物の認められており、また Limpopo 変動帯にはCu, Niの他、少量の貴金属や他の非金属が含まれている。Transvaal 超層群にはMn, Fe、アスベストが含まれている。Molopo Farms 複合体では、既に白金族(PGE)とクロム鉄鉱床が発見されている。ボツワナ中央部と北西部のKheis変動帯とMagondi変動帯は、大量の銅、鉛、亜鉛、銀の他、少量の金鉱化物の基盤となっている。Damara 地区で発見された深堆積盆地には、炭化水素トラップが存在する可能性がある。Karoo 超層群には石炭とダイヤモンド(ランプロフアイアなど)の大規模な鉱床がある。ボツワナ中央部のMakgadikgadi盆地には、ソーダ灰と岩塩の巨大鉱床がある。



(JOGMEC, 2008)

図 3.17 ボツワナの地質



(JOGMEC, 2008)

図 3.18 ボツワナの主要鉱床の分布

c. 気象

ボツワナの位置は南緯 18～27 度であり、大部分が亜熱帯に属するが、海拔 1000 メートル前後と高いため、年平均気温は 20～23 度と温帯並みである。しかし、気温の変動幅は大きく、夏には酷暑となるが、冬には氷点下まで下がる日もある。季節は、夏の雨季と 6 月～8 月の冬の乾季の二季に区分され、雨季は 11 月～3 月まで続き、乾季は 5 月～9 月まで厳しい乾燥の日が続く。

3.4.2 第一次現地調査の概要

(1) 調査日程

ボツワナにおける第一次現地調査は、11月11日～11月15日の5日間に亘って実施された。現地調査の実施日程を表3.14に示す。

表 3.14 ボツワナでの現地調査の日程

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	11/17 (日)	-	ヨハネスブルグ - ハボロネ(ボツワナ)	移動。	
2	11/18 (月)	8:30 ~ 10:00 ~ 14:00 ~ 16:00 ~	ハボロネ： 環境野生生物観光省 (MEWT) 鉱山エネルギー水資源省 (MMEWR) JICA 事務所 大使館	表敬、回答書等打合せ、セミナー等。 表敬、回答書受領及び内容協議、セミナー等打合せ。 表敬、調査打合せ等。 表敬、調査概略説明等。	環境局、EIA 担当官 2 名。 鉱山局長、他 1 名。 所長、他 1 名。 大使、他 1 名。
3	11/19 (火)	9:00 ~ 14:00 ~ ~ 17:30	ハボロネ： 地質調査所 セミナー：環境局	表敬、回答書等打合せ、セミナー等。 セミナー。	環境地質部、他 3 名。 鉱山局、環境局、地質調査所：参加者：11 名。
4	11/20 (水)	9:00 ~ 10:00 ~ 11:30 ~ 14:00 ~	ハボロネ： SADC、 環境局 MEWT 廃棄物管理局 鉱山局	環境関連の情報収集。 質問票等協議。法規入手。 廃棄物管理等情報収集。 鉱山環境・保安等協議。	専門家 (JICA 派遣)。 EIA 担当官、他。 管理担当官。 環境・保安担当官。
5	11/21 (木)	9:00 ~ 14:00 ~ 16:00 ~	ハボロネ： 鉱山局 環境局 JOGMEC 事務所	探査現況、環境基準等協議。 回答書受領等。 表敬、調査概略説明等。	環境・保安担当官。 EIA 担当官 2 名。 所長、他 2 名。
6	11/22 (金)	9:00 ~ 10:00 ~ 14:00 ~	ハボロネ： 廃棄物管理局 環境局 JICA 事務所	環境基準等。 人材育成要望受領等。 調査概要報告。	廃棄物管理局長、他。 EIA 担当官。 所長、他。
7	11/23 (土)		ハボロネ - ヨハネスブルグ - ハレ (ジンバブエ)	移動。	

(2) 調査の対象官庁及び訪問先

現地調査における訪問先、並びに調査対象官庁・部署を下記に示す。

(訪問先)

- ・在ボツワナ日本大使館
- ・在ボツワナ JICA 事務所

(調査対象官庁・部署)

- ・環境野生生物観光省 (MEWT) 環境局、保護・EIA 部、廃棄物管理局 (MEWT)
- ・鉱山エネルギー水資源省 (MMEWR)、鉱山局
- ・地質調査所、環境地質部、分析室

(3) 質問票の回収

質問票は国内準備作業中に作成し、各対象国の JICA 事務所を通して主要な関係機関である鉱山エネルギー水資源省鉱山局及び環境野生生物観光省環境局に事前に配布されていた。

質問票の回収は関係機関に訪問した際に質問票及び回答を確認し、回収する手順であったが、各機関とも回答が終了していなく、訪問した際に回答内容を協議して、回答書を後日回収した。

質問票の回答は鉱山局の鉱山環境・保安係から1部及び環境局から2部の計3部を回収した。

(4) セミナーの開催

セミナーは11月19日に環境野生生物観光省（MEWT）環境局の会議室（20名参加可能）で14:00～17:30までの約3時間半をかけて行った。参加者は、鉱山エネルギー水資源省（MMEWR）鉱山局（2名）、MEWT 環境局（6名）及び地質調査所環境地質部（1名）からの9名、並びにJOGMECリモートセンシング研修センターから2名の総数11名であった（写真3.17、3.18）（表3.15）。

セミナーでの説明において、本邦での鉱害発生の歴史、同被害状況及び対策事例、鉱山保安の改善及び（JICA の）人材育成について強く関心を示した。質疑・応答では約1時間を要し、足尾鉱山の製錬所からの排ガスによる植生の被害、イタイイタイ病等の公害病の状況、鉱害被害と対策費用の関係、環境管理体制及び人材育成のスキームについての質問があった。



写真 3.17 セミナーの出席者



写真 3.18 セミナーの状況

(説明資料)

セミナーは会議室用のプロジェクターを使用して行った。セミナーのプレゼン資料は下記の2ファイルを使用した。

- 1) アフリカ地域調査 JICA 背景説明 131105 .ppt : JICA の活動。
- 2) アフリカ地域調査 鉱山環境-保安 説明 .ppt : 当該案件、本邦鉱害・対策事例等。

(質疑・応答)

質疑・応答では約1時間を要し、足尾鉱山の製錬所からの排ガスによる植生の被害、イタイイタイ病等の公害病の状況、鉱害被害と対策費用の関係、環境管理体制及び人材育成のスキームについての質問あり、詳細説明並びに協議を行った。

3.4.3 鉱業政策及び鉱業状況

(1) 鉱山担当部局及び組織

ボツワナの鉱山操業に関する管理は、全て鉱山エネルギー水利省（MMEWR）の鉱山局が携わっている。ただし、探査鉱区の認可は地質調査所が管理を行っている。

表 3.15 セミナー参加者リスト

No	Name	Organization / Division	Position
1	Lechani Motshwaraksole	MEWT, Department of Environmental Affairs	Senior officer
2	Judith Maimla	MEWT, Department of Environmental Affairs	Officer
3	Ingrid Otukile	MEWT, Department of Environmental Affairs	Chief officer
4	Christopher Nkala	MEWT, Department of Environmental Affairs	Officer
5	Kgaodi	MEWT, Department of Environmental Affairs	Officer
6	Lesego Seakanyens	MEWT, Department of Environmental Affairs	Officer
7	Kinalemang Charles	MMEWR, Department of Mines	Senior Engineer
8	Kebonyemotse Bontshitswe	MMEWR, Department of Mines	Assistant Officer
9	Oarabile Seiphemo	Department of Geological Survey	Geologist
10	Takashi Ooka	JOGMEC Botswana Geologic Remote Sensing Centre	General Manager
11	Junichi Ishikawa	JOGMEC Botswana Geologic Remote Sensing Centre	Geologist

*MEWT : 環境野生生物観光省

*MMEWR : 鉱山エネルギー水資源省

MMEWR は鉱物部門、エネルギー・水利部門及び企業部門の 3 部門からなり、それぞれ次官が担当している。鉱物部門内には鉱山局、地質調査局及び鉱物局から構成され、鉱山局は鉱山管理・開発部、監査部及び総務部からなり、鉱山管理・開発部は主に鉱山に関する探査・採掘鉱区の管理、鉱山技術、モニタリング及び環境管理（鉱害対策を含む。）等を管理し、監査部は鉱山監理の監査、現地査察等を担当している。また、地質調査局は鉱床探査部門を担当し、鉱物局は主に鉱山開発への振興を図る部署である（図 3.19）。

本調査では鉱山局長及び鉱山環境・保安の担当官が対応した（写真 3.19）。

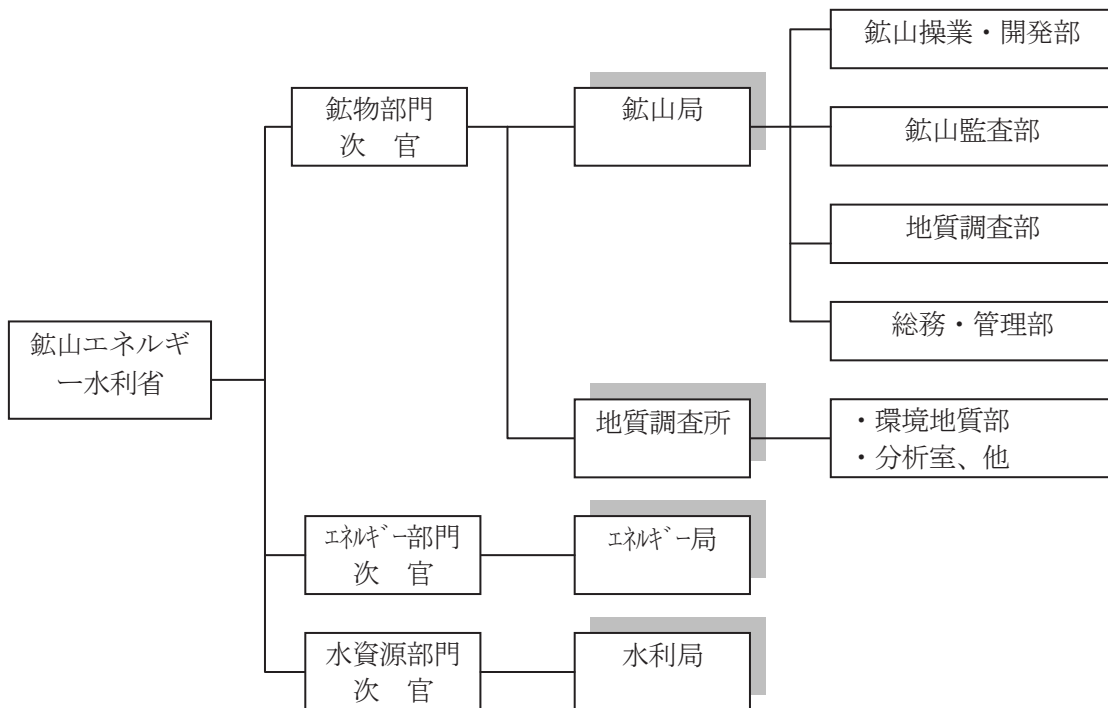


図 3.19 現在の鉱山エネルギー水資源省及び鉱山局内の組織



写真 3. 19 鉱山に関する管理局（鉱山局での協議）

(2) 鉱業関連法規

鉱業関連法規に関する情報は、鉱山エネルギー水資源省鉱山局が対応した。
ボツワナの鉱業関連法規を表 3. 16 に示す。

表3. 16 ボツワナの鉱業関連法規

No	鉱山関連法規	制定年	主 な 内 容
1	鉱山・碎石・機械法 (旧鉱業法)	1973	・新鉱業法の制定により廃止。
2	鉱山・鉱物法 (新鉱業法)	1999	・当該法により、鉱物所有権、鉱業ライセンス、探鉱許可、採鉱許可、環境義務等が規定されている。 ・康業ライセンスは全て当該方に基づき付与される。 ・鉱山保安として、火薬類取扱いを定めている。 ・閉山に関する規定がある。 ・その他。
	鉱山・碎石・機械規則	1978	・鉱業に関する規則
	火薬法	1962	・火薬取扱いに関する法律
	火薬規則	1970	・火薬取扱いに関する規則

(鉱山環境に関する法規)

環境関連法規は以下に示す法律が制定されている。鉱山環境関連法規は殆んど制定及び改定されている。ただし、細部の規則、ガイドライン等は制定されていないものが多い。

- *環境影響評価法
- *大気汚染防止法
- *水質汚染防止法
- *騒音防止法
- *廃棄物管理法、同施工規則及びガイドライン
- *水（関連）法
- *大気質環境基準
- *水質環境基準
- *地下水質環境基準
- *騒音環境基準
- *飲料水水質基準

その他、土壌汚染防止法等はない。

ボツワナのEIA等の環境法規について、以下の主な知見を得た。

- * 鉱山開発に関する環境影響評価（EIA）はすべて環境野生生物観光省（MEWT）が関与し、鉱山開発プロジェクトのEIA報告書は環境省に提出され、専門分野について地質鉱山省の鉱山局の環境担当で審査され、その結果を環境省にコメントとして提出される。その後、環境省が全体審査を経て認証されれば、“環境許可”を出す手順である。
- * 探鉱段階の環境審査は、その探査内容によりEIAが必要となり、主な手順は上記のEIAと同様である。
- * 鉱山開発におけるモニタリングは、プロジェクト実施者が実施し、その結果を鉱山局に提出し、鉱山管理・開発部が評価する。評価基準は環境省の設定する“環境基準”に準じている。

(3) 鉱業政策

ボツワナの鉱業の中心はダイヤモンドの生産であり、宝飾用ダイヤモンドは世界第1位（シェア32%）、工業用ダイヤモンドは世界第4位（シェア11%）となっている（2010年）。銅、ニッケル等の生産もダイヤモンドに比べて規模は小さいものの、国民経済にとって重要な役割を果たしている。世銀のDoing Business Report（2011）によれば、ボツワナのビジネス環境は世界183か国中53位に位置し、アフリカではモーリシャス、南アについて第3位に位置づけられている。また、Fraser Report 2012では鉱業投資環境の優れた国として17位（93か国中）にランクされている。ボツワナの投資環境はこのように世界的に高い評価を受けており、ダイヤモンド、銅、ニッケル、石炭鉱業への外国投資受け入れが高い経済成長率の原動力となっている。2008年4月にカーマ大統領が就任し、引き続き安定した鉱業政策が進められ、鉱山開発及び探鉱の投資促進政策を推進している。

政府は鉱業依存の体制を脱し国内産業の多角化を図るため、製造業、金融業、観光業の振興策を推進している。鉱業セクターがGDPに占める割合は2006年では46.1%であったが、2010年には34.7%にまで低下してきている。現在ボツワナでは、2016年までの持続的な経済成長を目的とした第10次国家開発計画が進められている。この中には鉱業における高付加価値化や下流部門の強化なども含まれている。

(4) 鉱業の状況

2010年のボツワナのGDP成長率は7.2%と2009年の4.9%より大幅に改善した。2010年の輸出収入は46億US\$であり、うちダイヤモンドの輸出収入が32億US\$と約7割を占め、次に銅、ニッケルが6.2億US\$（13.5%）を占めている。2011年もダイヤモンドを始めとする鉱業セクターの成長に牽引される形で、高いGDP成長率（5.7%）であった。

初の大規模銅鉱山であるMowana銅鉱山が2008年に操業を開始したが、2009年1月に世界的な銅価の下落と需要の低迷及び1,500万US\$の運転資金の調達が困難となり一時休止した。その後、銅価の回復により2009年8月に操業を再開し、フル生産に向けて、破碎機や浮遊選鉱施設の改善に取り組んでいるところである。

また「カラハリ・カッパーベルト」として注目を浴びている北部地域において、Boseto銅・銀プロジェクトは2012年6月より生産を開始した。現在の計画生産能力は銅36,000t/年、銀34t/年であるが、将来的には銅の生産量を50,000tレベルにまで拡大させる予定である。この地域では他に、Ghanziプロジェクトが現在F/S調査の実施中である。

稼業鉱山は、現在金属（Cu, Ni, Co, Au）の8鉱山、ソーダ灰が1鉱山、ダイヤモンドが6鉱山及び石炭鉱山が1箇所の合計16箇所である。特に新（カラハリ）カッパーベルトでのCu-Ni鉱山が1箇所2012年に開発・操業されている。また、探査鉱区のサイトは全国的に広く分布

しており、特に新カッパーベルト沿いは全面的に探査鉱区が配置されている。
製錬所は上記の BCL 鉱山に付属する Ni 製錬所の 1 箇所である。
ボツワナの稼業鉱山及び製錬所のリストをそれぞれ表 3. 17 及び表 3. 18 に示す。

(5) 地質・鉱床担当部署の役割

地質調査所が、地質・鉱床図の作成・管理、鉱床探査及び探査鉱区の認可・管理を行っている。本調査では、同所の環境地質部及び分析室が対応した。

(地質調査所)

地質調査及び地質図作成の業務は、MMEWR の外局であるボツアナ地質調査所が携わっている。本所は、水理地質部、広域地質部、鉱床地質部、環境地質部、地質情報センターのプロジェクト部門、並びに化学分析室、地図作成室等のサポート部門から構成されている。

本調査では環境地質部及び化学分析室の担当官が対応した。

なお、地質調査の機関については、MMEWR にも地質調査部があり、本局では物理探査部、選鉱試験室、ボーリング部等からなる。元々地質調査所も地質調査局から改組・分離した組織であり、今後地質調査局の全体が地質調査所に移管する計画とのことである。

(化学分析)

分析所はボツアナ地質調査所の分析室及び MEWT 廃棄物汚染管理局の分析室で行っている。各分析所での分析状況について聞き取りを行い、以下の分析内容を得た。

- *地質調査所の分析室： 重金属については殆んど実施している。ただし、As、Hg 及び Se は現在出来ない。分析機器は AA-MASS で精度は高く、国際的な環境基準をクリアできる。分析期間には余裕を持ってほしい（やや時間がかかる：2 週間以上）。
- *廃棄物汚染管理局の分析室： 重金属で出来ないものが多い、分析機器は AA であるが来年グラフィイト・ファーンネスに変更すれば As、Hg 等も出来るようになる。当分析室では有機物も行っており、検討してほしい。
- *MEWT では各鉱山会社を含むプロジェクトからの 3 ヶ月毎のモニタリング報告の分析結果を省内の分析室でクロス・チェックを行っている。

(6) 国際協力等

鉱山部門及び地質・鉱床部門での国際協力は殆んど無かったとのことであるが、近年では JOGMEC によるボツワナ・地質リモートセンシングセンターでの研修があり、過去 5 年間で 70 名（2013 年度 2 名）に及んでおり、主に地質調査所及び鉱山局から派遣されている。

表 3. 17 稼業鉱山のリスト (1)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量 (生産物)		環境問題	保安問題
1	Selebi-Phikwe 鉱山	Bamangwato Concessions Ltd. (BCL)	Selebi Phikwe	Ni, Cu, Co	UG, OP	1994 -	3.0 Mt/y 0.03 Mt/y 0.025 Mt/y 400 t/y	ore metal metal metal	• 坑廃水問題。現在は鉱水をリサイクルしている。	
2	Tati (Phoenix) Ni-Cu 鉱山	Norilsk Nickel (85), Botswana Government (15)	Francistown	Ni, Cu, Co	OP	1964 -	3.6 Mt/y 0.015 Mt/y 9000 t/y 100 t/y	ore metal metal metal	• 問題あり。	
3	Bobonong 鉱山	Masa Precious Stones (Pty.) Ltd.	Bobonong, east of Selebio Phikwe	Ni, Cu, Co	OP	-	4.0 Mt/y	ore		
4	Mupane	African Copper Plc. (100)	Near Francistown	Au	?		3100 t/y	ore	• 廃水問題 (シアン)。 • 生態系に影響あり。	
5	Mowana 鉱山	?	?	Cu	OP	-	4100 t/y	metal		
6	Lobatse 鉱山	Lobatse Clay Works (Pty.) Ltd.	Lobatse, 70km south of Gaborone	Clay	OP	-	0.5 Mt/y			
7	Makoro 鉱山	Makoro Brick and Tile (Pty.) Ltd.	Makoro, 10km northwest of Gaborone	Clay	OP	-	0.2 Mt/y			
8	Morupule Coal 炭 鉱	Morupule Colliery (Pty) Ltd. [Anglo American Corp. of South Africa Ltd. (ACC)and related firms,(93.3)]	Morupule, 270km northwest of Gaborone	Coal	OP	-	1 Mt/y			
9	Jwaneng 鉱山	Debswana Diamond Co. (Pty.) Ltd. [Government (50), and De Beers Centenary AG (50)]	115km west of Gaborone	Dia	OP	-	12000 TC/y			
10	Orapa 鉱山	Debswana Diamond Co. (Pty.) Ltd. [Government (50), and De Beers Centenary AG (50)]	375km west of Gaborone	Dia	OP	-	13000 TC/y			

表 3. 17 稼業鉱山のリスト (2)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量 (生産物)	環境問題	保安問題
11	Lethakane 鉱山	Debswana Diamond Co. (Pty.) Ltd. [Government (50), and De Beers Centenary AG (50)]	350km west of Gaborone	Dia	OP	-	1000 TC/y		
12	Damtshaa 鉱山	Debswana Diamond Co. (Pty.) Ltd. [Government (50), and De Beers Centenary AG (50)]	220km west of Gaborone	Dia	OP	-	670 TC/y		
13	Twapong 鉱山	Twapong Mining Co. (Pty.) Ltd. [De Beers Prospecting Botswana Ltd., (85), Government, (15)]	275km west of Gaborone	Dia	OP	-	3 TC/y		

表 3. 18 製錬所のリスト

製錬所名	権益所有企業 (%)	鉱種・形態	生産量*	環境・保安問題
Selebi-Phikwe 製錬所	Bamangwato Concessions Ltd. (100)	Cu マット (1000t) Ni マット (1000t) Co マット (1000t)	14 29 340	・排ガス (SO ₂) ・製錬用サンドの採掘により河床が荒廃、地下水汚染が発生。

* 2010 年推定生産量 (純分値)

3.4.4 環境政策及び環境状況

(1) 環境担当部局

環境野生生物観光省（MEWT）は、環境業務局、廃棄物・汚染管理局、森林資源局、野生生物・国立公園局、観光局及び気象局から構成され、環境に関する管理は環境局が携わっている（図 3. 20）（写真 3. 20）。

環境局は、環境情報管理部、計画政策部、環境教育・認知部、管理部及び地方支所（5 箇所）からなり、環境影響評価（EIA）については主に環境情報管理部が携わっている。

また、廃棄物・汚染管理局は廃棄物管理部、汚染管理部、分析室、管理部等からなり、廃棄物管理部では一般・産業廃棄物の全般を管理し、汚染管理部は大気質、水質、土壌質、騒音・振動汚染について特定された場合に汚染の管理を携わる部署となる。従って、鉱山の汚染及び汚染対策を鉱山局と共に実施することになる。

本調査では環境局の環境情報管理部が主に対応した。

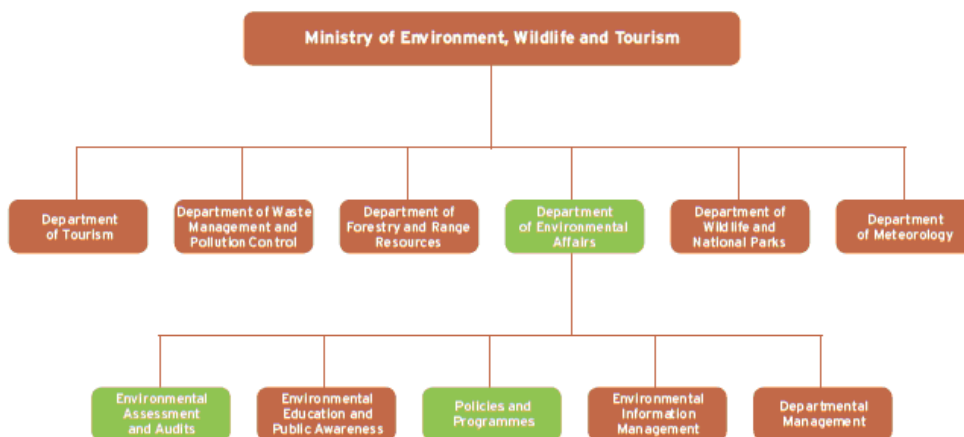


図 3. 20 環境野生生物観光省（MEWT）の組織



写真 3. 20 環境に関する管理部局（環境省保護・環境影響評価局での協議）

(2) 環境関連法規

a. 環境法規

環境関連法規は以下に示す法律が制定されている。

- * 環境影響評価法
 - * 大気汚染防止法
 - * 水質汚染防止法
 - * 騒音防止法
 - * 廃棄物管理法、同施工規則及びガイドライン
 - * 水（関連）法
 - * 大気質環境基準
 - * 水質環境基準
 - * 地下水質環境基準
 - * 騒音環境基準
 - * 飲料水水質基準
- その他、土壌汚染防止法等はない。

b. 環境影響評価(EIA)の手順

ボツワナにおける EIA の手順を図 3.21 に示す。

鉱山開発に関する環境影響評価（EIA）はすべて環境省が関与し、鉱山開発プロジェクトの EIA 報告書は環境省に提出され、専門分野について地質鉱山省の鉱山局の環境担当で審査され、その結果を環境省にコメントとして提出される。その後、環境省が全体審査を経て認証されれば、“環境許可”を認可する手順となる。

しかし、現在まで鉱山開発に関する EIA の実績は少ないが、探鉱段階での環境審査は多くの実績を有している。

探鉱段階の環境審査は、その規模により（予備的な）EIA が必要となり、主な手順は上記の EIA と同様である。



図 3.21 ボツワナにおける EIA の手順

(3) 環境状況及びモニタリング等環境監査

a. 鉱山に関する環境対応

鉱山環境については、「鉱山・鉱物法」（新鉱業法）で環境義務が規定されており、探鉱及び採掘前にEIAの実施、環境管理計画、閉山計画、モニタリング計画等の策定及び実施並びに問題解決が義務付けられている。

b. 鉱山に関するモニタリング

鉱山開発におけるモニタリングは、プロジェクト実施者が実施し、その結果を鉱山局に提出され、鉱山管理・開発部が評価する。評価基準は環境省の設定する“環境基準”に準じている。

3.4.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況

ボツワナの鉱山に関する環境問題（鉱山鉱害・ポテンシャル）を表 3. 19 に示す。

表 3. 19 ボツワナの鉱山に関する環境問題について

No	鉱山名	位 置	鉱種	環境問題	保安問題
1	Selebi-Phikwe 鉱山	Selebi Phikne	Ni, Cu, Co	・ 鉱水及び選鉱所からの坑廃水の問題が発生していたが、現在は廃水の全量をリサイクルしている。	
	同 Ni・Cu 製錬所	Selebi Phikne	Ni	・ 排ガス (SO ₂) ・ 製錬用サンドの採掘により河床が荒廃及び地下水汚染が発生。	
2	Tati Ni・Cu 鉱山	Francistown	Ni, Cu Co	・ 状況不明。	
3	Mupane 鉱山		Cu	・ 廃水問題（シアン）。 ・ 生態系に影響あり。	

鉱害の発生している稼業鉱山は Selebi-Phikwe 鉱山、Selebi-Phikwe 鉱山及び Mowana 鉱山の 3 箇所が確認されている。また、Selebi-Phikwe 鉱山付属の Ni・Cu 製錬所も環境問題を有している。

国営鉱山である BCL 鉱山は Ni 製錬所からの排ガス (SO₂) 及び製錬用サンドの採掘が問題となっている。また、以前に鉱水及び選鉱場からの坑廃水が環境問題となっていたが、現在はその全量が回収され選鉱等にリサイクルされているので問題が低減されている。製錬所からの排ガスは周辺の植生等に影響を与えている。また、製錬用サンドの採掘（年約 36 万 t）により河床が荒廃し、農業用水及び飲料水への影響が出ている。

Mupane 鉱山では、ヒープリーチング池からの漏水にシアンが混入しており、下流側にシアンを含む溜池を形成し、フラミンゴ、かも等への影響が出ている。

また、休廃止鉱山では首都の Gaborone 西側近郊でのマンガン鉱山跡及び北東部での金鉱山のたぬき堀跡による陥没等の危険等の環境問題がある。

3.4.6 鉱山保安の状況

ボツワナの鉱山保安について、以下の主な知見を得た。

- * 鉱山保安に関しては、鉱山法に含まれている。
- * 現在、鉱山保安の問題はない。
- * 鉱山に関する事故による人的被害を表 3.20 に示すとおり、重大事故は少なく、死亡事故はない。

表 3.20 ボツワナでの鉱山に関する事故

年	事故件数	重大事故件数	合 計
2008 年	55	3	58
2009 年	32	2	34
2010 年	57	3	60
2011 年	66	1	67
2012 年	36	4	40
2013 年*1	24	3	27

- *2013 年は、～10 月までのデータ。
- * 事故に関して情報公開は行っている。
- * 天然資源の保護 : 不法な採掘等の取締りにより、天然資源の保護を実施している。
- * その他。

3.4.7 人材育成の状況及び技術研修の要望

(1) 人材育成の状況

- MMEWR 及び MEWT の省内での人材育成は、積極的に行われていない。
- 各省での諸外国からの人材育成の援助の概要は、以下のとおりである。
- * MMEWR 環境局 : SADC での研修、セミナーがあった。また JICA の研修で少人数が経験を有している。
 - * MMEWR 廃棄物・汚染管理局 : 固体廃棄物で JICA の研修を多人数受けている。
 - * MEWT 鉱山局 : JICA・JOGMEC の研修（小坂）を数名受けている。また、JOGMEC のリモートセンシング研修を 1 名受講している。
 - * 地質調査所 : ドイツの援助により“環境地質部”が設置された。その時ドイツに 3 名が研修に行ったが、1 回限りであった。その後実施されていない。JOGMEC のリモートセンシング研修を毎回 10 名程度受講している。

(2) 本邦技術研修への要望

- 今後の人材育成に関する地質鉱山省の鉱山局・地質局及び環境省からの要望を以下に示す。
- * 長期研修 : 1～2 年（修士コースを含む。）
 - * 中期研修 : 1～6 ヶ月
 - * 短期研修 : 1～3 週間

(MMEWR の鉱山局)

- 鉱山管理、鉱山環境・保安に関する人材育成の援助を希望している。
- * 鉱山環境・保安 : 2 名（短期 2 名）
 - * 鉱物資源管理 : 3 名（短期 3 名）
 - * 鉱業法・鉱業政策策定 : 4 名（短期 4 名）

(MEWT の環境局)

- EIA の実務経験が少なく。是非、環境全般を含む人材育成の援助を希望している。

*環境管理	: 2名 (長期2名)
*環境影響評価	: 2名 (長期2名)
*環境法規・政策	: 1名 (長期1名)
*鉱山関連環境評価	: 5名 (長期5名: MS コース)
*環境モニタリング・監査	: 15名 (長期5名: MS コース、中期10名)
*戦略的アセスメント	: 15名 (中期15名)
*環境影響評価・戦略的アセスメントの評価法	: 15名 (中期15名)
*環境政策・環境法	: 10名 (中期10名)
*GIS・リモートセンシング	: 10名 (中期10名)
*環境影響評価・鉱害対策	: 15名 (短期15名)
*鉱山保安	: 15名 (短期15名)
*環境管理・計画	: 15名 (短期15名)
*品質管理組織	: 15名 (短期15名)
*都市開発計画	: 15名 (短期15名)
*廃棄物管理計画	: 15名 (短期15名)
*環境修復・鉱山サイトの復旧	: 15名 (短期15名)

(ボツワナ地質調査所)

*環境モニタリング・モデリング評価	: 1名 (短期1名)
*地下水採水法・水分析	: 1名 (短期1名)
*CCS・クリーンコール技術	: 1名 (短期1名)
*代替火力発電技術	: 1名 (短期1名)
*持続的鉱山開発	: 1名 (短期1名)
*鉱山部門での GIS	: 1名 (短期1名)
*水質モニタリング法	: 1名 (短期1名)
*先進的鉱害対策法	: 1名 (短期1名)
*石油開発の先進技術	: 1名 (短期1名)
*地化学的移流反応モデリング	: 1名 (短期1名)
*応用環境地質	: 1名 (長期1名)
*石油地質	: 1名 (長期1名)
*応用地質	: 1名 (長期1名)
*水文化学	: 1名 (長期1名)

3.5 ジンバブエ

3.5.1 ジンバブエの概要

(1) ジンバブエの国情及び経済指標

ジンバブエ共和国の国情及び経済指標を以下に示す。

- ・面積 : 39 万 km² (日本よりやや大きい、図 3.22)。
- ・人口 : 1,372 万人 (2012 年：世銀)。
- ・首都 : ハラレ (人口約 146 万人：2012 年)。
- ・民族 : ショナ族、ンデベレ族)、白人。
- ・言語 : 英語 (公用語)、ショナ語、ンデベレ語。
- ・主要産業 : (農業) たばこ、綿花。
(鉱業) プラチナ、クローム、アスベスト、ニッケル、金。
- ・GNI (国民総所得) : 93.1 億ドル (2012 年：世銀)。
- ・一人当たり GNI : 680 ドル (2012 年：世銀)。
- ・経済成長率 : 9.3% (2011 年：政府発表)。
- ・物価上昇率 : 3.5% (2011 年：政府発表)。
- ・総貿易額 : 輸出 39.34 億ドル、輸入 67.35 億ドル (2011 年：ジンバブエ中央銀行)。
- ・主要輸出品目 : ニッケル、綿花、プラチナ、たばこ、園芸作物。
- ・主要貿易相手国 (2011 年：CIA) :
 - ・輸出：南アフリカ (54.2%)、EU (11.2%)、UAE (10.3%)、中国 (7.4%)。
 - ・輸入：南アフリカ (50.2%)、米国 (8.5%)、EU (8.4%)、中国 (6.2%)。
- ・通貨 : 複数通貨制：米ドル、南アフリカランド。
- ・経済概況 : 1990 年代後半以降、脆弱なガバナンスと経済政策の失敗により、インフレ、失業、貧困等が続いていたが、2008 年の大統領選挙を巡る混乱と過度の紙幣発行によるハイパーインフレーションによって、経済は極度に混乱した。2009 年 1 月、政府は複数外貨制(米ドル、南アフリカ・ランド)を導入し、また同年 2 月に成立した包括的政府のもとで、中央銀行の準財政活動等抑止、現金予算編成に取り組んだ結果、極度の経済混乱は収束し、12 年ぶりに経済成長を記録した。ただし、資本の現地化に関する法律の施行や巨額の対外債務、財政問題等により依然として不透明な状況が続いている。
- ・主要援助国 (2010 年 DAC) : 米国、英国、オーストラリア、ドイツ、スウェーデン。
- ・日本の援助実績 :
 - (1) 有償資金協力 (～2011) 380.65 億円。
 - (2) 無償資金協力 (～2011) 556.31 億円。
 - (3) 技術協力 (～2011) 166.70 億円。
- ・地方行政区画 : 2 市 8 州 (図 3.21)。

(2) 自然状況

a. 地形

ジンバブエ共和国は、アフリカ南部の内陸部に位置し、モザンビーク、ザンビア、ボツワナ、南アフリカ共和国に隣接する。首都はハラレである。

地形は高原が大部分を占め、東部は山岳地帯である。国内最低地点はルンデ川とサビ川の合流地点で標高 162 m、最高地点はンヤンガニ山インヤンガニ山で標高 2,592 m である。



1. ブラウヨ市
2. ハラレ市
3. マニカランド州
4. マシヨナランド中央州
5. マシヨナランド東部州
6. マシヨナランド西部州
7. マスィンゴ州
8. 北マタペレランド州
9. 南マタペレランド州
10. ミッドランズ州

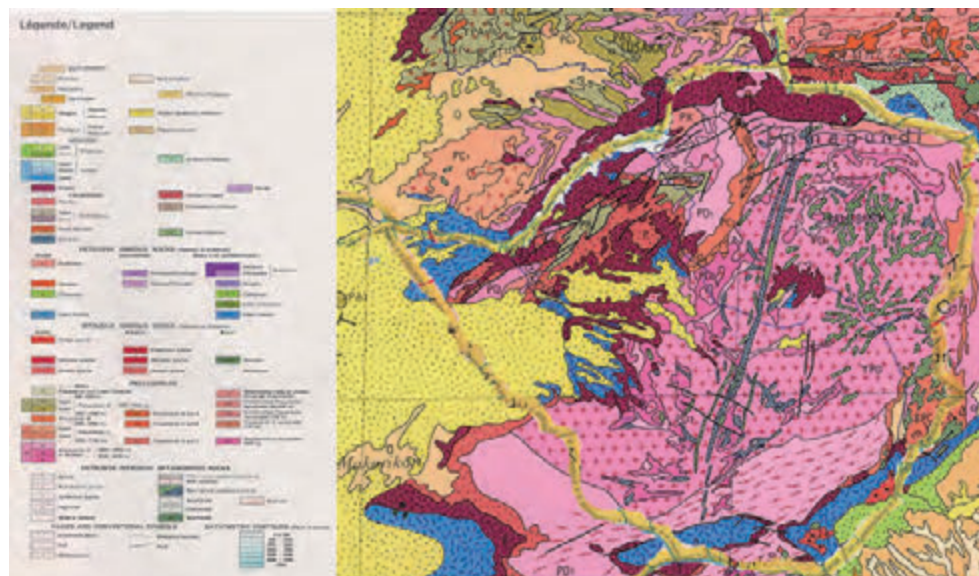


(Google image)

図 3.22 ジンバブエ国及び行政区

b. 地質・鉱床

国の 60%は、始生代の花崗岩、グリーンストーンに覆われており、これらは金やベースメタルを胚胎することが知られている。この始生代の岩石を南北に大きく分断しているのがグレートダイクであり、クロマイトの世界的な埋蔵が知られている。始生代の周辺の若い地層が被った地域には、石炭の埋蔵が知られている（図 3.23、図 3.24 及び図 3.25）。



(JOGMEC, 2008)

図 3.23 ジンバブエの地質



(JOGMEC, 2008)

図 3.24 ジンバブエの主要鉱床の分布



(JOGMEC, 2008)

図 3.25 ジンバブエの石炭資源

c. 気象

気候は熱帯～亜熱帯性であるが、高地のためやや温暖である。雨季は 11 月から 3 月にかけて継続する。

3.5.2 第一次現地調査の概要

(1) 現地調査の実施日程

ジンバブエにおける第一次現地調査は、2013 年 11 月 25 日～11 月 29 日（5 日間）及び 2014 年 1 月 19 日～21 日（3 日間）の 2 回に亘って実施した。現地調査の実施日程を表 3.21（1）及び（2）に示す。

表 3.21 ジンバブエでの現地調査の日程 (1)

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	11/23 (土)	-	ハボロネーヨハネスブルグ - ハレ (ジンバブエ)	移動。	
2	11/24 (日)		ハレ :	結果まとめ、調査準備。	
3	11/25 (月)	8:30 ~ 10:00 ~ 11:30 ~ 14:00 ~	ハレ : JICA 事務所 ジンバブエ鉱山会議 所 (COM) 分析所 2 箇所 ジンバブエ鉱山会議 所 (COM)	表敬、調査打合せ等。 表敬、質問票の回答依頼、 情報収集。 分析内容の情報収集等。 鉱山情報の収集、COM の活 動等。	所長、他 1 名。 鉱山・経済担当。 所長、他 1 名。 鉱山・経済担当。
4	11/26 (火)	9:00 ~ 10:00 ~ 11:00 ~ 14:00 ~ 16:00 ~ 16:30 ~	ハレ : 鉱山鉱業開発省、 鉱業開発局 鉱山会議所 (COM) 地質調査所 鉱業開発局 環境管理庁 (EMA) 環境業務部 環境水気象省 (MEW)、環境業務局	(※外務省への依頼書。) 鉱山情報の収集。 地質・鉱床情報の入手。 面談の予約取付け。 表敬、質問票の回答依頼、 情報収集等。 表敬、質問票の回答依頼、 調査の説明、セミナーの依頼。	(※外務省への依頼書を 入手。) 鉱山・経済担当。 副所長。 (※11/28 日面談予約。) 環境部長、他 3 名。 環境業務局長、他 1 名。 (EMA に来所。)
5	11/27 (水)	9:00 ~ 10:00 ~ 15:00 ~	ハレ : 鉱山会議所 (COM) 地質調査所 EMA、環境業務部	環境保安の資料入手。 鉱山関連情報等。 環境関連情報、法規等。	鉱山・経済担当。 副所長。 EIA 担当官。
6	11/28 (木)	9:30 ~ 14:00 ~ 16:00	ハレ : 鉱山鉱業開発省 (MMMD)、鉱業開発 局 環境水気象省、会 議室	表敬、調査説明、質問票の 回答依頼、情報収集、セ ミナー参加の依頼。 セミナーの開催。	鉱業開発次官、他 ? 名。 MEW、EMA、MMMD、JICA : 計 12 名参加。
7	11/29 (金)	9:00 ~ 10:00 ~ 14:00 ~ 16:00 ~	ハレ : EMA MEW JICA 事務所 日本大使館	回答書、人材育成要望等。 回答書、人材育成要望等。 調査概要報告。 表敬、調査の説明等。	廃棄物管理局長、他。 EIA 担当官。 所長、他 1 名。 大使、他 2 名。
8	11/30 (土)		ハレ - ヨハネスブルグ -(トバイ)- 成田	移動 (12/1 成田着)。	

表 3. 21 ジンバブエでの現地調査の日程 (2)

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	2/18 (火)	—	ルサカ — ヨハネスブルグ — ハラレ	移動。	
2	2/19 (水)	9:00 ~ 14:00 ~ 16:30	ハラレ： JICA 事務所。 鉦山鉦業開発省、 鉦業促進（開発） 部、鉦山エンジニア リング部。	調査打合せ等。 表敬、質問票の回答依頼、 鉦山環境・保安の情報収 集。鉦山サイト調査の依 頼、JICA への要望等。	所長、他 1 名。 鉦山促進部長、鉦山技師 長、鉦山管理。
3	2/20 (木)	8:30 ~ 12:30	ハラレ： 鉦山鉦業開発省、 鉦業促進部、鉦山 エンジニアリング部。	省組織、地方事務所、関連 法規、管理制度、鉦山（稼 業・休廃止鉦山）の情報、 政策、鉦山環境・鉦山保 安の現状、鉦害・対策、 人材育成等。	鉦山エンジニアリング部鉦山 技師長、他 1 名。
4	2/21 (金)		ハラレ： チノイ地区、シャックルトン 鉦山（休止鉦山） 現地調査。	採掘跡地、ズリ捨場、選鉦 場、廃さい堆積場、製錬 所跡地。	チノイ地区支所長、ZMDC チノイ 管理所長、他 2 名。
5	2/22 (土)		ハラレ — ヨハネスブルグ — (香港) — 成田	移動（2/23 成田着）。	

(2) 調査の対象官庁及び訪問先

現地調査における訪問先、並びに調査対象官庁・部署を下記に示す。

(訪問先)

- ・在ジンバブエ日本大使館
- ・在ジンバブエ JICA 事務所

(調査対象官庁・部署)

- ・鉦山鉦業開発省 (MoMMD)、鉦業開発局：担当次官が出張で面談できず。
- ・地質調査所
- ・鉦山会議所 (CoM)
- ・環境水気象省 (MoEW)、環境業務局
- ・環境管理庁 (EMA) 環境業務部

(3) 質問票の回収

質問票は国内準備作業中に作成し、各対象国の JICA 事務所を通して主要な関係機関である MMD 及び MoEW に配布予定であったが、配布されなかった。しかし、面談を通して質問票の回答を依頼し、MoEW 環境業務局並びに EMA から 1 部の回答を得た。

(4) セミナーの開催

セミナーは 11 月 19 日に環境野生生物観光省 (MEWT) 環境局の会議室 (20 名参加可能) で 14:00~17:30 までの約 3 時間半をかけて行った。参加者は、鉦山エネルギー水資源省 (MMEWR) 鉦山局 (2 名)、MEWT 環境局 (6 名) 及び地質調査所環境地質部 (1 名) からの 9 名、並びに JOGMEC リモートセンシング研修センターから 2 名の総数 11 名であった (写真 3. 21、3. 22) (表 3. 22)。

セミナーでの説明において、本邦での鉦害発生の歴史、同被害状況及び対策事例、鉦山保安

の改善及び（JICA の）人材育成について強く関心を示した。



写真 3.21 セミナーの出席者



写真 3.22 セミナーの状況

（説明資料）

セミナーは会議室用のプロジェクターを使用して行った。セミナーのプレゼン資料は下記の 2 ファイルを使用した。

- 1) アフリカ地域調査 JICA 背景説明 131105 .ppt : JICA の活動
- 2) アフリカ地域調査 鉱山環境・保安説明 .ppt : 当該案件、本邦鉱害・対策事例等

（質疑・応答）

質疑・応答では、以下の質問及び協議があった。

- ・足尾鉱山の製錬所からの排ガスによる植生の被害
- ・鉱害被害と対策費用の関係
- ・イタイイタイ病、水俣病等の公害病の状況
- ・環境管理体制及び人材育成のスキームについて。

表 3.22 セミナー参加者リスト

No	Name	Organization / Division	Position
1	Irrin Kunene	MoEW, Directorate of Environment and Natural Resources	Director
2	Abu Z. Matiza	MoEW, Directorate of Environment and Natural Resources	Deputy Director
3	Aaron Chigina	EMA, Directorate of Environmental Management Services	Director
4	Petronella Shoko	EMA, Directorate of Environmental Protection	Director
5	Alleta Nyahuye	EMA, Section of Environmental Planning and Monitoring	Manager
6	Syaka Ochida	JICA Zimbabwe Office	Staff

MoEW : 環境水気象省

: Ministry of Environment, Water and Climate

環境業務局

EMA : 環境管理庁

: Environmental Management Agency

環境業務部

3.5.3 鉱業政策及び鉱業状況

(1) 鉱山及び鉱山環境の管理組織

鉱山及び環境の管理組織を図 3. 26 及び以下に示す。

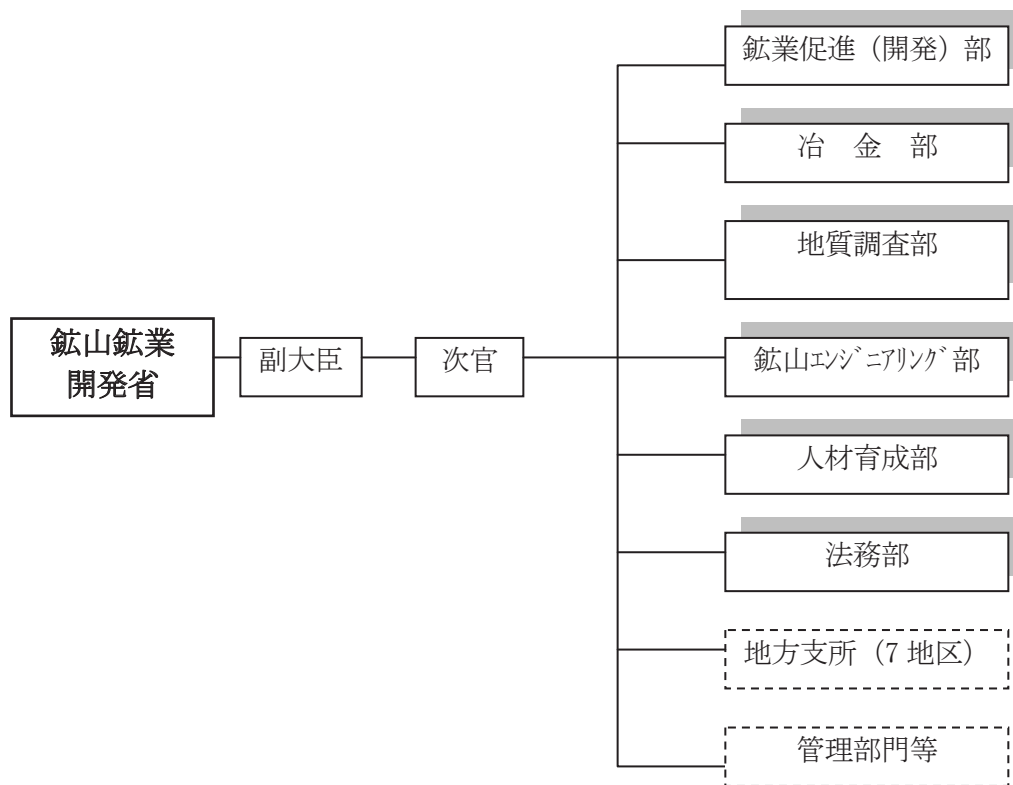


図 3. 26 鉱山鉱業開発省の組織

(鉱山)

鉱山操業に関する管理は全て鉱山鉱業開発省（MMMD）が携わっている。探査鉱区の認可も MMMD で行われるが、探査・採掘の鉱業権の申請は鉱業コミショナーが行い、鉱山開発の内容の検討には鉱業委員会（MAB）がコメントを提出し、鉱業促進部が発行の事務を行っている。

MAB は鉱山鉱業開発大臣により権限委譲され、鉱山次官、政府鉱山技師長、鉱業促進部長、冶金部長、地質調査部長他、計 11 名からなる。

MMMD は鉱業促進（開発）部、鉱山エンジニアリング部、冶金部、地質調査部、人材育成部等からなっている。鉱業促進（開発）部は鉱業権、鉱業の促進等に携わっている。鉱山エンジニアリング部は、鉱山の稼業鉱山の機器・爆薬、エンジニアリング及び鉱山環境・鉱山保安を担当し、鉱山監理も実施している。地質調査部は、いわゆる“ジンバブエ地質調査所”であり、地質調査及び鉱床探査に携わっている。

地方地区は 7 地区に区分され支所が設置され、鉱山監理官が支所員となっている。

(地質・鉱床)

地質調査、鉱床探査及び地質図作成の業務は、鉱山鉱業開発省下の地質調査部（ジンバブエ地質調査所）が実施している。また、地質調査部は探査申請の内容についてのコメントを

MMMD へ提出することになっている。

(2) 鉱山

現在稼業している鉱山は 58 箇所であり、鉱種は Au、Cr・Ferro-Cr、Fe、Mn、Cu、Ni、Co、Pt、P、ダイヤモンド、アスベスト、石炭、石灰石・セメント、バーミキュライトからなる。特に、Au と Cr は多くの鉱山が操業している。ただし、多くの金鉱山は小規模である。

Au 及びその他の Cu、Pb、Zn のベースメタルは始生代のグリーンストーン帯及び貫入花崗岩中に分布し、Cr、Ni、Co、Pt 類はジンバブエ国の中央部を NNE-SSW 方向の岩脈（グレート・ダイク）中に分布している（図 3.27）。

また、鉱山の殆んどは民間企業であるが、公社である Zimbabwe Mining Development Corp. (ZMDC) は、Shabanie 鉱山 (Asbest)、Gaths 鉱山 (Asbest)、Trojan 鉱山 (Cu)、Dalny Complex 鉱山 (Au)、Kwekwe 地区鉱山 (Au)、Shamva 鉱山 (Au)、Unki 鉱山 (Ni) 及び Iron Duke (Pyrite) の 8 鉱山はが稼業している。

製錬所は Cr、Ni、Cu、Fe の製錬で、計 8 箇所である。

各鉱山及び精錬所のリストを表 3.23 及び 3.24 に示す。

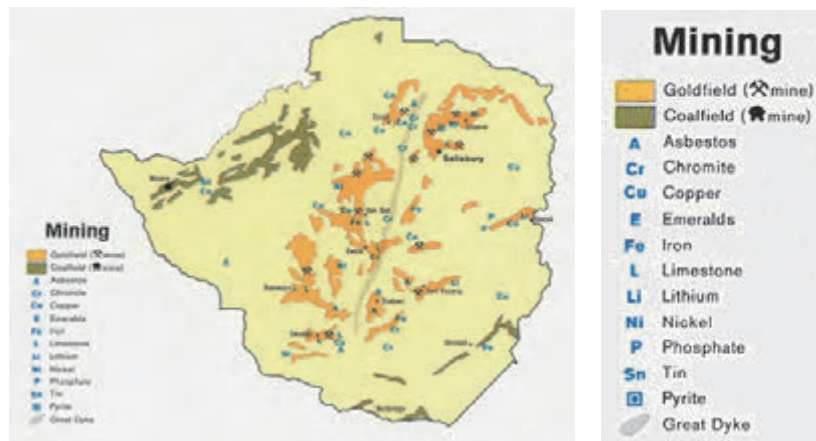


図 3.27 鉱山の分布

(3) 鉱山及び環境関連法規

鉱山及び環境関連法規は殆んど制定及び改定されている。ただし、細部の規則、ガイドライン等は制定されていないものがある。

(鉱山法規)

鉱山関連法規は以下に示す法律が制定されている。

* 鉱山鉱物法：1961

当該鉱山法には、鉱山環境、鉱山保安、火薬取扱い規則、閉山関連事項が記載されている。

表 3.23 ジンバブエ国内の鉱山のリスト (1)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量 (生産物)		環境問題	保安問題
1	Ngezi		Great Dyke	Pt	?	?	?	t/y		
2	Unki		?	Pt, Ni	?	?	1.86 80000 3000	Mt/y t/y t/y	ore Pt ore Ni metal	
3	Shabanie	African Mines Ltd. Associated	Zvishavane	Asb	?	?	2.4	Mt/y		
4	Gaths	African Mines Ltd. Associated	Mashava	Asb	?	?	1.4	Mt/y		
5	?	Local cooperatives	Southern Dyke	Cr	?	?	0.34	Mt/y		
6	?	Local cooperatives	Northern Dyke	Cr	?	?	0.23	Mt/y		
7	Inyala	Zimbabwe Alloys Ltd.	?	Cr	?	?	60000	t/y		
8	Peak, Block, Iron-ton, Rhodesdale	Zimbabwe Mining and Smelting Co. Ltd.(Zimasco)	Shurugwi, Lalapanzi	Cr	?	?	0.12	Mt/y		
9	Hwange	Hwange Colliery Company Ltd.[Government(37.07), Mesina Investments Ltd.(15.08), Mital Steel African Investments(9.76), Others(38.09)]	Hwange	C	OP&UG	1903 -	2.0	Mt/y		
10	Sengwa	Sengwa Colliery Ltd.	Northeast of Kadoma	C	OP	1995 - 2008	5.0	Mt/y		
11	Chiredzi	Steelmakers Ltd.	Southeast of Masvingo	C	?	?	1.2	Mt/y		
12	Chiredzi	Tulicoal Ltd.	Southeast of Masvingo	C	?	?	1.2	Mt/y		
13	Trojan, shangani	Bindura Nickel Corporation Ltd.	Bindura, Northeast of Bulawayo	Co	?	?	800	t/y		

表 3.23 ジンバブウェ国内の鉱山のリスト (2)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量 (生産物)	環境問題	保安問題
14	Mimosa	Mimosa Investments Ltd.[Aquarius Platinum Ltd., Impala Platinum Holdings Ltd. Zwishavane Community Share Ownership]	East of Zvishavane	Co	?	? -	86 t/y		
15	Unki	Unki Mines Ltd.	Southeast of Shurugwi	Co	?	? -	? Mt/y		
16	Ngezi	Zimplats Holdings Ltd.		Co	?	? -	? Mt/y		
17	Trojan, shangani	Bindura Nickel Corporation Ltd.	Bindura, Northeast of Bulawayo	Cu	?	? -	1600 t/y	metal	
18	Mimosa	Mimosa Investments Ltd.[Aquarius Platinum Ltd., Impala Platinum Holdings Ltd. Zwishavane Community Share Ownership]	East of Zvishavane	Cu	?	? -	3000 Mt/y	metal	
19	Unki	Unki Mines Ltd.	Southeast of Shurugwi	Cu	?	? -	1000 Mt/y	metal	
20	Ngezi	Zimplats Holdings Ltd. Anjin Investments Ltd.	?	Cu	?	? -	3000 Mt/y	metal	
21	Marange deposit	[joint venture of Anhui Foreign Economic Construction Group and Matt Bronze) Ltd.]	Chiadzwe	Dia	?	? -	? TC/y		
22	Murwa	Murwa Diamonds Ltd. [Rio Tinto plc and RioZim Ltd.]	Zvishavane	Dia	?	? -	367 TC/y		
23	River Ranch	River Ranch Ltd.	Beitbridge	Dia	?	? -	? TC/y		
24	Penhalonga	DTZ-OZGEO Ltd. [Joint venture of Development]	Northwest of Mutare	Au	?	? -	? kg/y		
25	Vubachikwe	Duration Gold Ltd.	Gwanda	Au	?	? -	? kg/y		
26	Athens	Duration Gold Ltd.	Mvuma	Au	?	? -	? kg/y		
27	Gaika	Duration Gold Ltd.	Kwe Kwe	Au	?	? -	? kg/y		

表 3.23 ジンバブウェ国内の鉱山のリスト (3)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量 (生産物)	環境問題	保安問題
28	Sunace	Duration Gold Ltd.	North of Bulawayo	Au	?	?	?	kg/y	
29	Golden Quarry	Falcon Gold Zimbabwe Ltd.	North of Shurugwi	Au	?	?	?	kg/y	
30	Dalny Complex	Falcon Gold Zimbabwe Ltd.	Northwest of Chegutu	Au	?	?	?	kg/y	
31	Bell riverlea	Homestake Mining and Technical Services Ltd.	West of Kwe Kwe	Au	?	?	?	kg/y	
32	Chaka	Homestake Mining and Technical Services Ltd.	Kwe Kwe	Au	?	?	?	kg/y	
33	Monti Christo	Homestake Mining and Technical Services Ltd.	Northwest of Kwe Kwe	Au	?	?	?	kg/y	
34	Primrose	Homestake Mining and Technical Services Ltd.	Kwe Kwe	Au	?	?	?	kg/y	
35	How	Metallon Gold (Metallion Corp.)	Southwest of Bulawayo	Au	?	?	?	kg/y	
36	Shamva	Metallon Gold (Metallion Corp.)	Shamva	Au	?	?	?	kg/y	
37	Freda rebecca	Mwana Africa PLC	Bindura	Au	?	?	2000	kg/y	
38	Turk-Angelus	New Dawn Mining Corp.	Northeast of Bulawayo	Au	?	?	500	kg/y	
39	Old nic	New Dawn Mining Corp.	Bulawayo	Au	?	?	100	kg/y	
40	Renco	RioZim Ltd.	South-southeast of Masvingo	Au	?	?	1000	kg/y	
41	Ripple Creek	NewZim Minerals Private Ltd. [Essar Africa Holdings Ltd.(80), and Government, (20)]	Redcliff	Fe	?	?	0.6	kt/y	
42	Bikita	Bindura Nickel Corporation Ltd. (Mwana Africa PLC)	East of Masvingo	Li	?	?	0.033	kt/y	
43	Trojan, Shangani	Bindura Nickel Corporation Ltd.	Northeast of Bulawayo	Ni	?	?	0.08	kt/y	

表 3.23 ジンバブウェ国内の鉱山のリスト (4)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物)	環境問題	保安問題
44	Mimosa	Mimosa Investments Ltd.[Aquarius Platinum Ltd., Impala Platinum Holdings Ltd. Zwishavane Community Share Ownership]	East of Zvishavane	Ni	?	?	3000 t/y	metal		
45	Unki	Unki Mines Ltd.	Southeast of Shurugwi	Ni	?	?	1000 t/y	metal		
46	Ngezi,Ngwarati,Rukodzi,Bimba	Zimplats Holdings Ltd. (Impala Platinum Holdings Ltd.)	?	Ni	?	?	4000 t/y	metal		
47	Dorowa,	Dorowa Minerals Ltd.	West of Mutare	P	?	?	0.155 Mt/y			
48	Ngezi, Ngwarati, Rukodzi, Bimba	Zimplats Holdings Ltd.	?	PGM	?	?	2.2 Mt/y			
49	Unki	Unki Mines Ltd.	Southeast of Shurugwi	PGM	?	?	1.44 Mt/y			
50	Iron Duke	Iron Duke Pyrites (Chemplex Corporation Ltd.)	?	Py	?	?	? Mt/y			
51	Shawa	Shawa Vermiculite Ltd.	Dorowa	Vm	?	?	0.039 Mt/y			
52	Dinidza	Dinidza Vermiculite Mining Co. Ltd.	Dorowa	Vm	?	?	0.01 Mt/y			

表 3.24 ジンバブエ国内の製錬所のリスト

No	製錬所名	所有者	位 置	鉱 種	製錬法	稼業期間	生産量	(生産物)	環境問題	保安問題
1	Bindura	BSR Ltd. [Bindura Nickel Corporation Ltd. (100)]	Bindura	Ni	Rf	?	0.011 Mt/y			
2	Eiffle Flats	Empress Nickel Refinery (RioZim Ltd.)	Kadoma	Ni	Rf	?	9,000 t/y			
3	Eiffle Flats Ref.	Empress Nickel Refinery (RioZim Ltd.)	Kadoma	Cu	Rf	?	6,000 t/y			
4	Blast	NewZim Steel Private Ltd.[Essar Africa Holdings Ltd.(53.4) Government (35.6)]	Gweru	Fe	Sm	?	0.072 Mt/y	crude ore		
5	Electric	Steelmakers Zimbabwe Ltd. (Steelmakers Ltd.)	Redcliff	Fe	Rf	?	0.015 Mt/y	rolled steel		
6	Rolling mill	Steelmakers Zimbabwe Ltd. (Steelmakers Ltd.)	Redcliff	Fe	Rf	?	0.036 Mt/y	rolled steel		
7	Selous	Zimplats Holdings Ltd. (Impala Platinum Holdings Ltd.)	?	PGM	Con	?	2.18 Mt/y			
8	Mimosa	Mimosa Investments Ltd. (Aquarius Platinum Ltd., and Impala Platinum Holdings Ltd.)	East of Zvishavane	PGM	Con	?	1.9 Mt/y			
9	Selous	Zimplats Holdings Ltd. (Impala Platinum Holdings Ltd.)	?	PGM	Con	?	0.072 Mt/y			

(鉱山に関連する環境法規)

鉱山環境に関連する法規は以下の通りである。

- * 環境管理法：2002 （環境基本法であり、環境管理、EIA、廃棄物管理等を含む。）
- * EIA 政策：1997
- * 国家環境大綱：2003
- * 水法：2003
- * 森林法：1949
- * 国立公園・野生生物保護法：1975
- * 共有地・森林生産法（地方自治体）：1988
- * 動物狩猟管理法：1974
- * 農薬疾病法：1959
- * 水質環境基準
- * 地下水質環境基準
- * 騒音環境基準
- * 飲料水水質基準
- その他、土壌汚染防止法等はない

(4) 地質・鉱床担当部署の役割

地質調査、鉱床探査、地質図作成及び地質・鉱床に関するデータベースの構築の業務は、鉱山鉱業開発省下の地質調査局が行っている。MMMD との関係として、地質調査所は探査申請の内容についてのコメントを MMMD へ提出することになっている。また、本所は稼行鉱山の状況及び鉱害関係のデータ等には関与していない。

(5) 化学分析

鉱山鉱業開発省では、大気質、水質、土質等を分析する公営の化学分析所は設置していない。ただし、官営の分析所は、(後述するが) 環境管理庁可の分析所が設置されている。また、民間の分析所が 5~6 箇所営業している。ただし、鉱山活動と関連しており、金、あるいはベースメタルのみ等、特定した分析所が多く、多金属の分析及び環境分析の精度を確保する分析レベルを維持していない状況である。

(6) 国際協力等

鉱山鉱業開発省での国際協力に関する知見は、得られていない。

3.5.4 環境政策及び環境状況

(1) 環境担当部局

環境関連組織はその主体が環境水気象省 (MEW) であり、その下に国家環境評議会 (NEC)、環境管理理事会 (EMB) 及び環境管理庁 (EMA) に別れており、今年の 10 月に省庁統廃合が実施され、MEW も環境・天然資源省から環境水気象省に改組されているとおり、現在人事、事務所等が若干混乱し、MEW も事務所が 3 箇所に分離されている過渡の状態である。上記組織の関連を図 3.28 に示す。

MEW は主に環境政策決定機関であり、EMA はその実施機関である。また、NEC は MEW を補助し、EMB は EMA を監督する立場である。

MEW の主な役割を以下に示す。

- ・ 環境管理を規制し、環境保護及び汚染制御を推進、調整及び観測すること
- ・ 環境に対する影響に関して、政府の全ての官庁及び他の機関の活動を規制すること

- ・5 年毎に、国会へ環境の状況に関する報告書を国会へ提出すること
- ・環境、天然資源の利用傾向及び利用に対する環境への影響を観測すること
- ・環境管理に関する国民意識及び教育の推進を図ること
- ・環境に悪影響を与える人物や機関がその悪影響の改善費用を満たすことを確保すること
- ・環境管理政策を作成、実行させること
- ・ジンバブエが当事者となるべき国際的また地域的な環境に関する条約や協定について、政府へリコメンデーションを行い、国内法の法令化を確実に行うこと

EMA は環境政策全般の実施管理機関であり、主に環境保護部、環境管理部、廃棄物管理部、総務部、付属分析所等からなる。それらの業務は、環境管理（環境管理計画・同行動計画・ガイドラインの策定等）、環境基準値の設定、放射能・廃棄物の管理（廃棄物の収集・処理・リサイクル等）、モニタリング、環境監査、EIA、生態系保護、分析等からなる。

本調査では MEW の環境業務局長及び EMA の環境業務部長が主に対応した（写真 3.23）。

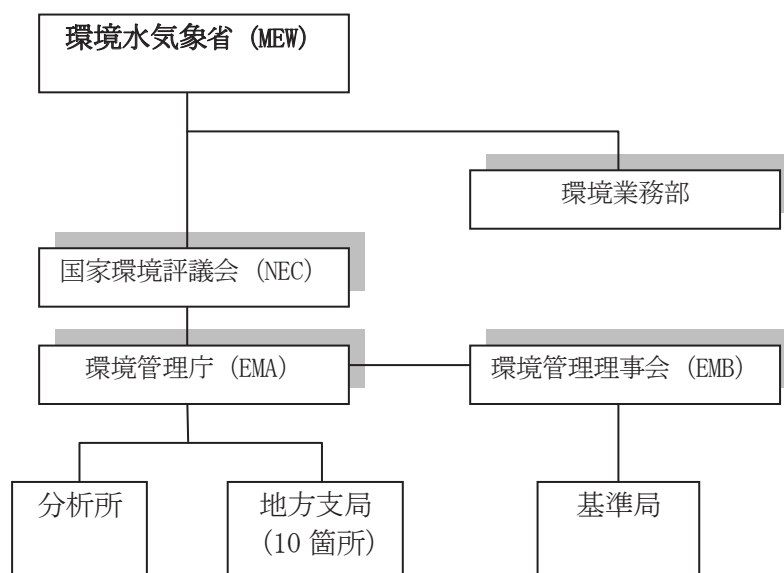


図 3.28 環境関連組織



写真 3.23 環境に関する管理局（環境省保護・環境影響評価局での協議）

(2) 環境関連法規

a. 環境法規

環境関連法規は以下に示す法律が制定されている。

- *環境管理法：2002（環境基本法であり、環境管理、EIA、廃棄物管理等を含む。）
- *EIA 政策：1997
- *国家環境大綱：2003
- *水法：2003
- *森林法：1949
- *国立公園・野生生物保護法：1975
- *共有地・森林生産法（地方自治体）：1988
- *動物狩猟管理法：1974
- *農薬・疾病法：1959
- *水質環境基準
- *地下水質環境基準
- *騒音環境基準
- *飲料水水質基準：その他、土壤汚染防止法等はない。

ジンバブエの EIA 等の環境法規について、以下の知見を得た。

- *鉱山開発に関する環境影響評価（EIA）はすべて MEW 及び EMA が関与し、鉱山開発プロジェクトの EIA 報告書は環境省に提出され、専門分野について地質鉱山省の鉱山局の環境担当で審査され、その結果を EMA にコメントとして提出される。その後、EMA が全体審査を経て認証されれば、“環境許可”を発行する手順である。
- *探鉱段階の環境審査もほぼ同様であり、影響の大きい探査はフルスケールの EIA が実施される。
- *EIA の審査手順は、初期スコーピング、TOR（調査内容）の作成、EIA 及び EMP の作成・提出、MEW 及び EMA によるレビュー（60 日）、EIA の承認及び条件書の添付（モニタリング、環境管理等）、事業の開始、モニタリングの実施（報告書の提出）、EMA による監査からなる。
- *意見聴取は、プロジェクト・サイト関連の地方自治体からの意見を収集、ただし、大規模なプロジェクトについては公聴会を実施するのみである。
- *環境基準は、“環境管理法”に基づいて設定されている。
 - ・大気質環境基準。
 - ・水質環境基準。
 - ・排水環境基準。
 - ・騒音・振動環境基準、等。

b. 環境影響評価(EIA)の手順

ジンバブエにおける EIA の手順を図 3.29 に示す。

鉱山開発に関する環境影響評価（EIA）はすべて環境省が関与し、鉱山開発プロジェクトの EIA 報告書は環境省に提出され、専門分野について地質鉱山省の鉱山局の環境担当で審査され、その結果を環境省にコメントとして提出される。その後、環境省が全体審査を経て認証されれば、“環境許可”を認可する手順となる。

c. 分析所

環境管理庁下に分析所が設置されている。分析室は比較的充実しており、全国の地域別のモニタリング（主に環境水、排水、大気質、騒音等）、外部からの分析依頼を受けている。モニ

タリング調査では、直接鉱山の鉱害にタッチしていないが、鉱山周辺の汚染をモニタリングから把握されている。ただし、改組を受けデータ等のデータベース化が間に合わない状態とのことである。

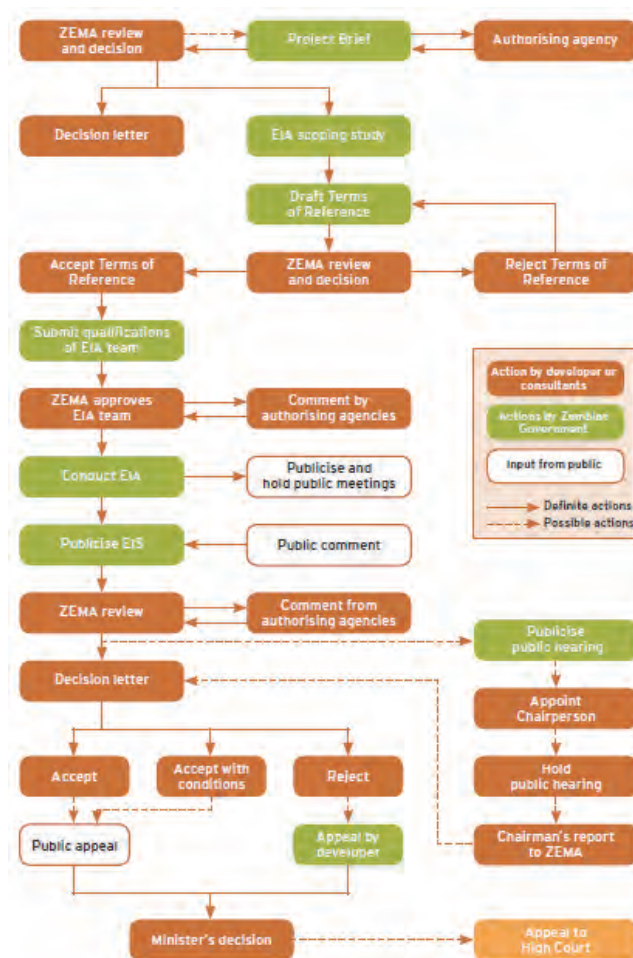


図 3.29 ジンバブエにおける EIA の手順

(3) 鉱山環境 (鉱山環境業務)

鉱山環境は鉱山エンジニアリング部が担当し、監査官が配置され、地方支所の一部は鉱山エンジニアリング部の管轄下でもある。各鉱山からの報告は年 1 回であり、各支所が受領している。また、年 4 回の環境モニタリング報告は環境管理庁（EMA）が担当し、各鉱山は当該モニタリング報告を EMA に送付し、EMA から鉱山鉱業開発省にそのコピーが配布されている。環境モニタリングの水分析等は、各鉱山が（私立）分析所で分析し、報告書に添付している。

鉱山鉱業開発省では、稼業鉱山は鉱山鉱物法及び環境影響評価（EIA）書の環境管理計画に則って実施し、定期報告によりその状況を把握しており、鉱害の発生は認知されていない、とのコメントである。ただし、休廃止鉱山に類手は全くその実情は把握されておらず、その鉱害のポテンシャルも不明とのことである。

3.5.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況

(1) 鉱山環境

ジンバブエの鉱山環境について、鉱山鉱業開発省からの情報は得られなかったが、環境管理庁の分析所からモニタリングの結果に基づく以下の主な知見を得た。

＊鉱害（ポテンシャル）の発生地域は、① Mashoraland Central 地区（首都ハラレ北西部）、② Mashoraland west 地区（ハラレ南西部）、③ Midland 地区（中央部）及び④ Miat South 地区（南西部）の 4 地区からなる。4 地区ともグリーンストーン帯及びグレートダイク沿いに分布している。なお、鉱害のポテンシャル地区は MEW・EMA の実施しているモニタリング調査結果から推定されている（図 3.30）。

＊鉱害地区の金鉱山からの鉱山廃水による鉱害についての学術論文が公表されているが、その他のいくつかの鉱山も同じ問題を有している。しかし、今次調査では MMMD での聴取ができなかったことから、鉱害サイトの特定はできなかった。

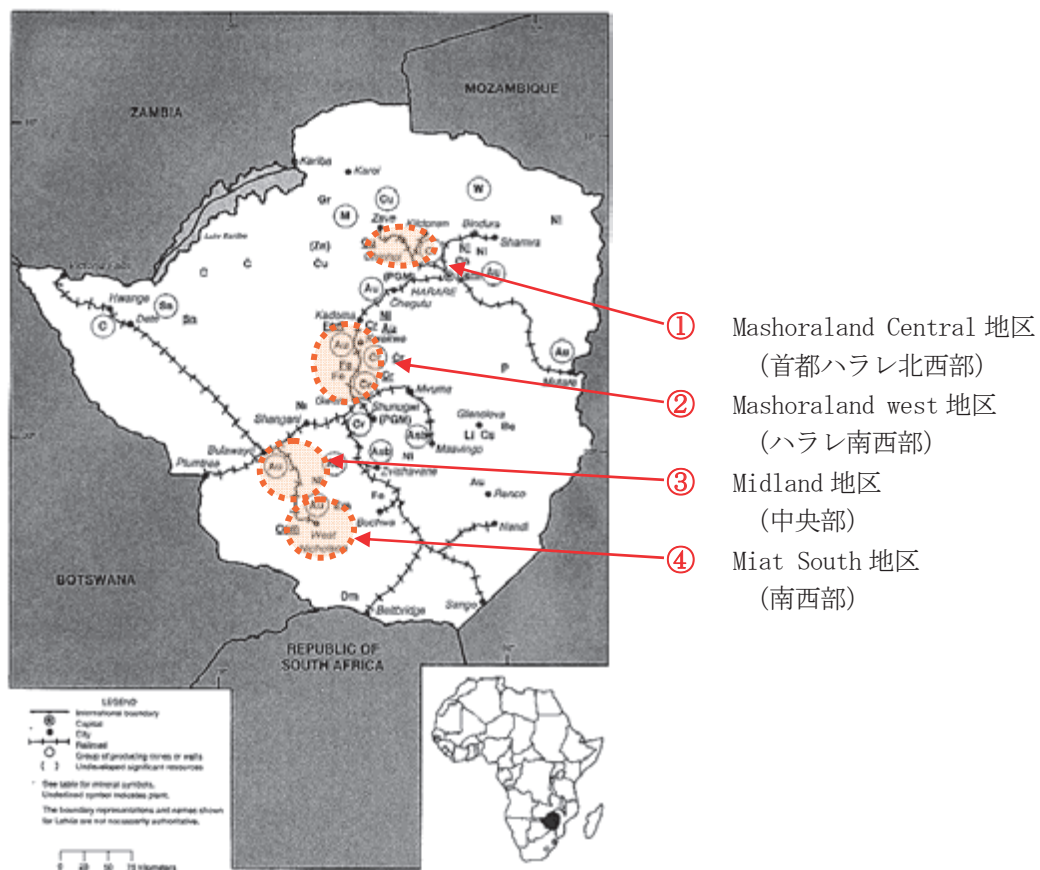


図 3.30 鉱害発生のポテンシャル地域

(2) 現地調査

鉱山サイトの現地調査をチノイ（Chinhoyi）地区シャックルトン（Shackleton）鉱山で行った。現地調査には、鉱山鉱業開発省のチノイ地区支所長、ジンバブエ鉱山開発公社（ZMDC）チノイ管理所長、他 2 名が同行した。

(鉱床概況)

チノイ地区は首都ハラレ (Harare) から北西へ約 120 km に位置し、その中央部にシャックルトン鉱山がある (図 3.31)。

シャックルトン鉱山は、中期プレ-カンブリアン紀層である変アルコース砂岩と変塩基性火山岩類中に胚胎した銅鉱床であり、黄銅鉱、班銅鉱、輝銅鉱を主要鉱種とした高品位銅鉱床を形成している。

当該鉱山は選鉱設備及び製錬・精錬所も併設されており、2001 年に鉱山及び製錬・精錬所の操業を停止し、休止鉱山となっている。ただし、銅鉱床はまだ残存しており、再開発の可能性が残されているとのことである。

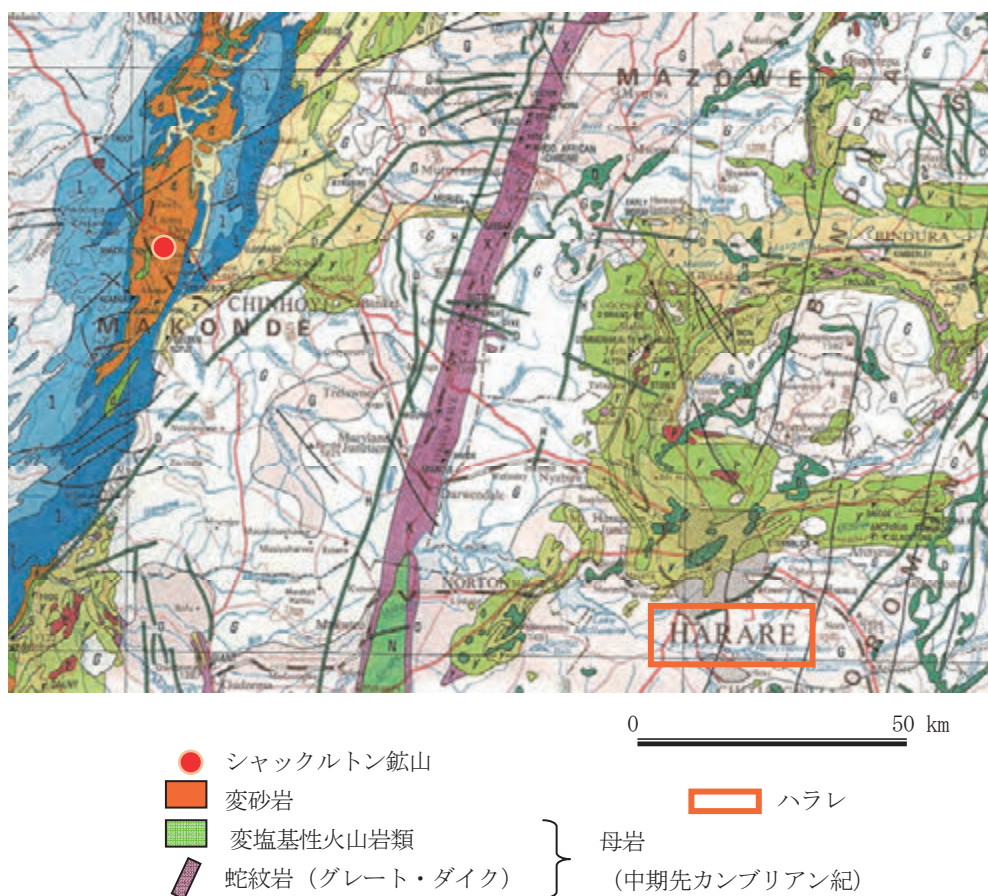


図 3.31 シャックルトン (Shackleton) 鉱山の位置及び地質

(鉱山設備)

シャックルトン鉱山は坑内採掘法であり、採掘サイトでの主な鉱山設備は採掘採掘用シャフト (堅坑)、ズリ捨場及び選鉱場からなる (写真 3.24～3.28)。

採掘サイトから数 km はなれた箇所に廃さい堆積場及び製錬・精錬所、並びにびスラグ堆積場が分布している (写真 3.29～3.31)。

また、本鉱山へは鉄道が敷設されており、鉱山の資材、銅製品等の搬入・出に利用されていた。



写真 3. 24 豎坑及び坑内採掘箇所



写真 3. 25 ブリ捨場(植生に覆われている)



写真 3. 26 一次粗砕設備



写真 3. 27 選鉱場(奥)とシッケナー



写真 3. 28 精鉛ストックパイル(精鉛が残留)



写真 3.29 廃さい堆積場（植生あり）



写真 3.30 廃さい堆積場頂面



写真 3.31 製錬所（左側）及び精錬所（右側）

：写真左側にスラグ堆積場が位置する。

（調査結果）

- ・採掘箇所： 当該鉱山の坑内採掘は地表下数 100 m に位置し、現在の坑道は全て地下水に満たされている。また、坑内水は堅坑から揚水していない。従って、坑内は殆んど還元状態に戻っていると推定され、坑内からの酸性水の発生・流出は少ないと考えられる。現在、堅坑は閉塞されている。更に、鉱床の上盤側にはドロマイト等の炭酸塩岩が賦存しており、酸性水が中和されやすい環境である。
- ・選鉱場： 選鉱場は、粗砕機、ボールミル、浮選機等の設備が残存しているが、一部メンテナンスされており、汚染発生状況は認められない。また、残留水も中性（pH）を示している。
- ・ズリ捨場： ズリは殆んど変塩基性火山岩類、変砂岩、ドロマイト、珪岩からなり、銅鉱石を含むズリが極めて少ない。また、鉱石中に黄鉄鉱が少ない鉱物組成である。従って、ズリからの酸性水の発生は少ないと考えられる。更に、ズリ中に炭酸塩岩が含まれていることから酸発生を抑制していると考えられる。
- ・廃さい堆積場： 廃さいは殆んど石英分からなり、黄鉄鉱等の硫化物が殆んど含有していない。従って、廃さいからの酸性水の発生は少ないと考えられ、堆積場の斜面では自然発生的な植生が認められる。
- ・製錬・精錬場及びスラグ堆積場： 製錬・精錬場内の立入調査は、時間的にできなかった

が、警備員が常駐し、外観からは比較的整理されている状況であった。

以上の状況から、シャックルトン（休止）鉱山は公害発生のポテンシャルはかなり低いと考えられる。

3.5.6 鉱山保安の状況

ジンバブエの鉱山保安について、以下の主な知見を得た。

＊鉱山保安に関しては、鉱山法に含まれている。

＊鉱山活動での事故による死亡・ケガが比較的多く発生し、鉱山保安上問題となっている。

＊鉱山に関する事故による人的被害を以下に示す。

年	:	死亡事故件数	:	死亡者数
2010 年	:	36 件	:	40 名
2011 年	:	30 件	:	37 名

＊死亡事故の理由を以下に示す。

1) 落盤	: 12 件
2) 堅坑落下	: 11
3) 露天掘り崩壊	: 4
4) ガス突出	: 3
5) 転石	: 2
6) 転倒	: 1
7) 転落	: 1
8) 機械	: 1
9) 電気	: 1
10) 発破	: 1
11) その他	: 3

＊COM では、鉱山保安の研修等を行い、年報で事故・災害死亡の統計を公表している。

3.5.7 人材育成の状況及び技術研修の要望

(1) 人材育成の状況

MEW 及び EMA の省庁内での人材育成は、積極的に行われていない。

(2) 本邦技術研修への要望

MEW 及び EMA の省庁内での人材育成は、特に行われていない。

＊各省庁での諸外国からの人材育成の援助は、2000 年以降での JICA の研修で廃棄物管理、化学分析、環境管理等で少人数が経験を有しているのみである。

今後の人材育成に関する地質鉱山省の鉱山局・地質局及び環境省からの要望を以下に示す。

＊長期研修 : 1～2 年（修士コースを含む。）

＊中期研修 : 1～6 ヶ月

＊短期研修　：1～3 週間

(MMMD の鉱業開発局)

当該局の研修等の要望は、今のところ不明である。

(MEW の環境業務局)

環境政策、環境管理等の人材育成の援助を希望している。

＊環境政策	：	4 名（長期 1 名、短期 3 名）
＊環境計画	：	4 名（長期 1 名、短期 3 名）
＊環境管理	：	4 名（長期 2 名、短期 2 名）

(EMA)

環境政策、環境管理等の人材育成の援助を希望している。

＊鉱山環境	：	32 名（長期 12 名、短期 30 名）
-------	---	-----------------------

（鉱山関連環境評価、環境管理・計画、環境モニタリング、環境監査、鉱害対策を含む。）

3.6 モザンビーク

3.6.1 モザンビークの概要

(1) モザンビークの国情及び経済指標

モザンビーク共和国の国情及び経済指標を以下に示す。

- ・面積 : 79.9 万 km² (日本の約 2.1 倍、図 3.32)。
- ・人口 : 2,392 万人 (2011 年：世銀)。
- ・首都 : マプト (人口約 197 万人：2012 年 EIU)。
- ・民族 : マクア・ロムウェ族など 43 部族。
- ・言語 : ポルトガル語。
- ・主要産業 : (農漁業) とうもろこし、砂糖、カシューナッツ、たばこ、丸太・木材、エビ。
(工鉱業) アルミ、石炭、天然ガス。
- ・GNI (国民総所得) : 128 億ドル (2011 年：世銀)。
- ・一人当たり GNI : 510 ドル (2012 年：世銀)。
- ・経済成長率 : 7.0% (2012 年：世銀)。
- ・物価上昇率 : 10.35% (2011 年：世銀)。
- ・総貿易額 : 輸出 41.6 億ドル、輸入 6.61 億ドル (2012 年：世銀)。
- ・主要輸出品目 : アルミニウム、天然ガス、たばこ、電力、エビ、木材、砂糖等。
- ・主要貿易相手国 (2011 年：モザンビーク中央銀行) :
 - ・輸出：オランダ (48.9%)、南アフリカ (22.2%)、ジンバブエ (3.6%)、マラウイ (3.6%)。
 - ・輸入：南アフリカ (37.0%)、中国 (20.0%)、オランダ (9.8%)、UAE (4.6%)。
- ・通貨 : メティカル (複数形はメティカイス)。
- ・為替レート : 1 米ドル＝約 29 メティカル (2013 年 10 月)。
- ・経済概況 : 内戦後の和平の進展にともない、1990 年代後半には平和の定着とともに毎年 6%前後の経済成長を遂げ、南アフリカ等からの投資も活発化し、アルミ精練、マプト回廊計画、ベイラ回廊計画などの大規模プロジェクトが実施されている。

2000 年、2001 年と連続した洪水災害により経済は打撃を受けたが、2001 年後半には、復興のためのインフラ修復事業や好調な外国直接投資を背景に回復基調を取り戻し、現在では年 7～8%の経済成長を遂げている。
- ・主要援助国 (2011 年 OECD/DAC) : 米国、ポルトガル、英国、カナダ、EU。
- ・日本の援助実績 :
 - (1) 有償資金協力 (～2011、EN ベース) 92.60 億円。
 - (2) 無償資金協力 (～2011、EN ベース) 884.32 億円。
 - (3) 技術協力 (～2011、JICA ベース) 131.27 億円。
- ・地方行政区画 : 1 つの市 (cidade) と、10 の州 (província) に分かれている。

(2) 自然状況

a. 地形

モザンビーク共和国は、アフリカ大陸南東部に位置し、タンザニア、マラウイ、ジンバブエ、南アフリカと隣接する。またインド洋に面し、モザンビーク海峡を隔てて東にマダガスカルがある (図 3.31)。首都はマプトである。

国土はザンベジ川によって地勢上二つの地域に分かれる。ザンベジ川の北ではなだらかな海岸線が内陸部に入って丘陵や低い台地となり、その西では森林に覆われたニアサ、ナムリ、ア

ンゴニア、テテ、マコンデ等の高原～台地からなる。一方、ザンベジ川の南では低地が広がり、レンボ山地が南部に位置する。

モザンビークには五つの大きな河川が流れ、最大河川はザンベジ川であり、河川に沿ってニアサ湖、シウタ湖、シルワ湖がある（図 3.32）。



(Google image)

図 3.32 モザンビーク国及び行政区

b. 地質・鉱床

モザンビークの地質は、先カンブリア代の地質体と顕生代の地質体に大別される。先カンブリア代の地質体は北部及び北西部に分布し、太古代から原生代前期の火成岩と変成岩からなる。Barue 複合岩体(の花崗質岩、片麻岩、ミグマタイト)も含まれる。一方、顕生代の地質体はZambezi 溪谷の南と北東部沿岸の帯状地域に見られ、カルー系、ジュラ紀、白亜紀、第三紀、第四紀の火山岩からなる（図3.33）。

金、ベースメタル、含タンタル・ペグマタイト、錫の多くは、先カンブリア時代の地質体に産する。カルー堆積層に貫入するアルカリ岩・カーボナタイト複合岩体もいくつかあるものの、カーボナタイトを母岩とする鉱床の大半も先カンブリア時代の地質体にある。比較的新しい堆積層には、石炭や重鉱物砂、石灰石、ベントナイト、珪藻土といった様々な工業用鉱物が含まれている（図3.34）。

太古代のグリーンストン・ベルトと各地の沖積層に金を産するほか、この一帯には大規模な縞状鉄鉱床があることも知られている。多数のペグマタイト分布域には、タンタル・ニオブ、希土類、半貴石の重要鉱床がある。さらに、重鉱物砂、黒鉛、蛍石、アパタイト、ボーキサイト、石材、各種粘土、砂、耐火物用鉱物、石灰石、石炭、天然ガスが大量に含まれている。

モザンビークには金属鉱物と非金属鉱物を大量に産出するが、埋蔵量は推定または計算によるものがほとんどである。分布は次の通り。

- ＊先カンブリア時代の地質体： ニオブ・タンタル、希土類鉱物、金、蛍石、黒鉛、錫、長石、カオリン、銅、アスベスト、鉄、ガーネット、カーボナタイト関連やペグマタイト関連のその他鉱物（アパタイト、種々の貴石、半貴石など）、装飾用石材（大理石、黒御影石、赤御影石など）。
- ＊顕生代の地質体： 粘土、砂、耐火物用鉱物、石灰石、珪藻土、ベントナイト、重鉱物、石炭、天然ガス、燐灰土。



図 3.33 モザンビークの地質 (JOGMEC, 2012)

表層地質：

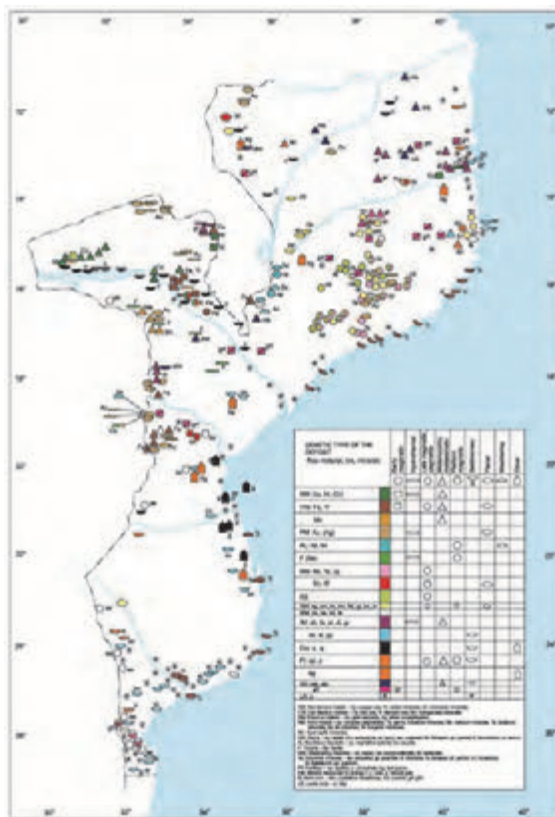
1：第四紀、2：古第三紀及び新第三紀、3：白亜紀、4：カルー系、堆積層

太古代と原生代の岩石：

5：Lúrio 超層群のナツペ及びクリッペ、6：Chiure・Mecuburi・Unango 層群の片麻岩・角閃岩、7：Lúrio 超層群の白粒岩、8：Umkondo・Gairezi・Rushinga 層群の変堆積岩、9：Nampula 超層群とBarue 複合岩体片麻岩・花崗岩類、10：Nampula・Luia・Angonia・Zambue 層群Barue等、11：太古代の緑色岩及び太古代・原生代のクォーツアイト、12：マイロナイト等、13：異地性マイロナイト、14：のマイロナイト帯

マグマ性岩石：

15：塩基性～超塩基性貫入岩体、16：カーボナタイト貫入岩体、17：Muambe 山カーボナタイト、18：白亜紀凝灰岩、19：白亜紀粗面岩、20：中生代～新生代の花崗岩、21：中生代～新生代の斑れい岩質貫入岩体、22：カルー系流紋岩、23：カルー系玄武岩、24：原生代の変成期花崗岩類、25：原生代の閃長岩、26：原生代の酸性貫入岩、27：環状岩脈（酸性～塩基性組成）、28：原生代の塩基性～超塩基性岩石群、29：原生代の斜方輝石トータル岩・片麻岩、30：太古代・原生代の花崗岩・片麻岩複合岩体



GENETIC TYPE OF THE DEPOSIT Raw material, ore, minerals	Early magmatic	Hydrothermal	Late magmatic, pegmatite	Metamorphic, metasomatic	Platform magmatic	Sedimentary	Placer	Weathering	Other
NM: Cu, Ni, (Cr)	□	□	○	△	○	※	○	□	□
ITM: Fe, Ti	□	□	○	△	○		○	□	□
Mn				△					
PM: Au, (Ag)		□					○		
AL: np, bx	□				○			□	
F (Ba)	□				○				
RM: Nb, Te, cp			○						
Sn, W			○				○		
RE			○						
GM: ag, em, br, em, fld, gt, tm, zr			○		○		○		
WM: bx, ka, mt, bt									
IM: sb, fs, pl, di, gr	□			△					
lm, ki, gy							□		
Em: c, g							□		□
Fl: ap, p			○	△	○		□		
bg									□
HR: mb, ctm				△			□		
grt	□	□				○			
LR: cl	※						※		

NM: Non-ferrous metals - Cu: copper ore; Ni: nickel minerals; Cr: chromium minerals;
 ITM: Iron titanium metals - Fe: iron ore; Ti: titanium ore; Mn: manganese minerals;
 PM: Precious metals - Au: gold deposits; Ag: silver mineralization;
 RM: Rare metals - cp: complex pegmatites, ka: kaolin, industrial minerals; Nb: niobium minerals; Te: tantalum minerals; Sb: tin minerals; W: tungsten minerals;
 RE: Rare-earth minerals;
 GM: Gems - ag: agate; em: emerald; br: beryl; em: emerald; fld: feldspar; gr: garnet; tr: tourmaline; zr: zircon;
 AL: Aluminum deposits - np: nepheline syenite; bx: bauxite;
 F: Fluorite - Ba: barite;
 WM: Weathering minerals - ka: kaolin; mt: montmorillonite; bt: bentonite;
 IM: Industrial minerals - sb: asbestos; gr: graphite; di: diatomite; fs: feldspar; pl: perlite; lm: limestone;
 Em: Emswiler; gy: gypsum;
 Fl: Fertiliser - ap: apatite; p: phosphate; bg: bat guano;
 HR: Mineral resources for energy - c: coal; g: natural gas;
 R: Hard rock - ctm: crystalline limestone; mb: marble; grt: grit;
 LR: Loose rock - cl: clay

図 3.34 モザンビークの鉱床分布 (JOGMEC, 2012)

c. 気象

気候は熱帯雨林気候とサバナ気候に分かれるが、首都のマプトが位置する南部は冬季は平均気温が 20 度以下まで下がり、5 月から 9 月までは比較的しのぎやすい。

3.6.2 第一次現地調査の概要

(1) 現地調査の実施日程

モザンビークにおける第一次現地調査は、12月2日～12月6日の5日間に亘って実施された。現地調査の実施日程を表3.25に示す。

表 3.25 モザンビークでの現地調査の実施日程

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	12/1 (日)	-	マプト	準備	
2	12/2 (月)	9:00～ 11:00～ 13:00～	マプト： JICA 事務所 鉱物資源省	調査打合せ 事務次官表敬・面談 情報整理	須藤所長、森田次長、他 事務次官、他
3	12/3 (火)	8:30～ 13:00～	マプト： Avenida ホテル	セミナー 面談調整	鉱山局、環境影響評価局、 地質局。 参加者：モザンビーク側 13 名
4	12/4 (水)	9:00～ 13:30～ 16:30～	マプト： 鉱山局環境部 地質局	日程打合せ 協議、ヒアリング 面談調整	環境部長 地質局次長
5	12/5 (木)	13:30～ 15:00～	マプト： 環境影響評価局 鉱山局環境部	協議、回答書受領、法規等 入手。 協議、回答書受領。	農学技官 環境部長、他
6	12/6 (金)	9:00～ 15:00～ 16:30～	マプト： JICA 事務所 日本大使館	情報整理 調査結果報告等。 調査結果報告等。	森田次長、青木所員 伊藤一等書記官、他
7	12/7 (土)		移動		

(2) 調査の対象官庁及び訪問先

現地調査における訪問先、並びに調査対象官庁・部署を下記に示す。

(訪問先)

- ・在モザンビーク日本大使館
- ・JICA モザンビーク事務所

(調査対象官庁・部署)

- ・鉱物資源省 国家鉱山総局
- ・鉱物資源省 計画開発総局
- ・鉱物資源省 国家地質総局
- ・鉱物資源省 鉱山監査部門 環境課
- ・環境省 国家環境影響評価総局

(3) セミナーの開催

セミナーは12月3日（火）、マプト市内のホテル Avenida 内の会議場で行った。モザンビーク関係機関からの参加者は計13名で、内訳は鉱物資源省7名、環境省6名であった。またセミナーは地元TV（テレビモザンビーク、TVM）の取材を受けた（写真3.32、3.33）（表3.26）。

セミナーでは、はじめに JICA モザンビーク事務所森田次長が挨拶し、今回のスタディ開始の挨拶と協力について要請され、スタディは持続的開発のためであることなどが説明された。その後調査団から準備した資料の1～2までを説明するとともに、国家鉱山局の Ms. Marta Nicole Mucavel（法務担当）による鉱業関連法令の説明、国家環境影響評価局の Ms. Rosana Francisco（農学技師）による当国 EIA のメカニズムの説明が行われた。その後調査団から準備した資料の3を説明した。

先方からは全体に興味を引かれ、参加者とのセミナー後のやり取りにおいても、今後石炭開発等により鉱業が盛んになることを踏まえて鉱山環境の重要性を感じ取ることができ、有意義なセミナーであったという意見も聞かれた。



写真 3.32 セミナー状況

（セミナーではモザンビーク側も説明）



写真 3.33 セミナー状況

（モザンビーク側は13名参加）

(説明資料)

セミナーは会議室用のプロジェクターを使用して行った。セミナーのプレゼン資料は下記の2ファイルを使用した。

- 1) アフリカ地域調査 JICA 背景説明 131105 .ppt : JICA の活動
- 2) アフリカ地域調査 鉱山環境-保安 説明 .ppt : 当該案件、本邦鉱害・対策事例等

(質疑・応答)

質疑・応答では、以下の質問及び協議があった。

- ・ JIICA のアシスト方法やこれまでの実績について
- ・ 日本の休廃止鉱山の管理方法について
- ・ 汚染を最小限に抑えるための方法について
- ・ 第二次現地調査対象地選定方法の基準について
- ・ small-scale mining による不法砂金採取に伴う水銀使用について

表 3.26 セミナー参加者リスト

No	Name	Organization / Division	Position
1	Suzete M. C. Taimo	MIREM	Tecnician
2	Marta Nicole Mucavel	MIREM	Lawyer
3	Anselmo C. Gaspar	MICOA	Environmentist
4	Cristina Matsimbe	MICOA	Tecnician
5	Rosana Francisco	MICOA	Tecnician
6	Mauricio Matega	MIREM	Tecnician
7	Gabriel Batista	MIREM-DNG	Geologist
8	Helena Vaz	MIREM-DNG	Geologist
9	Corneilio De Jesus	MIREM-DNG	Geophysist
10	Laura Nhantumbo Hantenbi	MICOA	Tecnician
11	Filix Païpe	MICOA/ WUA	Tecnician
12	Custodio Mabio	MICOA/ Dept GA	Tecnician
13	Hilario Mavie	MIREM	Geologist
14	Chiharu Morita	JICA Mozambique Office	Senior Representative
15	Issei Aoki	JICA Mozambique Office	Assistant Representative
16	Antonio Mauvilu	JICA	Staff
17	Yoshimitsu Negishi	JICA Study Team	JICA Study Team
18	Hirohisa Kobayashi	JICA Study Team	JICA Study Team

MIREM : 鉱物資源省 : Ministry of Mineral Resources
 GND : 国家地質総局 : National Directorate of Geology
 MICOA : 環境省 : Ministry of Environment
 WUA : 環境省 : Ministry of Environment

3.6.3 鉱業政策及び鉱業状況

(1) 鉱山担当部局及び組織

国家鉱山局は、探鉱権及び鉱業権等の鉱業法に基づく権利の許認可・管理、鉱山操業の監督、鉱山保安に係る監督、鉱山環境に係る監査やモニタリング、EIAに係る許認可（環境省と協業）、その他に鉱物資源政策に係る経済的解析等も行っており、その範囲は広い。

局内組織は現在改組検討中であり、今後体制が変更される可能性が高いが、現状で鉱山環境に係る部署は環境部（Environmental Department）、鉱山保安に係る部署は鉱物資源省下の鉱山監督局（General Inspection of Mines）である（図 3.35）（写真 3.34、3.35）。これら業務は環境省、労働省、衛生省と協業して実施している。

(2) 鉱業関連法規

関連法規として、鉱業法（2002 年制定）、鉱業活動に関する環境規則（2004 年制定）、鉱山安全規則（2006 年制定）がある。これらに伴うガイドラインやプロシジャ等は整備されていない。鉱業関連法規は現在も改訂中であり、今後新鉱業法が制定される予定である。

鉱山環境関連法規及び施策として整備されているのは、環境法（1997 年制定、2004 年改訂）、環境品質・排水放出基準（2004 年制定）である。これらに伴うガイドラインやプロシジャ等は整備されていない。

環境関連法規として、水等の排出基準については独自に作成した基準を用いている。また地下水水質（井戸水）の基準について、衛生省が基準を設けている。

(3) 鉱業政策

モザンビーク政府において、天然資源はモザンビークの経済成長の原動力とされている。現

状では石炭鉱山開発が活発化しており、GDP への貢献度は現状の 3%から 2015 年に 7%まで拡大されるとされている。このような状況の中で政府は、2002 年には改正鉱業法、2003 年には改正鉱業規則が制定するとともに、天然資源開発促進と経済成長の連動を目指してきた。この中で開発促進に必要な要素も抽出されている。それは、安定した法的環境の整備、インフラの整備、同国鉱物資源の付加価値化、国内民間企業と鉱業セクターとのパートナーシップ推進、などである。

現在ではさらに海外投資を活発化と同投資から得られる利益の公正な投資家と政府間の分配等を含め、新鉱業法を策定中のところである。改訂される予定の鉱業法では、これまでの不明瞭個所の明確化である。

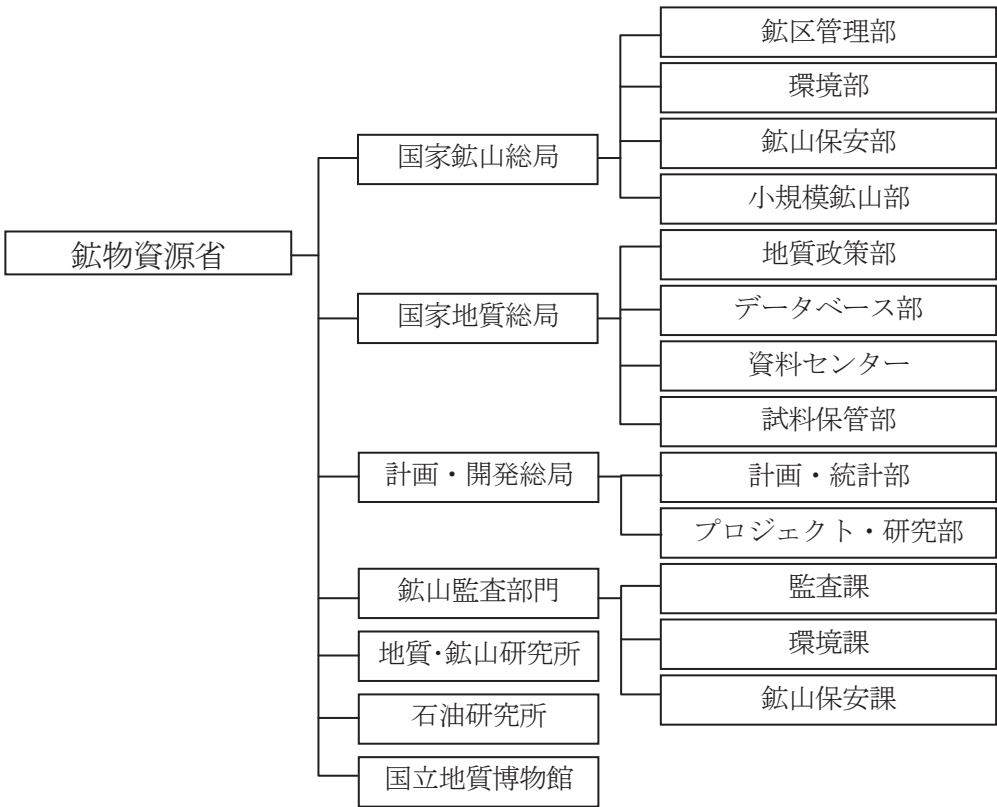


図 3. 35 現在の鉱物資源省の組織



写真 3. 34 鉱物資源省事務次官との面談
(面談には法務担当も参加する)



写真 3. 35 鉱物資源省国家鉱山総局
環境部長との面談

(4) 鉱業の状況

稼業中の鉱山は石炭、金、チタン・ジルコン、ボーキサイト、宝石類、石灰石、石材などである（表 3.27）。鉱山は、石炭鉱山が中央部ザンベジ川流域のテテ州、金鉱山が中央部内陸部のマニカ州、チタン・ジルコン、宝石類、ボーキサイト等鉱山が北部沿岸部のナムプラ州等に位置する。

現在稼業中の鉱山数は多くないものの、石炭においては今後テテ州でメジャークラスの石炭鉱山が操業開始待ちになっている。現在稼業中の石炭鉱山は Vale 社の Moatize 鉱山で、2011 年から本格的に採掘されている。今後は Rio Tinto 社等が同地域にて操業予定である。他に、マニカ州の金、テテ州等のウラン、中央部～北部にかけたレアアース等の探鉱プロジェクトも活発化してきている。その他、沖合の石油・ガス探鉱も活発化してきており、今後モザンビークは、石炭、石油・ガス等のエネルギー供給国になる可能性が高い。モザンビークの探鉱状況を表 3.28 に示す。

(5) 地質・鉱床担当部署の役割

国家地質局は鉱物資源省に属する。当局はこの 10 月に改組され、管理部門は国家地質局が引き継ぎ、地域地質、探査、応用地質等の技術系部門は地質・鉱山研究所 (Geological and Mining Institute) として分離された。ただし、現在これら人員はこれまでと同じ事務所で働いており、実質的な組織体制は以前と変わらない状況である。

主な業務は地質調査、石炭等エネルギーを含む鉱物資源探査、物理探査であり、鉱山環境・保安に係る業務には係っていない。これらに所属する技術者は、地質 15 名、地球物理 1 名、化学 5 名、GIS 6 名である。地質技術者中には水理地質 2 名が含まれている。

鉱山環境に関して、今後国内鉱山が増えるにつれて水理地質の分野が重要になってくることや、南ア地質調査所の同分野の技術者が鉱山環境に係る水理地質解析していることを認識している。

(6) 国際協力等

国家鉱山総局に関する他国からの支援として、独による環境全般への資金支援プログラム、世銀によるキャパシティビルディング（2012 年から）がある。ただしこれら支援対象は、国内環境関連セクター全般であり、当局のみへのプロジェクト支援は無い。

国家地質総局に関しては、現在プロジェクト関連の協力は無い。一方で研修としては、JICA、JOGMEC、海外産業人材育成協会（HIDA）による鉱物資源関連の研修に参加している。局内にはこれらの研修で来日された技術者が多い。このうち JOGMEC ボツワナ・リモートセンシングセンターにおける研修参加者は、過去 5 年間で 39 名、2013 年度は 2 名である。このほか他国からの研修支援として、インド石炭系会社ジンダル社での研修、豪州による地質・鉱山関連の研修（修士・博士課程含む）が行われている。

3.6.4 環境政策及び環境状況

鉱山環境に係る管理は鉱物資源省国家鉱山総局の環境部及び環境省国家環境影響評価局が携わっている。いずれの部署も鉱山環境に係る監査やモニタリングと EIA に係る許認可を行っており、両部署は協業している。これらの実施は国家鉱山総局環境部では 2004 年から開始され、国家環境影響評価局では環境法の制定以降の 1998 年から開始されている。これらの実施にあたっては国家鉱山局、労働局、衛生局とも協業している。

(1) 環境関連法規

関連法規及び施策として整備されているのは、環境法（1997年制定、2004年改訂）、環境品質・排水放出基準（2004年制定）である。これらに伴うガイドラインやプロシジャール等は整備されていない。

環境関連法規として、水等の排出基準については独自に作成した基準を用いている。また地下水水質（井戸水）の基準について、衛生省が基準を設けている。

(2) 環境担当部局及び組織

環境担当部局のうち、環境省国家環境影響評価局に係る組織を図 3.36 に示す。

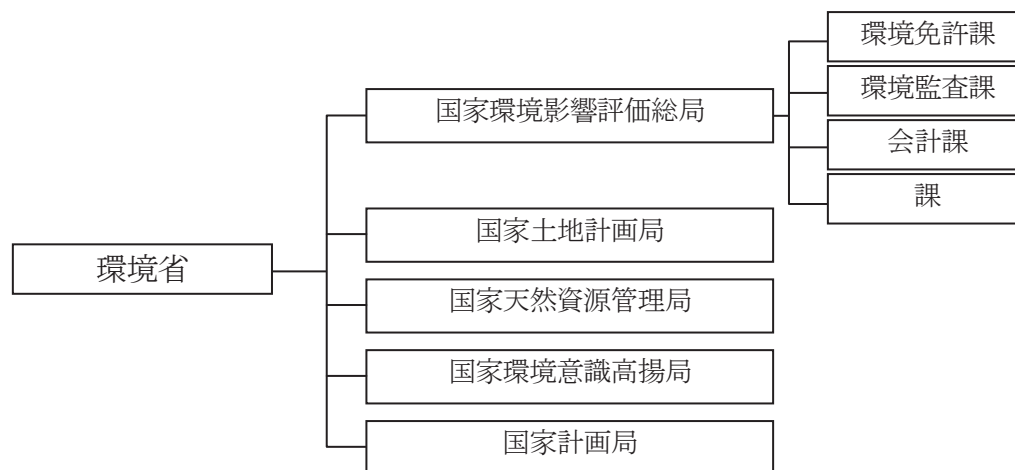


図 3.36 現在の環境省の組織

(3) 環境関連法規

関連法規及び施策として整備されているのは、環境法（1997年制定、2004年改訂）、環境品質・排水放出基準（2004年制定）である。これらに伴うガイドラインやプロシジャール等は整備されていない。

環境関連法規として、水等の排出基準については独自に作成した基準を用いている。また地下水水質（井戸水）の基準について、衛生省が基準を設けている。

(4) 国際協力等

他国からの支援として、独による環境全般への資金支援プログラム、世銀によるキャパシティビルディング（2012 年から）がある。このなかで、国家環境影響評価局に関しては EIA に係る監査・モニタリングのガイドラインの作成が開始されている。一方、国家鉱山総局環境部に関する他国からの支援はない。また国家環境影響評価局の技術者は JOGMEC や JICA による環境関連の研修に参加しているが、国家鉱山総局環境部の技術者は同研修に参加していない。

表 3. 27 稼業鉱山のリスト

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量		(生産物)	環境問題	保安問題
1	Monarch	Companhia Mineira de Gile, Metais de Moçambique (Angola)	Manica Province	Au	OP	2008	-	suspe nd	Au	-	-
2	Minas Moatize	Beacon Hill Resources PLC	Tete	Coal	OP	2010	-		coal	-	-
	Moatize	Vale	Tete	Coal	OP	2011	-		coal	-	-
3	Morropino	Noventa Ltd	Zambezia Province	Ta	UG	2009	-		Ta2O5	-	-
4	Muiane	Pacific Wildcat Resources Corp. (Canada)	Zambezia, Province	Ta	UG	2011	-		Ta2O5	-	-
5	Monte Snuta	EC Meikles (Zimbabwe)	Monte Snuta	Al	OP	?	-		bauxite	-	-
6	Moma	Kenmare Resources plc (Ireland)	Nampula Province	Ti, Zr	OP	?	-		ilmenite rutile zircon	-	Tailing dam washed out at 2010
7	Ancuabe	AMG Mining AG (Germany)	Ancuabe	Graphite	OP	?	-		graphite	-	-
8	Quarry Pemba	Marmonte Moçambique	Pemba	Marble	OP	?	-		marble	-	-
9	Mafiana	Minerais Industriais de Moçambique Lda	Mafiana	Bentonite	OP	?	-		bentonite	-	-
12	Matola	Cimentos de Moçambique SARL	Matola	Ls	OP	?	-		cement	-	-
13	Dondo	Cimentos de Moçambique SARL	Dondo	Ls	OP	?	-		cement	-	-
14	Nacala	Cimentos de Moçambique SARL	Nacala	Ls	OP	?	-		cement	-	-
15	Mutamabarico	Cimentos de Nacala S.A.	Nacala	Ls	OP	?	-		cement	-	-

表3.28 モザンビークの探鉱状況

(JOGMEC)

段階	No	プロジェクト名	鉱種	所有企業（権益：％）
開発	1	Marropino	タンタル	Noventa Ltd. (100)
F/S	2	Manica	金	Pan African Resources plc. (100)
試錐探 鉱	3	Mundonguara	銅, 金, 銀	Baobab Resources plc. (100)
	4	Niassa	金, チタン	-
	5	Tete	鉄鉱石, チタン, バナジウム, マンガン	Baobab Resources plc. (85), International Finance Corp. (15)
物理探 査	6	Chadzuca	金	Noise Media Inc. (50), Head4 Solutions Inc. (50), Viceroy Exploration Ltd. (1.50)
	7	Evate	リン鉱	Vale SA (100)
	8	Mavita	ニッケル	AXMIN Inc. (100)
	9	Mavuzi	ウラン	Jacana Resources Ltd. (80), North River Resources plc. (20)
	10	Mount Muambe	ランタン	Globe Metals and Mining Ltd.
初期探 鉱	11	King Solomon	銅, 金, 銀	African Queen Mines Ltd. (100)
	12	Mimosa	金	ABM Resources NL (76.33), Local Interest (23.67)
	13	Tulo	金	Gold One International Ltd. (100)
	14	Zambezi Valley	ウラン, 銅, 金	ARMZ Uranium Holding Co. (100)

3.6.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況

(1) 鉱山環境

鉱山環境汚染について、基本的には現在操業中の EIA 許可済鉱山において発生していない。ただし懸念されている問題は、small-scale mine における水銀使用廃水による河川の汚染、ウラン鉱山跡の廃さいの管理、活発化しつつある石炭鉱山の粉じん等である。

(2) 鉱害の発生及び同ポテンシャル

懸念されている問題の筆頭は、マニカ州、ザンベジ川流域、ナムブラ州等 small-scale mine での不法砂金の採掘である。ここでは金抽出に水銀が使われており、懸念はこの排水の河川への流出と飲料水の汚染である。水銀汚染懸念地付近の川では、すでに魚が死んだり、川の色が変わったりしている。付近に飲用貯水ダムの在る場所もある。

その他の懸念として、テテ州のマブース・ウラン鉱山の廃さいからのウラン拡散と土壌汚染である。鉱山自体はすでに廃止されているが、鉱山跡に廃さいが残されており、住民が柵を越えて侵入している。そのほか、2011 年にナムブラ州モマのチタン・ジルコン鉱山の尾鉱ダムが決壊し、これに伴い尾鉱が周辺に拡散した。これの土壌汚染も懸念されている。その他、最近活発化している石炭鉱山において、採掘時の粉じんや突出ガスが懸念されている。

(3) 鉱害被害状況

現状で社会問題として大きく取り上げられている問題は無いが、マニカ州等の small-scale mine での水銀使用による河川汚染では、魚への被害や河川の変色などが確認されている。

(4) 鉱害への対応等

鉱害への対応について、マニカ州等の small-scale mine での水銀使用等による河川汚染の懸念では、改善を検討しているものの、状況が複雑で難しく、現状は放置のみである。この問題について、2004 年に世銀資金でスウェーデンの会社が水分析を行った。ただしこれは事前調査であり、その後分析等は行っていない。その一方で、不法砂金採掘による水銀汚染懸念につ

いて、2012 からジンバブエとの共同プロジェクトが再開されている（プンゴ川 Management Project）。

マブース・ウラン鉱山の廃さいからのウラン拡散と土壌汚染に関する懸念では、鉱山自体はすでに廃止されているが、鉱山跡に廃さいが残されている。政府ではこの廃さいの周りに柵を作るなどの対策を講じたが、住民が柵を越えて侵入している。周辺土壌については 2009 年に IEA が試料採取と分析を実施した。しかし結果は公になっていない。

石炭鉱山での採掘時の粉じんや突出ガスの懸念に関し、政府側は開発会社がメジャー（Vale 社、Rio Tinto 社）であることから余り心配していない。会社側も管理・改善努力している。

(5) 鉱害への低減化対策等

鉱害ポテンシャルの低減策として、たとえばウラン鉱山跡では、政府が付近住民の廃さい地への立ち入りを制限するため、廃さい地周辺に柵を設けた事例がある。その他、テテ州のプンゴ川不法砂金採掘による水銀汚染懸念についても、政府は 2012 年からジンバブエとの共同プロジェクトの再開させ、鉱害ポテンシャルの低減を図っている。このように政府では鉱害の懸念される個所に対する対策を行っているが、未だ懸念の低減には至っていない。

(6) 対象地及び周辺でのモニタリング

ポテンシャルが懸念されるサイトでの監査・モニタリングは、国家鉱山総局環境部と国家環境影響評価局が協業して実施している。ただし実施方法は基本的に目視であり、監査にあたり測定や分析等は行われていない。またこれらに係る機器や分析装置等はない。従って、当局での監査・モニタリングは目視に頼っている状況である。また鉱山局と同様、環境影響評価、監査・モニタリングに係るガイドラインや手順書は整備されておらず、基本的には法令に基づくのみである。

(7) 国際協力等

鉱害ポテンシャルを低減させるための具体的な支援は成されていない。一方で不法砂金採掘による水銀汚染懸念については、2012 からジンバブエとの共同プロジェクトが再開されている（プンゴ川 Management Project）。

3.6.6 鉱山保安の状況

(1) 鉱山保安関連法規

関連法規及び施策として整備されているのは、鉱山安全規則（2006 年制定）である。鉱業関連法規は現在も改訂中であり、鉱山安全規則についても改訂される予定である。これらに伴うガイドラインやプロシジャ等は整備されていない。

(2) 鉱山保安状況

保安上の問題は、特にマニカ、ザンベジ、ナムブラ州等の小規模鉱山で発生している。小規模鉱山は安全対策を取っていない場合が多く、その場合、安全上無対策であり、掘削に伴う岩盤崩壊や発破による死亡事故等につながっている。また掘削の掘り跡等は、その後放置されている。最近公になった大きな問題としては、モマのチタン・ジルコン鉱山の尾鉱の決壊があげられる。この決壊では住民が死亡し、当時のニュースでも大きく取り上げられた。

(3) 鉱山保安政策及び実施状況

鉱山局には過去の鉱山災害データ等は揃っていない。これから特にメジャー企業の大規模石炭鉱山が稼業開始するにつれて、鉱山局や関係者による安全管理のための保安に関する技術、

ガイドライン、手順などが必要になる。これについては当局も認識しているところである。

3.6.7 人材育成の状況及び技術研修の要望

(1) 人材育成の状況

人材育成に関する独自のシステムは無く、基本的にはOJTのようである。研修として従って関連各部署において、日本等への人材育成プログラムの参加要望は大きい。

(2) 国際協力等

人材育成に関する他国からの国際協力として、鉱山総局、地質調査所、環境影響評価総局はJICA、JOGMEC、海外産業人材育成協会（HIDA）による鉱物資源・環境関連の研修に参加している。局内にはこれらの研修で来日された技術者が多い。このうちJOGMEC ボツワナ・リモートセンシングセンターにおける研修参加者は、過去5年間で39名、2013年度は2名である。これら日本機関による環境関連の研修について、これまでに環境影響評価総局からは参加しているが、鉱山総局環境部は参加していないようである。

このほか他国からの地質・鉱山関連の研修支援として、インド石炭系会社ジンダル社での研修、豪州によるの研修（修士・博士課程含む）が行われている。対象は地質調査所である。

(3) 本邦技術研修への要望

人材育成等、各局庁の要望に係り、いずれの局も日本における長期研修に大きく興味を引いている。取得したい技術内容や要望、研修を通じた育成対象は次のとおりである。

(国家鉱山総局)

- ・取得したい技術：鉱山環境影響評価全般、環境マネジメントシステム、水質等環境モニタリング・監査方法、鉱山環境に係る衛星画像・GIS解析
- ・要望：関連ガイドライン・手順書の策定、モニタリング・分析機器や分析室設立に係る支援、上記取得したい分野に関する長期研修を含む人材育成
- ・育成対象：監査・モニタリング担当技師（局10名、地方局20名、いずれも大卒）

(国家環境影響評価総局)

- ・取得したい技術：鉱山地質を含むEIAに係る監査・モニタリング技術。
- ・要望：鉱山地質を含むEIAに係る監査・モニタリング技術の長期研修。
- ・育成対象：EIA許認可・監査・モニタリングを担当技師14名（化学、農学、地理、海洋、生態、地質、石油系、いずれも大卒）。

(国家地質総局)

- ・取得したい技術：取得や人員を補強したい分野として、地球物理（地震系）、構造地質、鉱物学。
- ・要望：鉱山環境に関する水理地質分野の人材育成、上記取得したい分野に関する人材育成。
- ・育成対象：地質技師15名、地球物理1名、化学5名、GIS6名、うち水理地質技師は2名。

3.7 南アフリカ

3.7.1 南アフリカの概要

(1) 南アフリカの国情及び経済指標

南アフリカ共和国の国情及び経済指標を以下に示す。

- ・面積 : 122 万 km² (日本の約 3.2 倍、図 3.37)。
- ・人口 : 5,058 万人 (2011 年 : 世銀)。
- ・首都 : プレトリア。
- ・民族 : 黒人、白人、カラード、アジア系。
- ・言語 : 英語、アフリカーンス語、バンツール語 (ズールー語、ソト語他) の合計 11 が公用語。
- ・主要産業 : (農業) 畜業、とうもろこし、柑橘類、その他の果物、小麦、砂糖、羊毛、皮革類。
(鉱業) 金、ダイヤモンド、プラチナ、ウラン、鉄鉱石、石炭、銅、クロム、マンガン、石綿。
(工業) 食品、製鉄、化学、繊維、自動車。
- ・GNI (国民総所得) : 4,082 億ドル (2011 年 : 世銀)。
- ・一人当たり GNI : 6,960 ドル (2011 年 : 世銀)。
- ・経済成長率 : 3.1% (2011 年 : 世銀)。
- ・物価上昇率 : 5.0% (2011 年 : 世銀)。
- ・総貿易額 : 輸出 971 億ドル、輸入 997 億ドル (2011 年)。
- ・主要輸出品目 : 金、希金属、鉱物製品、化学製品、食品、繊維製品、ダイヤ。
- ・主要貿易相手国 (2011 年) :
 - ・輸出 : 中国、米国、日本、ドイツ、英国。
 - ・輸入 : 中国、ドイツ、米国、日本、サウジアラビア
- ・通貨 : ランド。
- ・為替レート : 1 米ドル=約 8.8 ランド (2012 年 12 月)。
- ・経済概況 : 南アフリカは、サブサハラ・アフリカの全 GNP の約 3 割を占め、アフリカ経済を牽引している。南ア経済は、19 世紀後半にダイヤモンド、金が発見されて以降、鉱業主導で成長し、これによって蓄積された資本を原資として製造業及び金融業が発展していたが、近年ではかつての主力産業であった鉱業 (1990 年の対 GDP 比 9.7%) の比率が減少を続けている一方、金融・保険 (1990 年の対 GDP 比は 14.5%) の割合が拡大している。2006 年の GDP 部門別内訳は、農業 2.7%、鉱工業 30.9%、サービス業 66.4% であり、先進国同様、南ア経済は第三次産業の割合が高くなっているが、貿易構造は、鉱物資源輸出への依存が依然として高い。なお、輸入は先進国からの機械類の比率が高い。

1997-1998 年には内需の縮小と世界経済の低迷の影響から南ア経済は停滞したが、1999 年に入ると景気は回復し始めた。しかし、2002 年以降、南ア経済は高金利とランド高に苦しみ、成長率は鈍化傾向を示した。南ア準備銀行は 2003 年に 5.5% の利下げを実施し、プライムレートも 11% まで下落したが、ランド高 (1 ドル=6~7 ランド) は是正されず、輸出産業の業績悪化により、2003 年の経済成長率は、前年の 3.6% を大きく下回る 1.9% (1998 年 (0.8%) 以降で最低の伸び) まで落ち込んだ。しかし、景気の低迷は、2003 年第 2 四半期で底を打ち、その後金融政策の大幅な緩和もあり、内需が回復し、2007 年の経済成長率は、5.1% となっている。

南アは、1996 年に金融政策・貿易の自由化、財政の健全化、諸規制の撤廃を掲げた

マクロ経済戦略「成長・雇用・再分配（GEAR）」を策定し、以後、自由化による経済成長路線を歩んでいる。他方、失業は依然として大きな社会問題となっており、1997年の21%以降、20%を越える高い水準で推移している。

2009年5月に就任したズマ大統領は、同年6月の議会で行った施政方針演説において、経済成長の加速化を含む中期優先課題を掲げた。

- ・主要援助国（2011年ODA）： 米国、フランス、ドイツ、英国、ノルウェー。
- ・日本の援助実績：
 - (1) 有償資金協力（～2010） 201.45 億円。
 - (2) 無償資金協力（～2010） 131.96 億円。
 - (3) 技術協力 （～2010） 86.72 億円。
- ・地方行政区画： 9つの州に分かれている。

(2) 自然状況

a. 地形

南アフリカ共和国は、アフリカ大陸の南端に位置し、南西部は南大西洋、南東部はインド洋に面し、長い海岸線を有する（図3.37）。首都はプレトリアである。

海岸平野は狭く、国土の全体が高地になる。内陸はカルーと呼ばれる広大な平坦地で、人口は少ない。北西部はナミブ砂漠の延長部である。東部にはドラケンスバーグ山脈が連なる。国の最高地点はレソトとの国境にあるマハディ山（標高3,450m）である。



（JOGMEC, 2005）

図 3.37 南アフリカ国及び行政区

b. 地質・鉱床

南アフリカ共和国における地質の創生は37億年前に遡る。始生代のクラトンを核として、その周辺に原生界が、さらに顕生界が成長して形成されている（図3.38）。最も古いスワジアン界であり早期始生代に相当（38億年前）まで遡り、岩相はトータル岩質片麻岩、花崗岩質岩等から成る片麻岩類であり、この地域の基盤をなしている。

バーバトン及びマーチソン緑色岩帯はカープバールクラトンの東から北東にかけて分布し、いわゆるオフィオライト層序を示す。フィグトリ層群はオンバーワト層群を不整合に覆う粘土質岩、チャートであり、縞状鉄鉱層（BIF）を伴う。

ウィットウォーターランド系は始生代末の浅海性堆積物であり、この堆積盆は世界最大の金

鉱床を胚胎することによって有名である。この上部層は多くの礫岩層と砂岩の互層からなり金とウランを伴う。

ブッシュフェルト層状分化岩体（または、複合岩体）はプレトリア層群の構造にほぼ整合的に貫入している。同複合岩体は世界最大の層状分化岩体であると同時に、大規模なクロム・白金族元素・チタン・バナジウムなどのレアメタル資源を伴っている。

カルー系は古生代前期から中期のケープ系と先カンブリア基盤岩を被覆して、アフリカ南部に広がる陸成堆積物を主とする地層である。金属資源ポテンシャルという点から見れば、カルー系はそれほど重要ではない。



第7-1図 南アフリカ共和国の地質概略図（神谷, 1994 による）

1: 第四系, 2: ウィッテンヘイジ系・ズルランド系, 3: カルー系, 4: ケープ系, 5: ケープ花崗岩類 (1~5: 顕生代), 6: ナミビアン系, 7: ナタールー・ナマクワランド系, 8: オリファントシェーク系・ソートバンスバーグ系, 9: ブッシュフェルトコンプレックス系, 上: 珪長質岩・下: 苦鉄質～超苦鉄質岩, 10: トランスバール系 (5~10: 原生代) 11: ベンダースドープ系, 12: ウィットウォータースランド系, 13: ウィットウォータースランド系の潜在分布域, 14: スワジランド系 (バーバトン緑色岩系, マーチスン緑色岩系), 15: 古期片麻岩類 (11~15: 始生代)

(JOGMEC, 2005)

図 3.38 南アフリカの地質

c. 気象

気候は夏期は10月から3月、冬期は5月から8月である。一年を通じて気候は比較的温暖で日照時間が長い。

3.7.2 第一次現地調査の概要

(1) 現地調査の実施日程

南アフリカにおける第一次現地調査及び追加調査は、11月25日～11月29日の5日間及び2014年2月17日～2月22日の5日間に亘って実施した。現地調査の実施日程を表3.29 (1)、(2)に示す。

表 3.29 南アフリカでの現地調査の実施日程
(1)

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	11/24 (日)	—	リロングエ(マラウイ)ーヨハネスブルグ(南アフリカ)	移動。	
2	11/25 (月)	9:00～ 13:30～	プレトリア： 調査準備 ミッドランド： DBSA 会議場	水 PPP ワークショップ 出席	会議講演者、他
3	11/26 (火)	10:00～ 14:00～ 15:30～	プレトリア： JICA 事務所 地質調査所 地質調査所	打合せ、アポイント取り セミナー 協議、ヒアリング	早山所員、他 部門長、他 水理地質技師、他
4	11/27 (水)	8:30～ 12:00～ 15:00～	プレトリア ～キャロリナ： 地質調査所 キャロリナ周辺 ウィットバンク周辺	協議、ヒアリング ダムほか視察 マンガン廃さい視察	水理地質技師、他 水理地質技師、他 水理地質技師、他
5	11/28 (木)	9:30～ 13:00～	プレトリア： JICA 大使館	打合せ 協議	現地所員 和泉一等書記官
6	11/29 (金)	9:00～ 14:00～ 15:30～	プレトリア： 水局 JICA 事務所 PwC	協議、ヒアリング 調査概要報告 協議、ヒアリング	シニアマネージャー、他 木野本所長、関次長 シニアマネージャー
7	11/30 (土)	14:00	ヨハネスブルグーマプト	移動	

(2)

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	2/18 (火)	7:00～ 14:30～	移動：南アフリカへ プレトリア： JICA 事務所	調査打合せ	早山所員、他
2	2/19 (水)	11:00～	プレトリア： 水省	面談、質問票の回答依頼	環境技師
3	2/20 (木)	8:00～	ヨハネスブルグ： Witwatersrand 金鉱山周辺	鉱山状況視察	—
4	2/21 (金)	14:00～	プレトリア： 鉱山資源省	面談、質問票の回答依頼	副局長、他

(2) 調査の対象官庁及び訪問先

現地調査における訪問先、並びに調査対象官庁・部署を下記に示す。

(訪問先)

- ・在南アフリカ日本大使館
- ・JICA 南アフリカ事務所

(調査対象官庁・部署)

- ・鉱物資源省 鉱物政策・促進部門

- ・地質調査所 科学サービス部門、水理地質学部門ほか
- ・水省 水地科学部門ほか

(3) セミナーの開催

セミナーは11月26日（火）、地質調査所会議室で行った。南アフリカ側からの参加者は4名であった。参加者の内訳は、地質調査所の Geoscience Services、Minerals Development、Stakeholder and Business Development、Marketing and communication から各1名で、いずれもマネージャークラスであった（写真3.36、3.37）（表3.30）。

セミナーでは、調査団からは準備した資料の1～3までを説明した。全体に興味を引かれるとともに、先方から、鉱山環境における南アフリカの現状の問題や政府側の役割等、会談しながら説明してもらった。



写真3.36 地質調査所



写真3.37 地質調査所との面談・セミナー状況
(南アフリカ側は4名参加)

(説明資料)

セミナーは会議室用のプロジェクターを使用して行った。セミナーのプレゼン資料は下記の2ファイルを使用した。

- 1) アフリカ地域調査 JICA 背景説明 131105 .ppt : JICA の活動
- 2) アフリカ地域調査 鉱山環境-保安 説明 .ppt : 当該案件、本邦鉱害・対策事例等

(質疑・応答)

質疑・応答では、以下の質問及び協議があった。

- ・南アフリカにおける鉱山環境一般について。
- ・南アフリカにおける鉱山環境上の懸念・対策について。
- ・地質調査所における鉱山環境スタディについて。

表3.30 セミナー参加者リスト

No	Name	Organization / Division	Position
1	Gerhard Graham	Council for Geoscience	Executive Manager, Scientific Services
2	Maleka J Monyepao	Council for Geoscience	Manager, Stakeholder and Business Development
3	F. Ramagwede	Council for Geoscience	Executive Manager
4	Nthoubi Mdlvlijacka	Council for Geoscience	Marketing and communication
5	Mpho Pekane	JICA South Africa Office	Staff
6	Yoshimitsu Negishi	JICA Study Team	JICA Study Team
7	Hirohisa Kobayashi	JICA Study Team	JICA Study Team

DMR : 鉱物資源省

: Department of Mineral Resources

CGS	: 地質調査所	: Council for Geological Survey
DWA	: 水省	: Department of Water Affairs
DEA	: 環境省	: Department of Environmental Affairs
PwC	: プライスウォーターハウスクーパース	: PricewaterhouseCoopers

3.7.3 鉱業政策及び鉱業状況

(1) 鉱山担当部局及び組織

鉱山は鉱物資源局が管轄し、探鉱権及び鉱業権等の鉱業法に基づく権利の許認可、鉱山操業の監督、鉱山保安に係る監督、鉱山環境に係る監査やモニタリングを行っている。EIA の許認可は行っていない。これらのうち鉱山環境に係る監査やモニタリングは、地質調査所及び水局等と協業している（図 3.39）（写真 3.38、3.39）。

局内の技術系部門は、鉱物政策・促進部門（Mineral Policy and Promotion）、鉱物法規部門（Mineral Regulation）、鉱物衛生・安全部門（Mineral Health and Safety）の3部門に分かれている。

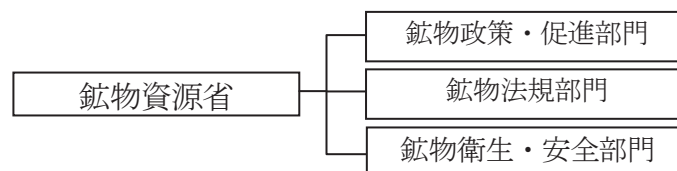


図 3.39 現在の鉱物資源省の組織



写真 3.38 地質調査所水理地質学部門との面談
(水理地質技師 12 名在籍)



写真 3.39 水省担当者との面談

(2) 鉱業関連法規

関連法は、鉱物・石油資源開発法（Mineral and Petroleum Resources Development Act、2002 年制定）である。

鉱山環境関連法規及び施策として整備されているのは、環境保護法（Environment Conservation Act、1989 年制定）、環境管理法（National Environmental Management Act、1998 年制定）、水利法（National Water Act、1998 年制定）、等を基本にしている。

以上の他、水関連及び保安関連のガイドラインやハンドブックが多数発行されている。うち水関連では、Blue Drop/No Drop として排出基準を設けている。また水省の HP では Blue Drop System により各地の飲用水質モニタリング状況が定期的に明らかにされている。飲用水の基準は WHO を利用している。

(3) 鉱業政策

現政権における鉱業政策の重要事項は、鉱山保安策の重視、鉱業憲章で定める BEE 政策の見直しを行うこと、国営鉱山企業の設立可能性の調査検討を行うことである。またトピックスとしては、これまでに鉱山公社 AEMFC (African Exploration Mining Finance Corp) に対して認めていた鉱物・石油資源開発法で規定される環境影響調査や探鉱権等の申請に係る適用免除の撤廃、鉱物資源（金、PGM、ニッケル、鉄鉱石、クロム等）の高付加価値化戦略の開始、炭素税導入の検討、等である。

(4) 鉱業の状況

南アフリカの鉱山数（休廃止含む）は約 6,000 に達する。現在採掘されている鉱種は、生産量において世界トップクラスの金、白金族、クロム、マンガンなどをはじめ、その他に石炭、ダイヤモンド、鉄、銅、亜鉛・鉛等、非常に多岐に渡っている（表 3.31）。

これら鉱種のうち金は、ヨハネスブルグ周辺のウィットウォータースランド鉱床区に集中している。また白金族やクロム等はヨハネスブルグ北方～北東方にかけたブッシュフェルト鉱床区やトランスバール鉱床区に集中している。また石炭はこれら金属鉱床区の南側で北東部のクルーガー南西方等に集中している。

このうち、南アフリカ鉱業協会（Chamber of Mines of South Africa）の会員となっている鉱山会社として石炭鉱山 17 社、ダイヤモンド鉱山 4 社、金鉱山 10 社、鉄鉱山 19 社、マンガン鉱山 10 社である。南アフリカの探鉱状況を表 3.32 に示す。

(5) 地質・鉱床担当部署の役割

地質調査所は地球科学及び関連工学分野に広く係り研究活動を行っている。地質調査所において鉱山環境に関連するスタディ・モニタリング等は、特定された部門で行われているわけではなく、スタディ内容に応じて各部門の研究者が参加している。ただし鉱山環境に関して核となる部門は、全体的には環境地質学部門と水理地質学部門である。鉱山環境に係るスタディ・モニタリングは、鉱物資源省や水省と協業している。

所内の部門は、図 3.40 のとおりである。

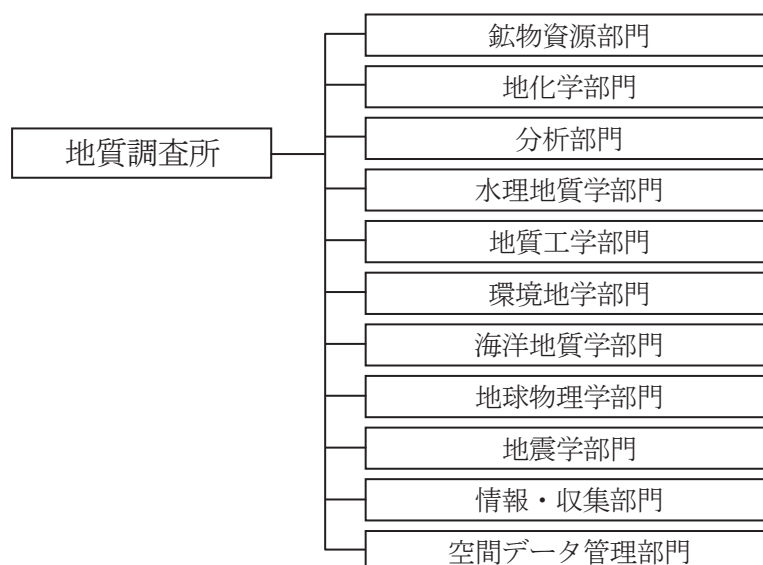


図 3.40 現在の地質調査所の組織

表 3.31 稼業鉱山のリスト(1)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物) conc. of Au and Sb	環境問題	保安問題
1	Cons Murch	Consolidated Murchison Ltd. (Village Main Reef Ltd., 74%)	Gravelotte 50kms from Phalaborwa, in the Limpopo Province	Sb	UG	? -	7000 t/y	Au	-	
2	Thomcliffe	Xstrata plc(79.5), Merafe resources Ltd.(20.5)	Steelpoort	Cr	UG	? -	0.99 Mt/y	Cr	-	-
3	Kroondal	Xstrata plc(79.5), Merafe resources Ltd.(20.5)	Rustenburg 120km north-west of Johannesburg in North West Province	Cr	UG	? -	0.85 Mt/y	Cr	-	-
4	Helena	Xstrata plc(79.5), Merafe resources Ltd.(20.5)	23 km South of Steelpoort	Cr	?	2004 -	0.83 Mt/y	Cr	-	-
5	Waterval	Xstrata plc(79.5), Merafe resources Ltd.(20.5)	Rustenburg	Cr	UG	? -	0.65 Mt/y	Cr	-	-
6	Horizon	Xstrata plc(79.5), Merafe resources Ltd.(20.5)	Pilansberg in Limpopo	Cr	?	? -	0.26 Mt/y	Cr	-	-
7	Eastern Chrome	Samancor chrome Ltd. (international Mineral resources BV, 70%)	Steelpoort Valley, Mpumalanga in the Limpopo. 350km north-east of Johannesburg	Cr	UG	? -	2.0 Mt/y	Cr	-	-
8	Western Chrome	Samancor chrome Ltd. (international Mineral resources BV, 70%)	Mooiiooi in the North West 130km north-west of Johannesburg	Cr	UG	? -	1.5 Mt/y	Cr	-	-

表 3.31 稼業鉱山のリスト(2)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物)	環境問題	保安問題
9	Bokfontein	Heric Ferrochrome: Mitsubishi (51) Industrial Development (21), ELG Haniel GmbH(7.8), Mmakau Mining(6.5), Matlapeng Resources (6.5), International Finance(5), others(2).	40km west of Pretoria	Cr	UG	2010 -	1.5 Mt/y	Cr	-	-
10	Dwarsvier	African rainbow Minerals Ltd(50), Assore Ltd(50)	Mpumalanga Province	Cr	?	?	1.4 Mt/y	Cr	-	-
11	Lesedi	international ferro Metals Ltd.	38 km WNW of Atteridgeville	Cr	UG	?	1.32 Mt/y	Cr	-	-
12	Sky Chrome	International Ferro Metals	45 km West of Pretoria	Cr	?	?	0.60 Mt/y	clude Cr	-	-
13	Nkomati Chrome	African rainbow Minerals Ltd(50), MMc Norilsk Nickel(50)	Mpumalanga Province	Cr Ni	UG	?	1.0 Mt/y	Cr and Ni	-	-
14	Markana, Pandora	Lonmin plc	Rustenburg in the North West	Cr	UG	?	0.81 Mt/y	Cr	-	-
15	Crocodile River	Eastern Platinum Ltd	near the town of Brits Arbourfell	Cr	?	?	0.52 Mt/y	Cr	-	-
16	Rustenburg Chrome	Bayer (Pty) Ltd	14 km from Rustenburg	Cr	UG	?	0.45 Mt/y	Cr	-	-
17	Bathopele, etc.	Anglo American Platinum Ltd. (Anglo American plc, 74.1%)	near the town of Rustenburg	Cr	UG	?	0.43 Mt/y	Cr	-	-
18	Tharisa	Tharisa Minerals Ltd.	95 km north-west of Johannesburg and 35 km east of Rustenburg	Cr Pt	OP UG	?	0.42 Mt/y	Cr	-	-
19	Dilokong	Dilokong chrome Mine (Pty) Ltd. [ASA	30 km North West of Burgersfort	Cr	?	?	0.36 Mt/y	Cr	-	-

表 3.31 稼業鉱山のリスト(3)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物)	環境問題	保安問題
20	Palabora	Rio Tinto Ltd(57.7) Anglo American plc (16.8)	Phalaborwa	Cu	OP	?	0.08 Mt/y	Cu	-	-
21	Bathopele, etc.	Anglo American Platinum Ltd. (Amplats)	Rustenburg	Cu	UG	?	0.013 Mt/y	Cu	-	-
22	Nkomati	Nkomati Joint Venture	Mpumalanga Province	Cu	OP	?	9000 t/y	Cu	-	-
23	Impala	Impala Platinum Ltd	near Rustenburg	Cu	UG	?	6000 t/y	Cu	-	-
24	Black Mountain	Vedanta resources plc (74)	113km north-east of Springbok Northern Cape Province	Cu	?	?	7000 t/y	Cu	-	-
25	Marikana and Pandora	Lonmin Plc Aquarius Platinum Ltd(50)(South Africa), Rustenburg Platinum Mines Ltd(50)	12 km outside of Rustenburg	Cu	UG	?	2000 t/y	Cu	-	-
26	Kopanang	Anglo American plc(41.8)	170km southwest of Johannesburg	Au	UG	?	32100 kg/y	Au	-	-
27	Great Noligwa	Anglo American plc(41.8)	160km southwest of Johannesburg	Au	UG	?	14600 kg/y	Au	-	-
28	Moab Khotsong	Anglo American plc(41.8)	160km southwest of Johannesburg	Au	UG	?	11000 kg/y	Au	-	-
29	Vaal River (surface operations)	Anglo American plc(41.8)	?	Au	?	?	5100 kg/y	Au	-	-
30	Mponeng	Anglo American plc(41.8)	between the towns of Carletonville and Fochville	Au	UG	?	17000 kg/y	Au	-	-
31	Tau Tona	Anglo American plc(41.8)	Just south of Carletonville in Gauteng and about 70km southwest of Johannesburg.	Au	UG	?	16000 kg/y	Au	-	-
32	Savuka	Anglo American plc(41.8)	70km southwest of Johannesburg	Au	UG	?	12000 kg/y	Au	-	-

表 3.31 稼業鉱山のリスト(4)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物)	環境問題	保安問題
33	KDC	Gold fields Ltd	60 - 80 km west of Johannesburg	Au	UG	?	36900 kg/y	Au	-	-
34	Beatrix	Gold fields Ltd	240 kilometers south-west of Johannesburg	Au	UG	?	12800 kg/y	Au	-	-
35	South Deep	Gold fields Ltd	45km south-west of Johannesburg	Au	UG	?	9200 kg/y	Au	-	-
36	Kusasaletu	harmony Gold Mining co. Ltd.	75km south-west of Johannesburg	Au	UG	?	9000 kg/y	Au	-	-
37	Phakisa	harmony Gold Mining co. Ltd.	250km south-west of Johannesburg	Au	UG	?	7000 kg/y	Au	-	-
38	Tshepong	harmony Gold Mining co. Ltd.	250km south-west of Johannesburg	Au	UG	?	7000 kg/y	Au	-	-
39	Doornkop	harmony Gold Mining co. Ltd.	20km west of Johannesburg	Au	UG	?	6400 kg/y	Au	-	-
40	Target 1 and 3	harmony Gold Mining co. Ltd.	300km South-West of Johannesburg	Au	UG	?	6000 kg/y	Au	-	-
41	Masimong	harmony Gold Mining co. Ltd.	300km South-West of Johannesburg	Au	UG	?	5100 kg/y	Au	-	-
42	Bambanani	harmony Gold Mining co. Ltd.	300km South-West of Johannesburg	Au	UG	?	3300 kg/y	Au	-	-
43	Evander	harmony Gold Mining co. Ltd.	120km East of Johannesburg	Au	UG	?	2800 kg/y	Au	-	-
44	Joel	harmony Gold Mining co. Ltd.	300km South-West of Johannesburg	Au	UG	?	2500 kg/y	Au	-	-
45	Unisel	harmony Gold Mining co. Ltd.	400km South-West of Johannesburg	Au	UG	?	2400 kg/y	Au	-	-
46	-do- (surface operations)	harmony Gold Mining co. Ltd.	400km South-West of Johannesburg	Au	OP	?	1800 kg/y	Au	-	-
47	Kalgold	harmony Gold Mining co. Ltd.	300km West of Johannesburg	Au	OP	?	1300 kg/y	Au	-	-
48	Unisel	harmony Gold Mining co. Ltd.	400km South-west of Johannesburg	Au	UG	?	810 kg/y	Au	-	-
49	Blyvooruitzicht	Village Main Reef Ltd.	80km South-West of Johannesburg	Au	UG	?	4800 kg/y	Au	-	-
50	Crown	DRDGold Ltd.	?	Au	?	?	4500 kg/y	Au	-	-
51	Ergo	DRDGold Ltd.	?	Au	retreatment	?	1100 kg/y	Au	-	-

表 3. 31 稼業鉱山のリスト(5)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量		(生産物)	環境問題	保安問題
							7900	kg/y	Au	-	-
52	Burnstone	Great Basin Gold Ltd.	80km South-East of Johannesburg	Au	UG	?					
53	Ezulwini	First Uranium Corp.	40km West of Johannesburg	Au	UG	?		4400	kg/y	Au	-
54	-do- (mine waste solutions project)	First Uranium Corp.	?	Au	?	?		2200	kg/y	Au	-
55	Buffelsfontein and Tau Lekoa	Village Main Reef Ltd.	160km South-West of Johannesburg	Au	UG	?		5100	kg/y	Au	-
56	Modder East	Gold One International Ltd.	30km East of Johannesburg	Au	UG	?		4700	kg/y	Au	-
57	Cooke Underground	Gold One International Ltd.	40 km West of Johannesburg	Au	UG	?		3700	kg/y	Au	-
58	Randfontein Surface	Gold One International Ltd.	40 km West of Johannesburg	Au	surface	?		1000	kg/y	Au	-
59	Barberton	Metorex Ltd.(54) Shanduka Resources (Pty) Ltd.(26)	250km East of Pretoria	Au	UG	?		3200	kg/y	Au	-
60	East Rand Proprietary	White Water Resources Ltd.	25km North-East of Johannesburg	Au	UG	?		2700	kg/y	Au	-
61	Central Rand	Central Rand Gold Ltd.	Johannesburg	Au	UG	?		1200	kg/y	Au	-
62	Black Mountain	?	Aggeneys	Pb		?		0.54	Mt/y	Pb	-
63	Sishen	?	Sishen	Fe	?	?		41.0	Mt/y	Fe	-
64	Thabazimbi	?	Thabazimbi	Fe	?	?		2.7	Mt/y	Fe	-
65	Khumari	?	?	Fe	?	?		10.0	Mt/y	Fe	-
66	Beeshoek	?	Postmasburg	Fe	?	?		1.0	Mt/y	Fe	-
67	Palabora	?	Phalaborwa	Fe	?	?		3.5	Mt/y	Fe	-
68	Mapochs	?	Roossensckal	Fe	?	?		2.7	Mt/y	Fe	-
69	Vanetco Vanadium	?	Near Brits	Fe	?	?		1.1	Mt/y	Fe	-
70	Rhovan	?	Brits	Fe	?	?		0.4	Mt/y	Fe	-
71	Nchwaning	?	Black Rock	Mn	?	?		5.0	Mt/y	Mn	-
72	Gloria	?	Black Rock	Mn	?	?		0.6	Mt/y	Mn	-
73	Mamatwan	?	Hotazel	Mn	?	?		3.5	Mt/y	Mn	-
74	Wessels	?	Hotazel	Mn	?	?		1.0	Mt/y	Mn	-
75	Kalahari	?	?	Mn	?	?		2.7	Mt/y	Mn	-

表 3. 31 稼業鉱山のリスト(6)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量		(生産物)	環境問題	保安問題
76	?	?	North West Province	Mn	OP	?	0.02	Mt/y	Mn- dioxide	-	-
77	Bathopele, etc.	?	?	Ni	?	?	0.03	Mt/y	Ni	-	-
78	Nkomati	?	Mpumalanga Province	Ni	?	?	0.02	Mt/y	Ni	-	-
79	Impala	?	?	Ni	?	?	6000	t/y	Ni	-	-
80	Marikana and Pandora	?	?	Ni	?	?	4000	t/y	Ni	-	-
81	Kroondal	?	?	Pt	?	?	7.8	t/y	Pt, etc.	-	-
82	Modikwa	?	Makgemeng	Pt	?	?	4.2	t/y	Pt, etc.	-	-
83	Mogalakwena	?	Ga-Masanya	Pt	?	?	10.6	t/y	Pt, etc.	-	-
84	Mototo	?	Steelpoort	Pt	?	?	4.1	t/y	Pt, etc.	-	-
85	Impala	?	Phokeng, North West Province	Pt	?	?	29.5	t/y	Pt, etc.	-	-
86	Marula	?	Bothashoek	Pt	?	?	2.2	t/y	Pt, etc.	-	-
87	Mankara and Pandora	?	?	Pt	?	?	24.9	t/y	Pt, etc.	-	-
88	Zondereinde	?	Northam	Pt	?	?	9.4	t/y	Pt, etc.	-	-
89	Marikana	?	?	Pt	?	?	2.7	t/y	Pt, etc.	-	-
90	Everest Platinum	?	Lydenburg	PT	?	?	3.8	t/y	Pt, etc.	-	-
91	Blue Ridge	?	?	Pt	?	?	3.9	t/y	Pt, etc.	-	-
92	Pilanesberg	?	?	Pt	?	?	5.4	t/y	Pt, etc.	-	-
93	Eland	?	Brits	Pt	?	?	7.5	t/y	Pt, etc.	-	-
94	Bokoni	?	Sefateng	Pt	?	?	4.1	t/y	Pt, etc.	-	-
95	Two Rivers Platinum	?	Near Steelpoort	Pt	?	?	4.6	t/y	Pt, etc.	-	-
96	Crocodile	?	Arboursfell	Pt	?	?	3.1	t/y	Pt, etc.	-	-
97	Nkomati	??	Mpumalanga Province	Pt	?	?	3.4	t/y	Pt, etc.	-	-
98	Smoky Hills	?	?	Pt	?	?	3.0	t/y	Pt, etc.	-	-
99	Germiston ?	?	Germiston, Gauteng Province	Ag	?	?		t/y	Ag	-	-
100	Richards Bay ?	?	Richards Bay	Ti	OP	?	1280	t/y	ilmenite rutile	-	-
101	Exxaro ?	?	Koekenaap	Ti	OP	?	540	t/y	ilmenite rutile	-	-

表 3. 31 稼業鉬山のリスト(7)

No	鉬山名	所有者 (比率)	位 置	鉬種	採掘法	採掘期間	採掘量	(生産物)	環境問題	保安問題
102	KZN Sands	?	Richards Bay	Ti	OP	?	1050 t/y 110 t/y	ilmenite rutile	-	-
103	Vaal Rivers ?	?	Vaal Rivers, Klerksdorp	U	?	?	3000 t/y	U oxide	-	-
104	Ezulwini	?	?	U	?	?	100 t/y	U oxide	-	-
105	Mapochs	?	Lydenburg	V	?	?	0.01 Mt/y 8	V pent- oxide	-	-
106	?	?	Witbank	V	?	?	0.01 Mt/y 1	V pent- oxide	-	-
107	Rhovan	?	Brits	V	?	?	0.01 Mt/y	V pent- oxide	-	-
108	?	?	Witbank	V	?	?	5000 t/y	V pent- oxide	-	-
109	Krokodikraal	?	Brits	V	?	?	3800 t/y	V pent- oxide	-	-
110	Magata	?	?	W	?	?	2400 t/y	W- oxide	-	-
111	Black Mountain	?	Aggenery, Northern Cape Province	Zn	?	?	0.04 Mt/y 1	conc. of Zn	-	-
112	RBM ?	?	Richards Bay	Zr	OP	?	0.30 Mt/y	conc. of Zr	-	-
113	Exxaro ?	?	Kockenaap	Zr	OP	?	0.13 Mt/y	conc. of Zr	-	-
114	Hillendale	?	Richards Bay, Kwazulu Natal Province	Zr	OP	?	0.05 Mt/y	conc. of Zr	-	-
115	Palabora	?	Phalaborwa	Zr	OP	?	0.02 Mt/y	conc. of Zr	-	-
116	Palabora	?	Phalaborwa	Zr	OP	?	8000 t/y	sulfate of Zr	-	-
117	Venetia	?	Northern Province	Dia	OP	?	7500 TC/y	Dia	-	-
118	Kimberley surface	?	Kimberley	Dia	OP	?	1500 TC /y	Dia	-	-
119	Voorspoed	?	?	Dia	OP	?	800 TC /y	Dia	-	-
120	Finsch	?	100km west of Kimberley	Dia	OP	?	2800 TC /y	Dia	-	-
121	Cullinan	?	?	Dia	OP	?	1800 TC /y	Dia	-	-
122	Helam, etc.	?	?	Dia	OP	?	175 TC /y	Dia	-	-
123	Koffiefontein	?	Free State Province	Dia	OP	?	120 TC /y	Dia	-	-

表 3. 31 稼業鉱山のリスト(8)

No	鉱山名	所有者 (比率)	位 置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量		(生産物)	環境問題	保安問題
							100	TC			
124	Kimberley underground	?	Kimberley	Dia	UG	?		TC	Dia	-	-
125	Baken, etc.	?	?	Dia	OP	?	140	TC	Dia	-	-
126	Goedeheop, etc.	?	?	Coal	?	?	55.0	Mt/y	Dia	-	-
127	Grootegeeluk	?	Limpopo Province	Coal	?	?	18.8	Mt/y	Coal	-	-
128	Matla	?	Mpumalanga Province	Coal	?	?	14.0	Mt/y	Coal	-	-
129	Arnot	?	Mpumalanga Province	Coal	?	?	5.0	Mt/y	Coal	-	-
130	North Block	?	Mpumalanga Province	Coal	?	?	3.3	Mt/y	Coal	-	-
131	Leeuwpn	?	Mpumalanga Province	Coal	?	?	3.0	Mt/y	Coal	-	-
132	New Clydesdale	?	Mpumalanga Province	Coal	?	?	1.4	Mt/y	Coal	-	-
133	Tshikondeni	?	Limpopo Province	Coal	?	?	0.42	Mt/y	Coal	-	-
134	Mafube	?	?	Coal	?	?	5.0	Mt/y	Coal	-	-
135	Syferfontein	?	?	Coal	?	?	9.7	Mt/y	Coal	-	-
136	Middelbult	?	?	Coal	?	?	8.5	Mt/y	Coal	-	-
137	Brandspruit	?	?	Coal	?	?	8.4	Mt/y	Coal	-	-
138	Bosjesspruit	?	?	Coal	?	?	8.2	Mt/y	Coal	-	-
139	Twistdraai	?	?	Coal	?	?	6.4	Mt/y	Coal	-	-
140	Mookraal	?	?	Coal	?	?	2.0	Mt/y	Coal	-	-
141	Middelburg	?	?	Coal	?	?	18.5	Mt/y	Coal	-	-
142	Khutala underground	?	?	Coal	UG	?	15.1	Mt/y	Coal	-	-
143	Klipspruit	?	?	Coal	?	?	8.0	Mt/y	Coal	-	-
144	Impunzi ?	?	Witbank	Coal	?	?	9.4	Mt/y	Coal	-	-
145	Tweefontein ?	?	Witbank	Coal	?	?	6.2	Mt/y	Coal	-	-
146	Goedgevonden	?	Witbank	Coal	?	?	6.0	Mt/y	Coal	-	-
147	Mpumalanga ?	?	Breyten and Ermelo	Coal	?	?	2.8	Mt/y	Coal	-	-
148	Optimum	?	?	Coal	?	?	13.5	Mt/y	Coal	-	-
149	Koorfontein	?	?	Coal	?	?	5.2	Mt/y	Coal	-	-
150	Graspan, etc.	?	?	Coal	?	?	7.0	Mt/y	Coal	-	-

表3.32 南アフリカの探鉱状況(1)

(JOGMEC)

段階	No	プロジェクト名	鉱種	権益保有企業(%)
開発	1.	Bakubung	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金,ニッケル,銅	Wesizwe Platinum Ltd(100)
	2.	Booyensdal North	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金	Northam Platinum Ltd(100)
	3.	Buffelsfontein Uranium	ウラン	First Uranium Corp(100)
	4.	Elandsfontein PTM JV	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金	Platinum Group Metals Ltd(74), Wesizwe Platinum Ltd(26)
	5.	Magareng	クロム	Xstrata plc(79.5), Merafe Resources Ltd(20.5)
	6.	Mareesburg 8 JT	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金,銅,ニッケル	Eastern Platinum Ltd(87), Lion's Head Platinum (Pty) Ltd(13)
	7.	Maseve	プラチナ	Platinum Group Metals Ltd(74), Wesizwe Platinum Ltd(26)
	8.	Mecklenburg Chrome	クロム,鉄鉱石	Chromex Mining plc(74), Umnotho We Sizwe Diamond Company Pty Ltd(26)
	9.	Ryst Kuil	ウラン,モリブデン	Areva NC(74), Lukisa Invest 100 Pty Ltd(8.75), Local Interest(17.25)
	10.	Twickenham	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金,銅,ニッケル	Anglo American Platinum Ltd(100)
	11.	Zaaipplaats	錫	Centurion Gold Holdings Inc(100)
F/S	12.	Ergo Uranium	ウラン	Ergo Mining Operations (Pty) Ltd(100)
	13.	Everest North	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金	Sylvania Platinum Ltd(50), Aquarius Platinum Ltd(50)
	14.	Gamsberg	亜鉛,鉛,マンガン,鉄鉱石	Sterlite Group(74), Exxaro Resources Ltd(26)
	15.	Genorah Farms	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金	Nkwe Platinum Ltd(24), Xstrata plc(50), Genorah Resources Pty Ltd(26)
	16.	Grass Valley	パラジウム,プラチナ, ニッケル,銅,ロジウム,金	Sylvania Platinum Ltd(75), Impala Platinum Holdings Ltd(25)
	17.	Grootboom	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金,ニッケル,銅	Platmin Ltd(72.39), Moepi Capital Pty Ltd(27.61)
	18.	Kalplats	プラチナ,パラジウム,金	Platinum Australia Ltd(49), African Rainbow Minerals Ltd(51)
	19.	Leeuwkop 402JQ	プラチナ,パラジウム, ロジウム,ルテニウム, イリジウム,金	Impala Platinum Holdings Ltd(74), Bakwena Ba Mogopa(26)
	20.	Mphahlele's Location	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金,ニッケル,銅	Platmin Ltd(54.29), Moepi Capital Pty Ltd(20.71), Limpopo Development Corp(20), Mphahlele Community Development Trust(5)
	21.	Phosiri	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金,ニッケル,銅	Lesego Platinum Mining Ltd(100)
	22.	Project 5M	ウラン,金	Gold Fields Ltd(100)
	23.	Rooderand	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金,銅,ニッケル	Platinum Australia Ltd(70), Atla Mining Resources Pty Ltd(30)
	24.	Ruighoek	クロム,鉄鉱石,マグネシウム	Amcol International Corp(100)
	25.	Sedibelo	プラチナ,パラジウム,金, ロジウム	Bakgatla Ba Kgafela Community(50.1), Pallinghurst Resources Ltd(49.9)
	26.	Sheba's Ridge	ニッケル,銅,プラチナ, パラジウム,金	Aquarius Platinum Ltd(65), Anglo American Platinum Ltd(35)
	27.	Southern Free State Goldfield	金,ウラン	Witwatersrand Consolidated Gold Resources Lt(100)
	28.	Styldrift 90JQ	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金	Anglo American Platinum Ltd(33), Royal Bafokeng Platinum(67)
	29.	Tjate	プラチナ,パラジウム,ロジウム, 金,ニッケル,銅	Jubilee Platinum plc(63), Matuba Holdings(37)
	30.	Tubatse	プラチナ,パラジウム, ロジウム,金	Nkwe Platinum Ltd(24), Xstrata plc(50), Genorah Resources Pty Ltd(26)
	31.	Turquoise Moon	鉄鉱石	Ferrum Crescent Ltd(74), Mkhombi Investments (Pty) Ltd(26)
	32.	West Rand Uranium	ウラン	Mintails Ltd(100)

表3.32 南アフリカの探鉱状況(2)

(JOGMEC)

ステージ	No	プロジェクト名	鉱種	権益保有企業(%)
試錐探鉱	33.	Akanani	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金,ニッケル,銅	Lonminplc(74), IncwalaResources(Pty)Ltd(26)
	34.	Aurora	ブラチナ,パラジウム,ニッケル, 銅,バナジウム,鉄鉱石	SylvaniaPlatinumLtd(75), ImpalaPlatinumHoldingsLtd(25),Matlala-A-Thaba()
	35.	Bauba	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金	BaubaPlatinumLtd(60), Unnamedcompany(40)
	36.	Berg	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金	PlatfieldsLtd(100)
	37.	Boikgantsho	ブラチナ,パラジウム,金, ロジウム,ニッケル,銅	AngloAmericanPlatinumLtd(100)
	38.	Bokfontein	ブラチナ	NkwePlatinumLtd(100)
	39.	BonAccord	ニッケル	AfricanNickelHoldingsLtd(74)
	40.	BooysendalSouth	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金	NorthamPlatinumLtd(100)
	41.	Cascade	鉄鉱石	MotjoliResources(100)
	42.	DeWildt	ブラチナ,パラジウム,金	Xstratapl(70),LocalInterest(30)
	43.	DennyDalton	ウラン,金	LeopardResourcesNL(100)
	44.	DerBrochen	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金,銅,ニッケル	AngloAmericanPlatinumLtd(100)
	45.	DilokongTailings	ブラチナ,パラジウム	JubileePlatinump(100)
	46.	EersteRegt	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金,ニッケル,銅	LesegoPlatinumMiningLtd(45), Nebavest69(Pty)Ltd(50),SekokoResources(Pty)Ltd(5)
	47.	Ga-Phasha	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金,銅,ニッケル	AtlatsaResourcesCorp(51), AngloAmericanPlatinumLtd(49)
	48.	Glenover	ランタン,リン,ニオブ, スカンジウム	GlenoverPhosphateLtd(26.27), GalileoResourcesplc(73.73)
	49.	GoldenValley	ニッケル,銅,ブラチナ, パラジウム	AfricanNickelHoldingsLtd(59),PlatminLtd(15), BlackEconomicEmpowermentCo(26)
	50.	GovernmentGround	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金,ニッケル,銅	LesegoPlatinumMiningLtd(40), Dyondisani-BolotolaMiningResourcesPtyLtd(60)
	51.	Henkries	ウラン	AardvarkUraniumLtd(74), BlackEconomicEmpowermentCo(16), AngloAmericanplc(10)
	52.	Hoedspruit	ブラチナ	AfarakPlatinum(Proprietary)Ltd(100)
	53.	Imbasa-inkosi	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金	ImpalaPlatinumHoldingsLtd(53), PfulaInvestments(47)
	54.	Jacomynspan	ニッケル,銅,ブラチナ, パラジウム,金,ロジウム	AfricanNickelHoldingsLtd(74), Unnamedcompany(26)
	55.	Kennedy'sVale	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金,ルテニウム,イリジウム	BarplatsInvestmentsLtd(100)
	56.	Kliprivier	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金	RealmResourcesLtd(95), MarangPlatinum(Pty)Ltd(5)
	57.	Kruidfontein	ブラチナ	AfarakPlatinum(Proprietary)Ltd(50), Unnamedowner(50)
	58.	Liger	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金	PlatfieldsLtd(100)
	59.	Loskop	ブラチナ,パラジウム,金, ニッケル,銅	Lonminplc(50),PlatminLtd(22.39), LocalInterest(27.61)
	60.	Magazynskraal	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, 金	PallinghurstResourcesLtd(33.35), BakgatlaBaKgafelaCommunity(46.65), AngloAmericanPlatinumLtd(20)
	61.	Malelane	鉄鉱石	Ferrexplc(74),LocalInterest(26)
	62.	MarulaMerensky	ブラチナ,パラジウム,ロジウム, ルテニウム,イリジウム,金	ImpalaPlatinumHoldingsLtd(77.5), MmakauMining(7.5),TubatsePlatinumLtd(7.5), MarulaCommunityTrust(7.5)
	63.	Millennium	ブラチナ,パラジウム	AquariusPlatinumLtd(50),ImbaniPlatinumPtyLtd(50)
	64.	Mokopane	鉄鉱石,バナジウム,チタン	BushveldMineralsLtd(64), BlackEconomicEmpowermentCo(36)
	65.	Mokopane	錫	BushveldMineralsLtd(100)

表3.32 南アフリカの探鉱状況(3)

(JOGMEC)

ステージ	No	プロジェクト名	鉱種	権益保有企業(%)
試錐探鉱	66.	Mooiplats	ブラチナ,パラジウム,ロジウム	SylvaniaPlatinumLtd(74), SouthAfricanMiningDevelopmentCoPtyLtd(26)
	67.	Naboom	ブラチナ	CenturionGoldHoldingsInc(74), Unnamedcompany(26)
	68.	Platreef	ブラチナ,パラジウム,金, ロジウム,ニッケル,銅	Ivanplats(90),ItochuCorp(10)
	69.	Postmasburg	鉄鉱石	BHPBillitonGroup(60),AngloAmericanplc(40)
	70.	Potchefstroom Goldfield	金,ウラン	WitwatersrandConsolidatedGoldResourcesLtd(60), AngloGoldAshantiLtd(20),GoldFieldsLtd(20)
	71.	Rooderand/Ruighoek	ブラチナ,パラジウム,ロジウム,金	ChrometcoLtd(54),LocalInterest(46)
	72.	Rooipoort	金,ニッケル,銅,ブラチナ, パラジウム	CaledoniaMiningCorp(100)
	73.	Rozynenbosch	鉛,銀,亜鉛,銅	Unnamedowner(100)
	74.	SaltRiver	銅,鉛,亜鉛,銀,金	ThabexLtd(100)
	75.	SedibeloWest	ブラチナ,パラジウム,ロジウム,金	PlatminLtd(72.39),MoepiCapitalPtyLtd(27.61)
	76.	Segalla	ニッケル	AfricanNickelHoldingsLtd(74)
	77.	Spitzkop	ブラチナ,パラジウム,ロジウム,金, ルテニウム,イリジウム	EasternPlatinumLtd(50),SpitzkopPlatinumLtd(50)
	78.	SpringbokFlats	ウラン	HolGounInvestmentHoldings(Pty)Ltd(100)
	79.	Steenkampskraal	ランタン	GreatWesternMineralsGroupLtd(74), BlackEconomicEmpowermentCo(26)
	80.	Thabazimbi	鉄鉱石	AquilaResourcesLtd(74), RakanaConsolidatedMiningPtyLtd(26)
	81.	Tivani	鉄鉱石	FerroxHoldingsLtd(74), MboweniBrothersInvestmentHoldings(26)
	82.	TPM	ウラン	HarmonyGoldMiningCoLtd(100)
	83.	Veremo	鉄鉱石,チタン,バナジウム	PetminLtd(25),KermasLtd(75)
	84.	WarSprings	ブラチナ,パラジウム,ニッケル,銅, 金	PlatinumGroupMetalsLtd(70), WesizwePlatinumLtd(15),PlatminLtd(15)
	85.	Waterberg	ブラチナ,パラジウム,金,銅, ニッケル	PlatinumGroupMetalsLtd(49.9),JOGMEC(37), MnomboWethuConsultantsCC(13.1)
	86.	Waterval	ウラン,モリブデン	WesternUraniumPtyLtd(100)
	87.	Zandkopsdrift	ランタン	FrontierRareEarthsLtd(75), KoreaResourcesCorp(GovernmentofSouthKo(20), Unnamedowner(5)
	88.	Zandriverspoort	鉄鉱石	KumbaIronOreLtd(50),ArcelorMittalHoldingsAG(50)
	89.	Zebediela	ニッケル,鉄鉱石	URUMetalsLtd(50),SouthernAfricaNickelLtd(50)
物理探査	90.	Beestkraal	ブラチナ,パラジウム,ロジウム,金	Xstratapl(100)
	91.	Burgersfort	ニッケル	URUMetalsLtd(50),SouthernAfricaNickelLtd(50)
	92.	Insizwa	ニッケル,ブラチナ,パラジウム	XstrataCanadaCorp(Xstrata)(55), ImpalaPlatinumHoldingsLtd(45)
	93.	Karoo	ウラン,モリブデン	PeninsulaEnergyLtd(74), BlackEconomicEmpowermentCo(26)
	94.	Mangalisa	金,ウラン	SuperiorMiningInternationalCorp(87), MiddelvelGoldInvestments(Pty)Ltd(13)
	95.	NorthernLights	鉄鉱石	MidwinterResourcesNL(70), NkgapuInvestmentsPtyLtd(30)
	96.	PotgietersrusPlatreef	ブラチナ,ニッケル,銅,コバルト	ThabexLtd(100)
	97.	RietfonteinFarm	ブラチナ,パラジウム,ニッケル,銅, 金	Ivanplats(50), AtlatsaResourcesCorp(50)
初期探鉱	98.	Aurora	ブラチナ,パラジウム	SylvaniaPlatinumLtd(50), AngloAmericanPlatinumLtd(50)
	99.	DRDlease	ウラン,金	WestWitsMiningLtd()
	100.	Nonnenwerth	鉄鉱石	Ironveldplc(100)
	101.	NorthernCape	鉄鉱石	AquilaResourcesLtd(74),Unnamedowner(26)

(6) 国際協力等

地質調査所において現状で鉱山環境に関する国際協力もしくはスタディはない。以前フィンランドと共同研究したことがあったが、これは化学分析やその解析に偏っていたとのことであ

る。これまでにボツワナの JOGMEC リモートセンシング研修に 19 名（2013 年度は 4 名）参加している。

3.7.4 環境政策及び環境状況

(1) 環境担当部局及び組織

鉱山環境に係る環境担当部局は、水省と環境省である。このうち水省は飲料水に関する管理、モニタリング及び対策・改善を行っている。そのために対象は鉱廃水対策にも及んでいる。部門は、国家水資源インフラ部門（National Water Resources）、政策・法規部門（Policy & Regulation）、地方部門（Regions）、国際水協力部門（International Water Cooperation）等に大きく分かれている。部門内に鉱山環境や鉱廃水に特化したユニットは存在しないが、必要に応じてチーム体制によるスタディを行っている。その際には鉱物資源局及び地質調査所と協業している。組織は図 3.41 のとおりである。

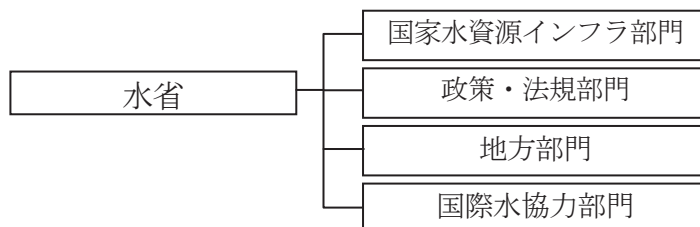


図 3.41 現在の水省の組織

環境省は鉱山開発関連や鉱廃水対策関連の EIA 許認可を行っている。この時、EIA 関連項目の管理・モニタリング、後の計画等（特に休廃止鉱山に関する処理計画等）に関しては鉱物資源局、水局、地質調査所の 3 者が行い、それらを最終的に環境局が許認可している。組織は図 3.42 のとおりである。

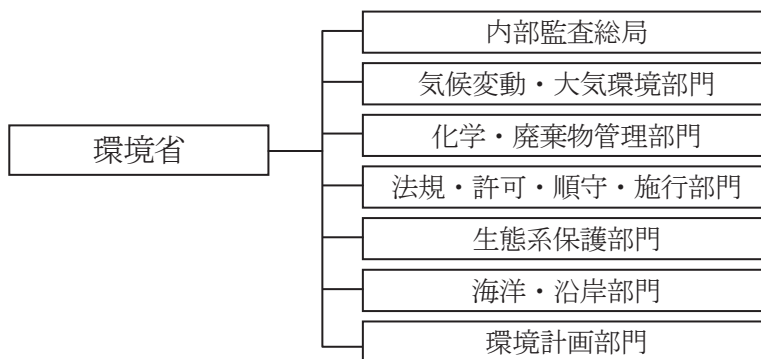


図 3.42 現在の環境省の組織

(2) 環境関連法規

関連法規及び施策として整備されているのは、環境保護法（Environment Conservation Act、1989年制定）、環境管理法（National Environmental Management Act、1998年制定）、水利法（National Water Act、1998年制定）、等を基本にしている。

以上の他、水関連及び保安関連のガイドラインやハンドブックが多数発行されている。うち水関連では、Blue Drop/No Drop として排出基準を設けている。また水省のHPではBlue Drop System

により各地の飲用水質モニタリング状況が定期的に明らかにされている。飲用水の基準はWHOを利用している。

(3) 環境政策

鉱山環境の該当局のうち水省に関しては、鉱山廃水処理等に係る国際機関や他の海外民間からの技術提案が多いようである。提案国は欧米系では米・英、フィンランドなど、アジア系では日本、中国、ベトナムなどである。この場合、国際協力というよりは基本的にはビジネスとしての提案である。

(4) 国際協力等

鉱山環境の該当局のうち水省に関しては、鉱山廃水処理等に係る国際機関や他の海外民間からの技術提案が多いようである。提案国は欧米系では米・英、フィンランドなど、アジア系では日本、中国、ベトナムなどである。この場合、国際協力というよりは基本的にはビジネスとしての提案である。

3.7.5 鉱害及び同ポテンシャルの状況

(1) 鉱山環境

鉱山環境に関しては様々な懸念があるが、最も懸念されているのは酸性鉱廃水の地下水や尾鉱からの河川への流出や、降雨時の土壌へのオーバーフローである。懸念される鉱山の種類は、金鉱山、PGM 鉱山、ベースメタル鉱山、石炭鉱山、ウラン鉱山など、多岐にわたる。

これらの懸念は社会的にも認識されており、鉱物資源局、水局、地質調査所が協業で対策スタディを実施したり、各地で水質のモニタリングを実施している。しかし鉱山の数が休廃止鉱山を含めて約 6,000 箇所（尾鉱の数も同程度）に達するように、対象となる箇所は非常に多い。一般に比較的規模の大きい鉱山の鉱廃水は管理されているようであるが、中小規模では管理の甘いケースが多いようである。またオーナーの存在しない鉱山跡に至っては管理が届かず、放置せざるを得ない箇所も多いようである。

(2) 鉱害の発生及び同ポテンシャル

現在社会問題として大きく取り上げられている問題は無いが、最近新聞記事に取り上げられた事象として、2012 年 1 月、首都プレトリア東方の石炭鉱山地帯内のキャロリナ（Carolina）における飲料用水採水先のダムへの酸性水混入があげられる。同事象はキャロリナ町民内で腹痛等の症状が多発したために明らかになった。この際、貯水ダムの水質を検査したところ、pH3 であった。酸性水の発生源は後背地の石炭鉱山の廃さい（頁岩中に黄鉄鉱が含まれる）と考えられているが明らかでない。

このほか懸念されている問題の筆頭としてあげられるのは、ヨハネスブルク市街地南部のウイトウォーターランド Mining Basins の金鉱山跡である。同地には坑内掘りした金鉱山跡が 50～100 箇所存在する。立坑の数は 120 に達するとともに、同深度は 2,000m 以上に達する。大半はオーナー不在だが、一部にオーナーも存在する。ここでの問題は、現在坑内跡内に地表・地下水が流入しており、この水位が約 10cm/日上昇していることである。このまま続けると、鉱廃水のヨハネス市街地近郊へのオーバーフローや、鉱廃水の混じった浅部地下水のバール（Vaal）川（飲用水として利用）等への流水が懸念される（写真 3.38～3.41）。

その他、北部のブッシュフェルト鉱床区～クルーガー国立公園（Kruger National Park）にかけた PGM 帯や、古くから金産出地として知られている KOSH（Klerksdorp - Orkney - Stilfontein - Hartebeestfontein）地域など、多くの地域で鉱廃水による地下水・河川や土壌へのコンタミネーションが懸念されている。



写真 3. 40 キャロリナの飲用採水ダム下流での水質分析（この日の測定では pH7. 3）



写真 3. 41 キャロリナの飲用採水ダム内での水質分析（この日の測定では pH7. 9）



写真 3. 42 地質調査所の水理地質技師（キャロリナの石炭鉱山）



写真 3. 43 ウイトバンクのマンガン廃さいストックサイト（休止石炭鉱山）

（3） 鉱害被害状況

現状で明らかに鉱害として認知されている件はない。ただし、上述した首都プレトリア東方の石炭鉱山地帯内キャロリナ町における飲料用水ダムへの酸性水混入のように、鉱害であるかどうか明らかでないものの、鉱害として懸念される事象は多い。

（4） 鉱害への対応等

鉱害発生の懸念されている水系において、関係省局となる鉱物資源局、地質調査所及び水省は、鉱山周辺における水質等のモニタリングや特定サイトにおける環境対策スタディも行っている。スタディの中で現在最も力を入れているのは、ヨハネスブルグ南部の金鉱山跡を対象にしたウイトウォーターランド Mining Basins 鉱廃水対策スタディである。同スタディは水省を中心にして鉱物資源局及び地質調査所と協業で実施しており、スタディの内容は、地下水位のモニタリングと水の分析を行ったうえでの水理モデルの解析と対策方法の検討である。これまでにそのコンセプトスタディが終了している（図 3. 43）。現在は水省が同対策方法を含めた F/S を環境局に提出し、対策工事に係る EIA 認可手続きを進めているところである。

またモニタリング結果の公表に係り、水省は飲料水の品質を HP 上で定期的に明らかにしている。同公表では、モニタリング水の飲用の基準を Blue Drop/No Drop として、飲用可能かどうかについて住民が判断できるようにしている。

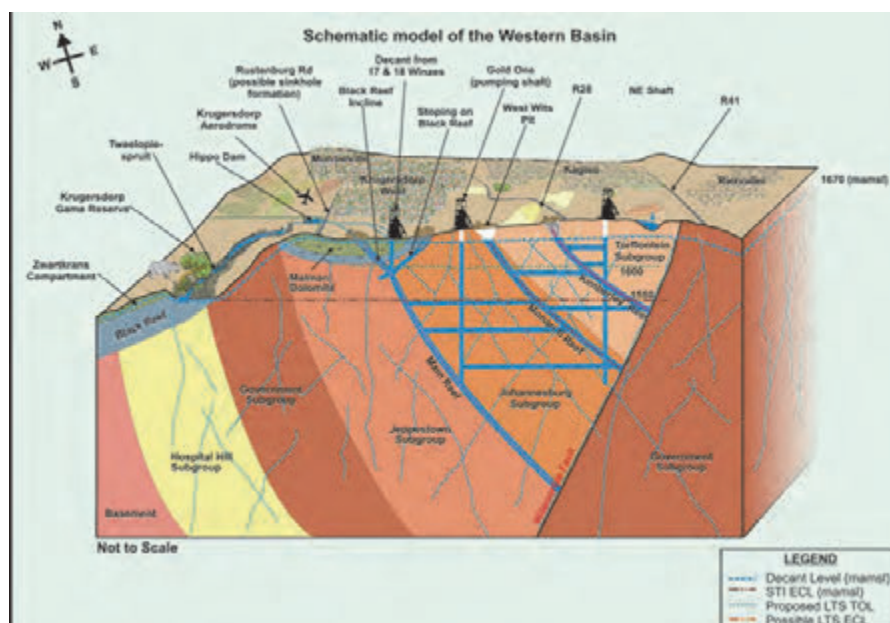


図 3.43 スタディチームによるウイトウォーターズランド Mining Basins の水理解析・対策図（水省 newsletter から引用）

(5) 鉱害対策及びモニタリングの状況

a. 南アフリカの鉱害への低減化対策等

現時点で鉱害と認識されている箇所はないが、既述したように懸念されている箇所・地域はある。同箇所・地域では河川水等のモニタリングや対策スタディが行われている。このうち、ヨハネスブルグ南部の金鉱山跡を対象にしたウイトウォーターズランド Mining Basins 鉱廃水対策スタディでは、同対策案として、坑内酸性廃水のポンピングと排出、同廃水の浄化が提案されている（図 3.43）。水省はこのほかの地点でも鉱廃水を浄化するためのテストプラント等を使ったオンサイト・スタディを行っている。

一方操業中の鉱山においては、鉱害の発生しないように各鉱山側において中和施設等による対策を行っている。また鉱山周辺部の水系においては、鉱物資源局、水省及び地質調査所が水質のモニタリングを行っている。

b. 対象地及び周辺でのモニタリング

鉱物資源局、水省及び地質調査所による鉱山密集地域周辺域のモニタリングによると、河川水の一部に金属濃度の高い地点や酸性度の高い地点が検出されることもあるようである。また記述したように、水省は飲料水の品質を HP 上で定期的に明らかにしている。同公表では、モニタリング水の飲用の基準を Blue Drop/No Drop として、飲用可能かどうかについて住民が判断できるようにしている。

(6) 国際協力等

鉱害対策に係る国際支援に関して、鉱山環境の該当局のうち水省に関しては、鉱山廃水処理等に係る国際機関や他の海外民間からの技術提案が多いようである。提案国は欧米系では米・英、フィンランドなど、アジア系では日本、中国、ベトナムなどである。この場合、国際協力というよりは基本的にはビジネスとしての提案である。

他に鉱害に関するスタディを行っている地質調査所において、現時点で国際支援や共同研究等は行われていない。

3.7.6 鉱山保安の状況

(1) 鉱山保安関連法規

関連法規は鉱山衛生・安全法（The Mine Health and Safety Act、1996 制定）である。

(2) 鉱山保安状況

南アフリカの鉱山は金属鉱山であっても坑内採鉱が多いことや、数千 m に達する深部採鉱が多いことから、落石・落盤等による死亡事故や負傷が多発している。最近では 2007 年のエランスランド（Elandsrand）金鉱山における数千人規模の閉じ込め、タウトナ（Tau Tona）金鉱山において多発する落盤事故等、問題が多い。南アフリカ全体では毎年 100 人規模の死亡者、数千人規模の負傷者が発生している。

また労働環境の観点からは、賃上げ交渉によるストライキの発生や、ストライキに伴う暴動や発砲による死者や負傷者の発生など、労働関連に関しても問題が多い。

鉱物資源局では、以上の問題を緩和すべく、ガイドラインやマニュアルを整備しているものの、今のところ改善されていないのが現状である。

3.7.7 人材育成の状況及び技術研修の要望

(1) 人材育成の状況

これまでにボツワナの JOGMEC リモートセンシング研修に 19 名（2013 年度は 4 名）参加している。

(2) 本邦技術研修への要望

人材育成等、各局庁の要望に係り、地質調査所の水理地質学部門及び水省の鉱山環境スタディ部門に関しては、日本における長期研修に大きく興味を引いている。このうち地質調査所の水理地質学部門において取得したい技術内容や要望、研修を通じた育成対象は次のとおりである。

（地質調査所水理地質学部門）

- ・取得したい技術：鉱山環境関連の水理地質学的技術。
- ・要望：共同スタディにより坑廃水の解析能力を高めたい。スタディには鉱廃水のトリートメント施設などの設置も含めて、早急に役立てたい。
- ・育成対象：水理地質系研究者数名。

3.8 マダガスカル

3.8.1 マダガスカルの概要

(1) マダガスカルの国情及び経済指標

マダガスカル共和国の国情及び経済指標を以下に示す。

- ・面積 : 58.7 万 km² (日本の約 1.6 倍、図 3.44)。
- ・人口 : 2,190 万人 (2011 年 : UNFPA)。
- ・首都 : アンタナナリボ (人口約 170 万人 : 2010 年)。
- ・民族 : アフリカ大陸系、マレー系、部族は約 18 (メリナ、ベチレオ他)。
- ・言語 : マダガスカル語、フランス語 (共に公用語)。
- ・主要産業 : (農牧業) 米、コーヒー、バニラ、砂糖、クローブ、牛。
(漁業) エビ、まぐろ。
- ・GNI (国民総所得) : 91 億ドル (2011 年 : 世銀)。
- ・一人当たり GNI : 430 ドル (2011 年 : 世銀)。
- ・経済成長率 : 1.0% (2011 年 : 世銀)。
- ・物価上昇率 : 9.5% (2011 年 : 世銀)。
- ・総貿易額 : 輸出 15.3 億ドル、輸入 38.7 億ドル (2012 年 : EIU)。
- ・主要輸出品目 : バニラ、甲殻類、コーヒー。
- ・主要貿易相手国 (2012 年 : EIU) :
 - ・輸出 : フランス、インドネシア、シンガポール、中国、ドイツ。
 - ・輸入 : 中国、フランス、南アフリカ、シンガポール、バーレーン。
- ・通貨 : アリアリ。
- ・為替レート : 1 米ドル = 約 2.195 アリアリ (2012 年 : EIU)。
- ・経済概況 : 農業が基幹産業。1990 年代半ばより国営企業民営化、投資法改正、貿易自由化等の自由化政策強化により、1997 年以降は一定の経済成長を遂げるに至った。2002 年前半の政治危機は経済にも深刻な悪影響を与えたが、その後徐々に経済は回復し、近年は石油価格高騰の影響を受けるも、観光サービス業が好況な他、鉱業分野での投資も活発化した。2009 年 3 月に発足した暫定政府に対し主要ドナーは新規援助を凍結させたため、財政が逼迫している。またこの影響で、観光業をはじめ経済の不振は深刻化している。
- ・主要援助国 (2010 年) : フランス、米国、ドイツ、ノルウェー、日本。
- ・日本の援助実績 :
 - (1) 有償資金協力 (～2011 : EN ベース) 107 億円 (除く債務免除)。
 - (2) 無償資金協力 (～2011 : EN ベース) 634.03 億円。
 - (3) 技術協力 (～2011 : JICA ベース) 168.17 億円。
- ・地方行政区画 : 6 つの州に区分され、さらに 22 の地区に分けられる。

(2) 自然状況

a. 地形

マダガスカル共和国は、アフリカのインド洋に浮かぶマダガスカル島からなる。マダガスカル島は、長さ約 1,570km、最大幅約 580km で世界第 4 位の島である。首都はアンタナナリボである (図 3.44 参照)。

マダガスカルは、島の中央を 3,000m 以下の峰々が南北に連なり、最高峰は北部にあるマルムクトル山 (標高 2,876m) である。山脈の東側は熱帯雨林、西側は森林とサバンナが広がる。南部は砂漠が発達し、バオバブが見られる。東海岸にはパンガラン運河と呼ばれる天然と人造

の運河が 460km 続く。中央高原にある首都アンタナナリボの標高は約 1,300m で、水田が広がる。また、ラテライトによる赤い裸地が多い。

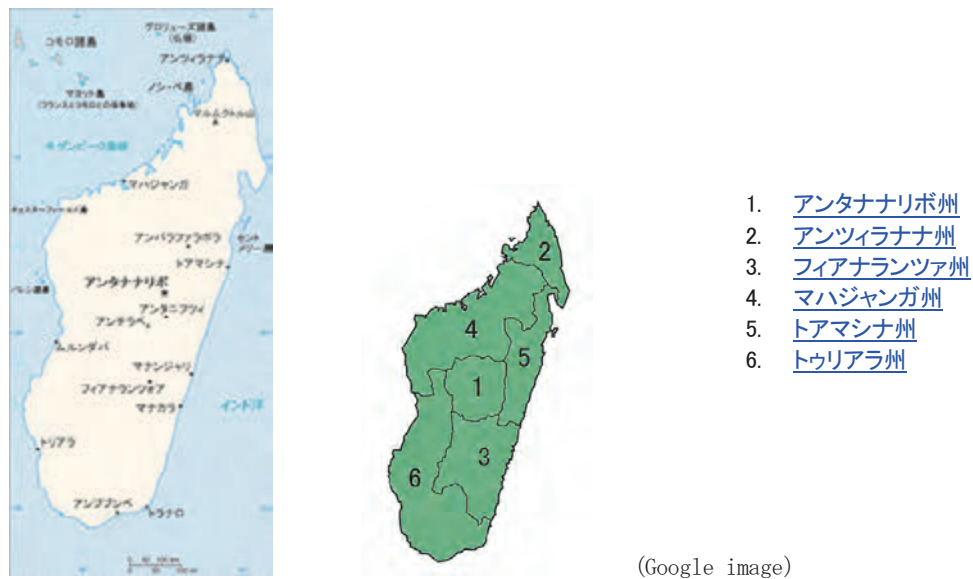


図 3.44 マダガスカル国の地図及び行政区

b. 地質・鉱床

(地質)

マダガスカル島の主要部は、ゴンドワナ大陸を構成していた先カンブリア代の楕状地～古生層からなる。また、ジュラ紀後期のゴンドワナ大陸分裂でアフリカ大陸から分離し、さらに白亜紀後期にインド亜大陸がマダガスカル島から分離したため、孤立した島であり続けたことから、独自の動植物相を持つ世界最小の大陸とも呼ばれている（図 3.45）。

(鉱床)

マダガスカルにおける地下資源は、高い資源ポテンシャルを有していると言われ、特に金、銅、鉄、クロム、ニッケル・コバルト、アルミ、チタンが豊富である。また、非金属ではベリル、グラファイト、石英、雲母を有し、1990年代に入って宝石級のルビー、サファイア等の鉱床が相次いで発見されている（図3.46）。

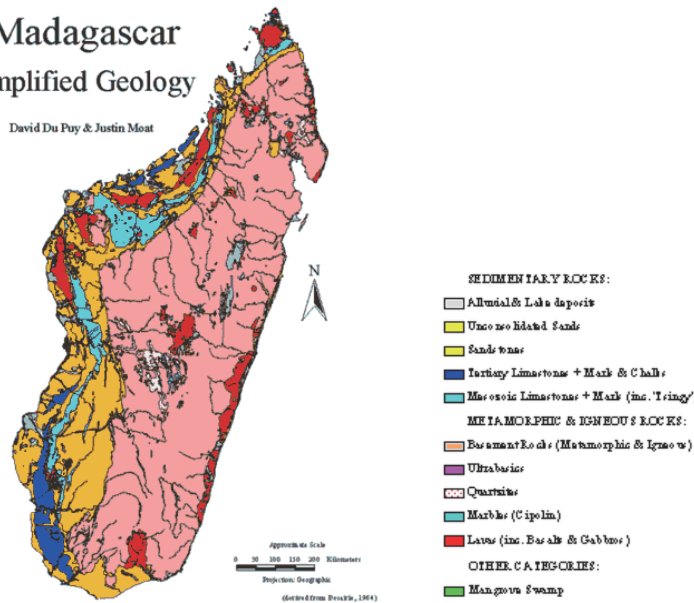
現在の稼業鉱山のうち最も規模の大きいものは、Ambatovy（アンバトビー）ニッケル・コバルト鉱山やMandena（マンデーナ）イルメナイト鉱山である。このうちAmbatovy鉱山での生産は2012年から開始され、オペレータは加Sherritt International社であり、日本からは住友商事が加わっている。Mandena鉱山はRio Tintoにより2008年から採掘されている。

c. 気象

マダガスカル全土は熱帯に属するが、島の中央に位置する高原により島の東部、中央部、西部で異なる気候である。冬（5月～9月）は、南東から貿易風により島の東側に降水し、西側では逆に乾燥している。夏（10月～4月）は、大陸からの季節風が強くなり、西側の降水量が増え、東側は乾燥する。

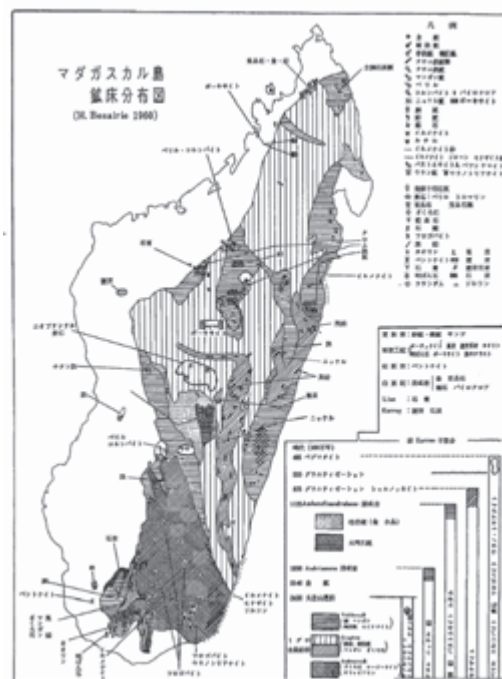
島の東部の年間降水量は2,000～3,500mmである。一方、西側では乾季と雨季の差が大きく、降水量が500～1,500mmと地区により差が大きい。また、島の北部にはサイクロンの襲来がある。

David Du Puy & Justin Moat



(JOGMEC, 2005)

図 3.45 マダガスカル地質



(JOGMEC, 2005)

図 3.46 マダガスカルの主要鉱床の分布

3.8.2 第一次現地調査の概要

(1) 現地調査の実施日程

マダガスカルにおける第一次現地調査は、2014年2月24日～2月28日の4日間に亘って実施された。現地調査の実施日程を表3.33に示す。

表 3.33 マダガスカルでの現地調査の実施日程

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	2/23 (日)	－	ヨハネスブルグ（南アフリカ）－ アンタナナリボ（マダガスカル）	移動。	－
2	2/24 (月)	9:00～ 14:30～ 15:00～	アンタナナリボ： JICA 事務所 鉱山省 地質局	表敬。 面談、ヒアリング。	高橋所員、他 首席補佐官、他 局長、他
3	2/25 (火)	9:00～ 14:00～	アンタナナリボ： 地質局 地質局	セミナー。 面談、ヒアリング。	首席補佐官、他 **名参加 各局長、他
4	2/26 (水)	10:30～ 15:00～	アンタナナリボ： 地質局 鉱山会議所	面談、ヒアリング。 面談、ヒアリング。	局長、他 所長、他
5	2/27 (木)	10:30～ 13:00～	アンタナナリボ： アンタナリボ大学 地球科学科 環境省	面談、ヒアリング。 面談、ヒアリング。	学科長、他 総局長、他
6	2/28 (金)	8:30～ －	アンタナナリボ： JICA 事務所 アンタナリボ（マダガスカル）－ ヨハネスブルグ（南アフリカ）	調査概要報告。 移動。	笹館所長、高橋所員 －

(2) 調査の対象官庁及び訪問先

現地調査における訪問先、並びに調査対象官庁・部署を下記に示す。

(訪問先)

- ・ JICA マダガスカル事務所

(調査対象官庁・部署)

- ・ 鉱山省
- ・ 鉱山省鉱山局、地質局
- ・ マダガスカル鉱山会議所
- ・ 環境省環境評価局、品質・コミュニケーション局及び情報局
- ・ アンタナナリボ大学理学部地球科学科

(3) セミナーの開催

セミナーは2014年2月25日（火）、鉱山省地質局会議室で行った。マダガスカル側からの参加者は19名（表3.34）であった。参加者の内訳は、鉱山省の首席補佐官や総書記を始め、各局長、エンジニア、アンタナナリボ大学関係者であった（写真3.44、3.45）。

表 3.34 セミナー参加者リスト

No	Name	Organization / Division	Position
1	RASOAMALALA Vololonirina	Ministry of Mines	Director of geology
2	RABEARY Gervais Alain	Ministry of Mines	Chief of staff
3	RAKOTOARIMANANA Pamphile	Ministry of Mines	General Secretary
4	RATSIMBAZAFY Felana	Ministry of Mines	Secretary
5	RANDRIANARISOA Filemona	Ministry of Mines	Director of Mines
6	RASOAMALALA Vololonirina	Ministry of Mines	Director of geology
7	RAVELONJATO Philippe	Ministry of Mines	Mining Service
8	RASAMIMANANA Georges	Ministry of Mines	Chief of Laboratory
9	RAKOTONDRAVALY Jean Desiré	Ministry of Mines	Director of Gold Section
10	RAZANAKOLONA H. Fenosoa	Ministry of Mines	Head of Departement (Geological & Mine)
11	NOMENJANAHARY Harivola	Ministry of Mines	Chief of environment section
12	RANDRIAMANANJARA Louis Hervé	Ministry of Mines	Responsible of Database Mining & geology
13	SAHOLIARIMANANA Voahanginirina	Ministry of Mines	Responsible of Research and Exploration
14	RAMANANDRAIBE Zonantenaina	Ministry of Mines	Responsible of Documentation and Cartography
15	RABEARISOA Harijaona	Ministry of Mines	Environnement
16	MAMINIRINA	Ministry of Mines	Chief of Department
17	RALISON Bruno	University of Antananarivo	Professor (Chief of Geosystem and evolution)
18	RAMBOLAMANANA Voahangy	University of Antananarivo	Professor (Head of Department Earth Sciences)
19	RAZAFIMANDIMBY Olivier	University of Antananarivo	Professor
20	RAMBELOSON Roger A	University of Antananarivo	Assistant Professor
21	Kaoru TAKAHASHI	JICA Madagascar	Project Formulation Adviser
22	Yoshimitsu NEGISHI	JICA Study Team	-
23	Takayuki YOKOYAMA	JICA Study Team	-

セミナーでは、調査団からは準備した資料の1～3までを説明した。全体に興味を引かれるとともに、先方からは現在の鉱山環境・保安上の課題について話された。鉱山環境上の課題としては法令が今後の鉱山開発を考える上で古く改定等が必要なこと、保安上の課題としては Small-scale mining において安全用具の不備などがあげられた。

以上のほか首席補佐官および総書記からは、鉱山環境に関する日本の経験は非常に興味深く、この分野に関してもぜひ日本からの支援を得たい旨、言及された。



写真 3. 44 セミナー状況
(マダガスカル側は 19 名参加)



写真 3. 45 鉱山局と地質局からヒアリング
(質問票に関して関係者全員で回答)

(説明資料)

セミナーは会議室用のプロジェクターを使用して行った。セミナーのプレゼン資料は下記の 3 ファイルを使用した。

- 1) アフリカ地域調査_JICA 背景説明 131105. ppt : JICA 活動の説明
- 2) アフリカ地域調査_鉱山環境・保安 説明. ppt : 当該案件の説明
- 3) アフリカ地域調査_日本事例 131109. ppt : 本邦鉱害・対策事例等の説明

(質疑・応答)

質疑・応答では、以下の質問及び協議があった。

- ・ JICA による研修の種類とカテゴリーについて
- ・ 日本の休廃止鉱山の管理方法について
- ・ 鉱山局における課題について (Small-scale mining による採掘)
- ・ 鉱山環境上の課題について (法令が古いことと独自の基準がないこと)

3.8.3 鉱業政策及び鉱業状況

(1) 鉱山担当部局及び組織

マダガスカルの鉱山に関する管理部局は、鉱山省 (Ministry of Mines) の鉱山局 (Directorate of Mines) が携わっている。鉱山省の組織を図 3. 47 に示す。

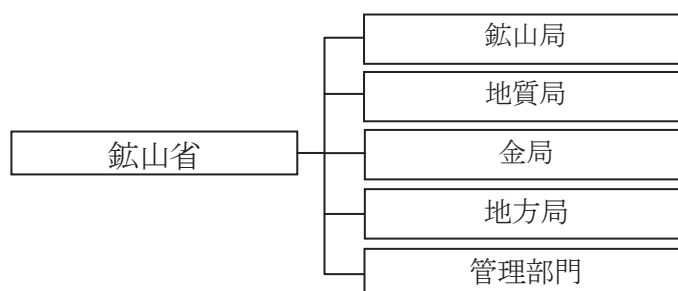


図3.47 鉱山省の組織

(2) 鉱業関連法規

1990 年の社会主義政権の崩壊の後、新しい鉱業法及び新鉱業規則が 1999 年に発布され、引き続き同申請規則が 2000 年に発布された。

新鉱業規則は段階を踏んだ許可制となっており、最初は 3 ヶ月間の自由探査許可でピットおよびボーリングは出来ない。第 2 段階は 3 ヶ月の排他的探査許可で、要求によれば全ての探査活動ができる。鉱区料は、2.5 エーカーあたり 5 ドル。探査権は、10 年間の排他的権利で、更に 5 年間の更新が一回認められる。鉱区料は 2.5 エーカーあたり最初の 1 年間は 100 ドル。次年度から年間 150 ドルとなる。探査権の申請には、土地修復計画、環境評価、閉山計画等を添付する必要がある。最終ステップが操業のための開発許可（鉱業権）である。

鉱業権の期間は 40 年で、20 年単位で何回でも延長できる。生産開始までの期間制限がある。

生産物に対し 2 % のロイヤルティが賦課される。輸入税は有価物の 10 % がかけられる。また、鉱業権に関係するものとして税法、民法、環境上の規則がある。

マダガスカル鉱業関連法規を表 3.35 に示す。

表3.35 マダガスカルの鉱業関連法規

No	鉱山関連法規	制定年	主 な 内 容
1	新鉱業法	1999	・ 鉱業権の段階許可制（自由探査許可、排他的探査許可、採掘権）。 ・ 鉱業権のロイヤルティ。 ・ 環境の遵守。 ・ その他。
2	新鉱業規則	1999	・ 上記鉱業法の実施規則。 ・ その他。
3	鉱業申請規則	2000	・ 各種鉱業権の申請手続き規則。 ・ その他。
4	大規模投資法	2004	・ 大規模な都市に関する規定。

(3) 鉱業政策

2009 年の政変以後、政府内部の混乱から鉱業政策も混沌とした状況となっており、投資家の多くは政情が落ち着くのを見守っている状況である。

2009 年 9 月、マダガスカル政府はいくつかの鉱業契約について見直しの必要性があることを示唆したが、2010 年 1 月には撤回し、鉱業契約の見直しは行わないことを発表。これは、DRC コンゴで同様に鉱業契約の見直しが行われた結果、外国投資が縮小したことに影響されたものであるとメディアは分析している。2010 年 2 月には、大規模な鉱業プロジェクトについては政府に

よる参画を検討していることを発表した、その後の具体的な検討については報じられていない。

(4) 鉱業状況

マダガスカルにおける鉱業は、高い資源ポテンシャルを持っているにもかかわらずこれまで十分な開発が行われてこなかった。マダガスカルは資源開発を経済成長の推進力とするため、2002年に世銀の監修下で大規模鉱山投資法を制定し、外資による資源開発を展開するための体制を整備した。これにより、2005年2月には加 Dynatec社（後にSheritt International社により吸収合併）によるAmbatovyプロジェクトが立ち上がり、同年8月には住友商事が参画することとなり、開発が進められた。また、2008年12月末には、QMM（QIT Madagascar Minerals）（出資比率Rio Tinto社 80%、マダガスカル政府20%）がチタンの原料となるイルメナイト精鉱の生産を開始した。

また、2007年11月に鉱山建設を開始したAmbatovyニッケル・コバルトプロジェクトは、2011年第3四半期に建設が完了し生産開始する予定であったが、製錬所の建設が当初予定よりも遅延、2012年から生産を開始した。

現在、主に生産されているのはクロム鉱石、イルメナイト精鉱であるが、ポテンシャルが確認されている鉱物資源として金、ニッケル、コバルト、銅、鉛、亜鉛、白金族、ボーキサイト、エネルギー資源として、ウラン、石炭、石油など多岐にわたっている。しかしながら、インフラ未整備等の理由で開発されるまでに至っていない。各鉱種の概況を以下に述べる。

(金)

各地に多くの金鉱床が知られ、主要箇所は南部のAmpanihy、北東部のAndavakoera、東海岸のMaevatanana、西部のMiandrivazo がある。推定で年産2トンの金を産出する可能性がある。

(銅)

中規模の銅鉱床としてAmbatovarahina、Besakoa、Daraina にある。Ambatovarahina は252,000 t 銅品位4.75%の埋蔵量があり、小規模の開発が検討されている。

(鉄)

主な鉄鉱床は、Soalala 近郊、Betioky、Fasintsra である。Soalala 近郊の鉄鉱床は品位35%で3億6千万トンの鉱量を有する。Betioky 鉱床は、品位24%の3千万tと品位10~14%の1億3千万tの鉱量を有する。Fasintsra での鉄資源は品位36%で3千万tと34%の7千5百万トンが推定されている。

(クローム)

現在、マダガスカルのクロム鉱石生産は、世界第10位である。クロム鉱石の資源量は、Bemanevikaで228万t、Ankazotaolanaで70万t、その他の鉱床で90万tを有している。1998年の輸出量は147,700 t、額で912万ドルであり、その輸出先は日本が51%、中国が49%である。

(ニッケル・コバルト)

Ambatovy ラテライト鉱床は、かなりのニッケル資源量が把握されている。この鉱床は首都とTomasina 道路沿いに位置し、1970-72年にマダガスカル政府と仏BRGMにより基礎調査が実施された。1995年にPhelps Dodge（米国）が鉱区を取得し、探査を実施し、鉱量52百万tを把握し、品位はNi 1.24%、Co 0.09%を得ている。推定資源量は168百万tで、品位1.11%Ni、0.1%Coである。ラテライトNi鉱床は、更にFenoarivo 及びMananjary 間の東部海岸線まで広がっている。

(アルミ)

ボーキサイトは、同国の南西部に賦存している。Manantenina 鉱床は、鉱量165百万t、Al2O3

41%であり、マダガスカルで最も有望なボーキサイト資源と見なされている。また、Farafangana 鉱床は品位37%で1億tと推定されている。

(チタン)

マダガスカルは豊富なチタン資源で知られている。南東部のTolagnaro 地区の海岸にはチタンを含有するイルメナイト及びジルコンが、またレアアース鉱物を含むモナザイトが海浜砂中に賦存している。全体の鉱量は、11.6百万t、品位47～51%TiO₂ 及びジルコン678,000tである。その他、西部海岸のMorombe とTambohorano 及び北部地域に鉱床が知られている。

Talagnaro 地区ではRio Tinto の子会社であるQIT-Fer et Titane が開発を計画している。1992年までに鉱量調査、開発計画策定、環境保護調査等を終了し、1991 年11 月に環境アセスメントの許可を取得している。

非金属類

(ベリル)

マダガスカルでは、1998 年に石英中のベリルを30 トン生産した。大規模鉱床は、Ambato-finadrahana、Ampandremaika Malakialina、Tsaratanana のペグマタイト中に発見されている。

(グラファイト)

相当数のグラファイト鉱床がAmbatolampy、Ampanihy、Manampotsy 地区に賦存し、推定資源量として96万tである。主要生産者はEtablissements Gallois であり、東海岸でAmbalafotaka、Antsirakambo、Marovintsy の3鉱山を有している。1999 年の輸出は9,244 t、466 万\$であった。輸出先は英国、ドイツ、米国であり、主に炉材用である。

(石英)

マダガスカルには黄水晶 工業用石英、ローズコーツ、スモキーコーツが産出する。工業用はKaandreho、Mananara、Maroantsetra で発見され、Kaandreho はRollmine により採掘され、Mananara とMaroantsetra 鉱床はPrexmin により採掘されている。1999 年では586 tを中国、ロシア、ドイツに輸出している。

(雲母)

雲母は殆んど金雲母からなり、金雲母鉱床はAmbarata、Ampandrandava、Benato、Maniry Miary に見られる。1999 年では、ベルギーに81%、日本に14%が輸出された。

2012 年における鉱山のリストを表 3.36 に示す。

(5) 地質・鉱床担当部署の役割

地質局は鉱山省に属し、主な業務は地域地質調査である。鉱山環境・保安に関連する業務には係っていない。所属する技術者は地質5名である。

同局における課題は全土の縮尺1/100,000地質図画が完成していないことである。また分析施設は付随していない。

表 3.36 マダガスカル国の鉱山のリスト

No	鉱山名	所有者	位置	鉱種	採掘法	採掘期間	採掘量 (生産物)	環境問題	保安問題
1	Andriamana?	Kraomita Malagasy S.A. [Government, (100)]	Ankazotaolana	Cr	OP	?	0.25 Mt/y		
2	?	Kraomita Malagasy S.A. [Government, (100)]	Bemanevika	Cr	OP	?	0.20 Mt/y		
3	Ambatovy	Ambatovy Minerals S.A. [Sherritt International Corp., (40); Sumitomo Corp., (27.5); Korea Resources Corp., (27.5)]	Ambatovy	Ni, Co	OP	?	0.60 Mt/y		
4	Mandena	QIT Madagascar Minerals SA [QIT Fer et Titane (a subsidiary of Rio Tinto plc) (80) Government, (20)]	Talagnao, Mandena	Ti, Zr	OP	-	0.75 Mt/y 0.015 Mt/y 0.025 Mt/y	ilmenite rutile zilcon	
5	Toamasina?	Holcim S.A. [Holcim Group, (90)]	Toamasina	Ls	OP	-	0.30 Mt/y		
6	Ibity?	Holcim (Madagascar) S.A. [Holcim Group, (90)]	Ibity	Ls	OP	-	0.16 Mt/y		
7	Ambohimambola?	Madagascar Long Cimenterie (Maloci)	Ambohimambola	Ls	OP	-	0.36 Mt/y		
8	Artsrakambo	Etablissements Gallois S.A.	Near Brickaville	Grap	?	-	4800 t/y		
9	Marovinstry	Etablissements Gallois S.A.	Near Vatomandy	Grap	?	-	3600 t/y		
10	Ambalafotaka	Etablissements Gallois S.A.	?	Grap	?	-	?		
11	Antsahampano?	Compagnie Saliniere de Madagascar	Antsahampano	Gypsum	?	-	500 t/y		
12	Tolagnaro?	Societe des Mines d'Ampandranhava	Tolagnaro	Mica	?	-	2000 t/y	processed	

(6) 国際協力等

鉱山局に関する他国からの支援プロジェクトは行われていない。地質局に関しては、現在プロジェクト関連の協力は無い。2005 年～2012 年には世銀による資金援助により地質マッピングおよびコンパイルプロジェクトが行われた。これにより縮尺 1/100,000 地質図画作成と縮尺 1/1,000,000 コンパイル地質図が作成されている。このプロジェクトには BRGM および USGS が参加している。

2008 年～2011 年には JICA による開発調査として鉱業振興のための地質・鉱物資源情報整備調査が行われ、縮尺 1/100,000 地質図画作成等が行われた。

その他研修としては、鉱山局において豪州クイーンズランド州立大学での鉱山研修、最近では鉱山局に対して JSS のリモートセンシング研修に参加している。その一方、地質局に関しては最近の研修参加はない。

3.8.4 環境政策及び環境状況

鉱山環境に係る管理は鉱山省鉱山局および環境省各局が携わっている。このうち環境省は EIA に係る許認可を行っている。また EIA やモニタリング等の監査は両省が協業している。

(1) 環境担当部局

環境担当局のうち、環境省の組織は図 3.48 のとおりである。同省は環境影響評価局、品質・コミュニケーション局、情報局及び地方局からなる。

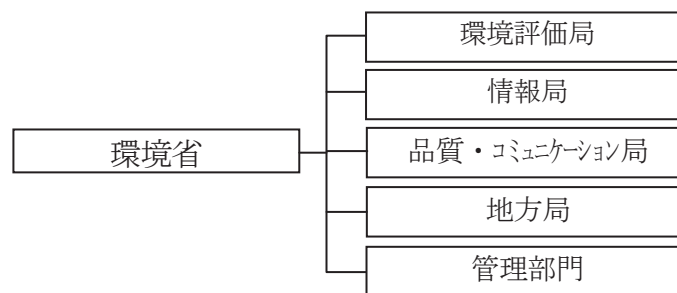


図 3.48 環境省の組織

(2) 環境関連法規

環境関連法規は、以下の通りである。

- ・投資環境適合性確保令（MECIE）：No. 167-2004（2004）
- ・環境保全地区に関する規則：No. 4355/97（1997）
- ・環境影響評価（EIA）手順に関する規則：No. 6830/2001（2001）
- ・森林保全地区に関する規則：No. 18 732（2004）
- ・環境保護地区内の鉱業・森林許可の一時停止について：No. 19 560（2004）
- ・車輛排ガス規制に関する省令：No. 6941/2000（2000）
- ・鉱業部門及び環境保護に関する省令：No. 12032/2000（2000）
- ・EIA 住民参加令：No. 6830/2001（2001）
- ・表流水・地下水への排水等に関する規則：No. 2003-943（2003）
- ・表流水の分類及び排水に関する規則：No. 2003/464（2003）
- ・部門別 EIA 技術ガイドライン

先の MECIE の法令は基本法的な位置づけであり、その他の法令は MECIE に基づいて策定されている。

この他に、環境影響評価（EIA）及び環境契約手順に関する法令、EIA の実施、環境評価、モニタリングの遵守、環境監査に関する環境技術指示書の策定を検討している。

(3) 環境影響評価(EIA)の手順

マダガスカルの EIA の手順を図 3. 49 に示す。

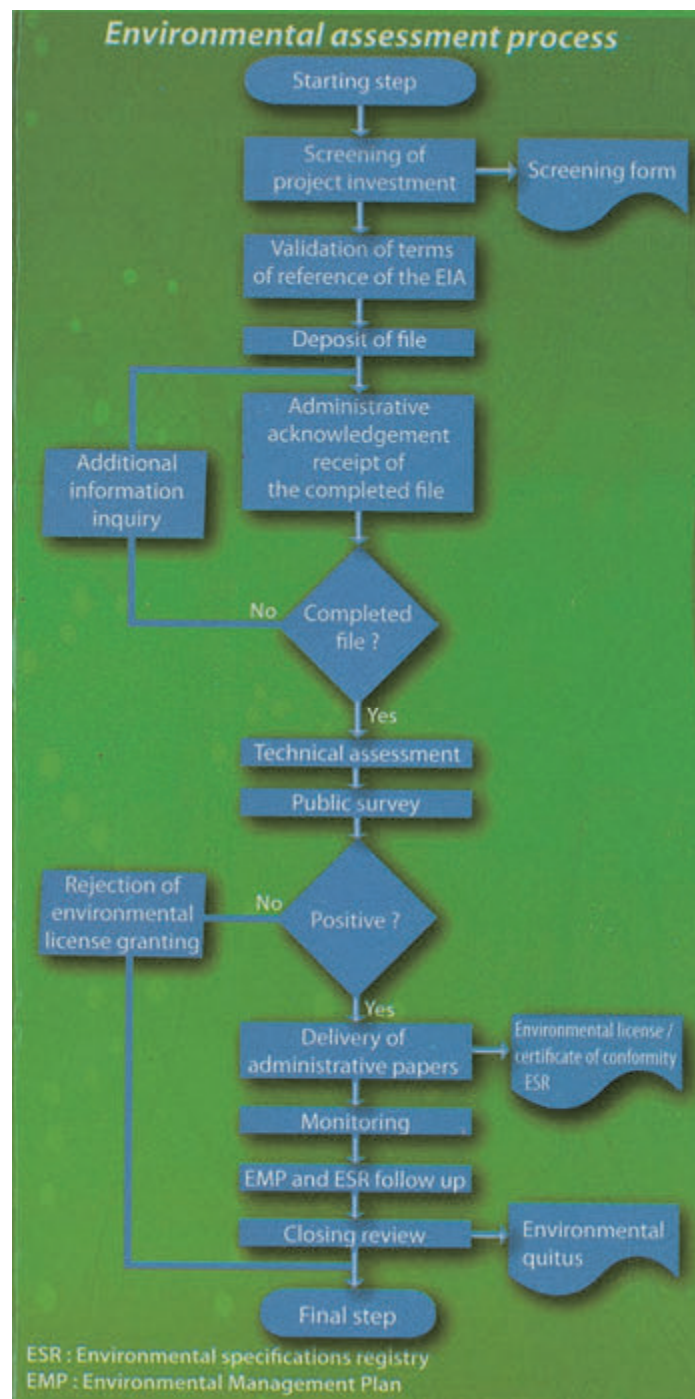


図 3. 49 環境影響評価の手順(ONE パンフレット)

(4) 国際協力等

他国からの支援として、2009 年以前は世銀による資金支援プログラムがあったが、現在は無い。研修として、最近 JSS によるリモートセンシング研修に鉱山局の技術者と共に参加している。

3.8.5 鉱山環境

鉱害として認識されている事例はない。その一方で懸念として、マダガスカル東岸の Manasavi 地域の漂砂金採掘地等の不法 Small-scale mining における地形改変による土砂の流出等があげられた。

課題として、鉱山環境を規制する法令が今後の鉱山開発を考える上で古く改定等が必要なことや、排出等において独自の基準の無いことがあげられている。

3.8.6 鉱山保安の状況

保安上大きな問題はないが、不法採掘者を含む Small-scale mining において安全用具の不備などがあげられた。

3.8.7 人材育成の状況及び技術研修の要望

(1) 人材育成の状況

人材育成に関する独自のシステムは無く、基本的には OJT のようである。そのため研修について、関連各部署の日本等への人材育成プログラムの参加要望は大きい。

(2) 国際協力等

人材育成に関する他国からの最近の国際協力はなく、他国のように JICA 及び JOGMEC 等による鉱物資源・環境関連の研修にも参加していない。最近 JSS のリモートセンシング研修に鉱山局及び環境省から各一人参加しているのみである。

(3) 本邦技術研修への要望

人材育成等、各局庁の要望に係り、いずれの局も日本における長期研修に大きく興味を引いている。取得したい技術内容や要望、研修を通じた育成対象は次のとおりである。

(鉱山局)

- ・取得したい技術：鉱山環境影響評価全般、鉱山技術、
- ・要望：関連法規や手順等のアップグレード、各種鉱山（小規模～大規模）での鉱山研修等への参加、鉱山環境および鉱山保安の監査に関する研修等への参加、鉱山環境に関する管理方法の研修への参加、金鉱山に関する鉱山技術・鉱山環境管理強化への支援
- ・育成対象：局内技師全員

(地質局)

- ・取得したい技術：地質・鉱床探査技術、地化学・鉱石分析技術、衛星地質・物理探査データ解釈技術
- ・要望：縮尺 1/100,000 地質図作成への支援、地質・鉱床探査の研修、衛星地質・物理探査データの解釈に関する研修、分析室設置への支援
- ・育成対象：局内技師全員

(環境省各局)

- ・ 取得したい技術：鉱山地質を含む EIA に係る監査・モニタリング技術
- ・ 要望：鉱山環境や EIA を含む環境一般の管理技術の短期研修
- ・ 育成対象：局内技師（環境影響評価局 16 名、品質・コミュニケーション局 5 名、情報局 8 名）

(アンタナナリボ大学地球科学科)

- ・ 強化したい専門：鉱物資源、地質工学、水資源開発、等
- ・ 要望：調査・研究関連のインフラ整備（調査用車両、分析機器、PC・ソフトウェア等情報インフラ）

3.9 アフリカ南部の鉱山環境・保安のまとめ

3.9.1 鉱業管理及び関連法規

対象 8 カ国における鉱山管理及び鉱山環境関連法規について表 3.37 に示す。

表 3.37 調査対象国の鉱業管理、鉱山環境関連法規及び鉱業政策について (1)

対象国	担当部局			鉱山環境関連法規	鉱業政策の方向
	鉱山管理	地質・鉱床	鉱山環境	鉱山環境	
1. アンゴラ	地質鉱山省： 鉱山局 鉱山 環境管理部	地質鉱山省： 地質院	地質鉱山省： 鉱山局 鉱山 環境管理部	・ 鉱業法（新） ・ 環境基本法 ・ EIA 法、他。	・ 新鉱業法の下、石油・ダイヤモンド以外の鉱物資源の開発を目指し、探鉱投資が進行。 ・ 鉱業法（新）に鉱山環境・保安に関与。
2. ザンビア	鉱山エネルギー 水資源省：鉱 山開発局	鉱山エネルギー 水資源省：地 質調査所	鉱山エネルギー 水資源省：鉱 山保安局	・ 鉱山鉱物開発法 ・ 鉱業規則、鉱業 鉱物（環境）規則、 他。 ・ 環境管理法 ・ 環境影響評価規 則、他。	・ 政策の重要事項は、法令の 改訂、付加価値の創出、関連 インフラ整備（道路、鉄道、 水、エネルギー）、保安と環境 策の強化。 ・ 環境策の強化として監査・ モニタリングを強化するため の環境保護基金を設立。
3. マラウイ	鉱山省：鉱山 監査部、鉱物 振興部、政策 計画課	鉱山省：地質 調査所	鉱山省：鉱山 監査部	・ 鉱山鉱物資源法 ・ 原子力法 ・ 環境管理法 ・ 安全・衛生福祉 法、他。	・ 政策の重要事項は鉱物資源 開発を加速させること。 ・ これに伴い鉱山・鉱物法を 改訂中、石油に関する法令も 策定中。
4. ボツワナ	鉱山エネルギー 水利省：鉱山 局、鉱山操業 開発部	鉱山エネルギー 水利省：地質 調査所	鉱山エネルギー 水利省：鉱山 局、鉱山操業 開発部	・ 鉱業法（新） ・ 鉱山砕石機械規 則 ・ 火薬法、同規則 ・ 環境基本法 ・ EIA 法、他。	・ ダイヤモンド以外の鉱物資源の 開発に積極的。 ・ ダイヤモンド、Cu、Ni、石炭へ の外国投資を促進中。 ・ 閉山は鉱業法で規定。
5. ジンバブ エ	鉱山鉱業開 発省：鉱山局	鉱山鉱業開 発省：地質調 査局	鉱山鉱業開 発省：鉱山エン 지니어リング局	・ 鉱山鉱物法	－
6. モザンビ ーク	鉱物資源 省：国家鉱山 総局	鉱物資源 省：国家地質 総局、地質・ 鉱山研究所	鉱物資源 省：国家鉱山 総局環境部	・ 鉱業法 ・ 鉱業活動に関す る環境規則、鉱山 安全規則 ・ 環境法、環境品 質・排水放出基準 他。	・ 2002 年の改訂鉱業法の策定 時以降、天然資源開発促進と 経済成長の連動を目指してき た。 ・ 現在は石炭鉱山開発が活発 化し、鉱業の GDP への貢献度 は倍増の見込み。 ・ 鉱業関連法規は、内容の明 確化のため現在も改訂中。

表 3.37 調査対象国の鉱業管理、鉱山環境関連法規及び鉱業政策について (2)

対象国	担当部局			鉱山環境関連法規	鉱業政策の方向
	鉱山管理	地質・鉱床	鉱山環境	鉱山環境	
7. 南アフリカ	鉱物資源省：鉱物政策促進部門、鉱物法規部門	地質調査所	鉱物資源省：鉱物衛生・安全部門、地質調査所水理地質学部門	・鉱物石油資源開発法 ・環境保護法 ・環境管理法 ・水利法、他。	・鉱業政策の重要事項は、鉱山保安策の重視、鉱業憲章で定める BEE 政策の見直し実施、国営鉱山企業の設立可能性の調査検討等。 ・鉱物資源（金、PGM、ニッケル、鉄鉱石、クロム等）の高付加価値化戦略の開始、炭素税導入の検討がされている。
8. マダガスカル	鉱山省：鉱山局	鉱山省：地質局	鉱山省：鉱山局	・鉱業法（新） ・新鉱業規則 ・鉱業申請規則 ・大規模投資法。	・2009 年以降の政情不安以降、具体的な動きがない。 ・ただし、Ni、チタン等の開発が進行している。

各国共 1990 年～2000 年代に鉱業法を新たに制定し、探鉱及び鉱山開発の促進と共に環境社会を配慮した持続可能な開発を目指している。また、鉱業政策も金、ダイヤモンド等の特定の鉱種のみに依存せずに、ベースメタル、レアアース、石油・天然ガス・石炭等のエネルギー資源を含む多種類の鉱物資源探査へシフトしている。

ただし、鉱山開発に伴うインフラ整備が課題となっている国・地域が多く、探鉱に必要な外資の導入等への課題となっている。

3.9.2 鉱業の状況

対象 8 カ国における鉱業の状況及び同ポテンシャルを表 3.38 (1), (2), (3)に示す。

表 3.38 調査対象国の鉱業の状況について (1)

対象国	稼業鉱山*1 鉱種*2：鉱山数	休止鉱山 鉱種：鉱山数	製・精錬 所	ポテンシャル (有望鉱種)	鉱業の現況
1. アンゴラ	Dia：11 LS：2 Gp：1	Fe：1 Cu：1	－	Nb, Ta, レアアース, Cu, Co, Ni, Fe, K, S, P, 螢石、バライ ト等。	・休止鉱山の再開発 (Fe, Au)、 新規鉱山 (Cu, Co, Ni, Au, P) の開発が進行している (カッパー ベルトの南西延長部に当たる)。
2. ザンビア	Cu, Co：8 Cu, Au：1 Cu, Co, U, Au ：1 Cu：1 Ni, Co, Cu：1 Ni, Co, Cu, Pt ：1 Py：1 LS：3 石炭：2	Pb, Zn：1	Cu：9 Cu, Co：3 Co：1	Cu, Co, Zn, Pb, Au, Mn, U, V, Ni 等。	・家業鉱山はカッパーベルトに 集中している。主たる対象は Cu と Co。 ・現在の探鉱、F/S 段階の対象 鉱種も Cu, Co 主体である。
3. マラウイ	U：1 LS：1 Ps：1 石炭：3 石材：2 宝石：2	－	－	Nb, Ta, La, U, Zr 等。	・レアメタルとレアアースの探 鉱が活発化しつつある状況。 ・現在稼業中の金属系鉱山はウ ラン鉱山のみ。

表 3.38 調査対象国の鉱業の状況について (2)

対象国	稼業鉱山*1 鉱種*2：鉱山数	休廃止鉱山 鉱種：鉱山数	製・精錬 所	ポテンシャル (有望鉱種)	鉱業の現況
4. ボツワナ	Dia : 5 Ni, Cu, Co : 3 Au : 1 Cu : 1 粘土 : 2 石炭 : 1	Mn : 1 Au : ?	Ni, Cu, Co : 1	Dia, Cu, Ni	・カプバー・ベルトの南西側延長部 (カ ラハリ・カプバー・ベルト) での探鉱が活 発で、既に Cu 鉱山が開発済。
5. ジンバブ エ	Dia : 3 Pt (Ni) : 2 PGM : 2 Ni : 4 AsB : 2 Cr : 4 Co : 4 Au : 17 Cu : 4 Fe : 1 Li : 1 P : 1 Py : 1 Vm : 2 石炭 : 4	—	Ni : 2 Cu : 1 Fe : 3 PGM : 3	Cr, Au, 石炭、 等。	・鉱山の持続的開発及び雇用の 創出を目指している。
6. モザンビ ーク	Au : 1 Ta : 2 Al : 1 Ti, Zr : 1 Ls : 4 石炭 : 2 Grap : 1 ダイトマト : 1 ベントナイト : 1 宝石 : 8	—	Al : 1	Au, Ti, Ta, REE, U, 石炭、石油・ガ ス等	・テテ州における石炭鉱山開発 が活発な状況で、現在 F/S もし くは開発待ちの案件は 10 件程 度あり。そのため現状の鉱業セ クターにおける重要鉱種は石 炭。 ・Au や REE については引き続き 探鉱中の案件が多い。
7. 南アフリ カ	Ni : 64 Au : 44 PGM : 28 Cr : 27 Dia : 14 Cu : 15 Pb : 1 Zn : 1 Mn : 6 W : 1 V : 3 U : 2 Ti : 3 Zr : 5 P : 1 Sb : 1 石炭 : 53 螢石 : 3 パイロフィライト : 3 バーミキュライト : 3 石材 : 2	Au ほか : 5,000 以上	Ni : 3 Au : 1 PGM : 4 Cu : 8 Zn : 1 Ti : 4 Zr : 1 Al : 1	PGM, Au, Cr, Ni, Cu, U, 石炭等	・開発、F/S 段階の案件は 50 以 上存在する。鉱種は PGM, Au, 石 炭等の稼業中鉱山と同じ。 ・鉱業は引き続き活況であるが、 鉱山環境や労働争議等に多くの 課題あり。

表 3.38 調査対象国の鉱業の状況について (3)

対象国	稼業鉱山*1 鉱種*2：鉱山数	休廃止鉱山 鉱種：鉱山数	製・精錬 所	ポテンシャル (有望鉱種)	鉱業の現況
8. マダガスカル	Cr：2 Ni, Co：1 Ti, Zn：1 LS：3 Grap：3 石膏：1 雲母：1	—	Ni：1	Au, Ni, Co, Cu, Pb, Zn, PGM, Al, U, 石炭、石油、等。	・インフラ整備が遅れ、開発に 支障。 ・政情不安定。

*1： 石油・天然ガスを除く。

*2： Dia：ダイヤモンド、LS：セメント、Gp：石膏、Grap：グラファイト、PGM：白金族、Py：黄鉄鉱、
REE：レアアース

南アフリカ、ジンバブエ、ザンビアでは多鉱種の資源の開発が歴史的にも長期に亘って行われている。その他の国では比較的新規の鉱物資源開発であるが、ポテンシャルが高く今後の探鉱・鉱山開発の促進が期待されている。

特に、ザンビア・コンゴに跨るカッパーベルトの南西側延長部であるアンゴラ及びボツワナ（カラハリ・カッパーベルト）では、探鉱が活発に行われ、いくつかの銅鉱床が既に開発に達している状況である。

3.9.3 環境政策及び環境状況

対象8カ国における環境部局、環境影響評価及び環境状況のまとめを表3.39(1)、(2)に示す。

表 3.39 調査対象国の環境部局、環境影響評価及び環境状況 (1)

対象国	担当部局			環境関連法規	環境政策等
	環境管理	環境許可 (EIA*1)	環境監査 (モニタリング等)		
1. アンゴラ	環境省：保護EIA局	環境省：保護EIA局 (EIAの管理)	環境省：保護EIA局	・環境法 ・国立公園法 ・環境保護法 ・廃棄物管理法、他。	・各種環境基準が設定されている。 ・鉱業法に環境保護、閉山、補償等の環境配慮が規定されている。
2. ザンビア	土地天然資源環境保護省：ザンビア環境管理庁	土地天然資源環境保護省：ザンビア環境管理庁	土地天然資源環境保護省：ザンビア環境管理庁 監査部	・環境管理法 ・有害廃棄物管理規則 ・環境影響評価規則 ・大気汚染防止規則 ・水環境保全規則他。	・省では1990年の環境保護・汚染防止法(環境管理法の旧版)の制定前後に環境支援事業計画(Environment Support Programme)策定、それ以後環境管理に関する取り組みを継続中。
3. マラウイ	環境気候変動管理省：環境局	環境気候変動管理省：環境局	環境気候変動管理省：環境局 環境影響評価・監査課	・環境管理法 ・環境管理施策、他。	・法と施策中に水、大気、土壌、廃棄物等の基本的な規則は含まれている。 ・ガイドライン・手順書はない。
4. ボツワナ	環境野生生物観光省：環境局	環境野生生物観光省：環境局	環境野生生物観光省：環境局、廃棄物汚染管理局	・EIA法 ・大気汚染防止法 ・水質汚染防止法 ・騒音防止法 ・各種環境基準、他。	・環境関連法規は整備されている。 ・鉱害については廃棄物汚染管理局が全て担当。

表 3.39 調査対象国の環境部局、環境影響評価及び環境状況 (2)

対象国	担当部局			環境関連法規	環境政策等
	環境管理	環境許可 (EIA*1)	環境監査 (モニタリング等)		
5. ジンバブエ	環境水気象省：環境業務部	環境水気象省：環境管理庁	環境水気象省：環境管理庁	・環境管理法 ・EIA 政策 ・国家環境大綱 ・国立公園野生生物保護法 ・水法 ・森林法 ・各種環境基準、等。	・環境業務部は環境政策を策定し、環境管理庁はその実施機関である。 ・持続的開発を目指している。
6. モザンビーク	環境省：国家環境影響評価総局	環境省：国家環境影響評価総局	環境省：国家環境影響評価総局	・環境法 ・環境品質基準 ・排水基準 ・飲用水基準、他。	・現状で環境系の法令に係るガイドラインや手順書は整備されていないが、現在世銀の資金援助により作成中。 ・法と施策中に水、大気、土壌、廃棄物等の基本的な規則は含まれている。
7. 南アフリカ	環境省：内部監査総局 水省各部門	環境省：内部監査総局	環境省：内部監査総局 水省各部門	・環境保護法 ・環境管理法 ・水利法、他。	・酸性坑廃水に係る環境には課題が多いものの、管理・モニタリング調査は活発である。
8. マダガスカル	環境省：環境評価局、情報局、品質・コミュニケーション局	環境省：環境評価局、情報局、品質・コミュニケーション局	環境省：環境評価局、情報局、品質・コミュニケーション局	・投資環境適合性確保令 ・環境保全地区に関する規則、他。	・EIA に係る監査・モニタリングは実施されているが、独自の基準を持っていない。

*1： EIA：環境影響評価。

各国とも環境法規が整備されており、環境法、環境保護法等を含む基本法が制定されている。また、環境影響評価（EIA）が基本法内に規定され、環境省はその業務を担っている。採鉱及び鉱山開発に伴う EIA の評価では、各国ともその専門項目について鉱山関連省に委託している。なお、鉱山に関する EIA の評価について担当者の経験が不足していることから、長期的な人材育成計画の策定・実施を検討する必要がある。

環境管理計画、モニタリング等環境保護について、プロジェクト実施者にその履行を（鉱業法からも）義務付けているが、閉山については明確な（閉山）計画の実施義務付けがされていない国が殆どである。また、全国的なモニタリング実施体制の整備がほとんど行われていないことから全国的あるいは重要拠点（都市部、ホットスポット等）の環境状況が把握できていない。

大気質、水質、土壌質、騒音・振動等の環境基準は、すでに設定されている国もあるが、設定されていない項目も認められ、環境評価のためにも早急に整備する必要がある。

3.9.4 鉱害、同ポテンシャル及び鉱害対策等の状況

対象 8 カ国における鉱害の発生、同ポテンシャル及び鉱害対策等の状況を表 3.40 (1) 及び(2)に示す。

表 3.40 調査対象国の鉱害の発生等の状況について (1)

対象国	鉱害/同ポテンシャル (区分*1)			環境対策等	備 考
	鉱山名	鉱種	環境状況		
1. アンゴラ	-	-	-	-	
2. ザンビア	(鉱害) 1) Konkola 鉱山 2) Mufulira 鉱山 3) Lumwana 鉱山 4) Chambishi 銅製錬所 5) Kabwe 鉱山 (ポテンシャル) 1) Luanshya 鉱山 2) Chambishi 鉱山 3) Kansanshi 鉱山 4) Munali 鉱山 5) Chambishi 銅精製所 6) Chambishi コバルト精錬所	Cu, Co Cu, Co Cu, Co Cu Pb, Zn Cu, Co Cu, Co Cu, Co Ni Cu Co	・廃水、排ガス ・廃水、排ガス ・廃水 ・排ガス ・廃さい、廃水 ・廃水、排ガス ・廃水、排ガス ・廃水、排ガス ・廃水 ・排ガス ・排ガス	・検討中 ・検討中 ・検討中 ・検討中 ・検討中 ・検討中 ・検討中 ・検討中 ・検討中	・2013 年ザンビア環境管理庁により是正勧告された。 ・環境団体により汚染地として指摘された。 ・2013 年ザンビア環境管理庁により閉鎖勧告。 ・環境団体により深刻な汚染地として指定された。 ・2013 年ザンビア環境管理庁により一部の開発について閉鎖勧告。
3. マラウイ	・以下の 3 か所に (ポテンシャル) 1) Kayelekera 鉱山 2) Mchenga 鉱山 3) Terrastone 鉱山	U Coal Aggregate	・粉じん、廃さい ・粉じん、廃水 ・粉じん	・改善中 ・改善中 ・改善中	
4. ボツワナ	・Selebi-Phikwe 鉱山・製錬所 ・Tati Ni-Cu 鉱山 ・Mupane 鉱山	Ni, Cu, Co Ni, Cu, Co Au	・鉱水、排ガス ・採砂による荒廃 (不明) ・廃水 (シアン)	・大気汚染。 (不明) ・生態系に影響。	
5. ジンバブエ	(ポテンシャル) 1) Mashoraland Central 地区 2) Mashoraland west 地区 3) Midland 地区 4) Miat South 地区	-	-	-	
6. モザンビーク	(ポテンシャル) 1) Manica 州等の SSM 2) Mavuzi 鉱山 (廃)	Au U	・廃水 (S)、廃さい ・廃さい	・検討中 ・立ち入り規制中。	・不法採掘者による水銀使用あり。

表 3.40 調査対象国の鉱害の発生等の状況について (2)

対象国	鉱害/同ポテンシャル (区分*1)			環境対策等	備 考
	鉱山名	鉱種	環境状況		
7. 南アフリカ	(ポテンシャル) 1) ウイトウォータースランド金鉱山盆地 2) KOSH ほかに金鉱山地域 3) ブッシュフェルト PGM 帯 4) ミッデルバーグ石炭鉱山地域	Au Au PGM, Cu Coal	・廃水、廃さい ・廃水、廃さい ・廃水 ・廃水、廃さい	・対策検討中 ・モニタリング中 ・モニタリング中 ・モニタリング中	・対策方法について EIA 申請済。 ・2012 年に飲用水用ダムが一時低 pH 化。
8. マダガスカル	(ポテンシャル) ・Manasavi 地域の小規模鉱山	Au	・土壌流出、河川汚濁	・なし	

*1: 区分: 鉱害/同ポテンシャル。

*2: SSM: 小規模鉱山

アンゴラ、マラウイ、モザンビークでは、ベースメタル等の硫化物鉱床の鉱山開発が少ないことから鉱害の発生が認められないが、鉱害のポテンシャルは有していると言える。その他の国では、廃水、排ガスによる鉱害の発生が認められており、周辺環境への影響も懸念されている。しかし、鉱害の状況、被害の調査等はやや不十分であり、環境対策も十分行われていない状況である。モニタリングによる環境状況の把握、必要な環境対策の策定・実施のための技術ガイドライン等の整備も必要である。

3.9.5 鉱山保安の状況

対象 8 カ国における鉱山保安の状況を表 3.41 (1) 及び(2)に示す。

表 3.41 調査対象国の鉱山保安の状況について (1)

対象国	鉱山保安		事故・災害等の発生	保安対策等	備 考
	管理部門	関連法規			
1. アンゴラ	地質鉱山省: 鉱山局、鉱山環境管理部	・鉱業法 (新) 内で規定。	・鉱山での災害・事故はない。ただし、石油関係では発生。	-	・鉱山保安法を準備している。
2. ザンビア	鉱山エネルギー水資源省: 鉱山保安局	・鉱山鉱物開発法 ・火薬規則	・坑内における小規模地震や落盤、廃さいダムの決壊、停電、労働争議などあり。 ・2011 年: Nchanga 鉱山坑内で停電、200 名強が閉じ込められる。	・注意喚起。 ・停電のバックアップ体制の整備	-
3. マラウイ	鉱山省: 鉱山監査部、労働職業訓練省: 職業・安全・衛生局	・鉱山鉱物法及び同施策 ・安全衛生福祉法 ・原子法 ・火薬法	・Mchenga 石炭鉱山の立坑落盤・落石事故や石材鉱山でのダイナマイト爆発・落石事故などあり。この際に作業員や監査官が死亡	・監査の実施と注意喚起	・ウラン鉱山に関する放射性物質の人的影響について考慮を検討
4. ボツワナ	鉱山エネルギー水利省: 鉱山局、鉱山操業開発部	・鉱業法 (新) 内で規定。	・2012 年: 事故 36 件 (死亡: 4 件) ・2013 年 (～10 月): 事故 24 件 (死亡: 3 件)	・注意喚起。 ・不法採掘の取締り (Au 等)。	・鉱業法で保安を規定。

表 3.41 調査対象国の鉱山保安の状況について (2)

対象国	鉱山保安		事故・災害等の発生	保安対策等	備 考
	管理部局	関連法規			
5. ジンバブエ			・2010 年：死亡事故件数 36 件（死亡：40 名） ・2011 年：死亡事故 30 件（死亡：37 名）：落盤、堅坑落下、崩壊、ガス突出等。	・注意喚起。 ・鉱山会議所では保安研修を実施。	・鉱山会議所（COM）の保安に関する統計の発表、保安活動等を実施。
6. モザンビーク	鉱物資源省：国家鉱山総局 鉱山保安部	・鉱山安全規則	・安全上無対策の SSM で掘削に伴う岩盤崩壊や発破による死亡事故等あり。 ・2010 年、Moma Ti-Zr 鉱山尾鉱ダムが決壊、1 名死亡。	・監査の実施と注意喚起	・鉱業関連法規は現在も改訂中、鉱山安全規則も改訂される予定。
7. 南アフリカ	鉱物資源省：鉱物衛生・安全部門	・鉱山衛生・安全法	・落石・落盤等による死亡事故や負傷が多発。 ・2007 年、Elandsrand 金鉱山において数千人規模閉じ込め発生。 ・Tau Tona Au 鉱山における落盤事故等の多発。 ・南アフリカ全体で毎年 100 人規模の死者、数千人規模の負傷者が発生。 ・賃上げ交渉によるストライキの発生や、ストライキに伴う暴動や発砲による死者や負傷者の発生も多発。	・監査の実施と注意喚起	・政府では操業者に対して強く注意喚起中。
8. マダガスカル	鉱山省：鉱山局	・鉱業法（新） ・新鉱業規則	-	-	-

鉱山・製錬所での災害・事故件数の統計は、ボツワナ、ジンバブエで入手されている。その他の国では、鉱山保安の統計が得られていない。

鉱山保安について、各国とも担当省庁からの指導・命令等は行っているが、保安上の訓練等を実施していない。しかし、ジンバブエでは鉱山会議所が保安に関する技術研修を定期的に実施している。

3.9.6 人材育成の状況及び技術研修の要望

対象 8 カ国における鉱山環境・保安に関する人材育成及び技術研修の要望を表 3.42 (1)、(2) 及び(3)に示す。

表 3.42 調査対象国の鉱山環境・保安に関する人材育成及び技術研修の要望について (1)

対象国	人材育成	技術研修の要望（分野別）	国際協力等の履歴
1. アンゴラ	・地質鉱山省：特になし。	・鉱山局：GIS、鉱量計算、採鉱、鉱山保安。 ・地質院：化学分析・管理、物理探査、地化学探査、水文地質、鉱物調査、EIA。 ・環境省：EIA 法。	・フランス：BRGM。 ・日本：JICA 研修。JOGMEC 研修。

表 3.42 調査対象国の鉱山環境・保安に関する人材育成及び技術研修の要望について (2)

対象国	人材育成	技術研修の要望 (分野別)	国際協力等の履歴
2. ザンビア	・鉱山・エネルギー・水資源省 (地質調査所): JICA 及び JOGMEC 研修 ・鉱山エネルギー水資源省 (地質調査所以外): なし。 ・ザンビア環境管理庁: なし。	・鉱山開発局: 採鉱に関する新技術、鉱山管理方法。 ・鉱山保安局: 各種鉱山環境 (排水、土壌、大気等) のモニタリング・管理方法。 ・ザンビア環境管理庁: 大気汚染モニタリング、管理方法、鉱山休廃止管理方法、鉱山排水管理方法、鉱山周辺の大気モニタリング方法、放射線モニタリングと管理方法、EIA の再評価方法。 ・地質調査所: 鉱物資源探査方法、水理地質をベースにした鉱山環境調査方法。	・世銀: 管理支援 (環境)。 ・日本: JICA 技術支援・技術研修、JOGMEC 技術研修。
3. マラウイ	・鉱山省 (地質調査所): JICA 及び JOGMEC 研修 ・鉱山省 (地質調査所以外): 豪州研修 ・環境気候変動管理省: 特になし。 ・労働・職業訓練省: 特になし。	- 鉱山局: 鉱山環境と保安を含む鉱山操業管理・監督及びモニタリングに係る技術、EIA 監査・モニタリング技術。 - 環境局: 鉱山環境及び EIA に係る監査とモニタリング技術。 - 職業・安全・保健局: 鉱山保安の監査とモニタリング技術。	・豪州: 技術研修 (保安)。 ・世銀・EU (BRGM): 探鉱支援中 (空中磁気探査) ・日本: JICA 技術支援・技術研修・専門家派遣、JOGMEC 技術研修。
4. ボツワナ	・鉱山エネルギー水利省: 特になし。 ・環境野生生物観光省: JICA 研修。 ・地質調査所: JOGMEC 研修。	・鉱山エネルギー水利省: 鉱山環境・保安、資源管理、鉱業政策。 ・環境野生生物観光省: 環境管理、EIA、環境法規、モニタリング、SEIA、EIA 評価法。 ・地質調査所: 地下水、CCS、持続的鉱山開発、モニタリング、石油開発、地化学探査、応用環境地質、石油地質、水文化学。	・ドイツ: 技術研修 (環境地質、分析等) ・JICA: 技術研修。 ・JOGMEC: 技術研修。
5. ジンバブエ	・環境野生生物観光省: 環境管理庁、分析所: JICA 研修。	・環境野生生物観光省: 環境業務部、環境管理庁: 環境政策、環境計画、環境管理。	—
6. モザンビーク	・鉱物資源省 (国家地質総局以外): 特になし。 ・鉱物資源省 (国家地質総局): JICA、JOGMEC、HIDA、豪州、インド系研修。 ・環境省: JICA 及び JOGMEC 研修	・国家鉱山総局環境部: 鉱山環境影響評価全般、環境マネジメントシステム、水質等環境モニタリング・監査方法、鉱山環境に係る衛星画像・GIS 解析。 ・国家環境影響評価総局: 鉱山地質を含む EIA に係る監査・モニタリング技術。 ・国家地質総局: 地球物理 (地震系)、構造地質、鉱物学。	・豪州: 技術研修 (鉱物資源)。 ・インド: 技術研修 (石炭資源)。 ・世銀 (ポーランド): 技術支援 (環境ガイドライン作成)。 ・日本: JICA 技術研修、JOGMEC 技術研修、HIDA 技術研修。
7. 南アフリカ	・地質調査所: 特になし	・地質調査所水理地質部門: 鉱山環境関連の水理地質学的技術	・水省に関しては排水・浄化方法に関する多数の提案が各国関連機関からあり。 ・地質調査所水理地質学部門に関してはなし。

表 3.42 調査対象国の鉱山環境・保安に関する人材育成及び技術研修の要望について (3)

対象国	人材育成	技術研修の要望（分野別）	国際協力等の履歴
8. マダガスカル	・鉱山省（鉱山局）：なし ・鉱山省（地質局）：なし ・環境省（各局）：なし	- 鉱山局：関連法令のアップグレード、等 - 地質局：地質図作成支援、等 - 環境省各局：鉱山地質を含む EIA 監査・モニタリング技術	・世銀：資金援助 ・JICA：開発援助

第4章 第二次現地調査

4.1 第二次現地調査の内容

第二次現地調査は、対象2カ国への現地踏査及び対象3カ国への現地調査の補足調査を実施した。

現地踏査の対象国は、マラウイ及びザンビアの2カ国である。現地踏査は、① 環境調査、② 土壌サンプリング・分析、③ 水サンプリング・分析、④ 簡易測量、⑤ 各鉱害サイトにおける鉱害発生場所、規模、種類等の確認、周辺環境の状況、問題点の整理、鉱害防止対策の検討、並びに対象国の鉱山環境・保安の状況の調査を行った。

現地調査の補足調査は2グループからなり、対象国別にグループ1がジンバブエ、グループ2が南アフリカ及びマダガスカルの3カ国からなる。ジンバブエ及び南アフリカ現地調査は第一次現地調査で実施できなかった鉱山管理省庁への調査からなり、マダガスカルは第一次現地調査の内容と同様である。

4.2 調査対象地

第二次現地調査の調査対象地を表4.1及び図2.2（第2章）に示す。

表4.1 第二次現地調査の調査対象地

(1) 現地踏査

対象国	現地踏査鉱害サイト		期間 (H26年)	備 考
	サイト	内容		
1. マラウイ	1) 石炭鉱山	・ 鉱山保安 ・ 鉱山環境	1/20～1/26	
	2) 石炭鉱山	・ 鉱山保安 ・ 鉱山環境		
	3) 小規模鉱山 (SSM)	・ 鉱山保安 ・ 鉱山環境		
2. ザンビア	1) Konkola 鉱山 (Cu) : Konkola Copper Mines plc (Vedanta Resources plc (79.4%), ZCCM (20.6%))	・ 坑廃水 ・ 排煙*1	1/27～2/16	・ 協働企業体鉱山は事前に入山許可を得る必要がある。ただし、国営会社である ZCCM が資本参加していることから、許可を得られる予定。
	2) Mufulira 鉱山 (Cu) : Mopani Copper Mines (Glencore International AG)	・ 坑廃水 ・ 排煙*1		
	3) Kabwe 鉱山 (Cu) : ZCCM (100%)	・ 坑廃水 ・ 廃さい堆積場		

*1 排煙：製錬所からの排煙、SO₂を含む。

(2) 現地調査

対象国	現地調査		期間 (H26 年)	備 考
	対象省庁	内 容		
3. ジンバブエ ：グループ 1	1) 鉱山エネルギー水利省 鉱山局	・ 鉱山管理 ・ 鉱山環境、鉱害・同ボテンシャル・対策 ・ 鉱山保安、事故・災害・対策 ・ 分析関係、モニタリング ・ 人材育成、要望	/17～1/21	・ 事前に面談予約が必要。
4. 南アフリカ ：グループ 2	1) 鉱物資源省 鉱物政策促進部門	・ 鉱山管理 ・ 鉱山環境、鉱害・同ボテンシャル・対策 ・ 鉱山保安、事故・災害・対策 ・ 分析関係、モニタリング ・ 人材育成、要望	2/17～2/21	・ 事前に面談予約が必要。
5. マダガスカル ：グループ 2	1) エネルギー鉱山省 鉱山地質局	・ 鉱山管理 ・ 鉱山環境、鉱害・同ボテンシャル・対策 ・ 鉱山保安、事故・災害・対策 ・ 分析関係、モニタリング ・ 人材育成、要望	2/22～2/28	・ 質問票の回収。 ・ 事前に各省庁の面談予約。
	2) エネルギー鉱山省 地質局	・ 地質、鉱床、探鉱 ・ 分析、モニタリング ・ 人材育成、要望		
	3) 環境水森林観光省 環境局	・ 環境管理 ・ 環境影響評価 (EIA) ・ 環境保護、環境汚染、鉱害・対策 ・ 廃棄物管理 ・ 分析関係、モニタリング ・ 人材育成、要望		

4.3 マラウイ

マラウイにおける第二次現地調査は、2014 年 1 月 19 日～1 月 28 日間に実施した。

4.3.1 調査日程

調査日程を表 4.2 に示す。

表 4.2 マラウイでの第二次現地調査の日程

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	1/19 (日)	-	移動：マラウイへ入国	-	-
2	1/20 (月)	9:00～ 11:00～ 13:00～	リロングウェ： JICA 事務所 鉱山局 環境局	調査打合せ 調査打合せ 面談	富谷所長補佐、他 主席鉱山技師、他 安東専門家
3	1/21 (火)	9:00～ 16:00～	リロングウェ： 鉱山局 移動：ムズズへ 鉱山局北部地方事務所	局長表敬・面談 調査打合せ	局長 地方事務所長
4	1/22 (水)	9:30～ 15:00～	ムチエンガ： ムチエンガ石炭鉱山 ジャラウェ石炭鉱山(小規模)	視察・調査 視察・調査	鉱山長、他 鉱夫、他
5	1/23 (木)	10:30～	リヒンクストニア： カシウシウイ石炭鉱山	視察・調査	鉱山長、他
6	1/24 (金)	9:30～ 10:30～ 12:00～ 13:00～	ムジンバ： ムジンバ宝石社 チャンクエ宝石鉱山(小規模) ムズムンダ宝石鉱山(小規模) ムジンバ宝石共同協会	視察 視察・調査 視察・調査 面談	オーナー、他 オーナー、他 オーナー、他 オーナー、他
7	1/25 (土)	-	移動：リロングウェへ	-	-
8	1/26 (日)	-	リロングウェ	調査整理	-
9	1/27 (月)	9:00～ 10:00～ 11:00～	リロングウェ： 鉱山局 JICA 事務所 JICA OVOP 事務所	調査報告 調査報告 面談	局長、主席鉱山技師、他 富谷所長補佐、他 岡田主席顧問、他
10	1/28 (火)	-	移動：マラウイ出国、ザンビアへ	-	-

4.3.2 調査概要

調査したサイトは、マラウイ北部のルンピ（Rumphi）北方の石炭鉱山 3 箇所、ムジンバ（Muzimba）周辺の小規模宝石鉱山 2 箇所である。

調査したサイト位置とその概要を図 4.1 及び表 4.3 に示す。

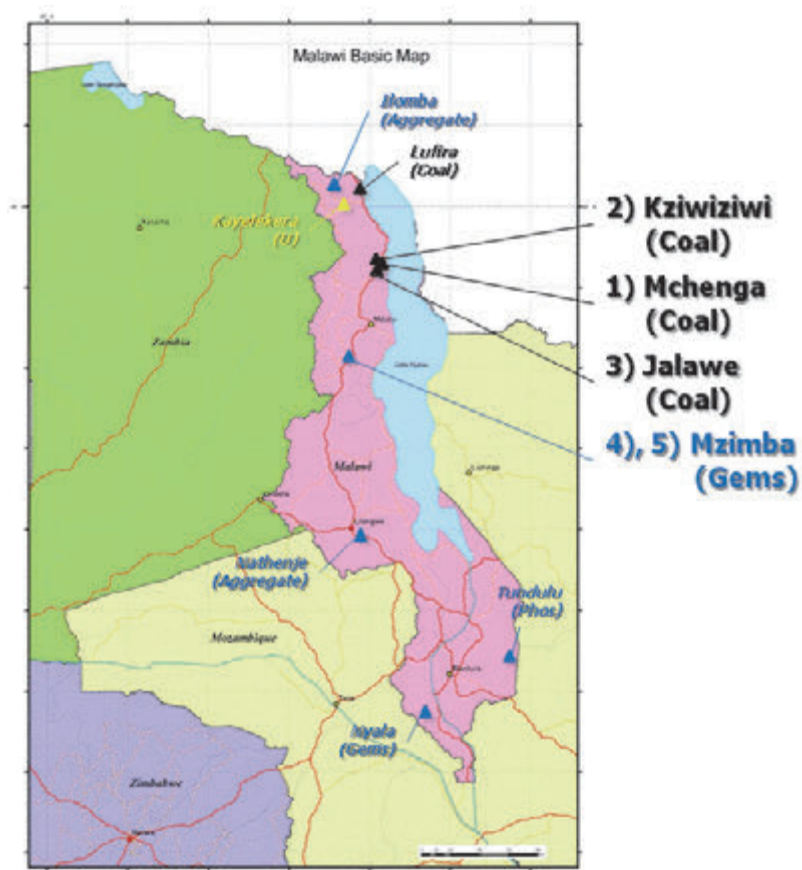


図 4.1 マラウイでの調査サイト位置

表 4.3 調査サイトの概要

Site Name	Lat. (deg S)	Lon. (deg E)	Owner	Operation Method*1	Production	Remarks
1) ムチェンガ石炭鉱山) Mchenga Coal Mine	10.69907	34.14920	Mchenga Coal Mines Ltd.	UG	60-80t/day	Government had held before 1999.
2) カズィズィウィ石炭鉱山 山 Kaziwiziwi coal mine	10.64587	34.09185	Kaziwiziwi Mining Company Ltd.	UG	60-70t/day	Government had operated durring 1985 to 2002.
3) ジャラウェ石炭鉱山 Jalawe Coal Mine (small scale)	10.74434	34.13648	Malawian	UG	12-30t/day	Opend in 2005
4) チャングウェ宝石鉱山 Changwue gem mine (small scale)	11.84644	33.65318	Mzimba Gemstone	OP	n/d (mica, quartz, aquamarine)	Opend in around 2007
5) ムズムワンダ宝石鉱山) Muzumwanda gem mine (small scale)	12.03776	33.65154	Mzimba Gemstone	OP	n/d (mica, rose quartz, aquamarine)	n/d

*1 UG: underground, OP: open-pit

これらサイトにおいては対象鉱山とその周辺を視察したうえ、鉱山環境に関しては採掘、選炭、貯炭・廃さい堆積等に伴う排水や管理状況について、保安に関しては保護具の着用、採掘地（坑内、露天）での岩盤保持や防護柵等の設置や管理状況について調査した。このう

ち鉱山環境の調査として、排水と周辺沢水の簡易分析を行った。

4.3.3 鉱山環境に関する調査

各サイトでの鉱山環境に関する調査結果は次のとおり。

(1) Mchenga(ムチエンガ)石炭鉱山(写真 4.1、4.2)

- ・採掘法：坑内掘
- ・排水処理状況：採掘中の坑内からの排水は非常に少なく、坑内からのポンピングによる排水は基本的に行われていない。
- ・貯炭／廃さい堆積状況：貯炭や廃さいは坑口周辺や選炭時の水洗施設周辺にストックされている。廃さい（砂岩）は極めて少ない。
- ・排水および貯炭／廃さいの管理状況：坑内からの排水は少ない。しかし貯炭場所には雨の浸透による排水や小さな池が認められる。これらは基本的に沢に流されているが、排水箇所から沢の間には石積みによるフィルターが設けられている(写真 4.3、4.4)。



写真 4.1 Mchenga 石炭鉱山坑口の状況



写真 4.2 Mchenga 石炭鉱山横坑



写真 4.3 坑口原鉱ストックからの排水状況



写真 4.4 原鉱ストック下の石積みによる排水フィルター



写真 4.5 旧坑口からの坑廃水流出
と坑口上部の崩壊



写真 4.6 鉱山局 Muzuzu 所長及び Mchenga
石炭鉱山所長と共に水質検査

- ・その他：廃止した横坑からの鉱廃水の流出と、同坑の地表上部に陥没と崩壊が認められる。現状でこれらは放置されており、鉱廃水は直接沢に流出している（写真 4.5）。
- ・排水の成分等の測定：坑口付近や施設からの排水を測定した（写真 4.6）。測定値を表 3 に示す。廃坑からの坑廃水は pH3.01 と酸性水であった。その他の個所では pH7.0 を超えている。成分に関しては、廃坑からの酸性水が金属量 5mg/l 以上、Zn 量 2mg/l 以上と高い値を示した。

(2) Kaziwiziwi(ガジウィジウィ)石炭鉱山（写真 4.7、4.8）

- ・採掘法：坑内掘
- ・排水処理状況：採掘中の坑内からの排水は非常に少なく、坑内からのポンピングによる排水は基本的に行われていない（写真 9）。
- ・貯炭／廃さい堆積状況：貯炭や廃さいは坑口周辺や選炭施設周辺にストックされている。廃さい（砂岩）は極めて少ない。坑口の一部の貯炭は河川と接している。
- ・排水および貯炭／廃さいの管理状況：坑内からの排水は少ない。しかし選炭・洗炭施設には雨の浸透による排水が認められる。排水は一旦沢に流され、下流側数 100m の地点に同排水の堆積池が設置されている（写真 4.10）。排水中には石炭粒子が混在しており、同石炭はその堆積池で沈殿される。その後上澄みの水のみが川に排水されている。
- ・その他：大雨が続く場合、堆積池からの排水が、同排水個所からオーバーフローすることがある模様。
- ・排水の成分等の測定：洗炭施設からの排水について pH のみ簡易測定したところ、pH6 以上であった。



写真 4.7 Kaziwiziwi 石炭鉱山入口



写真 4.8 Kaziwiziwi 石炭鉱山事務所



写真 4.9 坑口（横坑）状況



写真 4.10 選鉱所からの排水及び廃さいの堆積地

(3) Jalawe(ジャラウエ)石炭鉱山（小規模鉱山）

- ・採掘法：坑内掘（写真 4.11）
- ・排水処理状況：採掘中の坑内からの排水は少ないものの、時に坑内からポンピングにより排水されている。同排水はポンピングホースを介して坑口に出され、直接沢に流されている。
- ・貯炭／廃さい堆積状況：貯炭や廃さいは事務所前にストックされている（写真 4.12）。廃さい（砂岩）は極めて少ない。貯炭地は炭鉱内を流れる沢と接している。
- ・排水および貯炭／廃さいの管理状況：坑内からのポンピングによる排水は直接沢に流されている。貯炭は野積みになり沢と接している状況である。そのため坑内や降雨を介した全ての排水は沢に直接流れており、管理されていない状況である。
- ・その他：たぬき掘りされた坑口が多数認められ（写真 4.13）、降雨の場合、同坑口から排水が直接流出するようである。



写真 4. 11 Jalawe 石炭鉱山坑口状況



写真 4. 12 鉱山事務所と貯炭場



写真 4. 13 旧坑口（沢に沿って点在）



写真 4. 14 地元鉱夫による手選状況

(4) Changwue(チェグウェ)宝石鉱山(小規模鉱山) (写真 4.15、4.16)

- ・ 鉱床：ペグマタイト
- ・ 採掘法：露天掘
- ・ 排水処理状況：排水は無い。
- ・ 貯鉱／廃さい堆積状況：露天掘作業地の脇に堆積するが、量は極めて少ない。採掘対象は石英と雲母類（白雲母）が主体である。
- ・ 排水および貯炭／廃さいの管理状況：なし。
- ・ その他：採掘地の平面的な広さは 20m 四方形程度。宝石類の研磨等については、Muzimba 宝石共同協会が管理している（写真 4. 17、4. 18）。



写真 4. 15 Changwue 鉱山採掘場



写真 4. 16 Changwue 鉱山採掘場



写真 4. 17 宝石研磨器具
(Muzimba 宝石共同協会が管理)



写真 4. 18 宝石等切断器具
(Muzimba 宝石共同協会が管理)

(5). Muzumwanda(ムズムワンダ)宝石鉱山(小規模鉱山) (写真 4.19、4.20)

- ・ 鉱床：ペグマタイト
- ・ 採掘法：露天掘
- ・ 排水処理状況：排水は無い。
- ・ 貯鉱／廃さい堆積状況：露天掘作業地の脇に堆積するが、量は少ない。鉱石は石英（"Rose Quartz"）と雲母類（白雲母及び黒雲母）が主体である。
- ・ 排水および貯炭／廃さいの管理状況：なし。
- ・ その他：露天採掘地は降雨による水が池となっている。水は乾季に干上がる模様である。
池の平面的な広さは 20m×50m 程度である。
- ・ 排水の成分等の測定：露天掘内の池の水を測定した。同測定値を表 4. 4 に示す。pH6. 65、
その他成分について高い値は示されない。



写真 4. 19 Muzumwanda 鋇山入口



写真 4. 20 Changwue 鋇山採掘場

表 4.4 鉱山内外における水質の簡易分析結果

Sample No	Site Name	Lat. (deg S)	Lon. (deg E)	pH	EC (ms/m)	Temp (deg C)	ME mg/l	Mn mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Ni mg/l	Cr mg/l	CN- mg/l	F mg/l	Remarks
012201	Mchenga coal mine	10.69907	34.14920	7.76	26.8	27.8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	drainage from adit
012202	Mchenga coal mine	10.69907	34.14920	7.62	11.92	27.6	1	<0.5	<0.5	0.4	<0.3	<0.5	<0.02	0	filtered drainage
012203	Mchenga coal mine	10.69773	34.14708	3.01	67.4	26.8	5<	2	<0.5	2<	<0.3	<0.5	<0.02	0.3	drainage from abandoned adit
012204	Mchenga coal mine	10.71425	34.15227	7.41	6.59	25.0	0.1	4	<0.5	0.05	<0.3	<0.5	<0.02	0	stream form water washing plant
012205	Mchenga coal mine	10.71543	34.15425	7.84	49.0	27.6	1	<0.5	<0.5	1	<0.3	<0.5	<0.02	0.2	pond under the water washing plant
012401	Muzumwanda gems mine (small scale)	12.03776	33.65154	6.65	8.89	25.9	0.2	<0.5	<0.5	0.2	<0.3	<0.5	<0.02	0.3	pond in the mine

- pH, EC and Temp were measured by a potable measurement equipment.

- Elements were measured by the Pack Test.

4.3.4 鉱山保安に関する調査

各サイトでの鉱山保安に関する調査結果は次のとおり。

(1) Mchenga(ムチェンガ)石炭鉱山

- ・採掘法：坑内掘。
- ・保護具：坑内作業者は着用しているが、選炭作業者等は一部不徹底。
- ・坑内支保：約 10m 間隔で一本丸太の木材支柱（prop）があるが、空間の広い場所には 5m 間隔で 0.5m×0.5m の木材-岩石巻支柱あり（写真 4.21）。
- ・坑内天盤：裸岩状態で落盤防止策なし（写真 4.22）。
- ・坑内空間：基本は 3m×2.5m、狭い場所はたぬき掘り状で 3m×2m になる。
- ・掘削法：ジャックハンマーによる削岩掘削。
- ・運搬装置：切羽から坑口までの運搬はベルトコンベアを利用（写真 4.21）、坑口から選炭所への運搬はトラックを利用。
- ・坑内通風：ベンチレーターによる通風。
- ・その他：坑内のベルトコンベアと通路との空間が確保されていない（写真 4.21）。通路は滑り易い。



写真 4.21 Mchenga 鉱山横坑内



写真 4.22 Mchenga 鉱山横坑内天盤

(2) Kaziwiziwi(ガジウィジウィ)石炭鉱山

- ・採掘法：坑内掘。
- ・保護具：坑内作業者は着用しているが、選炭作業者等は一部不徹底。
- ・坑内支保：0.5m 間隔で木材枠支柱あり（写真 4.23）、空間の広い場所には 5m 間隔でブロック支柱（0.5m×0.5m）あり。
- ・坑内天盤：基本は裸岩であるが、支柱が 0.5m 間隔で設けられていることと、岩盤（砂岩）がフラットで安定している（写真 4.24）。岩盤脆弱個所では落盤防止策として矢板を設けている（写真 4.25）。
- ・坑内空間：基本は 3m×2.5m。
- ・掘削法：ジャックハンマーによる削岩掘削。

- ・運搬装置：切羽から坑口までの運搬は深型ネコー輪車により人力で運搬（写真 4.26）、坑口において一次選炭後にトラックにより選炭所へと運搬。
- ・坑内通風：パイプによる自然通風。
- ・その他：一部に滑り易い通路あり。



写真 4.23 横坑内支保状況



写真 4.24 横坑内天盤状況



写真 4.25 横坑内天盤支保状況



写真 4.26 鉱山坑口での運搬工

(3) Jalawe(ジャラウエ)石炭鉱山(小規模鉱山)

- ・採掘法：坑内掘。
- ・保護具：坑内作業者は着用しているが、選炭作業者等は不所持。
- ・坑内支保：不明（要所には木枠支柱および丸太支柱がある模様）。
- ・坑内天盤：裸岩。
- ・坑内空間：2m×1m 程度。
- ・掘削法：スコップによる手掘。
- ・運搬装置：切羽から坑口までの運搬は深型ネコー輪車により人力で運搬（写真 4.27）、坑口付近で一次選炭後、再び一輪車で選炭所（写真 4.28）へと運搬。
- ・坑内通風：なし。
- ・その他：坑内は非常に狭くたぬき掘りの状態。坑内に水が溜まった場合、ポンプで排水。



写真 4.27 坑口での運搬工



写真 4.28 選炭及び破碎機

(4) Changwue(チェグウェ)宝石鉱山(小規模鉱山)

- ・採掘法：露天掘
- ・保護具：なし。
- ・掘削法：スコップ、つるはしによる手堀（写真 4.29、4.30）。
- ・その他：トレンチ状に掘削。深さ 15m 程度に達する（写真 4.29、4.30）。



写真 4.29 付近住民が雇用されて採掘



写真 4.30 トレンチ状の採掘地

(5) Muzumwanda(ムズムワンダ)宝石鉱山(小規模鉱山)

- ・採掘法：露天掘
- ・保護具：なし（写真 4.31）。
- ・掘削法：スコップ、つるはしによる手堀。
- ・その他：トレンチ状に掘削。底部は降雨により池が形成されている（写真 4.32）。



写真 4.31 付近住民が雇用されて採掘



写真 4.32 トレンチ状の採掘地

4.3.5 調査結果

今回の調査により、マラウイの稼業鉱山の中で人員的にみて最も規模の大きな鉱山である Mchenga 石炭鉱山と Kaziwiziwi 石炭鉱山の操業状況、鉱山環境・保安状況を確認出来た。また Small-scale 鉱山として代表的な Muzimba 周辺の鉱山の操業状況、鉱山環境・保安状況を確認出来た。

4.4 ザンビア

ザンビアにおける第二次現地調査は、2014年1月28日～2月16日まで実施した。調査日程を表4.5は次のとおりである。

4.4.1 調査日程

調査日程を表4.5 (1)、(2)及び(3)に示す。

表 4.5 ザンビアでの第二次現地調査の日程

(1) 1月28日～2月2日

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	1/28 (火)	-	移動：ザンビアへ入国	-	-
2	1/29 (水)	9:00～ 16:00～	ルサカ： ZEMA*1 事務所 JICA 事務所	調査打合せ 調査説明	主席監査官 寺西所長、他
3	1/30 (木)	7:00～ 14:00～ 15:00～	移動：ンドラへ ZEMA ンドラ事務所 移動：キトウェへ	調査打合せ	上級監査官
4	1/31 (金)	8:00～ 9:00～ 10:00～	キトウェ： 鉱山保安局 Alfred H Knight Inc. (分析会社) 市内	調査打合せ 分析打合せ 調査準備	上級監査官、他 分析技師
5	2/1 (土)	8:00～	キトウェ北西： モパニ鉱山（ムフリラ）周辺、 コンコーラ鉱山周辺、チャン ビシ鉱山周辺	事前視察、調査準備	
6	2/2 (日)		キトウェ：	調査準備、整理	

*1 ZEMA: Zambia Environmental Management Agency (ザンビア環境管理庁)

(2) 2月3日～2月9日

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	2/3 (月)	8:00～	モパニ鉱山： 鉱山周辺	土壌・水試料採取	
2	2/4 (火)	8:00～	モパニ鉱山： 鉱山内	鉱山関係者と調査打合せ、 土壌・水試料採取	モパニ鉱山環境技師
3	2/5 (水)	8:00～	モパニ鉱山： 鉱山内外	土壌・水試料採取	モパニ鉱山環境技師
4	2/6 (木)	8:00～	コンコーラ鉱山： 鉱山内	鉱山関係者と調査打合せ、 鉱山視察、土壌・水試料 採取	コンコーラ鉱山所長、 選鉱課長、環境課長、 環境技術者、他
5	2/7 (金)	7:00～	コンコーラ鉱山： 鉱山内外	土壌・水試料採取	環境技術者
6	2/8 (土)	7:00～	モパニ鉱山： 鉱山周辺	土壌試料採取	
7	2/9 (日)		キトウェ：	調査整理	

(3) 2月10日～2月16日

No	月/日	時間	滞在・訪問場所等	業務内容	面談者等
1	2/10 (月)	7:00～	コンコーラ鉱山： 鉱山周辺	土壌・水試料採取	
2	2/11 (火)	8:00～ 15:00～	移動：カブエへ カブエ休止鉱山： 旧鉱山内外	施設保有者の SABLE ZINC 社と調査打合せ、土壌・水 試料採取	SABLE ZINC 社所長、同 社環境技師
3	2/12 (水)	8:00～	カブエ休止鉱山： 旧鉱山内外	土壌・水試料採取	SABLE ZINC 環境技師
4	2/13 (木)	8:00～	カブエ休止鉱山： 旧鉱山周辺	土壌・水試料採取	SABLE ZINC 環境技師
5	2/14 (金)	8:00～	移動：キトウェへ 分析会社 鉱山保安局	土壌・水試料引き渡し 最終打合せ	上級監査官、他
6	2/15 (土)	8:00～	移動：ルサカへ		
7	2/16 (日)		ルサカ：	調査整理	

4.4.2 調査概要

ザンビアでは鉱山環境上懸念されているベースメタル鉱山の現状を把握するため、同鉱山周辺において土壌の採取と河川・排水の採水と測定・分析を行う。これに伴い今週は鉱山環境やEIAを管轄する鉱山保安局およびZEMA（ザンビア環境管理庁）との調査打ち合わせ、調査サイトの事前視察などを行った。関係機関との打合せにより、調査サイトとして、以下の3鉱山の内外での試料採取等調査を行うことになった。

- 1) Mopani（モパニ）銅鉱山
- 2) Konkola（コンコーラ）銅鉱山
- 3) Kabwe（カブエ）鉛・亜鉛鉱山

調査対象鉱山の位置とその概要を図4.2及び表4.6に示す。

これら鉱山においては、いずれも環境管理部門がある模様である。そのため調査では事前に各鉱山の同部門と面談する予定である。調査では鉱山保安局とZEMAからそれぞれ1名の監査官も同行し、鉱山区域内の尾鉱ダム及びずり・鉱滓堆積場、区外の河川周辺の土壌及び水の採取と原位置でのpH・水温等の簡易測定を行う。

採取された土壌及び水試料は、キトウェ市内にある英系分析会社であるAlfred H Knight社に依頼した。

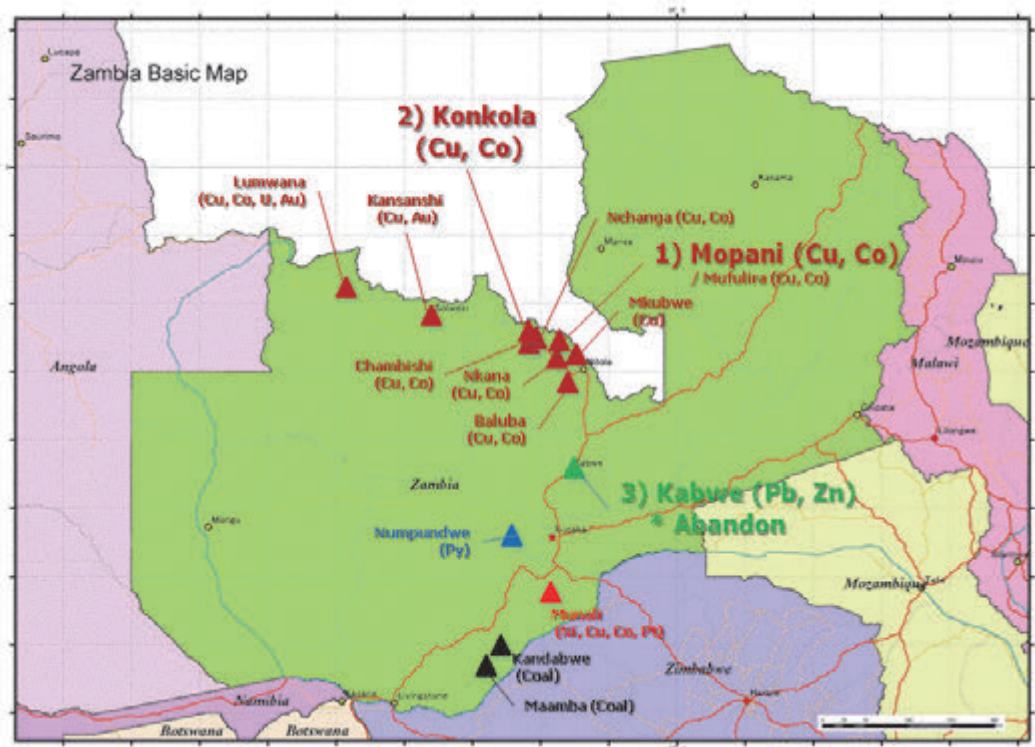


図 4.2 ザンビアの稼業鉱山と調査対象鉱山

表 4.6 調査サイト概要

Site Name	Lat. (deg S)	Lon. (deg E)	Owner	Operatio n Method*1	Productio n	Remarks
1) モパニ銅-コバール 鉱山 Mopani Cu-Co Mine	12.54009	28.23334	Glencore International AG (73.1) [Swiss] First Quantum Minerals Ltd (16.9) [Canada] ZCCM (10.0)	UG	1.87Mt/y	Commenced on 2000.
2) コンコラ銅-コバール 鉱山 Konkola Cu-Co Mine	8633600 (UTM)	589000 (UTM)	Vedanta Resources plc (79.4) [India] ZCCM (20.6)	UG/OP	n/d	—
3) カブウェ鉛・亜鉛 休止鉱山 Kabwe Pb-Zn Mine	14.45170	28.43859	ZCCM (100.0)	UG	—	Closed in early 1990's

*1 UG: underground, OP: open-pit

4.4.3 鉱山サイト内外での鉱山環境に係る調査結果

Mopani（モパニ）銅鉱山、Konkola（コンコラ）銅鉱山及び Kabwe（カブウェ）鉛亜鉛鉱山の3か所において、鉱山環境・保安に関する踏査及び各鉱山サイト内外の土壌・水の採取

を行った。また、水の採水時には原位置での pH 等の測定とパックテストによる簡易成分分析も行った。

試料採取地点は、基本的に各鉱山において水質モニタリングを実施している定点を含めた。定点は坑内、選鉱、リーチング、製錬等施設、尾鉱ダム等の排水口に設けられている。また地下水採水井戸もあり、このような定点も採取地点に含めた。

以上の地点のほか、鉱山周辺への影響を考慮するために尾鉱ダムの下流や上流、製錬所排煙口の風下や風上も採取地点を設けた。

各鉱山での視察・調査結果を以下に述べる。

(1) Mopani(モパニ)銅鉱山(写真 4.33、4.34)

- ・採掘法：坑内掘（現状で約-1,400m）
- ・鉱山施設：管理棟、立坑、選鉱所、リーチング池、製錬所、鉱滓堆積場、廃さい堆積場、尾鉱ダム、等



写真 4.33 Mopani 鉱山を Slag Dump #2 から望む（立坑、製錬所等）



写真 4.34 Mopani 鉱山の立坑

- ・排水処理状況：施設のうち尾鉱ダム以外はほぼ一区画にまとまっており、同所からの排水は排水路にまとめられ、尾鉱ダムを迂回する水路に排水される（写真 4.35）。同水路は尾鉱ダム下流側で主要水系の Mufulira 川に戻り、以降は一般河川になる。坑内排水もこの水路に放水されている。一方、尾鉱ダムからの排水は、同ダム西側の放水路から行われ、迂回水路に合流する（写真 4.36）。いずれの排水も一旦沈殿池やダムを緩衝としたうえ、水路に直接排水されている。
- ・鉱滓／廃さい堆積状況：主要な鉱滓堆積場は 2 か所で、製錬所の南側（Slag Dump #1）と北側（Slag Dump #2）に分けられる。廃さい堆積場は多くないが、施設周辺に分散して設けられている。このうち最も大きな堆積場は鉱山主要施設の西側に設けられている（Rock Waste #17）。
- ・尾鉱ダム状況：現在の尾鉱ダムは鉱山主要施設の南西側にある。広さは約 3km 四方である。基本的には選鉱施設からの尾鉱が堆積しているが、鉱山施設周辺の町からの汚水の一部もこのダムに排水されている。

- ・製錬所排煙状況：製錬所からの排煙は、脱硫フィルター等を通さずにそのまま排煙されている（写真 4. 37）。現在脱硫施設を作り、精製された硫酸をリーチングに利用する計画があるがまだ途上のようなのである。
- ・排水等の管理状況：排水は各々沈殿池やダムを通じて水路に放水されており、基本的には管理状態にある。懸念は雨季における沈殿池やダムからのオーバーフローであるが、現状では大きな事故は起きていないようである。排水成分基準の管理に関しては、モニタリングしている項目は、pH、Cu、Fe、Mn、Co、SO₄、TDS のみである。
- ・その他：尾鉱ダムからの放水路以外に seepage があり、これもそのまま水路に放水されている（写真 4. 38）。
- ・水および土壌試料の採取：鉱山内外において分析用の水および土壌試料を採取した。各試料の採取位置を図 4. 3 に示す。
- ・排水の成分等測定：鉱山内外の排水箇所や河川の水質を簡易測定した（写真 4. 39、4. 40）。一部で亜鉛濃度の高い試料が認められる。測定値を表 4. 7 に示す。



写真 4. 35 鉱山施設からの放水路
(尾鉱ダム迂回水路に直接排水)



写真 4. 36 尾鉱ダムの放水路
(迂回水路に直接排水)



写真 4. 37 製錬所からの排煙
(SO₂の影響により煙が沈下)

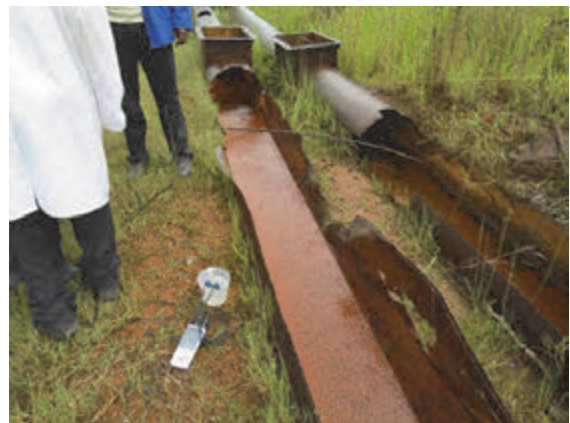


写真 4. 38 尾鉱ダムからの Seepage
(迂回水路に直接排水)



写真 4.39 水質モニタリング孔での測定
(孔は鉱山施設内外に数 10 地点存在)



写真 4.40 Slag Dump #2 での水質測定
(降雨による水溜りが認められる)

(2) Konkola(コンコーラ)銅鉱山(写真 4.41、4.42)

- ・採掘法：坑内掘（現状で約-1,000m）
- ・鉱山施設：管理棟、立坑、粉碎、選鉱、廃さい堆積場、尾鉱ダム、等
- ・排水処理状況：施設のうち尾鉱ダム以外はほぼ一区画にまとまっており、同所からの排水は排水路にまとめられ（写真 4.41）、Kafue 川支流に放水され、最終的には約 4km 程度下流の Kafue 川本流に合流する。選鉱所からの尾鉱はスラリーを通して約 4km 北側の尾鉱ダムに排水されている（写真 4.42）。



写真 4.41 Konkola 鉱山立坑
(左側が原鉱運搬用)



写真 4.42 Konkola 鉱山内（奥のベルトコンベアの先にミルとコンセンレーター）

- ・廃さい堆積状況：主要な廃さい堆積場は施設西側に設けられている。ただし現在でも廃さいの量は少ない模様。
- ・尾鉱ダム状況：尾鉱ダムは鉱山主要施設の北 4km 程度の場所にあり、同場所は 3 方向からの河川の会合部にあたる。大きさは 5km×3km 程度である。河川は現在も流れ込んでおり、ダム内の尾鉱の影響のない場所では未だに生活利用水として採水されている（写真 4.43）。

- ・排水等の管理状況：排水は各々沈殿池やダムを通じて水路に放水されており、基本的には管理状態にある。懸念は Mopani 鉱山と同様に雨季における沈殿池やダムからのオーバーフローであるが、現状では大きな事故は起きていないようである。排水成分基準の管理に関しては、モニタリングしている項目は、pH、温度、BOD、Cu のみである。
- ・その他：尾鉱ダムからの放水路以外に seepage があり、これもそのまま水路に放水されている。また尾鉱ダム近辺に設けられたモニタリング用井戸では住民が生活用水として利用している（写真 4.38）。
- ・水および土壌試料の採取：鉱山内外において分析用の水および土壌試料を採取した。各試料の採取位置を図 4.4 に示す。
- ・排水の成分等測定：鉱山内外の排水個所や河川の水質を簡易測定した（写真 4.47、4.48）。一部で酸性度の高い試料や Zn 濃度の高い試料が認められる。測定値を表 4.8 に示す。



写真 4.43 鉱山施設や坑内からの排水
（最終的に Kafue 川に放水）



写真 4.44 尾鉱のダムへの放水（尾鉱は
コンセンレーターからスラリー送水）



写真 4.45 尾鉱ダム内からの採水
（一部地域の生活等用水として利用）



写真 4.46 モニタリング孔における住民
の採水利用（若干酸性）

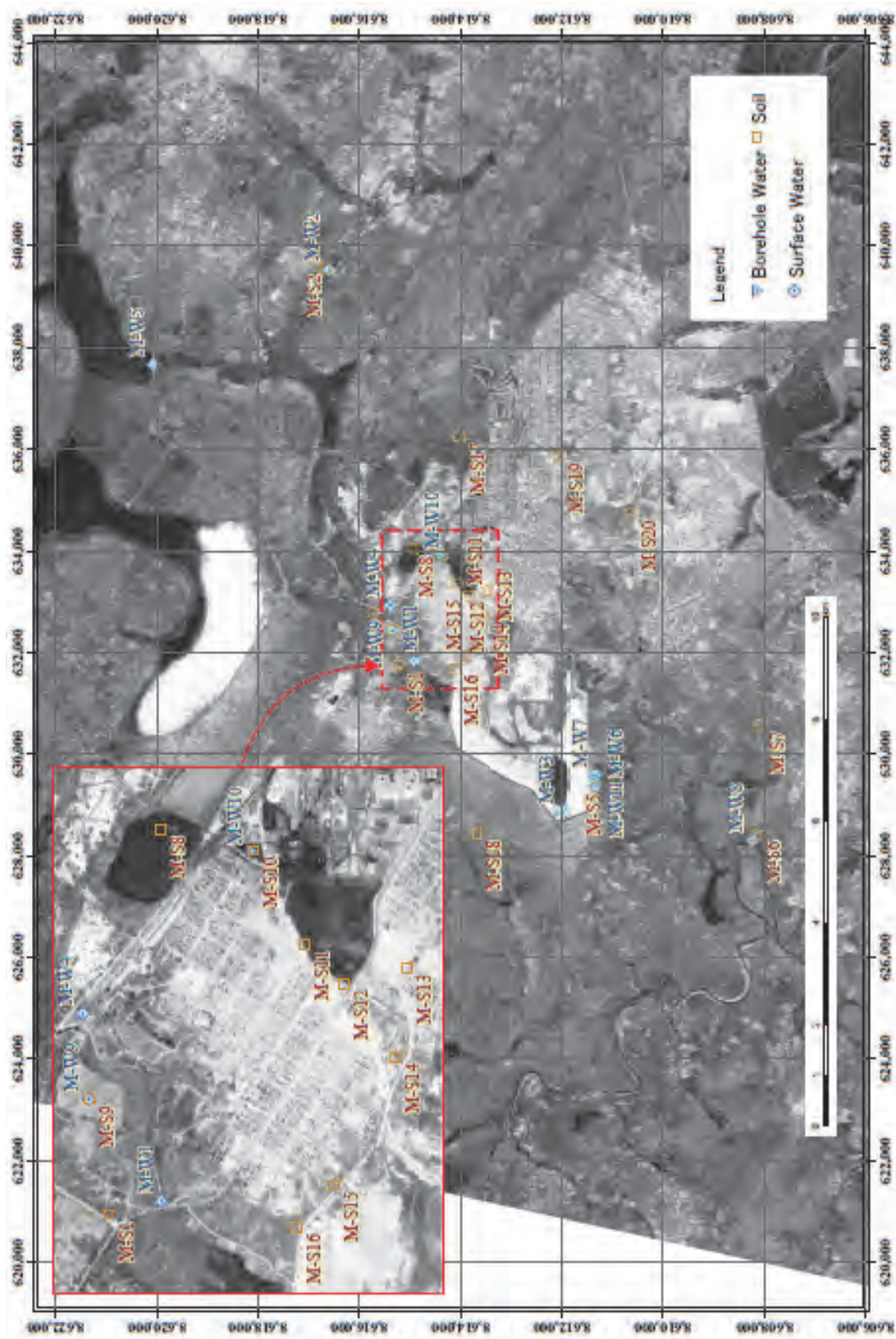


図 4.3 Mopani 鉱山サイトにおける水・土壌試料の採取位置

表 4.7 Mopani 鉱山内外で採水された水のバックテスト分析結果

Sample No	Site Name	Location (UTM, WGS88)		Physical Features			Result of Pack Test (mg/L)								Remarks
		N-S	E-S	EC*1 (mS/m)	pH	Water Temp (deg C)	Total Cr	Mn	Cu	Zn	Total Metals	Ni	SN*2	F	
M-W1	Mopani	8614906	631837	90	7.72	26.5	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.2	<0.3	non	non	Downstream of drain (Mufulira River)
M-W2	Mopani	8616593	639534	5	6.56	23.8	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.2	<0.3	non	0.1	Northeast of mine site
M-W3	Mopani	8611975	628858	231	8.15	28.8	<0.5	1.5	<0.5	1.5	3.0	0.3	non	0.8	Final spill way of TD11
M-W4	Mopani	8615377	632942	85	8.46	31.8	<0.5	<0.5	1.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Drainage at #404
M-W5	Mopani	8620054	637671	11	8.15	27.0	<0.5	<0.5	<0.5	0.02	0.2	<0.3	non	non	Water control dam
M-W6	Mopani	8611324	629373	254	6.60	24.1	<0.5	2.0	<0.5	>2	>5	<0.3	non	non	Seepage at TD11
M-W7	Mopani	8611320	629580	113	7.46	25.4	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	1.0	<0.3	non	non	Meet point between diversion and past Mufulira River
M-W8	Mopani	8608216	628311	23	7.62	25.3	<0.5	<0.5	0.3	0.4	0.2	<0.3	non	non	Water treatment facility of Kafue River
M-W9	Mopani	8615344	632434	205	8.70	28.1	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.1	<0.3	non	non	Rock waste dam#17
M-W10	Mopani	8614381	633900	199	6.70	28.7	<0.5	<0.5	<0.5	0.3	0.2	<0.3	non	non	BH15 Groundwater level : -22.60m, Hole depth : 25.0m
M-W11	Mopani	8611311	629493	93	7.77	25.3	<0.5	0.5	<0.5	>2	0.5	<0.3	non	non	BH6 Groundwater level : -2.49m, Hole depth : 18.56m
Ts-M-W1	Mopani	8614673	633993	131.6	7.60	26.0	-	-	-	-	-	-	-	-	Slag dump#2
Ts-M-W2	Mopani	8613685	628443	-	5.68	22.8	-	-	-	-	-	-	-	-	Normal soil

*1 Electric Conductivity mS/m= 10 x (μS/cm)

General features of EC in Japan: Rain water 5 - 30, Environmental surface water 20 - 60, Affected water : >100, Abnormal water >1000 μS/cm.

*2 SN: Cyanide

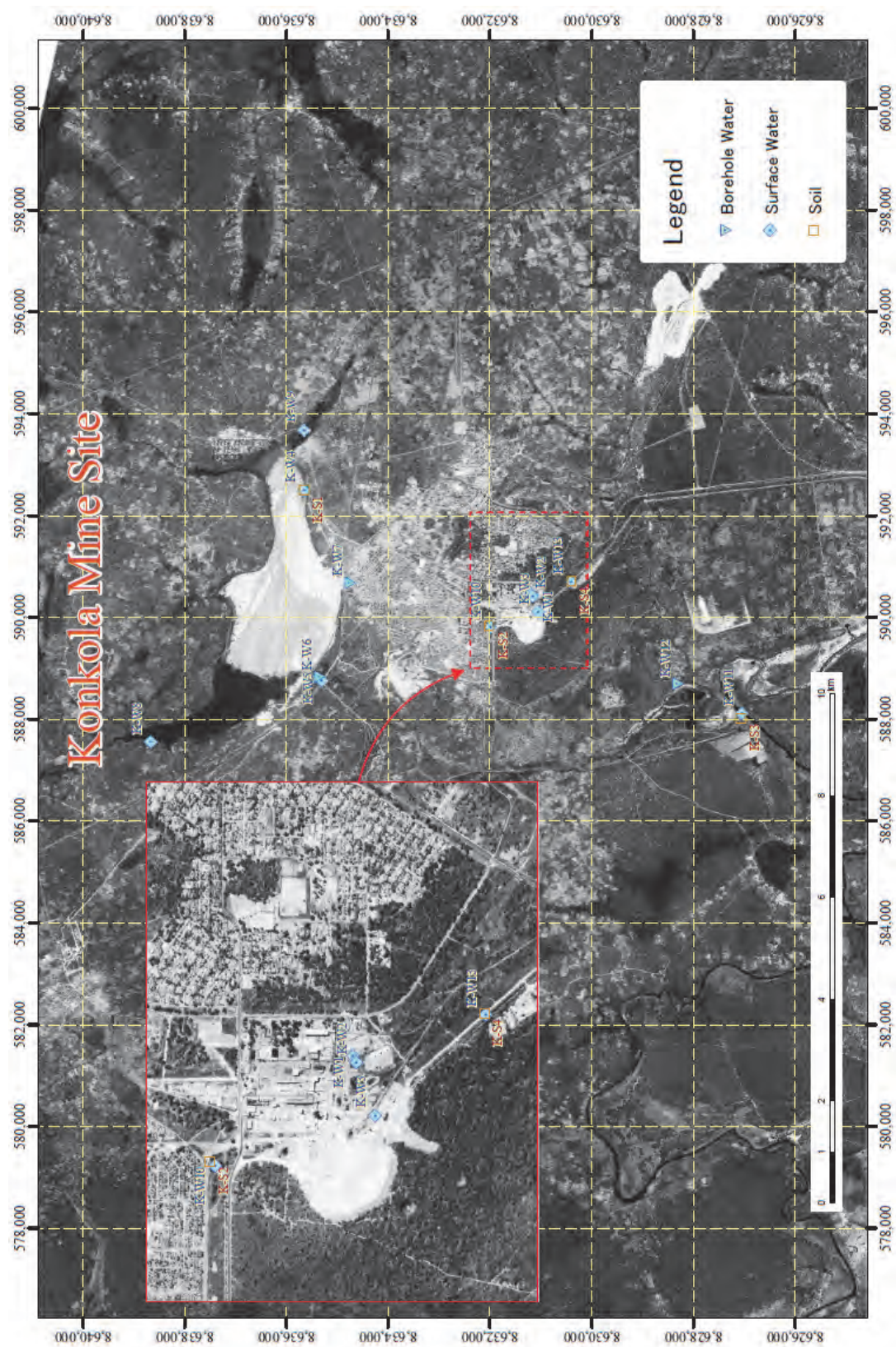


図 4.4 Konkola 鉱山サイトにおける水・土壌試料の採取位置

表 4.8 Konkola 鉱山内外で採水された水のバックテスト分析結果

Sample No	Site Name	Location (UTM, WGS88)		Physical Features			Result of Pack Test (mg/L)							Remarks	
		N-S	E-S	EC*1 (mS/m)	pH	Water Temp (deg C)	Total Cr	Mn	Cu	Zn	Total Metals	Ni	SN*2		F
K-W1	Konkola	8631175	590450	46	8.49	27.7	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.4	<0.3	non	0.4	Drainage water from concentrator
K-W2	Konkola	8631155	590411	48	8.15	28.6	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	0.5	<0.3	non	non	Mine water of UG
K-W3	Konkola	8631039	590097	48	8.06	27.8	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Drainage from underground (main)
K-W4	Konkola	8635650	592495	49	8.53	29.4	<0.5	<0.5	0.5	0.2	0.5	<0.3	non	0.4	Drainage from concentrator
K-W5	Konkola	8635308	588749	30	8.58	25.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.1	<0.3	non	non	Spillway of tailing dam
K-W6	Konkola	8635345	588825	2	5.32	24.3	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.1	<0.3	non	non	Groundwater level : -1.68m
K-W7	Konkola	8634723	590678	34	6.13	23.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.2	<0.3	non	non	Groundwater level : -1.00m
K-W8	Konkola	8638662	587550	31	7.94	24.1	<0.5	<0.5	<0.5	0.05	0.2	<0.3	non	non	Upper stream of mine
K-W9	Konkola	8635645	593668	22	6.19	22.7	<0.5	<0.5	<0.5	>2	0.2	<0.3	non	non	River at southeast of tailing dam
K-W10	Konkola	8631988	589802	52	8.39	24.9	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Drainage from mine facilities
K-W11	Konkola	8627037	588111	13	7.30	25.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.05	0.1	<0.3	non	non	Lower stream of mine site
K-W12	Konkola	8628293	588696	11	5.41	22.5	<0.5	<0.5	0.5	0.05	0.2	<0.3	non	non	Groundwater level : -4.13m

*1 Electric Conductivity mS/m= 10 x (μS/cm)

General features of EC in Japan: Rain water 5 - 30, Environmental surface water 20 - 60, Affected water : >100, Abnormal water >1000 μS/cm.

*2 SN: Cyanide



写真 4.47 パックテストによる水質測定
(鉱山側と共同で確認)



写真 4.48 周辺河川での水質測定
(鉱山側と共同で確認)

(3) Kabwe(カブエ)休止亜鉛・鉛鉱山

- ・ 操業時の採掘法：坑内掘
- ・ 現況（一般）：鉱山は 1905 年から操業され、1995 年に ZCCM 社 (Zambia Consolidated Copper Mines Limited) によるオペレーション時に閉山された。その後、閉山後に残された原鉱・精錬施設等の地上処理施設の大半は、民間の SABLE ZINC 社が引き取った（写真 4.49、4.50）。現在同社は同施設を再利用して、SX-EW 製錬により銅カソードを生産中である。原銅鉱は酸化鉱で、コンゴから買鉱している。

その他、処理施設等の周辺には立坑、尾鉱ダム、鉱滓・廃さい堆積場等の跡地が存在する。これら跡地の大半は Environment Processing 社が所有している。同社は同跡地の一部において亜鉛・鉛精錬施設を建設中である。SABLE ZINC 社もこれら跡地の一部を所有する。そこでは製錬に伴うリーチング廃液の循環利用池として、旧尾鉱ダムを再利用している。



写真 4.49 旧鉱山施設入口
(現在 SABLE ZINC 社が利用)

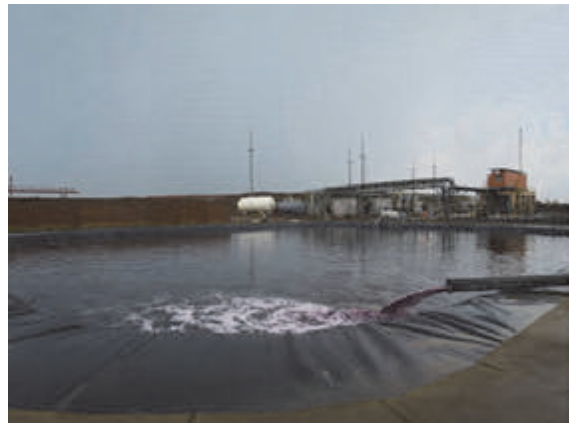


写真 4.50 跡地内に新設された SX-EW 施設
(SABLE ZINC 社が新設利用)

- ・ 現況（鉱山環境）：現時点で鉱山環境上懸念されているのは、亜鉛・鉛鉱山操業時の尾鉱ダム、尾鉱ダム、鉱滓・廃さい堆積場等の跡地からの硫化鉱物、関連元素の周辺域へ

の土壌・地下水を介した拡散である。一部の報道等では、周辺土壌には現在も関連元素が濃集し、周辺住民に健康上の影響を与えているとも言われている。

これらの懸念に関して最終的な操業者である ZCCM 社は、1995 年の閉山時にリハビリテーション及び廃止措置レポートを作成、その後 2006 年に現在の ZCCM-IH 社 (ZCCM Investments Holdings plc) がサイト・リハビリテーション及び環境管理計画書を作成、現在は環境管理計画書に基づく対策を実施する予定とのことである。

尚、操業時の関連施設等に関しては現在 SABLE ZINC 社が利用して SX-EW 製錬を実施しているが、同処理に伴う硫酸等の排水は行っておらず、全て循環利用している。

- ・ 現況（旧尾鉱ダム、鉱滓／廃さい堆積場等の状況）：旧尾鉱ダムは基本的には鉱滓／廃さいで埋め戻されている個所が多く（写真 4.51、4.52）、地表面に残存する池や周辺部への排水はない。



写真 4.51 旧尾鉱ダム（閉山時に鉱滓や
廃さいが埋め戻されている）



写真 4.52 旧尾鉱ダム／鉱滓堆積場
（閉山時の状態で残置されている）

- ・ 現況（地下水等モニタリングの状況）：現在主要施設を保有する SABLE ZINC 社は、水井戸モニタリング孔で 4 箇所（深度数 m）、立坑からの坑内水 2 箇所、周辺地表水 3 箇所においてモニタリングを行っている。分析項目は pH、Pb、Zn、Cu、Co である。
- ・ 水および土壌試料の採取：鉱山内外において分析用の水および土壌試料を採取した。各試料の採取位置を図 4.5 に示す。
- ・ 地下水等モニタリング地点及び周辺河川での成分等測定：現在モニタリングを行っている旧鉱山内外の水井戸や河川の水質を簡易測定した（写真 4.53、4.54）。全体的に亜鉛濃度と金属濃度が高い。測定値を表 4.9 に示す。



写真 4.53 モニタリング井戸での地下水採取
(旧尾鉦ダム西端 BW-3 孔)



写真 4.54 旧立坑での坑内水採取
(旧鉦山施設内 Davis Shaft 孔)

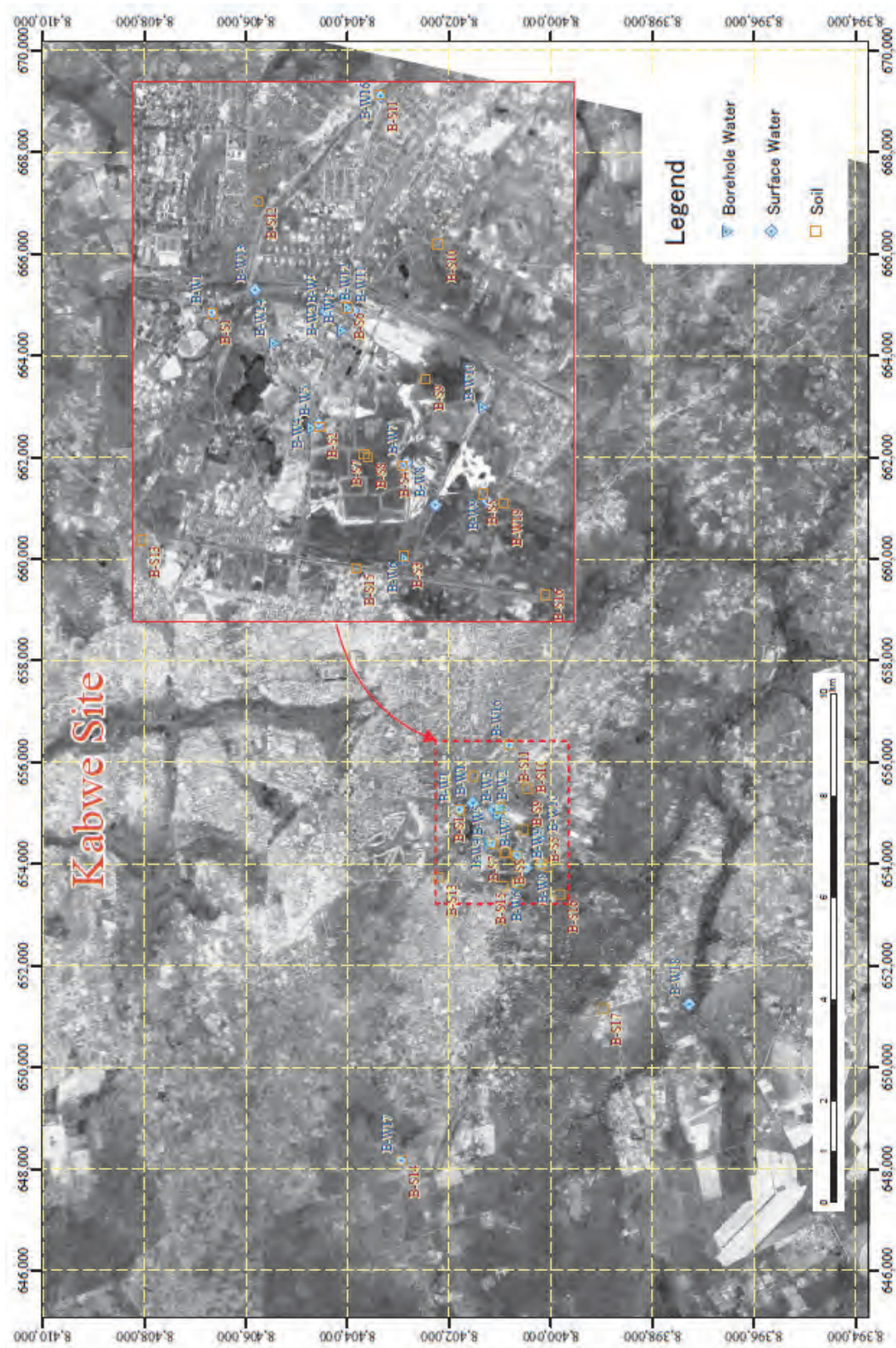


図 4.5 Kabwe 鉱山サイトにおける水・土壌試料の採取位置

表 4.9 Kabwe 鉱山内外で採水された水のバックテスト分析結果 (1)

Sample No	Site Name	Location (UTM, WGS88)		Physical Features				Result of Pack Test (mg/L)							Remarks
		N-S	E-S	EC*1 (mS/m)	pH	Water Temp (deg C)	Total Cr	Mn	Cu	Zn	Total Metals	Ni	SN*2	F	
B-W1	Kabwe (Drainage)	8401801	655059	35	9.08	27.6	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Drainage from Plant site of Kabwe Mine
B-W2	Kabwe (Drainage)	8401115	655091	24	8.02	25.9	<0.5	<0.5	<0.5	0.35	0.5	<0.3	non	non	Drainage from Plant site of Kabwe Mine
B-W3	Kabwe (Drainage)	8401123	655062	30	8.41	29.5	<0.5	0.75	0.5	1.5	1.5	<0.3	non	0.4	Drainage from Plant site of Kabwe Mine
B-W4	Kabwe (GW-4)	8401205	654373	52	7.00	24.5	<0.5	<0.5	<0.5	>2	1.5	<0.3	non	0.4	Groundwater level : -several m
B-W5	Kabwe (Tailing dam)	8401163	654398	53	6.62	21.4	<0.5	2.0	1.5	>2	>5	<0.3	non	0.8	Small pond in mixture of tailing and slag
B-W6	Kabwe (GW-3)	8400649	653601	31	7.61	24.8	<0.5	2.5	<0.5	>2	3.5	<0.3	non	non	Groundwater level : -several m
B-W7	Kabwe (Settlement pond)	8400645	654170	904	3.25	23.1	<0.5	unknown	1.5	>2	>5	<0.3	unknown	0.4	Pond for reutilization of Cu leaching
B-W8	Kabwe (Seepage from pond)	8400480	653919	477	6.35	25.2	<0.5	unknown	>10	>2	>5	<0.3	non	non	Cu-oxides are generated in the drainage
B-W9	Kabwe (Wetland)	8400168	653942	378	6.39	23.4	<0.5	8.0	>10	>2	>5	<0.3	non	0.4	Combined wetland of seepage and natural water
B-W10	Kabwe (GW-2)	8400191	654496	260	7.18	24.7	<0.5	8.0	0.8	>2	>5	<0.3	non	0.4	Assembled Cu seeped water

*1 Electric Conductivity mS/m= 10 x (μS/cm)

General features of EC in Japan: Rain water 5 - 30, Environmental surface water 20 - 60, Affected water : >100, Abnormal water >1000 μS/cm.

*2 SN: Cyanide

表 4.9 Kabwe 鉱山内外で採水された水のバックテスト分析結果 (2)

Sample No	Site Name	Location (UTM, WGS88)		Physical Features				Result of Pack Test (mg/L)							Remarks
		N-S	E-S	EC*1 (mS/m)	pH	Water Temp (deg C)	Total Cr	Mn	Cu	Zn	Total Metals	Ni	SN*2	F	
B-W11	Kabwe (Intake)	8400965	655066	191	6.41	25.1	<0.5	15.0	>10	>2	>5	<0.3	non	0.2	Recirculated leached water intake at plant site
B-W12	Kabwe (GW-1)	8400989	655083	215	6.51	25.5	<0.5	2.0	0.5	>2	>5	<0.3	non	0.2	Groundwater level : -several m
B-W13	Kabwe (Lower stream)	8401540	655190	112	7.90	25.6	<0.5	2.0	1.0	>2	>5	<0.3	non	0.4	Stream from east of mine site
B-W14	Kabwe (Shaft water)	8401426	654873	62	8.35	24.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Shallow groundwater at shaft
B-W15	Kabwe (Shaft water)	8401025	654948	85	7.76	24.9	<0.5	<0.5	<0.5	2.0	1.5	<0.3	non	non	Relatively deeper groundwater at shaft
B-W16	Kabwe (Lower stream)	8400805	656332	90	7.16	22.9	unkn own	unkn own	unkn own	>2	>5	unkn own	unkn own	non	Terbidity (and SS) is very high and water colour is light brown.
B-W17	Kabwe (Upper stream)	8402945	648175	5	7.15	25.5	<0.5	1.0	0.3	0.20	0.5	<0.3	non	0.4	Uppermost location in the site
B-W18	Kabwe (Upper stream)	8397271	651258	26	6.97	23.5	<0.5	1.0	0.5	>2	3.5	<0.3	non	non	At culvert bridge along the main road
B-W19	Kabwe (SW4)	8400073	653928	198	6.83	26.0	<0.5	2.0	1.5	>2	>5	<0.3	non	0.4	Water is likely same as B-W8 (?).
TS-B-W1	Kabwe (Pond)	8400683	655338												Past open-pit at east of mine site

*1 Electric Conductivity mS/m= 10 x (μS/cm)

General features of EC in Japan: Rain water 5 - 30, Environmental surface water 20 - 60, Affected water : >100, Abnormal water >1000 μS/cm.

*2 SN: Cyanide

4.4.4 鉱山サイト周辺の水環境

Mopani 鉱山、Konkola 鉱山及び Kabwe 鉱山サイトにおける水環境を以下に述べる。

(1) 水の分類

サイト周辺の水は、1)排水、2)浸出水、3)坑水、4)地下水及び5)表流水の5種類に分類した。

- ・排水は選鉱場、廃さい堆積場、製錬所等の施設からの排水からなる。
- ・浸出水は、主にズリ堆積場及び廃さい堆積場等の施設からの浸出水である。
- ・坑内水は、坑道・露天掘りの採掘現場からの湧出水である。
- ・地下水は、地下水観測用（モニタリング）井戸、堅坑及び水井戸からの揚水である。
- ・表流水は基本的に河川水であり、鉱山サイトの上流側及び下流側でも採水及び分析を行った。

各鉱山サイトにおける水の分類結果及び簡易分析結果を表 4.7 ～4.9 に示す。

(2) 水の流れ

各鉱山サイトの環境水の流れ（フロー）をそれぞれ図 4.6(1)～(3)に示す。分類した各水の着色は表 4.10 と同色である。

a. Mopani 鉱山

Mopani 鉱山サイトにおける上流側の河川水は M-W2 及び M-W5 であり、下流側は M-W8 である。施設からの排水は集合水である M-W1 であり、選鉱場からの排水及び坑内水を多量に含む。坑内水は M-W4 として採水・分析を行っている。浸出水は、ズリ堆積場及び廃さい堆積場の 2 か所から採水・分析した。地下水は、選鉱場及び廃さい堆積場のモニタリング孔内として M-W9 及び M-W6 の 2 か所から採水・分析した。

b. Konkola 鉱山

Konkola 鉱山サイトにおける上流側の河川水は K-W9 であり、下流側は K-W4、K-W11、K-W16 及び K-W15 の 4 か所である。選鉱場からの排水は K-W1、K-W3 及び K-W13 であり、廃さい堆積場からの排水は少なく、雨期の期間におけるオーバーフローのみを排水している。坑内水は M-W2 であり、極めて多量であり、選鉱場及び公共上水に利用している。浸出水は、廃さい堆積場 K-W5、K-W 及び集合水として K-W14 から採水・分析した。地下水は、廃さい堆積場周辺及び下流側のモニタリング孔から K-W6、K-W7 及び下流側の K-W12 として採水・分析した。

c. Kabwe 鉱山

Kabwe 鉱山サイトにおける上流側の河川水は B-W17 の 1 か所であり、下流側は B-W18 及び M-W13、M-W16 の 3 か所である。稼働中の銅精錬施設からの排水は全量リサイクルされており排水されていないが、各工程での排水として B-W3～B-W15 までの 13 か所を採水・

分析した。ただし、雨水、生活排水等は敷地外に排水（B-W1、B-W2）されている。また、B-W19 は表流水であるが、サイトからの排水も混合している可能性がある。旧廃さい堆積場からの浸出水はない。地下水は、銅製錬所及び廃さい堆積場のモニタリング孔として B-W12、B-W4、B-W 及び B-W10 の 4 孔が設置されており、各孔から採水・分析した。

4.4.5 水質簡易分析結果

各鉱山サイトにおける Pac Test による簡易分析による汚染の状況をそれぞれ図 4.7 (1), ~ (3)に示す。

(1) Mopani 鉱山

Mopani 鉱山サイトでは、Zn、Cu 及び Mn が相対的にやや高い濃度を示す。

Zn はズリ堆積場及び廃さい堆積場の浸出水が高濃度であり、簡易分析では 2 mg/L 以上を示す。また、Zn の相対的にやや高い濃度を示す範囲は、鉱山施設の範囲と一致する。

Cu は殆ど 0.5 mg/L 以下であるが、坑内水が 1.5 mg/L を示している。

Mn は、廃さい堆積場からの排水（Spill water）及び浸透水中に濃度がやや高くなっている。

(2) Konkola 鉱山

Konkola 鉱山サイトにおける金属濃度は、Mopani 鉱山サイトと比較して相対的に低い。ただし、Zn は鉱山サイト内の濃度が高くなっている。

廃さい堆積場（K-W6）及び下流側（K-W15）にかけて pH 5 と酸性を示す。この酸性水発生の原因は不明である。

(3) Kabwe 鉱山

Kabwe 鉱山サイトでは、Zn、Cu 及び Mn が相対的にやや高い濃度を示す。

Zn は旧鉱山サイトの全域及び下流側に沿って 2 mg/L 以上を示す高濃度を示し、広範囲に Zn が拡散していることが認められる。

Cu は現在の銅精錬所の範囲及び Cu 調整池の範囲に限定されているが、10 mg/L 以上の高濃度を示している。現在の銅精錬所からの汚染が発生していると推定されるが、その範囲は限定的である。

Mn は、2 mg/L 以上の相対的に高濃度の範囲が鉱山サイトに認められ、ほぼ Cu の拡散範囲と一致あるいは越えている。現在の銅精錬所の影響と推定される。

表 4. 10 水の分類及び鉾山サイトでの Pack Test の簡易分析結果

(1) Mopani 鉾山サイト

Sample No.	Loction	Name of River /Bore Hole /Water Well	Physical Features			Result of Pac Test (mg/L)								Remarks
			Electric Conductivity (mS/m) *1	pH	Water Temperature (degree C.)	Total -Cr	Mn	Cu	Zn	Total - Metals	Ni	SN *2	F	
M-W1	Mopani	Mufulira R.	90	7.72	26.5	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.2	<0.3	non	non	Containing drainage water from plantsite of MCM
M-W2	Mopani	Chibwe R.	5	6.56	23.8	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.2	<0.3	non	0.1	Northeast of mine site
M-W3	Mopani	Spillway of TD11	231	8.15	28.8	<0.5	<0.5	1.5	<0.5	1.5	<0.3	non	0.8	Final spillway of TD11
M-W4	Mopani	Spillway at #404	85	8.46	31.8	<0.5	<0.5	1.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Mine water of underground
M-W5	Mopani	Mufulira R. (natural)	11	8.15	27.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.02	<0.3	non	non	Upper stream of mine site of MCM
M-W6	Mopani	Seepage from TD11	254	6.60	24.1	<0.5	<0.5	2.0	<0.5	>2	>5	<0.3	non	Seepage at TD11
M-W7	Mopani	Mufulira R.	113	7.46	25.4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	<0.3	non	non	Meet point between diversion and past Mufulira River
M-W8	Mopani	Kafue R.	23	7.62	25.3	<0.5	<0.5	<0.5	0.3	0.4	<0.3	non	non	Water intake facility of Kafue River
M-W9	Mopani	Waste rock dump	205	8.70	28.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.3	non	non	Small pond in Waste rock dump #17
M-W10	Mopani	BH (MUF)-15	199	6.70	28.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.3	<0.3	non	non	Groundwater level : -22.60m, Hole depth : 25.0m
M-W11	Mopani	BH-6	93	7.77	25.3	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	>2	0.5	<0.3	non	Groundwater level : -2.49m Hole depth : 18.56m

*1 mS/m = 10 x (μ S/cm)

* unknown: Concentrate value could not be detected due to abnormal reaction colour.

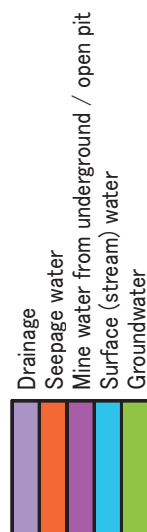


表 4.10 水の分類及び鉱山サイトでの Pack Test の簡易分析結果

(2) Konkola 鉱山サイト

Sample No.	Location	Name of River /Bore Hole /Water Well	Physical Features			Result of Pac Test (mg/L)								Remarks
			Electric Conductivity (mS/m) *1	pH	Water Temperature (degree C.)	Total -Cr	Mn	Cu	Zn	Total - Metals	Ni	SN *2	F	
K-W1	Konkola	Drainage	46	8.49	27.7	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.4	<0.3	non	0.4	Drainage water from Concentrator of KCM
K-W2	Konkola	Mine water	48	8.15	28.6	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	0.5	<0.3	non	non	Mine water of underground of KCM
K-W3	Konkola	Drainage	48	8.06	27.8	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Drainage from underground (main)
K-W4	Konkola	Drainage	49	8.53	29.4	<0.5	<0.5	0.5	0.2	0.5	<0.3	non	0.4	Drainage from concentrator
K-W5	Konkola	Spillway of tailings	30	8.58	25.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.1	<0.3	non	non	Spillway of tailings dam
K-W6	Konkola	SDH-17	2	5.32	24.3	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.1	<0.3	non	non	Groundwater level : -1.68m
K-W7	Konkola	SDH-19	34	6.13	23.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.2	<0.3	non	non	Groundwater level : -1.00m
K-W8	Konkola	tailings dam	31	7.94	24.1	<0.5	<0.5	<0.5	0.05	0.2	<0.3	non	non	Water intake in tailings dam
K-W9	Konkola	Natural stream	22	6.19	22.7	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.2	<0.3	non	non	River at southeast of tailings dam
K-W10	Konkola	Drainage	52	8.39	24.9	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Drainage from mine facilities
K-W11	Konkola	Kafue R.	13	7.30	25.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.05	0.1	<0.3	non	non	Kafue Raw Water Intake
K-W12	Konkola	KO4	11	5.41	22.5	<0.5	<0.5	0.5	0.05	0.2	<0.3	non	non	Groundwater level : -4.13m
K-W13	Konkola	Drainage	49	8.11	27.2	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Combined drainage of concentrator and underground
K-W14	Konkola	Drainage	30	8.04	24.6	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.1	<0.3	non	non	Combined drainage of spill and seepage at tailings dam
K-W15	Konkola	Natural stream	6	7.18	22.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.2	<0.3	non	non	South of mine site
K-W16	Konkola	Kafue R.	15	7.30	25.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.2	<0.3	non	non	Main stream of Kafue River

*1 mS/m = 10 x (μ S/cm)

* unknown: Concentrate value could not be detected due to abnormal reaction colour.

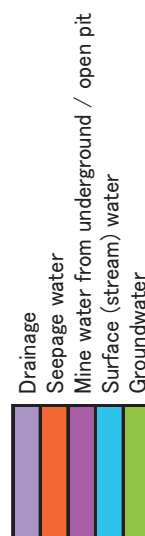


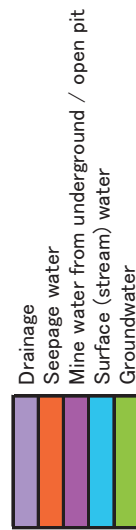
表 4.10 水の分類及び鉱山サイトでの Pack Test の簡易分析結果 s

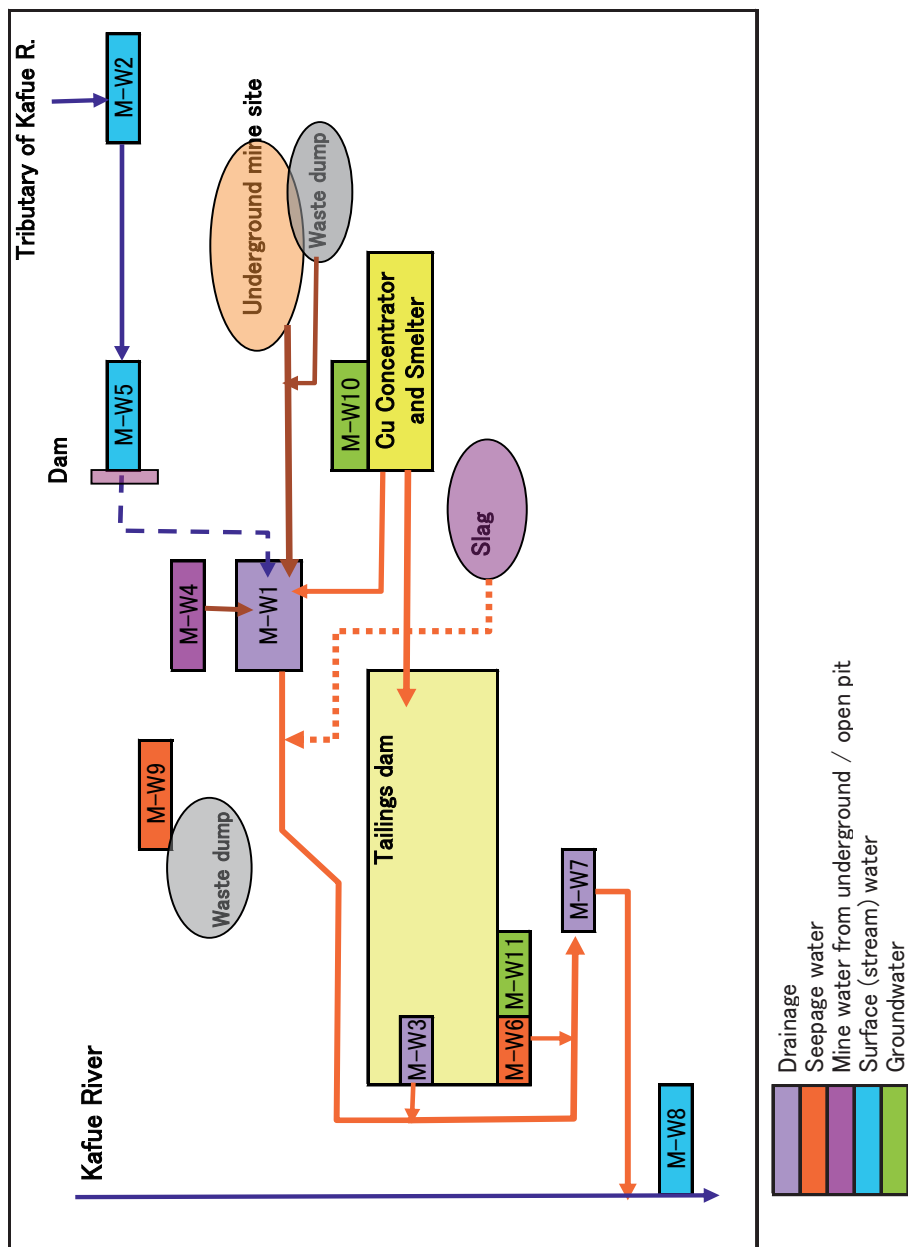
(3) Kabwe 鉱山サイト e

Sample No.	Loction	Name of River /Bore Hole /Water Well	Physical Features			Result of Pac Test (mg/L)							Remarks	
			Electric Conductivity (mS/m) *1	pH	Water Temperature (degree C.)	Total -Cr	Mn	Cu	Zn	Total - Metals	Ni	SN #2		F
B-W1	Kabwe	Drainage	35	9.08	27.6	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Drainage from Plant site of Kabwe Mine
B-W2	Kabwe	Drainage	24	8.02	25.9	<0.5	<0.5	<0.5	0.35	0.5	<0.3	non	non	Drainage from Plant site of Kabwe Mine
B-W3	Kabwe	Drainage	30	8.41	29.5	<0.5	0.75	0.5	1.5	1.5	<0.3	non	0.4	Drainage from Plant site of Kabwe Mine
B-W4	Kabwe	GW-4	52	7.00	24.5	<0.5	<0.5	<0.5	>2	1.5	<0.3	non	0.4	Groundwater level : -several m
B-W5	Kabwe	tailings dam	53	6.62	21.4	<0.5	2.0	1.5	>2	>5	<0.3	non	0.8	Small pond in mixture of tailings and slag
B-W6	Kabwe	GW-3	31	7.61	24.8	<0.5	2.5	<0.5	>2	3.5	<0.3	non	non	Groundwater level : -several m
B-W7	Kabwe	Settlement Pond	904	3.25	23.1	<0.5	unknown	1.5	>2	>5	<0.3	unknown	0.4	Pond for reutilization of Cu leaching
B-W8	Kabwe	Seepage from pond	477	6.35	25.2	<0.5	unknown	>10	>2	>5	<0.3	non	non	Cu-oxides are generated in the drainage
B-W9	Kabwe	Wetland	378	6.39	23.4	<0.5	8.0	>10	>2	>5	<0.3	non	0.4	Combined wetland of seepage and natural water
B-W10	Kabwe	GW-2	260	7.18	24.7	<0.5	8.0	0.8	>2	>5	<0.3	non	0.4	Assembled Cu seeped water
B-W11	Kabwe	Intake	191	6.41	25.1	<0.5	15	>10	>2	>5	<0.3	non	0.2	Recirculated leached water intake at plant site
B-W12	Kabwe	GW-1	215	6.51	25.5	<0.5	2.0	0.5	>2	>5	<0.3	non	0.2	Groundwater level : -several m
B-W13	Kabwe	Lower stream	112	7.90	25.6	<0.5	2.0	1.0	>2	>5	<0.3	non	0.4	Stream from east of mine site
B-W14	Kabwe	Shaft water	62	8.35	24.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non	Shallow groundwater at shaft
B-W15	Kabwe	Shaft water	85	7.76	24.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.0	<0.3	non	non	Relatively deeper groundwater at shaft
B-W16	Kabwe	Lower stream	90	7.16	22.9	unknown	unknown	unknown	>2	>5	unknown	unknown	non	At bridge, turbidity (and SS) is very high and water colour is light brown.
B-W17	Kabwe	Upper stream	5	7.15	25.5	<0.5	1.0	0.3	0.2	0.5	<0.3	non	0.4	Uppermost location in the site
B-W18	Kabwe	Upper stream	26	6.97	23.5	<0.5	1.0	0.5	>2	3.5	<0.3	non	non	At culvert bridge along the main road
B-W19	Kabwe	SW4	198	6.83	26.0	<0.5	2.0	1.5	>2	>5	<0.3	non	0.4	Water is likely same as B-W8 (?).

*1 mS/m = 10 x (μS/cm)

* unknown: Concentrate value could not be detected due to abnormal reaction colour.





No.	Remarks
M-W2	Northeast of mine site
M-W5	Upper stream of mine site of MCM
M-W4	Mine water of underground
M-W9	Small pond in Waste rock dump #17
M-W10	Groundwater level : -22.60m, Hole depth : 25.0m
M-W1	Containing drainage water from plantsite of MCM
M-W3	Final spillway of TD11
M-W6	Seepage at TD11
M-W7	Meet point between diversion and past Mufulira River
M-W11	Groundwater level : -2.49m, Hole depth : 18.56m
M-W8	Water intake facility of Kafue River

図 4.6 (1) Mopani 鉱山サイトにおける水の流れ

No.	Remarks
K-W9	River at southeast of tailings dam
K-W1	Drainage water from Concentrator of KCM
K-W2	Mine water of underground of KCM
K-W3	Drainage from underground (main)
K-W4	Drainage from concentrator
K-W10	Drainage from mine facilities
K-W8	Water intake in tailings dam
K-W5	Spillway of tailings dam
K-W6	Groundwater level : -1.68m
K-W7	Groundwater level : -1.00m
K-W14	Combined drainage of spill and seepage at tailings dam
K-W11	Kafue Raw Water Intake
K-W12	Groundwater level : -4.13m
K-W16	Main stream of Kafue River
K-W13	Combined drainage of concentrator and underground
K-W15	South of mine site

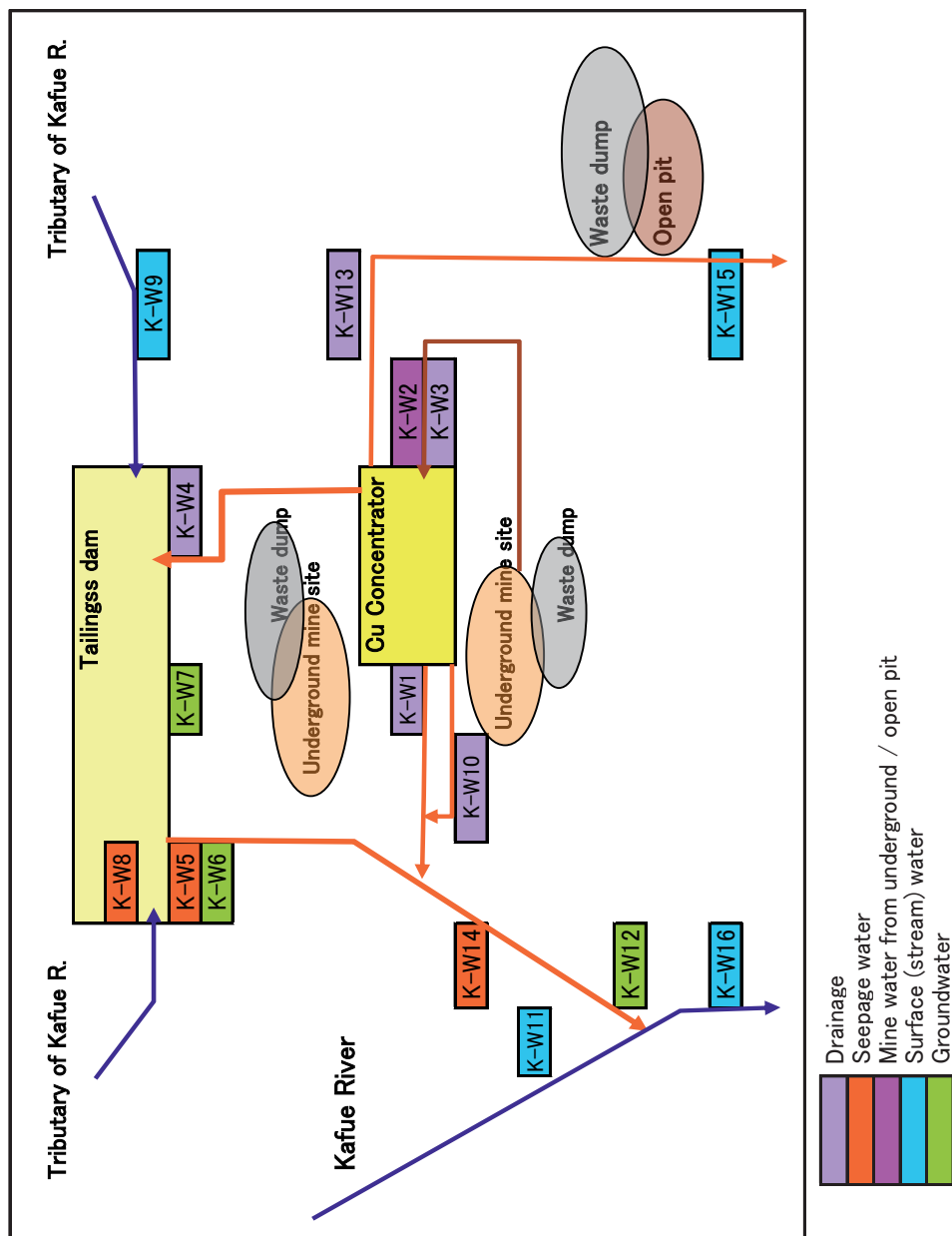


図 4.6 (2) Konkola 鉱山サイトにおける水の流れ

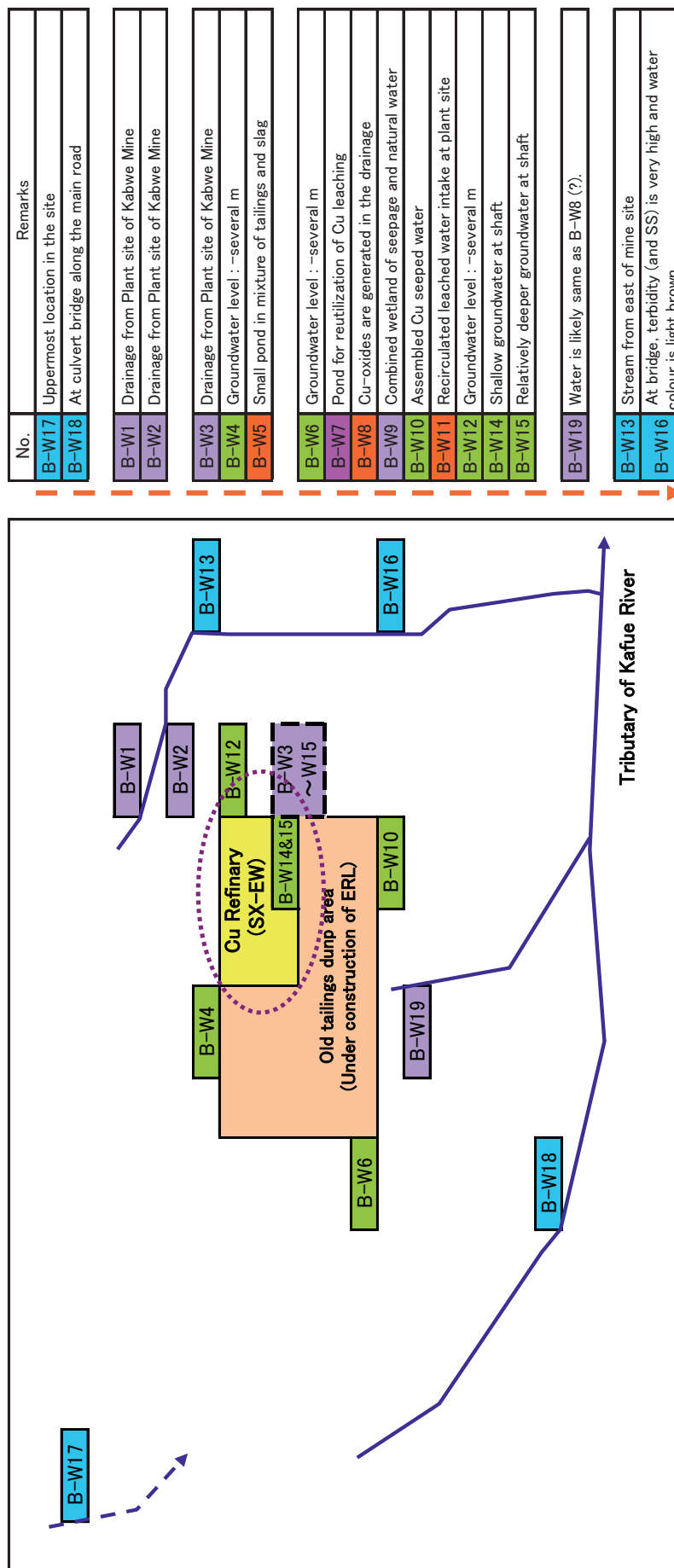
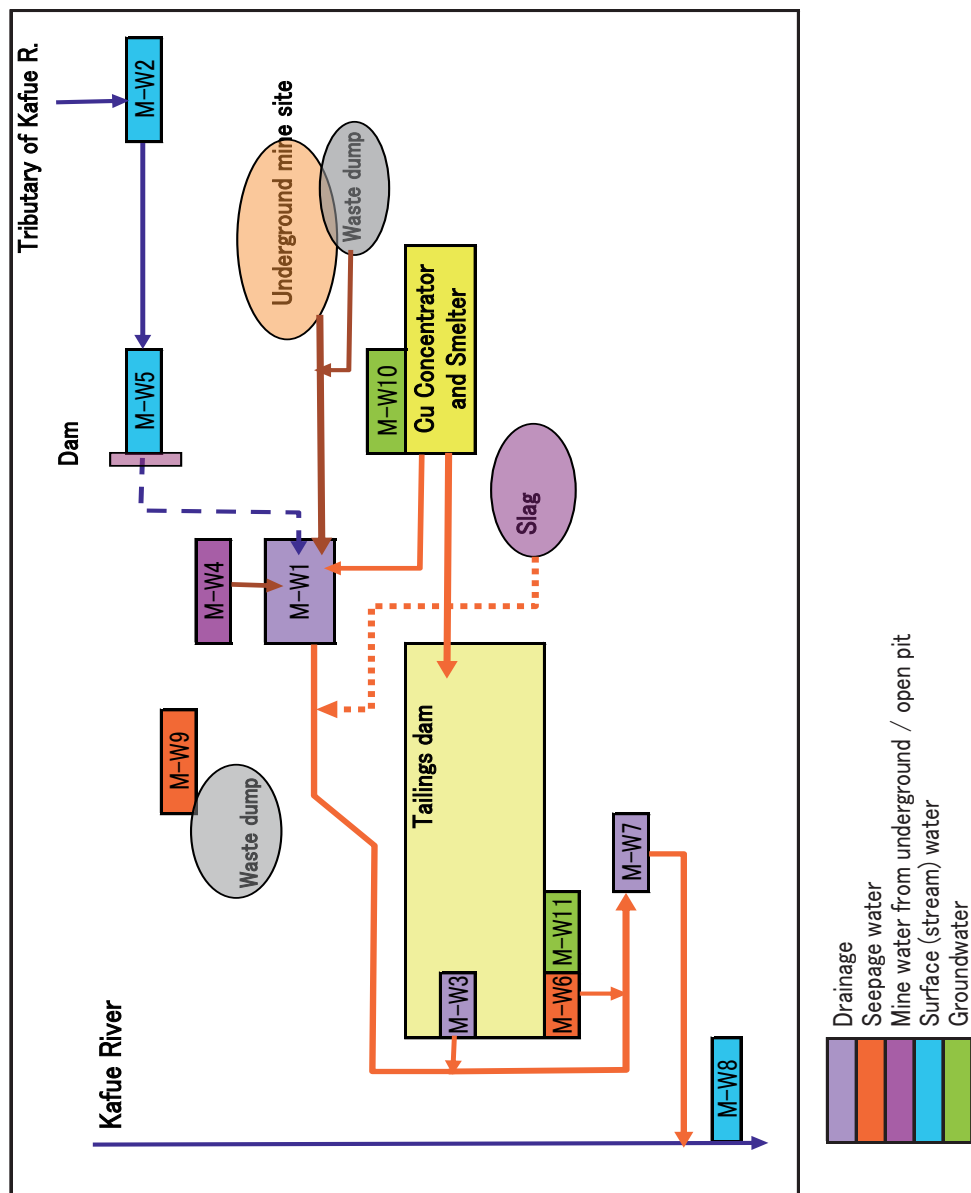


図 4.6 (3) Kabwe 鉱山サイトにおける水の流れ



PT	EC (mS/m)	pH	degree C.	T-Cr	Mn	Cu	Zn	T- Metals	Ni	SN	F
M-W2	5	6.56	23.8	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.2	<0.3	non	0.1
M-W5	11	8.15	27.0	<0.5	<0.5	<0.5	0.02	0.2	<0.3	non	non
M-W4	85	8.46	31.8	<0.5	<0.5	1.5	0.5	0.5	<0.3	non	non
M-W9	205	8.70	28.1	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.1	<0.3	non	non
M-W10	199	6.70	28.7	<0.5	<0.5	<0.5	0.3	0.2	<0.3	non	non
M-W1	90	7.72	26.5	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.2	<0.3	non	non
M-W3	231	8.15	28.8	<0.5	1.5	<0.5	1.5	3.0	<0.3	non	0.8
M-W6	254	6.60	24.1	<0.5	2.0	<0.5	>2	>5	<0.3	non	non
M-W7	113	7.46	25.4	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	1.0	<0.3	non	non
M-W11	93	7.77	25.3	<0.5	0.5	<0.5	>2	0.5	<0.3	non	non
M-W8	23	7.62	25.3	<0.5	<0.5	0.5	0.4	0.2	<0.3	non	non

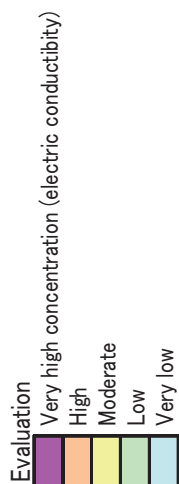


図 4.7 (1) Mopani 鉱山サイトにおける汚染状況 (Pack Test)

PT	EC (nS/m)	pH	degree C.	T-Cr	Mn	Cu	Zn	T- Metals	Ni	SN	F
K-W9	22	6.19	22.7	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.2	<0.3	non	non
K-W1	46	8.49	27.7	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.4	<0.3	non	0.4
K-W2	48	8.15	28.6	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	0.5	<0.3	non	non
K-W3	48	8.06	27.8	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non
K-W4	49	8.53	29.4	<0.5	<0.5	0.5	0.2	0.5	<0.3	non	0.4
K-W10	52	8.39	24.9	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non
K-W8	31	7.94	24.1	<0.5	<0.5	<0.5	0.05	0.2	<0.3	non	non
K-W5	30	8.58	25.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.1	<0.3	non	non
K-W6	2	5.32	24.3	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.1	<0.3	non	non
K-W7	34	6.13	23.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.2	<0.3	non	non
K-W14	30	8.04	24.6	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.1	<0.3	non	non
K-W11	13	7.30	25.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.05	0.1	<0.3	non	non
K-W12	11	5.41	22.5	<0.5	<0.5	0.5	0.05	0.2	<0.3	non	non
K-W16	15	7.30	25.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.1	0.2	<0.3	non	non
K-W13	49	8.11	27.2	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	<0.3	non	non
K-W15	6	7.18	22.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.2	<0.3	non	non

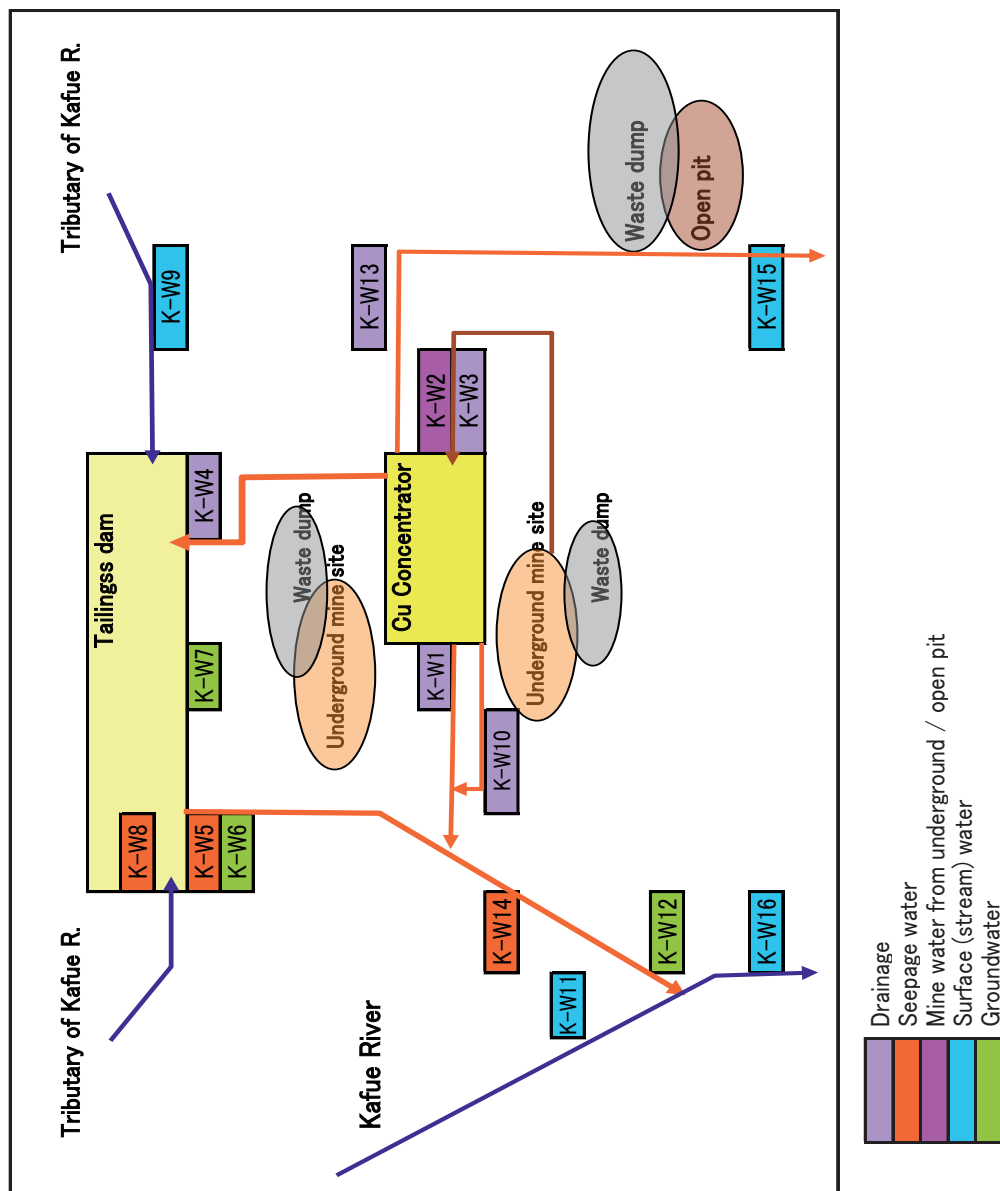
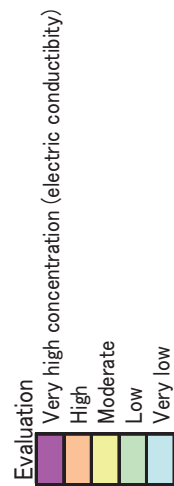


図 4.7 (2) Konkola 鉱山サイトにおける汚染状況 (Pack Test)

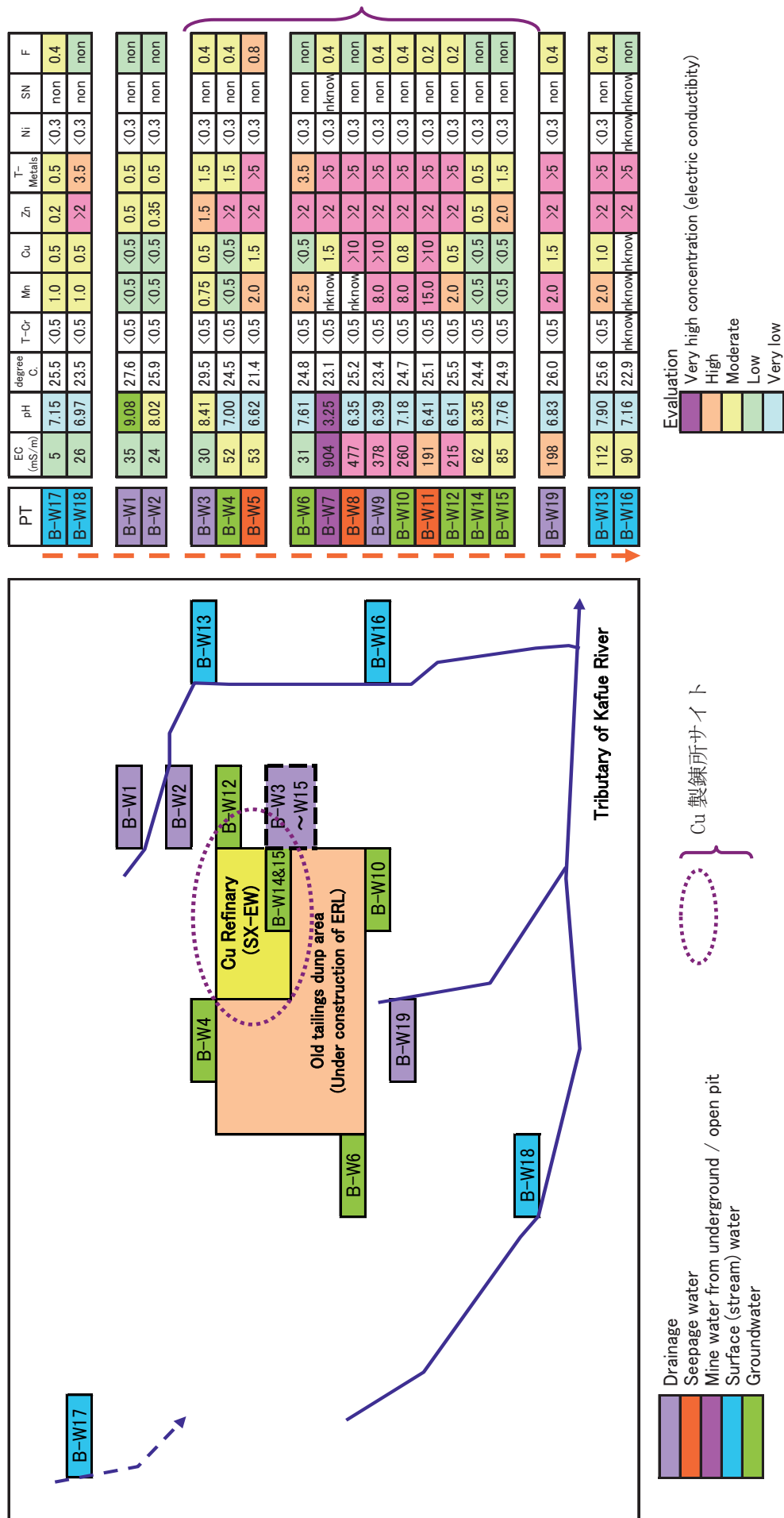


図 4.7 (3) Kabwe 鉱山サイトにおける汚染状況 (Pack Test)

4.4.6 水の分析結果

Mopani 鉱山、Konkola 鉱山及び Kabwe 鉱山サイトにおける水質分析の結果を表 4.11 に示す。

水質は、ザンビアの“排水基準”を評価基準とし、並びに日本の“水質環境基準”を参考値とし、評価結果及び相対的に高濃度の成分の分布を図 4.8 (1)～(3)に示す。

表 4.11 各鉱山サイトにおける水質分析の結果

Items	EC	pH	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Se	Zn	CN-	F	SO4
No.	mS/m		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
M-W1	90	7.72	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.15	< 0.01	< 0.02	0.017	< 0.05	0.14	350
M-W2	5	6.56	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.04	21
M-W3	231	8.15	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	2.6	1300
M-W4	85	8.46	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.07	< 0.01	< 0.02	0.026	< 0.05	0.21	917
M-W5	11	8.15	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.07	8.0
M-W6	254	6.60	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.09	1600
M-W7	113	7.46	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.03	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.84	614
M-W8	23	7.62	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.14	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.13	49
M-W9	205	8.70	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.04	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.16	1400
M-W10	199	6.70	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.04	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.17	1100
M-W11	93	7.77	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	0.3	< 0.05	0.04	430
K-W1	46	8.49	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.09	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.11	74
K-W2	48	8.15	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.18	< 0.01	< 0.02	0.007	< 0.05	0.11	110
K-W3	48	8.06	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.16	< 0.01	< 0.02	0.008	< 0.05	0.13	100
K-W4	49	8.53	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.02	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.25	130
K-W5	30	8.58	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.06	60
K-W6	2	5.32	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.06	< 0.01	< 0.02	0.017	< 0.05	0.13	10
K-W7	34	6.13	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	0.009	< 0.05	0.06	9.0
K-W8	31	7.94	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.04	50
K-W9	22	6.19	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.12	12
K-W10	52	8.39	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.09	< 0.01	< 0.02	0.027	< 0.05	0.12	160
K-W11	13	7.30	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.06	14
K-W12	11	5.41	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.02	< 0.01	< 0.02	0.006	< 0.05	0.04	7.0
K-W13	49	8.11	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.13	< 0.01	< 0.02	0.006	< 0.05	0.08	100
K-W14	30	8.04	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.02	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.14	35
K-W15	6	7.18	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.03	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.06	12
K-W16	15	7.30	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.04	< 0.01	< 0.02	< 0.006	< 0.05	0.06	10
B-W1	35	9.08	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	0.2	< 0.05	0.24	10
B-W2	24	8.02	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.03	0.03	< 0.02	0.063	< 0.05	0.19	9.0
B-W3	30	8.41	< 0.02	0.001	< 0.001	0.10	0.21	< 0.02	0.20	< 0.05	0.56	12
B-W4	52	7.00	< 0.02	0.003	< 0.001	0.03	0.01	0.02	1.5	< 0.05	0.14	400
B-W5	53	6.62	< 0.02	0.16	< 0.001	0.82	0.72	< 0.02	34	< 0.05	0.21	570
B-W6	31	7.61	< 0.02	< 0.001	< 0.001	0.05	0.01	< 0.02	0.12	< 0.05	0.36	89
B-W7	904	3.25	0.23	0.032	0.065	840	0.46	0.04	21	< 0.05	2.0	6900
B-W8	477	6.35	0.03	0.13	< 0.001	63	0.34	0.04	180	< 0.05	0.44	7100
B-W9	378	6.39	< 0.02	0.080	< 0.001	16	0.47	< 0.02	9.4	< 0.05	0.14	400
B-W10	260	7.18	< 0.02	0.023	< 0.001	0.22	0.11	0.02	2.4	< 0.05	5.9	2700
B-W11	191	6.41	< 0.02	0.040	< 0.001	35	0.28	< 0.02	1.7	< 0.05	0.32	940
B-W12	215	6.51	< 0.02	0.076	< 0.001	0.28	0.08	0.04	2.8	< 0.05	0.19	1000
B-W13	112	7.90	< 0.02	0.010	< 0.001	0.92	0.09	< 0.02	1.9	< 0.05	0.74	430
B-W14	62	8.35	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	0.67	< 0.05	0.12	190
B-W15	85	7.76	< 0.02	0.004	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	1.1	< 0.05	0.17	200
B-W16	90	7.16	< 0.02	0.015	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	1.7	< 0.05	0.15	250
B-W17	5	7.15	< 0.02	< 0.001	0.005	< 0.01	< 0.01	< 0.02	0.036	< 0.05	0.09	50
B-W18	26	6.97	< 0.02	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.02	0.025	< 0.05	0.09	7.0
B-W19	198	6.83	< 0.02	0.014	< 0.001	0.89	0.01	< 0.02	28	< 0.05	0.10	1100

(1) Mopani 鉱山

Mopani 鉱山サイトでは、F 及び SO_4^{-2} が排水基準値を超えている。F は廃さい堆積場からの排水が 2.6 mg/L と基準値の 2 mg/L を超えている。また、 SO_4^{-2} がはズリ堆積場の浸出水が 1600 mg/L と基準値の 1500 mg/L を超えている。その他の成分及び採取地点では排水基準値を下回っている。日本の環境基準との比較では、廃さい堆積場の排水の 2 箇所で F が基準値を超えているのみである。

鉱山サイト内外での相対的に濃度の高い成分として、Zn、Cu 及び F の 3 成分に認められる。Zn は、ズリ堆積場の浸出水がやや高い。Cu は、選鉱場、坑内水、ズリ堆積場の浸出水及び廃さい堆積場の排水が相対的に高い濃度を示す。F は廃さい堆積場及び選鉱場からの排水に含まれている。

(成分間の相関)

Mopani 鉱山サイトの溶存成分間の相関を表 4.12 に示す。

Cu、Zn、F、 SO_4^{-2} の 4 成分間の相関は極めて低く、関連は見出せない。

表 4.12 Mopani 鉱山サイトの溶存成分間の相関

Items	Cu	Zn	F	SO_4^{-2}
Cu	1.000	-	-	-
Zn	-0.211	1.000	-	-
F	-0.234	-0.172	1.000	-
SO_4^{-2}	-0.291	-0.159	0.345	1.000

*成分： 定量下限値以下の成分を除外する。

(2) Konkola 鉱山

Konkola 鉱山サイトでの排水及び河川水は、“排水基準”を下回っている。

鉱山サイト内外での相対的に濃度の高い成分として、選鉱場からの排水中の Cu がやや高い値を示すのみである。

(成分間の相関)

Konkola 鉱山サイトの溶存成分間の相関を表 4.13 に示す。

Cu、Zn、F、 SO_4^{-2} の 4 成分間の相関は極めて低いが、Cu - SO_4^{-2} 関の相関が 0.611 と硫化物として関連していると考えられる。

表 4.13 Konkola 鉱山サイトの溶存成分間の相関

	Cu	Zn	F	SO_4^{-2}
Cu	1.000	-	-	-
Zn	0.310	1.000	-	-
F	0.191	0.137	1.000	-
SO_4^{-2}	0.611	0.401	0.534	1.000

*成分： 定量下限値以下の成分を除外する。

(3) Kabwe 鉱山

Kabwe 鉱山サイトにおいて、Bw-3～B-W15 の排水は Cu、Zn、As、Pb 及び SO_4^{-2} が排出基準値を超えているが、排水は現在化行中の Cu 精練所により全て回収され、リサイクルされている。

旧鉱山サイト及びCu精錬所の周辺部では、Zn以外は排出基準値以下を示している。Znは南側のB-W19が28 mg/Lであり、基準値を超えている。

また、鉱山サイト内外での相対的に濃度の高い成分としてZn、Pb、Cdが認められ、南東の下流側に移流・拡散していると推定される。

(成分間の相関)

Kabwe 鉱山サイトの溶存成分間の相関を表 4.14 に示す。

Cd、Cu、Pb、Zn、F、 SO_4^{-2} の6成分間の相関として以下の3つの組合せが認められる。当該鉱山の硫化物の鉱石組合せと一致している。

- Cd - Pb - Zn
- Cu - SO_4^{-2}
- Zn - SO_4^{-2}

表 4.14 Kabwe 鉱山サイトの溶存成分間の相関

	Cd	Cu	Pb	Zn	F	SO_4^{-2}
Cd	1.000	-	-	-	-	-
Cu	0.052	1.000	-	-	-	-
Pb	0.808	0.390	1.000	-	-	-
Zn	0.645	0.106	0.377	1.000	-	-
F	-0.030	0.235	0.081	-0.033	1.000	-
SO_4^{-2}	0.435	0.695	0.436	0.724	0.379	1.000

*成分： 定量下限値以下の成分を除外する。

(4) まとめ

ザンビアの“排水基準”による評価の結果、Mopani 鉱山サイトでは廃さい堆積場からの排水がF及び SO_4^{-2} の2成分で基準値を超えている。Konkola 鉱山では、各成分とも基準値以下である。Kabwe 鉱山サイト外においては各成分とも基準値以下である。

したがって、Mopani 鉱山サイトでのF及び SO_4^{-2} の水質汚濁が認められ、Konkola 鉱山及びKabwe 鉱山サイトでの水質汚濁は認められない。

ただし、参考として（日本の）環境基準値で評価すると、Mopani 鉱山サイトでのFの水質汚濁が認められ、Kabwe 鉱山サイトでのCd Pb及びZnの水質汚濁が認められる。

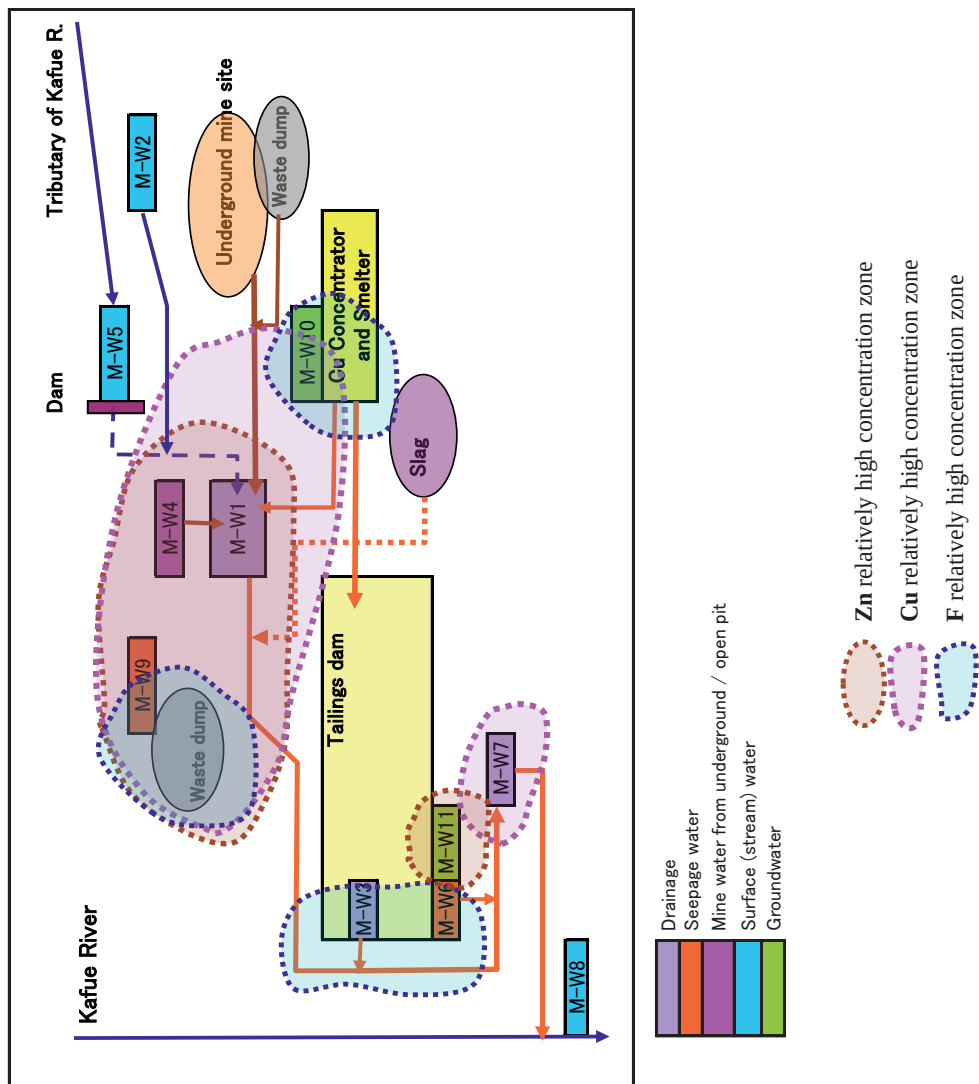


図 4.8 (1) Mopani 鉱山サイトにおける Zn、Cu 及び F の相対的高濃度範囲

PT	EC (mS/m)	pH	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Se	Zn	CN-	F	SO ₄ ⁻²
M-W2	5	8.56	<0.02	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.02	<0.006	<0.05	0.04	21
M-W5	11	8.15	<0.02	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.02	<0.006	<0.05	0.07	8.0
M-W4	85	8.46	<0.02	<0.001	<0.001	0.07	<0.01	<0.02	0.026	<0.05	0.21	917
M-W9	205	8.70	<0.02	<0.001	<0.001	0.04	<0.01	<0.02	<0.006	<0.05	0.16	1400
M-W10	199	6.70	<0.02	<0.001	<0.001	0.04	<0.01	<0.02	<0.006	<0.05	0.17	1100
M-W1	90	7.72	<0.02	<0.001	<0.001	0.15	<0.01	<0.02	0.017	<0.05	0.14	350
M-W3	231	8.15	<0.02	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.02	<0.006	<0.05	2.6	1300
M-W6	254	6.60	<0.02	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.02	<0.006	<0.05	0.09	1600
M-W7	113	7.46	<0.02	<0.001	<0.001	0.03	<0.01	<0.02	<0.006	<0.05	0.84	614
M-W11	93	7.77	<0.02	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.02	0.34	<0.05	0.04	430
M-W8	23	7.62	<0.02	<0.001	<0.001	0.14	<0.01	<0.02	<0.006	<0.05	0.13	49

Evaluation

Very high concentration ($\geq (ES-1) \times 10$)

High ($\geq (ES-1) \times 5$, $< (ES-1) \times 10$)

Moderate ($\geq (ES-1)$, $< (ES-1) \times 5$)

Low ($< (ES-1)$, $> (ES-2)$)

Very low

	EC	pH	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Se	Zn	CN-	F	SO ₄ ⁻²
ES-1	-	6-9	0.05	0.5	0.1	1.5	0.5	0.02	10	0.2	2	1500
ES-2	-	8.5	0.01	0.01	0.05	3	0.01	0.01	5	0.01	0.8	-

*ES-1 : Effluent Standard in Zambia
*ES-2 : Environmental Standard in Japan

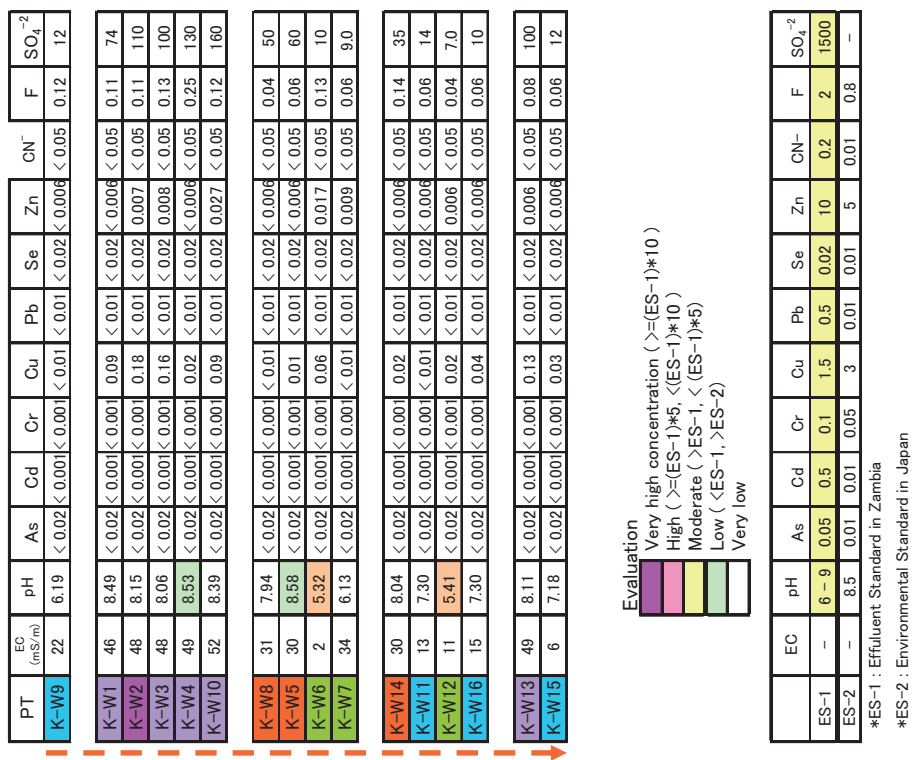


図 4.8 (2) Konkola 鉱山サイトにおける Zn の相対的高濃度範囲及び酸性水の分布



図 4.8 (3) Kabwe 鉱山サイトにおける Cu、Zn、Pb 及び Cd の相対的高濃度範囲

4.4.7 土壌の物理試験

Mopani 鉱山、Konkola 鉱山及び Kabwe 鉱山サイトにおける土壌を採取し、物理試験を実施した。物理試験は湿潤密度、真比重、含水比及び粒度分析からなり、試験結果を表 4.15 (1)～(3) に示す。

表 4.15 土壌の物理試験結果
(1) Mopani 鉱山サイト

Muflina mine site																
Sample No.	Wet Specific Gravity	Moisture	True Specific Gravity	Weight (g) passing Screen (size: microns)												
				25000	19000	9500	4760	2000	850	500	250	106	75	45	-45	Total Wt (g)
M-S1	1.56	13.80	2.58	0.0	0.0	0.0	0.9	11.0	33.0	34.5	60.7	74.9	20.4	26.2	38.2	299.8
M-S2	2.03	13.14	2.59	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	4.1	54.7	70.0	61.8	19.1	12.2	71.6	297.1
M-S3	1.73	18.90	2.71	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	52.7	70.6	86.3	77.4	299.1
M-S4	1.68	18.78	2.57	0.0	0.0	8.3	6.3	7.8	9.5	18.4	52.8	86.9	33.0	0.6	74.8	298.4
M-S5	2.31	13.12	2.62	0.0	0.0	0.0	10.7	19.1	50.5	23.7	30.8	63.9	32.5	27.1	40.1	298.4
M-S6	2.00	15.37	2.7	0.0	0.0	8.0	23.8	23.9	8.7	7.0	20.4	63.9	47.5	55.5	40.5	299.2
M-S7	1.29	32.38	2.56	0.0	0.0	19.2	15.2	12.5	14.7	18.8	30.1	37.5	23.8	35.0	91.0	297.8
M-S8	2.33	1.52	3.78	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	117.1	98.6	47.2	13.6	2.4	0.2	4.8	299.0
M-S9	1.39	6.82	2.66	0.0	0.0	17.4	45.2	42.9	31.7	37.2	35.0	11.0	0.2	30.3	299.2	299.2
M-S10	2.18	17.61	2.72	0.0	0.0	0.0	2.0	11.9	29.5	34.7	47.0	83.4	29.6	22.1	38.3	298.5
M-S11	2.30	13.43	2.64	0.0	0.0	1.5	0.8	2.9	39.6	52.3	82.9	66.2	17.1	0.8	35.1	299.2
M-S12	1.93	12.67	2.70	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.0	28.2	148.3	59.5	11.6	50.2	299.7
M-S13	1.65	13.99	2.61	0.0	15.4	17.1	15.8	30.2	21.7	19.6	44.4	46.3	18.9	0.8	68.5	298.7
M-S14	1.96	13.25	2.64	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	32.8	32.6	61.2	75.2	30.0	3.9	56.5	298.6
M-S15	2.47	13.47	2.64	0.0	0.0	15.5	17.9	48.7	87.0	43.8	28.6	24.5	8.9	0.3	23.2	298.4
M-S16	1.89	6.74	2.68	0.0	15.5	27.5	27.1	42.0	47.4	23.7	36.8	44.1	10.9	0.2	19.3	294.5
M-S17	1.75	12.91	2.78	0.0	0.0	7.3	6.0	11.4	12.2	41.8	94.5	15.0	19.0	28.0	60.0	295.2
M-S18	1.74	17.02	2.62	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	9.4	11.9	25.0	80.6	51.9	65.8	51.5	299.7
M-S19	2.02	16.69	2.48	0.0	18.8	0.0	0.6	3.5	9.4	20.3	68.9	104.0	24.9	3.4	40.6	294.4
M-S20	1.64	15.58	2.55	0.0	0.0	0.0	0.5	5.2	41.0	16.5	18.9	117.4	29.0	29.0	41.9	299.4

(2) Konkola 鉱山サイト

Konkola mine site																
Sample No.	Wet Specific Gravity	Moisture	True Specific Gravity	Weight (g) passing Screen (size: microns)												
				25000	19000	9500	4760	2000	850	500	250	106	75	45	-45	Total Wt (g)
K-S1	2.16	15.73	2.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.4	50.4	122.6	39.0	31.4	48.6	299.0
K-S2	2.16	11.19	2.66	0.0	0.0	0.0	0.5	7.4	17.7	62.6	74.7	75.2	20.2	17.1	23.1	298.5
K-S3	1.73	24.93	2.44	0.0	11.2	53.3	2.2	0.9	20.6	68.5	45.8	36.3	12.8	12.4	33.7	297.7
K-S4	1.64	14.68	2.62	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	26.6	31.1	65.9	99.2	22.0	22.6	26.7	299.0
K-S6	1.95	9.84	-	0.0	43.6	67.2	18.5	20.2	13.5	10.8	17.6	21.5	10.1	20.4	55.6	299.0

(3) Kabwe 鉱山サイト

Kabwe mine site																
Sample No.	Wet Specific Gravity	Moisture	True Specific Gravity	Weight (g) passing Screen (size: microns)												
				25000	19000	9500	4760	2000	850	500	250	106	75	45	-45	Total Wt (g)
B-S2	1.85	17.63	2.54	0.0	0.0	0.0	0.9	16.4	45.4	47.2	63.2	63.9	18.8	14.7	27.5	298.0
B-S3	2.61	9.04	2.90	0.0	17.3	69.1	61.4	68.3	35.3	17.1	13.4	7.3	2.1	1.2	7.1	299.6
B-S4	1.28	41.95	3.07	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	67.2	34.4	33.7	29.7	14.1	23.6	82.5	296.9
B-S5	1.66	19.90	2.64	0.0	0.0	9.0	22.6	54.2	32.8	25.8	35.1	50.5	19.8	20.8	27.8	298.4
B-S6	1.63	19.23	2.52	0.0	0.0	0.0	0.4	24.7	89.5	46.9	54.7	46.8	11.8	10.1	13.4	298.3
B-S7	2.30	11.02	3.02	0.0	17.1	45.1	72.7	58.6	37.9	19.3	15.1	9.9	3.9	4.6	15.0	299.2
B-S8	1.59	38.06	3.22	0.0	0.0	5.3	3.0	17.3	65.1	29.8	30.6	34.7	19.0	36.0	57.1	297.9
B-S9	2.33	2.94	-	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	107.7	97.9	58.0	10.7	1.5	1.1	3.7	299.2
B-S10	1.69	12.12	2.62	103.0	0.0	6.3	12.0	17.7	12.5	14.8	38.3	47.0	14.2	14.6	17.6	298.0
B-S11	1.38	21.12	2.52	0.0	0.0	16.5	3.8	14.9	68.0	53.5	62.6	41.8	9.9	7.0	15.3	293.3
B-S12	1.62	17.98	2.51	0.0	0.0	0.0	2.6	16.3	78.0	48.5	62.0	50.5	13.2	11.2	17.8	300.1
B-S13	1.77	17.66	2.51	0.0	0.0	7.7	39.6	86.4	62.0	30.0	27.1	22.0	6.4	6.1	11.8	299.1
B-S14	1.76	16.46	2.49	0.0	0.0	0.0	0.9	26.3	82.4	52.7	61.3	46.7	9.5	7.8	11.6	299.2
B-S15	2.06	17.77	2.72	0.0	28.4	37.6	26.2	32.0	22.9	15.8	23.5	35.6	17.3	21.0	38.6	298.9
B-S16	2.12	16.94	2.59	0.0	9.4	20.3	68.6	57.6	28.5	19.1	25.4	29.1	10.2	10.6	18.4	297.2
B-S17	1.65	18.84	2.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	6.6	19.7	43.2	88.0	35.6	43.8	59.9	297.5

 粒度分布における最大値

(1) 湿潤密度

- Mopani 鉱山サイトでの湿潤密度は、1.29～2.47 の範囲を示す。M-S15 の 2.47 は最大値であり、表層土壌として締まっている。
- Konkola 鉱山サイトでの湿潤密度は、1.64～2.16 の範囲を示す。
- Kabwe 鉱山サイトでの湿潤密度は、1.28～2.33 の範囲であり、殆んど Mopani 高山サイトと

類似している。

(2) 真比重

- Mopani 鉱山サイトでの真比重は、2.48～3.78 の範囲を示す。殆んど土粒子の比重の範囲であるが、M-S8（スラグ）のみが 3.78 と比重 3 を超えており、スラグ中に金属成分が含有していたと思われる。
- Konkola 鉱山サイトでの真比重は、2.44～2.90 の範囲を示し、殆んど土粒子の比重の範囲である。
- Kabwe 鉱山サイトでの真比重は、2.51～3.22 の範囲であり、殆んど土粒子の比重の範囲である。

(3) 含水比

- Mopani 鉱山サイトでの含水比は、1.52～32.38 %の範囲を示す。含水比 1.52 は M-S8（スラグ）であり、最小値を示す。最大値の M-S7 は細粒のシルト・粘土からなり含水比が高い。その他の含水比は 12～18 %と比較的まとまっている。
- Konkola 鉱山サイトでの含水比は、9.84～24.93 %の範囲を示す。
- Kabwe 鉱山サイトでの含水比は、2.94～41.95 %の範囲であり、含水比 2.94 は B-S9（スラグ）であり、最小値を示す。含水比 30 %以上は B-S4 及び B-S8 であり、それぞれシルト・粘土分が多い。

(4) 粒度分析

各土壌試料の粒度特性を以下に示す。

(Mopani 鉱山サイト)

- M-S1 : 中砂～細砂に卓越している。
- M-S2 : 中砂～細砂及びシルト・粘土分に卓越している。
- M-S3 : シルト・粘土に卓越している。
- M-S4 : 中砂～細砂分に卓越している。
- M-S5 : 砂分に卓越している。
- M-S6 : 細砂分に卓越している。
- M-S7 : シルト・粘土分に卓越している。
- M-S8 : 中砂～粗砂分に卓越している。
- M-S9 : 細礫～粗砂分に卓越している。
- M-S10 : 細砂～極細砂に卓越している。
- M-S11 : 細砂～極細砂に卓越している。
- M-S12 : 細砂～極細砂に卓越している。
- M-S13 : シルト・粘土分に卓越している。
- M-S14 : 細砂～極細砂及びシルト・粘土分に卓越している。
- M-S15 : 粗砂分に卓越している。
- M-S16 : 粗砂～極粗砂に卓越している。
- M-S17 : 中砂分に卓越している。
- M-S18 : 細砂に卓越している。
- M-S19 : 中砂～粗砂分に卓越している。
- M-S20 : 粗砂分に卓越している。

(Konkola 鉱山サイト)

- K-S1 : 粗砂分に卓越している。
K-S2 : 中砂～粗砂分に卓越している。
K-S3 : 中砂分に卓越している。
K-S4 : 中砂～粗砂分に卓越している。
K-S6 : シルト・粘土分に卓越している。

(Kabwe 鉱山サイト)

- B-S2 : 中砂～粗砂分に卓越している。
B-S3 : 細礫～極粗砂分に卓越している。
B-S4 : シルト・粘土分に卓越している。
B-S5 : 極粗砂分に卓越している。
B-S6 : 粗砂分に卓越している。
B-S7 : 細礫～極粗砂分に卓越している。
B-S8 : 粗砂分に卓越している。
B-S9 : 粗砂分に卓越している。
B-S10 : 礫分に卓越している。
B-S11 : 中砂～粗砂分に卓越している。
B-S12 : 中砂～粗砂分に卓越している。
B-S13 : 極粗砂～粗砂分に卓越している。
B-S14 : 中砂～粗砂分に卓越している。
B-S15 : 保母均一に分布しているが、シルト・粘土分にやや卓越している。
B-S16 : 細礫～極粗砂分に卓越している。
B-S17 : 細砂に卓越している。

4.4.8 土壌の化学分析結果

Mopani 鉱山、K Konkola 鉱山及び Kabwe 鉱山サイトにおける土壌を採取し、化学分析として溶出量分析及び含有量分析を実施した。化学分析の結果を表 4.20 に示す。

(1) 溶出量試験結果

溶出量は、土壌からの有害金属類の溶出量を把握し、汚染のポテンシャルを想定することが可能な重要なデータである。ザンビアでは有害金属に関する溶出量基準が制定されていないことから、日本の“溶出量基準値”を参考として評価する。日本の“溶出量基準値”を下記に示す。なお、Cu 及び Zn の溶出量基準値は設定されていない。

溶出量基準値： 参考値（日本）

成分	Pb	As	Cd	Cr	Cu	Zn	Hg
基準値 (mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.05	－	－	0.0005

a. Mopani 鉱山

Mopani 鉱山サイトにおける溶出量分析に基づいた土壌汚染のポテンシャルを図 4.9 (1) に示す。

参考値を超える成分は、Pb、Cd 及び Cr からなる。

Pb の溶出量は 0.1～1.8 mg/L の範囲にあり、汚染状況は広範囲に分布し、殆んど参考値の 10 倍程度であるが、M-S10（鉱山敷地内）では 180 倍の高濃度を示す。

Cd の溶出量は 0.1 mg/L の範囲にあり、2 箇所で参考値を超えているが、限定的である。

Cr の溶出量は 0.1～0.8 mg/L の範囲にあり、特に選鉱場周辺に分布している。

b. Konkola 鉱山

Konkola 鉱山サイトにおけるよう溶出量分析に基づいた土壌汚染のポテンシャルを図 4.9 (2) に示す。

参考値を超える成分は、Pb である。

Pb の溶出量は 0.1～0.7 mg/L の範囲にあり、汚染範囲は各鉱山施設の周辺に限定され、参考値の 10 倍以下である。

c. Kabwe 鉱山

Kabwe 鉱山サイトにおける溶出量分析に基づいた土壌汚染のポテンシャルを図 4.9 (3) に示す。

参考値を超える成分は、Pb 及び Cd からなる。

Pb の溶出量は 0.1～21.5 mg/L の範囲にあり、汚染状況はサイト全域の広範囲に分布し、殆んど参考値の 10 倍程度であるが、B-S6（Cu 精錬所敷地内）では 215 倍の高濃度を示す。

Cd の溶出量は 0.1～8.8 mg/L の範囲にあり、4 箇所で参考値を超えているが、旧鉱山サイト内及びその周辺ではほぼ限定的である。

(2) 含有量試験結果

ザンビアでは有害金属に関する含有量基準が制定されていないことから、日本の“含有量基準値”を参考として評価する。日本の“含有量基準値”を下記に示す。

含有量基準値： 参考値（日本）

成分	Pb	As	Cd	Cr	Cu*	Zn	Hg
基準値 (mg/kg)	150	150	150	250	(125)	(120)	15

* Cu, Zn : Content Standard for Agricultural land

a. Mopani 鉱山

Mopani 鉱山サイトにおける溶出量分析に基づいた土壌汚染のポテンシャルを図 4.10 (1) に示す。

Mopani 鉱山サイトでは、上記の参考値と比較して Cu が極めて高濃度であり、Zn、Cr が相対的にやや高い濃度を示す。

Cu の含有量は 120～5300 mg/kg の範囲にあり、ほぼ鉱山サイト内外に広く分布している。特に、選鉱場、廃さい堆積場、ズリ堆積場が高濃度である。また、Kafue 川の上流域では 120 mg/kg と低濃度であるが、サイト周辺及び下流側では 310～1200 mg/kg とやや高濃度になっており、Cu が広範囲に移流・拡散している。

Zn 及び Cr は、選鉱場周辺及び廃さい堆積場の南部でやや高く、参考値を超えている。

(成分間の相関)

Mopani 鉱山サイトの土壌成分間の相関を表 4.16 に示す。

Pb、Zn、As、Cd、Cr、Cu の 6 成分間の相関として以下の 1 組の相関が認められる。

• Pb - Zn - Cd

表 4.16 Mopani 鉱山サイトの溶存成分間の相関

	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Cu
Pb	1.000	-	-	-	-	-
Zn	0.645	1.000	-	-	-	-
As	0.281	0.484	1.000	-	-	-
Cd	0.609	0.496	0.000	1.000	-	-
Cr	0.216	0.229	0.281	-0.055	1.000	-
Cu	0.498	0.222	0.111	0.461	-0.021	1.000

*成分： 定量下限値以下の成分を除外する

b. Konkola 鉱山

Konkola 鉱山サイトにおける溶出量分析に基づいた土壌汚染のポテンシャルを図 4.10 (2) に示す。

Konkola 鉱山サイトでは、参考値と比較して Cu が極めて高濃度であり、Cr が相対的にやや高い濃度を示す。

Cu の含有量は 440～9900 mg/kg の範囲にあり、ほぼ鉱山サイト内に分布している。特に、選鉱場及び廃さい堆積場内が高濃度である。

Cr の含有量は 75～820 mg/kg の範囲にあり、参考値を越える箇所が廃さい堆積場及び Kafue 川沿いに分布している。鉱山サイト内では参考値を下回っている。

(成分間の相関)

Konkola 鉱山サイトの土壌成分間の相関を表 4.17 に示す。

Pb、Zn、As、Cd、Cr、Cu の 6 成分間の相関として以下の 3 組の相関が認められる。

• As - Cu

• Pb - Zn - Cd

• Zn - Cr

表 4.17 Konkola 鉱山サイトの溶存成分間の相関

	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Cu
Pb	1.000	-	-	-	-	-
Zn	0.747	1.000	-	-	-	-
As	0.623	-0.008	1.000	-	-	-
Cd	0.919	0.804	0.470	1.000	-	-
Cr	0.480	0.870	-0.379	0.507	1.000	-
Cu	0.833	0.299	0.928	0.633	-0.031	1.000

*成分： 定量下限値以下の成分を除外する。

c. Kabwe 鉱山

Kabwe 鉱山サイトにおける溶出量分析に基づいた土壌汚染のポテンシャルを図 4.10 (3) に示す。

Kabwe 鉱山サイトでは、参考値と比較して Pb、Zn 及び Cu が極めて高濃度であり、As 及び Cr が相対的にやや高い濃度を示す。

Pb の含有量は 92～82000 mg/kg の範囲にあり、ほぼ鉱山サイト内及びその周辺に分布している。特に、旧鉱山サイトの廃さい堆積場内では 10000 mg/kg を超える高濃度が分布している。また、サイトの上流域でも 350 mg/kg とやや高濃度であり、南部の下流側 (B-S5、B-S11) で 3100～7700 mg/kg と高濃度である。Pb が高濃度・広範囲に移流・拡散している。

Cu の含有量は 65～4100 mg/kg の範囲にあり、ほぼ鉱山サイト内に分布している。特に、旧鉱山サイトの廃さい堆積場内が高濃度である。

As の含有量は 13～460 mg/kg の範囲にあり、旧鉱山サイトの廃さい堆積場内に分布する。

Cr の含有量は 40～400 mg/kg の範囲にあり、参考値を越える箇所が鉱山サイト外の周辺に分布しており、バックグラウンドとしてもやや高い含有量を示していると推定される。

(成分間の相関)

Kabwe 鉱山サイトの土壌成分間の相関を表 4.18 に示す。

Pb、Zn、As、Cd、Cr、Cu の 6 成分間の相関として以下の 2 組の相関が認められる。当該鉱山の硫化物の鉱石組合せと類似している。

- Zn - Cu
- Pb - As - Cd

表 4.18 Kabwe 鉱山サイトの溶存成分間の相関

	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Cu
Pb	1.000	-	-	-	-	-
Zn	0.534	1.000	-	-	-	-
As	0.937	0.536	1.000	-	-	-
Cd	0.859	0.480	0.922	1.000	-	-
Cr	-0.116	0.086	-0.212	-0.183	1.000	-
Cu	0.378	0.947	0.344	0.300	0.097	1.000

(4) まとめ

日本の含有量基準値を参考として評価の結果、以下の汚染状況が認められた。

(Mopani 鉱山サイト)

- Cu の含有量の相対的高濃度が、ほぼ鉱山サイト内外に広範囲に分布している。
- Zn 及び Cr の含有量の相対的高濃度が分布するが、鉱山施設周辺と限定的である。

(Konkola 鉱山サイト)

- Cu の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内に広く分布している。
- F の含有量の相対的高濃度が廃さい堆積場に限定的に分布している。

(Kabwe 鉱山サイト)

- Pb の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内及びその周辺に分布している。また、サイトの上流域～下流側まで高濃度で広範囲に移流・拡散している。
- Cu の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内に分布している。

- ・ As の含有量の相対的高濃度が旧鉱山サイトの廃さい堆積場内に分布する。
- ・ Cr の含有量の相対的高濃度が鉱山サイト外の周辺に分布している。

(汚染範囲の面積)

各鉱山サイトにおける有害金属類含有量の分布範囲の面積を表 4.19 に示す。Mopani 鉱山サイトの Cu による汚濁範囲は 37.5 km² であり、広範囲に移流・拡散している。Konkola 鉱山サイトでは局部的である。Kabwe 鉱山サイトでは、Cu は Cu 精練所内の局部的であるが、Pb-Zn の汚濁範囲は 59.6 km² と広範囲であり、特に高濃度範囲は 6.2 km² に及んでいる。

表 4.19 各鉱山サイトにおける水質汚濁範囲

Site	Type	Area (km2)
Mufulira	Cu	37.5
Konkola	Cu	5.8
	Cu	4.6
Kabwe	Pb-Zn	59.6
	Pb-Zn High	6.2
	Cu	1.1

表 4. 20 採取された土壌試料の化学分析結果

Sample No.	Location	Wet Density*1 g/cm ³	Moisture %	Dry Specific Gravity	True Specific Gravity	Elution Analysis						Content Analysis						Remarks
						Pb	Zn	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Cu	
M-S1	Mopani	1.56	13.8	1.35	2.58	0.7	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	8.5	23	30	16	0.5	470	2300	light brown soil
M-S2	Mopani	2.03	13.1	1.76	2.59	0.6	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.6	16	40	20	0.9	94	120	light brown soil
M-S3	Mopani	1.73	18.9	1.41	2.71	1.3	0.2	<0.1	0.1	0.4	0.8	15	24	25	1.2	26	2100	white fine sand at tailings
M-S4	Mopani	1.68	18.8	1.36	2.57	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	10.9	19	39	12	1.3	27	3700	brown soil
M-S5	Mopani	2.31	13.1	2.01	2.62	0.2	0.1	<0.1	<0.1	0.5	5.5	55	160	17	2.1	580	3300	brown soil
M-S6	Mopani	2.00	15.4	1.69	2.7	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	0.6	13	21	3.3	1.7	59	310	brown soil
M-S7	Mopani	1.29	32.4	0.87	2.56	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.7	1.8	30	51	8.1	2.5	120	1300	brown soil
M-S8	Mopani	2.33	1.5	2.29	3.78	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	2.5	90	610	24	4.7	150	3900	black slag at slag dump
M-S9	Mopani	1.39	6.8	1.29	2.66	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	2.9	33	37	15	2.4	30	4300	light brown soil at waste rock dump
M-S10	Mopani	2.18	17.6	1.80	2.72	1.8	0.1	<0.1	0.1	1.7	8.4	48	170	11	3.0	300	4900	light brown soil include green Cu stain
M-S11	Mopani	2.30	13.4	1.99	2.64	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	3.1	25	33	6.1	3.1	27	5300	light brown soil beside at slag dump
M-S12	Mopani	1.93	12.7	1.68	2.70	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	4.1	42	35	13	2.8	47	5100	light brown soil near slag dump
M-S13	Mopani	1.65	14.0	1.42	2.61	0.4	0.8	<0.1	<0.1	<0.1	84.4	96	45	8	3.8	79	5200	brown soil
M-S14	Mopani	1.96	13.2	1.70	2.64	0.3	0.8	<0.1	<0.1	<0.1	71.9	16	39	10	3.4	51	5100	brown soil
M-S15	Mopani	2.47	13.5	2.14	2.64	0.4	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	3.0	43	67	5.5	4.2	71	1200	brown soil
M-S16	Mopani	1.89	6.7	1.76	2.68	0.5	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	14.2	15	51	4.9	2.5	44	4200	light brown soil
M-S17	Mopani	1.75	12.9	1.52	2.78	0.8	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	2.4	67	35	10	3.7	230	300	light brown soil
M-S18	Mopani	1.74	17.0	1.44	2.62	0.3	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5.3	3.7	22	5.3	0.6	94	1200	light brown soil
M-S19	Mopani	2.02	16.7	1.68	2.48	0.3	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3.6	15	22	5.5	0.8	43	810	brown soil
M-S20	Mopani	1.64	15.6	1.39	2.55	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	3.9	22	34	6.8	0.7	58	1000	light brown soil
K-S1	Konkola	2.16	15.7	1.82	2.90	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	42	97	1.7	1.7	820	4200	gray soil at tailings
K-S2	Konkola	2.16	11.2	1.92	2.66	0.3	0.9	<0.1	<0.1	<0.1	3.5	15	16	1.9	1.0	92	440	brown soil
K-S3	Konkola	1.73	24.9	1.30	2.44	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	3.4	21	61	0.3	1.3	260	690	light brown soil
K-S4	Konkola	1.64	14.7	1.40	2.62	0.7	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	21.3	15	17	5.0	0.6	55	2900	brown soil
K-S5	Konkola	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	gray soil beside at outcrop
K-S6	Konkola	1.95	9.8	1.75	-	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	19.6	46	54	24	1.8	75	9900	light brown soil at waste dump
B-S1	Kabwe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	brown soil
B-S2	Kabwe	1.85	17.6	1.52	2.54	2.4	14.6	<0.1	<0.1	<0.1	0.9	34000	10000	27	7.7	200	1100	gray soil beside at past slag dump
B-S3	Kabwe	2.61	9.0	2.37	2.90	0.4	1.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	29000	55000	72	16	400	2200	coarse sand beside at past slag dump
B-S4	Kabwe	1.28	42.0	0.74	3.07	5.8	647.5	<0.1	1.8	<0.1	<0.1	82000	53000	460	140	140	1600	brown soil at near circulation pond
B-S5	Kabwe	1.66	19.9	1.33	2.64	0.5	2.6	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3100	3700	27	8.3	290	170	brown soil
B-S6	Kabwe	1.63	19.2	1.32	2.52	21.5	71.1	<0.1	0.1	<0.1	2.6	12000	22000	31	33	170	1000	brown soil
B-S7	Kabwe	2.30	11.0	2.05	3.02	1.5	4.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	20000	22000	110	68	230	1500	brown soil in past tailings
B-S8	Kabwe	1.59	38.1	0.98	3.22	15.3	351.3	<0.1	8.8	<0.1	<0.1	73000	39000	360	91	150	1900	brown soil in past tailings
B-S9	Kabwe	2.33	2.9	2.26	3.52	0.6	5.9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	9500	81000	79	17	190	4100	coarse gray sand in past slag dump
B-S10	Kabwe	1.69	12.1	1.48	2.62	8.3	10.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	5100	4700	25	8.3	340	510	brown soil
B-S11	Kabwe	1.38	21.1	1.09	2.52	11.3	30.6	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	7700	11000	42	32	320	280	brown soil
B-S12	Kabwe	1.62	18.0	1.33	2.51	3.1	10.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	410	1500	13	3.2	320	90	brown soil
B-S13	Kabwe	1.77	17.7	1.46	2.51	6.8	9.6	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	1000	1200	15	4.5	98	150	brown soil
B-S14	Kabwe	1.76	16.5	1.47	2.49	3.0	7.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	350	980	16	3.1	110	78	brown soil
B-S15	Kabwe	2.06	17.8	1.69	2.72	16.6	40.0	<0.1	0.1	<0.1	0.9	19000	24000	86	63	160	890	dark brown soil
B-S16	Kabwe	2.12	16.9	1.76	2.59	3.7	11.8	<0.1	<0.1	<0.1	1.6	3200	12000	32	4.2	190	560	brown soil
B-S17	Kabwe	1.65	18.8	1.34	2.56	0.1	1.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	92	84	26	1.0	40	65	dark brown soil

*1: Wet Specific Density is almost same as apparent specific gravity.

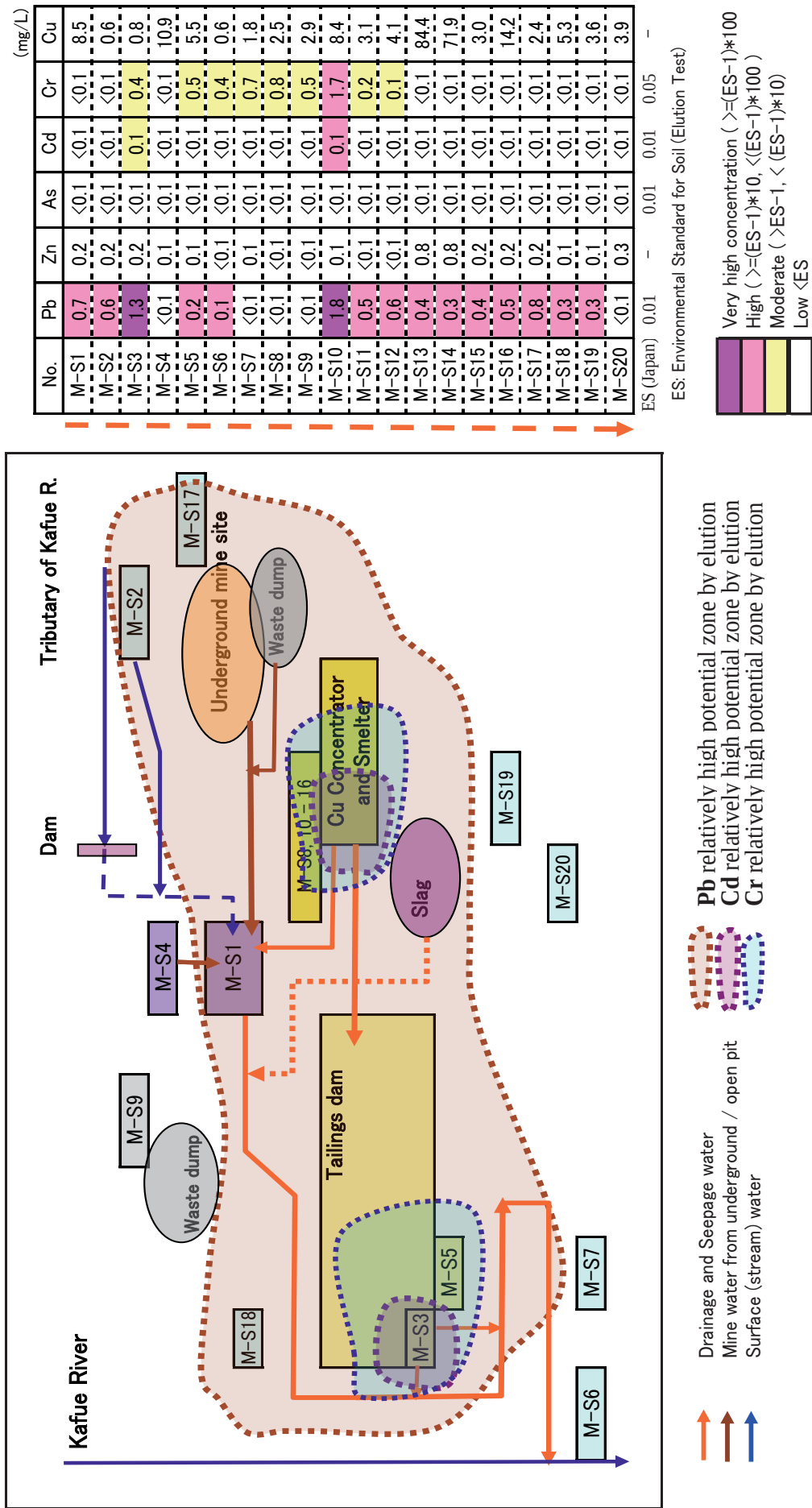


図 4.9 (1) 溶出量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Mopani)

No.	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Cu
K-S1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8
K-S2	0.3	0.9	<0.1	<0.1	<0.1	3.5
K-S3	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	3.4
K-S4	0.7	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	21.3
K-S6	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	19.6
ES (Japan)	0.01	-	0.01	0.01	0.05	-

(mg/L)

ES: Environmental Standard for Soil (Elution Test)

Very high concentration ($\geq$ ES-1) *100
 High ($\geq$ ES-1) *10, < (ES-1) *100)
 Moderate ($\geq$ ES-1, < (ES-1) *10)
 Low < ES

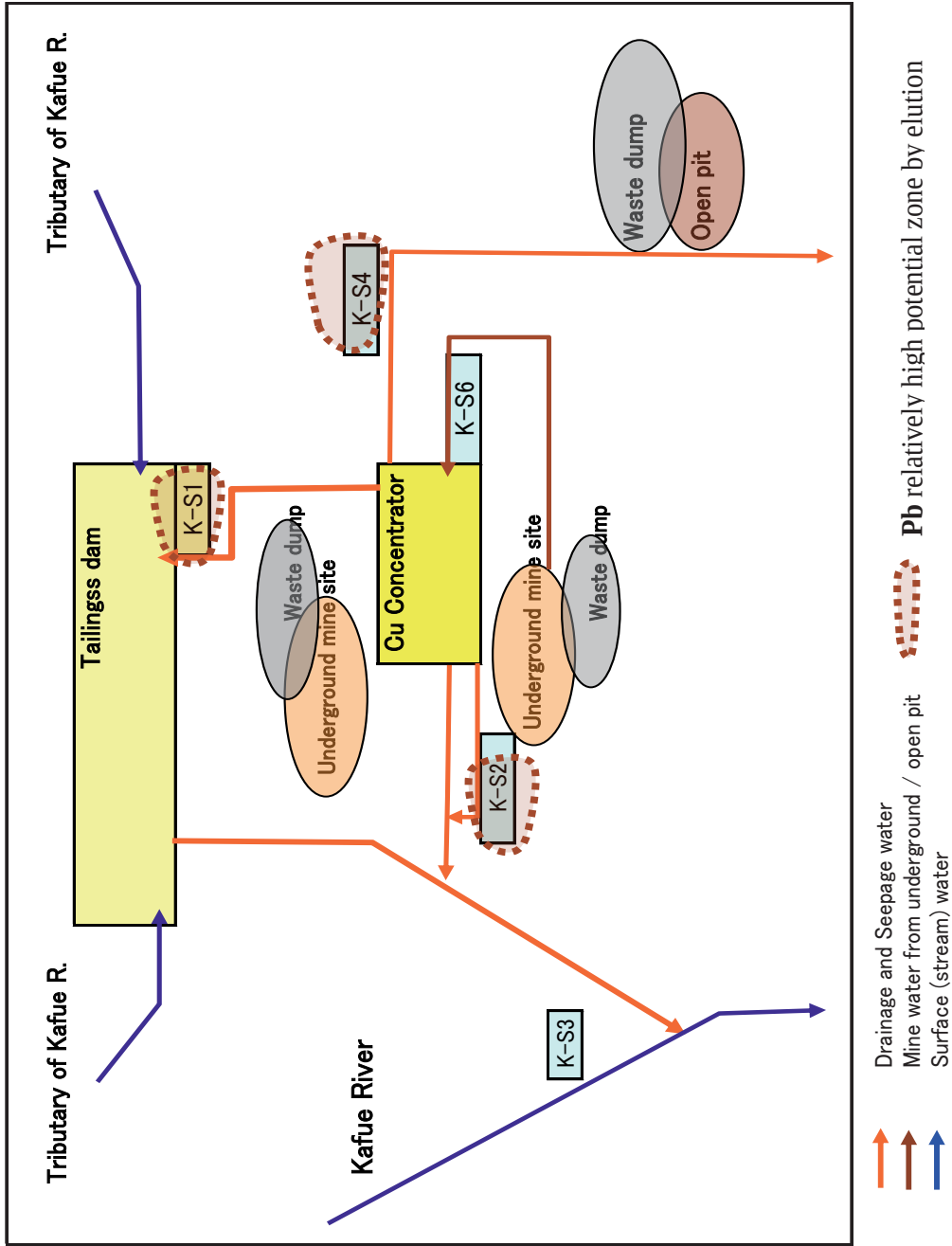


図 4. 9 (2) 溶出量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Konkola)

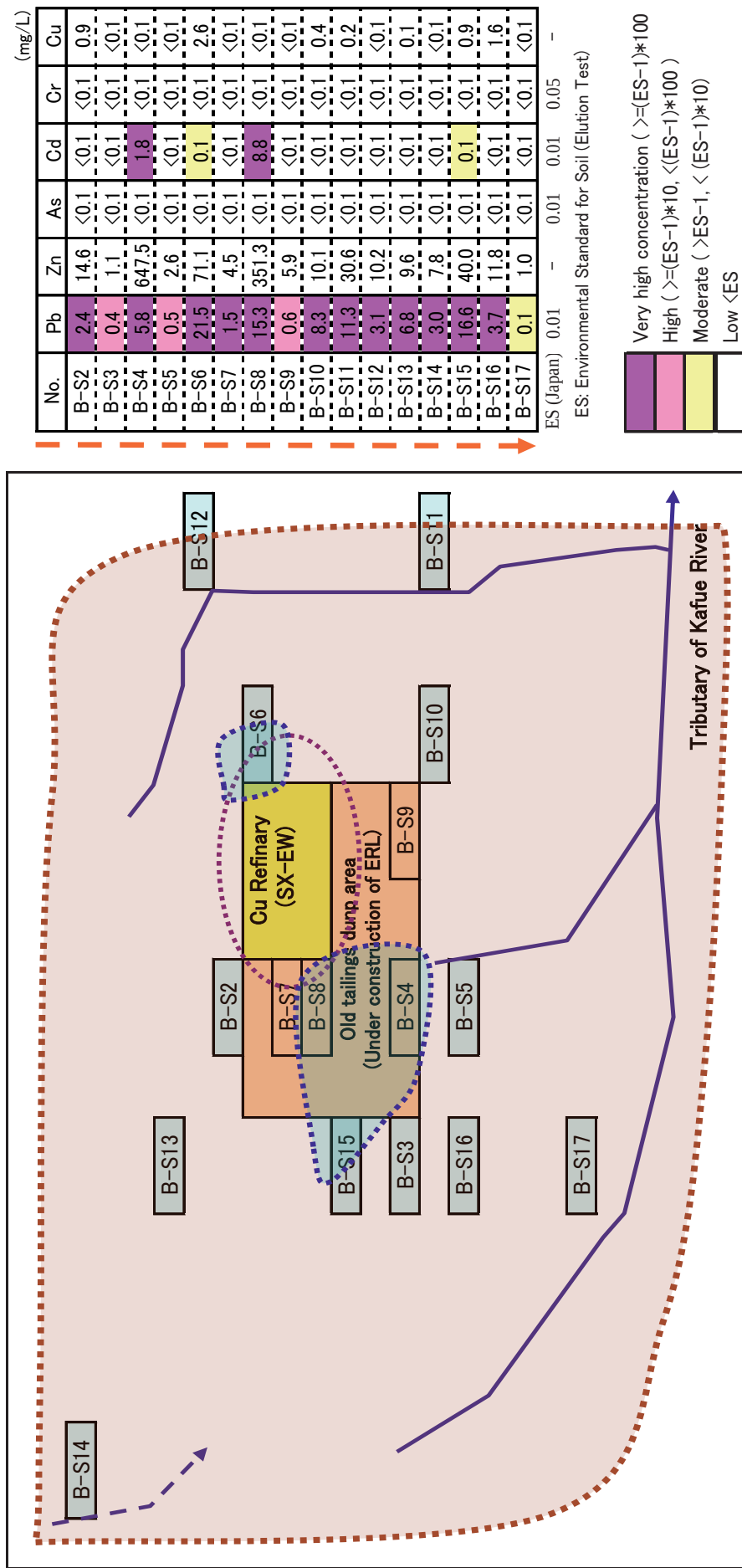


図 4.9 (3) 溶出量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル (Kabwe)

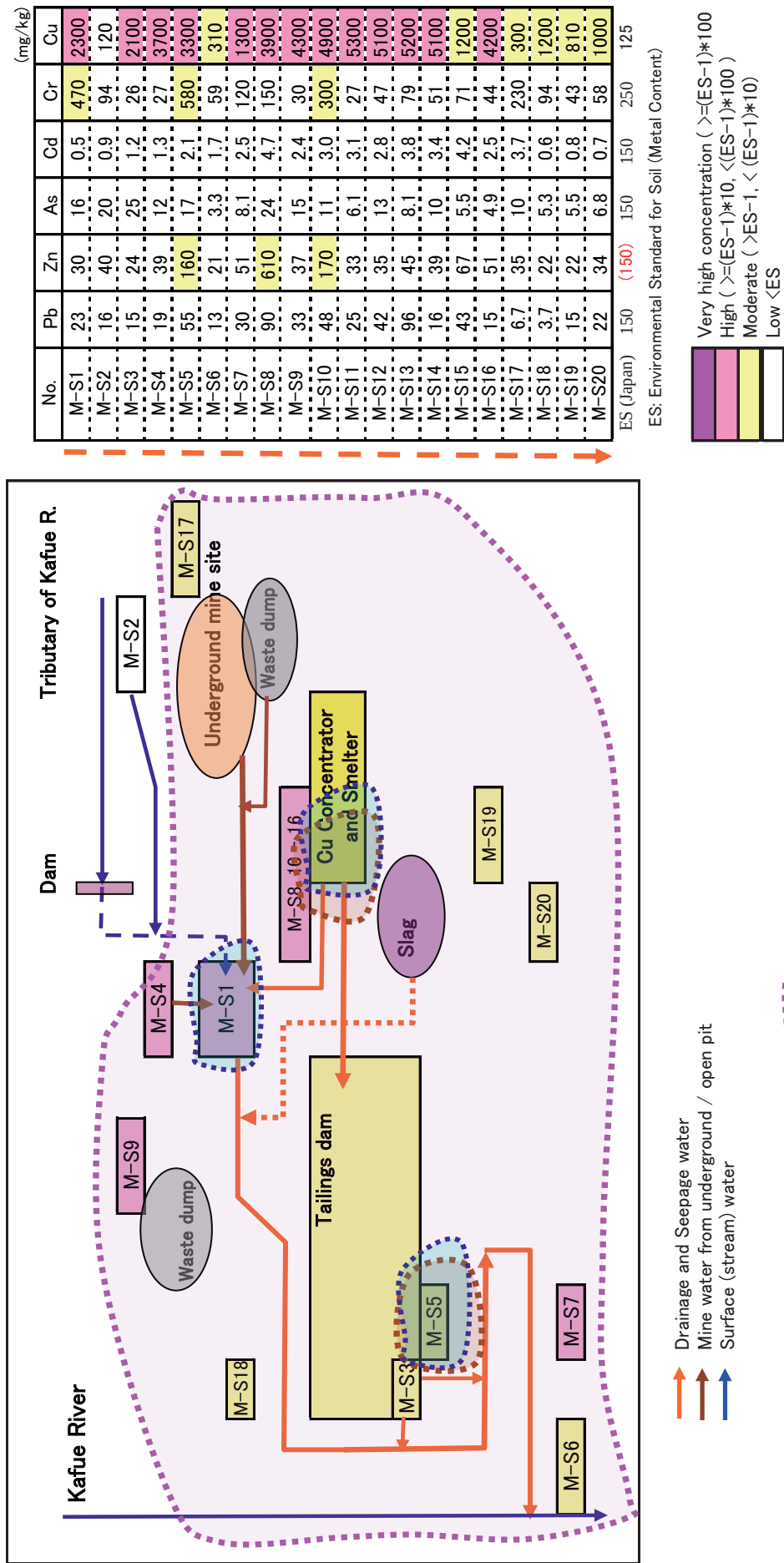


図 4.10 (1) 含有量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル

No.	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Cu
K-S1	42	97	1.7	1.7	820	4200
K-S2	15	16	1.9	1.0	92	440
K-S3	21	61	0.3	1.3	260	690
K-S4	15	17	5.0	0.6	55	2900
K-S6	46	54	24	1.8	75	9900
ES (Japan)	150	(150)	150	150	250	125

(mg/kg)

ES: Environmental Standard for Soil (Metal Content)

Very high concentration ($\geq$ (ES-1)*100)

High ($\geq$ (ES-1)*10, < (ES-1)*100)

Moderate ($\geq$ ES-1, < (ES-1)*10)

Low < ES

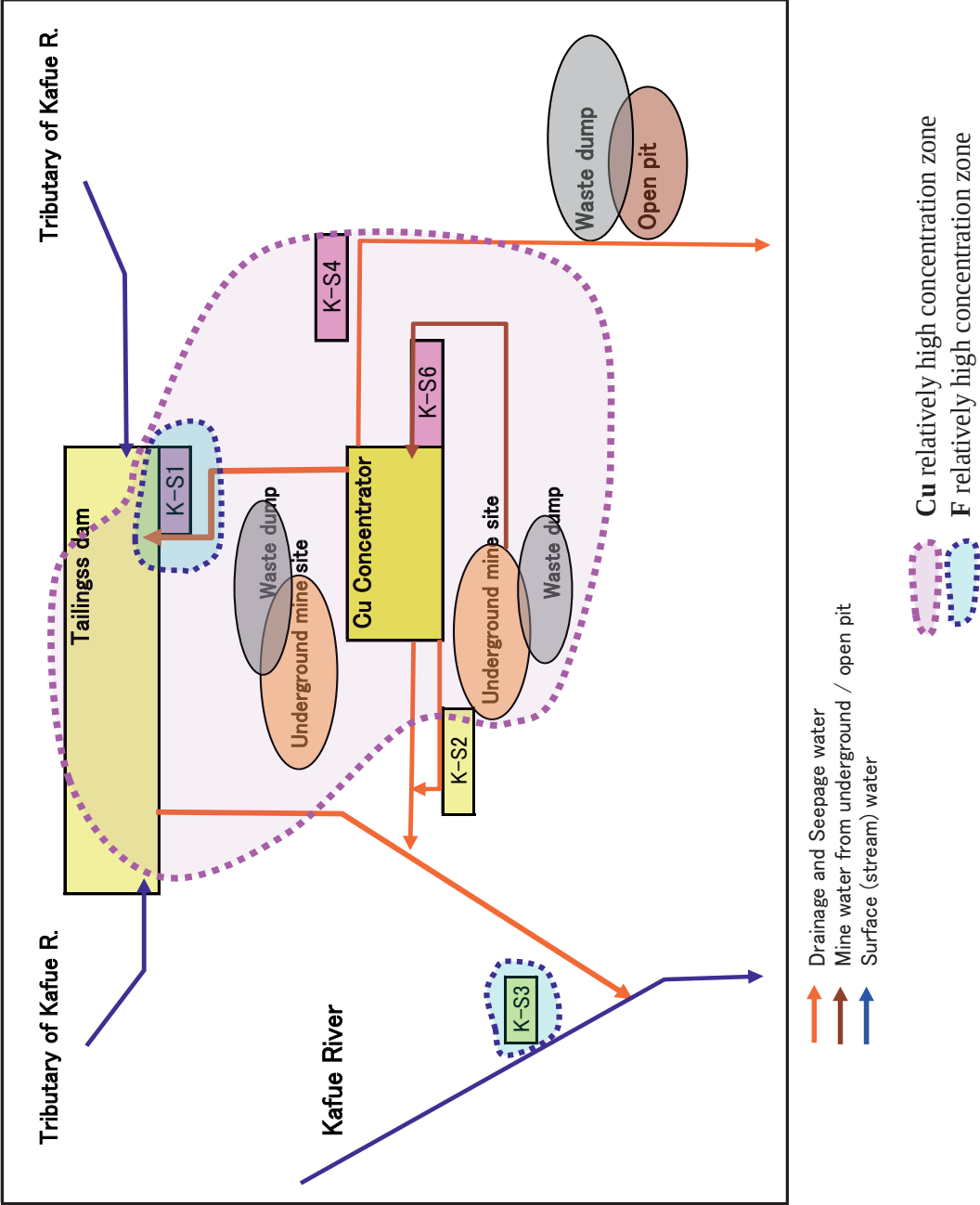
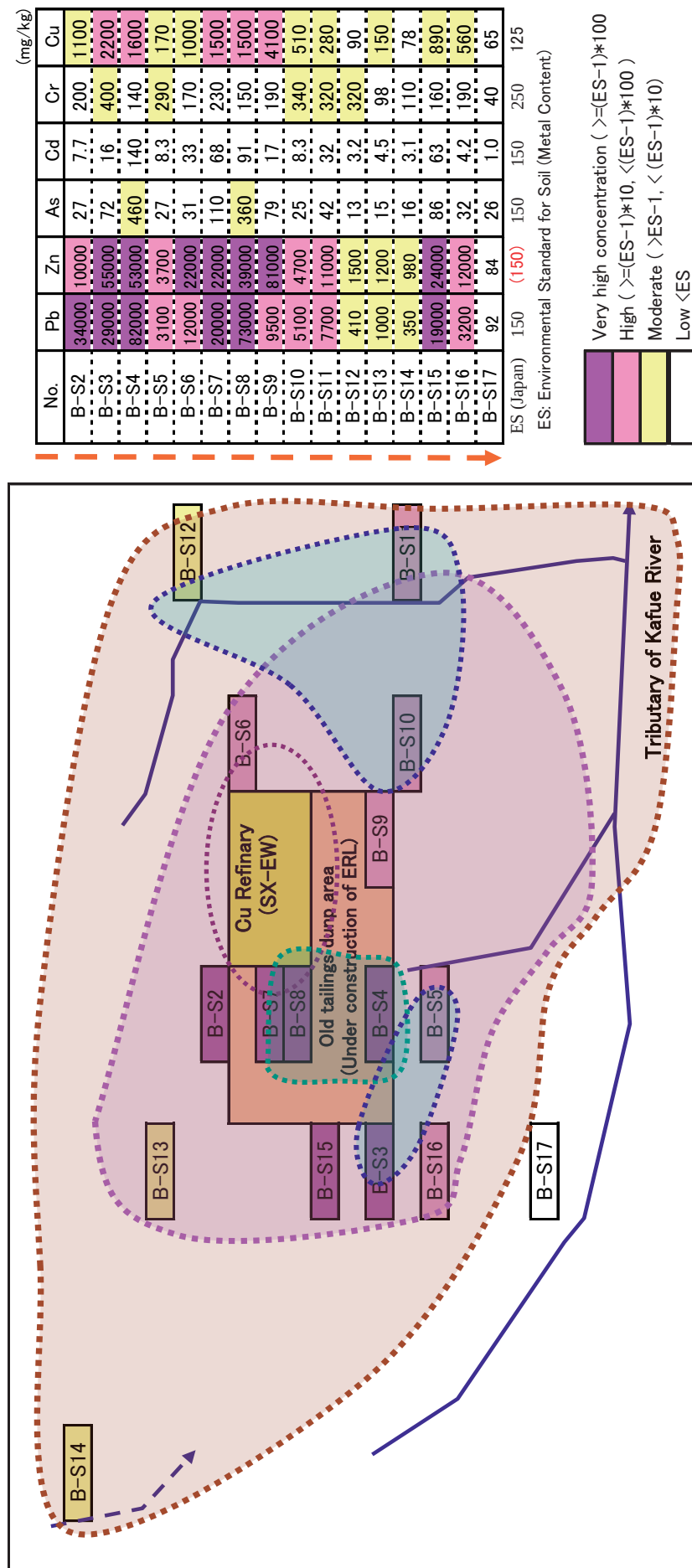


図 4.10 (2) 含有量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル



Pb and Zn relatively high concentration zone
Cu relatively high concentration zone
As relatively high concentration zone
Cr relatively high concentration zone

図 4.10 (3) 含有量分析結果に基づいた土壌汚染のポテンシャル

4.4.9 汚染対策の概要

Mopani 鉱山、Konkola 鉱山及び Kabwe 鉱山サイトにおける水・土壌の汚染対策の概要を以下に示す。

(1) 水質汚濁の対策の概要

ザンビアの“排水基準”による評価の結果、Mopani 鉱山サイトでの F 及び SO_4^{2-} の水質汚濁が認められ、Konkola 鉱山及び Kabwe 鉱山サイトでの水質汚濁は認められない。

ただし、参考として（日本の）環境基準値で評価すると、特に Kabwe 鉱山サイトでの Cd、Pb 及び Zn の水質汚濁が認められる。

a. Mopani 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

Mopani 鉱山サイトの水質汚濁は廃さい堆積場の排水中及び浸出水に限定されている。今後モニタリングを通し、年間を通して基準値を超える場合は対策を必要とする。

対策として、F の供給源の解析、その結果に基づく対策が検討される。ただし、廃さい中に含有されている場合は F を低減化させる水質処理対策が必要となる。

b. Kabwe 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

現在稼働中の Cu 精錬所敷地周辺では、排水である B-W19、地下水モニタリング孔内水である B-W10 及び B-W12 の 3 箇所では Pb、Cd 及び Zn の参考値を超えている。これらの汚染は旧 Pb-Zn 鉱山の汚染と考えられる。したがって、局所的な対策では水質汚濁は改善されないと考えられる。

汚染水の表流水への流出及び地下浸透を防止する必要がある。

- ・流出防止策： 旧鉱山サイトからの排水路を地下浸透・流出防止用の 3 面張り水路に改善する必要がある。また、土壌汚染からの溶出もあり、適切な箇所に調整池を設け、下流側への汚染された堆積物を流出させないようにする必要がある。B-W13 と B-W16 間及び B-W19 の下流側（Kafue 川支流合流前）にやや小規模な沈砂用ダムを 2 箇所設置する。
- ・地下浸透防止策： 旧廃さい堆積場が汚染源であることが認められ、旧廃さい堆積場の整形、覆土、植栽を行い、浸食防止及び雨水の浸透防止を行う必要がある。

(2) 土壌汚染の対策の概要

日本の含有量基準値を参考として評価の結果、以下の汚染状況が認められた。

Mopani 鉱山サイトでは、主に Cu の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内外に広範囲に分布している。また、Zn 及び Cr の含有量の相対的高濃度が分布するが、鉱山施設周辺と限定的である。

Konkola 鉱山サイトでは、Cu の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内に広く分布している。また、F の含有量の相対的高濃度が廃さい堆積場に限定的に分布している。

Kabwe 鉱山サイトでは、Pb の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内及びその周辺に分布している。また、Cu、As、Cr の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内に分布している。

a. Mopani 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

Mopani 鉱山サイトでは Cu が参考値を越えて高濃度であり、上流側を除き、サイト内及び下流側に広く拡散している。なお、日本の Cu の含有量基準は農作物に対する基準であることから参考であり、作物への影響を検討する必要がある。

b. Konkola 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

Konkola 鉱山サイトも Cu が参考値を越えて高濃度であり、ほぼ鉱山敷地内に拡散している。なお、日本の Cu の含有量基準は農作物に対する基準であることから参考であり、作物への影響を検討する必要がある。

c. Kabwe 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

Kabwe 鉱山サイトでは、Pb-Zn の汚染範囲は 59.6 km² と広範囲であり、特に高濃度範囲は 6.2 km² と旧鉱山サイトを超えて拡散している。Cu は、Cu 精練所内のみと局部的である。広範囲に拡散した Pb・Zn の対策は極めて困難であるが、水質汚濁対策と同様な対策が必要となる。

- ・流出防止策： 旧鉱山サイトからの排水路を地下浸透・流出防止用の 3 面張り水路に改善する必要がある。また、土壤汚染からの溶出もあり、適切な箇所に調整池を設け、下流側への汚染された堆積物を流出させないようにする必要がある。B-W13 と B-W16 間及び B-W19 の下流側（Kafue 川支流合流前）にやや小規模な沈砂用ダムを 2 箇所設置する。
- ・地下浸透防止策： 旧廃さい堆積場が汚染源であることが認められ、旧廃さい堆積場の整形、覆土、植栽を行い、浸食防止及び雨水の浸透防止を行う必要がある。
- ・地域住民へのリスク低減策として、直接曝露を低減するために運動場の整備（覆土、芝植え等）、広場（覆土）、道路の舗装等が有効と考えられる。

第5章 環境汚染・保安対策の検討及び今後の支援について

第二次現地調査の結果から得られた環境汚染及び鉱山保安の状況に基づいて、各鉱山サイトにおける環境汚染・保安対策の試案、並びに今後の支援の方向を検討する。

5.1 環境汚染・保安対策の検討

5.1.1 マラウイ

鉱山環境・保安への改善例として、Mchenga 石炭鉱山の酸性水対策及び Muzimba 貴石採掘場の保安改善を検討する。

(1) 環境汚染対策の検討

Mchenga 石炭鉱山の廃坑からの坑廃水は、pH 3.01 と強酸性を示し、簡易分析では総金属量が 5 mg/L 以上、Zn 量が 2 mg/L 以上と高い値を示した。坑廃水の湧水量は数 10 L/min 程度であったが、坑廃水の流出する谷沿いは植生が少なく、動・植物への影響が懸念され、鉱害発生のポテンシャルは高いと推定される。従って、酸性水流出の汚染源対策からなる改善が必要である。

a. Mchenga 石炭鉱山での酸性水の改善例

Mchenga 石炭鉱山の廃坑箇所の概略を図 5.1 に示す。

採掘炭層は通洞坑とほぼ水平から下位に分布していることから、採掘坑道は殆んど通洞坑レベル以下に位置している。また、当該通洞坑の下位レベルで開口している坑道は現在無いとのことである。従って、酸性水の発生は既存の坑道による炭層及び母岩中の硫黄分が酸化されて発生した硫酸による酸性化が原因と推定される。また、地下水は既に通洞坑の踏前レベルまで達していることから、坑口での空気遮断法による酸化防止・酸性水発生の抑制が有効と考えられる（図 5.2）。

また、廃坑の坑口は崩壊によって乱されていることから、坑口周辺の崩壊対策としての法面保護工、整地等及び坑口周辺の安定化、並びに坑廃水突出防止のために坑口前に防護堤（土堤の高さ：2m）を設置する必要がある。改善例を図 5.3 に示す。

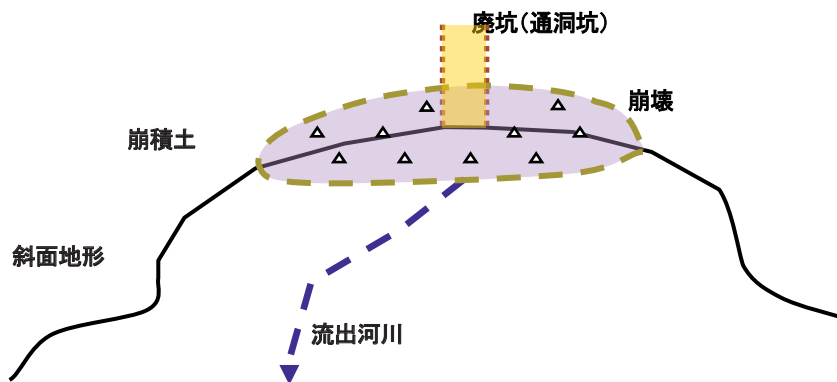


図 5.1 Mchenga 石炭鉱山の廃坑箇所

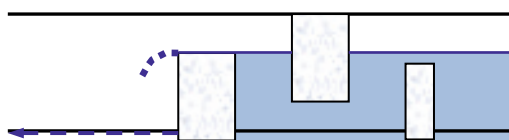


図 5.2 坑口での空気遮断法

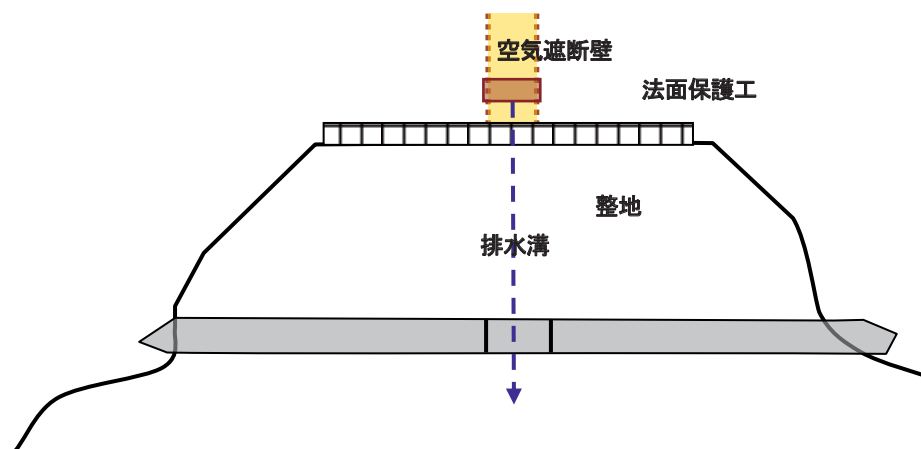


図 5.3 Mchenga 石炭鉱山の廃坑箇所の改善例

b. 排水のモニタリング

坑廃水はモニタリングにより水質を定期的にチェックし、水質が pH6～7 の中性に改善されるまでモニタリングを実施する必要がある。また、空気遮断壁により湧出水量が減少することからも水質改善が図れると推定される。

(2) 鉱山保安対策の検討

Muzimba 貴石採掘場は殆んど手堀であることから採掘深度は浅い。しかし、採掘幅が狭く、切り立っており崩壊及び転倒・転落のリスクを伴っている。保安の観点から改善すべき点が多い。当該採掘現場における改善の一例を以下に示す。

(切羽へのアクセス)

採掘現場（切羽）へのアクセスは狭く不安定であり、転倒・転落の危険がある。対策として、しっかり固定した手すり、補助ロープ等を設置する必要がある（図 5.4）。また、作業に当たっては保安帽、保護めがね、保安靴の着用等を義務付ける必要があり、その他保安教育等、多くの改善を緊急に必要としている。



図 5.4 採掘現場での安全策

5.1.2 ザンビア

ザンビアにおける鉱山環境への改善例として、第二次現地調査の対象とした Mopani 鉱山、Konkola 鉱山及び Kabwe 鉱山サイトにおける水・土壌の汚染対策の概要を以下に示す。

(1) 水質汚濁の対策の概要

ザンビアの“排水基準”による評価の結果、Mopani 鉱山サイトでの F 及び SO_4^{2-} の水質汚濁が認められ、Konkola 鉱山及び Kabwe 鉱山サイトでの水質汚濁は認められない。

ただし、参考として（日本の）環境基準値で評価すると、特に Kabwe 鉱山サイトでの Cd、Pb 及び Zn の水質汚濁が認められる。

a. Mopani 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

Mopani 鉱山サイトの水質汚濁は廃さい堆積場の排水中及び浸出水に限定されている。今後モニタリングを通し、年間を通して基準値を超える場合は対策を必要とする。

対策として、F の供給源の解析、その結果に基づく対策が検討される。ただし、廃さい中に含有されている場合は F を低減化させる水質処理対策が必要となる。

b. Kabwe 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

現在稼業中の Cu 精練所敷地周辺では、排水である B-W19、地下水モニタリング孔内水である B-W10 及び B-W12 の 3 箇所では Pb、Cd 及び Zn の参考値を超えている。これらの汚染は旧 Pb-Zn 鉱山の汚染と考えられる。したがって、局部的な対策では水質汚濁は改善されないと考えられる。

汚染水の表流水への流出及び地下浸透を防止する必要がある。

- ・流出防止策： 旧鉱山サイトからの排水路を地下浸透・流出防止用の3面張り水路に改善する必要がある。また、土壌汚染からの溶出もあり、適切な箇所に調整池を設け、下流側への汚染された堆積物を流出させないようにする必要がある。B-W13 と B-W16 間及び B-W19 の下流側（Kafue 川支流合流前）にやや小規模な沈砂用ダムを2箇所設置する。
- ・地下浸透防止策： 旧廃さい堆積場が汚染源であることが認められ、旧廃さい堆積場の整形、覆土、植栽を行い、浸食防止及び雨水の浸透防止を行う必要がある。

(2) 土壌汚染の対策の概要

日本の含有量基準値を参考として評価の結果、以下の汚染状況が認められた。

Mopani 鉱山サイトでは、主に Cu の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内外に広範囲に分布している。また、Zn 及び Cr の含有量の相対的高濃度が分布するが、鉱山施設周辺と限定的である。

Konkola 鉱山サイトでは、Cu の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内に広く分布している。また、F の含有量の相対的高濃度が廃さい堆積場に限定的に分布している。

Kabwe 鉱山サイトでは、Pb の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内及びその周辺に分布している。また、Cu、As、Cr の含有量の相対的高濃度がほぼ鉱山サイト内に分布している。

a. Mopani 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

Mopani 鉱山サイトでは Cu が参考値を越えて高濃度であり、上流側を除き、サイト内及び下流側に広く拡散している。なお、日本の Cu の含有量基準は農作物に対する基準であることから参考であり、作物への影響を検討する必要がある。

b. Konkola 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

Konkola 鉱山サイトも Cu が参考値を越えて高濃度であり、ほぼ鉱山敷地内に拡散している。なお、日本の Cu の含有量基準は農作物に対する基準であることから参考であり、作物への影響を検討する必要がある。

c. Kabwe 鉱山サイトにおける汚染対策の概要

Kabwe 鉱山サイトでは、Pb-Zn の汚染範囲は 59.6 km² と広範囲であり、特に高濃度範囲は 6.2 km² と旧鉱山サイトを越えて拡散している。Cu は、Cu 精練所内のみと局部的である。広範囲に拡散した Pb・Zn の対策は極めて困難であるが、水質汚濁対策と同様な対策が必要となる。

- ・流出防止策： 旧鉱山サイトからの排水路を地下浸透・流出防止用の3面張り水路に改善する必要がある。また、土壌汚染からの溶出もあり、適切な箇所に調整池を設け、下流側への汚染された堆積物を流出させないようにする必要がある。B-W13 と B-W16 間及び B-W19 の下流側（Kafue 川支流合流前）にやや小規模な沈砂用ダムを2箇所設置する。
- ・地下浸透防止策： 旧廃さい堆積場が汚染源であることが認められ、旧廃さい堆積場の整形、覆土、植栽を行い、浸食防止及び雨水の浸透防止を行う必要がある。
- ・地域住民へのリスク低減策として、直接曝露を低減するために運動場の整備（覆土、芝植え等）、広場（覆土）、道路の舗装等が有効と考えられる。

5.2 今後の支援について

5.2.1 鉱山環境・保安の管理に関する支援

各対象国の鉱山環境・保安の管理に関する支援の方向について以下に示す。

(1) 鉱山管理及び鉱山環境関連法規の改訂支援

- 主要該当国：マラウイ、マダガスカル
 - ・ 支援内容：改訂に関する内部委員会の立ち上げ、同委員会への参加、技術指導、改訂作業等
 - ・ 支援方法：関連省局への専門家派遣、短期研修
 - ・ 支援効果／目標：鉱山操業・休廃止に関連する義務事項や排出基準等が示され、当該関係者の各々の責任が明確化される。
 - ・ 支援期間：2～3 年

(2) 鉱山環境・EIA・保安に関する監査・モニタリング方法の確立への支援 ーその 1

- 主要該当国：アンゴラ、ザンビア、マラウイ、ボツワナ、ジンバブエ、モザンビーク、マダガスカル
 - ・ 支援内容：方法に関する手順書作成のためのワークグループの立ち上げ、同グループミーティングへの参加、技術指導、手順書作成作業、鉱山監査・モニタリングへの参加等
 - ・ 支援方法：関連省局への専門家派遣、短期研修
 - ・ 支援効果／目標：操業・休廃止鉱山の監督、モニタリングによる対応策の検討等、関係者による管理方法が明確化される。
 - ・ 支援期間：2～3 年

(3) 鉱山環境・EIA・保安に関する監査・モニタリング方法の確立への支援ーその 2

- 主要該当国：ザンビア
 - ・ 支援内容：鉱山環境・保安センターの設立、同センターの初期運営、運営のフォローアップ
 - ・ 支援方法：技術協力、有償資金協力、科学技術協力、専門家派遣
 - ・ 支援効果／目標：当該国を含む南アフリカ地域での持続的開発に向けた拠点、アンテナ、プロジェクトモデルになる。地域の懸念サイトの汚染対策・防止プロジェクトを監査・モニタリングできる。
 - ・ 支援期間：6～7 年

(4) 短期・長期研修への支援

- 主要該当国：基本的には 8 カ国（アンゴラ、ザンビア、マラウイ、ボツワナ、ジンバブエ、モザンビーク、南アフリカ、マダガスカル）
 - ・ 支援（研修）内容：日本において、持続可能な鉱物資源開発管理、環境に配慮した効率的資源開発・利用に関する研修、関連個別研修における技術取得、国内関連地での視察、鉱山環境分野（水、土壌、大気等）や鉱石処理分野（採掘、選鉱、製錬等）における研究
 - ・ 視察地：稼業金属鉱山（例：菱刈 Au）、地熱発電所（例：大沼）、製錬所（例：直島 Cu、日向 Ni）、休廃止鉱山施設（例：松尾 S、妙法 Cu）、リサイクル（例：小坂）、鉱山

- ・ 跡利用施設（例：佐渡 Au、足尾 Cu）、鉱害対策施設（例：渡良瀬遊水地）
- ・ 支援方法：JICA を通じた個別分野（鉱業分野、環境管理分野）研修への参加、METI/JOGMEC による探鉱・環境保全セミナー等への参加、上記視察関連企業での短講義、ABE イニシアティブによる研究留学
- ・ 支援期間：2～3 年
- ・ 支援効果：関連分野に関する基礎・応用知識の蓄積

5.2.2 第二次現地調査サイトへの支援

第二次現地調査で得られた知見に基づいて、各対象国・サイトにおける今後の支援の方向を以下に示す。

(1) マラウイ

マラウイにおける chenga 石炭鉱山、Kaziwiziwi 石炭鉱山、Mzumba 等貴石小規模採掘地及び国内建材小規模採掘地（図 5. 5）について支援の方向を以下に示す。

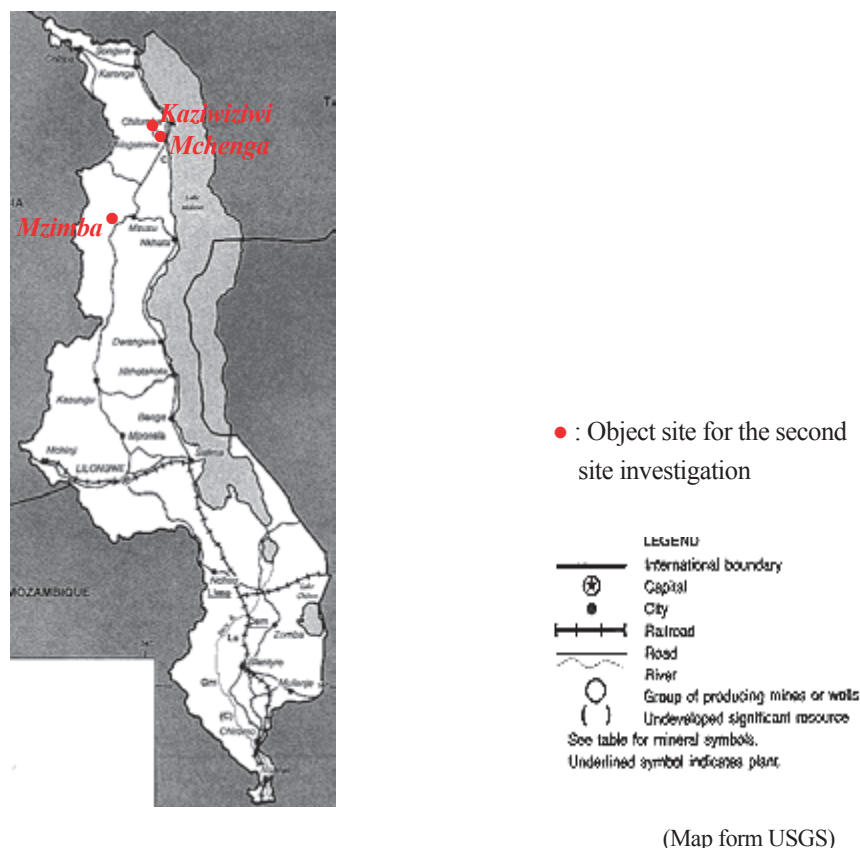


図 5.5 マラウイにおける鉱山環境・保安に関する支援

a. Mchenga 石炭鉱山

- 懸念点（鉱山環境）：廃止坑から沢筋に酸性坑廃水が流出している。また廃止坑地表上部には崩落が認められ、特に豪雨時の酸性水と土砂の大規模な突出が懸念される。
- ・ 支援内容：酸性坑廃水の直接流出と崩落を改善する対策工事
- ・ 対策内容：旧坑口周辺の排水路や防護堤の設置、法面保護工、整地・安定化工、等

- ・ 支援効果／目標：現状での懸念事項の改善と今後の管理が可能になる。
- ・ 支援方法：技術協力、有償資金協力
- ・ 支援期間：2～3 年
- 懸念点（保安）：坑内が狭く、ベルトコンベアと通路との空間が確保されていない場所がある。そのため引き込まれ事故等が発生し易い状況にある。また天盤は比較的安定しているとはいえ、矢板を設置せずに裸岩の個所が大半である。そのため落盤の発生し易い状況にある。
- ・ 支援内容：坑内空間利用や落盤危険防止に関する技術指導、坑内空間利用や落盤防止に関する対策工事
- ・ 対策内容：坑内空間レイアウト設計、支柱・矢板等の設置工事等
- ・ 支援効果／目標：鉱山側の予算が無いところ、災害防止への直接支援になる。
- ・ 支援方法：技術協力、有償資金協力
- ・ 支援期間：2～3 年

b. Kaziwiziwi 石炭鉱山

- 懸念点（鉱山環境）：選炭・洗炭施設からの排水中には石炭粒子が混在しており、同排水は一旦堆積池で滞留させ、廃さいのみ同堆積池に沈殿させている。この堆積池の排水と廃さいは豪雨時にオーバーフローすることがあり、排水の直接河川への流出が懸念される。
- ・ 支援内容：堆積池からの排水と廃さいのオーバーフロー防止に関する対策工事
- ・ 対策内容：堆積池の護岸工事、堆積池に関連する排水路の新設工事等
- ・ 支援効果／目標：現状での懸念事項の改善と今後の管理が可能になる。
- ・ 支援方法：技術協力、有償資金協力
- ・ 支援期間：2～3 年

c. Mzumba 等貴石小規模採掘地

- 懸念点（保安）：採掘は坑内掘りではないものの、地表をためき掘りの状況で手掘りしており、採掘地の形状はトレンチ状になる。場合により採掘地の深さは十数 m に達する。またトレンチ状の採掘地は雨季には水の溜まる場合があり、そこでは深い池となる。作業者は採掘地付近の集落から雇用された者が大半であり、彼らは安全具などを持たないため危険である。
- ・ 支援内容：保安具着用や防護柵設置等の保安指導
- ・ 支援効果／目標：保安状況が改善される。
- ・ 支援方法：技術協力
- ・ 支援期間：1～2 年

d. 国内建材小規模採掘地

- 懸念点（鉱山環境及び保安）：建材採掘地においては、採掘切羽や貯材ヤードからの粉じんが周辺住民からの苦情としてたびたび寄せられるとともに、従業員の健康を害することが懸念される。加えて安全具や防護柵の不備等が散見される。
- ・ 支援内容：粉じんの拡散防止策及び健康指導、保安具着用や防護柵設置等の保安指導
- ・ 支援効果／目標：労働・保安環境が改善される。
- ・ 支援方法：技術協力
- ・ 支援期間：1～2 年

(2) ザンビア

ザンビアにおける Kabwe 休廃止亜鉛・鉛鉱山、Mopani 銅鉱山及び Konkola 銅鉱山（図 5.6）について支援の方向を以下に示す。

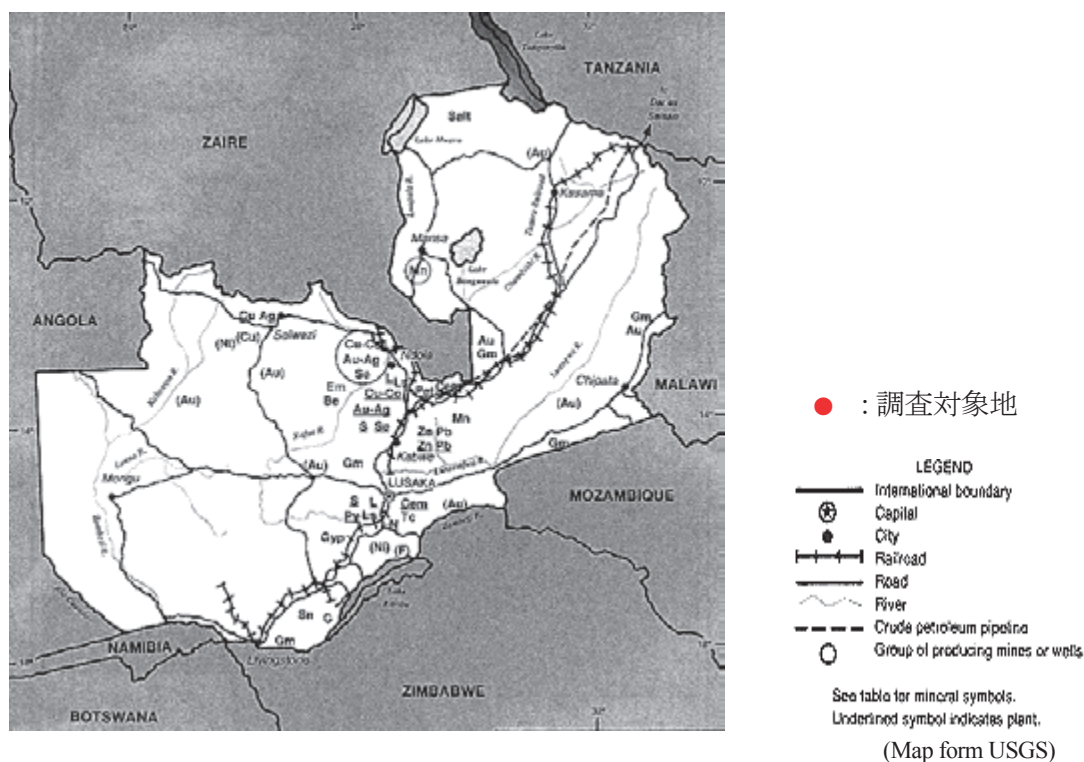


図 5.6 ザンビアにおける鉱山環境・保安に関する支援

a. Kabwe 休廃止亜鉛・鉛鉱山

- 懸念点(鉱山環境): 鉱山施設周辺の河川／排水路の水や周辺土壌中の金属等含有量が高い。また一部の報告では同鉱山周辺の小学生の血中濃度が高いと言われている。水や土壌は周辺住民、放牧中の牛、作物などへ利用していることなどから、同利用への影響が懸念される。
- ・ 支援内容: 汚染メカニズムと鉱害内容を明確にするためのスタディ、汚染対策方法及び今後の管理方法に関するマスタープラン作成、マスタープランに基づく復旧工事
- ・ 対策内容: 旧尾鉱・廃さい堆積場内の整地、同地の植栽、排水路の建設、沈殿・堆積ダムの建設 (2 か所)、防護柵の設置、等
- ・ 支援効果／目標: 現状での汚染改善と今後の管理が可能になる。
- ・ 支援方法: 技術協力、有償資金協力、科学技術協力
- ・ 支援期間: 4～5 年

b. Mopani 銅鉱山

- 懸念点(鉱山環境): 鉱山施設周辺の河川／排水路の水や周辺土壌中の金属等含有量が高い。同水や土壌は周辺住民、放牧中の牛、作物などへ利用していることなどから、同利用への影響が懸念される。
- ・ 支援内容: 懸念される汚染メカニズムと同対策方法の検討、検討に基づく改修工事
- ・ 対策内容: 鉱山内外の排水路及び尾鉱ダム周辺排水路の改修及び新設、等
- ・ 支援効果／目標: 現状での懸念事項の改善と今後の管理が可能になる。
- ・ 支援方法: 技術協力、有償資金協力、科学技術協力
- ・ 支援期間: 4～5 年

c. Konkola 銅鉱山

- 懸念点（鉱山環境）：尾鉱ダム周辺地下水において pH がやや低く金属等含有量がやや高い。同水は周辺住民や作物などへ利用していることなどから、同利用への影響が懸念される。
 - ・ 支援内容：懸念される汚染メカニズムと対策方法の検討、検討に基づく改修工事
 - ・ 対策内容：鉱山内外の排水路及び尾鉱ダム周辺排水路の改修及び新設、等
 - ・ 支援効果／目標：現状での懸念事項の改善と今後の管理が可能になる。
 - ・ 支援方法：技術協力、有償資金協力、科学技術協力
 - ・ 支援期間：4～5 年

第6章 結論及び提言

6.1 結 論

本調査の結論を以下に示す。

(調査概要)

- ・本調査は、アフリカ地域各国の鉱山環境・鉱山保安に関して ① 現状及びデータの収集・整理、② 対象国にて活用可能な本邦企業・機関が有する技術の優位性に関する情報の収集・整理及び ③ キャパシティ・デベロップメント (CD) や人材育成 (長期研修) に係る対象国の関連機関の要望に関する調査を実施し、その結果を踏まえアフリカ地域における開発途上国の状況に即した持続的かつ環境に配慮した鉱山開発のための JICA における支援内容の検討に必要な指針を得ることを目的とする。
- ・本調査の対象国は、ザンビア、モザンビーク、南アフリカ、マラウイ、ボツワナ、マダガスカル、ジンバブエ及びアンゴラ の8カ国からなる。
- ・本調査は、国内準備作業、第一次現地調査、国内作業、第二次現地調査及び帰国後整理作業の5段階からなる。
- ・第一次現地調査は、2013/11/10～2013/12/8 の1ヶ月間とフォローアップとして2014/2/19～2014/2/28 の10日間で実施し、各国の鉱山環境・保安に係る情報収集、セミナーの開催、人材育成に係る対象国関係機関の要望を確認した。
- ・第一次現地調査後の国内作業では、第一次現地調査までに収集した情報等に基づき、第二次現地調査地としてマラウイとザンビアを選定した。このうちマラウイにおける踏査地点は石炭鉱山3か所と小規模採掘地 (貴石) 2か所、ザンビアは銅ベルトの銅鉱山2か所、休廃止亜鉛・鉛鉱山1か所、計8か所とした。
- ・第二次現地調査は、2014/1/19～2014/2/18 の1ヶ月間で実施し、① 環境調査、② 土壌サンプリング・分析、③ 水サンプリング・分析、④ 簡易測量、⑤ 各鉱害サイトにおける鉱害発生場所、規模、種類等の確認、周辺環境の状況、問題点の整理、鉱害防止対策の検討、並びに対象国の鉱山環境・保安の状況の調査を行った。
- ・帰国後整理作業は第二次現地調査後に実施し、全ての情報を取りまとめたうえ、対象国の課題を抽出、今後への提言をまとめた。

以下、第一次現地調査及び第二次現地調査における各国の状況を取り纏めた。

(鉱山管理及び鉱山環境関連法規)

- ・各国共1990年～2000年代に鉱業法を新たに制定し、探鉱及び鉱山開発の促進と共に環境社会を配慮した持続可能な開発を目指している。
- ・鉱業政策も金、ダイヤモンド等の特定の鉱種のみ依存せず、ベースメタル、レアアース、石油・天然ガス・石炭等のエネルギー資源を含む多種類の鉱物資源探査へシフトしている。
- ・鉱山開発に伴うインフラ整備が課題となっている国・地域が多く、探鉱に必要な外資の導入等への課題となっている。

（鉱業の状況及び同ポテンシャル）

- ・南アフリカ、ジンバブエ、ザンビアでは多鉱種の資源の開発が歴史的にも長期に亘って行われている。
- ・その他の国では比較的新規の鉱物資源開発であるが、ポテンシャルが高く今後の探鉱・鉱山開発の促進が期待されている。特に、ザンビア・コンゴに跨る銅ベルトの南西側延長部であるアンゴラ及びボツワナ（カラハリ・銅ベルト）では、探鉱が活発に行われ、いくつかの銅鉱床が既に開発に達している状況である。

（環境政策及び環境状況）

- ・各国とも環境法規が整備されており、環境法、環境保護法等を含む基本法が制定されている。また、環境影響評価（EIA）が基本法内に規定され、環境省はその業務を担っている。
- ・探鉱及び鉱山開発に伴う EIA の評価では、各国ともその専門項目について鉱山関連省に委託している。なお、鉱山に関する EIA の評価について担当者の経験が不足していることから、長期的な人材育成計画の策定・実施を検討する必要がある。
- ・環境管理計画、モニタリング等環境保護について、プロジェクト実施者にその履行を（鉱業法からも）義務付けているが、閉山については明確な（閉山）計画の実施義務付けがされていない国が殆どである。また、全国的なモニタリング実施体制の整備がほとんど行われていないことから全国的あるいは重要拠点（都市部、ホットスポット等）の環境状況が把握できていない。
- ・大気質、水質、土壌質、騒音・振動等の環境基準は、すでに設定されている国もあるが、設定されていない項目も認められ、環境評価のためにも早急に整備する必要がある。

（鉱害の発生、同ポテンシャル及び鉱害対策等の状況）

- ・アンゴラ、マラウイ、モザンビーク、マダガスカルでは、ベースメタル等の硫化物鉱床の鉱山開発が少ないことから鉱害の発生が認められないが、鉱害のポテンシャルは有していると言える。
- ・その他の国では、廃水、排ガスによる鉱害の発生が認められており、周辺環境への影響も懸念されている。しかし、鉱害の状況、被害の調査等はやや不十分であり、環境対策も十分行われていない状況である。
- ・モニタリングによる環境状況の把握、必要な環境対策の策定・実施のための技術ガイドライン等の整備も必要である。

（化学分析）

- ・アンゴラ、モザンビーク、マダガスカルでは環境・鉱山関連省庁下の分析所は設置されていない、現在設置の予定である。その他の国は主に地質調査所（院）または環境省内に設置されている。
- ・分析の精度及び分析項目は、環境系では環境分析（環境分析レベル及び環境項目）を目的としているが、地質調査系の分析所では主に鉱石レベル・地化学分析レベル及び無機物を対象としている。
- ・ジンバブエでは、分析所でモニタリング調査を実施し、現在モニタリング調査結果のデータベースの構築化が予定されている。

（鉱山保安の状況）

- ・鉱山・製錬所での災害・事故件数の統計は、ボツワナ、ジンバブエで入手されている。その

他の国では、鉱山保安の統計が得られていない。

- ・ 鉱山保安について、各国とも担当省庁からの指導・命令等を行っているが、保安上の訓練等は実施していない。しかし、ジンバブエでは鉱山会議所が保安に関する技術研修を定期的の実施している。

(人材育成及び技術研修の要望)

- ・ 各国とも特に人材育成の計画はない。
- ・ 各国の関連省庁からの JICA への技術研修の要望は、多分野多人数及び長～短期間に亘っている。

6.2 提 言

本調査により得られた鉱山環境・保安に係る情報や各国の現状での課題に基づき、対象 8 カ国への支援として考えられる事項や、第二次現地調査においてザンビア及びマラウィで対象にした鉱山の改善・対策案については、第 5 章に記述した。

現地における関連情報収集により、対象各国の鉱業セクターの状況は、①資源国もしくは資源開発が比較的に進んでいる国（南アフリカ、アンゴラ、ボツワナ、ザンビア、ジンバブエ）、②資源開発途上国（マラウィ、マダガスカル）、③資源開発途上国から資源国へと移行しつつある国（モザンビーク）として分けて捉えられる。この中で対象国①は、鉱山環境・保安上の懸念や課題がハード面を含めて具体的であり、その対策が急務である。その一方で②と③の対象国は、懸念や課題の解決が急務ではないものの、将来的に資源開発が進んだ場合に備えて、法令や人材育成等のソフト面の改善・対策が必要である。また②とされたマダガスカルに関しては、近年 Amvato Ny Nickel 鉱山や Mandena チタン鉱山にメジャー企業が参入しているものの、鉱山環境・保安に関する規制側の現状は定まっておらず、③のように資源開発途上国から資源国へと移行しつつあるというよりも、②の資源開発途上国として位置づけられる。

以上のような各国の状況を考慮したうえ、第二次現地調査による鉱山サイト調査や第 5 章で検討された支援案に基づき提言されるプログラム案は、次のとおりまとめられる。

(ザンビア)

プログラム：Kabwe 亜鉛・鉛鉱山（休廃止）周辺における汚染対策工事

- ・ 対策に係る状況：旧鉱山内外の土壌・水に含まれる亜鉛・鉛等の濃度が高い。旧鉱山で利用されていた尾鉱・廃さい堆積場は当時の状態のままで残置されており、浸食や風の影響などで容易に下流側に流出してしまう。現状で旧鉱山内外や下流側に沿って土壌・水中の亜鉛・鉛等の濃度が高いため、すでに拡散している可能性が高い。加えて同地には柵等が設けられていないため、外部からの出入りも容易に可能である。旧鉱山周辺の廃水に関しては、下流側において住民が生活用水として利用している。対策に係る対象範囲は約 2km×2km である。
- ・ 対策の内容：旧堆積場の整地と植栽、同地から下流にかけての排水路の設置、下流側の沈殿・堆積ダムの建設、旧堆積場の防護柵、等の対策工事が必要である。対策により現状の高濃度土壌や排水を直接的に外部に流出させないことで、汚染の拡大が緩和される。またその後も汚染源の管理が可能になる。これら対策工事を行う場合、工事規模が大

小総合的になる。そのため工事は段階的に進める必要がある。この際、最も規模の大きな工事は沈殿・堆積ダムの建設であり、同建設を中心にした対策計画が必要である。想定される工事期間は、ダム建設で4～5年、排水路の設置で2～3年、その他で1～2年である。金額規模は工事全体で十数億円が予想され、このうちダム建設で数億～十億円、排水路の設置で数億円、その他で数千万～数億円である。

また、対策工事計画の事前には汚染メカニズムの解明が必要である。解析ではボーリングによる土壌・水質調査、地下水流動シミュレーション等を行い、調査・解析期間は2年程度、金額規模は数千万円程度が予想される。

- ・ 対策に伴う研修の実施：日本の休廃止鉱山において、坑廃水処理状況の視察と同視察に伴う研修を行う。これにより研修者は対策方法とその後の管理・モニタリング方法を学ぶことが出来る。また研修時には、研修対象とした休廃止鉱山で実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の实地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。

このほか視察先として、鉱山跡利用施設（例：佐渡 Au、足尾 Cu）、鉱害対策施設（例：渡良瀬遊水地）なども加え、研修者の鉱山閉山に関する知識を深めることとする。

プログラム：銅ベルト Mopani 及び Konkola 鉱山等における鉱山施設排水改善工事

- ・ 改善に係る状況：これら鉱山施設周辺の河川／排水路の水や周辺土壌中には、一部金属等の含有量が高いことが確認された。またいずれの鉱山においても尾鉱ダムから seepage が存在しているが、そのままの状態では排出され河川に流出している。このうち Konkola 鉱山の尾鉱ダム周辺の水井戸の水質はやや酸性で、同水は付近の住民も生活水として利用している。対策に係る対象範囲は約 2km×2km である。
- ・ 改善の内容：鉱山内外の排水路及び尾鉱ダム周辺排水路の改修及び新設が必要である。また改修工事計画の事前には、特に尾鉱周辺における地下水流動等の解析も必要である。
これら改善工事のうち、鉱山内外や尾鉱ダム周辺の排水路の改修の工事期間は2年程度、新設は3～4年が想定される。金額規模は各鉱山での改修工事で数億～数千万円、新設で数億円である。
地下水流動解析ではボーリングによる土壌・水質調査、地下水流動シミュレーション等を行い、調査・解析期間は2年程度、金額規模は各鉱山で数千万円程度が予想される。
- ・ 改善に伴う研修の実施：日本の休廃止鉱山において、坑廃水処理状況の視察と同視察に伴う研修を行う。これにより研修者は対策方法とその後の管理・モニタリング方法を学ぶことが出来る。また研修時には、研修対象とした休廃止鉱山で実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の实地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。
このほか視察先として、鉱山跡利用施設（例：佐渡 Au、足尾 Cu）、鉱害対策施設（例：渡良瀬遊水地）なども加え、研修者の鉱山閉山に関する知識を深めることとする。

プログラム：鉱山環境汚染対策工事に係る国別研修の実施

- ・ 研修に係る背景：当国での鉱山開発は非常に活発であるが、開発に係る鉱山環境上の改善や

対策についての懸念は理解されているものの、具体的な改善や対策工事については多く進んでいないのが現状である。たとえば Kabwe 休廃止亜鉛・鉛鉱山では、対策に係る計画は成されているものの、同対策工事は未だに成されていない。

このような状況から、当国の関係者が改善・対策工事と管理・運営に係る研修受講することは、今後の持続的開発において役立つものである。

- ・ 研修内容：日本の休廃止鉱山において、坑廃水处理状況の視察と同視察に伴う研修を行う。これにより研修者は対策方法とその後の管理・モニタリング方法を学ぶことが出来る。また研修時には、研修対象とした休廃止鉱山で実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の实地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。

このほか視察先として、鉱山跡利用施設（例：佐渡 Au、足尾 Cu）、鉱害対策施設（例：渡良瀬遊水地）なども加え、研修者の鉱山閉山に関する知識を深めることとする。

（マラウイ）

プログラム：Mchenga 石炭鉱山における汚染対策指導及び対策工事

- ・ 対策に係る状況：鉱山内の廃止坑から沢筋の下流側にかけて、酸性坑廃水が流出している。また同廃止坑の地表上部には崩落が認められる。そのため特に豪雨時に酸性水と土砂の大規模な突出が懸念される。同水系の下流には集落があることから、突出の場合、災害になる可能性がある。対策に係る対象範囲は数 100m×数 100m である。
- ・ 対策の内容：対策として同地点の酸性坑廃水の直接流出と崩落を改善する対策工事が必要である。工事内容としては、旧坑口周辺の排水路や防護堤の設置、法面保護工、整地・安定化工、等である。指導では対策工事を行いつつ、関係者へと対策方法と工事管理方法などを指導する。

対策工事を行う場合、坑廃水の流出と土砂崩落防止の両方を共に行う必要がある。同対策工事に係る期間は 2 年～3 年、金額は一億円程度予想される。
- ・ 対策に伴う研修の実施：日本の休廃止鉱山において、坑廃水处理状況の視察と同視察に伴う研修を行う。これにより研修者は対策方法とその後の管理・モニタリング方法を学ぶことが出来る。また研修時には、研修対象とした休廃止鉱山で実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の实地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。

プログラム：Mchenga 石炭鉱山における保安改善指導及び改善工事

- ・ 改善に係る状況：同鉱山の坑内は 3m×2.5m であるが、場所によりさらに狭くなる。また坑内では場所によりベルトコンベアを利用しているが、同コンベアと通路との空間が確保されていない場所がある。そのため引き込まれ事故等が発生し易い状況にある。また天盤は比較的安定しているとはいえ、矢板を設置せずに裸岩の個所が大半である。そのため落盤の発生し易い状況にある。これまでも落盤事故が発生している。対策に要する範囲は主要坑道と鉱山施設全体である。
- ・ 改善の内容：改善する内容は、坑内空間利用や落盤危険防止に関する技術指導、坑内空間利用や落盤防止に関する対策工事であり、坑内空間レイアウト設計や支柱・矢板等の設

置工事等を行う必要がある。指導では改善工事を行いつつ、関係者へと改善方法と工事管理方法などを指導する。

改善工事を行う場合、工事に係る期間は2年～3年、金額は数千～一億円程度予想される。

- ・改善に伴う研修の実施：研修はリロングウェもしくはサイトで行い、日本から石炭鉱山系のエンジニアを講師として派遣する。これにより、採掘も含めて保安技術の高度化に関する知識や管理方法を学ぶこととする。

（マダガスカル）

プログラム：鉱山環境・保安の監査・モニタリング技術の習得

- ・技術の習得に係る状況：同国では、鉱山内外の環境・保安に係る法令が現状に即していないことや（規制に関して独自の排出基準等が無いなど）、法令等遵守に係る監査・モニタリング方法がマニュアル化されていない状況である。そのため鉱山環境・保安上重要な許認可作業において、特に対象が近年操業を開始した比較的規模の大きな鉱山や鉱山施設において、監督者側の判断は一貫性のない状況になっている。
- ・技術習得の内容：習得は日本での研修として行う。研修内容は、鉱山環境・保安の基礎、監査・モニタリングに係る環境・保安基準、監査・モニタリングの方法と手順を学ぶこととする。また同時に、日本の休廃止鉱山における坑廃水処理状況の視察も行い、実際に行っている水質等モニタリングも経験させることとする。休廃止鉱山の实地研修場所としては、休廃止松尾鉱山（S）や休廃止妙法鉱山（Cu）等が考えられる。

このほか視察先として稼業金属鉱山（例：菱刈 Au）や製錬所（例：直島 Cu、日向 Ni）なども加え、研修者の鉱山施設に対する知識を深めることとする。

プログラム：鉱山環境・保安関連法規の改訂支援

- ・改訂に係る状況：上述したように、同国では鉱山内外の環境・保安に係る法令が現状に即していないことや（規制に関して独自の排出基準等が無いなど）、法令等遵守に係る監査・モニタリング方法がマニュアル化されていない状況である。そのため鉱山環境・保安上重要な許認可作業において、特に対象が近年操業を開始した比較的規模の大きな鉱山や鉱山施設において、監督者側の判断は一貫性のない状況になっている。監督側の鉱山省や環境省はこれらの点を認識しており、特に鉱山局においては、関連する法規や手順のアップグレードに関する要望が大きい。
- ・支援内容：支援では現行の鉱業及び環境関連法規の見直し、監査・モニタリングに係る手順書の作成を支援する。支援にあたっては、閉山後の管理も考慮した法規の見直し、現在利用している関連基準の見直し、近年操業を開始した規模の大きな鉱山における現状の監査・モニタリングの内容や手順のアップグレード、などを含める。