

5 ASM 対策

5.1 調査概要

本プロジェクトにおける ASM の対象は、マラウイ北部に分布する複数の石炭鉱山と中部の Linthipe に賦存する陶製用粘土（カオリナイト）である。これらの ASM の現地視察を実施して、環境・保安技術面の改善および資源利用方法などについて助言し、支援を行う。また、マラウイ国の ASM 政策をレビューする。

2014 年の第 2 次現地業務において Linthipe の陶製用粘土と Livingstonia 地域の 3 つの石炭鉱山、および、2015 年の第 4 次現地業務において Karonga 地域の 2 つの石炭鉱山に対して現地視察を実施した。調査サイトの概要と位置を表 5-1 および図 5-1 に示す。現地調査時に使用した鉱山保安に係るチェックリストを表 5-2 に示す。各サイトでの調査結果を個別に 5.2～5.7 節に示す。

また、Karonka 地域で視察した Nkhachira 炭鉱を操業する MALCOAL Mining 社のリロングウェ事務所を表敬し、情報交換を行った（5.8 節）。

さらに、2014 年 11 月 11 日と 12 日に世銀等が主催する ASM の政策等に係るシンポジウムが Lilongwe にて開催され、出席の機会を得たので、この概要についても併せて 5.9 節に示す。もともとは JICA マラウイ事務所に招待状が送付されていたが、第 1 回 JCC の際にマラウイ側関係者から出席を要望されたこともあり、調査団の小沼、津田および百瀬が出席した。

(1) カオリナイト

製陶に適したカオリナイト質粘土はマラウイ中南部の Dedza および Ntcheu 地域に存在する。粘土鉱床は変斜長岩が風化して形成されたもので、地表土壌下に厚さ 1～2m で数 km²の面積で分布する。

GSD は Linthipe に陶製用のカオリナイトの鉱区を所持しており、Linthipe Ceramic Station（事務所と製陶場）を設置している。2014 年 10 月下旬にこれらの施設とカオリナイト採掘地を訪問して、カオリナイトの利用状況や資源賦存状況等について現地視察を行い、付加価値向上のための利用方法の検討を行った。

Dedza に製陶工場と販売店舗を所有する Paragon Ceramics 社は GSD に隣接する鉱区を所有する。

(2) 石炭

マラウイ北部および南端部には中生代～古生代のカルー系およびポストカルー系の堆積岩類中に石炭鉱床が賦存する。北部の Livingstonia から Karonga 地域にかけては、幾つかの小規模な炭鉱が操業している。

2014 年 11 月上旬に、Livingstonia 地域で操業している 3 つの坑内掘り炭鉱、① Mchenga、② Mean Jalawe、③ Kaziwiziwi における保安状況等について現地視察を実施した。主に鉱山保安に係る保護具の着用、採掘地（坑内）での岩盤保持や防護柵等の設

置や管理状況等について調査を実施した。

2015年5月下旬に、Karonga地域で操業している2つの露天掘り炭鉱、① Nkhachira、② Mwaulamboを視察し、2014年と同様の調査を実施した。なお、2015年の調査については、第2回JCCの際に鉱山局のChilumanga局長代行からKaronga地域にあるNkhachira、MwaulamboおよびLisikwaの3つの炭鉱の調査を指示されたが、鉱山局のMzuzu支所における以下の協議の結果、Lisikwa鉱山を除外した。

【協議】

- 日時：2015年5月27日、11時
- 場所：Mzuzu、鉱山局のMzuzu支所
- 面談者：
 - ・ Mr. George J. Maneya : Chief Mining Engineer
 - ・ Mr. Vitumbiko Mkandawire : Regional Mining Engineer
 - ・ Mr. Silver Mapunda : Assistant Mining Inspector of Environment
- 内容：
 - ・ Lisikwa 鉱山は数年前に閉山しており、現在、責任者との連絡が取れない。このため、施設内に立ち入ることはできないので、除外する。
 - ・ その他2つの鉱山には連絡済みで、Mkandawire と Mapunda 両名が同行する。
 - ・ 調査団は代替となる鉱山を要望したが、適当な鉱山はなく、断念。
 - ・ Kayelekera ウラン鉱山の訪問を希望したが、MNREM や JICA から鉱山会社に直接申請する必要があるとのことで、時間的余裕がなく断念。

表 5-1 ASM 現地調査サイト

Site Name	Latitude Longitude (deg)	Owner	Operation method	Remarks
Linthipe Kaolinite Mine	14.16782 S 34.10155 E	GSD	Open-pit	Government had operated from 1995
Mchenga Coal Mine	10.69907 S 34.14920 E	Mchenga Coal Mines Ltd.	Underground	Government had held before 1999
Mean Jalawe Coal Mine	10.74434 S 34.13648 E	Mean Jalawe Coal Mine Ltd.	Underground (suspended)	Opened in 2005
Kaziwiziwi Coal Mine	10.64587 S 34.09185 E	Kaziwiziwi Mining Company Ltd.	Underground	Government had operated during 1985 to 2002
Nkhachira Coal Mine	10.00077 S 33.67365 E	MALCOAL Mining Ltd.	Open-pit	Opened in 2006
Mwaulambo Coal Mine	9.80638 S 33.81574 E	Eland Coal Mining Company	Open-pit	Opened in 2007

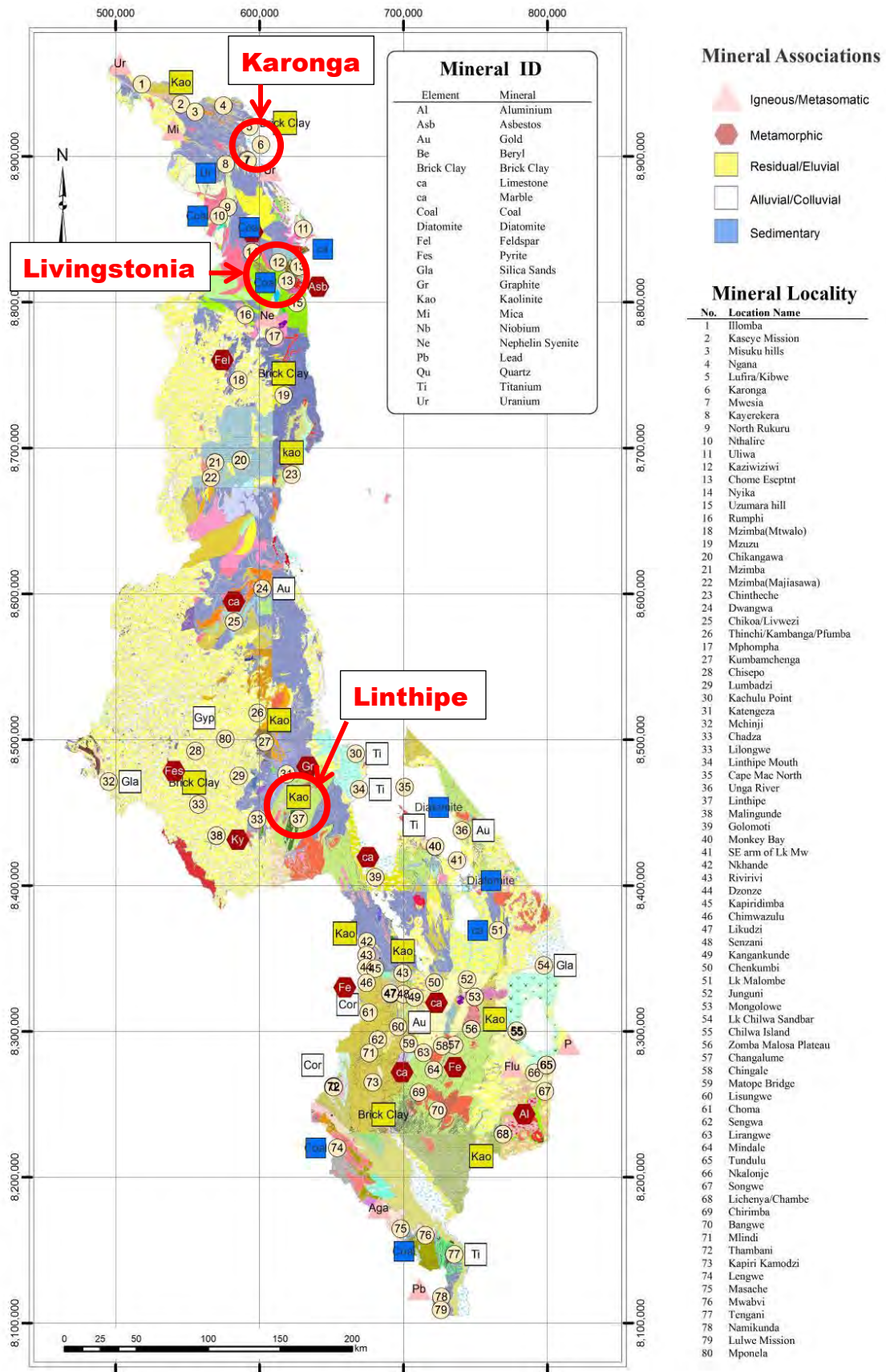


図 5-1 ASM 現地調査位置

表 5-2 鉱山保安に係るチェックリスト（調査団作成）

Mine Safety Item	Main Check Items	Yes: Y No: N	Remarks
(1) Mining method	(a) Underground (UG)/ Open Pit(OP) ? (b) Outline of mine (c) List of mining equipment	(a) (b) (c)	(a) (b) (c)
(2) Wearing of personal protection equipments	(a) Safety helmet (b) Safety boots (c) Working clothes (d) Dust respirator (e) Others	(a) (b) (c) (d) (e)	(a) (b) (c) (d) (e)
(3) Support condition in the underground	(a) Type of support (b) Distance of support (c) Corrosion (d) Rock strength (e) Others	(a) (b) (c) (d) (e)	(a) (b) (c) (d) (e)
(4) Roof condition in the underground	(a) Type of support (b) Distance of support (c) Corrosion (d) Rock strength (e) Others	(a) (b) (c) (d) (e)	(a) (b) (c) (d) (e)
(5) Open space in the underground	(a) Size (b) Distance from others	(a) (b)	(a) (b)
(6) Rock drill method	(a) Type of rock drill (b) Situation of utilization (c) Maintenance record (d) Others	(a) (b) (c) (d)	(a) (b) (c) (d)
(7) Conveyor	(a) Type of conveyer (b) Situation of utilization (c) Maintenance manual and records (d) Others	(a) (b) (c) (d)	(a) (b) (c) (d)
(8) Ventilation	(a) Type of ventilation (b) Maintenance manual and records (c) Others	(a) (b) (c)	(a) (b) (c)
(9) Explosives	(a) Management method (b) Operation manual (c) Others	(a) (b) (c)	(a) (b) (c)
(10) Gas	(a) Mine gas (b) Measuring method (c) Others	(a) (b) (c)	(a) (b) (c)
(11) Safety consciousness	(a) Safety manual (b) Training/meeting for safety (c) Records of training/meeting for safety (d) Safety patrol (e) Others	(a) (b) (c) (d) (e)	(a) (b) (c) (d) (e)
(12) Disasters	(a) Number of disasters (b) Management method for disaster control (c) Records of meeting for safety (d) Others	(a) (b) (c) (d)	(a) (b) (c) (d)
(13) Management method	(a) Slope failures (b) Handling of dust (c) Disposal of waste(tailings), slag, precipitates etc. (d) Handling of explosives (e) Keep a ventilation (f) Drainage (g) Noise and vibration (h) Sanitation (health) (i) Patrol and inspection (j) Face and the surrounding (k) Others	(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k)	(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k)

5.2 Linthipe 陶製用粘土（カオリナイト）

マラウイ中央地域 Dedza District の Linthipe 町に存在する GSD の Linthipe Ceramic Station（事務所および製陶施設）および GSD が管轄する陶製用粘土（カオリナイト）の採掘現場（事務所から約 4km 北東）などの現地調査を実施した。Linthipe は首都 Lilongwe より南東約 40km に位置する。現地調査時の GSD 面談者を以下に示す。

GSD Linthipe Ceramic Station

- ・ Ms. Doreen Malimba : Laboratory Technician

GSD 本部（調査団の視察に合わせて Zomba から来訪）

- ・ Mr. Charles Missi : Principal Chemist
- ・ Ms. Linda Banda : Chemist

Ms. Malimba より当該 Ceramic Station の概略説明後、施設内および陶製用粘土採掘現場等を視察した。調査結果等の概略を以下に示す。

- 当該施設（図 5-2 の 1）は 1986 年に開設され、現在 13 名のスタッフ（化学屋 4 名、その他研究員と補助員）が配置されている。表層粘土（陶製用粘土）は 1995 年より対応している。
- 主な業務は、陶磁器（ガイシ含む）の作成（図 5-2 の 2～3）、周辺住民への製陶技術の指導・人材育成（図 5-2 の 4）等である。
- 陶磁器の作成は、主に①陶製用粘土（カオリナイト）、②長石、③大理石、④石英、⑤カイヤナイトを粉砕機（図 5-2 の 5）による二次破砕までで 250 μ m 以下に粉砕する。その後、水と混合した磁土を練り上げ、轆轤で陶磁器の形に成形する（図 5-2 の 4）。陶製用粘土以外の材料は、Ms. Malimba が Blantyre で買い付けている。
- 成形された陶磁器やガイシは 1 週間ほど自然乾燥させ（図 5-2 の 3）、その後約 960°C で素焼きされ、最終的には 1,200°C 程度で焼成される。ただし、幾つかの焼成機器は故障により、ほとんど使用出来ない状況である（図 5-2 の 6）。
- 生産量は月産 5,000 個であるが、約 40%が大型の花瓶用陶磁器であり、ガイシの月産量は全体の 10%に満たない。
- GSD が陶製用粘土（カオリナイト）を採掘する現場を視察した（図 5-2 の 7）。調査団が当該陶製用粘土（カオリナイト）の有効利用方法を模索するため、化学分析、粒度分析等の必要性を指摘し、陶製用粘土（カオリナイト）採掘場からサンプリング（Sample No. ML141029-01）を行った（図 5-2 の 8）。当該サンプルに対する化学分析および粒度分析は、GSD 本部の分析所で実施することとなった。調査団としては、分析結果を受けて別用途等の検討を実施する予定である。
- 2000 年代後半には JICA 青年海外協力隊員が本施設に派遣されていた。
- Ms. Malimba の案内により、Dedza（Linthipe の南東約 30km）にある Paragon Ceramics 社を訪問した（図 5-3 の 1）。同社は自社工場と販売店舗を同地に所有し、芸術性の高い挿絵入りの陶製品等を作成している（図 5-3 の 2）。また、欧米や南アメリカからの旅行客が観光バスで訪れ、お土産品として同社製品を購入している。



1 : GSD Linthipe Ceramic Station



2 : GSD 作製のガイシ



3 : GSD 作製の陶器 (乾燥中)



4 : ろくろ (轆轤) による成形工程



5 : 砕石機



6 : 電気炉 (故障中)

図 5-2 Linthipe 調査写真 (1/2)



7 : 採掘現場状況



8 : サンプルング地点 (写真7中○印)

図 5-3 Linthipe 調査写真 (2/2)



1 : Paragon Ceramics 社の自社工場



2 : Paragon Ceramics 社の販売店舗

図 5-4 Dedza 調査写真

5.3 Mchenga 炭鉱

マラウイ北部の Rumph District の Livingstonia 地域に位置し、Mchenga Coal Mines Ltd. が所有する Mchenga 炭鉱の現地調査を実施した。同炭鉱は首都 Lilongwe の北方約 365km に位置する。Livingstonia 地域における 3 カ所の炭鉱 (Mchenga, Mean Jalawe および Kaziwiziwi) の現地調査には、鉱山局 Mzuzu 支所の Silver Mapnnda 鉱山監督員補佐 (Assistant Mining Inspector) が同行した。現地調査時の面談者を以下に示す。

Mchenga Coal Mines Ltd.

- ・ Mr. Johnson Dandadzi : Mine Manager
- ・ Mr. Wongani Simwaka : Assistant Human Resources Officer
- ・ 他 4 名

Mr. Dandadzi より当該炭鉱の概略説明後、坑内を視察した。調査結果等の概略を以下に示す。

- 当該炭鉱は 1987 年にマラウイとフランス政府の共同開発としてスタートした。1988 年～1995 年は MIDCOR 社 (州政府が経営する鉱山会社) が所有し、1999 年まではマラウイ政府が主な所有者となった。Mchenga Coal Mines Ltd. は 1999 年より当該炭鉱を所有し、現在は坑内採掘 (ルームアンドピラー) のみで月産約 2,400 トンの亜瀝青炭を主に生産・出荷している。確定埋蔵量は約 150,000 トン、山命は 2014 年 11 月現在で約 9 ヶ月とのことであるが、継続的な探鉱を実施中である。
- 従業員数は 246 名であり、周辺住民を積極的に雇用している。勤務時間は①06:00～14:00、②14:00～22:00 および③22:00～06:00 の 3 シフトとなっている。坑内作業は最大 8 つの切羽で同時採掘を実施している。同社の組織図を図 5-4 に示す。
- 当該炭鉱の鉱区内には、同社が建設した病院等の施設 (図 5-6 の 7) があり、医師を 1 名雇用している。当該医師で対応不可能な重病人は、Rumph の公立病院へ搬送することになっている。
- 作業員への保安教育については、定期的実施しているとのことであった。しかし、具体的な教育内容や教育記録等については確認出来なかったため、詳細は不明である。
- Mr. Dandadzi の案内により坑内視察を実施した。主な調査結果を以下に示す。
 - ✓ 坑内空間：坑道はコンベイヤー用と作業用の 2 本が主要坑道である (図 5-5 の 2 と図 5-6 の 6)。坑道は概して幅 2.5m×高さ 2m 程度であり、切羽に近づくにつれて幅 2m×1.5m 程度と狭くなる。コンベイヤー用の坑道では、コンベイヤーと側壁との通路空間が約 70cm であり十分とは言えないが (図 5-5 の 3)、足元は石炭やズリ等が取り除かれており、比較的整備されている (図 5-6 の 5)。
 - ✓ 坑内支保：作業用坑道では、概して 1.5m 間隔で丸太支柱があり、坑道の交差部等の広い空間部分は縦 3m×横 2m×高さ 2m の丸太-岩石巻支柱である (図 5-6 の 5)。地圧による空洞変位をチェックする目的で坑内では部分的に丸太支柱を 2 本ずつ余分に設置している。コンベイヤー用の坑道では、最大で約 10m の無支

保区間が存在する。

- ✓ 坑内天盤：天盤部分は、概して裸岩状態で落盤防止策は認められない。ただし、稀に丸太による落盤防止策が認められる程度である（図 5-5 の 3 から図 5-6 の 5）。
 - ✓ 掘削法：ジャックハンマーによる削岩掘削である。作業従事者は耳栓をしていない。
 - ✓ 坑内通気：種々の有毒ガスは認められておらず、切羽で使用しているジャックハンマー稼働に伴う自然通気で十分とのことである。坑内ガスの測定は定期的を実施しているとのことであるが、測定機器や結果等は確認出来ず詳細は不明である。
 - ✓ 運搬：切羽にて採掘された石炭は、坑口までコンベイヤーにて搬出され（図 5-5 の 2）、坑口から選炭所への運搬はトラックを利用している。最終製品は積載量約 20 トンのトレーラーで運搬されている（図 5-6 の 8～10）。
 - ✓ 保護具：概して防塵マスクの使用状況が不徹底である。切羽での作業従事者に長袖の作業着を着用していない者が認められた。耳栓を不携帯で削岩作業中に着用が認められなかった（図 5-5 の 4）。
 - ✓ その他：坑内では湧水が確認された。約 10 リットル/秒を排水ポンプで処理しているが、特に切羽近傍では坑道の勾配が急であり、かつ湧水により非常に滑り易い状態であった。
- 坑内では立ち入り禁止等を明示する対策が一切講じられていない。特に立ち入り禁止区域に対しては、丸太で閉鎖する等の早急な対策を提言した。

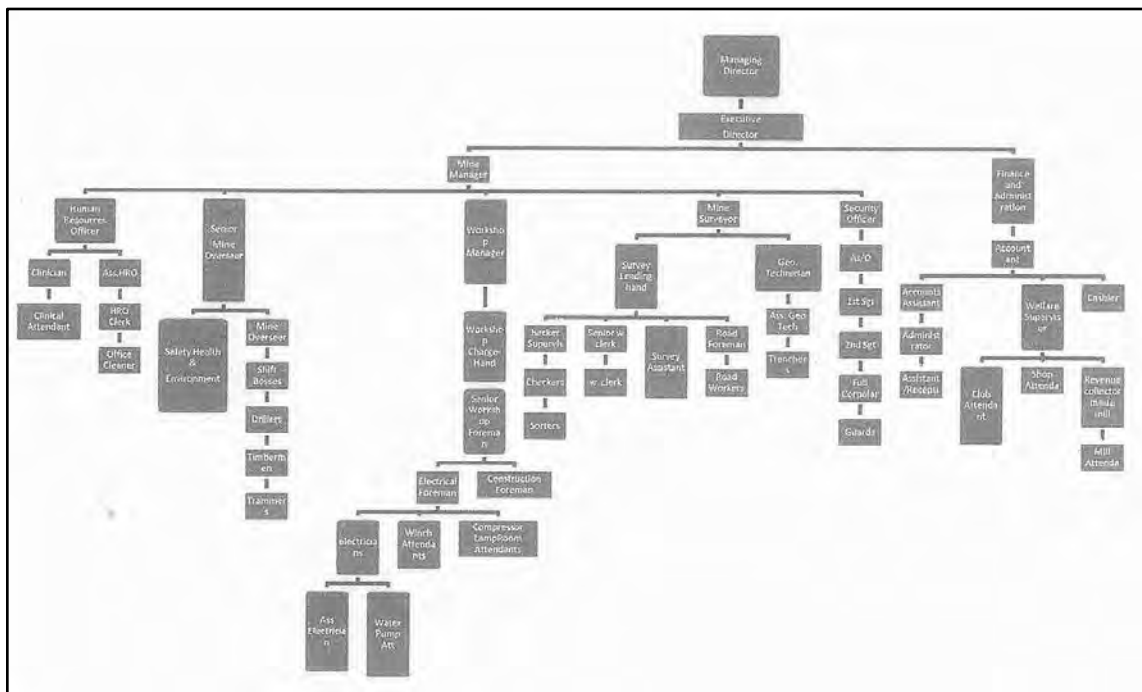


図 5-5 Mchenga Coal Mines Ltd. 組織図



1 : Mchenga 炭鉱事務所



2 : コンベイヤー用坑口



3 : コンベイヤー用坑道



4 : 炭鉱切羽状況



5 : 作業用坑道



6 : 作業用坑口

図 5-6 Mchenga 炭鉱調査写真 (1/2)



7：炭鉱施設の病院（地元住民も利用可）



8：貯炭場



9：石炭運搬状況



10：石炭運搬状況

図 5-7 Mchenga 炭鉱調査写真（2/2）

5.4 Mean Jalawe 炭鉱

マラウイ北部の Rumph District の Livingstonia 地域に位置し、Mean Jalawe Coal Mine Ltd. が所有する Mean Jalawe 炭鉱の現地調査を実施した。同炭鉱は首都 Lilongwe の北方約 360km に位置する。現地調査時の面談者を以下に示す。

Mean Jalawe Coal Mines Ltd.

- ・ Mr. Henry Mughogho : Mine Manager
- ・ Mr. Hiitop Mwalwimba : Mine Captain & Safety Officer

Mr. Mughogho より当該炭鉱の概略説明後、坑内を視察した。調査結果等の概略を以下に示す。

- 当該炭鉱は 2005 年より主に坑内採掘（ルームアンドピラー）による開発がスタートした。2007 年頃よりタンザニアのセメント会社へ石炭を輸出していたようであるが、2009 年 12 月に発生した地震に伴い、現在は採掘を行っていない。Mean Jalawe Coal Mine Ltd. は 2012 年より当該炭鉱を所有し、貯炭場の石炭を手選のみで月産約 120 トンの亜瀝青炭を主に生産・出荷している。主な出荷先はマラウイ国内のセメント会社である。
- 従業員数は 44 名であり、周辺住民を積極的に雇用している。勤務時間は①06:00～14:00 および②14:00～22:00 の 2 シフトとなっている。
- 医療設備については、作業員が坑内作業には従事しておらず、貯炭場での手選作業が主体であるため、医師を雇用していない。現場事務所にファーストエイドキットを用意し、対応している（図 5-7 の 1～2）。
- 作業員への保安教育については、定期的を実施しているとのことであった。しかし、具体的な教育内容や教育記録等については確認出来なかった。
- Mr. Mughogho の案内により、現在坑内採掘を実施していないが、坑内の状況確認を実施した。主な調査結果を以下に示す。
 - ✓ 坑内空間：坑道は概して幅 2m×高さ 1.5m 程度のため、坑内の移動は前かがみになることがある。また足元は石炭や側壁より崩壊したズリ等が散乱しており、不安全である（図 5-8 の 7～10）。
 - ✓ 坑内支保：坑口近傍部は、概して 1m 間隔で丸太支柱が認められ、坑道の交差部等の広い空間部分は縦 3m×横 2m×高さ 1.5m の丸太-岩石巻支柱が確認された（図 5-8 の 7）。ただし、坑道深部では、最大で約 5m の無支保区間が存在する。
 - ✓ 坑内天盤：天盤部分は坑内支保同様、坑口近傍部では概して 1m 間隔で丸太による落盤防止策が認められる（図 5-8 の 8）。ただし、全体的に丸太の腐食が認められる。
 - ✓ 掘削法：現在は採掘停止中である。
 - ✓ 坑内通気：種々の有毒ガスは認められていないとのことであるが、測定機器や結果等は確認出来ず、管理方法や管理体制に関する詳細は不明である。現在、採掘停止中であるが、自然通気で十分坑内の通気は確保できているとのことである。

- ✓ 運搬：手選により分別された石炭は、一輪車で集積場に集められる（図 5-7 の 4）。出荷時は、積載量 30 トンのトラック 4 台で運搬するとのことである。
 - ✓ 保護具：素手や草履で作業に従事している作業員もあり、概して使用状況は不徹底である（図 5-7 の 3～4）。
 - ✓ その他：坑内では、地震の影響で崩壊した箇所が多数見受けられた。特に坑道の入り口部分に対する立ち入り禁止等を明示する対策が一切講じられていないため、立ち入り禁止区域に対しては、丸太やロープ等で閉鎖する等の早急な対策を提言した（図 5-8 の 9～10）。
- 廃坑の坑口部分では不安定な岩盤の崩落等が懸念されたため、丸太で閉鎖する等の早急な立ち入り禁止措置を取るよう鉱山局の Mapnda 鉱山監督員補佐を通じて提言した（図 5-8 の 5）。



1：Mean Jalawe 炭鉱事務所



2：炭鉱事務所の医療機器



3：石炭の手選状況



4：石炭の手選および運搬状況

図 5-8 Mean Jalawe 炭鉱調査写真（1/2）



5 : 廃坑の坑口状況



6 : 坑口



7 : 坑口近傍部の支保状況



8 : 坑口近傍部の天盤状況



9 : 坑道状況



10 : 坑道状況

図 5-9 Mean Jalawe 炭鉱調査写真 (2/2)

5.5 Kaziwiziwi 炭鉱

マラウイ北部の Rumph District の Livingstonia 地域に位置し、Kaziwiziwi Mining Company Ltd. が所有する Kaziwiziwi 炭鉱の現地調査を実施した。同炭鉱は首都 Lilongwe の北方約 370km に位置する。現地調査時の面談者を以下に示す。

Kaziwiziwi Mining Company Ltd.

- Mr. Nick Stals : Acting General Manager
- Mr. Beforce Nynrend : Administrator
- Mr. Marco Hewucaun : Maintenance Manager

Mr. Stals より当該炭鉱の概略説明後、坑内を視察した。当該炭鉱の坑内図を図 5.9 に示す。調査結果等の概略を以下に示す。



図 5-10 Kaziwiziwi 炭鉱坑内図

- 当該炭鉱は 2007 年より Kaziwiziwi Mining Company Ltd. (図 5-10 の 1) が主に坑内採掘 (ルームアンドピラー) による生産を開始した。現在の生産量は、亜瀝青炭を日産約 60 トンである。Mr. Stals は、当該炭鉱の開発や探査に関するコンサルティングを実施するため、ジンバブエより定期的に訪問している。
- 従業員数は 238 名であり、周辺住民を積極的に雇用している。総従業員のうち 184 名が坑内採掘作業に従事しており、それ以外の 54 名が地上勤務である。勤務時間は

①06:00～14:00, ②14:00～22:00 および③22:00～06:00 の 3 シフトとなっている。
坑内作業は現在 4 つの切羽で同時採掘を実施している (図 5-10 の 6)。

- 医療設備については、石炭運搬坑道の坑口付近にファーストエイドキットを用意しており、加えて貯炭場近傍には休息場も兼ねた建屋を設置している (図 5-11 の 9～10)。ただし、医師は雇用していない。
- 作業員への保安教育については、毎週月曜日と金曜日に定期的に行っているとのことであった。しかし、具体的な教育内容や教育記録等については確認出来なかった。
- 当該炭鉱は、自前の水力発電設備およびダムを所有しており、その発電能力は 350kw である (図 5-11 の 11～12)。当該発電設備を使用することで、毎月のディーゼル使用量が約 17,000 リットル軽減出来るとのことである。
- Mr. Stals の案内により坑内視察を実施した。主な調査結果を以下に示す。
 - ✓ 坑内空間：坑道は石炭運搬用の坑道と作業員用の 2 本が主要坑道である (図 5-10 の 2～3)。坑道は概して幅 2.5m×高さ 2m 程度であり、部分的に幅 2m×1.5m 程度と狭くなる。坑道内は石炭やズリ等が取り除かれており、比較的整備されている (図 5-10 の 4)。
 - ✓ 坑内支保：作業用坑道では、概して 1m 間隔で丸太支柱があり、坑道の交差部等の広い空間部分は縦 3m×横 2m×高さ 2m の丸太-岩石巻支柱である。側壁からの落盤防止策も実施されている (図 5-10 の 4～5)。
 - ✓ 坑内天盤：天盤部分は、概して 1m 間隔で丸太支柱による落盤防止策が取られている (図 5-10 の 5)。
 - ✓ 掘削法：ジャックハンマーによる削岩掘削である (図 5-10 の 6)。作業従事者は耳栓をしていない。
 - ✓ 坑内通気：種々の有毒ガスは認められておらず、切羽で使用しているジャックハンマー稼働に伴う自然通気で十分とのことである。坑内ガスの測定は定期的に行っているとのことである。測定機器は確認出来たが、測定結果等は確認出来ず詳細は不明である。測定対象は一酸化炭素 (CO), 硫化水素 (H₂S), 酸素 (O₂) およびメタン (CH₄) の各濃度である (図 5-11 の 8)。
 - ✓ 運搬：切羽にて採掘された石炭は、石炭運搬坑道を経由し、一輪車にて坑口近傍の一次貯炭場へ運搬されている (図 5-11 の 7)。
 - ✓ 保護具：概して防塵マスクの使用状況が不徹底である。石炭運搬坑道より坑口の一次貯炭場への運搬作業従事者に長袖の作業着を着用していない者が認められた。耳栓を不携帯で削岩作業中に着用が認められなかった (図 5-10 の 6)。
 - ✓ その他：坑内では湧水が確認され、一部坑道が水没している。毎日約 8 時間、500 リットル/分の排水能力を有するポンプで排水作業を実施している (図 5-10 の 4)。特に切羽近傍では坑道の勾配が急であり、かつ湧水により一部で滑り易い状態であった。
- 坑内では立ち入り禁止等を明示する対策が一切講じられていない。特に立ち入り禁止区域に対しては、丸太で閉鎖する等の早急な対策をするよう鉱山局の Mapnnda 鉱山監督員補佐を通じて提言した。



1 : Kaziwiziwi 炭鋳事務所



2 : 運搬用坑道坑口



3 : 作業員用坑道坑口



4 : 坑道状況



5 : 坑道状況



6 : 切羽状況

図 5-11 Kaziwiziwi 炭鋳調査写真 (1/2)



7：石炭運搬状況



8：ガス測定機器



9：坑口に備え付けの医療機器



10：医療等建屋



11：水力発電の建屋



12：水力発電用のダム

図 5-12 Kaziwiziwi 炭鉱調査写真 (2/2)

5.6 Nkhachira 炭鉱

マラウイ北部の Karonga District の Karonga 西方約 25km に位置し、MALCOAL Mining Ltd. が所有する Nkhachira 炭鉱の現地調査を実施した。Kronga 地域における 2 カ所の炭鉱（Nkhachira および Mwaulambo）の現地調査には、鉱山局 Mzuzu 支所の Vitumbiko Mkandawire 鉱山技師および Silver Mapnnda 鉱山監督員補佐が同行した。同炭鉱は首都 Lilongwe の北方約 450km に位置する。現地調査時の面談者を以下に示す。

MALCOAL Mining Ltd.

- ・ Mr. Malizgani Thindwa : Mine Operations Manager
- ・ Mr. Blessing Chinjoka : Safety Officer
- ・ Mr. Bligh Frank Pindani : Mining Superintendent
- ・ Mr. Butta Simukonda : Nursery Supervisor

Mr. Pindani より当該炭鉱の概略説明後、鉱山内外を視察した。調査結果等の概略を以下に示す。

- 当該炭鉱は 2006 年に操業を開始し、露天採掘のみで日産約 30 トンの瀝青炭（約 6,000～7,000 kcal/kg）を生産・出荷している。また、継続的な採鉱活動も実施中である。
- 従業員は周辺住民を積極的に雇用しており、常時約 30 名、一時的に最大 20 名程度を追加雇用する場合もある。勤務時間は①06:00～18:00 および②18:00～06:00 の 2 シフトである。
- 主な使用重機は、ダンプトラック：2 台（積載量：17t）、ホイールローダー：1 台、ドーザー：1 台、エクスカベーター：1 台等を所有している（図 5-12 の 3・4）。
- 作業員への保安教育については、定期的を実施しているとのことであった。ただし、具体的な教育内容や教育記録等については確認出来なかったため、詳細は不明である。
- Mr. Pindani 等の案内により炭鉱内を視察した。主な調査結果を以下に示す。
 - ✓ 掘削法：露天採掘である。発破はせず、ホイールローダー等の重機による掘削・運搬（図 5-12 の 7）および人力による手選を実施している（図 5-12 の 9）。
 - ✓ 運搬：切羽（図 5-12 の 6・7）にて採掘された石炭は、ホイールローダー等の重機にて貯炭場へ搬出される（図 5-12 の 10）。最終製品は積載量約 17 トンのダンプトラックで運搬されている（図 5-12 の 3）。
 - ✓ 残壁：概して法面の犬走り（berm）が十分に確保されておらず、特に作業員が従事する切羽周辺の浮き石や崩壊が散見される（図 5-12 の 6・7）。また、防護柵等の設置が不十分である（図 5-12 の 5）。
 - ✓ 保護具：使用状況は良好である。特に切羽での作業従事者に対しては徹底されている状況が認められた（図 5-12 の 8）。ただし、手選作業に従事する作業員の一部で安全靴や長袖作業服を身につけていない状況が認められた。
 - ✓ その他：炭鉱内の走路は凹凸が認められず、比較的整備されている。また散水に

よる防塵対策を徹底しているとのことであった（図 5-12 の 2）。炭鉱内では作業員の休憩所やファーストエイドキットが整備されている（図 5-12 の 12）。

- 鉱山敷地近くには、植物栽培場を設置している。5,000 本の苗木を植樹し、埋め戻し後の緑化に対応しているとのことである（図 5-12 の 13・14）。
- 炭鉱内を視察中に、周辺住民が操業中の炭鉱内を自由に移動する状況が確認された。日常生活に必要な周辺住民の活動を阻害しないような専用迂回路や安全通路などの対策が急務と考える。



1 : Nkhachira 炭鉱事務所



2 : 鉱山敷地内の走路状況



3 : 使用重機 : ダンプトラック



4 : 使用重機
エクスカベーターとドーザー

図 5-13 Nkhachira 炭鉱調査写真（1/3）



5：古い露天掘り跡



6：現在の露天掘りの切羽状況



7：露天掘りの採掘状況



8：採掘の作業状況



9：手選状況



10：貯炭場

図 5-14 Nkhachira 炭鉱調査写真 (2/3)



11：休憩などの建屋



12：備え付けの医療機器



13：鉱山のリハビリに使用する
植物の栽培場



14：同左で栽培されている
植物の栽培状況

図 5-15 Nkhachira 炭鉱調査写真 (3/3)

5.7 Mwaulambo 炭鉱

マラウイ北部の Karonga District の Karonga 北方約 20km に位置し、Eland Coal Mining Company が所有する Mwaulambo 炭鉱の現地調査を実施した。同炭鉱は首都 Lilongwe の北方約 460km に位置する。現地調査時の面談者を以下に示す。

Eland Coal Mining Company

・ Mr. Leon Rademeyer : Mine Manager

Mr. Rademeyer より当該炭鉱の概略説明後、鉱山施設内を視察した。調査結果等の概略を以下に示す。

- 当該炭鉱は 2007 年に操業を開始し、2010 年より機械化に着手している。露天採掘のみで日産で最大約 250 トン、平均約 140 トンの亜瀝青～瀝青炭（平均約 6,000 kcal/kg）を生産・出荷している。また、継続的な探鉱活動も実施中である。
- 従業員数は約 50 名、周辺住民を積極的に雇用している。勤務時間は①06:00～14:00、②14:00～22:00 および③22:00～06:00 の 3 シフトである。
- 主な使用重機は、ダンプトラック：4 台（積載量：30t）、ホイールローダー：2 台、グレーダー：1 台、エクスカベーター：2 台等を所有している（図 5-13 の 2・3）。
- 作業員への保安教育等については、定期的を実施しているとのことであった。具体的には、希望者に対して Karonga で環境や保安に関するトレーニングコースを受講させるとのことである。ただし、具体的な教育内容や教育記録等については確認出来なかったため、詳細は不明である。その他、炭鉱内に医療建屋とともにファーストエイドキット等も整備されている（図 5-13 の 4）。
- Mr. Rademeyer の案内により炭鉱内を視察した。主な調査結果を以下に示す。
 - ✓ 掘削法：露天採掘である（図 5-13 の 5・6）。発破はせず、主としてオーガによる掘削を実施している（図 5-13 の 7・8）。なお現在は、雨期に冠水したピット内の排水作業を準備しており、採掘を一時中断している。排水作業には約 1 週間を要するとのことである。例年のスケジュールは、5 月から翌年 1 月まで操業し、2 月から 4 月までメンテナンス期間としているとのことである。
 - ✓ 運搬：採掘された石炭は、ホイールローダー等の重機にて貯炭場へ搬出される（図 5-13 の 9・10）。最終製品は選炭処理を経て、積載量約 30 トンのダンプトラックで運搬される（図 5-13 の 10）。
 - ✓ 残壁：ピット内部が水没しており、詳細は不明である。ただし、部分的に法面の崩壊や防護柵等の設置が不十分である状況が認められる（図 5-13 の 5・6）。
 - ✓ 保護具：ピット内部が水没しており、操業していない状況のため詳細は不明である。
 - ✓ その他：炭鉱内の走路はピット内部が水没しており、詳細は不明であるが、降雨によるガリー浸食が散見された（図 5-13 の 5）。



1 : Mwaulambo 炭鉱事務所



2 : 使用重機類



3 : 炭鉱ワークショップ



4 : 医療等建屋



5 : 露天掘り



6 : 採掘箇所状況（訪問時は水没）

図 5-16 Mwaulambo 炭鉱調査写真（1/2）



7：採掘用オーガ



8：採掘用オーガの掘削ヘッド



9：貯炭場と選鉱設備



10：貯炭場と選鉱設備

図 5-17 Mwaulambo 炭鉱調査写真 (2/2)

5.8 MALCOAL 社リロングウェ事務所

2015 年 6 月 8 日に、Karonga 地域で Nkhachira 炭鉱を操業している MALCOAL Mining 社のリロングウェ事務所を訪問し、情報交換を行った。面談者は Mr. Eugene Khoriyo (Country Manager) である (図 5-14)。面談概要は以下のとおり。

- 調査団の小沼総括が本 JICA プロジェクトの概要と ASM 調査内容について説明した。5 月下旬に MNREM 鉱山局の監督員と共に Nkhachira 炭鉱を訪問して、鉱山保安と環境についての視察を実施した。視察受け入れへの謝意を述べた。
- Mr. Khoriyo は鉱山局から視察に関する依頼をあらかじめ受けていたことを明かした。
- MALCOAL Mining Ltd. は、豪州企業 Intra Energy Corporation (以下、“IEC”) とマラウイ企業 Consolidated Mining Industries Limited (以下、“CMI”) の共同企業体である。IEC が 90%、CMI が 10%をそれぞれ出資し、運営している。IEC はタンザニアでも TANCOAL を設立し、年産 40,000 トンの石炭を生産・出荷している。マラウイとタンザニアでの石炭プロジェクトの概要は IEC の WEB サイト (下記アドレス) に掲載されているので、そちらを参照願う (図 5-15)。
<http://www.intraenergycorp.com.au/irm/content/malawi-projects.aspx?RID=289>
- MALCOAL Mining Ltd. が操業している Nkhachira 炭鉱を視察した結果について、コメントを依頼されたため、調査団の津田が鉱山保安等の観点より以下の 4 点をコメントした。
 - ✓ 保護具の使用状況は良好である。ただし、一部の作業員で安全靴や長袖作業服を身につけていない状況が認められた。
 - ✓ 残壁法面の犬走り (berm) が十分に確保されておらず、切羽周辺の浮き石や崩壊が散見される。また、防護柵等の設置が不十分である。
 - ✓ 周辺住民が操業中の炭鉱内を自由に移動する状況が確認された。日常生活に必要な周辺住民の活動を阻害しないような専用迂回路や安全通路などの対策が急務と考える。
 - ✓ 炭鉱内に植物栽培場を所有している。5,000 本の苗木を植樹し、埋め戻し後の緑化に対応しているとのことであり、是非継続して欲しい。
- MALCOAL Mining Ltd. として、指摘された改善点について対応中との回答を得た。



図 5-18 MALCOAL 社訪問

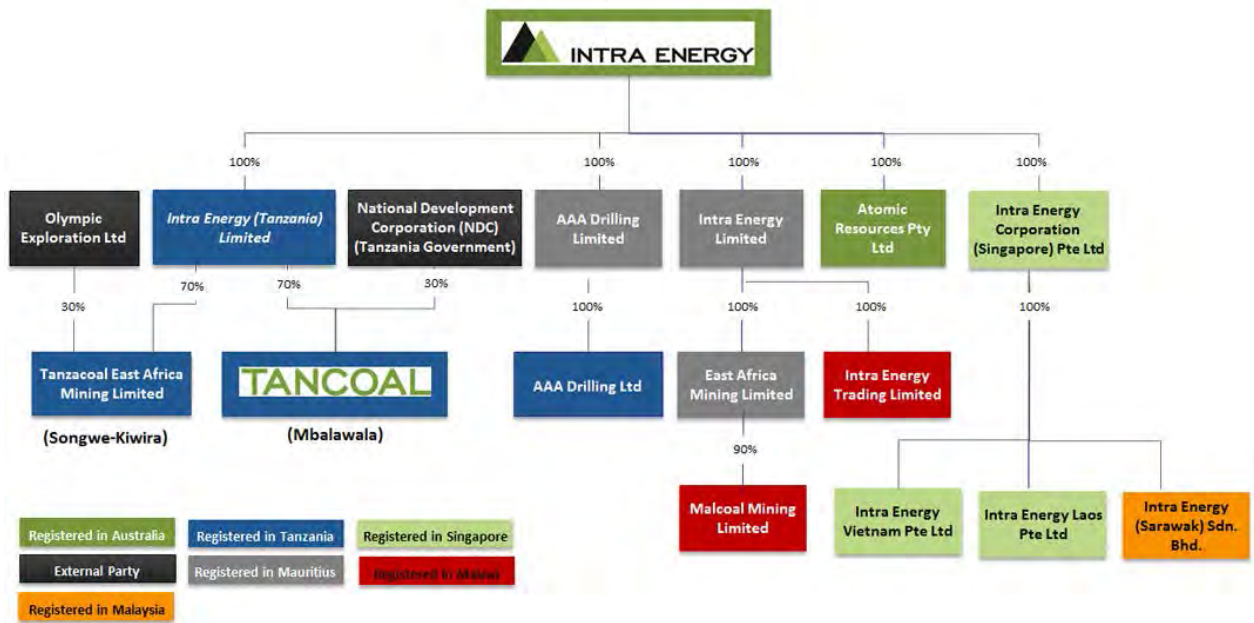


図 5-19 INTRA ENERGY 社

5.9 ASM シンポジウム

第1年次の第2次現地業務中、2014年11月11日と12日に世界銀行等が主催するASMの政策等に係るシンポジウム“The Artisanal and Small Scale Mining Policy Constructive Symposium”がLilongweにて開催された。11月10日に第1回のJCCを開催した際に、MNREM関係者およびJICAマラウイ事務所からの要望もあり、調査団3名が出席した。

同シンポジウムでは、マラウイ国政府関係者、MNREM関係者、ASM従事者に加え、銀行やコンサルタントから約300人の参加があった(図5-17)。図5-16に当該シンポジウムのプログラムを示す。

主要な発表は以下のとおりで、発表資料を入手した(巻末資料Appendix 5-1~5-5)。

(a) 発表(議題15): 巻末資料Appendix 5-1

ワシントンDCを拠点に43年の活動実績を有するPactを代表して、Ms. Karen HayesがASMに係る世界の情勢とともに、2007年より活動中のマラウイ国の現状について報告した。要点は、採掘現場での労働環境や鉱山保安等に係る確保や維持管理についての重要性である。また、ASMによる収入が必要不可欠な現場作業員のため、生産物の利益最大化を図るためのマーケティングの重要性である。

(b) 発表(議題16): 巻末資料Appendix 5-2

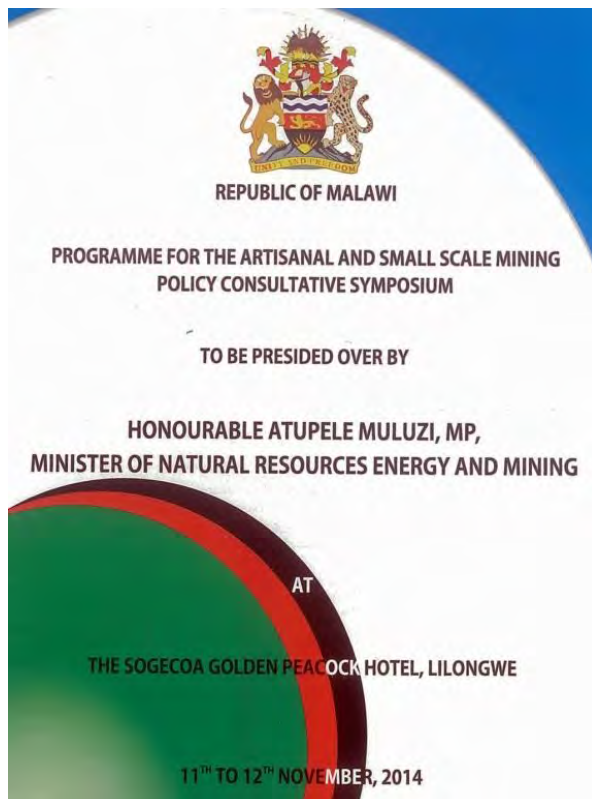
マラウイ国のASMを代表して、Mr. Mbeweが熱のこもった発表を行った。採掘対象として宝石や貴石に加え、粘土、石灰石や河川砂等を採掘用の重機を使用せず、原則手工業で採掘している。ASMはマラウイ国発展の鍵になるため、国内業者の連携により業務の最適化や効率化を図る必要がある。また、国外のマーケット情報の収集や具体的なマーケット戦略の立案等が今後の取り組むべき方針である。

(c) 発表(議題18): 巻末資料Appendix 5-3, 5-4

MNREMからは、主にASMの政策に係る考え方について報告があり、当該シンポジウムの協議内容を反映したASM政策に係るドラフト版(巻末資料Appendix 5-5)が配布された。報告の要点は、関係者(ASM従事者、地域のリーダー、政府関係者、鉱山会社関係者、地方議会、教育関係者や金融関係者など)とのステークホルダー会議を実施することで、持続可能なASM活動を通じたマラウイ国の経済成長と貧困削減を目指すというものである。

以下にステークホルダー会議にて重点的に協議されるべき内容を示す。

- 企業精神と雇用創出の促進
- 環境上の持続可能な採鉱に係る経験や習得の促進
- 高付加価値を生む技術習得の促進
- ASMに係る男女雇用や社会的な問題に対する取り組み
- 高付加価値技術の習得に伴う収益向上
- 高付加価値技術の習得に係る制度の役割



DAY ONE TUESDAY 11 TH NOVEMBER, 2014		
DIRECTOR OF CEREMONY : Mr. Gusto Mabvuto, MNREM		
Item No.	Approx. Time	Activity
1.	7:45 hrs.	All Arrangements are completed at Sogeo Golden Peacock Hotel, Lilongwe;
2.	7:45 hrs.	Registration ;
3.	8:30hrs	All invited guests get seated
4.	8:45 hrs.	Honourable Atupele Muluzi, Minister of Natural Resources Energy and Mining arrive at Sogeo Golden Peacock Hotel, Lilongwe;
5.	9:00 hrs.	Guest of Honour arrive at Sogeo Golden Peacock Hotel, Lilongwe;
Met by:		Ben Botolo, Secretary for Natural Resources, Energy and Mining; Dr. Yanira Ntupanyama, Secretary for Environment and Climate Change; Ms. N.T. Nthambala, Secretary for Energy; Mrs. Emma Adam, President of Malawi Women in Mining; Willie Chipondera, His Lordship, , The Mayor, Lilongwe City Council Mr. Charles Kalemba, District Commissioner, Lilongwe Mr. Phillip Madinga, Managing Director, , FDH Bank Mr. Clive Bacon, the Country Director, PACT Malawi Mr. Greshom Sichinga, World Bank Malawi Country office The Head of Delegation, European Union Ms. Mia Seppo, The Resident Representative, UNDP Hon. Wellan Chilenga, Chairman of Parliamentary Committee on Natural Resources and Climate Change
		THE Guest of Honour is briefed in the VIP Lounge;
		THE Guest of Honour is conducted on a tour of Exhibition mounted by Artisanal and Small Scale Miners and other sponsoring companies
		The Guest of Honour proceeds to the Main Hall;
6.	10:00 hrs.	Prayer by Rev
		Welcome Remarks by the Director of Ceremony
7.	10:15 hrs.	Statement by Emma Adams, President of Malawi Women in Mining (MAWIMA)
8.	10:25 hrs.	Statement by Mia Seppo, UNDP Resident Representative
9.	10:50 hrs.	Performance by : Chindime
10.	11:10 hrs.	Statement by European Union Representative
11.	11:20 hrs	Statement by Phillip Madinga, Managing Director, FDH Bank
12.	11:30 hrs.	Remarks by Ben Botolo, Principal Secretary, Ministry of Natural Resources Energy and Mining;
13.	11:50 hrs.	Speech by the Guest of Honour; Honourable Atupele Muluzi, MP, Minister of Natural Resources Energy and Mining.
14.	11:50hrs	The Guest of Honour and all invited guests proceed outside the Conference Hall for a group photograph.
	12.00 to 13:30hrs	LUNCH IS SERVED
15.	13:30hrs	Presentation on the Overview of ASM globally – putting Malawi's ASM sector in context by; Karen Hayes, PACT USA Presentation on The Status of ASM sub-sector in Malawi by; Charles Kaphwiyo, Director, Department of Mines (DoM)
16.	13:45hrs	Presentation by I. Mbewe, Artisanal and Small Scale Miners representative
17.	14:00hrs	Discussion 40 Mins
	14:40hrs	HEALTH BREAK
18.	15:00hrs (30 mins)	Presentation on Overview of the draft Artisanal and Small Scale Mining Policy by; Atileni Wona; Deputy Director, Department of Mines (DoM)
19.	15:30hrs (1hr 20mins)	Group discussions on the four ASM Policy priority Areas (focusing on any relevant inputs and recommendations)
20.	16:50hrs	Closing Remarks and Summary of the Meeting by Karen Hayes, PACT USA
DAY TWO WEDNESDAY 12 TH NOVEMBER, 2014		
DIRECTOR OF CEREMONY : Ms. Stabene Majamanda, FDH Bank		
21.	8:30hrs (1 hour)	Group Work Presentation on
	15mins	Policy Priority Area 1: Mineral Development
	15mins	Policy Priority Area 2: Investment Climate in the minerals sector
	15mins	Policy Priority Area 3 : Environmental Management
	15mins	Policy Priority Area 4: Socio-economic Issues.
22.	9:30hrs (45 mins)	Discussion
	10:15hrs	HEALTH BREAK 15 mins
23.	10:30hrs (1 hour 30 mins)	Presentations:
	20 mins present & 10 mins discuss	Access to Financial Services by; Stabene Majamanda, FDH Bank
	20 mins present & 10 mins discuss	Access to Markets by; Clive Bacon, PACT USA
	20 mins present & 10 mins discuss	Overview of interventions, activities, programs that could be relevant to ASM in Malawi: Department of Mines (DoM)

☒ 5-20 ASM シンポジウムのプログラム



1 : ASM シンポジウム横断幕



2 : 会場全景



3 : 会場全景



4 : 発表状況



5 : 主な発表者
(中央 2 名は MNREM の局長)



6 : 招待者 (パラマウントチーフなど)



7 : グループディスカッション

図 5-21 ASM シンポジウムの写真 (1/2)



8 : 会場外の ASM 製品の陳列
(石材, 建材, 宝石, 貴石, 陶器, 肥料原料など)



9 : 会場外の ASM 製品の陳列



10 : 陳列製品 / 陶磁器類



11 : 陳列製品 / 石材, 建材類



12 : 陳列製品 / 建材類



13 : 陳列製品 / 宝石, 貴石類

図 5-22 ASM シンポジウムの写真 (2/2)

5.10 ASM 政策のレビュー

ASM 関連政策のレビューについては、政策的優先領域として①ASM 分野における鉱物資源開発，②ASM 分野の投資環境，③環境管理，職場の安全と健康および④社会問題を抽出し，表 5-3，表 5-4 に取りまとめた。

表 5-3 ASM 関連政策のレビュー (1/2)

政策	責任所管	スケジュール						調査団提言
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	
政策的優先領域 1: ASM分野における鉱物開発								
1.1: 政府はASM分野に容易に理解され、また鉱夫にとっても適切な新しい法律の展開を実施	MNREM/MOJ/ DOM/COM/LC							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
1.2: 政府はASM分野における合理化と手続きの簡略化を実施	MNREM/DOM							・関係機関職員への定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
1.3: 政府はASM共同組織の形成と合理化の促進を実施	MNREM/DOM/ MOIT							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
1.4: 政府は鉱物資源の最適な開発を保証するためにASMの持続可能な開発に係る様々な技術向上の支援の促進を実施	MNREM/DOM/ MOE							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
1.5: 政府は鉱物調査やステークホルダーへの普及に伴う需要に関する調整と促進を実施	MNREM/MOIT/ OVOP							・他国のベストプラクティス調査と得られた結果を導入 ・成功事例や達成事例を共有し、定期的な教育・再教育を通じて普及
1.6: 政府は鉱業の生産設備やASMの付加価値等に係る情報や技術に対して容易にアクセス可能な環境整備の促進を実施	MNREM/MOIT							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
1.7: 政府はASMの下流部分である鉱物処理分野のトレーニングの促進を実施	MNREM/MOIT							・他国のベストプラクティス調査と得られた結果を導入 ・成功事例や達成事例を共有し、定期的な教育・再教育を通じて普及
1.8: 政府は当該分野の構造的なサポートの促進を実施	MNREM/DOM/ MOE							・マ国ASM地区毎に成功事例や達成事例を共有し、定期的な教育・再教育を通じて普及
1.9: 政府は鉱物マーケティングセンター設立の促進を実施	MNREM/MOIT							・他国のベストプラクティス調査と得られた結果を導入
1.10: 政策は競争する地方とASM製品の輸出マーケット両方の成長の促進を実施	MNREM/MOIT/ MCFTC							・他国のベストプラクティス調査と得られた結果を導入
1.11: 政府はASM鉱夫の展示会や見本市への参加や海外派遣の促進を実施	MNREM/DOM/ MOIT							・マ国ASM地区毎の関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
1.12: 政府は鉱物販売に関する全てのマーケティングを監視するメカニズムの構築を実施	MNREM/MOIT/ MOF/MRA/MP/PS/MITC							・他国のベストプラクティス調査と得られた結果を導入
1.13: 政府はASMと大規模採掘との共存を可能にする環境整備の促進を実施	MNREM/DOM/ GSD							・他国のベストプラクティス調査と得られた結果を導入

表 5-4 ASM 関連政策のレビュー (2/2)

政策	責任所管	スケジュール						調査団提言
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	
政策的優先領域 2: ASM分野の投資環境								
2.1: 政府はASM分野におけるロイヤリティの見直しと会計や税制に関する改善を実施	MNREM/MOF/MRA/DOM							・マ国ASM地区毎にパートナーシップ(ネットワーク)を構築 ・成功事例や達成事例を共有・普及
2.2: 政策はASM関係者の金融機関との連携や協同組織等の組織化の促進を実施	MNREM/FI/MOF/RBM/MOT/MEDI							・マ国ASM地区毎にパートナーシップ(ネットワーク)を構築 ・成功事例や達成事例を共有・普及
2.3: 政府はASM分野に対する融資銀行のより低金利での融資獲得を実施	MNREM/MOF/FI							・マ国ASM地区毎にパートナーシップ(ネットワーク)を構築 ・成功事例や達成事例を共有・普及
政策的優先領域 3: 環境管理、職場の安全と健康								
3.1: 政策は環境管理に係るトレーニング促進のサポートを実施	MNREM/EAD/DOM							・マ国ASM地区毎の関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
3.2: 政府はASMにおける環境基準の遵守と施行についてモニタリングの促進を実施	MNREM/EAD/DOM							・マ国ASM地区毎の関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
3.3: 政府は監督員とASM鉱夫ともに職場の安全と健康(OSH)に係るトレーニングの促進を実施	MNREM/DOM/MOL/EAD							・マ国ASM地区毎の関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
3.4: 政府はASM操業に関する定期的なモニタリングと点検のメカニズムの構築を実施	MNREM/DOM/MOL/EAD							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
3.5: 政府は適切な閉山と採掘後のリハビリテーションの実施	MNREM/EAD							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
政策的優先領域 4: 社会問題								
4.1: 政策はASM分野に関わる人の平等性の推奨を実施	MNREM/MGCD/MOL							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
4.2: 政府は少年労働と虐待を禁ずる規則の制定を実施	MNREM/MOL/MOE/MOJ							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
4.3: 政策は少年労働問題に関する認識とキャンペーン活動の促進を実施	MOL/MCTU/ECAMA/MOM							・マ国ASM地区毎に成功事例や達成事例を共有し、モデル事業を確立
4.4: 政府はASM活動が成されているリモートエリアでの教育体制の構築を実施	MNREM/MEST							・補習や通信教育等の措置を講ずる ・マ国ASM地区毎に成功事例や達成事例を共有し、モデル事業を確立
4.5: 政策はHIVやAIDSに関する認識とキャンペーン活動の促進を実施	MNREM/DNH/NAC							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有
4.6: 政府はHIVやAIDSに関するトレーニングの促進を実施	DNHA							・マ国ASM地区毎に関係者に対する定期的な教育・再教育を継続実施し、成功事例や達成事例を共有

<略語>

MNREM: Ministry of Natural Resources, Energy and Mining/ DOJ: Ministry of Justice/ DOM: Department of Mines/ GSD: Geological Survey Department/ COM: Commissioner of Mines/ LC: Law Commission/ MOIT: Ministry of Industry and Trade/ MOE: Ministry of Education/ OVOP: One Village one product/ MCFTC: Malawi Competition and Fair Trading Commission/ MRA: Malawi Revenue Authority/ MPS: Malawi Police Service/ MITC: Malawi Investment and Trade Centre/ RBM: Reserve Bank of Malawi/ MEDI: Malawi Entrepreneurial Development Institute/ EAD: Environmental Affairs Department/ MOL: Ministry of Labour/ MGCD: Ministry of Gender and Child Development/ MCTU: Malawi Congress of Trade Union/ ECAMA: Economic Association of Malawi/ DNHA: Department of Nutrition and HIV and AIDS/ NAC: National AIDS Commission

5.11 ASM 対策に係る提言

(1) ASM 政策

マラウイにおける鉱業の持続可能な発展性を維持するために以下の 3 点を提言する。

- ▶ マラウイ国天然資源・エネルギー・鉱業省 (MNREM) を中心に各関係機関とともに ASM 操業地区ごとに対応
- ▶ ASM 操業地区 (他国の事例を含む) ごとの成功事例や達成事例を MNREM がステークホルダー会議を通じて、関係者 (政府関係者, ASM 従事者, 地域のリーダー, 鉱山会社関係者, 地方議会, 教育関係者や金融関係者など) へ普及
- ▶ 各政策課題の進捗について、最低 1 回/年, MNREM が中心となってとりまとめる。また、その結果と次回進捗確認までの目標をステークホルダー会議にて関係者へ周知徹底

(2) Linthipe のカオリナイト鉱床

Linthipe の陶製用粘土 (カオリナイト) の採掘現場より分析用試料として、1 試料 (試料番号: ML150520) を採取し、定量分析を実施した。表 5-5 に Linthipe の試料の分析結果と代表的な用途別のカオリナイトの分析値を示す。

現地視察および化学分析の結果から、Linthipe の粘土鉱床の用途として以下を提案する。

- ▶ 化学分析の結果、酸化鉄の含有量が多いため、耐火レンガとデザイン性の高い装飾を陶器へ施すことが最善策と考える。
- ▶ 粒度分析の結果、比較的微細粒子より構成されており、吸着性を利用した園芸用品や環境浄化材料への利用可能性が考えられる。ただし、比表面積測定を実施する必要がある。
- ▶ 今回分析に供した試料は 1 試料のみである。Linthipe 鉱床全体の調査を実施し、評価することが必要である。今回のプロジェクトで実施した地化学探査の経験を用いて調査が可能であり、GSD 職員による調査に期待する。

表 5-5 Linthipe カオリナイトの定量分析結果

Samples	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	LOI
ML150520 (in this study)	46.2	34.7	3.39	0.81	0.76	0.23	0.30	0.27	13.2
Example: for paper manufacture	71.47	22.17	0.87	-	3.64	0.36	-	-	4.61
Example: for coating (USA)	44.32	39.42	0.67	1.29	0.68	0.21	-	-	13.95
Example: for pottery (KOREA)	46.32	38.54	0.55	-	0.60	0.31	-	-	13.50

(3) Livingstonia と Karonga 地域の石炭鉱山

Livingstonia と Karonga 地域の 5 つの石炭鉱山の視察の結果、以下を提言する。

- 保安教育や知識，保安意識が徹底されるため，鉱山会社（鉱業権者）が作業員への定期的な教育・再教育および具体的な教育内容や教育記録等の作成・保管を実施
- 坑内・坑外を問わず，保護具（ヘルメット，安全靴，作業着，耳栓など）着用の徹底
- 立ち入り禁止区域や保護具着用などに関する明示の徹底
- 坑内作業時の有毒ガスチェックを逐次実施し，坑内作業環境の安全性を確保
- 鉱山会社（鉱業権者）と作業員が共に保安規定を遵守
- 露天採掘の際，残壁の安全確保（犬走りの確保，防護策等の設置）を徹底し，土着植物の植樹等によるリハビリテーションを実施
- 地域住民の生活空間との共存が必要な場合，専用の迂回路や安全通路等の対策が必要不可欠

また，マラウイにおける鉱業の持続可能な発展性を維持するために以下を提言する。

- 日本では，自主保安という労働者自らが自らを守るという考え方を保安の基本として，管理者並びに労働者が一体となって長年努力を重ねることでかなり良い保安成績をあげるに至った。これは管理者が労働者に指導するだけでなく，管理者自らが実践することで，労働者各々にも保安を実践する意識が徹底されたおかげである（図 5-23）。
- マラウイにおいては，保安技術を開発して技術面から保安を向上させていく方法もあるが，まずは全ての労働者に至るまで“保安とは何か？”，“保安を守るといふことはどういうことなのか？”を辛抱強く教育することで，自主保安の段階まで到達できた時，保安成績は著しく向上すると考える。

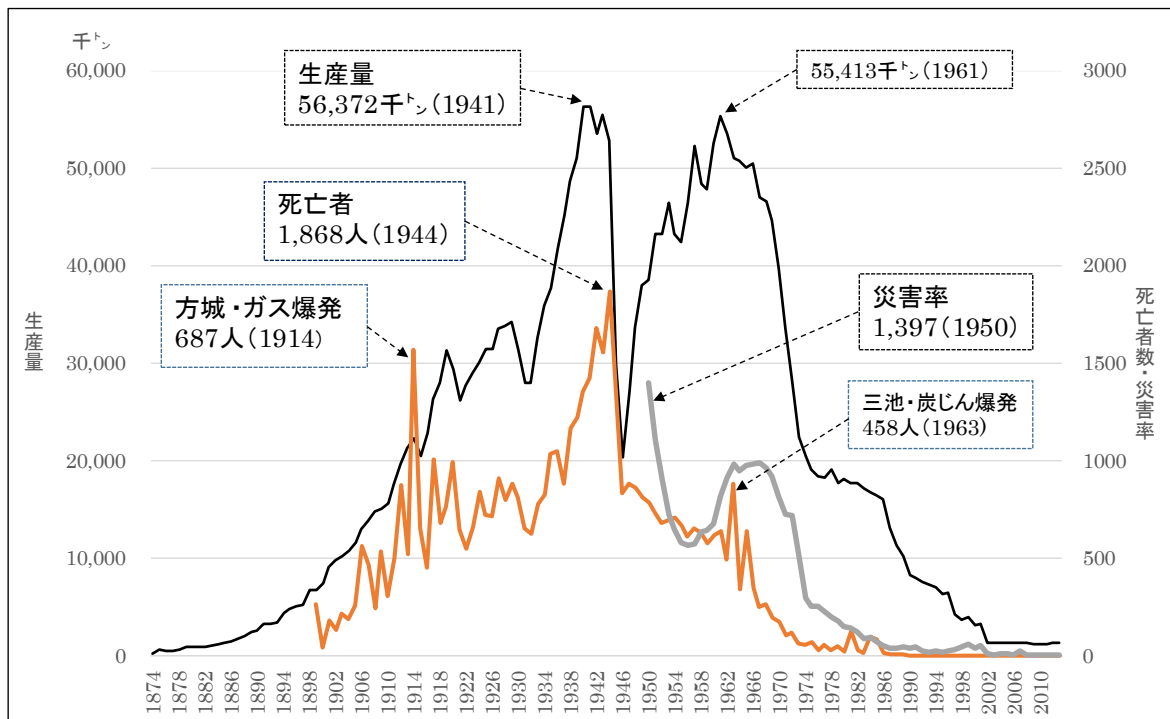


図 5-23 本邦の石炭生産と災害の推移（1874～2013年）

(4) 研修による能力向上

マラウ国内外での研修を想定し、持続可能な発展性を維持するために必要な能力向上に資することを目的に以下の2点を提言する。

- マラウイ国内での研修として、リロングウェの MNREM および各支所、並びに各サイト等にて実施する。対象者は、ステークホルダー（政府関係者、ASM 従事者、地域のリーダー、鉱山会社関係者など）等を中心とする。また、日本から講師を派遣し、保安技術の高度化に関する知識や管理体制等を習得させる。
- 日本国内での研修として、稼働炭鉱での保安教育コースに参加するとともに、日本の石炭保安政策等の知識を専門家より習得する。対象者は政府関係者を中心とする。

6 プロジェクトのモニタリング

プロジェクトの進捗状況を確認するために、MNREMの次官 Mr. Ben Botolo を議長とする Joint Coordination Committee (JCC) を設置した。2014年8月中旬の第1次現地業務時に第1回 JCC の開催を計画したが、Botolo 次官は直前に任命されたばかりで多忙であったことから、JCC の開催が調整できずに表敬のみとなった。2014年8月19日の表敬時には、Work Plan (案) を提出して、プロジェクトの概要を説明した。結局、初回の JCC は第2次現地業務の終盤に開催した。なお、2016年2月1日付けで、次官は Mr. Kester Kaphaizi に交代となった。

JCC と同様の目的で、GSD を対象として、GSD 局長 Mr. Jalf Salima を責任者とする Technical Coordination Committee (TCC) を設置した。ここでは、調査計画の確認・検討、調査進捗状況の確認、技術的側面の現状・課題の協議、調査上の問題点、今後の方針についての意見交換なども行い、必要に応じて調査にフィードバックしている。

6.1 JCC

(1) 第1回 JCC

(a) 日時：2014年11月10日(月) 17:30～18:00

(b) 場所：天然資源・エネルギー・鉱業省、Conference Room

(c) 出席者：Botolo 次官、Kaphwiyo 鉱山・鉱物コミッショナー局長、Mabvuto 財務局長、GSD 主席地質技師2名 (Chiwona, Dombola)、JICA マラウイ事務所 (下田次長、久保、Chiona)、JICA 調査団 (小沼、百瀬、津田)



右から5人目が Botolo 次官

図 6-1 第1回 JCC 出席者

(d) 内容

- ・開会の挨拶：Botolo 次官
- ・報告 1：プロジェクト内容の説明
 - JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの概要を説明した。
 - 目的, 成果
 - 内容：5 つの活動, ①地化学調査の実施, ②調査結果の GIS データベースへの統合, ③ASM 対策の支援, ④日本での長期研修, ⑤プロジェクトのモニタリング
 - 日程, 人員
 - 供与機材
- ・報告 2：プロジェクトの進捗を報告
 - JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの進捗について報告した。
 - 地化学調査：5 つの地区で調査完了。319 試料採取。供与機材の XRF の使用方法の講習会を開催。
 - ASM 調査：Linthipe の粘土鉱床, Livingstonia の石炭鉱山 (Nchenga, Mean Jalawe, Kaziwiziwi) を訪問し, 設備, 操業状況, 安全, 環境対策などについてヒアリングと現場視察を実施。
 - GIS データベース：地化学調査の結果を GIS データ化している。
- ・協議 1：日程
 - プロジェクトの全体日程と JCC の年 2 回開催予定を確認した。
 - 次回 (第 2 回) JCC は 2015 年 2 月 (第 3 次現地業務中) とする。日付については, 後日相談して決める。ここでは第 1 年次の調査結果を報告する (Botolo 次官から地化学調査の結果を楽しみにしているとの感想あり)。
- ・JICA からの挨拶：JICA マラウイ事務所, 下田次長
- ・閉会の挨拶：Botolo 次官

(2) 第 2 回 JCC

- (a) 日時：2015 年 5 月 21 日 (水) 10:00～11:00
- (b) 場所：天然資源・エネルギー・鉱業省, Conference Room
- (c) 出席者：Botolo 次官, Kaphwiyo 鉱山・鉱物コミッショナー, Wona 鉱山局長, Mabvuto 財務局長, Salima 地質局長, Chilumanga 鉱山局長代行, Banda 地質局主席地質技師, JICA 調査団 (小沼, 百瀬, 津田)

(d) 内容

- ・開会の挨拶：Botolo 次官
- ・報告 1：第 1 年次 (2014 年) 調査結果の報告
 - JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの第 1 年次調査結果を報告した。
 - 目的, 日程, 要員
 - 5 つの活動の成果：①地化学調査の結果, ②ASM 対策における石炭鉱山の視察結果, ③調査結果の GIS データ化, ④日本での長期研修の開始, ⑤JCC, TCC の開催

- 地化学調査：マラウイ北部の 3 地域で計 319 試料を採取。地域毎の化学分析結果の解析結果を説明。
 - ASM 調査：Linthipe の粘土鉱床，Livingstonia の石炭鉱山（Nchenga, Mean Jalawe, Kaziwiziwi）を訪問し，設備，操業状況，安全，環境対策などについてヒアリングと現場視察を実施。
 - GIS データベース：地化学調査の結果を GIS データ化。
 - 供与機材を説明。
- ・報告 2：第 2 年次（2015 年）調査計画の説明
- JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの第 2 年次調査計画について説明した。
- 日程，要員計画
 - 活動：①地化学調査，②ASM 対策における石炭鉱山の視察，③調査結果の GIS データ化，④JCC，TCC の開催
 - 地化学調査：マラウイ中南部の 5 地域で計 700 試料を採取する。地域毎の地質図と試料採取計画点を説明。
 - ASM 調査：マラウイ北部 Karonga 地域の石炭鉱山を訪問し，第 1 年次と同様のヒアリングと現場視察を実施する。



図 6-2 第 2 回 JCC

・質疑応答【Q：質問，A：回答，C：コメント】

Q (Botolo 次官)：本プロジェクトにおける人材育成 (Capacity Building) には何名が参加したか。十分な人数か。

A (JICA 小沼)：第 1 年次調査の地化学調査において，地質技師 2 名とアシスタント 2 名のみである。この人数は決して十分とは考えていない。今年は，3 班体制で調査を行い，4 名ずつの地質技師とアシスタントが対象となる。

A (Salima 地質局長)：2014 年には長期研修で 2 名の技術者（地質 1 名，化学 1 名）が日本の大学に留学した。

C (Chilumanga 鉱山局長代行)：2014 年には鉱山局から 1 名が留学しており，2015 年には選鉱，鉱山保安，石油関連で各 1 名の留学を希望する。

C (JICA 小沼)：地質局から秋田大学に留学した 2 名には，今年の 4 月に大学を訪問

して会っており、バックアップを行う予定である。

Q (Botolo 次官) : 将来的な計画によると、本プロジェクトが終了した後は、マラウイ国が独自で継続的に地化学調査を実施していくということか。

A (JICA 小沼) : JICA の基本的な考えはその通りである。このプロジェクトでは OJT によって技術者を育成することが最大の目的である。

C (Salima 地質局長) : 本プロジェクトの 2 年間で 6 名の地質技術者と 6 名のアシスタントが経験を積むことになる。

Q (Salima 地質局長) : 新規 JICA プロジェクトとして、マッピングも含めて、ボーリングを実施するプロジェクトについて協議したい。

A (JICA 小沼) : その要望については JICA マラウイ事務所と本部に伝える。ただし、ボーリングを含むとコスト的に難しいかもしれない。

Q (Botolo 次官) : 地化学調査の分析結果では、Chitipa 地域で Cu, Mzimba 地域で REE, Rumphi 地域で Nb のポテンシャルが高いということか。

A (JICA 小沼) : 分析結果からはその通りである。

Q (Botolo 次官) : 金についてはどうか。

A (JICA 小沼) : 残念ながら、この 3 地域での金の絶対値は非常に低く、最大でも 0.012 ppm であるから、Au のポテンシャルは低い。

C (Botolo 次官) : Mwanza 地域では、Au の探査が行われており、ポテンシャルがあると考えている。

A (JICA 小沼) : 今年の地化学調査地域に Mwanza 北東方の地域が含まれているので、調査結果に期待する。

C (Kaphwiyo コミッショナー) : 今回の地化探データと物探データとのコンパイル等による比較が重要である。ただし、今後独自で地化学調査を実施する際、全ての地点で 60 元素以上の分析を実施する必要はないと考えている。

C (Botolo 次官) : 予算の問題もある。

C (JICA 小沼) : 本プロジェクトで供与した携帯型 XRF 分析器を使って、簡易的に効率的に調査するという方法もある。

Q (Mabvuto 財務局長) : マラウイの ASM については、石炭も重要であるが、なぜ宝石・貴石を対象としていないのか。

A (JICA 小沼) : 本プロジェクトの立ち上げ時に世銀等の他のドナーと協議して、ASM の担当分野を分けて、JICA では石炭とカオリン粘土を対象とすることにした。この点は、本プロジェクトの RD/MM で MNREM と合意している。

C (Chilumanga 鉱山局長代行) : ASM の鉱山保安については、鉱山局の鉱山監督員を日本へ派遣 (1~2 ヶ月) し、現場研修を受講することを希望する。監督員は研修で学んだことをマラウイ国内で技術移転することが人材育成に効果的である。

さらに、国内外の投資家に対して信頼あるデータを提供するためにも“選鉱設備”が必要である（JICA ボランティアからも提言があった）。

Q（JICA 小沼）：その JICA ボランティアの派遣時期と人数は？

A（Wona 鉱山局長）：1990 年代と 2001～2003 年に各 1 名である。

Q（JICA 小沼）：今年も ASM 調査でマラウイ北部の石炭鉱山を視察する予定で、そのアレンジをお願いしているが、具体的な訪問先は決まっているか。

A（Wona 鉱山局長）：その準備はしており、会議後に Chilumanga 鉱山局長代行が詳細を伝える。

C（Botolo 次官）：JICA 以外の他ドナーとして、フランスとの地質調査のプロジェクトを準備中である。本 JICA プロジェクトの結果は役に立つ。

C（Botolo 次官）：本プロジェクトの今年の調査結果と人材育成にも期待する。本プロジェクトがマラウイの発展に寄与することを期待し、日本の支援に感謝している。

Q（Botolo 次官）：次回の JCC 開催はいつになるか。

A（JICA 小沼）：本プロジェクトの調査結果をすべてまとめて報告するため、来年 2016 年 1 月 25 日に次回、最後の JCC を計画している。また、成果報告会と TCC を 2016 年 1 月 18 日から 22 日の間に Zomba で実施する計画である。

C（Botolo 次官）：日程について承知した。JCC を Zomba で開催することも構わない（関係者皆で Zomba に行くのも構わない）。

・閉会の挨拶：Botolo 次官

(3) 第 3 回 JCC

(a) 日時：2016 年 2 月 1 日（月）9:00～11:00

(b) 場所：天然資源・エネルギー・鉱業省，Conference Room

(c) 出席者：Kaphwiyo 鉱山・鉱物コミッショナー局長，Mabvuto 財務局長，Salima 地質局長，Banda 地質局主席地質技師（Zomba 本局），Sakhuta 地質局主任地質技師（Lilongwe 支所），Hamella 主席財政官，Chiwambo 主任鉱山技師，JICA マラウイ事務所（和田次長，久保，Millinyu），JICA 調査団（小沼，田代，百瀬，津田）

注）MNREM の次官は 2 月 1 日付けで Botolo 氏から Kaphaizi 氏に交代となった。この前の週に急に発令されたこともあり、新旧次官共に JCC に出席することができなかった。ただし、Botolo 前次官は省内で業務を行っていたため、総括の小沼が本 JCC 終了後に挨拶に行き、地化学調査の成果を簡単に報告した。



図 6-3 第 3 回 JCC 出席者

(d) 内容

- ・開会の挨拶：Kaphwiyo コミッショナー
- ・JICA からの挨拶：JICA マラウイ事務所，和田次長
- ・報告 1：プロジェクトの概要を説明
 - JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの概要を説明した。
 - 目的，成果
 - 内容：5 つの活動，①地化学調査の実施，②調査結果の GIS データベースへの統合，③ASM 対策の支援，④日本での長期研修，⑤プロジェクトのモニタリング
 - 日程，人員
 - 地化学調査に係る技術移転セミナー，成果報告のワークショップ
- ・報告 2：プロジェクトの最終成果を報告
 - JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの最終成果について報告した。
 - 地化学調査：8 つのモデル地域（全 11 地区）で調査完了。1,029 試料採取。化学分析完了。データ解析結果に従い，4 つの有望地区を抽出。
 - ASM 調査：Livingstonia と Karonga 地域の 5 つの石炭鉱山と Linthipe の粘土鉱床を訪問し，設備，操業状況，安全，環境対策などについてヒアリングと現場視察を実施。粘土鉱床については，分析を行い，利用方法について提言。
 - GIS データベース：地化学調査の結果を GIS データ化した。1 月 29 日に，この GIS データを過年度 JICA プロジェクトで作成された GIS データベースに統合しようとしたところ，供与された外付けハードディスク 2 台が破損しており使用不可能となっていることが判明した。この理由は，ハードディスクに設置されていた UPS（無停電電源装置）がはずされていたことと推定される。
 - 長期研修：これまでに 5 名の技術者が日本の大学の修士課程で学んでいる。2 名は地質局，2 名は鉱山局，1 名は民間会社の所属である。
 - 将来の協力の提言：調査団は，①本プロジェクトで抽出された有望地域の詳細な地化学調査，②より高度な地化学調査と資源探査手法における人材育成，をフォ

ローアッププロジェクトとして提言する。

・質疑応答【Q：質問，A：回答，C：コメント】

C (JICA 小沼)：本プロジェクトで作成された GIS データは Salima 地質局長にフラッシュディスクで提供する。調査団が日本に帰国してから，GIS データベースを統合して，外付けハードディスクに保存して，JICA マラウイ事務所宛に発送する。

C (Salima 局長)：統合 GIS データベースについて，承知した。ハードディスクの破損を把握していなかった。原因を究明する。

・報告 3：地化学調査の最終成果を報告

JICA 調査団の田代が地化学調査の最終成果について報告した。

- 調査内容：8つのモデル地域（全 11 地区）において，1,029 試料を採取し，化学分析を行った。
- 調査結果：化学分析値の解析結果に従い，各地域において，特徴的な地化学異常を抽出した。
- 評価：4つの有望地区を抽出した。①Mzimba 地域の REE，②Chitipa 地域の銅・コバルト，③Nsanje 地域の銅・金，④Balaka 地域の銅・コバルト・REE と隣。
- 提言：今後は，①有望地域の詳細調査，②全国地化学調査，③新しいモデル地域の調査，を提言する。

・質疑応答【Q：質問，A：回答，C：コメント】

Q (Kaphwiyo コミッショナー)：4つの有望地区の農集レベルはどの程度か。

A (JICA 田代)：Chitipa の場合，銅含有量は地殻平均濃度の 2～3 倍程度であり，それほど高くない。ただし，特定の岩相に広範囲に濃集が見られ，鉱化中心は不明のため詳細地質調査と岩石地化学探査により追加調査すべきと判断して推奨した。

A (JICA 小沼)：ただし，近隣国の鉱床開発地域と比較した場合，分析値は低く，規模は小さい。

A (JICA 田代)：Mzimba の場合，REE 農集程度，特に LREE は，既開発鉱床の濃度レベルに相当している。川砂と採掘鉱石の濃度が等しいということは注目に値する。

・報告 4：ASM 調査の最終成果を報告

JICA 調査団の津田が ASM 調査の最終成果について報告した。

- ASM ポリシーのレビュー：実施計画，モニタリングと評価のフレームワークなどをレビューした。
- 現地視察結果：Livingstonia と Karonga 地域の 5つの石炭鉱山と Linthipe の粘土鉱床を訪問し，設備，操業状況，安全，環境対策などについてヒアリングと現場視察を実施した。
- 提言 1：粘土鉱床で試料を採取して，分析を行った。その結果，酸化鉄の含有量

が多いことが判明したため、製陶以外の用途は難しいと言わざるを得ない。

- 提言 2：石炭鉱山においては、安全教育と安全対策の十分な実施、安全規則の制定と遵守、環境復旧などを提言する。

・質疑応答【Q：質問，A：回答，C：コメント】

Q (Kaphwiyo コミッショナー)：粘土を洗浄して、鉄を少なくすることができると思うが、どうか。

A (JICA 津田)：費用がかかり過ぎて、現実的でない。日本で使用している製紙用のカオリナイトでは、酸化鉄含有量は 1%未満であり、Linthipe の粘土では 3%を超えるため、製陶以外の利用に向いていない。製品に芸術性の高い装飾を施して、付加価値を高めることが妥当と考える。

C (Salima 局長)：今回の分析は 1 試料だけであるから、試料数を多くすればデータが増えて、精度の高い検討ができる。

A (JICA 津田)：その通りである。試料数を多くして、鉄の分布を把握することが良い。

Q (JICA マラウイ事務所久保)：調査団による ASM に関する提言について、今後のマ国 ASM ポリシーにどのように活かせると考えるか。ASM ポリシーを改訂する計画はあるか。

A (Kaphwiyo コミッショナー)：現在、ASM ポリシー案を作成中である。JICA 調査団が実施した ASM の対象は主に石炭であり、ASM に関する諸問題は比較的その他の対象鉱種（主に宝石や石灰岩等）に存在する。ただし、リハビリに関する指摘は ASM 分野において満たされておらず、保安の問題とともに重要であると考え。マラウイでは石炭鉱山は中規模鉱業といえるが、世界的な規模からは小規模になる。ASM としては一般的ではないかもしれない。

・報告 5：GIS データベース

JICA 調査団の百瀬が GIS データベースについて報告した。

- データ内容：試料採取地点の記載データおよび写真，試料の化学分析値，統計解析結果，地球化学図からなる。
- データ構造：地球化学図，地球化学データおよび地球化学調査マニュアルを個別のフォルダに保存した。
- データベース統合：過年度の JICA プロジェクトで作成された GIS データベース（地質図および衛星画像）に統合する計画であったが、GSD に供与された外付けハードディスクが使用不可能となっていることが判明した。このため、本プロジェクトの GIS データを単独で一時的に GSD に提供し、調査団が帰国後に統合したデータベースをハードディスクに保存して発送する。

・質疑応答【Q：質問，A：回答，C：コメント】

C (Salima 局長)：財務局に対して、全国地化学調査の予算を申請した。金額は 100 万 MWK である。本プロジェクトで 5 名の C/P が地化学調査の技術を習得しており、セミナー等で得られた技術を活用していく。

C (JICA マラウイ事務所久保) : 本プロジェクト全体は 2019 年まで継続し、技術調査はこれで終了するが、長期研修は継続される。また、フォローアップとしての今後の調査に有用な人材育成プログラムも準備している。

Q (Kaphwiyo コミッショナー) : 留学制度について、次回も 2 名を申請したいが、締め切りはいつか。

A (JICA マラウイ事務所久保) : JICA 本部に問い合わせる。

Q (Salima 局長) : 今後の詳細調査などへの JICA による協力はあるのか。

A (JICA マラウイ事務所和田) : 予算次第であり、他の分野からも多くの要請がある。JICA は要請に対してはオープンである。

Q (Mabvuto 財務局長) : 要請のタイムスケジュールを教えてください。

A (JICA マラウイ事務所和田) : 要請の申請期限は毎年 8 月となっている。本件では、長期研修と連携した人材育成やフォローアップに貢献できる可能性はある。

Q (Salima 局長) : 本プロジェクトで残っている作業は何か。

A (JICA 小沼) : 完了報告書の作成で、3 月上旬に JICA 本部に提出することになっている。統合した GIS データベースも同時に納品する。これ以降であっても、将来的なプロジェクトや技術に関する相談は引き続き受ける。

C (JICA マラウイ事務所久保) : 報告書は 3 月中に引き渡しできると思う。

C (Salima 局長) : デジタルデータは省内の他のセクターでも重要である。

・ JICA からの挨拶 : JICA マラウイ事務所, 和田次長

本プロジェクトの成果を受けて、マラウイ側が次のステージへ向けて自立的に努力している姿はとても好ましい。JICA はこれらへの支援を通じて、次世代の発展に貢献したい。

・ 閉会の挨拶 : Kaphwiyo コミッショナー

プロジェクト実施の労苦に感謝する。この地化学調査の調査品質を継続して、予備的調査から次の段階に主体的に移行したい。鉱業分野の行政側もプロジェクト成果の情報を共有したい。また、得られた成果の活用を積極的に発信するようにしたい。

6.2 TCC

(1) 第1回 TCC

(a) 日時：2014年8月21日（木）9:00～11:00

(b) 場所：GSD 本部，2階会議室

(c) 出席者：GSD（Salima 局長代理，Dombola，Kaonga，Kalebe，Missi），
JICA 調査団（小沼，鈴木）

GSD の出席者が少ない理由は、JOGMEC が同時期にマラウイ北部で地質サンプリング調査を実施しており、6名の地質技術者がこの調査に参加していたため。



図 6-4 第1回 TCC 出席者

（左から，Kaonga，Kalebe，Dombola，Salima，小沼，Missi）

(d) 内容

- ・出席者による自己紹介
- ・プロジェクトの概要説明

JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトを使い「Work Plan」に基づいて、プロジェクトの骨子を説明した。

- ・地化学調査地域（モデル地域）の選定作業

JICA 調査団が既存の地質・鉱物資源の GIS データをもとに事前に選定した 17 の候補地域（各面積 900km²）および GSD が要望する幾つかの地域に対して、地質、鉱物資源のポテンシャル、アクセス、気象状況等について検討し、最終的に 10 カ所の候補地域を選び出した。

- ・調査・立入許可の手続きの確認

調査地域が位置する各地方（District）と警察機関には、事前に GSD が公的書類を送付し、現地調査前に調査内容等を説明することで調査の許可を得る。

- ・供与機材の確認

JICA から供与される機材の品目、数量を確認した。

・地化学調査に参加する C/P の選定

現時点では C/P を特定するに至っていない。各地域の情報に詳しい技術者が参加する方が好ましいと考えており、マラウイ北部の調査地域の場合は、GSD の Mzuzu 北部支所、中部の場合は Lilongwe 中央支所、南部の場合は Zomba 本部の技術者が参加することになると考えている (Salima 局長代理談)。

(2) 第 2 回 TCC

(a) 日時：2014 年 10 月 31 日 (木) 8:40～9:00, 15:30～16:00

(b) 場所：GSD 本部, 局長代理室

(c) 出席者：GSD (Salima 局長代理, Chiwona 主席地質技師), JICA 調査団 (小沼, 津田)

(d) 内容

・地化学調査の進捗を報告

Chitipa, Mzimba 地域での調査を完了し、ほぼ計画通りに進んでおり、採取試料数は 300 個程度の見込みである。C/P の地質技師とアシスタントは良く働いており、感謝している。

・XRF 分析器 (供与機材) の講習会

10 月 31 日 (同日) 9 時から供与機材である携帯型 XRF 分析器の講習会を開催する。講師は、機材調達先 (在, 南ア, ケープタウン) の会社の専門技術員である。GSD 技術者の参加を要請する。

・地化学試料の輸出許可の手続き確認

調査団の帰国前に、採取した試料の一部を南アの分析所に発送する。この際の輸出手続きを確認し、協力を要請した。輸出手続きは、GSD の Lilongwe 支所で書類を作成した後、鉱山局で局長の承認 (サイン) が必要とのこと。

・地化学試料の XRF 測定の依頼

今回採取した地化学試料のうち、化学分析に供した残試料を GSD 本部に保管してもらうことを要請した。

さらに、調査団が帰国後に、GSD 技術者が上記の携帯型 XRF 分析器を用いて残試料の測定を行うことを要請した。この目的は以下のとおりである。

- XRF 分析器の有効性の検討：同一試料において、分析所での化学分析値と携帯型 XRF 分析器の 2 つの分析値を比較することで、携帯型分析器の有効性を検討する。
- XRF 分析器の精度向上：この XRF 分析器には、測定値の補正プログラムが組み込まれているため、分析所での分析値を利用して、XRF 分析器の分析精度を高めることができる。
- GSD 職員の能力向上：携帯型 XRF 分析器を正しく扱うことで、今後の GSD のプロジェクト等で持続的に使用することが期待される。

・ Linthipe での ASM 調査の報告

Linthipe にある GSD のセラミックセンターを訪問し、同センターの業務状況を視察し、問題点等を聴取した。GSD が所有する粘土資源の採掘場所を視察した。

Dedza にある、陶器を作成し販売する民間会社（工場、店舗）を訪問した。

・ Livingstonia での ASM 調査の確認

11 月 5 日・6 日と Livingstonia 地域の石炭鉱山を訪問して ASM の調査を行う。この調査に同行してもらった職員（Mzuzu にある鉱山局の鉱山技師）と連絡先を確認した。訪問対象となる石炭鉱山は 3 ヶ所であり、そのおおよその位置を確認した。

(3) 第 3 回 TCC

(a) 日時：2015 年 2 月 18 日（水）9:00～11:00

(b) 場所：GSD 本部，大会議室

(c) 出席者：GSD（Salima 局長代理，Banda，Chiona，Dombola，Manda，Adam，Kamanga，Chirwa，Chikalamo，Kabuwe，Banda，Gondwe，Missi），JICA 調査団（小沼，田代）



図 6-5 第 3 回 TCC

(d) 内容

・出席者による自己紹介

・報告 1：第 1 年次（2014 年）調査結果の報告

JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの第 1 年次調査結果を報告した。

- 目的, 日程, 要員
- 5 つの活動の成果：①地化学調査の結果, ②ASM 対策における石炭鉱山の視察結果, ③調査結果の GIS データ化, ④日本での長期研修の開始, ⑤JCC, TCC の開催
- 地化学調査：マラウイ北部の 3 地域で計 319 試料を採取。地域毎の化学分析結果の解析結果概要を説明。
- ASM 調査：Linthipe の粘土鉱床, Livingstonia の石炭鉱山 (Nchenga, Mean Jalawe, Kaziwiziwi) を訪問し, 設備, 操業状況, 安全, 環境対策などについてヒアリングと現場視察を実施。
- GIS データベース：地化学調査の結果を GIS データ化。
- 供与機材を説明。

・報告 2：第 2 年次（2015 年）調査計画の説明

JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの第 2 年次調査計画について説明した。

- 日程, 要員計画
- 活動：①地化学調査, ②ASM 対策における石炭鉱山の視察, ③調査結果の GIS データ化, ④JCC, TCC の開催
- 地化学調査：マラウイ中南部の 5 地域で計 700 試料を採取する。地域毎の地質図と試料採取計画点を説明。
- ASM 調査：マラウイ北部 Karonga 地域の石炭鉱山を訪問し, 第 1 年次と同様のヒアリングと現場視察を実施する。

・報告 3：第 1 年次（2014 年）の地化学調査結果の説明

JICA 調査団で地化学を担当する田代が第 1 年次の地化学調査データの解析方法と解析結果を説明した。

- 化学分析値の前処理
- 元素毎の基本統計量の計算
- 地球化学的異常のシキイ値の決定（ヒストグラムと累積頻度図による）
- 地球化学図の作図
- 多変量解析の因子分析と解析結果の解釈
- 注目すべき元素（Mzimba 地域の REE, Chitipa 地域の Cu と Nb）
- 第 1 年次の調査結果のまとめ

(4) 第 4 回 TCC

(a) 日時：2015 年 5 月 20 日（水）9:00～10:00

(b) 場所：GSD 本部，会議室

(c) 出席者：GSD（Salima 局長，Dombola，Chiona，Banda，Eliyasi，Chisambi，Chisenga），JICA 調査団（小沼，田代，津田）



図 6-6 第 4 回 TCC

(d) 内容

・出席者による自己紹介

・報告：第 2 年次調査計画の説明

JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの第 2 年次調査計画について説明した。

➤ 日程，要員計画

➤ 活動：①地化学調査，②ASM 対策における石炭鉱山の視察，③調査結果の GIS データ化，④JCC，TCC の開催

➤ 地化学調査：地化学調査の野外調査および解析の仕様（昨年と同じ）を説明。マラウイ中南部の 5 地域で計 700 試料ほどを採取する。地域毎に試料採取計画点を記した水系図と地質図で説明。

➤ ASM 調査：マラウイ北部 Karonga 地域の石炭鉱山を訪問し，第 1 年次と同様のヒアリングと現場視察を実施する。

・質疑応答【Q：質問，A：回答，C：コメント】

Q（GSD，Salima 局長）：手元にある報告書では，地化学調査の試料数が 200 個となっているが。

A（JICA 小沼）：第 1 年次調査の総試料数は 319 個である。最新の進捗報告書に記されている。

Q（GSD，Salima 局長）：Chitipa の GC01 地区で確認された「Cu 異常」が興味深い。Cu の起源はどう考えるか。

- A (JICA 小沼) : 基本的に Cu のバックグラウンドが高い地域であるが、ポテンシャルはあると考える。片麻岩類に塩基性岩や花崗岩の貫入があり、石英脈も顕著である。Cu の起源は塩基性岩と考えている。
- C (GSD) : JOGMEC は当該地域の貫入岩に興味をもっている。
- C (JICA 小沼) : JOGMEC がこの地域で調査を行っているのは知っている。
- Q (GSD, Salima 局長) : 本プロジェクトの調査成果をフォローアップするプロジェクトは検討しないのか。
- A (JICA 小沼) : JICA のポリシーは「能力向上」と「技術移転」であり、JICA としてのフォローアッププロジェクトは期待できない。ただし、JOGMEC がフォローする可能性はあると思う。
- C (GSD) : 本プロジェクトはベースラインデータの構築と考えている。今回の調査で「Cu 異常」が認められたことは新事実であり、データが蓄積されたことは喜ばしい。
- Q (GSD, Salima 局長) : Cu 異常以外に他地域も含めて興味深い調査結果はあるか。特に Au はどうか。
- A (JICA 小沼) : Chitipa 地域では、Au は最大で 0.012ppm であり、異常は認められない。Nb の異常が酸性貫入岩と調和的に分布しており、Cu 異常と調和的に Cr 異常も認められた。その他に、Ni と Co の異常も認められた。Rumphi 地域では Nb 異常が顕著であり、Mzimba 地域では REE や Zr の異常が顕著であった。特に、Mzimba 地域の REE の絶対値が高いのは興味深い。
- Q (GSD) : 地化学調査の化学分析結果 (GIS データ) に興味がある。第 1 年次の全てのデータを提供してもらうことは可能か。
- A (JICA 田代) : 提供可能である。本 TCC 後に提供する。
- Q (GSD) : 以前に JICA から供与された GIS ソフトに Spatial Analyst のエクステンションは含まれているか。
- A (JICA 小沼) : 含まれていない。本プロジェクトでは、化学分析結果の統計処理用に専用のソフトを購入しており、供与することになっている。今後、ヒストグラム作成などの解析マニュアルを作成することになる。
- Q (GSD, Salima 局長) : ASM の調査結果から何かコメントはないか。
- A (JICA 津田) : 日本の鉱山の保安状況と比較すると、調査した石炭鉱山では、保安・環境対策は十分ではない。昨年に視察した 3 炭鉱では、概して坑道が比較的整備されていたが、炭鉱労働者が保安具 (作業服、安全靴、防塵マスク、耳栓など) を身に付けていないことがあった。労働環境は最も重要である。
- C (GSD, Salima 局長) : 本プロジェクトにおいて、改善点の提言をお願いする。
- A (JICA 津田) : 了解した。

(5) 第 5 回 TCC

(a) 日時：2016 年 1 月 25 日（月）9:00～12:00

(b) 場所：GSD 本部，会議室

(c) 出席者：GSD（Salima 局長，Chirwa，Gondwe，Kamanga，Kabuwe，Mumba，Manda，Masumba，Kaunde），JICA 調査団（小沼，田代，百瀬，津田）



図 6-7 第 5 回 TCC

(d) 内容

- ・出席者による自己紹介
- ・Salima 局長による挨拶
 - リロングウェで会議があり，主任クラスは欠席となっている。
 - JICA プロジェクトの概要と経緯を紹介
 - 人材育成においては，知識を共有しデータを管理する。
 - 26 日・27 日にセミナー，28 日にワークショップが開催される。
 - JCC は 2 月 1 日の 9 時からセットした。
- ・報告 1：プロジェクトの概要を説明

JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの概要を説明した。

 - 目的，成果
 - 内容：5 つの活動，①地化学調査の実施，②調査結果の GIS データベースへの統合，③ASM 対策の支援，④日本での長期研修，⑤プロジェクトのモニタリング
 - 日程，人員
 - 地化学調査に係る技術移転セミナー，成果報告のワークショップ
- ・報告 2：プロジェクトの最終成果を報告

JICA 調査団の小沼総括がプロジェクトの最終成果について報告した。

 - 地化学調査：8 つのモデル地域（全 11 地区）で調査完了。1,029 試料採取。化学分析完了。データ解析結果に従い，4 つの有望地区を抽出。
 - ASM 調査：Livingstonia と Karonga 地域の 5 つの石炭鉱山と Linthipe の粘土鉱床を訪問し，設備，操業状況，安全，環境対策などについてヒアリングと現場

視察を実施。粘土鉱床については、分析を行い、利用方法について提言。

- GIS データベース：地化学調査の結果を GIS データ化した。今週中にこの GIS データを過年度 JICA プロジェクトで作成された GIS データベースに統合する予定である。
- 長期研修：これまでに 5 名の技術者が日本の大学の修士課程で学んでいる。2 名は地質局、2 名は鉱山局、1 名は民間会社の所属である。
- 将来の協力の提言：調査団は、①本プロジェクトで抽出された有望地域の詳細な地化学調査、②より高度な地化学調査と資源探査手法における人材育成、をフォローアッププロジェクトとして提言する。

・報告 3：地化学調査の最終成果を報告

JICA 調査団の田代が地化学調査の最終成果について報告した。

- 調査内容：8 つのモデル地域（全 11 地区）において、1,029 試料を採取し、化学分析を行った。
- 調査結果：化学分析値の解析結果に従い、各地域において、特徴的な地化学異常を抽出した。
- 評価：4 つの有望地区を抽出した。①Mzimba 地域の REE、②Chitipa 地域の銅・コバルト、③Nsanje 地域の銅・金、④Balaka 地域の銅・コバルト・REE と燐。
- 長期研修：今後は、①有望地域の詳細調査、②全国地化学調査、③新しいモデル地域の調査、を提言する。

・報告 4：ASM 調査の最終成果を報告

JICA 調査団の津田が ASM 調査の最終成果について報告した。

- ASM ポリシーのレビュー：実施計画、モニタリングと評価のフレームワークなどをレビューした。
- 現地視察結果：Livingstonia と Karonga 地域の 5 つの石炭鉱山と Linthipe の粘土鉱床を訪問し、設備、操業状況、安全、環境対策などについてヒアリングと現場視察を実施した。
- 提言 1：粘土鉱床で試料を採取して、分析を行った。その結果、酸化鉄の含有量が多いことが判明したため、製陶以外の用途は難しいと言わざるを得ない。
- 提言 2：石炭鉱山においては、安全教育と安全対策の十分な実施、安全規則の制定と遵守、環境復旧などを提言する。

・報告 5：GIS データベース

JICA 調査団の百瀬が GIS データベースについて報告した。

- データ内容：試料採取地点の記載データおよび写真、試料の化学分析値、統計解析結果、地球化学図からなる。
- データ構造：地球化学図、地球化学データおよび地球化学調査マニュアルを個別のフォルダに保存した。

・質疑応答【Q：質問，A：回答，C：コメント】

C&Q (Salima 局長)：Mzimba 地域の Chikangawa では Syenite と Pegmatite に関連するウラン鉱床のライセンスが取得されている。フォローアップ調査では、試料採取密度をどの程度にしたらよいか。

A (JICA 小沼)：現行調査では 5km²あたり 1 試料なので、2km²に 1 試料程度が妥当である。

Q (Salima 局長)：Nsanje 地域では XRF で銅とニッケルの相関が認められている。化学分析と XRF 測定値の差はどの程度か。

A (JICA 田代)：金と亜鉛で両者の差は大きい。金含有量の絶対値が低いため、XRF では検出が難しい。

Q (Salima 局長)：炭鉱でのガス検知はどのような状況か。

A (JICA 津田)：Kaziwiziwi 炭鉱では検知器を確認した。その他の炭鉱では「問題ない。実施している」との回答であったが、検知器そのものは確認できなかった。

Q (Salima 局長)：炭鉱での通気は実施されているか。

A (JICA 津田)：全て自然通気である。エアハンマー使用時の圧縮空気の循環等で坑内通気（自然通気）が確保されていると考えている。

Q (Salima 局長)：炭鉱での粉じんと排水対策は怎么样了なっているか。

A (JICA 津田)：露天採掘をしている炭鉱では、散水による粉じん対策を実施しているとのことである。また排水については、問題無いとの回答であった。

Q (GSD 技術者)：炭鉱周辺の住民への聞き取り調査は実施したか。

A (JICA 津田)：実施していない。炭鉱関係者のみへのヒアリングである。

Q (GSD 技術者)：ASM の次のステップに対する提言は何か。

A (JICA 津田)：最も重要な点は、鉱山局各支所に所属する監督員の教育であると考えられる。定期的に管轄する対象鉱山への調査や周辺住民へのヒアリング調査を実施することで、ASM の現場で今何が発生しているか等の最新情報を取得することが可能となる。その情報を共有することで再教育につながると考える。現地視察に同行した鉱山監督員補佐から、調査団が訪問した炭鉱では、全ての炭鉱労働者に対して保護具が支給済みである旨、後日連絡を受けた。

Q (GSD 技術者)：XRF の測定結果もデータベースに入れてほしい。

A (JICA 百瀬)：了解した。

・Salima 局長による挨拶

プロジェクトの実施に対して深く感謝する。地化学データは鉱業セクターの発展にとって重要である。本プロジェクトにおいて複数地点の地化学調査結果が得られたので、空中物理探査等のデータとの重ね合せ・コンパイルによって、有望地域の抽出の可能性が広がる。

7 技術移転

7.1 地化学調査

2014年9月～11月の第2次現地業務および2015年5月～9月の第4次現地業務において、JICA調査団員4名はGSDの5名の地質技術者と協働で現地地化学調査を実施した。現地野外調査の全期間、延べ290日・人において、JICA調査団員はGSD地質技術者とペアを組んで野外作業を実施したほか、宿舎での採取試料の調整などにおいても、OJTを通じた技術移転と人材育成を行った。その内容は、調査準備（作成書類、挨拶回り）、計画（アクセス、時間割）、試料採取（採取地点の選定、写真撮影）、地質観察（地質記載、地質構造測定）、試料調整（乾燥、縮分）、データ整理・入力などからなる。

この結果、5名のGSD地質技術者（Adam, Chirwa, Gondwe, Mtonda, Zungu）は同様の地化学調査時に各調査班のリーダーとして従事することができる技術を身に付けたといえる。



上段：現場での OJT（記載シートに基づく、地質等の記載方法）

左下：宿舎での試料調整の OJT

右下：Mzimba での調査関係者

図 7-1 地化学調査の技術移転

7.2 ASM 調査

2014年11月上旬と2015年5月下旬に、鉱山局 Mzuzu 支所の鉱山技師と鉱山監督員を帯同し、マラウイ北部に位置する5箇所の石炭鉱山において協働で視察を行った。

JICA 調査団員は鉱山保安に係るチェックリスト（表 5-2）に基づき、鉱山局の技師に対して、検査のノウハウや重要なポイントを現場で教授した。同時に、視察時に明らかとなった以下のような問題点や解決法についても教授した。

- ・ 鉱山作業員の保護具の装着が不十分：会社に改善を命令
- ・ 立ち入り禁止区域の表示と対策が不十分：会社に改善と処置を命令
- ・ 坑内換気：ガスの測定記録が不明：記録を残すよう指示
- ・ 鉱山会社による作業員への安全教育の実施記録が不明：記録を残すよう指示
- ・ 鉱山敷地内への住民立ち入り：迂回路や安全通路等の対策を指示

鉱山会社における作業員への安全教育や安全・環境対策が望まれるが、監査・監督する官庁側の技術者の教育や訓練も必須である。短期研修でもよいので、日本の鉱山等での研修実施が有効と考える。



左上：鉱山担当者からヒアリング

左下：坑内保安状況の確認とヒアリング

右上：鉱山施設の環境対策のチェック

右下：安全設備の確認

図 7-2 ASM 調査の技術移転

7.3 技術移転セミナー

GSD 技術者の人材育成と技術移転を目的とした、地化学調査に係る技術移転セミナーを企画して、以下の要領で、Zomba の GSD 本部において 2015 年 2 月と 2016 年 1 月の 2 回開催した。JICA 調査団総括から Salima 局長に対して、なるべく若手の地質技術者を参加させてほしいと要望し、そのような技術者が選ばれた。

第 1 回目のセミナーでは、GSD 技術者が経験したことのない地球化学データの統計学的解析方法について、データ処理・解析・作図用のソフトウェアを使用しながら、そのフローとノウハウを教授した。第 2 回目のセミナーでは、本プロジェクトで作成した地化学調査の手順書（巻末資料 Appendix 3-6）に基づいて、地化学調査の実施方法からデータ解析方法までの全容を教授し、実演と実習を交えることで理解を促進させた。

第 2 回セミナーでは、供与機材である携帯型 XRF の測定実習を行ったが、本プロジェクトの地化学調査に参加した C/P 地質技術者 2 名（Chirwa と Gondwe）が実技と説明を行った。この両名は、3.10 節に記した携帯型 XRF の使用方法についてのトレーニングを受講し、その後、自分たちで使用（測定）を繰り返すことによって独力で知識と技術を習得したものである。このため、JICA 調査団は、本プロジェクトで採取し GSD 本部に保管されている地化学試料の残試料を XRF 分析器で測定することを両名に依頼した。この測定結果は調査団でも確認しており、本プロジェクトのデータベースに取り込まれている。このような背景があり、両名には後述（7.4 節）のワークショップでの成果報告を依頼し、両名はそつなく発表用のデータと資料を作成して、成果を報告するに至った。このように、確実に技術移転は成果を挙げているといえる。

7.3.1 第 1 回技術移転セミナー

- (1) 日時：2015 年 2 月 19 日（木）9 時～16 時、20 日（金）9 時～16 時
- (2) 場所：GSD 本部の製図室（過年度の JICA プロジェクトでの OJT 専用室）
- (3) 出席者：GSD の技術者 10 名（表 7-1 参照、全員が Zomba 本部の所属）
- (4) 講師：JICA 調査団、田代（地化学担当）、小沼（総括）
- (5) 使用機材：
 - ・デスクトップ PC（5 台）、ArcGIS ソフト（5 ライセンス）、プロジェクトおよびスクリーン：過年度の JICA プロジェクトで供与
 - ・統計解析用の計算ソフト（XLSTAT-Pro, 2 ライセンス）、作図ソフト（Grapher, 2 ライセンス）：本プロジェクトで供与
- (6) 講習項目

地化学担当の田代が以下の項目について必要なソフトウェアを使用しながら、解析手法や作図方法を説明した。

- ・化学分析値に対する統計解析の前処理
- ・ヒストグラムの作図（供与機材のソフトを使用）
- ・累積頻度分布図の作成の準備処理
- ・累積頻度分布図の作図（供与機材のソフトを使用）

- ・地球化学的見地に基づく，統計解析結果の評価
- ・上記解析結果に基づく，地球化学図の作図（過年度の供与機材のソフトを使用）

(7) その他

講義終了後に，ArcGIS ソフトウェア（5 ライセンス）の V10.2.2 へのバージョンアップ作業を行った。ArcGIS ソフトは過年度（2012-2013 年）の JICA プロジェクトで供与されたものであるが，供与当時は V10.0 であり費用面からバージョンアップは行われていなかったことから，JICA 調査団が使用している最新バージョンに合わせて，バージョンアップを供与機材として提供したものである。

表 7-1 第 1 回技術移転セミナー出席者リスト

所 属	氏 名	職 位
GSD Zomba 本部	Elias B. Adam	Geologist
	Hilton Banda	Geologist
	Elias E. Chikalamo	Geologist
	Joseph Chirwa	Geologist
	Steven C. Gondwe	Geologist
	Evance Kabuwe	Geologist
	Yankho Kalebe	Geologist
	Tamara F. Kamanga	Geologist
	Brave Manda	Geologist
	Ruth Mumba	Geologist



図 7-3 第 1 回技術移転セミナー

7.3.2 第2回技術移転セミナー

- (1) 日時：2016年1月26日（火）8時30分～16時，27日（水）9時～16時
- (2) 場所：GSD本部の製図室（過年度のJICAプロジェクトでのOJT専用室）
- (3) 出席者：GSDの技術者14名（表7-2参照，4名はLilongwe支所から参加）
第1回技術移転セミナーの参加者と7名が重複する。
- (4) 講師：JICA調査団，田代（地化学担当），百瀬（GIS担当）
GSD本部職員，Chirwa，Gondwe（携帯型XRF分析器の使用について）
- (5) 使用機材：
 - ・デスクトップPC（5台），ArcGISソフト（5ライセンス），プロジェクタおよびスクリーン：過年度のJICAプロジェクトで供与
 - ・統計解析用の計算ソフト（XLSTAT-Pro，2ライセンス），作図ソフト（Grapher，2ライセンス），携帯型XRF分析器，地化学試料採取器：本プロジェクトで供与
- (6) 講習項目：

本プロジェクトにおける地化学調査の計画・実施・解析等の解説および河川堆積物採取とXRF分析器による測定の実習を行った。講義に際して，本プロジェクトで作成した「Drainage Geochemical Survey Manual：地化学調査の手順書」（巻末資料Appendix 3-6）を全員に配布して，講義を円滑に進めた。

 - a) 地化学調査の概要と手法
 - b) 河川堆積物採取の実習（GSDの近くの沢で実際に試料採取）
 - c) 携帯型XRF分析器（供与機材）を使用した測定実習（GSDカウンターパート2名による実演と説明）
 - d) 河川堆積物の採取計画の実習
 - e) マラウイ全土の地化学調査計画の検討実習
 - f) 化学分析結果の統計解析の基礎と解析方法（供与機材のPCとソフトを利用）
 - g) 地球化学図の作成方法（供与機材のPCとGISソフトを利用）
 - h) 解析結果の評価方法
 - i) 携帯型XRF分析器の測定実習（GSDのC/P2名による実演と説明）
- (7) その他
1月27日の午後の講義にJICAマラウイ事務所の久保担当とMoses現地スタッフが出席した。

表 7-2 第 2 回技術移転セミナー出席者リスト

所 属	氏 名	職 位
GSD Lilongwe 支所	Samson Chihje	Geologist
	Fumuyane Gondwe	Geologist
	Yankho Kalelse	Geologist
	MacDonald Mtonda	Geologist
GSD Zomba 本部	Elias B. Adam	Geologist
	Joseph Chirwa	Geologist
	Steven C. Gondwe	Geologist
	Evance Kabuwe	Geologist
	Tamara F. Kamanga	Geologist
	Brave Manda	Geologist
	Samson Mhanga	Geologist
	Ruth Mumba	Geologist
	Milton Kaunde	Senior Technical Assistant
	William S. Masumba	Technical Assistant

注) このうち、Adam, Chirwa, Gondwe, Mtonda の 4 名は現地地化学調査での OJT を受けている。

(8) 講習内容と写真

a) 地化学調査の概要と手法

本プロジェクトで実施した河川堆積物の地化学調査の調査手法を GSD の若手地質技術者に総論的に解説・実習し、調査技術の共有化を図った。



図 7-4 第 2 回技術移転セミナー (1/5)

b) 河川堆積物採取の方法と実習

室内で河川堆積物の採取方法を説明した後、GSDの近くの沢に行き、実際に試料採取を実演した。同時に、参加者全員に記載シートへの記入を経験させた。この際、本プロジェクトで調査に参加したC/P地質技術者と助手に説明させて、理解を促進させた。



図 7-5 第2回技術移転セミナー (2/5)

c) 携帯型 XRF 分析器 (供与機材) を使用した測定実習と使用方法

GSDのC/P地質技術者(Gondwe)が供与機材のXRF分析器による測定を実演し、測定方法等を説明した。室内では、C/P地質技術者(Chirwa)がXRF分析器の使用方法を説明して、PCへのデータ取り込みを実演した。



図 7-6 第2回技術移転セミナー (3/5)

d) 河川堆積物の採取計画とマラウイ全土の地化学調査計画の検討実習

マラウイ全域で河川堆積物の地化学調査を実施する場合の計画について解説した。実際の地形図に基づいて、水系と地形を考慮した試料採取地点の計画・配点を解説した。これらの解説に基づいて、マラウイ全域での地化学調査の実実施計画と日程等を検討させた。

e) 化学分析結果の統計解析の基礎と解析方法

携帯型 XRF で測定された値を使用して、第 1 回セミナーで講義した以下の項目について、再度解説と実習を行った。

- ・化学分析値に対する統計解析の前処理
- ・基本統計量の計算
- ・ボックスプロット（箱ひげ図）の作成
- ・ヒストグラムの作図
- ・累積頻度分布図の作成の準備処理
- ・累積頻度分布図の作図とシキイ値の決定
- ・基本統計量グラフの修正（境界値の算出）
- ・多変量解析：因子分析結果と解釈の概説

f) 地球化学図の作成方法

本プロジェクトの GIS データベースを基にして、携帯型 XRF で測定された値の地球化学図を作成する実習を行った。ArcGIS を使用してバブルプロットによる表現法の実技指導を行った。全参加者のグループ（PC5 台）が同様精度のマップを作成することができた。JICA 担当者が視察した。

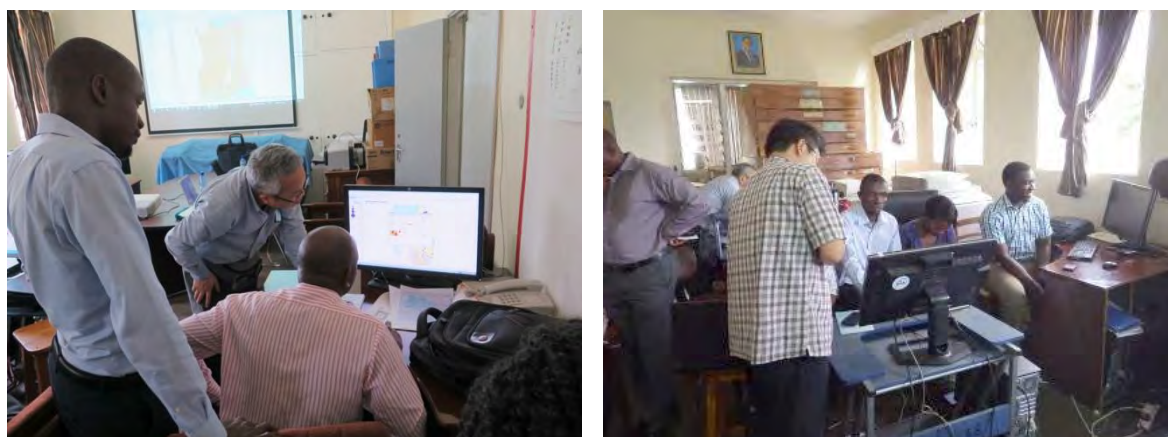


図 7-7 第 2 回技術移転セミナー（4/5）

g) 解析結果の評価方法

統計解析結果および地球化学図の解釈については、地化学調査の手順書（巻末資料 Appendix 3-6）の記述を参照するように言及した。また、TCC における地化学調査結果の解説も参考になるとした。

h) 携帯型 XRF 分析器の測定実習（GSD の C/P 2 名による実演と説明）

GSD の C/P 地質技術者（Chirwa と Gondwe）が供与機材の XRF 分析器の使用方法を説明して、岩石試料と川砂試料の測定と PC への測定値取り込みを実演した。JICA 担当者が視察した。



図 7-8 第 2 回技術移転セミナー (5/5)

7.4 ワークショップ（成果報告会）

本プロジェクトのすべての調査結果を関係者に報告することを目的として、最終の現地業務において以下の要領でワークショップ（成果報告会）を開催した。また、この報告会も人材育成の場と考えて、現地地化学調査に従事した3名のC/Pに発表を依頼した。

- (1) 日時：2016年1月28日（木）、9時～16時
- (2) 場所：ZombaのMasongola Hotelの大会議場
- (3) 出席者：51名
- (4) 出席者の所属：MNREM、GSD本部及び支部の職員、Zombaの政府系機関の関係者、マラウイ大学（Chancellor College）の教師・学生、関連企業、メディア（テレビ局と新聞社）、JICAマラウイ事務所、JICA調査団
- (5) 内容：プロジェクトの調査結果および成果の発表、質疑応答
 - a) マラウイの鉱業セクターにおけるJICAの（GSD, Salima 局長）
 - b) JICAから挨拶（JICAマラウイ事務所, 久保）
 - c) プロジェクトの概要（JICA調査団, 小沼）
 - d) ASMの調査結果（JICA調査団, 津田）
 - e) 地化学調査の概要と調査結果（JICA調査団, 田代）
 - f) GISデータベース（JICA調査団, 百瀬）
 - g) 地化学調査の経験（GSD, Mtonda）
 - h) 地化学調査の結果（GSD, Gondwe）
 - i) 携帯型XRF分析器による測定結果（GSD, Chirwa）
 - j) JICAの研修事業の紹介（JICA調査団, 小沼）
 - k) 閉会の挨拶（GSD, Salima 局長）



図 7-9 ワークショップ



左上：Salima 局長による日本の支援の実績
 右上：Mtonda による地化学調査 OJT から得られた経験
 左下：Gondwe による地化学試料採取と XRF 測定結果
 右下：Chirwa による EXF 分析器と測定結果

図 7-10 ワークショップにおける GSD 側の発表

(6) 質疑応答 【Q：質問，A：回答，C：コメント】

Q (鉱山局)：将来的な調査推奨地域 (4 地域) ではどのような調査を行うべきと考えるか。

A (JICA 田代)：銅の徴候のある Chitipa 地域 (GC01) では地質調査と岩石地下探による鉱化範囲の絞込みが有効で，銅・金の徴候のある Nsanje 地域 (GC11) ではより詳細な川砂地化学探査が有効と考える。

Q (鉱山局)：将来的な継続的プロジェクトの見込みはどうか。

A (JICA 田代)：JICA からは今回の OJT を含めた地化学調査がマラウイ側の人材育成に有効という評価を得ており，フォローアップ案件について現在検討中と考える。

A (JICA 小沼)：JICA に対しては継続案件を希望しているが，どのようなプロジェクトが可能か形態となるかは未定である。

- Q：携帯型 XRF と分析所（ICP-MS 等）での結果が異なるのはなぜか。
- A（JICA 小沼）：Au に関して言えば両方で検出下限値が異なっており，XRF では 1ppm，分析所では 0.002ppm と分析精度自体が異なる。したがって，マッピングの結果も異なる。
- Q：XRF は X 線を利用するので，その危険性はどうか。
- A（GSD, Salima 局長）：携帯型 XRF（ガンタイプ）は，先端の狭いウィンドウから細い X 線ビームが照射される。検査物体に直接接触し，周囲 1m にほかの人間が立ち入らないことを確認して照射・測定すれば，本人も含めて人体に有害ではない。人体に直接照射するのは当然有害である。
- C（GSD, Eliyasi）：携帯型 XRF なので野外調査で活用できるという利点がある。
- Q：今回の調査では既存の地化学調査データは取り込んでいないのか。
- A（JICA 小沼）：座標データを含む既存地化学調査結果を承知していないので，取り込んでいない。
- C：1990 年代の調査結果があるはずだ。
- Q：植物による地化学調査の手法があるが，マラウイでは実施する計画はないのか。
- A（GSD, Salima 局長）：銅を検出できる植物等が乾燥地域に知られているが，マラウイでは実施する計画はない。
- Q：炭鉱の閉山後に実施すべきことはなにか。
- A（JICA 津田）：現地性の植物等による復旧が必要である。また，採掘会社，鉱山局や環境局等が水質等のモニタリング（クロスチェック）を行うことも必要である。
- Q：Linthipe のカオリン資源について，鉄分が多くても製紙用や化粧品用等として使えないか。
- A（JICA 津田）：除鉄等の処理は現実的ではなく，他国産の製品もあり，経済的な面からも困難と考える。現在作成しているガイシや陶器に加え，デザイン性の高い陶器や環境浄化材料への適用について検討した方が良いと考える。
- Q：対象鉱山に対する機械化のための機材供与が必要ではないか。
- A（JICA 津田）：対象となる鉱山は資源量的にも小規模であり，機械化すれば直ぐに掘り尽くしてしまう。したがって，現状の体制を維持しながら，保安や健康面に対する定期的な教育を実施することが第一と考える。まずは，鉱山労働者や経営者の労働環境への理解が必要と考える。
- A（GSD, Salima 局長）：本プロジェクトは，Linthipe 粘土資源と炭鉱を対象とした現状把握のための調査であり，設備を供与するプロジェクトではない。

8 プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓

8.1 課題

(1) 費用負担

GSD の C/P が現地調査に同行して調査を実施する際の宿泊費、食費、一部調査用品については GSD に十分な予算がないということで、Salima 局長代理（当時）から JICA 側の負担とすることが要望された。JICA 本部およびマラウイ事務所とも協議して、マラウイ国でのドナー間協定に基づいて、宿泊費と食費を JICA 側の負担とし、野外調査用の靴と作業服を供与した。

(2) 調査地区のアクセス

一部の山間地では予想以上にアクセスが悪くて、車を有効に使えなかったことから、調査効率と安全管理を優先して、一部のサンプリング地点については計画を変更せざるを得なかった。

アクセスについては既存の地図や衛星画像などから判断して、詳細計画を策定しているが、四輪駆動車が通行できるかどうかは現場に到着してみないとわからないことも多い。サンプリング地点の変更については、各調査団員が現場で適宜判断していく必要がある。

参考までに、本プロジェクトで地化学調査を実施した 8 モデル地域における、調査効率を以下に示す。ここでの調査効率とは、各調査地域間の移動日を含めず、各地域での事前準備、サンプリング、試料調整に要した総人日数で各地域の試料総数を除いたものである。

- ・ Chitipa 地域：GC01 および GC02：3.3 試料／人日
- ・ Rumphi 地域：GC03 および GC04：5.0 試料／人日
- ・ Mzimba 地域：GC05：3.6 試料／人日
- ・ Kasungu 地域：GC06：3.8 試料／人日
- ・ Lilongwe 地域：GC07：4.0 試料／人日
- ・ Mangochi 地域：GC08：3.8 試料／人日
- ・ Balaka 地域：GC09 および GC10：3.8 試料／人日
- ・ Nsanje 地域：GC11：3.4 試料／人日
- ・ 8 地域平均：3.8 試料／人日（1,029 試料／272 人日）

特に、Chitipa 地域 GC02 地区のアクセスが悪く、Chitipa 地域の調査効率が悪くなっている。また、Nsanje 地域の一部でもアクセスが不良であった。一方、Rumphi 地域では道路状況が良かったため、他地域に比べて非常に良い効率となった。8 地域平均値の 3.8 試料／人日はほぼ想定していた値である。

(3) 化学分析に要する日数

2014 年の地化学調査では、11 月 12 日にマラウイで DHL の試料発送の手続きを完了し、11 月 18 日に南ア、ヨハネスブルグの ALS 社分析所から試料受領と登録の通知を受

けた。分析所から全 319 試料の化学分析結果を電子メールで受け取ったのは、2015 年 1 月 9 日であった。したがって、マラウイから地化学試料の発送後、約 2 カ月後に化学分析結果を受け取ったことになる。当初は 2014 年末にはすべての分析結果を受け取れると考えていたため、2 週間程度の遅れが生じたことになる。

2015 年の地化学調査では、約 700 試料を採取して同じ分析所に同じ仕様の分析を委託する計画とした。このため、最終年次である 2015 年の地化学調査の日程については、完了報告書の提出時期から化学分析、データ解析、最終現地業務に要する日数を逆算して、なるべく早めに現地調査を完了させて、分析試料を発送する計画とした。実際は、2015 年の第 4 次現地業務の期間を 5 月 17 日から 9 月 12 日までとして、2015 年 11 月中旬には化学分析結果を受け取る計画とした。ただ、2015 年は前年実績よりも非常に早く分析が完了して、予想より早く 10 月中旬に分析結果を受け取った。このように、分析業務は需要に応じて期間が変化することが多く、いずれにしても余裕を持った計画が必要である。

(4) 現地野外調査における事前周知

野外地化学調査に際しては、事前に GSD が調査地域の役場 (District) と警察に対する地域立ち入りの申請書を作成して、調査開始前に調査団員と C/P が当該役場と警察を訪問して、調査計画の説明を行い、調査実施の許可を得た。さらに、マラウイに特徴的な部族統治区分に従い、伝統的権力者である部族長 (Paramount Chief および Traditional authority/TA) や集合村落長 (Group Village Headman) に面会して、調査実施の許可を得た。

このような現地調査開始前の事前手続きは、住民とのトラブルを回避する上でも非常に重要である。

(5) 電力事情

マラウイでは電力事情が悪く、停電が多発する。現地調査時には通電時にまめに充電を行うことで停電対策が可能であったが、GSD 本部でのセミナー実施時に停電が起きると講義を打ち切らざるを得ず、支障があった。将来的に電気を必要とする資機材を導入する際には、十分な停電対策が必須となる。

8.2 工夫

(1) 人材育成プログラム

本プロジェクトの目標は人材育成にあることから、現地調査時の技術移転 OJT だけではなく、以下の人材育成のプログラムを企画して実施した。

- ・技術移転セミナー：詳細は 7.3 節参照
- ・ワークショップ (成果報告会)：詳細は 7.4 節参照
- ・携帯型 XRF 分析器のトレーニング：詳細は 3.10 節参照。外部講師。

(2) 現地地化学調査

現地調査時には安全と健康に留意して作業を行い、現場状況や健康状態に対応して、アクセスの変更や日程の調整を行った。OJT においては、C/P に作業させて、独力で調査できるような訓練を行った。調査を潤滑に遂行するために、調査員間のコミュニケーションを十分に取るように心がけた。

(3) ソフトウェアのアップグレード

過年度の JICA プロジェクトで供与した ArcGIS (Ver10) ソフトウェア (5 ライセンス) は、同プロジェクト初期の 2012 年 6 月に調達したものである。同ソフトの保守期間は 1 年間であるため、保守期限は 2013 年 6 月末日となっていた。

この保守とは、期間内の無償アップデートやサポートを含んでおり、保守を更新・継続するためにはそれなりの費用が必要となる。このため、供与されたソフトウェアを長期間継続的に最新版で使用するためには、毎年それなりの経費を見込まなければならないが、他ドナーも含めた援助案件ではソフトウェアの保守更新のような対応が取られることはまれである。

現行のプロジェクトが開始された 2014 年 8 月には、ArcGIS の最新版は Ver10.2 となっており、調査団が使用する ArcGIS の最新版でマニュアルを作成した場合、ソフトのインターフェイスや機能が GSD で使用する ArcGIS の旧版と異なり、不都合が生じることになる。このため、「保守期限が切れた ArcGIS の保守の更新」を供与機材として調達することで、ArcGIS のバージョンアップを実行した。実際のバージョンアップ作業は、前述の第 1 回技術移転セミナーの終了後に、複数の C/P と協働で実施した。なお、この時点での ArcGIS 最新版は Ver10.2.2 であり、保守期限は 2015 年 6 月末日となっている。

8.3 教訓

(1) デジタルデータの保管

マラウイでは電気の供給が非常に不安定で、停電が多発することから、デスクトップ PC 利用において無停電電源装置 (UPS) の設置は不可欠である。過年度の JICA プロジェクトでは、GIS データ作成とデータベース保管・管理のためにデスクトップ PC 5 台、LAN 接続の外付けハードディスク 2 台、UPS 6 台が供与され、GSD 本部内の一部屋に設置されていた。6 台の UPS のうち 5 台は各 PC に接続、1 台はハードディスク 2 台に接続されて、停電時の機器損傷とデータ消失を防止する役割を持っていた。外付けハードディスク 2 台には、過年度のプロジェクトで作成された GIS データベースが保存されており、1 台はバックアップ用であった。

本プロジェクトにおいて作成された GIS データは、この既存の GIS データベースに統合されることになっていた。2016 年 1 月の最後の現地業務において完成した GIS データを 1 月 29 日に統合すべく、このハードディスクに書き込む作業を開始しようとしたが、全くアクセスできないことが判明した。その原因を探っていたところ、2 台のハードディスクが UPS を経由しておらず、電源タップから直接電源が取られていることが明らかとなった。すなわち、ハードディスクの未使用時は電源が供給されない設定としていたのが、

常時電源が供給されている状態となり、停電に伴って電源の OFF/ON が繰り返されていたことになる。

ハードディスクは正しい手順で電源を切らなかつたり、コンセントを突然抜いたりすると、保存されているデータが破損する危険性があることは良く知られている。2 台のハードディスクのアクセスが不能となった原因は、UPS 接続が外され、多発する停電の影響と推定される。なお、UPS が外された理由は職員のデスクトップ PC に横取りされたことである。

PC と同様に単体のハードディスクにも UPS が必要不可欠であり、データ破損の危険性を周知しておく必要があったことが教訓となった。幸いに、データベース自体はプロジェクトの JV 代表社が保管していたことから、大事には至らなかった。

(2) 人材育成

7 章で既述したように、本プロジェクトの実施によって将来性のある技術者が育成されたことは評価できる。

これらの技術者はもともと素養があったということでもあるが、JICA 調査団員が現地調査において彼らの作業成果を評価して、次のステップの作業につなげていくという手法をとり、動機付けを行った結果でもあると考えている。その意味では、やはり日本方式の OJT というのは有効であると感じた。

9 プロジェクト目標の達成度

プロジェクト目標は、『マラウイ国天然資源・エネルギー・鉱業省が全国の地化学調査計画、モデル地域の地化学データ、同データで更新された地質 GIS データベースを有し、現地調査および長期研修を通じて持続可能な鉱業開発を行うための人材が育成される』である。

以下に各項目の実施実績を示すように、すべての項目で目標は十分に達成された（達成度は十割）と考える。

(1) マラウイ全国の地化学調査計画

JICA 調査団が複数の素案を策定し、業務進捗報告書に記して TCC で説明し、GSD はこれらの案を理解した。

技術移転セミナーにおいて、GSD 技術者は全国地化学調査の計画日程の計算を行って、実現可能な仕様を検討した。

(2) モデル地域の地化学データ

JICA 調査団は 8 つのモデル地域（面積計約 5,500km²）において、1,029 試料、61 元素の地化学データを取得した。このデータは GIS データベースとしてまとめられ、GSD に提供された。

(3) モデル地域の地化学データで更新された地質 GIS データベース

JICA 調査団は上記の地化学データのデータベースを既存の GIS データベースに統合して、既存のデータベースを更新した。この GIS データベースは外付けハードディスクに保存され、GSD に提供された。

(4) 現地調査を通じた持続可能な鉱業開発を行うための人材育成

JICA 調査団は現地地化学調査において OJT を通じた技術移転と人材育成を実施した。さらに、携帯型 XRF 分析機器トレーニング、技術移転セミナー、ワークショップを開催して、さらなる人材育成を実行した。その結果、GSD 自らが地化学調査を実施できるだけの人材が養成され、XRF 分析器を自在に使用しデータを解析することができる人材も養成された。これらの人材は他の GSD 職員を教育できるだけの力量を備えており、持続可能な技術の発展が期待される。おそらく、これらの人材は下記の長期研修の候補者となることが予想される。

(5) 長期研修による人材育成

本プロジェクトのスキームには直接関わりはないが、2014 年後半から現在に至るまで 5 名のマラウイ人技術者が日本の大学の修士課程で学んでいるところである。

10 上位目標の達成に向けての提言

プロジェクトの上位目標は、『マラウイの鉱業開発が、より持続可能で安全かつ健康面に配慮された形で実施されるようになること』である。

この上位目標を達成するための提言は以下のとおりである。

- 操業鉱山においては、鉱山会社が安全や環境に配慮して各種の対策を取り、適正な処置を行うことが求められる。当然、管理者および労働者が保安・環境に関する問題意識をもち、適切に対処することが最も重要である。
- 国としては、鉱山保安法のような法規制を整備することも有効な手段となる。
- 国際基準に準拠した仕組みを導入することも安全衛生の継続的な改善につながるため有効である。例えば、ISO14001（国際標準化機構の環境マネジメントシステム）やOHSAS18001（労働安全衛生マネジメントシステム）。
- 一方、鉱山を管理・監督する官庁側の技術者を教育・育成することも必須である。このためには、政府の関連機関の技術者を日本の鉱山等で研修させることが必要かつ有効である。
- 国際的ドナーによる支援プログラムにおいては、国の機関自らがより積極的に人材投資を行うような姿勢が持続可能な発展につながる。
- 持続可能な鉱業開発という点では、本プロジェクトにおける現地地化学調査における技術移転と人材育成、携帯型 XRF 分析器の使用技術者および安全管理者の養成、マニュアルの整備および技術移転セミナーによる人材育成が貢献するものと信じる。しかし、せっかく習得した技術も使われないことには、技術力は低下する一方となり、無意味になってしまう。したがって、資源調査のプロジェクトを継続的に実施することで、育成された人材の技術力アップと新たな人材を育成することが必要となる。
- 上記のようなプロジェクトを発掘するためには、国による鉱業セクターへの投資はもちろんであるが、資源情報の発信も必要である。そのためにも、インターネット設備を構築して、適正に情報を管理・発信することが求められる。

11 巻末資料

Appendix 1-1 PDM

Appendix 1-2 専門家派遣実績（要員計画）

Appendix 1-3 供与機材・携行機材実績

Appendix 3-1 化学分析結果

Appendix 3-2 基本統計量

Appendix 3-3 統計解析図

Appendix 3-4 地球化学図

Appendix 3-5 携帯型 XRF の測定実習

Appendix 3-6 地化学調査の手順書

Appendix 3-7 XRF 保守管理の手順書

Appendix 4-1 GIS データベースの統合手順書

Appendix 5-1 ASM シンポジウム発表資料

Overview of Artisanal and Small-scale Mining: the Global Context and Pact's Work
Appendix 5-2 ASM シンポジウム発表資料

Artisanal and Small Scale Mining Operations, a Tool for Social Economic
Development

Appendix 5-3 ASM シンポジウム発表資料

Status of ASM Sub-sector in Malawi

Appendix 5-4 ASM シンポジウム発表資料

National Artisanal and Small-scale Mining Policy

Appendix 5-5 ASM シンポジウム配布資料

Draft: National Artisanal and Small Scale Mining Policy

Implementation Agency: Ministry of Mining, Geological Survey Department

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement
<p>Overall Goal Sustainability, health and safety in mineral resources development is improved in Malawi.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Data which collected and analyzed by GSD is utilized in policies and measures for mineral resources development in Malawi. 2. Detailed and precise information on mineral resources in Malawi is provided to foreign as well as local investors. 3. Labor environment of ASM workers is improved. 4. Institutional arrangement is well prepared for sustainable use and management of mineral resources in Malawi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Project reports, policy papers / documents, interview 2. Information in the GIS database 3. Survey 4. Survey 		<p>Geochemical data was integrated into the existing database.</p> <p>Overall results of the Project were reported in public workshop.</p> <p>The proposal to improve labor environment was reported to companies and MNREM.</p> <p>The manuals for geochemical survey, equipment management and GIS database management were created.</p>
<p>Project Purpose Geochemical data is acquired, geological database is upgraded with geochemical data, the capacity is enhanced with field survey and long-term training.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Geological maps, geochemical data, and satellite data are integrated into a single database and functioning properly. 2. Management capacity is upgraded to promote sound development of the mining sector. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Project reports, GIS database, interview 2. Project reports, evaluation by experts, interview 	<p>- Counterpart personnel (C/Ps) are continuously and actively engaged in mining sector in Malawi.</p>	<p>Geochemical data was created.</p> <p>Geological GIS database was upgraded with geochemical data.</p> <p>The capacity was enhanced with field survey.</p> <p>The capacity has been enhanced with long-term training.</p>

Output				
1. Capacity in geochemical survey is strengthened.	1-1 Essential technologies in geochemical survey are transferred to and acquired by the C/Ps. 1-2 Analytical instruments are operated and maintained in proper manner by the C/Ps. 1-3 Standard operating procedure of geochemical survey and maintenance manual of analytical instruments are prepared. 1-4 Capacity is improved in planning / implementing of geochemical survey and integrating the survey results into GIS database. 1-5 Some C/Ps are reached to the level to actively transfer the geochemical survey technologies acquired through the Project to others.	1-1 Evaluation by experts, examination 1-2 Records of operation and maintenance, evaluation by experts, practical examination 1-3 Procedure manual 1-4 Project reports, evaluation by experts, interview 1-5 Project reports, evaluation by experts, interview	- Mechanism is established for implementing geochemical surveys in accordance to the survey plan.	The C/Ps obtained essential techniques through OJT in the field. The C/Ps have operated and maintained XRF analyzers properly. Many GSD staffs obtained the geochemical survey techniques in technology transfer seminars. Manuals for geochemical survey, equipment management and GIS database management were created. Some C/Ps can actively transfer the geochemical survey technologies acquired through the Project to others.
2. Capacity in integrating geochemical survey results into GIS database is developed.	2-1 GIS database with geochemical information is developed. 2-2 Capacity in updating and properly maintaining the database is improved. 2-3 Mechanism is established for updating and maintaining the database.	2-1 Project reports, GIS database, evaluation by experts 2-2 Project reports, records of updating and maintenance of the database, evaluation by experts 2-3 Procedure manual, project reports		GIS database with geochemical information was developed. GIS database manual was created.
3. Environment for ASM* ¹ is enhanced.	3-1 At least 3 cases of advises are made for ASM* ² 3-2 Measures are taken for improving environment for ASM according to the roadmap.	3-1 Roadmap, project reports 3-2 Project reports, interview 3-3 Project reports, interview		ASM policy was reviewed. Advises of labor safety and environment for coal mines were made and some improvements were done.
4. Government officers are well trained for establishing information infrastructure and ore geology, mining engineering, etc.	4-1 Personnel who obtained master's degree through the Project are actively working for the Ministry of Mining. 4-2 Personnel who obtained doctoral degree through the Project are actively working for the Ministry of Mining.	4-1 Project reports 4-2 Project reports		Four government officers have been studying in master's degree course.

*¹ ASM: Artisanal and Small-scale Mining

*² Target figure (i.e. number of cases) can be reviewed and increased during the implementation period of the Project.

Activities		Inputs (Japanese side)	(Malawian side)	Important Assumption
1-1	Review previous survey and establish the plan of nationwide geochemical survey	1. Dispatch of Japanese Experts <u>Fields of Experts</u> - Mining Development / Team leader - Geochemistry - GIS Database Development - ASM measurement / Mining Environment 2. Counterpart training in Japan <u>Field of training</u> - Ore Geology - Petroleum Geology - Geochemistry - Mining Engineering - Geophysics, etc. 3. Equipment/Facilities - Handheld XRF (X-ray Fluorescence) analyzer - GPS (Global Positioning System) receiver - Other necessary equipment (Hummer, Loupe, Sieve etc.) 4. Expense - Vehicles and fuels for project activities - Other necessary expenses	1. Assignment of Counterpart Personnel <u>(Principal Geologist, Principal Chemist, Chemist, Geologist)</u> 2. Provision of facilities for the Project implementation - Office space - Office facilities 3. Equipment Necessary equipment for project implementation 4. Expense - Cost for office space / facilities (including cost for electricity, water, communication, etc.)	Local community do not prevent the activity of this project.
1-2	Consider and procure the necessary equipment of the Project			
1-3	Set model areas for geochemical survey based on the other related information			
1-4	Prepare geochemical survey procedure manual and schedule for survey in the model areas			
1-5	Implement geochemical survey for the model areas through on-the-job training (OJT)			
1-6	Review and revise the plan of nationwide geochemical survey			
1-7	Establish the roadmap of upgrading geochemical laboratory			
2-1	Prepare a plan for integrating geochemical survey results into GIS database			
2-2	Develop a procedure manual for integrating geochemical survey results into GIS database			
2-3	Integrate geochemical survey results into GIS database through OJT			
2-4	Review and revise the plan for integrating geochemical survey results into GIS database based on the nationwide geochemical survey			
3-1	Review the ASM Policy and prepare the implementation plan of the Project			
3-2	Provide advices for the improvement of ASM			
3-3	Support for technology in environment and safety matters of ASM			
4-1	Implement long-term training of government officers in Japan			
4-2	Implement internship program in Japanese organizations / companies			

* ASM: Artisanal and Small-scale Mining

Personnel Plan

	Responsible job	Name	Organization	2014					2015												2016			Days in total
				8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
Works in Malawi	Leader/ Mine development	Takumi ONUMA	SRED	█ 8/17-30 14		█ 10/26-11/15 21		█ 2/14-27 14		█ 5/17-6/11 26									█ 1/18-2/5 19				94	
	Sub-leader/ Mine development	Ioki SUZUKI	SRED	█ 8/17-30 14	█ 9/14-10/10 27									█ 7/18-9/12 57									98	
	Geochemistry	Toshiharu TASHIRO	SRED		█ 9/14-10/25 42			█ 2/14-27 14		█ 5/17-8/2 78									█ 1/18-2/5 19				153	
	GIS database construction	Atsushi MOMOSE	MMTEC			█ 10/5-11/13 40					█ 6/21-9/12 84								█ 1/22-2/5 15				139	
	ASM and mine environment measures	Kazuhiro KADOSHIMA	MMTEC			█ 10/26-11/15 21				█ 5/17-6/11 26									█ 1/22-2/5 15				62	
Works in Japan	Leader/ Mine development	Takumi ONUMA	SRED	□ 1	□ 1			□ 1	□ 1	□ 1					□ 2			□ 1					8	
	Sub-leader/ Mine development	Ioki SUZUKI	SRED	□ 1	□ 1			□ 1		□ 1													4	
	Geochemistry	Toshiharu TASHIRO	SRED		□ 1			□ 5	□ 1						□ 1			□ 8					16	
	GIS database construction	Atsushi MOMOSE	MMTEC		□ 1			□ 1							□ 1			□ 2		□ 1			6	
	ASM and mine environment measures	Kazuhiro KADOSHIMA	MMTEC					□ 2							□ 1				□ 1				4	
			Reports	△ Project plan		△ Work plan		△ Progress report-1							△ Progress report-2					△ Final report			584	

Provided equipment (Handed over finally)

Item	Quantity	Procurement	Carrying
Handheld type XRF analyzer and accessories	2 sets	Japan	done
GPS: GPSMAP 62STC (English version)	3	Japan	done
Battery charger for rechargeable battery (200V, AA×4)	3	Japan	done
Rechargeable battery (AA)	38	Japan	done
Electric plug-BF type	3	Japan	done
Laptop PC (English keyboard)	1	Japan	done
Software of statistical analysis: XLSTAT-Pro	2	Japan	done
Software of graphics: Grapher	2	Japan	done
Maintenance of ArcGIS software (donated by JICA in 2013), including version-up	5 licenses	Japan	done
Mobile printer (A4 size): HP	1	Japan	done
Printer ink (color and black): HP	1 sets	Japan	done
Digital camera (dustproof and waterproof)	3 sets	Japan	done
Stainless sieve (sieve, pan, lid): φ200mm – H60mm – 30mesh	4 sets	Japan	done
Trowel for sampling	5	Malawi	
Plastic container	35	Malawi	
Geologic hammer: Estwing	3	Japan	done
Hammer case	3	Japan	done
Hand lens (x10)	2	Japan	done
Compass: SUUNTO	2	Japan	done
Field back pack (large size)	3	Japan	done
Field back pack (middle size)	3	Malawi	
Camping goods (head lamp, flash light)	4 each	Japan	done
Survey goods for Malawian C/Ps (field boots and clothes)	5 sets	Malawi	done
Consumables			
Plastic bag for sampling (middle size)	100	Japan	done
Sealable plastic bag for assay (small size)	20	Japan	done
Plastic bag for storage (large size)	41	Japan	done
Hand glove for sampling	9	Japan	done
Field note	10	Japan	done
Writing utensils: ball point pen, marker pen	4 each	Japan	done
Clip board (A4 size)	3	Japan	done
Packing tape	1	Japan	done
Printer paper (A4 size)	300	Malawi	



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Project: Malawi 2014

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and 18 columns of numerical data representing various analyte concentrations.

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Project: Malawi 2014

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and 18 columns of numerical data representing various analyte concentrations.

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Project: Malawi 2014

Page: 3 - C
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 9-JAN-2015
Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with 18 columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and 17 chemical element columns (ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61t, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t).

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Project: Malawi 2014

Page: 3 - D
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 9-JAN-2015
Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with 18 columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and 17 chemical element columns (ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61t, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t, ME-MS61r, ME-MS61t).

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 3 - E
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 9-JAN-2015
Account: SUREX
Project: Malawi 2014

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with columns for Sample Description, Method Analyte Units, LOR, ME-MS61r *Tim ppm, and ME-MS61r *Tb ppm. Rows include AT41-AT50, AT51-AT60, BS01-BS10, BS11-BS20.

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 4 - A
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 9-JAN-2015
Account: SUREX
Project: Malawi 2014

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with columns for Sample Description, Method Analyte Units, LOR, WEI-21 *Recid W kg, Au ppm, Au-143 ppm, ME-MS61r %Al, ME-MS61r %As, ME-MS61r %Sb, ME-MS61r %Bi, ME-MS61r %Ca, ME-MS61r %Cd, ME-MS61r %Ce, ME-MS61r %Cr, ME-MS61r %Cs, ME-MS61r %Cu.

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Project: Malawi 2014

Page: 5 - C
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 9-JAN-2015
Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and various ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r.

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Project: Malawi 2014

Page: 5 - D
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 9-JAN-2015
Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and various ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r, ME-MS61r.

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Project: Malawi 2014

Page: 6 - B
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 9-JAN-2015
Account: SUREX

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with 17 columns for elements (Pb, Sn, As, Sb, Bi, Zn, Cu, Ni, Cr, V, Ti, Mn, Si, Al, Fe, Ca, Mg) and 30 rows of sample data (DM04 to DT13).

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Project: Malawi 2014

Page: 6 - C
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 9-JAN-2015
Account: SUREX

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

Table with 17 columns for elements (Pb, Sn, As, Sb, Bi, Zn, Cu, Ni, Cr, V, Ti, Mn, Si, Al, Fe, Ca, Mg) and 30 rows of sample data (DM04 to DT13).

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Project: Malawi 2014

Page: Appendix 1
 Total # Appendix Pages: 1
 Finalized Date: 9-JAN-2015
 Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175566

CERTIFICATE COMMENTS	
Applies to Method:	<p>REE's may not be totally soluble in this method. ME-MS61r</p> <p style="text-align: center;">ANALYTICAL COMMENTS</p>
Applies to Method:	<p>Not SANAS Accredited Au-TL43 LOG-22 ME-MS61r SCR-41 WEI-21</p> <p style="text-align: center;">ACCREDITATION COMMENTS</p>
Applies to Method:	<p>Processed at ALS Johannesburg located at 53 Angus Crescent, Long Meadow Business Park, East Entrance, Edenvale - Johannesburg, GAUTENG, South Africa. Au-TL43 LOG-22 ME-MS61r SCR-41 WEI-21</p> <p style="text-align: center;">LABORATORY ADDRESSES</p>



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

Page: 1
 Total # Pages: 4 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 22-DEC-2014
 Account: SUREX

CERTIFICATE JB14175567

Project: Malawi 2014

This report is for 119 Sediment samples submitted to our lab in Johannesburg, GAUTENG, South Africa on 17-NOV-2014.

The following have access to data associated with this certificate:

MR TAKUMI ONUMA	IOKI SUZUKI	TOSHIHARU TASHIRO
-----------------	-------------	-------------------

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
LOG-22	Sample login - Rcd w/o BarCode
SCR-41	Screen to -180um and save both

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
Au-TL43	Trace Level Au - 25g AR	ICP-MS
ME-MS61r	48 element four acid ICP-MS + REEs	

To: SUMIKO RESOURCES EXPLORATION & DEVELOPMENT CO.
 LTD
 ATTN: MR TAKUMI ONUMA
 8-21, 3-CHOME
 TORANOMON, MINATO-KU
 TOKYO 1050001
 JAPAN

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Signature:

Martin Stone, Laboratory Manager, Johannesburg

Appendix 3-1



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 4 - E
 Total # Pages: 4 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 22-DEC-2014
 Account: SUREX

Project: Malawi 2014

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175567

Sample Description	Method Analyte Units LOR	ME-MS61r	ME-MS61r
		*1m ppm 0.01	*1b ppm 0.03
EM16		1.48	6.98
EM17		1.53	7.50
EM18		1.37	6.34
EM19		0.22	1.09
EM20		0.37	1.77
EM21		0.48	2.46
EM22		0.49	2.70
EM23		0.53	2.65
EM24		0.57	3.16
EM25		0.55	3.22
EM26		0.31	1.85
EM27		0.21	1.43
EM28		0.47	3.10
EM29		0.30	1.95
EM30		0.60	3.53
EM31		0.32	2.16
EM32		0.18	1.18
EM33		0.46	2.49
EM34		0.20	1.18
EM35		0.97	3.95
EM36		1.15	5.00
EM37		0.36	1.90
EM38		1.51	6.65
EM39		3.00	13.75
EM40		0.34	1.81
EM41		0.85	5.23
EM42		1.01	4.81
EM43		0.30	2.03
EM44		0.71	4.61
EM45		0.15	1.05
EM46		0.78	3.78
EM47		0.23	1.43
EM48		0.28	1.84
EM49		0.36	1.74
EM50		0.55	2.89
EM51		0.14	0.87
EM52		0.25	1.54
EM53		0.65	2.61
EM54		0.19	1.18

* Not SANAS Accredited ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: Appendix 1
 Total # Appendix Pages: 1
 Finalized Date: 22-DEC-2014
 Account: SUREX

Project: Malawi 2014

Johannesburg is a SANAS Accredited Testing Laboratory, No: T0387

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB14175567

CERTIFICATE COMMENTS	
Applies to Method:	<p style="text-align: center;">ANALYTICAL COMMENTS</p> <p>REE's may not be totally soluble in this method. ME-MS61r</p>
Applies to Method:	<p style="text-align: center;">ACCREDITATION COMMENTS</p> <p>Not SANAS Accredited Au-TL43 LOG-22 ME-MS61r SCR-41 WEI-21</p>
Applies to Method:	<p style="text-align: center;">LABORATORY ADDRESSES</p> <p>Processed at ALS Johannesburg located at 53 Angus Crescent, Long Meadow Business Park, East Entrance, Edenvale - Johannesburg, GAUTENG, South Africa. Au-TL43 LOG-22 ME-MS61r SCR-41 WEI-21</p>



Project: Malawi 2015

Minerals

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141326

Table with 17 columns: Sample Description, Method Analyte Units LOR, and various elements (Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, Li, Mg, Mn, Ni, Nb, Na, Ni, P, S, Sr, Ta, Te, Th, Tl, U, V, Zr) with their respective concentrations.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



Project: Malawi 2015

Minerals

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141326

Table with 17 columns: Sample Description, Method Analyte Units LOR, and various elements (Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, Li, Mg, Mn, Ni, Nb, Na, Ni, P, S, Sr, Ta, Te, Th, Tl, U, V, Zr) with their respective concentrations, including detection limits.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141326

Table with 17 columns (Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and 16 ME-MS61r values) and 51 rows of data.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141326

Table with 17 columns (Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and 16 ME-MS61r values) and 51 rows of data.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: Appendix 1
 Total # Appendix Pages: 1
 Finalized Date: 8-OCT-2015
 Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141326

CERTIFICATE COMMENTS	
	ANALYTICAL COMMENTS
Applies to Method:	REE's may not be totally soluble in this method. ME-MS61r
	LABORATORY ADDRESSES
Applies to Method:	Processed at ALS Johannesburg located at 53 Angus Crescent, Long Meadow Business Park, East Entrance, Edenvale - Johannesburg, GAUTENG, South Africa. LOG-22 WEI-21
Applies to Method:	Processed at ALS Vancouver located at 2103 Dollarton Hwy, North Vancouver, BC, Canada. Au-TL43 ME-MS61r SCR-41



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 1
 Total # Pages: 6 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 8-OCT-2015
 Account: SUREX

CERTIFICATE JB15141808

Project: Malawi 2015

This report is for 200 Sediment samples submitted to our lab in Johannesburg, GAUTENG, South Africa on 16-SEP-2015.

The following have access to data associated with this certificate:

MR TAKUMI ONUMA	IOKI SUZUKI	TOSHIHARU TASHIRO
-----------------	-------------	-------------------

SAMPLE PREPARATION	
ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
LOG-22	Sample login - Rcd w/o BarCode
SCR-41	Screen to -180um and save both

ANALYTICAL PROCEDURES		
ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
AU-TL43	Trace Level Au - 25g AR	ICP-MS
ME-MS61r	48 element four acid ICP-MS + REEs	

To: SUMIKO RESOURCES EXPLORATION & DEVELOPMENT CO.
 LTD
 ATTN: MR TAKUMI ONUMA
 8-21, 3-CHOME
 TORANOMON, MINATO-KU
 TOKYO 1050001
 JAPAN

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.
 ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Signature: 
 Colin Ramshaw, Vancouver Laboratory Manager



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 2 - C
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 8-OCT-2015
Account: SUREX
Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Table with columns for Method Analyte Units LOR and 17 elements (Al, Si, Fe, S, Zn, Sr, Dy, Er, Eu, Cd, Ho, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb) with rows for samples GM15 through HT37.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 2 - D
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 8-OCT-2015
Account: SUREX
Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Table with columns for Method Analyte Units LOR and 17 elements (Al, Si, Fe, S, Zn, Sr, Dy, Er, Eu, Cd, Ho, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb) with rows for samples GM15 through HT37.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Project: Malawi 2015

Page: 3 - B
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 8-OCT-2015
Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Table with 17 columns (Sample Description, Method Analyte Units LOR, and 16 elements: Fe, Ga, Ge, Hf, K, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, U, V, Zr) and 40 rows of data points.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Project: Malawi 2015

Page: 3 - C
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 8-OCT-2015
Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Table with 17 columns (Sample Description, Method Analyte Units LOR, and 16 elements: Fe, Ga, Ge, Hf, K, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, U, V, Zr) and 40 rows of data points.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Table with columns for Sample Description, Method Analyte Units LOR, and various chemical elements (Wt-%, Au, Ag, etc.) with corresponding values and detection limits.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Table with columns for Sample Description, Method Analyte Units LOR, and various chemical elements (ME-MS61r, Fe, Ca, Ge, etc.) with corresponding values and detection limits.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 6 - A
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 8-OCT-2015
Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and various chemical elements (Wt-%, Au, Ag, As, Bi, Br, Ca, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn) measured in different units.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 6 - B
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 8-OCT-2015
Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and various chemical elements (Al, Ba, Be, B, Bi, Br, Cd, Co, Cs, Ga, Ge, Hf, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, Pb, P, Pt, Rb, Se, Sr, Ta, Te, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn) measured in different units.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****

Appendix 3-1



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 6 - E
 Total # Pages: 6 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 8-OCT-2015
 Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

Sample Description	Method Analyte Units LOR	ME-MS61r	
		Tm ppm 0.01	Yb ppm 0.03
IM26		1.37	9.53
IM27		0.52	3.48
IM28		0.56	3.83
IM29		0.25	1.65
IM30		0.39	2.57
IM31		0.18	1.20
IM32		1.47	9.04
IM33		0.86	5.63
IM34		0.29	1.98
IM35		0.95	6.26
IM36		0.13	0.89
IM37		1.00	6.43
IM38		0.56	3.60
IM39		0.46	2.93
IM40		0.98	6.77
IM41		0.77	5.33
IM42		0.83	6.03
IM43		1.11	7.79
IM44		0.60	4.09
IM45		0.69	4.84
IM46		0.68	4.85
IM47		0.80	5.24
IM48		0.83	5.81
IM49		0.37	2.47
IM50		1.42	10.10
IM51		0.43	2.82
IM52		1.12	7.66
IM53		0.49	3.12
IM54		0.21	1.35
IM55		0.54	3.39
IM56		0.84	4.12
IM57		0.66	4.45
IM58		0.44	2.92
IM59		1.53	10.70
IM60		2.07	14.30
IM61		0.33	2.21
IM62		0.41	2.61
IM63		0.37	2.39
IM64		0.70	4.74
IM65		0.43	2.83

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: Appendix 1
 Total # Appendix Pages: 1
 Finalized Date: 8-OCT-2015
 Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141808

CERTIFICATE COMMENTS	
	ANALYTICAL COMMENTS
Applies to Method:	REE's may not be totally soluble in this method. ME-MS61r
	LABORATORY ADDRESSES
Applies to Method:	Processed at ALS Johannesburg located at 53 Angus Crescent, Long Meadow Business Park, East Entrance, Edenvale - Johannesburg, GAUTENG, South Africa. WEI-21
Applies to Method:	Processed at ALS Vancouver located at 2103 Dollarton Hwy, North Vancouver, BC, Canada. Au-TL43 LOG-22 ME-MS61r SCR-41

Appendix 3-1



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 2 - B
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 13-OCT-2015
Account: SUREX

Project: Malawi 2015
CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

Table with columns for Sample Description, Method Analyte Units LOR, and various elements (Fe, Ca, Ga, HF, K, Mg, Na, Ni, Pb, P, Si, Sr, Ti, U, V, Zn, Zr) with their respective concentrations.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 2 - C
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 13-OCT-2015
Account: SUREX

Project: Malawi 2015
CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

Table with columns for Sample Description, Method Analyte Units LOR, and various elements (Fe, Ca, Ga, HF, K, Mg, Na, Ni, Pb, P, Si, Sr, Ti, U, V, Zn, Zr) with their respective concentrations.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 3 - C
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 13-OCT-2015
Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

Table with columns for Sample Description, Method Analyte Units, and various chemical elements (Li, Na, K, Ca, Mg, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Mn, Cr, Ti, Sr, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Er, Yb, Lu, Hf, Zr, Nb, Mo, Sn, Ag, Cd, In, Te, Se, As, Sb, Te, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr) with numerical values.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 3 - D
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 13-OCT-2015
Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

Table with columns for Sample Description, Method Analyte Units, and various chemical elements (Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Mg, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Mn, Cr, Ti, Sr, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Er, Yb, Lu, Hf, Zr, Nb, Mo, Sn, Ag, Cd, In, Te, Se, As, Sb, Te, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr) with numerical values.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and 16 chemical elements (Fe, Ni, Pb, Zn, S, Sr, Se, Si, Sc, Cr, Mn, Ti, V, Tl, Cu, Ag).

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, and 16 chemical elements (Na, W, Ba, Rb, Cs, K, Ca, Mg, Sr, Zr, Nb, Hf, Ta, Th, U, Pu).

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****

Appendix 3-1



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 5 - E
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 13-OCT-2015
Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, ME-MS61r, ME-MS61r. Rows include samples IS93-IS97, JM01-JM10, JM11-JM15, JM16-JM20, JM21-JM25, JM26-JM30, JM31-JM35.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 6 - A
Total # Pages: 6 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 13-OCT-2015
Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

Table with columns: Sample Description, Method Analyte Units, LOR, WEI-21, Au, Tl, Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Cr, Cs, Cu. Rows include samples JM36-JM40, JS01-JS05, JS06-JS10, JS11-JS15, JS16-JS20, JS21-JS25, JS26-JS30, JS31-JS35.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: Appendix 1
 Total # Appendix Pages: 1
 Finalized Date: 13-OCT-2015
 Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141816

CERTIFICATE COMMENTS	
	ANALYTICAL COMMENTS
Applies to Method:	REE's may not be totally soluble in this method. ME-MS61r
	LABORATORY ADDRESSES
Applies to Method:	Processed at ALS Johannesburg located at 53 Angus Crescent, Long Meadow Business Park, East Entrance, Edenvale - Johannesburg, GAUTENG, South Africa. LOG-22
Applies to Method:	Processed at ALS Vancouver located at 2103 Dollarton Hwy, North Vancouver, BC, Canada. Au-TL43 ME-MS61r SCR-41 WEI-21



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 1
 Total # Pages: 4 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 6-OCT-2015
 Account: SUREX

CERTIFICATE JB15141821

Project: Malawi 2015

This report is for 110 Sediment samples submitted to our lab in Johannesburg, GAUTENG, South Africa on 16-SEP-2015.

The following have access to data associated with this certificate:

MR TAKUMI ONUMA	IOKI SUZUKI	TOSHIHARU TASHIRO
-----------------	-------------	-------------------

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
LOG-22	Sample login - Rcd w/o BarCode
SCR-41	Screen to -180um and save both

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
AU-TL43	Trace Level Au - 25g AR	ICP-MS
ME-MS61r	48 element four acid ICP-MS + REEs	

To: SUMIKO RESOURCES EXPLORATION & DEVELOPMENT CO.
 LTD
 ATTN: MR TAKUMI ONUMA
 8-21, 3-CHOME
 TORANOMON, MINATO-KU
 TOKYO 1050001
 JAPAN

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Signature:

Colin Ramshaw, Vancouver Laboratory Manager

Appendix 3-1



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Project: Malawi 2015

Page: 2 - A
Total # Pages: 4 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 6-OCT-2015
Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141821

Table with columns: Method Analyte Units LOR, and various chemical elements (Wt, Au, Ag, Al, As, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, In, K, La, Li, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, P, Pt, Se, Si, Sn, S, Ti, Tl, U, V, Zn, Zr) with corresponding values for samples JS36 to KT33.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
53 Angus Crescent
Long Meadow Business Park, East Entrance
Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Project: Malawi 2015

Page: 2 - B
Total # Pages: 4 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 6-OCT-2015
Account: SUREX

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141821

Table with columns: Method Analyte Units LOR, and various chemical elements (Me, Mn, Ni, Pb, P, Pt, Se, Si, Sn, S, Ti, Tl, U, V, Zn, Zr) with corresponding values for samples JS36 to KT33.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd. 53 Angus Crescent Long Meadow Business Park, East Entrance Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 4 - C Total # Pages: 4 (A - E) Plus Appendix Pages Finalized Date: 6-OCT-2015 Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141821

Table with 17 columns for elements (Pb, Bi, Ba, S, Sb, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Tl, U) and 17 rows for samples (KM20 to KM49). Each row contains concentration values in ppm and % along with detection limits.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd. 53 Angus Crescent Long Meadow Business Park, East Entrance Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 4 - D Total # Pages: 4 (A - E) Plus Appendix Pages Finalized Date: 6-OCT-2015 Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141821

Table with 17 columns for elements (V, W, Y, Zn, Zr, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb) and 17 rows for samples (KM20 to KM49). Each row contains concentration values in ppm and % along with detection limits.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: 4 - E
 Total # Pages: 4 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 6-OCT-2015
 Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141821

Sample Description	Method Analyte Units LOR	ME-MS61r	
		Tm ppm 0.01	Yb ppm 0.03
KM20		0.90	5.71
KM21		1.59	9.84
KM22		2.12	13.75
KM23		0.99	6.45
KM24		1.55	8.69
KM25		0.75	4.79
KM26		0.63	4.13
KM27		1.03	6.53
KM28		0.56	3.42
KM29		1.23	7.94
KM30		1.72	11.35
KM31		1.00	6.60
KM32		1.11	7.16
KM33		0.75	4.67
KM34		1.13	7.48
KM35		1.05	6.74
KM36		0.75	4.74
KM37		0.96	5.99
KM38		0.50	3.29
KM39		0.50	3.09
KM40		1.47	9.40
KM41		0.59	3.62
KM42		0.54	3.47
KM43		0.91	6.07
KM44		0.93	6.34
KM45		2.05	14.10
KM46		0.72	4.85
KM47		1.37	9.16
KM48		1.35	8.91
KM49		0.92	6.00

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Chemex South Africa (Pty) Ltd.
 53 Angus Crescent
 Long Meadow Business Park, East Entrance
 Edenvale - Johannesburg GAUTENG 1610
 Phone: +27 11 608 0555 Fax: +27 11 608 3163 www.alsglobal.com

Page: Appendix 1
 Total # Appendix Pages: 1
 Finalized Date: 6-OCT-2015
 Account: SUREX

Project: Malawi 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS JB15141821

CERTIFICATE COMMENTS	
	ANALYTICAL COMMENTS
Applies to Method:	REE's may not be totally soluble in this method. ME-MS61r
	LABORATORY ADDRESSES
Applies to Method:	Processed at ALS Johannesburg located at 53 Angus Crescent, Long Meadow Business Park, East Entrance, Edenvale - Johannesburg, GAUTENG, South Africa. LOG-22 WEI-21
Applies to Method:	Processed at ALS Vancouver located at 2103 Dollarton Hwy, North Vancouver, BC, Canada. Au-TL43 ME-MS61r SCR-41

Basic statistics (GC01: Chitipa area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.004	0.890	2420.000	3.180	0.330	79.000	822.000	54.700	21.700	347.000	11.900
Minimum	0.001	0.005	280.000	0.610	0.020	4.900	22.000	8.100	1.610	22.200	2.700
Median	0.001	0.030	630.000	1.120	0.060	32.400	107.500	26.650	7.985	39.150	4.400
Mean	0.001	0.071	764.500	1.308	0.077	31.125	146.467	28.317	8.258	49.265	4.692
σ	0.001	0.132	431.232	0.608	0.058	14.492	137.111	10.870	3.461	44.493	1.690
M+ σ	0.002	0.203	1195.732	1.916	0.135	45.617	283.578	39.187	11.718	93.758	6.382
M+1.5 σ	1.502	1.703	1197.232	3.416	1.635	47.117	285.078	40.687	13.218	95.258	7.882
M+2 σ	0.003	0.335	1626.965	2.524	0.192	60.110	420.689	50.057	15.179	138.251	8.072
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	8700.000	2.710	500.000	158.500	1480.000	18.700	6.700	742.000	56.200	10.000	15.200
Minimum	491.000	0.430	12.900	5.300	70.000	5.800	0.900	82.500	1.000	0.339	0.400
Median	1845.000	1.205	57.600	35.750	480.000	10.400	2.000	303.000	3.130	1.798	1.600
Mean	2542.817	1.312	109.747	41.087	535.667	11.002	2.400	333.900	6.783	2.264	2.385
σ	2064.496	0.582	118.953	30.657	316.788	3.159	1.464	157.649	8.760	1.786	2.486
M+ σ	4607.313	1.894	228.700	71.744	852.455	14.161	3.864	491.549	15.543	4.051	4.871
M+1.5 σ	4608.813	3.394	230.200	73.244	853.955	15.661	5.364	493.049	17.043	5.551	6.371
M+2 σ	6671.808	2.477	347.652	102.401	1169.242	17.320	5.328	649.198	24.303	5.837	7.358
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	594.000	3.700	62.800	163.000	375.000	20.200	40.800	293.000	51.800	4.810	7.030
Minimum	36.000	0.500	9.600	17.000	27.400	1.940	1.980	16.300	2.690	0.310	0.820
Median	191.000	1.000	19.000	68.000	95.750	4.235	5.165	36.100	6.650	0.750	1.860
Mean	203.200	1.107	23.333	72.767	110.002	5.501	7.105	46.215	8.516	0.993	2.272
σ	93.787	0.558	11.380	33.224	69.497	3.254	5.752	37.868	6.742	0.708	1.047
M+ σ	296.987	1.665	34.713	105.991	179.498	8.754	12.856	84.083	15.258	1.702	3.319
M+1.5 σ	298.487	3.165	36.213	107.491	180.998	10.254	14.356	85.583	16.758	3.202	4.819
M+2 σ	390.775	2.223	46.093	139.215	248.995	12.008	18.608	121.952	22.000	2.410	4.366

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC02: Chitipa area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.012	0.670	990.000	2.170	0.230	49.400	605.000	46.300	25.200	510.000	14.600
Minimum	0.001	0.005	130.000	0.380	0.010	5.500	35.000	7.200	2.630	22.600	2.800
Median	0.002	0.060	600.000	0.895	0.105	19.350	98.000	21.150	6.605	67.000	6.250
Mean	0.002	0.104	585.217	0.920	0.105	22.274	128.630	22.124	8.215	91.272	6.948
σ	0.002	0.133	209.541	0.347	0.049	11.355	103.537	8.330	4.982	82.271	3.020
M+ σ	0.004	0.237	794.759	1.268	0.154	33.629	232.167	30.454	13.197	173.543	9.968
M+1.5 σ	1.504	1.737	796.259	2.768	1.654	35.129	233.667	31.954	14.697	175.043	11.468
M+2 σ	0.005	0.370	1004.300	1.615	0.204	44.983	335.704	38.784	18.179	255.815	12.988
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	2780.000	2.200	333.000	67.000	2230.000	19.100	4.800	432.000	15.150	3.610	14.300
Minimum	256.000	0.330	5.200	8.900	100.000	7.900	1.100	29.500	0.250	0.258	1.000
Median	999.000	1.175	23.700	26.800	360.000	14.850	1.900	183.500	1.500	0.994	3.000
Mean	1056.717	1.143	39.561	29.480	440.217	14.352	2.111	196.093	2.629	1.114	4.024
σ	459.097	0.495	52.378	12.459	326.693	2.461	0.852	117.989	3.132	0.664	2.907
M+ σ	1515.814	1.639	91.939	41.939	766.910	16.814	2.963	314.083	5.761	1.778	6.931
M+1.5 σ	1517.314	3.139	93.439	43.439	768.410	18.314	4.463	315.583	7.261	3.278	8.431
M+2 σ	1974.911	2.134	144.316	54.398	1093.603	19.275	3.814	432.072	8.892	2.442	9.839
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	408.000	3.600	87.000	137.000	428.000	26.400	57.000	391.000	66.300	5.780	4.760
Minimum	70.000	0.100	9.300	19.000	34.700	2.240	3.340	20.900	4.200	0.450	0.420
Median	156.000	0.800	26.850	52.000	74.150	5.420	8.075	62.950	11.550	1.080	1.940
Mean	178.000	0.909	28.639	55.522	94.911	6.661	10.635	78.376	13.976	1.334	2.025
σ	80.023	0.523	12.841	20.271	77.872	4.157	8.907	62.988	10.713	0.946	0.938
M+ σ	258.023	1.432	41.480	75.792	172.783	10.819	19.542	141.364	24.689	2.280	2.964
M+1.5 σ	259.523	2.932	42.980	77.292	174.283	12.319	21.042	142.864	26.189	3.780	4.464
M+2 σ	338.047	1.954	54.321	96.063	250.655	14.976	28.449	204.351	35.403	3.227	3.902

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC03: Rumphi area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.003	0.900	1830.000	3.170	0.060	44.900	465.000	59.700	12.900	980.000	16.700
Minimum	0.001	0.020	260.000	0.680	0.010	2.800	6.000	5.300	1.180	17.300	3.100
Median	0.002	0.080	610.000	1.460	0.020	12.100	58.000	15.400	4.160	46.300	6.700
Mean	0.002	0.174	726.078	1.585	0.025	13.133	84.039	16.818	4.969	101.914	6.749
σ	0.001	0.179	374.690	0.533	0.010	8.335	98.704	9.915	2.971	161.807	2.426
M+ σ	0.002	0.354	1100.768	2.118	0.035	21.469	182.743	26.732	7.940	263.721	9.175
M+1.5 σ	1.502	1.854	1102.268	3.618	1.535	22.969	184.243	28.232	9.440	265.221	10.675
M+2 σ	0.003	0.533	1475.458	2.652	0.045	29.804	281.447	36.647	10.911	425.528	11.602
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	6000.000	4.150	448.000	83.900	2630.000	51.000	3.800	500.000	30.600	4.580	19.000
Minimum	356.000	0.430	11.600	3.400	120.000	10.700	0.900	49.800	0.520	0.196	0.400
Median	894.000	1.460	60.200	17.300	300.000	16.600	2.200	121.500	2.890	0.528	1.600
Mean	1259.039	1.513	103.665	19.255	394.902	19.127	2.131	154.457	6.238	0.950	3.075
σ	1034.668	0.757	100.568	15.247	398.090	7.481	0.668	96.697	6.919	0.995	3.631
M+ σ	2293.707	2.270	204.232	34.502	792.992	26.608	2.799	251.154	13.156	1.944	6.705
M+1.5 σ	2295.207	3.770	205.732	36.002	794.492	28.108	4.299	252.654	14.656	3.444	8.205
M+2 σ	3328.375	3.026	304.800	49.749	1191.083	34.089	3.467	347.850	20.075	2.939	10.336
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	540.000	2.600	174.500	108.000	500.000	52.200	114.500	808.000	140.000	13.250	5.600
Minimum	12.000	0.300	7.600	20.000	25.500	1.660	2.130	13.800	2.390	0.290	0.740
Median	63.000	0.700	16.900	49.000	69.600	3.590	5.370	38.100	6.140	0.730	1.480
Mean	100.353	0.910	22.851	52.706	105.141	6.087	11.984	85.355	14.984	1.420	1.734
σ	100.684	0.629	25.923	19.557	105.351	8.203	19.179	135.635	23.847	2.158	0.861
M+ σ	201.036	1.539	48.774	72.263	210.493	14.291	31.162	220.990	38.830	3.578	2.595
M+1.5 σ	202.536	3.039	50.274	73.763	211.993	15.791	32.662	222.490	40.330	5.078	4.095
M+2 σ	301.720	2.168	74.697	91.820	315.844	22.494	50.341	356.625	62.677	5.735	3.456

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC04: Rumphi area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.002	4.870	4540.000	3.430	0.990	31.600	120.000	67.900	27.100	280.000	18.800
Minimum	0.001	0.005	260.000	0.400	0.005	1.400	2.000	0.100	0.930	14.200	2.100
Median	0.001	0.150	1000.000	1.320	0.020	7.000	15.000	9.000	3.630	52.600	6.100
Mean	0.001	0.397	1293.673	1.542	0.047	8.212	24.816	10.414	5.610	76.569	6.929
σ	0.001	0.756	969.510	0.799	0.139	5.997	26.128	9.723	4.869	56.380	3.962
M+ σ	0.002	1.153	2263.184	2.341	0.186	14.210	50.944	20.137	10.479	132.950	10.891
M+1.5 σ	1.502	2.653	2264.684	3.841	1.686	15.710	52.444	21.637	11.979	134.450	12.391
M+2 σ	0.002	1.908	3232.694	3.140	0.325	20.207	77.073	29.860	15.348	189.330	14.852
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	13750.000	10.800	500.000	28.400	1970.000	2990.000	500.000	2530.000	76.600	9.940	26.900
Minimum	292.000	0.450	7.100	1.100	70.000	8.300	0.500	25.600	0.470	0.087	0.200
Median	1340.000	1.790	113.000	5.500	330.000	16.200	2.600	161.500	6.810	0.871	1.600
Mean	2122.857	2.152	174.267	8.861	506.939	77.867	13.167	284.294	12.618	1.557	2.516
σ	2450.613	1.746	150.983	6.860	448.081	420.356	70.291	416.784	17.165	1.960	3.830
M+ σ	4573.470	3.899	325.250	15.722	955.020	498.223	83.459	701.078	29.783	3.517	6.346
M+1.5 σ	4574.970	5.399	326.750	17.222	956.520	499.723	84.959	702.578	31.283	5.017	7.846
M+2 σ	7024.083	5.645	476.233	22.582	1403.100	918.579	153.750	1117.862	46.949	5.476	10.176
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	405.000	6.500	139.000	286.000	500.000	23.400	34.700	253.000	40.800	4.900	20.600
Minimum	1.000	0.100	8.400	27.000	14.500	2.030	2.450	13.100	2.640	0.390	0.650
Median	42.000	0.700	21.300	78.000	79.700	4.860	6.740	47.600	7.750	0.940	1.970
Mean	59.020	1.012	29.651	87.612	152.159	6.355	9.252	65.984	10.881	1.282	2.956
σ	71.814	1.137	24.809	51.888	151.996	4.574	6.363	49.444	7.725	0.908	3.025
M+ σ	130.834	2.150	54.460	139.500	304.155	10.929	15.615	115.427	18.606	2.190	5.981
M+1.5 σ	132.334	3.650	55.960	141.000	305.655	12.429	17.115	116.927	20.106	3.690	7.481
M+2 σ	202.648	3.287	79.270	191.388	456.152	15.503	21.977	164.871	26.332	3.099	9.007

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC05: Mzimba area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.011	0.400	1590.000	6.610	0.950	29.100	122.000	32.000	10.950	4070.000	51.800
Minimum	0.001	0.005	360.000	0.100	0.005	0.800	5.000	0.100	0.390	2.900	1.100
Median	0.001	0.010	740.000	1.440	0.080	5.600	25.000	5.300	1.730	332.000	10.600
Mean	0.002	0.032	750.619	1.719	0.108	6.515	31.478	5.830	2.507	537.403	13.334
σ	0.002	0.052	219.252	1.095	0.116	4.607	23.106	4.855	1.948	658.979	8.985
M+ σ	0.003	0.083	969.871	2.815	0.224	11.122	54.584	10.685	4.455	1196.382	22.319
M+1.5 σ	1.503	1.583	971.371	4.315	1.724	12.622	56.084	12.185	5.955	1197.882	23.819
M+2 σ	0.005	0.135	1189.123	3.910	0.340	15.730	77.690	15.540	6.402	1855.360	31.305
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	3100.000	1.740	137.500	37.100	3790.000	157.500	6.300	198.000	8.130	4.450	217.000
Minimum	180.000	0.025	0.800	1.200	100.000	2.500	0.100	7.500	0.050	0.037	0.100
Median	606.000	0.280	8.800	7.500	820.000	41.500	1.500	110.000	0.740	0.357	17.900
Mean	749.257	0.322	17.458	9.267	988.142	46.366	1.872	109.907	1.298	0.691	28.981
σ	549.910	0.246	22.913	5.800	693.874	22.256	1.290	27.537	1.502	0.797	37.135
M+ σ	1299.167	0.568	40.371	15.067	1682.016	68.623	3.162	137.444	2.800	1.488	66.117
M+1.5 σ	1300.667	2.068	41.871	16.567	1683.516	70.123	4.662	138.944	4.300	2.988	67.617
M+2 σ	1849.077	0.814	63.284	20.867	2375.890	90.879	4.452	164.982	4.302	2.285	103.252
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	206.000	5.300	403.000	100.000	500.000	156.500	396.000	3780.000	634.000	40.500	13.750
Minimum	6.000	0.100	0.900	5.000	6.000	0.160	0.240	2.200	0.390	0.030	0.080
Median	33.000	0.600	54.900	22.000	240.000	16.150	32.000	272.000	45.000	3.580	2.490
Mean	48.221	1.040	79.200	28.204	252.898	23.979	53.203	451.256	77.572	5.794	3.091
σ	42.646	1.066	83.613	18.606	164.033	28.667	66.798	575.906	98.947	7.077	2.537
M+ σ	90.867	2.106	162.813	46.810	416.931	52.646	120.001	1027.162	176.519	12.871	5.628
M+1.5 σ	92.367	3.606	164.313	48.310	418.431	54.146	121.501	1028.662	178.019	14.371	7.128
M+2 σ	133.513	3.173	246.425	65.416	580.964	81.312	186.799	1603.068	275.466	19.947	8.165

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC06: Kasungu area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.133	0.110	1740.000	3.520	5.910	39.200	316.000	58.500	30.800	1220.000	36.000
Minimum	0.001	0.005	180.000	0.670	0.060	5.100	14.000	3.700	1.650	5.500	3.900
Median	0.001	0.030	810.000	1.450	0.205	17.750	96.000	17.350	4.820	23.550	10.450
Mean	0.004	0.032	850.900	1.545	0.299	18.977	104.550	19.955	6.168	63.835	12.140
σ	0.017	0.022	320.877	0.560	0.598	7.460	64.832	10.328	4.605	137.067	6.900
M+ σ	0.021	0.054	1171.777	2.105	0.897	26.437	169.382	30.283	10.772	200.902	19.040
M+1.5 σ	1.521	1.554	1173.277	3.605	2.397	27.937	170.882	31.783	12.272	202.402	20.540
M+2 σ	0.038	0.076	1492.654	2.664	1.495	33.897	234.215	40.611	15.377	337.969	25.939
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	6050.000	6.550	500.000	90.500	4540.000	51.100	15.100	541.000	40.500	10.000	88.300
Minimum	330.000	0.260	4.200	5.000	170.000	10.000	0.600	82.900	0.290	0.325	0.700
Median	973.500	0.610	23.050	32.250	435.000	19.250	1.600	245.500	1.535	1.020	2.600
Mean	1229.060	0.796	40.183	34.120	629.300	22.222	2.069	261.899	2.804	1.620	4.742
σ	950.547	0.754	56.893	17.686	645.206	9.140	1.883	103.422	4.376	1.687	9.082
M+ σ	2179.607	1.550	97.076	51.806	1274.506	31.362	3.952	365.321	7.180	3.307	13.824
M+1.5 σ	2181.107	3.050	98.576	53.306	1276.006	32.862	5.452	366.821	8.680	4.807	15.324
M+2 σ	3130.153	2.304	153.970	69.492	1919.712	40.502	5.836	468.743	11.556	4.994	22.906
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	820.000	58.200	234.000	129.000	500.000	83.300	154.000	1000.000	232.000	19.450	10.050
Minimum	38.000	0.400	6.100	23.000	30.000	1.280	1.420	6.300	1.480	0.230	0.550
Median	126.500	1.400	20.450	49.000	72.500	4.600	5.290	27.400	6.045	0.790	2.005
Mean	151.660	2.595	28.513	55.110	120.579	6.910	9.863	59.823	12.987	1.357	2.424
σ	117.240	6.134	28.393	24.532	122.697	9.531	17.536	116.014	26.400	2.228	1.540
M+ σ	268.900	8.729	56.906	79.642	243.276	16.441	27.399	175.837	39.387	3.585	3.964
M+1.5 σ	270.400	10.229	58.406	81.142	244.776	17.941	28.899	177.337	40.887	5.085	5.464
M+2 σ	386.139	14.863	85.299	104.174	365.973	25.973	44.935	291.850	65.787	5.813	5.504

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC07: Lilongwe area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.001	0.150	1150.000	14.050	5.040	26.200	181.000	16.600	4.750	104.000	81.700
Minimum	0.001	0.005	110.000	0.300	0.010	0.400	2.000	0.400	0.190	2.700	1.900
Median	0.001	0.020	640.000	2.490	0.170	2.000	5.000	2.000	1.260	20.700	17.500
Mean	0.001	0.030	617.573	3.580	0.258	3.552	10.534	3.332	1.487	27.130	23.046
σ	0.000	0.029	236.854	3.025	0.506	4.032	20.098	3.168	1.033	21.004	17.431
M+ σ	0.001	0.059	854.427	6.605	0.764	7.585	30.632	6.500	2.521	48.134	40.477
M+1.5 σ	1.501	1.559	855.927	8.105	2.264	9.085	32.132	8.000	4.021	49.634	41.977
M+2 σ	0.001	0.088	1091.281	9.630	1.269	11.617	50.729	9.668	3.554	69.138	57.908
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	2680.000	1.400	33.200	29.800	2040.000	42.200	10.200	283.000	3.420	2.930	61.200
Minimum	27.000	0.100	2.200	0.400	50.000	10.800	0.300	22.200	0.160	0.058	0.800
Median	240.000	0.370	9.000	1.600	250.000	21.600	2.600	93.900	0.910	0.204	5.700
Mean	368.155	0.481	10.816	3.371	378.835	23.201	2.911	97.072	0.978	0.251	7.057
σ	442.306	0.290	6.103	4.673	369.369	7.248	1.889	45.621	0.583	0.304	6.564
M+ σ	810.462	0.771	16.918	8.044	748.204	30.449	4.800	142.693	1.561	0.554	13.621
M+1.5 σ	811.962	2.271	18.418	9.544	749.704	31.949	6.300	144.193	3.061	2.054	15.121
M+2 σ	1252.768	1.061	23.021	12.717	1117.573	37.696	6.689	188.315	2.144	0.858	20.185
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	90.000	44.000	148.500	145.000	500.000	25.200	24.300	109.000	23.900	4.030	21.100
Minimum	5.000	0.100	6.900	2.000	21.900	1.290	1.320	3.900	1.180	0.210	0.760
Median	15.000	1.200	46.900	34.000	189.500	7.830	6.180	24.900	6.090	1.190	6.010
Mean	19.990	2.582	53.139	39.864	235.454	9.132	7.935	31.171	7.591	1.375	6.707
σ	16.237	6.310	32.252	31.508	157.566	5.652	5.256	23.245	5.193	0.886	4.092
M+ σ	36.227	8.892	85.391	71.372	393.020	14.784	13.191	54.416	12.784	2.261	10.799
M+1.5 σ	37.727	10.392	86.891	72.872	394.520	16.284	14.691	55.916	14.284	3.761	12.299
M+2 σ	52.464	15.202	117.643	102.881	550.586	20.436	18.446	77.662	17.976	3.146	14.891

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC08: Mangochi area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.002	0.150	2700.000	5.150	0.770	43.700	284.000	33.600	29.300	2040.000	27.700
Minimum	0.001	0.005	210.000	0.710	0.010	3.900	10.000	1.900	1.590	18.300	3.800
Median	0.001	0.010	985.000	2.150	0.060	16.650	76.000	9.800	6.790	164.250	8.550
Mean	0.001	0.020	1056.667	2.290	0.082	18.506	90.220	11.011	9.908	274.126	9.855
σ	0.000	0.021	464.956	1.009	0.093	8.892	57.167	5.332	7.050	345.109	4.301
M+ σ	0.001	0.041	1521.623	3.300	0.175	27.398	147.387	16.343	16.958	619.235	14.155
M+1.5 σ	1.501	1.541	1523.123	4.800	1.675	28.898	148.887	17.843	18.458	620.735	15.655
M+2 σ	0.001	0.062	1986.579	4.309	0.268	36.290	204.553	21.674	24.008	964.344	18.456
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	7910.000	13.900	430.000	54.600	3980.000	129.000	38.700	941.000	21.800	10.000	110.000
Minimum	344.000	0.430	8.700	3.900	240.000	7.100	0.800	48.900	0.400	0.229	0.200
Median	1425.000	1.715	80.600	20.150	895.000	31.850	5.750	326.500	5.210	1.885	6.100
Mean	1829.098	2.587	110.310	20.957	1140.152	32.339	7.687	339.820	6.632	3.107	11.519
σ	1257.067	2.435	94.092	10.062	751.077	13.471	6.357	152.844	5.433	2.658	16.647
M+ σ	3086.166	5.022	204.402	31.019	1891.229	45.810	14.044	492.664	12.065	5.764	28.166
M+1.5 σ	3087.666	6.522	205.902	32.519	1892.729	47.310	15.544	494.164	13.565	7.264	29.666
M+2 σ	4343.233	7.457	298.494	41.081	2642.305	59.280	20.402	645.508	17.497	8.422	44.813
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	866.000	63.400	272.000	332.000	500.000	94.000	235.000	1000.000	376.000	25.600	32.800
Minimum	18.000	0.100	14.400	19.000	15.700	3.060	3.530	19.700	4.010	0.530	1.330
Median	146.000	2.200	48.100	98.000	227.000	10.800	17.300	143.750	25.300	2.160	4.425
Mean	213.008	3.970	60.998	115.295	264.317	14.903	27.254	229.591	43.024	3.217	5.370
σ	164.094	7.267	43.556	63.674	167.488	13.122	32.125	242.286	55.252	3.430	3.406
M+ σ	377.101	11.237	104.554	178.970	431.805	28.025	59.379	471.877	98.276	6.646	8.776
M+1.5 σ	378.601	12.737	106.054	180.470	433.305	29.525	60.879	473.377	99.776	8.146	10.276
M+2 σ	541.195	18.504	148.110	242.644	599.293	41.147	91.505	714.164	153.527	10.076	12.183

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC09: Balaka area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.035	0.130	4160.000	2.820	0.280	63.600	1220.000	74.200	27.300	10000.000	38.200
Minimum	0.001	0.005	60.000	0.260	0.010	5.900	7.000	4.200	1.660	3.400	2.000
Median	0.001	0.020	310.000	1.070	0.070	23.000	59.500	17.950	7.780	25.050	5.300
Mean	0.001	0.023	560.684	1.083	0.078	24.270	106.763	20.447	9.055	155.047	6.174
σ	0.003	0.017	674.980	0.470	0.051	9.583	144.715	11.313	5.028	799.304	3.886
M+ σ	0.004	0.039	1235.664	1.553	0.129	33.853	251.478	31.760	14.082	954.351	10.060
M+1.5 σ	1.504	1.539	1237.164	3.053	1.629	35.353	252.978	33.260	15.582	955.851	11.560
M+2 σ	0.007	0.056	1910.644	2.024	0.180	43.435	396.192	43.073	19.110	1753.655	13.946
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	16400.000	75.700	328.000	265.000	10000.000	40.200	12.100	2770.000	19.600	10.000	20.800
Minimum	294.000	0.120	4.400	7.700	190.000	1.700	0.500	115.500	0.240	0.257	0.100
Median	1555.000	0.985	22.600	27.100	1285.000	7.600	1.850	361.500	1.280	1.620	1.100
Mean	1878.632	1.856	39.279	38.829	2228.158	9.033	2.412	496.068	2.089	2.285	1.776
σ	1431.887	5.718	46.668	37.748	2292.118	6.351	1.746	382.946	2.428	1.970	2.379
M+ σ	3310.518	7.575	85.948	76.578	4520.276	15.384	4.158	879.015	4.517	4.255	4.155
M+1.5 σ	3312.018	9.075	87.448	78.078	4521.776	16.884	5.658	880.515	6.017	5.755	5.655
M+2 σ	4742.405	13.293	132.616	114.326	6812.395	21.735	5.904	1261.961	6.945	6.225	6.534
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	1100.000	3.300	101.500	1370.000	335.000	39.000	158.000	1000.000	549.000	12.800	14.300
Minimum	39.000	0.100	8.900	25.000	4.700	1.640	1.840	7.500	2.130	0.270	0.890
Median	208.500	0.500	40.300	89.000	28.000	8.145	9.270	40.200	9.370	1.415	4.135
Mean	246.821	0.638	44.263	105.558	41.496	8.971	12.270	91.232	19.390	1.622	4.468
σ	174.423	0.544	18.652	107.454	42.112	4.648	14.199	166.534	46.773	1.229	2.110
M+ σ	421.244	1.182	62.915	213.012	83.608	13.619	26.469	257.765	66.164	2.851	6.578
M+1.5 σ	422.744	2.682	64.415	214.512	85.108	15.119	27.969	259.265	67.664	4.351	8.078
M+2 σ	595.667	1.726	81.567	320.466	125.721	18.267	40.668	424.299	112.937	4.080	8.688

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC10: Balaka area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.006	0.050	3970.000	3.770	0.300	47.400	1340.000	55.000	34.100	318.000	15.400
Minimum	0.001	0.005	270.000	0.740	0.020	3.900	10.000	4.400	1.140	6.400	2.200
Median	0.001	0.020	905.000	2.050	0.105	19.950	61.500	15.400	6.430	27.450	5.750
Mean	0.001	0.020	1122.073	1.988	0.109	20.826	104.220	18.280	8.478	59.807	6.256
σ	0.001	0.011	736.625	0.582	0.043	9.899	169.013	9.547	6.292	74.205	2.485
M+ σ	0.002	0.031	1858.698	2.570	0.152	30.725	273.232	27.828	14.769	134.013	8.741
M+1.5 σ	1.502	1.531	1860.198	4.070	1.652	32.225	274.732	29.328	16.269	135.513	10.241
M+2 σ	0.003	0.043	2595.323	3.152	0.195	40.624	442.245	37.375	21.061	208.218	11.225
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	3580.000	6.650	147.500	194.000	10000.000	25.600	8.000	2950.000	9.750	6.740	11.500
Minimum	229.000	0.420	2.300	4.000	230.000	5.500	0.400	192.500	0.080	0.318	1.000
Median	1175.000	1.830	29.400	24.250	2785.000	15.500	2.850	473.000	1.880	1.463	4.900
Mean	1258.780	2.073	35.294	32.490	3350.732	15.545	3.215	655.811	2.195	1.639	5.148
σ	703.509	1.202	24.283	31.780	2777.432	4.295	1.675	567.606	1.612	1.168	2.540
M+ σ	1962.289	3.274	59.577	64.271	6128.164	19.840	4.889	1223.417	3.807	2.807	7.687
M+1.5 σ	1963.789	4.774	61.077	65.771	6129.664	21.340	6.389	1224.917	5.307	4.307	9.187
M+2 σ	2665.798	4.476	83.860	96.051	8905.596	24.135	6.564	1791.023	5.419	3.976	10.227
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	950.000	25.800	150.500	170.000	394.000	28.400	41.900	463.000	71.300	4.930	14.500
Minimum	34.000	0.200	10.300	15.000	7.600	1.810	1.910	8.700	2.180	0.320	1.090
Median	187.500	1.100	51.150	77.000	78.850	10.025	11.200	50.800	12.275	1.740	4.540
Mean	231.415	1.561	51.888	78.195	104.122	9.939	12.375	83.395	16.081	1.763	5.066
σ	161.088	2.862	27.381	33.152	85.310	5.403	8.752	97.836	15.198	1.016	2.638
M+ σ	392.503	4.423	79.269	111.348	189.432	15.342	21.127	181.231	31.279	2.779	7.704
M+1.5 σ	394.003	5.923	80.769	112.848	190.932	16.842	22.627	182.731	32.779	4.279	9.204
M+2 σ	553.592	7.285	106.650	144.500	274.742	20.746	29.879	279.067	46.477	3.795	10.342

note) σ : Standard deviation, M: Mean

Basic statistics (GC11: Nsanje area)

Element	Au	Ag	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Maximum	0.501	0.220	1280.000	4.360	0.670	52.100	626.000	61.500	28.500	3060.000	32.700
Minimum	0.001	0.005	80.000	0.230	0.030	8.900	28.000	3.200	2.210	3.400	3.600
Median	0.001	0.020	740.000	2.110	0.090	20.500	100.000	18.900	6.360	168.500	11.500
Mean	0.008	0.030	760.777	2.102	0.121	21.720	126.194	21.018	7.518	282.138	12.844
σ	0.053	0.029	254.336	0.808	0.103	7.984	86.551	10.084	4.369	421.843	5.950
M+ σ	0.061	0.059	1015.113	2.910	0.224	29.704	212.745	31.102	11.887	703.981	18.794
M+1.5 σ	1.561	1.559	1016.613	4.410	1.724	31.204	214.245	32.602	13.387	705.481	20.294
M+2 σ	0.114	0.088	1269.449	3.718	0.327	37.688	299.296	41.186	16.256	1125.824	24.744
Element	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ta	Ti	U
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
Maximum	5750.000	6.840	500.000	158.500	5260.000	70.100	12.500	1775.000	93.600	8.930	165.000
Minimum	419.000	0.130	2.900	13.300	280.000	3.200	0.200	71.400	0.220	0.254	0.200
Median	1860.000	2.000	65.500	32.800	1860.000	22.200	2.300	349.000	3.890	1.145	5.800
Mean	2077.573	2.173	124.805	40.444	2056.505	23.273	2.787	495.412	8.243	1.638	12.650
σ	914.463	1.353	136.240	23.995	987.248	12.907	1.954	350.165	12.544	1.531	22.700
M+ σ	2992.036	3.526	261.045	64.438	3043.752	36.180	4.741	845.576	20.787	3.169	35.349
M+1.5 σ	2993.536	5.026	262.545	65.938	3045.252	37.680	6.241	847.076	22.287	4.669	36.849
M+2 σ	3906.499	4.879	397.286	88.433	4031.000	49.087	6.695	1195.741	33.331	4.701	58.049
Element	V	W	Y	Zn	Zr	Dy	Gd	Nd	Sm	Tb	Yb
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	1000.000	46.100	282.000	203.000	500.000	96.500	238.000	1000.000	427.000	25.100	14.100
Minimum	44.000	0.100	4.300	25.000	10.300	0.960	1.200	6.200	1.510	0.170	0.380
Median	132.000	1.400	60.400	100.000	121.000	11.900	15.800	135.000	21.700	2.170	5.140
Mean	168.485	3.075	66.246	102.602	161.466	14.466	25.195	219.482	40.618	2.998	5.612
σ	137.400	6.275	39.385	36.282	133.963	12.089	32.651	246.149	60.417	3.266	2.765
M+ σ	305.885	9.350	105.630	138.884	295.429	26.555	57.845	465.630	101.035	6.265	8.377
M+1.5 σ	307.385	10.850	107.130	140.384	296.929	28.055	59.345	467.130	102.535	7.765	9.877
M+2 σ	443.285	15.625	145.015	175.165	429.393	38.643	90.496	711.779	161.451	9.531	11.142

note) σ : Standard deviation, M: Mean

