

エチオピア連邦民主共和国
水灌漑電力省

エチオピア連邦民主共和国
アワシュ川中流域
地下水開発計画プロジェクト

ファイナル・レポート
メインレポート

平成27年12月
(2015年)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)
国際航業株式会社

ファイナル・レポートの構成

要約

メインレポート

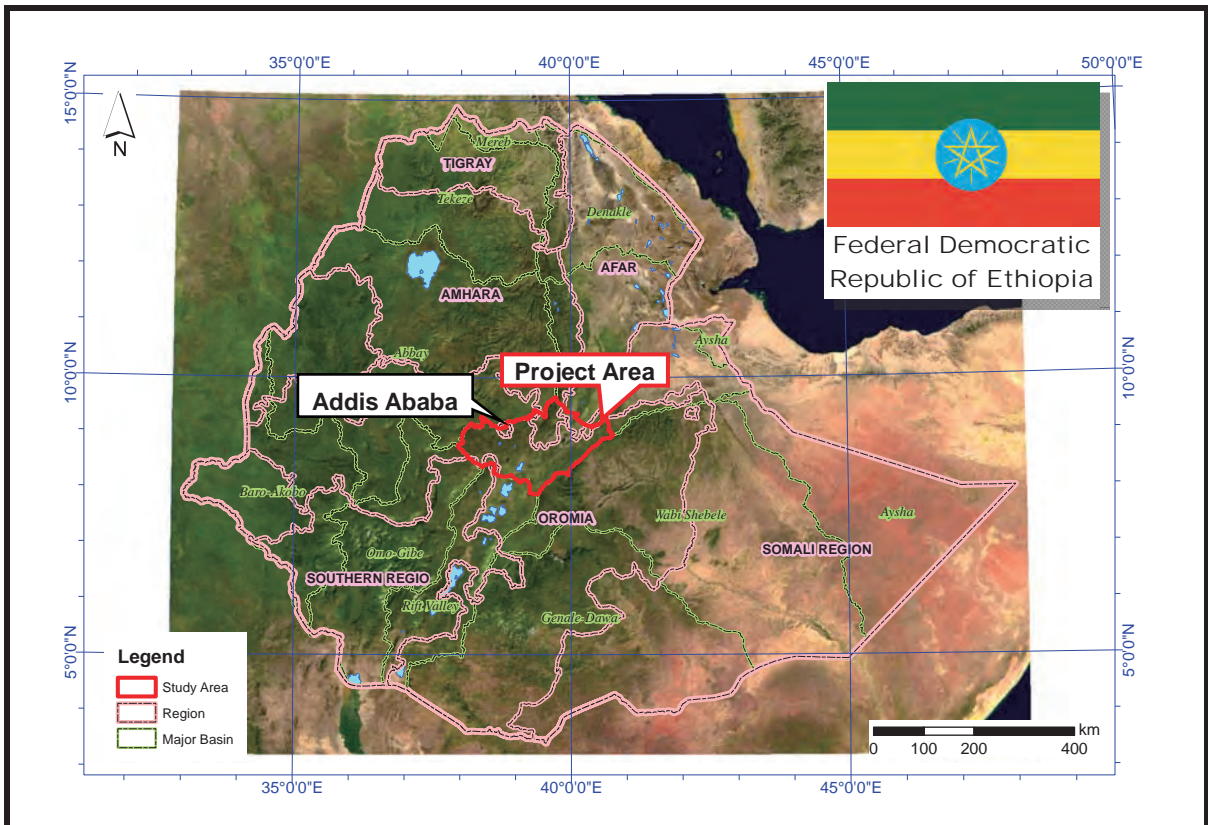
サポーティングレポート

データブック

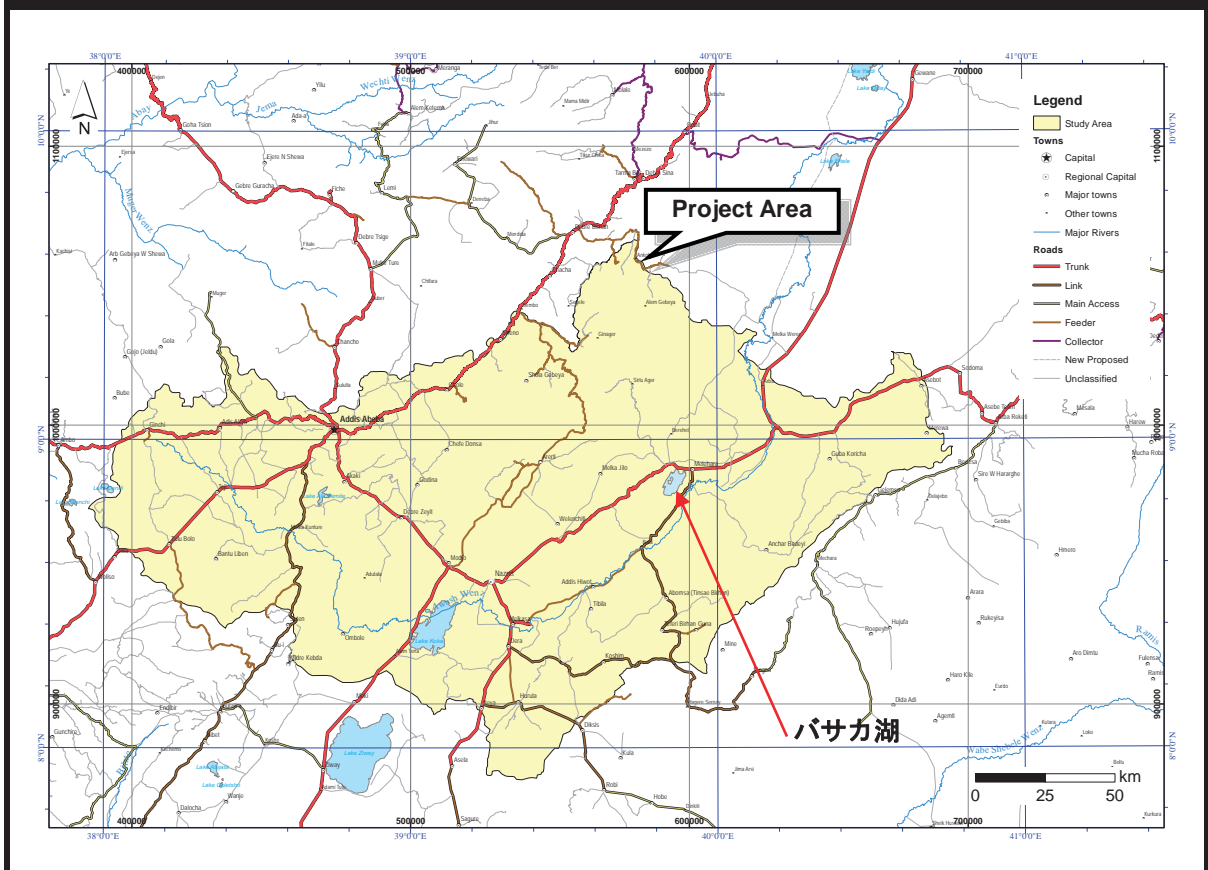
地質図および水理地質図

本報告書は、2015年7月時点の物価水準並びに外貨交換レートに基づき作成されている。採用した外貨交換レートは下記のとおりである。

US\$1.00 = ETB 20.6298 = ¥123.80



広域図



詳細図

調査対象地域位置図

目 次

調査位置図

目次

表目次

図目次

略語一覧

プロジェクト写真

頁:

1	プロジェクト概要	1-1
1.1	はじめに	1-1
1.2	プロジェクトの背景	1-1
1.3	プロジェクトの目的	1-2
1.4	業務の範囲	1-2
1.5	プロジェクト実施計画	1-2
1.6	調査範囲と対象小都市	1-4
1.6.1	対象地域	1-4
1.6.2	対象小都市	1-4
1.7	調査団とエチオピア国側のメンバー	1-6
1.7.1	調査団	1-6
1.7.2	エチオピア国側のメンバー	1-6
2	アワシュ川中流域の自然状況と社会経済状況	2-1
2.1	はじめに	2-1
2.2	自然状況	2-1
2.2.1	気象・水文	2-1
2.2.2	地勢と自然地理	2-14
2.2.3	地質	2-16
2.2.4	既往文献との地質層序対比	2-48
2.2.5	地質構造	2-50
2.2.6	水理地質	2-51
2.3	社会経済状況	2-62
2.3.1	開発計画と法制度	2-62
2.3.2	アワシュ川中流域の社会経済状況	2-62
2.3.3	対象小都市を含む郡の社会経済状況	2-68
3	Beseka湖周辺の水文・水理地質解析	3-1
3.1	はじめに	3-1

3.2	Beseka湖の拡張問題.....	3-1
3.2.1	Beseka湖の現状.....	3-1
3.2.2	Beseka湖の水位変動と放水量.....	3-2
3.2.3	Beseka湖周辺の灌漑計画と現況.....	3-2
3.3	地形・地質・地質構造.....	3-4
3.3.1	地形.....	3-4
3.3.2	地質.....	3-6
3.3.3	地質構造.....	3-18
3.4	水理地質.....	3-19
3.4.1	帯水層区分と地下水流動.....	3-19
3.4.2	水理地質図・断面図.....	3-26
3.5	湧泉、灌漑水等の流入状況.....	3-29
3.5.1	画像解析による湧水分布の経年変化.....	3-29
3.5.2	水質分析結果.....	3-33
3.5.3	灌漑排水量の推定.....	3-46
3.6	Beseka湖の湖水涵養機構.....	3-58
3.6.1	灌漑地からの流入量.....	3-58
3.6.2	第1の解析結果.....	3-58
3.6.3	第2の解析結果.....	3-59
3.6.4	第3の解析結果.....	3-60
3.6.5	灌漑地流入量と湖水位上昇の比較.....	3-61
3.7	まとめ.....	3-62
4	地下水ポテンシャル.....	4-1
4.1	はじめに.....	4-1
4.2	地下水ポテンシャル.....	4-1
4.2.1	帯水層の分類と特徴.....	4-1
4.2.2	帯水層ポテンシャルの評価.....	4-3
4.2.3	地下水涵養量と揚水流量.....	4-8
4.3	水理地質図と地下水流動.....	4-10
4.4	水質.....	4-14
4.4.1	水質分析の項目と方法及び結果.....	4-14
4.4.2	水質の特徴と考察.....	4-19
4.5	まとめ.....	4-24
5	地下水モデルによる将来予測と地下水開発・可能量の評価.....	5-1
5.1	はじめに.....	5-1
5.2	新規井戸の計画.....	5-1

5.3	将来予測シナリオ案の設定	5-2
5.4	非定常流解析での計算	5-5
5.4.1	パラメーター	5-5
5.4.2	ピリオド設定	5-5
5.4.3	降水量の設定	5-5
5.5	将来予測結果	5-6
5.5.1	地下水位変動結果	5-6
5.5.2	水位降下量の結果	5-11
5.6	周辺に対する水位降下の影響	5-11
5.7	地下水開発可能量評価の試み	5-12
5.7.1	くみあげ量の想定と地下水位変動の予測	5-13
5.7.2	可能揚水流量の予測	5-14
6	小都市の給水計画	6-1
6.1	はじめに	6-1
6.2	基礎調査結果	6-2
6.2.1	給水人口	6-2
6.2.2	給水区外利用者	6-2
6.2.3	水使用量	6-4
6.2.4	戸別接続増加の推移	6-6
6.2.5	既存給水施設の老朽化の現状	6-7
6.2.6	商用電力供給の現状	6-9
6.3	目標年次と人口予測	6-10
6.3.1	目標年次	6-10
6.3.2	各年次の人口予測	6-10
6.4	水需要予測	6-17
6.4.1	計画条件	6-17
6.4.2	一日平均給水量	6-17
6.4.3	計画一日平均給水量及び計画一日最大給水量	6-19
6.5	地下水開発	6-19
6.5.1	地下水ポテンシャル評価	6-19
6.5.2	帯水層区分とその特徴	6-22
6.5.3	地下水開発の可能性	6-23
6.6	小都市の給水計画	6-25
6.6.1	概略給水計画策定の妥当性検証	6-25
6.6.2	給水計画の概要	6-28
6.6.3	新規水供給施設の形態と規模	6-30
6.6.4	新規給水施設のデザインクライテリア	6-31
6.6.5	新規給水施設計画と概略設計	6-31
6.6.6	給水施設計画概要	6-35

6.6.7	概略積算	6-36
6.6.8	給水計画代替案の検討	6-39
6.7	給水施設の運営維持管理計画	6-42
6.7.1	既存の水管理組織の実態と運営状況	6-42
6.7.2	水管理組織に対する課題	6-47
6.7.3	運営維持管理計画	6-48
6.7.4	本計画における運営維持管理費	6-51
6.7.5	運営維持管理能力強化計画の策定	6-53
7	環境社会配慮	7-1
7.1	はじめに	7-1
7.2	事業コンポーネントの概要	7-1
7.3	ベースとなる環境及び社会の状況	7-1
7.3.1	自然環境	7-1
7.3.2	社会環境	7-1
7.4	環境カテゴリーの分類	7-2
7.5	エチオピア国の環境社会配慮制度・組織	7-2
7.6	代替案（ゼロオプションを含む）の比較検討	7-3
7.7	スコーピング及び環境社会配慮調査のTOR	7-3
7.8	環境社会配慮の調査結果	7-4
7.9	環境計画（初期環境影響評価）と緩和策及び環境モニタリング 計画	7-4
7.10	ステークホルダー協議	7-4
7.11	結論	7-5
8	小都市の概略給水計画の事業評価－優先小都市の選 定－	8-1
8.1	はじめに	8-1
8.2	地下水開発可能量評価のまとめ	8-1
8.2.1	水量ポテンシャル評価	8-1
8.2.2	水質ポテンシャル評価	8-1
8.3	給水困窮度	8-3
8.3.1	安全な水の供給量	8-3
8.3.2	安全な水の充足率	8-4
8.4	裨益効果	8-4
8.4.1	裨益効果	8-4
8.4.2	費用対効果	8-5

8.5	運営維持管理組織の能力比較	8-6
8.5.1	運営維持管理組織	8-6
8.5.2	水料金支払い意思	8-7
8.6	施設建設に伴う環境及び社会への影響	8-8
8.6.1	環境への影響	8-8
8.6.2	社会への影響	8-9
8.7	点数化基準	8-9
8.8	結論	8-11
9	結論と提言	9-1
9.1	結論	9-1
9.1.1	自然状況	9-1
9.1.2	Beseka湖周辺の水文・地質・水理地質解析	9-3
9.1.3	社会経済状況、小都市給水計画及び優先小都市選定のため の事業評価	9-4
9.2	提言と教訓	9-5
9.2.1	はじめに	9-5
9.2.2	地下水データベースシステムの実用	9-6
9.2.3	観測井掘削の教訓と掘削能力向上のためのエチオピア 側への提言	9-7
9.2.4	給水計画の効果的な利用	9-8
9.2.5	地下水開発・管理に対する提言	9-8
9.2.6	Beseka湖の水位上昇を抑える対策	9-10

表 目 次

	頁:
表 1.6.1: 対象小都市	1-4
表 1.7.1: JICA調査団	1-6
表 1.7.2: 運営委員会メンバー	1-7
表 1.7.3: C/Pメンバー	1-7
表 2.2.1: 流域内外11観測所における月間蒸発量	2-4
表 2.2.2: 流域内外の観測所における気温、相対湿度および日照時間	2-5
表 2.2.3: アワシユ川中流の主要測水所における10日平均流量	2-6
表 2.2.4: 部分流域の概要	2-9
表 2.2.5: BFI算定のために選定した測水所	2-10
表 2.2.6: 12測水所流域における年平均流出量と降水量	2-11
表 2.2.7: 12測水所流域における年間地下水涵養量	2-13
表 2.2.8: 部分流域ごとの地下水涵養量推定結果	2-13
表 2.2.9: 部分流域ごとの水収支	2-14
表 2.2.10: Adama及びBoseti山周辺地域における地質層序	2-19
表 2.2.11: Koka及びFentale山周辺地域における地質層序	2-20
表 2.2.12: Mojo-Arerti-Debre Birhan周辺の地質層序	2-21
表 2.2.13: Awash及びAsebe Teferi周辺の地質層序	2-22
表 2.2.14: 調査地域別層序比較	2-23
表 2.2.15: 既往文献との地質層序対比	2-49
表 2.2.16: 参考文献リスト	2-51
表 2.2.17: 井戸データ内の項目毎の情報点数（座標有の地点）	2-53
表 2.2.18: 既存井戸の帯水層層相と構成比	2-57
表 2.2.19: 既存井戸の代表的な帯水層情報	2-58
表 2.2.20: 地質と対比された既存井戸、JICA井戸	2-59
表 2.2.21: 地質と対比された既存井戸、JICA井戸	2-60
表 2.3.1: 1994年・2007年・2013年のエチオピア国各州の人口センサ データ	2-63
表 2.3.2: オロミア州の18ゾーン	2-64
表 2.3.3: 対象小都市間の道路分類（アクセスルート図）の凡例の特徴	2-66
表 2.3.4: エチオピアー中国共同による鉄道建設プロジェクトの建設期 間とルート	2-68
表 2.3.5: 対象小都市の属する郡の学校数	2-69
表 2.3.6: 対象小都市の属する郡の子供の数及び生徒の数	2-69
表 2.3.7: 対象小都市が属する郡の土地利用状況	2-70
表 2.3.8: 対象小都市が属する郡の主要農作物の収穫量	2-71
表 2.3.9: 対象小都市が属する郡の主要家畜頭数	2-71
表 2.3.10: 対象小都市が属する郡の農業普及施設の数	2-72
表 2.3.11: 対象小都市が属する郡の保健施設における水因性疾患の症例 報告数	2-72
表 2.3.12: 対象小都市が属する郡の保健施設での衛生施設の報告数	2-73
表 3.2.1: Beseka湖流域内の主要灌漑プロジェクト	3-3

表 3.3.1:	Beseka湖周辺の火山地形の特徴	3-4
表 3.4.1:	柱状図のある既存井戸、JICA井戸	3-23
表 3.4.2:	Beseka湖周辺の帯水層層準と特徴	3-25
表 3.5.1:	解析に用いたデータ	3-30
表 3.5.2:	水質サンプルの温度 (2014年3月9日)	3-33
表 3.5.3:	Beseka湖周辺の水質サンプリング地点リスト	3-34
表 3.5.4:	既存データのリスト (Beseka湖周辺)	3-35
表 3.5.5:	安定同位体分析リストと結果	3-43
表 3.5.6:	トリチウム分析リストと結果	3-46
表 3.5.7:	ELSA=33.4 km ² とした場合のBeseka湖流出入量	3-50
表 3.5.8:	ELSA=4 km ² とした場合のBeseka湖流出入量	3-50
表 3.5.9:	灌漑余剰水 (35百万m ³) を含んだ水バランス計算結果	3-52
表 3.5.10:	灌漑余剰水 (46.2百万m ³) を含んだ水バランス計算結果	3-53
表 3.5.11:	灌漑余剰水 (102百万m ³) を含んだ水バランス計算結果	3-54
表 4.2.1:	帯水層単元の分類と特徴	4-1
表 4.2.2:	1:2,000,000 水理地質図 (GSE) –帯水層区分と定義 (一部削除 及び改編)	4-3
表 4.2.3:	既存井戸とJICA井戸の帯水層単元と帯水層情報	4-4
表 4.2.4:	各地層の帯水層区分と生産性予測	4-7
表 4.2.5:	小流域ごとの地下水涵養量	4-8
表 4.2.6:	地下水涵養量に対する揚水流量の比率	4-10
表 4.4.1:	エチオピア基準局及びWHOによる水質基準	4-16
表 5.2.1:	モデル内の井戸情報	5-2
表 5.3.1:	シナリオ1の各小都市における揚水流量変化 (m ³ /day)	5-3
表 5.3.2:	シナリオごとの想定揚水流量の経年変化 (m ³ /day)	5-4
表 5.5.1:	シナリオ3の最大水需要量 (揚水流量) に対する予測水位降下 量	5-11
表 5.7.1:	小流域ごとの揚水流量と予測水位降下量	5-13
表 5.7.2:	推定可能揚水流量 (1案)	5-15
表 5.7.3:	推定可能揚水流量 (2案)	5-15
表 5.7.4:	地下水涵養量に占める推定可能揚水流量の比率 (2035年時点)	5-17
表 6.2.1:	人口データの比較	6-3
表 6.2.2:	給水区外利用者数	6-4
表 6.2.3:	既存給水施設の水使用量	6-5
表 6.2.4:	戸別接続増加の推移	6-6
表 6.2.5:	給水施設の耐用年数	6-7
表 6.2.6:	既存給水施設の供用年数	6-8
表 6.2.7:	停電発生状況	6-9
表 6.3.1:	人口予測	6-10
表 6.3.2:	世帯数予測	6-11
表 6.3.3:	学校及び医療機関の給水人口予測	6-12
表 6.3.4:	戸別接続普及率予測	6-15
表 6.3.5:	水栓別の給水人口予測	6-16

表 6.4.1:	本計画の設計条件	6-17
表 6.4.2:	一日平均給水量	6-18
表 6.4.3:	計画一日平均給水量及び計画一日最大給水量	6-19
表 6.5.1:	小流域ごとの地下水涵養量	6-21
表 6.5.2:	地下水涵養量に対する揚水流量の比率	6-21
表 6.5.3:	アワシユ川中流域の帯水層区分	6-22
表 6.5.4:	対象小都市の井戸計画と水理地質的状况	6-24
表 6.6.1:	概略給水計画策定の対象から除外する小都市	6-26
表 6.6.2:	他プロジェクトと重複する小都市	6-26
表 6.6.3:	水質ポテンシャルがないと判定された小都市	6-27
表 6.6.4:	安全な水の不足がないと判定された小都市	6-28
表 6.6.5:	概略給水計画策定対象小都市	6-28
表 6.6.6:	既存施設及び新規施設の給水量分担	6-29
表 6.6.7:	井戸の諸元	6-32
表 6.6.8:	取水施設の諸元	6-32
表 6.6.9:	ポンプ及び発電機の諸元	6-33
表 6.6.10:	新規配水管数量	6-35
表 6.6.11:	新規給水施設計画の概要	6-36
表 6.6.12:	既存給水施設更新計画の概要	6-36
表 6.6.13:	工事単価	6-37
表 6.6.14:	新規給水施設建設費	6-38
表 6.6.15:	既存施設更新費	6-38
表 6.6.16:	事業費	6-39
表 6.6.17:	我が国無償資金協力を想定した場合の概算事業費	6-39
表 6.6.18:	ハンドポンプ井戸必要数量	6-40
表 6.6.19:	想定取水可能量と想定深度の比較	6-40
表 6.6.20:	井戸の仕様及び数量	6-41
表 6.6.21:	工事単価	6-41
表 6.6.22:	ハンドポンプ井戸の事業費	6-41
表 6.7.1:	小都市ごとの運営維持管理組織、会議開催状況及び収支記録作成状況	6-43
表 6.7.2:	給水施設の分類による水料金の範囲	6-44
表 6.7.3:	対象小都市の運営維持管理組織及び人員	6-46
表 6.7.4:	市給水事務所・水組合の収入、支出及び積立金残高（単位： Birr）	6-47
表 6.7.5:	運営維持管理関係者とその役割	6-49
表 6.7.6:	小都市別の運営維持管理組織	6-49
表 6.7.7:	人員計画	6-50
表 6.7.8:	運営維持管理費	6-52
表 6.7.9:	運営維持管理能力強化計画	6-53
表 7.5.1:	給水及び衛生事業に関する審査の分類	7-3
表 8.2.1:	水量ポテンシャル評価結果	8-1
表 8.2.2:	水質ポテンシャル評価結果	8-3
表 8.3.1:	安全な水の供給量	8-3

表 8.3.2:	安全な水の充足率	8-4
表 8.4.1:	2020年予測人口	8-5
表 8.4.2:	小都市の都市・村の分類	8-6
表 8.5.1:	小都市の運営維持管理組織	8-7
表 8.5.2:	水料金支払い意思	8-8
表 8.6.1:	環境への影響	8-8
表 8.6.2:	社会への影響	8-9
表 8.7.1:	優先小都市選定のための点数化基準	8-10
表 8.8.1:	優先小都市	8-11
表 8.8.2:	対象小都市の点数化および優先順位付の結果	8-12
表 9.2.1:	モニタリング項目	9-11

目 次

	頁:
図 1.5.1: 概略工程	1-2
図 1.5.2: 業務実施のフローチャート	1-3
図 1.6.1: 対象地域図	1-5
図 2.2.1: アワシユ川中流域内および近傍の気象観測所位置図	2-1
図 2.2.2: アディスアベバにおける年降水量のトレンド (1951-2011)	2-2
図 2.2.3: アワシユ川中流域の年間雨量の等雨量線図	2-2
図 2.2.4: アワシユ川中流域の流域平均降雨量の推移	2-3
図 2.2.5: 3観測所における月蒸発量	2-4
図 2.2.6: 流域内外の観測所における月間気温と相対湿度	2-5
図 2.2.7: アワシユ川中流の主要測水所における10日平均流量ハイドロ グラフ	2-6
図 2.2.8: 水文解析の手順	2-8
図 2.2.9: 地下水涵養量推定のための流域分割	2-8
図 2.2.10: BFI算定のために選定した測水所位置図	2-10
図 2.2.11: 流域面積とBFIの関係	2-11
図 2.2.12: 流域面積と流出率の関係	2-12
図 2.2.13: 調査位置図	2-15
図 2.2.14: アフリカ大地溝帯の分布と連続	2-16
図 2.2.15: 本文中に記載の露頭位置図	2-24
図 2.2.16: Alaji玄武岩類の露頭写真	2-26
図 2.2.17: Huse Ridge流紋岩類の露頭写真	2-26
図 2.2.18: Debre Birhanイグニンプライトの露頭写真	2-27
図 2.2.19: Anchar玄武岩類の露頭写真	2-28
図 2.2.20: Chefeko流紋岩類の露頭写真	2-29
図 2.2.21: Birenti-Hada流紋岩類の露頭写真	2-30
図 2.2.22: Bokan流紋岩類の露頭写真	2-30
図 2.2.23: Gara Gumbi流紋岩類の露頭写真	2-31
図 2.2.24: 下部Nazret火砕堆積物の露頭写真	2-32
図 2.2.25: 上部Nazret火砕堆積物の露頭写真	2-33
図 2.2.26: Chilalo粗面玄武岩類の露頭写真	2-33
図 2.2.27: Bofa玄武岩類の露頭写真	2-34
図 2.2.28: Dinoイグニンプライトの露頭写真	2-36
図 2.2.29: 更新世流紋岩類の露頭写真	2-36
図 2.2.30: Chefe Donsa火砕堆積物の露頭写真	2-37
図 2.2.31: Zikwalaトラカイトの露頭写真	2-38
図 2.2.32: Sobebor火山性砂岩層の露頭写真	2-39
図 2.2.33: 更新世玄武岩類の露頭写真	2-40
図 2.2.34: Koneイグニンプライトの露頭写真	2-41
図 2.2.35: Boseti-Kone降下軽石の露頭写真	2-42
図 2.2.36: Fentale火山岩類の露頭写真	2-42
図 2.2.37: Fentaleイグニンプライトの露頭写真	2-43

図 2.2.38:	完新世玄武岩類の露頭写真	2-44
図 2.2.39:	黒曜石溶岩の露頭写真	2-45
図 2.2.40:	地質平面図	2-46
図 2.2.41:	地質断面図	2-47
図 2.2.42:	北部エチオピアリフト内にみられる火山構造的軸の雁行配列	2-51
図 2.2.43:	既存井戸位置図	2-54
図 2.2.44:	既存井戸の揚水流量	2-55
図 2.2.45:	West Harargeゾーンの既存井戸深度と揚水流量	2-56
図 2.2.46:	East Shewaゾーン、Amhara州等の既存井戸深度と揚水流量	2-56
図 2.3.1:	エチオピア国の水分野の関連政策・計画	2-62
図 2.3.2:	水灌漑電力省及び関係部局の組織図	2-64
図 2.3.3:	オロミア州水鉱物エネルギー局及び関係部局の組織図	2-65
図 2.3.4:	オロミア州対象30小都市の位置及び各小都市へのアクセス道	2-67
図 3.2.1:	Beseka湖位置図	3-1
図 3.2.2:	Beseka湖水位の時系列データ (1912-2009)	3-2
図 3.2.3:	Beseka湖流域内外の灌漑プロジェクト	3-3
図 3.3.1:	Beseka湖周辺の標高分布図	3-5
図 3.3.2:	Beseka湖周辺の地形区分図	3-5
図 3.3.3:	詳細調査地域の地質図	3-7
図 3.3.4:	詳細調査地域の地質断面図	3-8
図 3.3.5:	Birenti-Hada流紋岩類の露頭写真	3-9
図 3.3.6:	古イグニンプライトの露頭写真	3-10
図 3.3.7:	Nura Hira玄武岩類の露頭写真	3-10
図 3.3.8:	Dinoイグニンプライトの露頭写真	3-11
図 3.3.9:	Sobebor火山性砂岩層の露頭写真	3-12
図 3.3.10:	更新世玄武岩類の露頭写真	3-13
図 3.3.11:	Koneイグニンプライトの露頭写真	3-14
図 3.3.12:	Fentale火山岩類の露頭写真	3-15
図 3.3.13:	Fentaleイグニンプライトの露頭写真	3-16
図 3.3.14:	完新世玄武岩類の露頭写真	3-17
図 3.3.15:	沖積層の写真	3-17
図 3.3.16:	詳細調査地域に分布する断層群	3-18
図 3.4.1:	Beseka湖周辺の地質図と既存井戸、JICA井戸	3-20
図 3.4.2:	JICA井戸AW BH-3の概略柱状図と地質対比	3-21
図 3.4.3:	JICA井戸AW BH-4Nの概略柱状図と地質対比	3-21
図 3.4.4:	JICA井戸AW BH-5の概略柱状図と地質対比	3-22
図 3.4.5:	Beseka湖周辺の地下水位コンター図 (既存井戸100 m以浅)	3-24
図 3.4.6:	Beseka湖周辺の地下水位コンター図 (既存井戸100 m以深)	3-24
図 3.4.7:	Beseka湖周辺の既存井戸の深度とフッ素濃度の関係図	3-26
図 3.4.8:	Beseka湖周辺の水理地質図 (平面図)	3-27
図 3.4.9:	Beseka湖周辺の水理地質図 (断面図)	3-28
図 3.5.1:	Beseka湖付近の水源の水温調査結果	3-29
図 3.5.2:	Landsatデータを用いた湖面温度の解析のフロー	3-30
図 3.5.3:	Beseka湖面温度とKoka湖面温度の比較	3-31

図 3.5.4:	Beseka湖面温度の平面分布状況	3-32
図 3.5.5:	Beseka湖周辺の水質サンプリング地点	3-35
図 3.5.6:	トリリニアードイアグラム (Beseka湖周辺)	3-37
図 3.5.7:	サンプリング地点のヘキサダイアグラム (Beseka湖周辺)	3-38
図 3.5.8:	Beseka湖西側の代表的なヘキサダイアグラム	3-39
図 3.5.9:	Beseka湖南西側の代表的なヘキサダイアグラム	3-40
図 3.5.10:	Beseka湖南側の代表的なヘキサダイアグラム	3-41
図 3.5.11:	Beseka湖周辺の安定同位体比のデルタダイアグラム	3-45
図 3.5.12:	本調査で推定する灌漑効率	3-47
図 3.5.13:	閉塞流域における水バランス	3-49
図 3.5.14:	ELSA=33.4 km ² とした場合のBeseka湖の年間水バランス	3-50
図 3.5.15:	ELSA=4 km ² とした場合のBeseka湖の年間水バランス (損失Y を仮定)	3-51
図 3.5.16:	各年の水バランス計算によるBeseka湖水位の変化	3-51
図 3.5.17:	各年の水バランス計算によるBeseka湖面積の変化	3-52
図 3.5.18:	灌漑余剰水 (35百万m ³) を含んだBeseka湖の年間水バランス	3-53
図 3.5.19:	灌漑余剰水 (46.2百万m ³) を含んだBeseka湖の年間水バラン ス	3-54
図 3.5.20:	灌漑余剰水 (102百万m ³) を含んだBeseka湖の年間水バラン ス	3-55
図 3.5.21:	各年の水バランス計算によるBeseka湖水位の変化 (灌漑余剰 水あり)	3-55
図 3.5.22:	各年の水バランス計算によるBeseka湖面積の変化 (灌漑余剰 水あり)	3-56
図 3.5.23:	Beseka湖水位の変動から計算した追加流入量	3-57
図 3.6.1:	灌漑地流入量とモデルによる湖水位変動との解析結果 (50%減 少値)	3-59
図 3.6.2:	灌漑地流入量とモデルによる湖水位変動との解析結果 (灌漑流 入量と同じ)	3-60
図 3.6.3:	灌漑地流入量とモデルによる湖水位変動との解析結果 (灌漑流 入量の倍)	3-61
図 3.6.4:	湖水位変動と灌漑地流入量との比較	3-61
図 4.2.1:	掘削深度と揚水流量の関係図	4-5
図 4.2.2:	小流域と地下水涵養量及びモデル既存井戸	4-9
図 4.3.1:	アワシュ川中流域の水理地質図	4-11
図 4.3.2:	アワシュ川中流域の水理地質断面図	4-12
図 4.3.3:	地下水位コンター図	4-13
図 4.4.1:	水質サンプリング位置図	4-15
図 4.4.2:	フッ素濃度の基準値以上の地点図 (水源タイプ別)	4-18
図 4.4.3:	調査地のフッ素濃度分布図	4-18
図 4.4.4:	掘削深度とフッ素濃度の関係図	4-19
図 4.4.5:	トリリニアードイアグラム (全データ)	4-20
図 4.4.6:	ヘキサダイアグラム (全水源) (Beseka湖周辺は左上図面で表 示)	4-23

図 5.2.1:	対象とした小都市（井戸）の位置図	5-1
図 5.3.1:	シナリオによる揚水流量の変化	5-4
図 5.4.1:	年平均降水量	5-5
図 5.5.1:	予測地下水位変動図（ES-12）	5-6
図 5.5.2:	予測地下水位変動図（ES-8）	5-6
図 5.5.3:	予測地下水位変動図（ES-9）	5-7
図 5.5.4:	予測地下水位変動図（ES-4）	5-7
図 5.5.5:	予測地下水位変動図（AR-1）	5-7
図 5.5.6:	予測地下水位変動図（AR-7）	5-8
図 5.5.7:	予測地下水位変動図（ES-2）	5-8
図 5.5.8:	予測地下水位変動図（ES-5）	5-8
図 5.5.9:	予測地下水位変動図（AR-4）	5-9
図 5.5.10:	予測地下水位変動図（AR-5）	5-9
図 5.5.11:	予測地下水位変動図（WH-2）	5-9
図 5.5.12:	予測地下水位変動図（WH-3）	5-10
図 5.5.13:	予測地下水位変動図（WH-5）	5-10
図 5.5.14:	予測地下水位変動図（WH-7）	5-10
図 5.6.1:	第2層での周辺域の水位低下量分布図（シナリオ3）	5-12
図 5.6.2:	第3層での周辺域の水位低下量分布図（シナリオ3）	5-12
図 5.7.1:	3つの小流域での揚水流量と予測水位降下量の相関図	5-14
図 5.7.2:	地下水位コンター図	5-16
図 6.3.1:	モデルとするロジスティック曲線式	6-13
図 6.3.2:	普及率のモデル	6-14
図 6.5.1:	小流域の地下水涵養量	6-20
図 6.6.1:	概略給水計画策定の妥当性検証フローチャート	6-25
図 6.6.2:	地下水源及び地上式配水池による給水システム	6-30
図 6.6.3:	地下水源及び高架式配水池による給水システム	6-31
図 6.6.4:	地下水源及びハンドポンプによる給水システム	6-40
図 6.7.1:	運営維持管理支援体制	6-45
図 8.2.1:	フッ素濃度分布と小都市の位置関係図	8-2

略 語 一 覧

AAU	Addis Ababa University	アディスアベバ大学
AGRAP	Alidge Groundwater Resources Assessment Project	Alidge地下水資源評価プロジェクト
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome	エイズ、後天性免疫不全症候群
ALOS	Advanced Land Observing Satellite	陸域観測技術衛星
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer	(リモートセンシング衛星画像の一つ)
ASTER-GDEM	ASTER-Global Digital Elevation Model	ASTERによる数値標高モデル
AU	Adama University	アダマ大学
BFI	Base Flow Index	基底流量インデックス
CAD	Computer Aided Design (System)	コンピュータ支援設計
CDE	Center for Development and Environment, Ministry of Agriculture	農業省開発・環境センター
CFC	Chloride Fluoride Carbon	クロロフルオロカーボン
CREC	China Railway Engineering Corporation	中国中鉄
CSA	Central Statistical Agency	中央統計局
CSE	The Conservation Strategy of Ethiopia	エチオピア国環境保護戦略
C/P	Counterpart (organization or personnel)	カウンターパート (人・組織)
DB	Database	データベース
DCI	Ductile Cast Iron	ダクタイル鋳鉄
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DF/R	Draft Final Report	ドラフトファイナルレポート
DTH	Down the Hole Hammer	ダウンザホールハンマー
DWL	Dynamic Water Level	動水位
EC	Electric Conductivity	電気伝導度
EEPCO	Ethiopia Electric Power Corporation	エチオピア電力公社
EGRAP	Ethiopian Groundwater Resources Assessment Program	エチオピア地下水資源評価プログラム
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIGS	Ethiopian Institute of Geological Survey, now renamed as Geological Survey of Ethiopia (GSE)	エチオピア地質調査所 (現在のGSE)
EL	Elevation	標高
ELC	Elc electroconsult milano and Geotermica italiana pisa, Italia	(イタリアのコンサルタント)
ELSA	Equilibrium Lake Surface Area	平衡湖面積
EMA	Ethiopia Mapping Agency	エチオピア国土地理院
ENGDA	Ethiopian National Groundwater Database	エチオピア国地下水データベース
ENGWIS	Ethiopian National Groundwater Information System	エチオピア国地下水情報システム
EPA	Environmental Protection Agency, now renamed as Ministry of Environment and Forest (MEF)	エチオピア国環境保護局 (現在は環境森林省 (MEF))
EPC	Environmental Protection Council	環境保護評議会
ERA	Ethiopian Road Authority	エチオピア道路公社
ERC	Ethiopian Railway Corporation	エチオピア鉄道公社
ESA	Ethiopian Standard Agency	エチオピア基準局
ESIA	Environmental and Social Impact Assessment	環境社会影響調査
ET	Evapotranspiration	蒸発散
EU	European Union	欧州連合
EWCA	Ethiopian Wildlife Conservation Authority	エチオピア野生動物保全局
EWTEC	Ethiopia Water Technology Center, now renamed as Ethiopia Water Technology Institute (EWTI)	エチオピア水技術センター (現在の水供給技術専門学校 (EWTI))

EWTI	Ethiopia Water Technology Institute, formerly known as Ethiopia Water Technology Center (EWTEC)	エチオピア水供給技術専門学校(旧水技術センター (EWTEC))
F/R	Final Report	ファイナルレポート
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国連食糧農業機関
FAO-AGLW	FAO Water Resource, Development and Management Services	FAO水資源開発管理サービス
FDM	Finite Difference Method	有限差分法
FEM	Finite Element Method	有限要素法
GD	Groundwater Directorate (of MoWIE)	地下水局 (水灌漑電力省)
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHB	General Head Boundary	(地下水モデルの境界条件の一種)
GIS	Geographical Information System	地理情報システム
GL	Ground Level	地盤高
GNI	Gross National Income	国民総所得
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GRSDM	Groundwater Resources Study Development and Management Directorate, MoWR, now renamed as GD of MoWIE	水灌漑電力省地下水開発管理局(現在の地下水局 (GD))
GSE	Geological Survey of Ethiopia	エチオピア地質調査所
GSP	Galvanized Steel Pipe	亜鉛メッキ鋼管
GTP	Growth and Transformation Plan	成長と構造改革計画
GWR	Groundwater Recharge	地下水涵養量
HIV	Human Immunodeficiency Virus	ヒト免疫不全ウイルス
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
IC/R	Inception Report	インセプションレポート
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
INGEIS	Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (Institute of Geochronology and Geology, Argentine)	(アルゼンチンの地質年代学・地質研究所)
ISO	International Standard Organization	国際標準化機構
ISODATA	The Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique	(リモートセンシングの画像処理手法名)
IT/R	Interim Report	インテリムレポート
ITCZ	Inter-tropical Convergence Zone	熱帯収束帯
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LEL	Local Evaporation Line	蒸発線
LMWL	Local Meteoric Water Line	天水線
M&E	Monitoring and Evaluation	モニタリングと評価
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MCM	Million Cubic Meter	百万立方メートル
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MEF	Ministry of Environment and Forest, formerly known as Environmental Protection Agency (EPA)	環境森林省 (旧環境保護局)
MER	Main Ethiopian Rift	主エチオピアリフト
MOA	Ministry of Agriculture	農業省
MoWR	Ministry of Water Resources, now renamed as Ministry of Water, Irrigation and Electricity (MoWIE)	水資源省(水灌漑電力省の旧名)
MoWE	Ministry of Water and Energy, now renamed as	水エネルギー省(水灌漑電力省の旧

	Ministry of Water, Irrigation and Electricity (MoWIE)	名)
MoWIE	Ministry of Water, Irrigation and Electricity, formerly known as Ministry of Water, Irrigation and Energy, Ministry of Water and Energy (MoWE) or Ministry of Water Resources (MoWR)	水灌漑電力省
MSE	Metehara Sugar Estate	Metehara砂糖農場
MWL	Meteoric Water Line	天水線
NASA	National Aeronautics and Space Administration, USA	米国航空宇宙局
NGI	National Groundwater Institute	国立地下水研究所
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NMA	National Meteorology Agency	国立気象局
OLEPB	Oromia Land and Environmental Protection Bureau	オロミア州土地・環境保護局
ORP	Oxidation and Reduction Potential	酸化還元電位
O(R)WMEB	Oromia (Regional) Water, Material and Energy Development Bureau	オロミア州水・鉱物・エネルギー局
OWNP	One WASH National Program	—
OWWDSE	Oromia Water Works Design and Supervision Enterprise	オロミア州水工設計施工エンタープライズ
P/R	Progress Report	プログレスレポート
PA	Preliminary (Environmental) Assessment	事前環境影響評価
PASDEP	Plan for Accelerated and Sustained Development to End Poverty	貧困削減のための加速的かつ持続的な開発計画
PC	Personal Computer	パーソナルコンピューター
PPP	Purchasing Power Parity	購買力平価
PRSP	Poverty Reduction Strategy Paper	貧困削減戦略文書
PVC	Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
R/D	Record of Discussion	討議議事録
REA	Regional Environmental Agency	州立環境保護庁
RESTEC	Remote Sensing Technology Center of Japan	リモートセンシング技術センター (日本)
RVLB	Rift Valley Lakes Basin	リフトバレー湖沼地域
SC	Steering Committee	運営委員会
SCM	Steering Committee Member or Steering Committee Meeting	運営委員会メンバー又は運営委員会議
SDPRP	Sustainable Development and Poverty Reduction Program	貧困削減戦略ペーパー
SEA	Strategic Environmental impact Assessment	戦略的環境影響評価
SFGS	Streamflow Gauging Station	測水所
SP	Spontaneous potential	自然電位
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre (France)	フランスの地球観測衛星
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	スペースシャトル立体地形レーダー作成ミッション
SS	Suspended Solids	浮遊物質、懸濁物質
TDS	Total Dissolved Solids	総溶解固形分
TEM	Transient (or Time-domain) Electromagnetic Method	時間領域電磁探査法
TIR	Thermal Infrared	熱赤外線
TM	Thematic Mapper	セマティックマップパー(ランドサット衛星のセンサー)

TOR	Terms of Reference	取り決め事項
TU	Tritium Unit	トリチウムユニット
TWSSO	Town Water Supply Service Office	市給水事務所
TWSSSE	Town Water Supply and Sewerage Service Enterprise	市上下水道公社
UAP	Universal Access Program	ユニバーサルアクセスプログラム
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国連教育科学文化機構 (ユネスコ)
UNICEF	United Nations Children's Fund	国連児童基金
uPVC	Unplasticized Polyvinyl Chloride	無可塑ポリ塩化ビニル
USBR	United States Bureau of Reclamation	米国内務省開拓局
USGS	United States Geological Survey	米国地質調査所
UTM	Universal Transversal Mercator	ユニバーサル横メルカトル図法
VES	Vertical Electrical Sounding	垂直電気探査
VIP	Ventilation Improved Pit	VIPトイレ
WASH	Water Supply, Sanitation and Hygiene Program	水と保健と衛生の強化プログラム
WB	World Bank	世界銀行
WC	Water Committee	水管理委員会
WFB	Wonji Fault Belt	Wonji断層群
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WSDP	Water Sector Development Program	水セクター開発プログラム
WSSM	Water Supply and Sanitation Master Plan	給水衛生マスタープラン
WWDSE	Water Works Design and Supervision Enterprise	水工設計施工エンタープライズ
WWMEO	Woreda Water, Mineral and Energy Office	郡水・鉱物・エネルギー事務所
ZWMEO	Zonal Water, Mineral and Energy Office	ゾーン水・鉱物・エネルギー事務所

プロジェクト写真 (1/5)



IC/R 協議

2013年11月5日にIC/R説明・協議。水灌漑電力省（MoWIE）や地質調査所（GSE）のC/Pが主に参加。11月11日にM/Mが締結される。



プロジェクト紹介

水文資料収集のためプロジェクト概要をステークホルダーに説明している様子。



現場視察 (1)

写真はBeseka湖での現地調査の様子。カウンタパートと団員の間で土台の建設年について協議。



現場視察 (2)

Beseka湖水位上昇を低減させる対策として、現在は湖の東側から水路を通じて湖水をアワシュ川に放流している。



物理探査作業 (1)

写真は物理探査作業（VES 電気探査）の様子。物理探査で得られた地下の比抵抗値を基に、観測井掘削の場所を選定する。探査深度は約200m。



物理探査作業 (2)

写真は物理探査作業（TEM 電磁探査法）の様子。物理探査で得られた地下の比抵抗値を基に、観測井掘削の場所を選定する。探査深度は約400m。

プロジェクト写真 (2/5)



地質踏査 (1)

水灌漑電力省 (MoWIE) の C/P が 2014 年 12 月～2015 年 2 月まで約 2 月間及び、2015 年 4 月の約 1 月間地表踏査に同行し、露頭の検討、地質図作成に参加した。



地質踏査 (2)

写真は Bofa 西方に見られる Bofa 玄武岩を覆う Megacha 高溶結凝灰岩の露頭の様子。



社会経済調査

オロミア州ケンテリー小都市にて水利用の実態調査と課題に関するフォーカスグループディスカッションの様子。



小都市水利用実態調査 (1)

オロミア州ゲルディヤー小都市での既存給水施設調査の様子。



小都市水利用実態調査 (2)

オロミア州アレダ小都市で公共水栓での水汲みの様子。20ℓ容器あたり約 2 円で水管理組合が販売している。



IAEA 用試料サンプリング

安定同位体分析等を IAEA で実施するためのサンプリング試料の採取のうち、銅管を用いたヘリウムガスのチュービングの指導を行なっている。

プロジェクト写真 (3/5)



初回 C/P 会議

2014年4月24日にP/R1の説明・協議のC/P会議を実施。水灌漑電力省（MoWIE）やオロミア州のC/Pが主に参加。その後にM/Mが締結された。



JICA 専門員の現地視察（1）

アワシュ川支流のArba川沿いの流紋岩体付近での露頭観察風景。C/Pとも調査しながら意見交換を行なっている。



JICA 専門員の現地視察（2）

岡山大学の鈴木先生とBeseka湖周辺やFentale火山周辺の踏査及び調査地域全域の地形地質踏査を4月に実施。写真はFentale火山調査後の撮影。



Wonji 砂糖プランテーション

Adama市の南約10kmに位置し、面積11,000haを超える大規模国営農場である。写真は農場内でプランテーションの概要を聞き取りしている。



Metehara 砂糖プランテーション

Metehara市の南約5kmに位置し、面積10,000haを超える大規模国営砂糖プランテーションである。写真はプランテーション内の井戸の状況。



観測井掘削（1）

AW BH-3の掘削は表層から30m付近まで孔壁の保持が難しく、孔壁からの逸水防止のためにわらとベントナイトを混ぜた粘土ボールを投入した。

プロジェクト写真 (4/5)



観測井掘削 (2)

試掘地点 AWBH-11 の井戸洗浄：試掘完了後にケーシング挿入して井戸を作成した後に高圧の空気を孔内に送り井戸に溜まっている泥水を排出し井戸を清掃する作業。



観測井掘削 (3)

試掘地点 AWBH-1 の揚水試験：汲み上げた地下水の水量を測定中：三角ノッチタンクを越流している水高 (cm) を計測して揚水量を算定する作業。



水質サンプリング (1)

水質サンプリングは既存井戸、湧水、河川水、湖水等の水源から採水し、それぞれの水質の特徴を把握した。写真は East Shewa ゾーンの深井戸からの採水。



水質サンプリング (2)

Beseka 湖南西側にみられる湧泉のサンプリング状況。水質解析から、Beseka 湖へ流入する湧水は他の湧水と分析結果が異なる。



水質サンプリング (3)

灌漑地からの流入水の水質サンプリングを実施した。水質の結果は、湖水の性状を強く示すが、 HCO_3 値が顕著で植生の影響を受ける。



プロGRESS・レポート 2 の説明

2014 年 7 月 24 日に P/R2 の説明・協議の C/P 会議を実施。水省 (MoWIE) やオロミア州の C/P が主に参加。その後に M/M が締結された。

プロジェクト写真 (5/5)



GIS ワークショップ

2015年1月30日、MoWIE 内にて開催した GIS ワークショップにおいて、地下水開発支援のための GIS/データベースの概要について講義している様子。



Tone 湧水の状況

Beseka 湖の南西側に分布する湧泉。湧出量は水没しているため把握することが困難であるが、湧き出ている様子がよく観察できる。



環境社会配慮の調査

Mojo 市にある対象小都市を管轄するワレダ事務所の教育局での聞き取り状況。とくに水汲みの実態と就学率の関係についてのデータを収集した。



インテリム・レポートの説明

2015年6月11日に IT/R の説明・協議のステアリングコミティ会議を実施。プロジェクトの責任者である水省 (MoWIE) の副大臣も参加し、多岐にわたる内容の討議がなされた。その後に M/M が締結された。



技術移転セミナーの開催

2015年10月27日にプロジェクト実施にかかる成果、課題及び提言における技術移転セミナーを開催。C/P (MoWIE、EWTI、GSE、OWMEB 及び AAU) の他に、NGO も本セミナーに参加した。



ドラフト・ファイナル・レポートの説明

2015年10月27日に DF/R の説明・協議のステアリングコミティ会議を実施し、プロジェクト終了後の報告書の活用を含めた内容の討議がなされた。その後に M/M が締結された。

Chapter 1

プロジェクト概要

Project Summary

1 プロジェクト概要

1.1 はじめに

本報告書は 2013 年 5 月 27 日にエチオピア連邦民主共和国（以下エチオピア国）と国際協力機構（以下 JICA）により合意・署名された討議議事録（以下 R/D）に基づいて「エチオピア国アワシュ川中流域地下水開発計画プロジェクト」の成果の報告のためにファイナル・レポート（Final Report : F/R）として作成されたものである。JICA は、本業務遂行のために 12 名の団員からなるコンサルタントチームを調査団として組織した。この調査団による業務は 2013 年 10 月に開始され、2015 年 12 月に終了した。業務はエチオピア国のカウンターパート（以下 C/P）機関との密接な連携を通じて実施された。

1.2 プロジェクトの背景

エチオピア国における給水率は 42%（都市給水率は 96%、村落給水率は 32%）（UNICEF /世界保健機関、2008 年）であり、サブサハラアフリカ平均の 60%に比べても低い水準にあり、安全な水の確保に向けた早急な対応が必要である。エチオピア国政府は、2011 年に国家開発計画「成長と構造改革計画」（GTP:Growth and Transformation Plan、2010/11-2014/15）を策定した。GTP では 4 つの目標に対して、7 つの戦略が掲げられており、これらの戦略のひとつである「社会開発の拡張と質の向上」において、安全な水へのアクセス改善が示されている。GTP の目標達成に向けて、エチオピア国政府は給水分野の戦略プランとして、2006 年に Universal Access Program (UAP) を策定し、2011 年には UAP2 として改訂し、2015 年までに都市部の給水率を全国平均 91.5%（UAP、2010 年）から 100%に、農村部の給水率を全国平均 65.8%（UAP、2010 年）から 98%に向上させるという目標を掲げている（一人当たりの消費量を都市部では 20 L/日、農村部では 15 L/日と設定）。

これらの目標を達成するためには、水量が季節変動はあるものの概ね安定しており、水質が比較的良質である地下水の開発が重要となってくる。アワシュ川中流域において適切な地下水開発を行っていくためには、地下水の涵養機構、流動機構、賦存状況及び開発可能性を解明し、右の情報に基づいた地下水開発計画を策定していくことが必要である。

こうした状況のもと、エチオピア国政府はアワシュ川中流域の地質図及び水理地質図の作成（25 万分の 1）、右情報を踏まえた小都市概略給水計画策定に係る開発調査型技術協力を我が国に要請した。要請調査範囲は 3 州（面積比で概ねオロミア州 55%、アファール州 25%、アムハラ州 20%）が含まれており、2012 年に実施した「リフトバレー湖沼地域地下水開発調査計画」（以下リフトバレー調査）の北東端に隣接し、北西側は国道 1 号線を含む、ブルーナイル川流域との分水嶺付近が境界をなす。南東側はアワシュ川流域とシェベレ川流域との分水嶺が境界をなす地域である。

上記の要請を受け、JICA は 2012 年 9 月に詳細計画策定調査団を派遣し、1960 年代から水位上昇が続き周辺に浸水被害をもたらしている Beseka 湖の湖水涵養機構及び地下水流動機構を追加調査事項とし、アワシュ川中流域における地質図及び水理地質図の作成、

地下水開発可能量評価、オロミア州の小都市（人口約 15,000 人以下、エチオピア国側から提示された 30 小都市）を対象とした概略給水計画の策定、優先度の高い小都市概略給水計画（10 計画程度の選定）等を本プロジェクトの内容とした。

1.3 プロジェクトの目的

本件は、アワシュ川中流域の地域における地質図及び水理地質図の作成、地下水開発可能量の評価、オロミア州の小都市を対象とした概略給水計画の策定、優先度の高い小都市概略給水計画の選定の実施を通じて、水灌漑電力省地下水局（Ministry of Water, Irrigation and Electricity : MoWIE、Groundwater Directorate : GD）並びにオロミア州水・鉱物・エネルギー局(Oromia (Regional) Water, Mineral and Energy Development Bureau : OWMEB)の計画策定・実施能力の向上を図ることを目的としている。

1.4 業務の範囲

本件は、2013年5月27日に署名された合意文書(R/D)及び同協議に関する議事録(M/M)に基づき実施された。調査団は、「プロジェクトの目的」を達成するために、「プロジェクトの実施計画」に述べる調査項目を実施して、調査の進捗に応じ「調査報告書」に記載の報告書を作成し、先方政府及び JICA へ説明し協議を行った。

1.5 プロジェクト実施計画

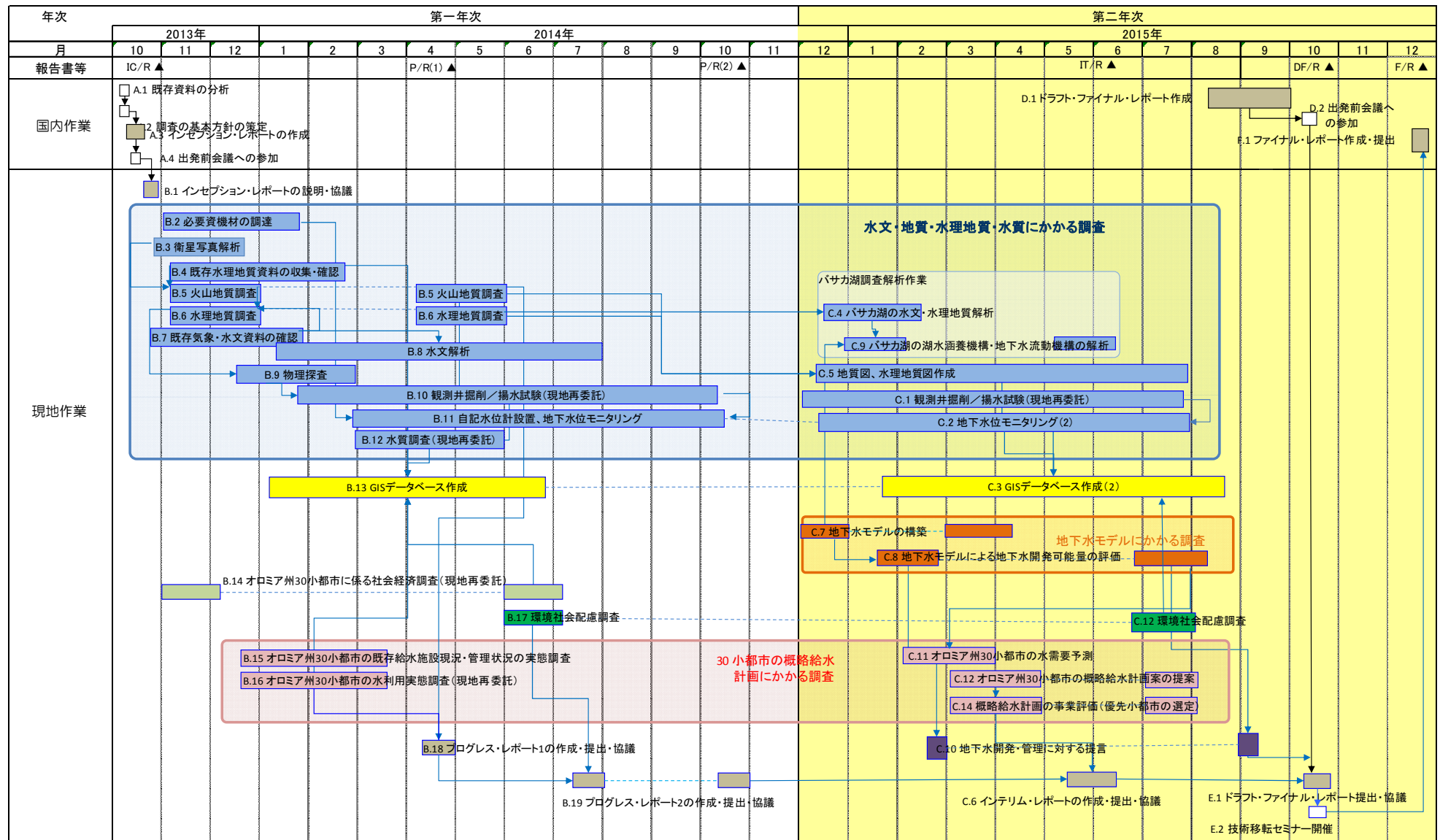
本件調査は、2013年10月に開始し、2015年12月に終了した。概略の工程は以下の図 1.5.1の通り、また作業工程は図 1.5.2のフローチャートの通りである。

契約年次	第一年次												第二年次																						
	平成25年度			平成26年度									平成27年度																						
調査年度	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
現地調査	[B]第一次現地調査												[C]第一次現地調査									[E]第二次現地調査													
国内調査	[A]第一次国内作業																					[D]第一次国内作業	[F]第二次国内作業												
レポート	▲ IC/R												▲ P/R1										▲ P/R2										▲ IT/R	▲ DF/R	▲ F/R
技術移転 セミナー																																			

Note: IC/R: Inception Report P/R: Progress Report IT/R: Interim Report
DF/R: Draft Final Report F/R: Final Report

出典：調査団、データ元：JICA指示書

図 1.5.1: 概略工程



出典：調査団、データ元：JICA指示書

図 1.5.2: 業務実施のフローチャート

1.6 調査範囲と対象小都市

1.6.1 対象地域

アワシユ川中流域を対象とする。対象の面積は約 29,000 km² であるが、これは地下水モデル作成対象地域であり、その中に水理地質図作成の約 20,000 km²、オロミア州小都市給水計画対象地域の約 15,000 km² が含まれる。調査対象地域を図 1.6.1に示す。

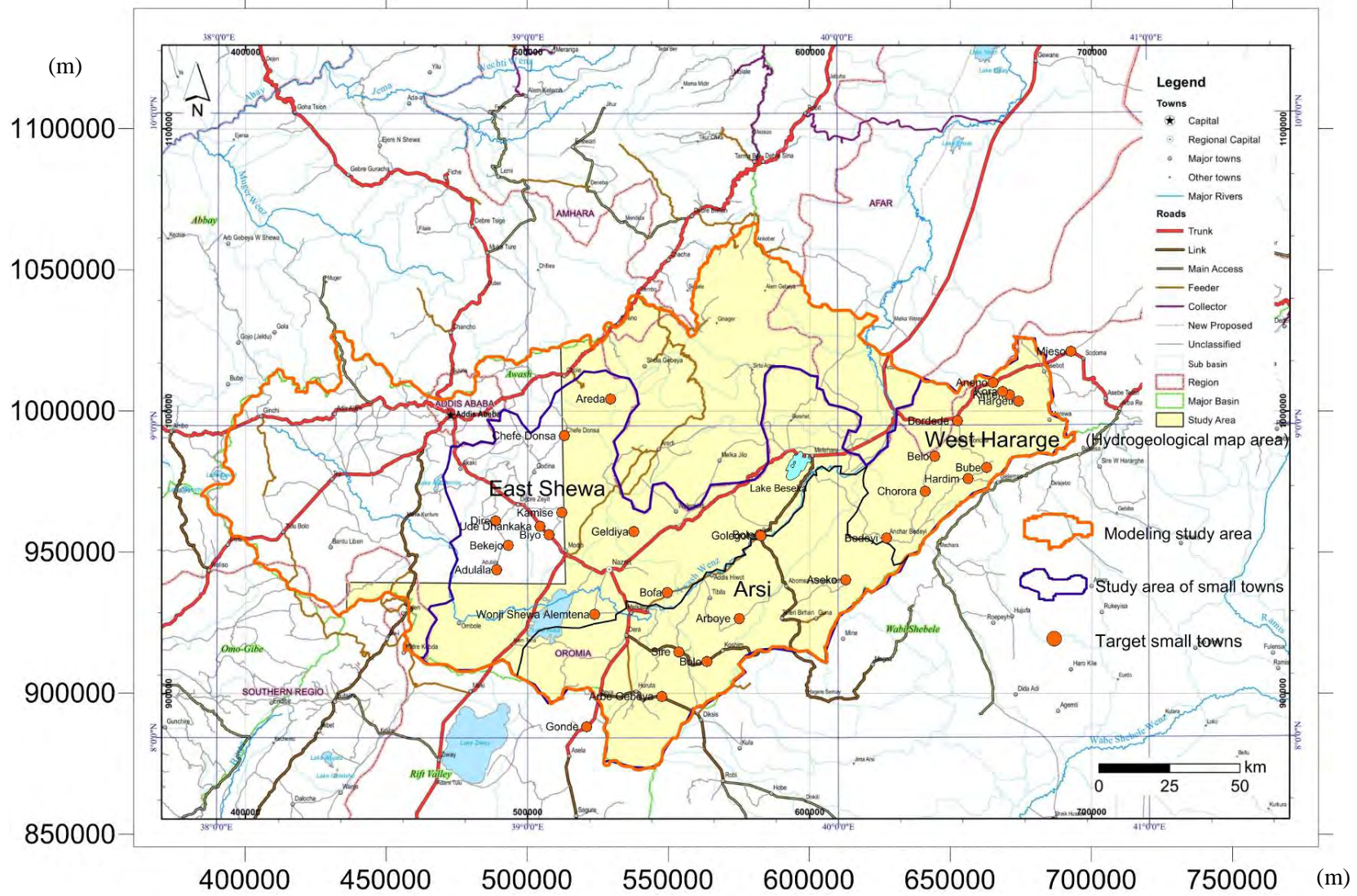
1.6.2 対象小都市

オロミア州概略給水計画のアワシユ中流域における調査対象都市は、2013 年 12 月に JICA 調査団と OWMEB がテクニカルノートを交わして合意決定した 30 小都市である。現地調査の結果からワレダ（郡）名や小都市の名称がテクニカルノート時から修正確認された。対象とされた小都市は以下の表 1.6.1の通りである。

表 1.6.1: 対象小都市

Zone	Woreda	Town
East Shewa	Adama Zuriya	Wonji Shewa Alemtena Town
	Adama Zuriya	Geldiya Town
	Ada A	Dire Town
	Boset	Bofa Town
	Boset	Bole Town
	Ada A	Ude Dhankaka Town
	Ada A	Bekejo Town
	Lume	Kamise Town
	Gimbichu	Chefe Donsa Town
	Gimbichu	Areda Town
	Lume	Biyo Town
Arsi	Liben Chikuala	Adulala Town
	Sire	Sire Town
	Jeju	Bolo Town
	Jeju	Arboye Town
	Aseko	Aseko Town
	Merti	Golegota Town
	Tiyo	Gonde Town
West Hararge	Lodehetosa	Arbe Gebeya Town
	Anchar	Chorora Town
	Anchar	Bedeyi Town
	Guba Qoricha	Hardim Town
	Guba Qoricha	Bube
	Mieso	Mieso Town
	Mieso	Hargeti
	Mieso	Bordede Town
	Mieso	Kinteri
	Mieso	Aneno
Mieso	Belo	
Mieso	Kora	

出典：調査団、データ元：OWMEB



出典：調査団、データ元：OWMEB

図 1.6.1: 対象地域図

1.7 調査団とエチオピア国側のメンバー

1.7.1 調査団

JICA 調査団は、国際航業㈱の松本俊幸を総括とした以下の 12 名の団員からなる。各団員の氏名と担当分野は表 1.7.1の通りである。

表 1.7.1: JICA 調査団

名前	分野
松本 俊幸	総括/地下水開発・管理計画
坂井 健介	副総括/気象・水文/事業計画
浮島 久幸	水理地質/水質
石田 智	小都市給水/水利用計画/維持管理
雷 沛豊	地下水モデル
池元 壮彦	火山地質
斎藤 光義	物理探査
田中 正利	観測井掘削
郷内 吉瑞	GIS/データベース
新井 伸吾	環境社会配慮
山本 陽介	社会経済調査
徳田 誠	業務調整/気象・水文補助

出典：調査団、データ元：JICA指示書

1.7.2 エチオピア国側のメンバー

エチオピア国側の主な関連機関は、責任機関の水灌漑電力省（MoWIE）、実施機関の同省地下水局（GD）であり、特に同省副大臣が運営委員会議長となり、地下水局局長がプロジェクト責任者を務めた。地下水局職員は調査団のカウンターパート（C/P）として密接な業務の調整をとるとともに、エチオピア水供給技術専門学校（Ethiopian Water Technology Institute : EWTI）職員も C/P として物理探査機材の準備、技術面のサポートを行った。運営委員会メンバーと C/P メンバーを表 1.7.2及び表 1.7.3に示す。

表 1.7.2: 運営委員会メンバー

Name	Position	Organization	Remarks
Ato. Kebede Gerba	State Minister	MoWIE	Chair Person
Ato. Tesfaye Tadesse	GD Director	MoWIE	C/P
Ato. Zebene Lakew		MoWIE	C/P
Ato. Hundie Melka	Chief Geologist	Geological Survey of Ethiopia(GSE)	Member
Ato. Muhuddin Abdela		GSE	Member
Ato. Demissie Alamirew		GSE	Member
Ato. Fekadu Lebecha		OWMEB	C/P
Prof. Tenalem Ayenew		Addis Ababa University (AAU)	Member
Mr. Itsuro Takahashi		JICA Ethiopia Office	Member
JICA Project Team members		JICA Project Team	Member

出典：調査団、データ元：MoWIE、GSE、OWMEB、AAU、JICAエチオピア事務所

表 1.7.3: C/P メンバー

Name	Position	Organization	Remarks
Ato. Tesfaye Tadesse	GD Director	MoWIE	Project director, SCM
Ato. Zebene Lakew		MoWIE	Project coordinator, SCM
Ato. Ketema W/agegnehu		MoWIE	
Ato. Fekadu Lebecha		OWMEB	SCM
Ato. Tamiru Fekadu	Course coordinator	EWTI	

出典：調査団、データ元：MoWIE、OWMEB、EWTI

Chapter 2

*アワシユ川中流域の自然状況と
社会経済状況*

*Natural and Socio-Economic
Conditions in the Middle Awash
River Basin*

2 アワシュ川中流域の自然状況と社会経済状況

2.1 はじめに

ここでは対象地域の自然条件と社会条件に関わる一般的な状況を記述する。対象地域は首都アディスアベバの南東域の北緯 8 度 00 分～9 度 30 分、東経 38 度 00 分～40 度 00 分の間に位置し、約 29,000 km²の面積を有する。オロミア州の州都 Adama 市はアディスアベバから約 80 km 南東に位置する。

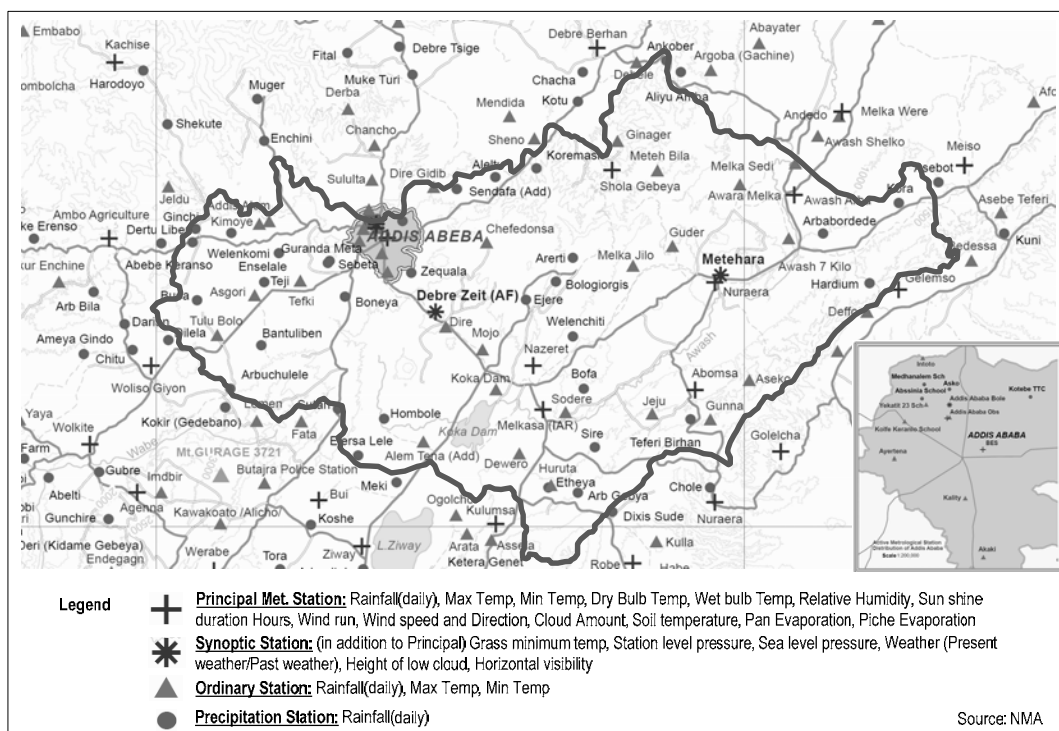
対象地域は周囲と断層で区切られた低地帯と一部高地に位置し、アワシュ川周辺の独立した流域を形成した中流域にあたる。調査地域は、主にオロミア州（面積比 55%）、アファール州（同 25%）及びアムハラ州（同 20%）から構成され、人口は 2007 年統計ではアワシュ川中流域で約 650 万人（うちアディスアベバで約 270 万人）である。主な産業は農業、製造業およびサービス業である。

2.2 自然状況

2.2.1 気象・水文

a. 気象データのレビュー

エチオピア国における気象観測所は国家気象局（National Meteorological Agency : NMA）によって管理されている。アワシュ川中流域内および近傍の気象観測所の位置図を図 2.2.1 に示す。NMA から入手した気象データの解析結果について以降に示す。



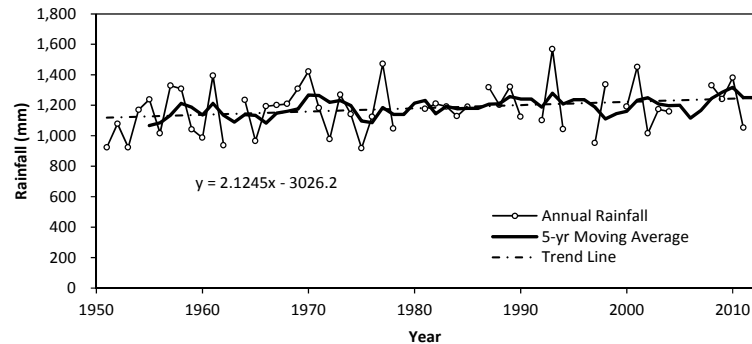
出典：NMA

図 2.2.1: アワシュ川中流域内および近傍の気象観測所位置図

a.1 降水量

a.1.1 年間地点雨量の長期変動

アディスアベバにおける年間降水量の長期トレンドを図 2.2.2に示す。



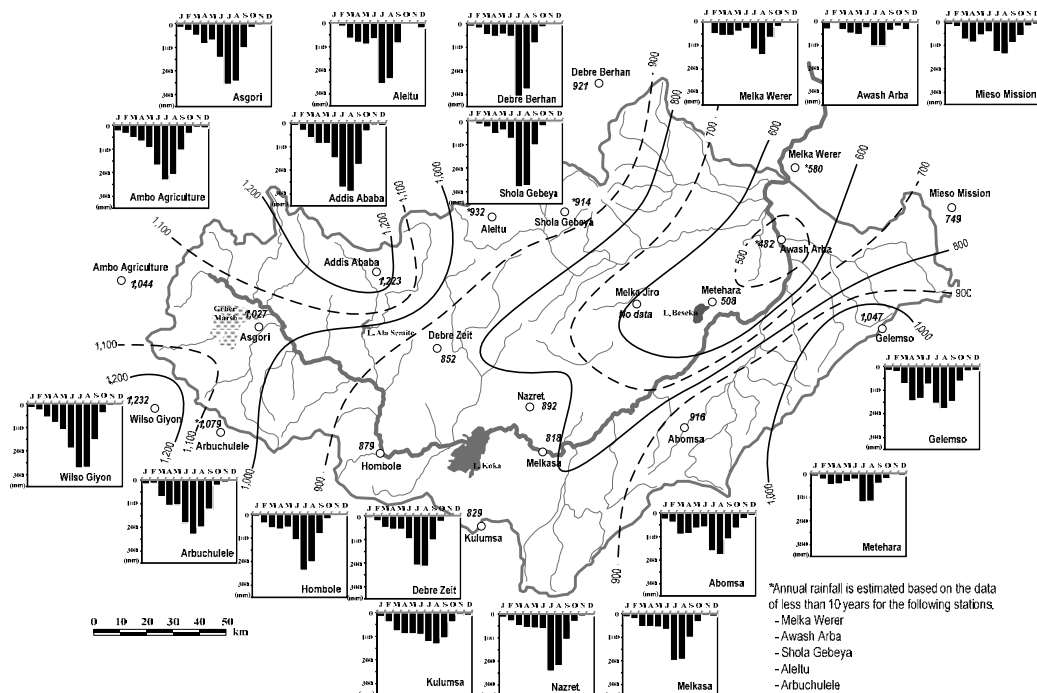
出典：調査団、データ元：NMA の日雨量データ

図 2.2.2: アディスアベバにおける年降水量のトレンド(1951–2011)

近似直線によると、わずかな上昇トレンドが見受けられる一方、わずかな下降トレンドが見られる観測所も存在する。すなわち、アワシュ川中流域において何らかの明確な年間降水量の変化トレンドを見出すことはできない。

a.1.2 降雨の空間分布

収集した雨量データに基づき、アワシュ川中流域における年雨量に関する等雨量線図を作成した（図 2.2.3参照）。



出典：調査団、データ元：NMA の日雨量データ

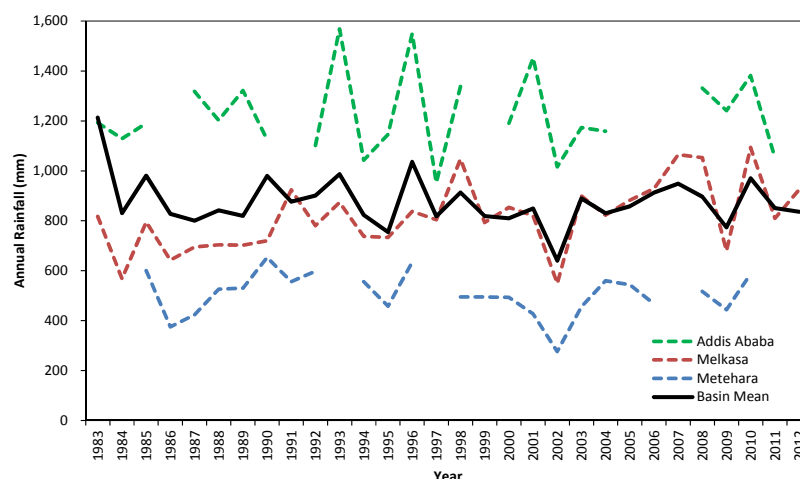
図 2.2.3: アワシュ川中流域の年間雨量の等雨量線図

流域北西部（上流部）において年間雨量が比較的多く、下流へ行くに従って減少する傾向がある。流域西部および北西部においては年間 1,000 mm 以上の降水がある。流域中流部の Koka 湖付近の年降水量は 800 mm から 900 mm 程度である。また、Metehara から下流域では 500 mm 程度かそれ未満の降水量しかない。

図 2.2.3によると、月間雨量の明瞭なピークは7月および8月に見られる。さらに、多くの観測所では3月から4月にかけて小規模なピークが見られる。アワシュ川中流域の気候は3つの明瞭な季節によって特徴づけられる。それらは、ベガ（Bega、乾季、10月から1月）、ブレグ（Bleg、小雨季、2月から5月）およびキレムト（Kiremt、雨季、6月から10月）と呼ばれる。

a.1.3 アワシュ川中流域における流域平均降雨

アワシュ川中流域における流域平均降水量はティーセン法を用いて推定した。1983年から2012年にかけての30年間におけるアワシュ川中流域の年降水量および流域上・中・下流の3地点、すなわちアディスアベバ、Melkasa、Meteharaの年降水量を図2.2.4に示す。



出典：調査団、データ元：NMA の日雨量データ

図 2.2.4: アワシュ川中流域の流域平均降雨量の推移

1983年から2012年の30年間におけるアワシュ川中流域の平均年雨量は 876 mm である。一方、アディスアベバ、Melkasa、Meteharaの各観測所の平均年雨量はそれぞれ 1,283 mm、818 mm、508 mm である。

a.2 蒸発量

月平均蒸発量は日蒸発量データから推定した。具体的には、欠測日のない月を対象に日蒸発量を積算しそれを平均することである月の蒸発量を推定した。例えばある観測所において、1月の日蒸発量データに欠測のない年が1998年、2000年および2005年であった場合、同観測所の1月の平均蒸発量はこれら3年の1月の蒸発量の算術平均値とした。

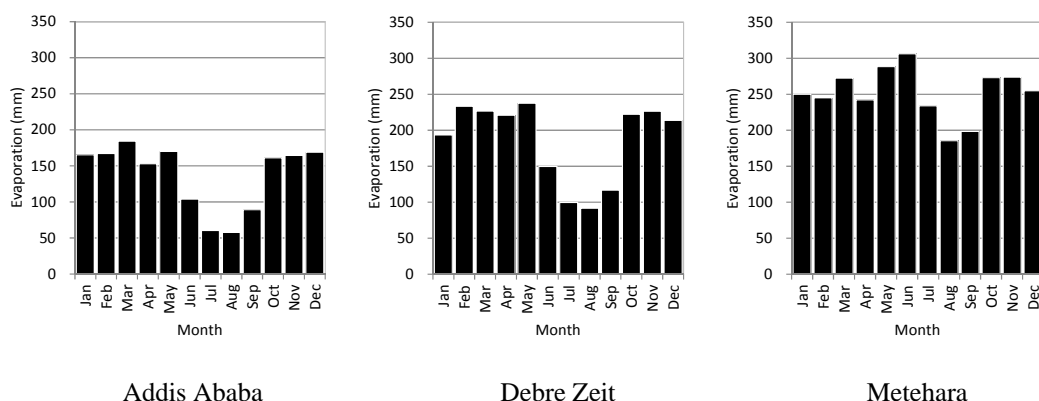
このようにして推定した 11 観測所の月平均蒸発量を表 2.2.1に示す。

表 2.2.1: 流域内外 11 観測所における月間蒸発量

	Abomsa	Addis Ababa	Ambo Agriculture	Debre Zeit	Debre Berhan	Gelemso	Kulumsa	Metehara	Mieso Mission	Shola Gebeva	Woliso Givon
Elevation (m amsl)	1,630	2,386	2,068	1,900	2,750	1,739	2,211	944	1,332	2,500	2,058
Jan	190	165	217	193	153	244	200	250	204	152	260
Feb	203	167	229	233	173	288	195	245	215	202	290
Mar	226	184	229	227	163	242	207	272	222	192	259
Apr	232	153	195	221	147	180	192	242	222	194	245
May	303	170	185	238	193	150	197	288	289	253	177
Jun	298	104	83	150	163	139	147	306	309	174	80
Jul	224	61	50	100	68	131	115	234	267	78	51
Aug	163	58	47	92	56	116	96	185	222	64	51
Sep	144	89	62	117	85	108	93	198	176	104	76
Oct	184	161	161	222	127	162	203	273	242	159	178
Nov	205	165	193	226	143	237	217	274	228	164	265
Dec	210	169	216	214	151	244	207	255	197	160	306
Total	2,585	1,646	1,867	2,232	1,622	2,240	2,069	3,023	2,794	1,895	2,239

注) 観測所の位置は図 2.2.3に示している。
出典：調査団、データ元：NMA の日蒸発量データ

年間蒸発量は Debre Berhan（流域外近傍）の 1,622 mm から Metehara の 3,023 mm までの範囲となっている。流域内 3 箇所すなわちアディスアベバ（標高 2,386 m）、Debre Zeit（同 1,900 m）および Metehara（同 944 m）における月蒸発量のグラフを図 2.2.5に示す。



出典：調査団、データ元：NMA の日蒸発量データ

図 2.2.5: 3 観測所における月蒸発量

月蒸発量の最小値は雨季にあたる 7 月から 9 月にかけて現れる。月蒸発量に明瞭なピークは見られないが、乾季および小雨季間は概ね高い値となっている。

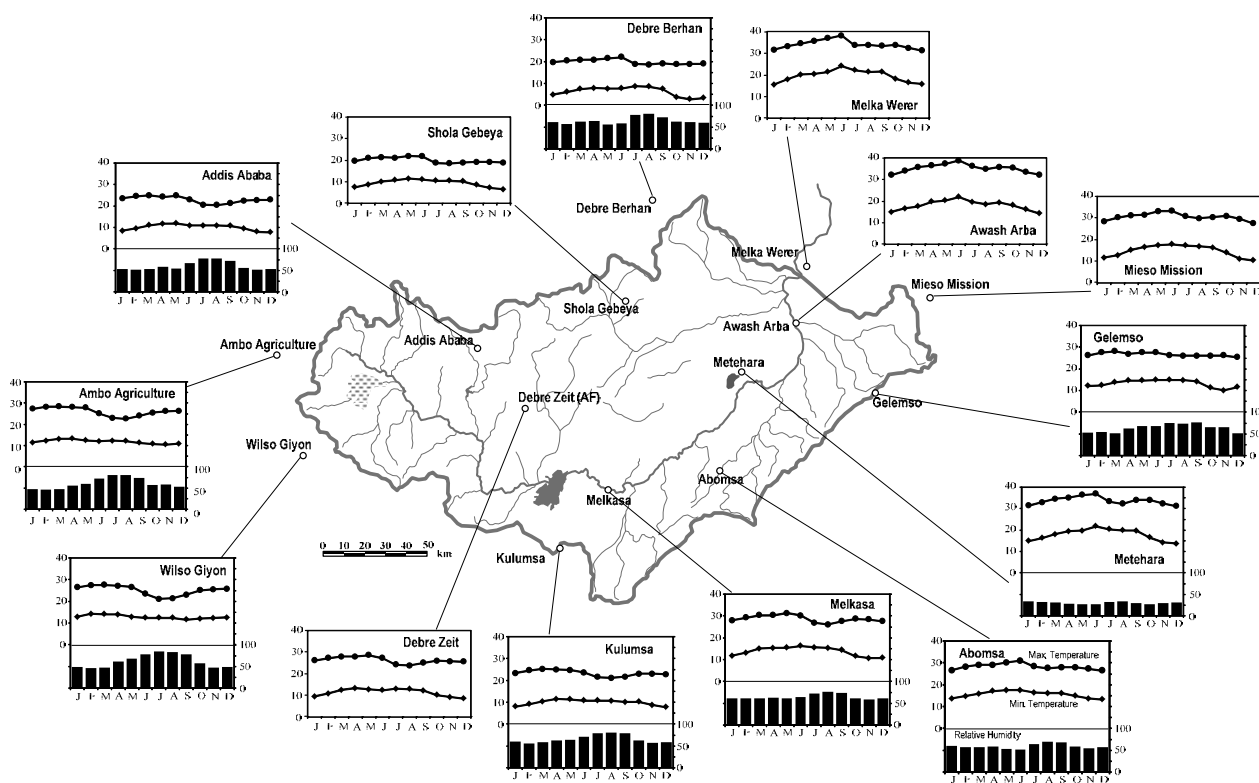
a.3 気温及びその他のデータ

アワシュ川中流域内外の最高気温、最低気温および相対湿度を図 2.2.6に示すとともに、表 2.2.2に要約する。

表 2.2.2: 流域内外の観測所における気温、相対湿度および日照時間

Station	Elevation (m a.m.s.l.)	Max. Temperature (°C)	Min. Temperature (°C)	Annual Mean Temperature (°C)	Annual Mean Relative Humidity (%)	Annual Mean Sunshine Hours (hours/day)
Abomsa	1,630	31.0 (Jun.)	13.2 (Dec.)	21.9	59.3	7.5
Addis Ababa Obs	2,386	24.9 (Mar.)	7.7 (Dec.)	16.5	60.4	6.6
Ambo Agriculture	2,068	28.4 (Mar.)	10.5 (Nov.)	18.9	61.2	6.4
Awash Arba	780	38.9 (Jun.)	14.3 (Dec.)	26.8	-	-
Debre Berhan	2,750	22.0 (Jun.)	2.8 (Nov.)	13.1	64.7	-
Debre Zeit	1,900	28.6 (May)	8.6 (Dec.)	18.9	-	-
Gelemso	1,739	28.1 (Mar.)	10.0 (Nov.)	20.0	64.0	6.7
Kulumsa	2,211	25.2 (Mar.)	7.8 (Dec.)	16.6	65.8	7.0
Melka Werer	740	38.1 (Jun.)	15.3 (Jan.)	26.7	-	-
Melkasa	1,540	31.2 (May)	10.6 (Nov.)	21.2	64.8	8.4
Metehara	944	36.9 (Jun.)	13.6 (Dec.)	25.8	30.4	8.5
Mieso Mission	1,332	33.3 (Jun.)	10.5 (Dec.)	22.7	-	-
Shola Gebeya	2,500	22.0 (May)	6.5 (Dec.)	14.7	-	-
Wilso Giyon	2,058	27.6 (Mar.)	11.7 (Sep.)	18.9	62.3	-

- : Data is not available or has not been collected.
出典：調査団、データ元：NMA の気象データ



出典：調査団、データ元：NMA の気象データ

図 2.2.6: 流域内外の観測所における月間気温と相対湿度

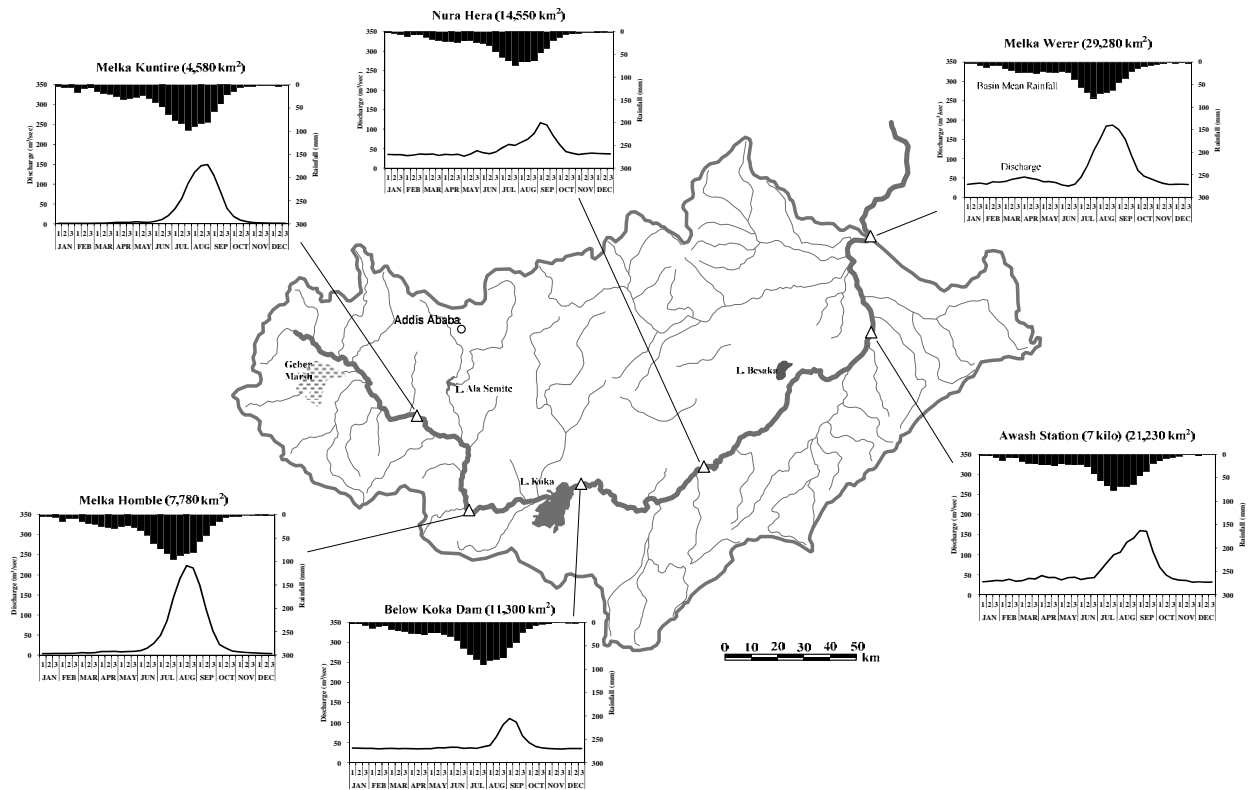
どの観測所においても、年間の最高気温は小雨季後期から雨季初期にかけての 5 月から 6 月に観測される。雨季においては最高気温が低い一方で、最低気温は他の時期に比べて高い傾向にある。流域下流の Awash Arba、Melka Werer、Metehara では最高気温は 36 °C に達する。また、高地のアディスアベバ、Debre Zeit、Kulumsa、Shola Gebeya など

は最低気温が 10 °C を下回る。

相対湿度は雨季にピークを迎える。年平均の相対湿度はわずか 30% の Metehara など一部の乾燥地を除き、概ね 60% から 65% である。

b. 水文データのレビュー

水灌漑電力省（MoWIE）水文局から入手した日流量データに基づく 1980 年から 2009 年までの 10 日平均流量を計算した（図 2.2.7、表 2.2.3 参照）。



出典：調査団、データ元：MoWIE の水文データおよび NMA の雨量データ

図 2.2.7: アワシュ川中流の主要測水所における 10 日平均流量ハイドログラフ

表 2.2.3: アワシュ川中流の主要測水所における 10 日平均流量

		Melka Kuntire	Melka Homble	Below Koka Dam	Nura Hera	Awash Sta.	Melka Werer	
集水面積 (km ²)		4,580	7,780	11,300	14,550	21,230	29,280	
流量 (m ³ /sec)	Jan	1	1.5	3.7	36.7	34.9	32.2	33.4
		2	1.6	3.9	36.3	34.4	33.6	35.2
		3	1.4	4.3	36.0	34.3	35.7	36.7
	Feb	1	1.4	4.0	36.1	31.9	34.9	33.9
		2	1.4	4.2	34.7	33.1	38.7	40.0
		3	1.4	4.7	35.4	36.2	33.7	39.1
	Mar	1	1.8	6.0	35.8	35.3	35.3	40.8
		2	2.0	5.1	34.9	36.1	40.8	46.2
		3	2.6	6.2	35.6	32.4	39.3	49.2
	Apr	1	4.0	8.9	35.1	35.2	47.8	52.4
		2	3.7	8.8	34.6	34.0	42.9	48.9
		3	4.0	9.1	35.1	35.1	43.1	46.3
	May	1	5.3	8.0	35.0	30.3	37.2	40.2
		2	4.1	8.9	37.7	36.0	42.6	40.8
		3	4.0	9.0	37.0	44.6	43.8	37.8
	Jun	1	6.9	11.4	38.7	39.2	38.1	31.6

			Melka Kuntire	Melka Homble	Below Koka Dam	Nura Hera	Awash Sta.	Melka Werer	
		2	11.2	17.5	38.7	36.8	41.2	28.9	
		3	21.7	29.6	36.2	41.6	42.6	33.7	
		Jul	1	38.6	49.3	37.1	52.2	61.5	51.9
		2	63.5	85.7	36.2	60.6	81.0	81.9	
		3	102.0	144.8	39.9	58.0	99.6	120.5	
		Aug	1	129.8	191.7	43.6	66.3	106.1	150.7
		2	146.2	223.2	65.2	73.9	131.0	184.3	
		3	149.4	216.9	94.7	88.9	140.8	186.8	
		Sep	1	121.5	175.1	110.2	116.2	159.7	174.8
		2	80.9	113.2	101.6	110.8	158.2	150.5	
		3	39.2	61.0	66.8	83.6	107.4	108.2	
		Oct	1	19.0	26.4	49.9	60.6	69.2	69.6
		2	10.0	17.5	40.6	42.3	49.2	54.5	
		3	5.8	9.9	36.9	38.0	40.0	48.2	
		Nov	1	3.5	8.3	35.6	34.8	36.4	41.6
		2	2.7	6.6	34.7	36.6	35.8	36.0	
		3	2.2	5.8	34.2	38.3	31.4	33.0	
		Dec	1	1.9	4.9	35.5	37.5	32.3	33.6
		2	1.8	4.3	35.5	36.8	31.4	33.9	
		3	1.6	3.9	35.7	36.4	31.8	33.0	
	年平均流量 (m ³ /sec)			27.8	41.7	44.0	47.6	58.5	64.1
	年間流出高 (mm/yr)			191	169	123	103	87	69

出典：調査団、データ元：MoWIE の水文データ

上記から、以下のことがまとめられる。

- アワシュ川中流域における雨量のピークは7月から8月にかけて発生するのに対し、流量のピークは8月中旬から9月上旬にかけて観測される。
- Koka湖（ダム）は乾季には約35 m³/secの流量を常時放流している。
- アワシュ川中流域末端のMelka Wererにおける年間流出高は69 mmであり、これは年間流域平均雨量876 mm（1983－2012）の8%未満である。

c. 水文解析

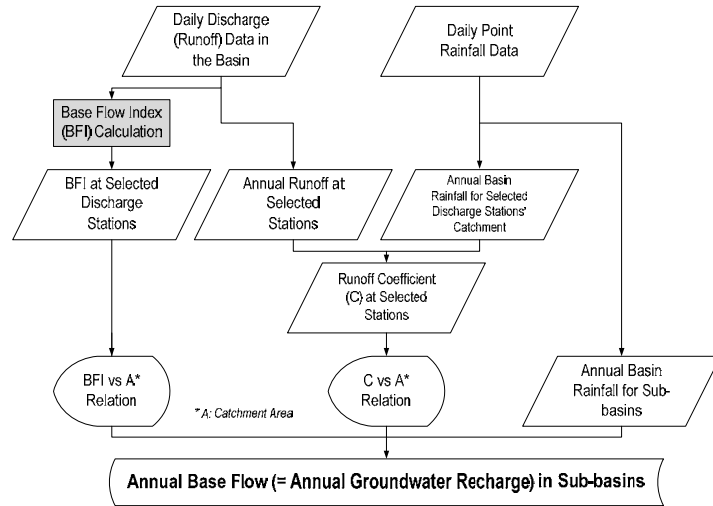
c.1 はじめに

c.1.1 水文解析の目的

本プロジェクトの主要な目的のひとつはアワシュ川中流域の利用可能な地下水資源量を評価し、それに基づいて地下水開発計画を立案することである。ここで行う水文解析の目的はアワシュ川中流域における年間の地下水涵養量を推定することである。本節では、地下水涵養量すなわち利用可能な地下水資源量を、河川流量と地下水涵養量の一般的な関係やその他の関連情報に基づき推定する。

c.1.2 解析手順

解析は以下の図 2.2.8の手順で実施する。



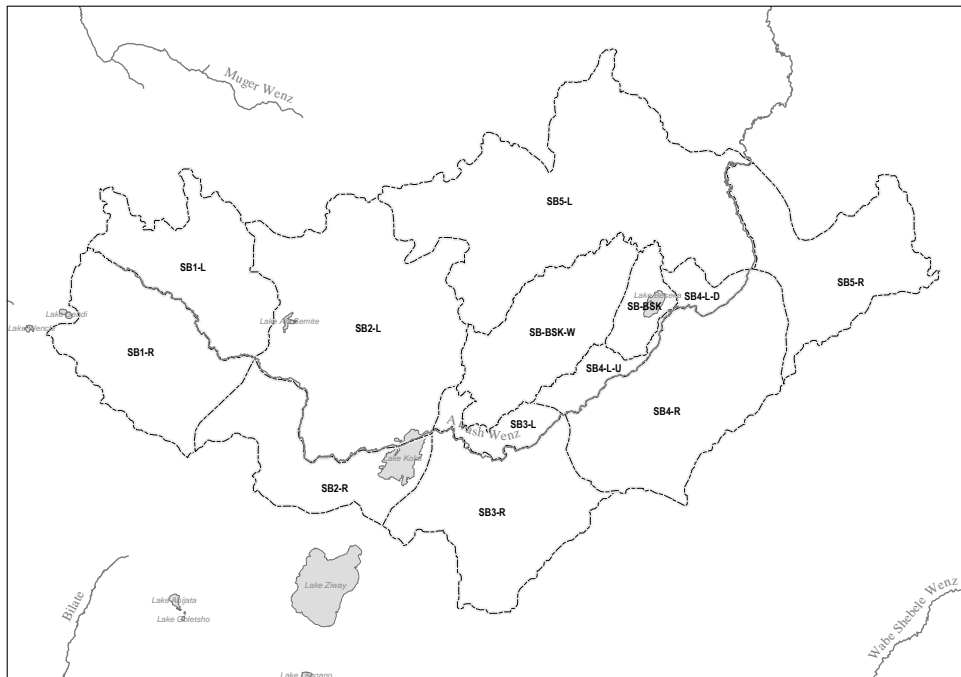
出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.8: 水文解析の手順

まず初めに、選定した流域内の測水所における河川流量を解析し、地下水涵養量に等しいと考えられる基底流量（又はインデックス）を算出する。これに基づき、基底流量と観測所の流域面積の関係について解析する。次に、選定した測水所における年間流量を年流域平均降水量と比較し、流出率と流域面積の関係について解析する。これらの関係に基づいて、部分流域ごとの地下水涵養量を推定する。

c.1.3 部分流域

アワシュ川中流域を以下の図 2.2.9に示す 13 の部分流域に分割した。



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.9: 地下水涵養量推定のための流域分割

各部分流域の概要は下表のとおりであり、面積は 310 km² から 5,710 km² である。

表 2.2.4: 部分流域の概要

No	Name	Outlet	Area [km ²]	Description
1	SB1-L	Awash	2,068	Catchment of the left bank side of the Awash upstream "Melka Kuntire" SFGS (stream flow gauging station).
2	SB1-R	Awash	2,508	Catchment of the right bank side of the Awash upstream "Melka Kuntire" SFGS.
3	SB2-L	Awash	4,860	Catchment of the left bank side of the Awash between "Below Koka Dam" and "Melka Kuntire" SFGSs
4	SB2-R	Awash	1,859	Catchment of the right bank side of the Awash between "Below Koka Dam" and "Melka Kuntire" SFGSs
5	SB3-L	Awash	508	Catchment of the left bank side of the Awash between "Nura Hera" and "Below Koka Dam" SFGSs
6	SB3-R	Awash	2,743	Catchment of the right bank side of the Awash between "Nura Hera" and "Below Koka Dam" SFGSs
7	SB4-L-U	Awash	435	Catchment of the left bank side of the Awash between the bridge on the Awash at the entrance of Metehara Sugar Plantation and "Nura Hera" SFGS
8	SB4-L-D	Awash	312	Catchment of the left bank side of the Awash between "Awash Station" SFGS and the bridge on the Awash at the entrance of Metehara Sugar Plantation
9	SB4-R	Awash	3,367	Catchment of the right bank side of the Awash between "Awash Station" and "Nura Hera" SFGSs
10	SB5-L	Awash	5,710	Catchment of the left bank side of the Awash between "Melka Werer" and "Awash Station" SFGSs
11	SB5-R	Awash	2,347	Catchment of the right bank side of the Awash between "Melka Werer" and "Awash Station" SFGSs
12	SB-BSK-W	Depression (no outlet is confirmed topographically)	2,041	Catchment in the western side of the Lake Beseka Catchment
13	SB-BSK	Lake Beseka, Awash (through a Drainage Channel)	532	Catchment of the Lake Beseka
Total			29,289	

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

c.2 河川流量解析

c.2.1 河川流量分離（BFIの計算）

河川流量のうち、地下水流出成分（基底流）の占める割合を Base Flow Index（BFI）という指標で表す。河川の日流量データから降水による直接流出と基底流を分離する方法（BFIの計算方法）は多く開発されている。しかし、選択する方法により結果が異なるのは普通であり、どれを採用するかが問題となる。そのため、今回は信頼度が高いと考えられる PART（米国地質調査所、2007）¹および BFI（米国内務省開拓局、2013）²と呼ば

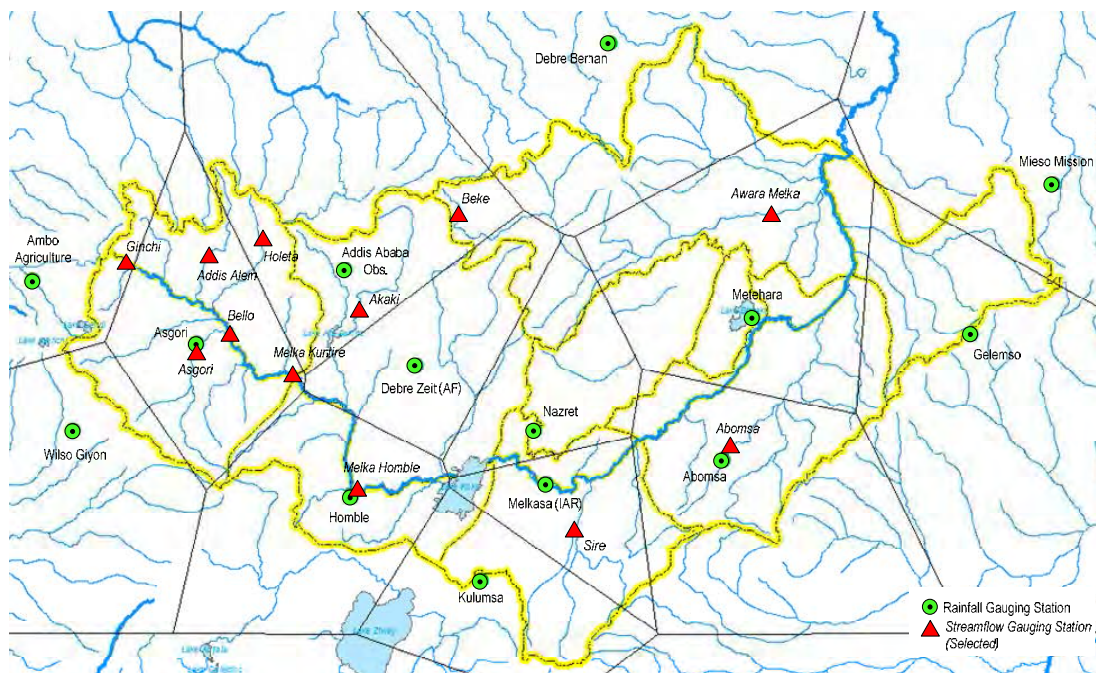
¹ <http://water.usgs.gov/ogw/part/>

² http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics_lab/twahl/bfi/

れる2つのプログラムを採用した。

c.2.2 BFI計算のための測水所の選定

BFI 計算のために流量データを利用する測水所として、以下の図 2.2.10に示す 12 の測水所を選定した。



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.10: BFI 算定のために選定した測水所位置図

表 2.2.5: BFI 算定のために選定した測水所

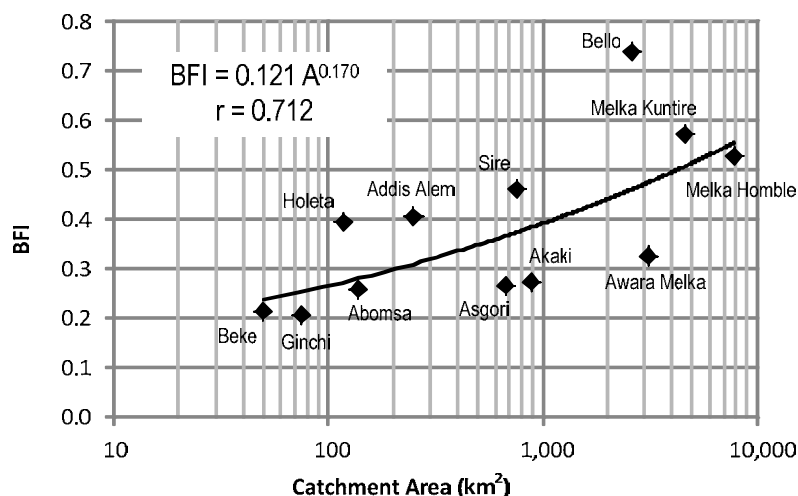
測水所名	河川名	流域面積 (km ²)	データの年数	使用するデータ期間
Abomsa	Arba	140	5	1995–1999
Addis Alem	Berga	248	18	1984, 1989–1991, 1993–2002, 2004–2007
Akaki	Akaki	884	14	1983–1984, 1986–1992, 2000–2004
Awara Melka	Kesem	3,113	20	1983–1984, 1986–2000, 2003–2004, 2006
Asgori	Teji	663	11	1983–1985, 1987–1991, 1996, 2001, 2007
Beke	Kesem	50	14	1986, 1988–1989, 1993, 1995–1997, 1999–2003, 2005–2006
Bello	Awash	2,569	11	1987–1990, 1992, 1994, 1996–1997, 2000, 2004, 2008
Ginchi	Awash	76	12	1994–1995, 1997, 1999–2007
Holeta	Holeta	119	16	1988, 1991, 1994–2002, 2004–2008
Melka Hombie	Awash	7,780	27	1983–2009
Melka Kuntire	Awash	4,580	24	1983–1984, 1986–2005, 2007–2008
Sire	Keleta	747	13	1983–1984, 1985, 1987–1988, 1990–1993, 1995, 1997, 1999–2000

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

c.2.3 BFI計算結果

各測水所における BFI として、地下水開発ポテンシャルの面で安全側に立つという観点から「PART」および「BFI」の両プログラムによる算定結果のうち小さい方を採用し

た。図 2.2.11は横軸を測水所の流域面積（対数軸）、縦軸を採用した BFI としてグラフに示したものである。



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.11: 流域面積と BFI の関係

グラフからは流域面積と BFI の間に高い相関が見られ、相関係数は 0.70 を超えている。すなわち、面積の大きな流域ほど BFI が大きい傾向があると考えられる。

c.3 水収支解析

c.3.1 選定12測水所における流出率

BFI は総河川流量に占める基底流量すなわち地下水涵養量の割合である。このことから、地下水涵養量は河川流量が分かれば BFI を介して定量的に推定できる。

12 測水所における流出率を年間流域平均降水量に占める年間河川流量の割合として計算する。年間河川流量は日流量データを積算することで計算できる。流域平均降水量については、収集した地点雨量データを基にティーセン法により算定する（図 2.2.10 にティーセン網を掲載している）。

年流域平均降水量と年間河川流量の算定結果は表 2.2.6 に示すとおりである。

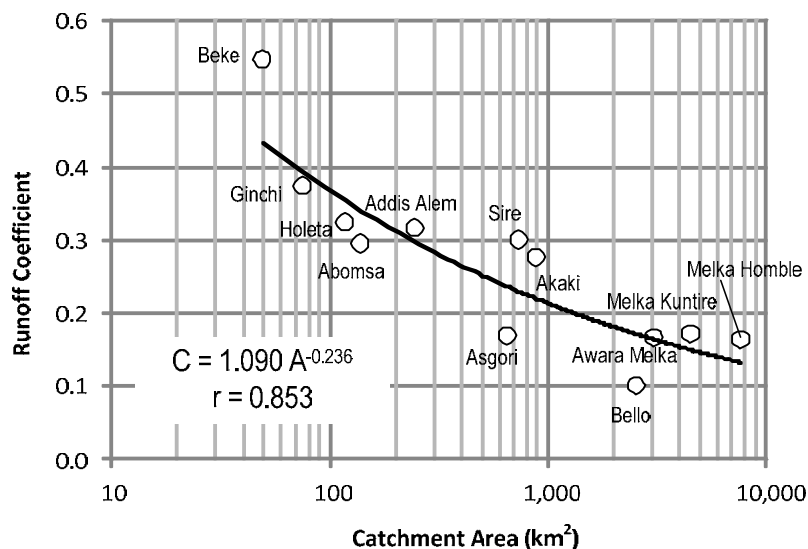
表 2.2.6: 12 測水所流域における年平均流出量と降水量

測水所名	河川名	流域面積 (km ²)	流出量 (mm/yr)	降水量 (mm/yr)	流出率	採用した期間
Abomsa	Arba	140	301	1,018	0.295	1995–1999
Addis Alem	Berga	248	357	1,136	0.315	1984, 1989–1991, 1993–2002, 2004–2007
Akaki	Akaki	884	331	1,198	0.276	1983–1984, 1986–1992, 2000–2004
Awara Melka	Kesem	3,113	135	824	0.164	1983–1984, 1986–2000, 2003–2004, 2006
Asgori	Teji	663	189	1,115	0.169	1983–1985, 1987–1991, 1996, 2001, 2007
Beke	Kesem	50	682	1,249	0.546	1986, 1988–1989, 1993, 1995–1997, 1999–2003, 2005–2006
Bello	Awash	2,569	111	1,098	0.101	1987–1990, 1992, 1994, 1996–1997, 2000, 2004, 2008

測水所名	河川名	流域面積 (km ²)	流出量 (mm/yr)	降水量 (mm/yr)	流出率	採用した期間
Ginchi	Awash	76	364	979	0.372	1994-1995, 1997, 1999-2007
Holeta	Holeta	119	393	1,220	0.322	1988, 1991, 1994-2002, 2004-2008
Melka Homble	Awash	7,780	172	1,066	0.162	1983-2009
Melka Kuntire	Awash	4,580	188	1,103	0.171	1983-1984, 1986-2005, 2007-2008
Sire	Keleta	747	242	806	0.300	1983-1984, 1985, 1987-1988, 1990-1993, 1995, 1997, 1999-2000

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

一般に流域面積が大きいほど流出率は小さくなるといわれ、このことはアワシュ川中流域についても当てはまる。流域面積と流出率の関係を図 2.2.12に示す。



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.12: 流域面積と流出率の関係

上記グラフに示すとおり、流域面積と流出率の間には強い相関が見られ、ここでの相関係数は 0.85 を超えている。

c.3.2 選定12測水所における年間地下水涵養量

ここまでの議論を踏まえると、年間地下水涵養量は以下の式で表すことができる。

$$GWR = R \cdot C \cdot BFI$$

- ここに、*GWR*: 年間地下水涵養量(mm/year)
- R*: 年間流域平均降水量(mm/year)
- C*: 流出率(-)
- BFI*: Base Flow Index (-)

上式から選定 12 測水所流域における年間地下水涵養量を表 2.2.7のように推定した。

表 2.2.7: 12 測水所流域における年間地下水涵養量

測水所名	河川名	流域面積 [km ²]	年降水量 (R) [mm/yr]	流出率 (C)	Base Flow Index (BFI)	年間地下 水涵養量 (GWR) [mm/yr]	GWR/R
Abomsa	Arba	140	1,018	0.295	0.26	77	7.6%
Addis Alem	Berga	248	1,136	0.315	0.40	144	12.7%
Akaki	Akaki	884	1,198	0.276	0.28	91	7.6%
Awara Melka	Kesem	3,113	824	0.164	0.33	44	5.4%
Asgori	Teji	663	1,115	0.169	0.27	50	4.5%
Beke	Kesem	50	1,249	0.546	0.21	145	11.6%
Bello	Awash	2,569	1,098	0.101	0.74	82	7.4%
Ginchi	Awash	76	979	0.372	0.21	76	7.8%
Holeta	Holeta	119	1,220	0.322	0.39	154	12.6%
Melka Hombte	Awash	7,780	1,066	0.162	0.52	90	8.5%
Melka Kuntire	Awash	4,580	1,103	0.171	0.57	108	9.8%
Sire	Keleta	747	806	0.300	0.46	111	13.8%

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

c.4 水収支計算結果

前節で示した 12 測水所流域における年間地下水涵養量の推定と同様の手法を用いて、アワシ川中流域の 13 の部分流域（図 2.2.1 および表 2.2.4 参照）における年間地下水涵養量の推定を行う。この解析では、BFI および流出率を流域面積の関数と仮定し、12 測水所流域での解析で見出された関係式（図 2.2.11 および図 2.2.12 参照）を活用して以下のように推定する。

$$GWR = R \cdot C \cdot BFI$$

$$BFI = 0.121A^{0.170}$$

$$C = 1.090A^{-0.236}$$

ここに、GWR: 年間地下水涵養量(mm/year)

R: 年流域平均降水量(mm/year)

C: 流出率(-)

BFI: Base Flow Index (-)

A: 流域面積(km²)

各部分流域の年間降水量は地点雨量データを基にティーセン法により推定した（ティーセン網は図 2.2.10 に掲載している）。

この年平均雨量に上式で推定した流出率および BFI を掛ける。このようにして推定した部分流域ごとの年間地下水涵養量を表 2.2.8 に示す。

表 2.2.8: 部分流域ごとの地下水涵養量推定結果

番号	部分流域	流域面積 (A) [km ²]	年降水量 (R) [mm/yr]	流出率 (C) [-]	Base Flow Index (BFI) [-]	年間地下水涵養量 (GWR)		GWR/R [%]
						[mm/yr]	[10 ⁶ m ³ /yr]	
1	SB1-L	2,068	1,097	0.18	0.44	87.2	180.3	7.9%
2	SB1-R	2,508	1,075	0.17	0.46	84.4	211.6	7.8%
3	SB2-L	4,860	982	0.15	0.51	73.7	358.4	7.5%
4	SB2-R	1,859	867	0.18	0.43	69.4	129.0	8.0%

番号	部分流域	流域面積 (A) [km ²]	年降水量 (R) [mm/yr]	流出率 (C) [-]	Base Flow Index (BFI) [-]	年間地下水涵養量 (GWR)		GWR/R [%]
						[mm/yr]	[10 ⁶ m ³ /yr]	
5	SB3-L	508	853	0.25	0.35	74.4	37.8	8.7%
6	SB3-R	2,743	832	0.17	0.46	64.9	178.1	7.8%
7	SB4-L-U	435	824	0.26	0.34	72.5	31.6	8.8%
8	SB4-L-D	312	548	0.28	0.32	49.3	15.4	9.0%
9	SB4-R	3,367	806	0.16	0.48	62.0	208.8	7.7%
10	SB5-L	5,710	779	0.14	0.53	57.9	330.8	7.4%
11	SB5-R	2,347	870	0.17	0.45	68.6	161.0	7.9%
12	SB-BSK-W	2,041	740	0.18	0.44	58.9	120.2	8.0%
13	SB-BSK	532	548	0.25	0.35	47.6	25.3	8.7%
All Basin		29,290	876	-	-	67.9	1,988.3	7.7%

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

解析の結果、上表のとおり年間地下水涵養量は 47 mm から 87 mm の範囲となり、年間降水量に占める割合としては 7.4% から 9.0% の範囲となった。

最後に、部分流域ごとの水収支を表 2.2.9 に示す。ここでは直接流出および基底流出以外の水資源損失は全て蒸発散量に含めている。

表 2.2.9: 部分流域ごとの水収支

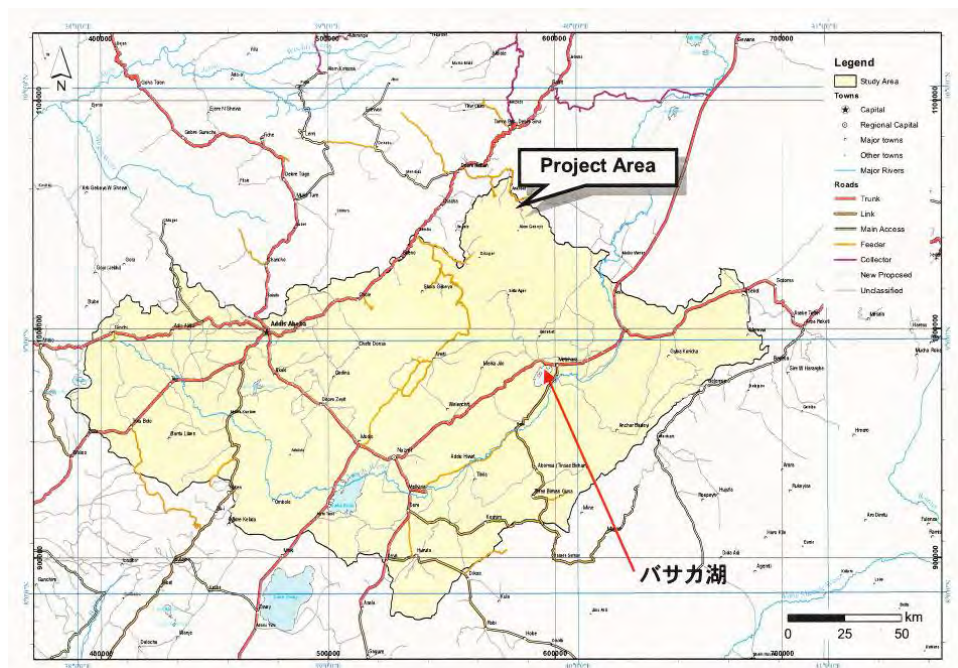
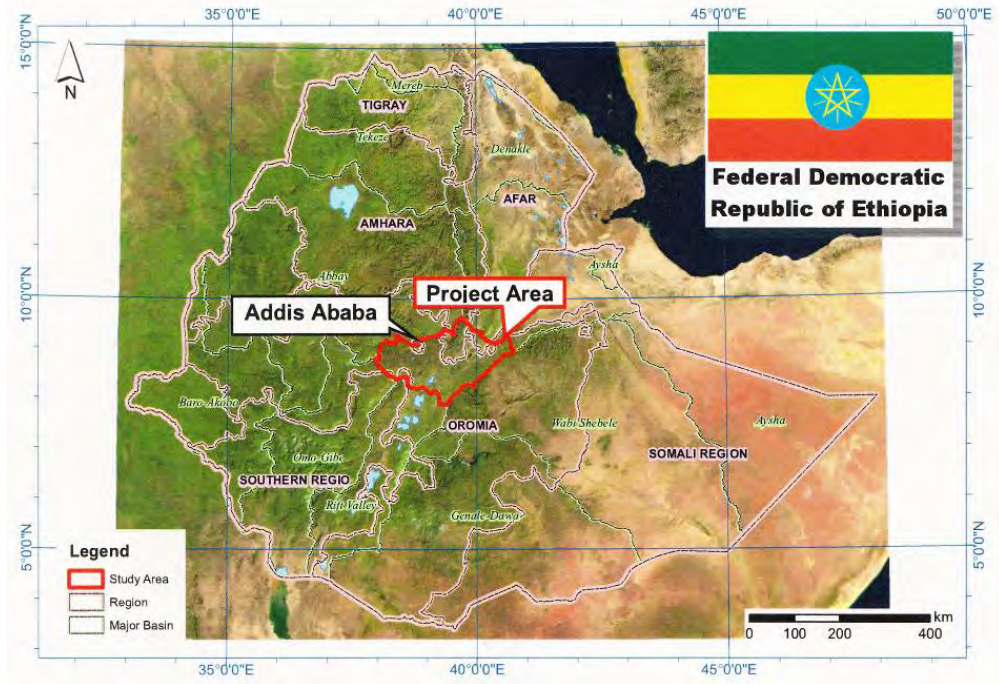
番号	部分流域	流域面積 (A) [km ²]	流入	流出		
			年降水量 (R) [mm/yr]	直接流出 [mm/yr]	基底流出 (地下水涵養量) [mm/yr]	蒸発散量 [mm/yr]
1	SB1-L	2,068	1,097	110	87	900
2	SB1-R	2,508	1,075	100	84	891
3	SB2-L	4,860	982	71	74	837
4	SB2-R	1,859	867	90	69	707
5	SB3-L	508	853	139	74	639
6	SB3-R	2,743	832	75	65	692
7	SB4-L-U	435	824	141	73	610
8	SB4-L-D	312	548	105	49	394
9	SB4-R	3,367	806	67	62	677
10	SB5-L	5,710	779	52	58	669
11	SB5-R	2,347	870	83	69	719
12	SB-BSK-W	2,041	740	75	59	607
13	SB-BSK	532	548	88	48	412
All Basin		29,290	876	78	68	730

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

2.2.2 地勢と自然地理

a. 地勢

調査地域は首都アディスアベバの約 180 km 東方の北緯 8 度 00 分～9 度 30 分、東経 38 度 00 分～40 度 00 分の間に位置する。調査地域は周囲と断層で区切られた低地帯に位置しており、独立した流域を形成することから「アワシユ川中流域」とも呼ばれている。



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.13: 調査位置図

b. 自然地理

調査地域は「アフリカ大地溝帯」と呼ばれる地理帯に属している。アフリカ大地溝帯はアデン会合点（図 2.2.14 Aden Junction）より南西～南南西へ、ジブチ、エリトリア、エチオピア、ケニヤ、ウガンダ、タンザニアと東アフリカ地域を縦断する。

アフリカ大地溝帯は一般的に活断層、活火山および温泉などの地熱地帯によって特徴づけられる。地球物理学的研究や岩石学的研究から、大地溝帯の地下では高温のマント

ルの貫入により地殻が薄くなっていることが示されている。

大地溝帯はまたアフリカプレート内の発散境界と考えられている。東側はソマリアプレート、西側はヌビアプレートと呼ばれ、両プレートは大地溝帯を境に東西方向に年間 5 mm の速度で離れている。



出典：<http://people.dbq.edu/faculty/deasley/Essays/EastAfricanRift.html>

図 2.2.14: アフリカ大地溝帯の分布と連続

2.2.3 地質

a. 概説

a.1 Adama-Boseti山とその周辺

Adama 及び Boseti 山周辺は、MER の中央部であり、表層は完新世堆積物により広く覆われている。最も下位の地層は Alaji 玄武岩類で、東縁及び北東-南西方向の断層に沿って観察される。Alaji 玄武岩類は調査地に広く分布することが知られており、Chernet 他 (1998) では、24-23 Ma、Kuntz 他 (1975) では 14.4 Ma、Morbidei 他 (1975) は 28-15 Ma、Kazmin & Berhe (1978) では 21.06±1.5 Ma、14.94±1.5 Ma、17.4±1.0 Ma の年代が測定されている。Alaji 玄武岩類を覆って、Chefeko 流紋岩類、更新世流紋岩類が丘陵地を形成している。Nazret 火砕堆積物は主にリフト縁辺部の崖にみられる。Chilalo 粗面玄武岩類は、Chilalo 山の北麓に分布している。後期鮮新世～更新世にかけて Bofa 玄武岩類が広く分布している。Bofa 玄武岩類は Kazmin & Berhe (1978) で 1.21 Ma、Morton 他 (1979) で 6.1-4.4 Ma が測定されている。更新世に入り、Dino イグニブライト、更新世流紋岩類、Chefe Donsa 火砕堆積物、更新世玄武岩類が広くリフト底に分布する。更新世後期には Boseti 降下軽石、Fentale イグニブライトがリフト底及び断層崖に分布する。完新世にはいり、完新世玄武岩類が Boseti 山の東側で活動する。

a.2 Kone-Fentale山周辺地域

Kone 及び Fentale 山周辺は、Adama-Boseti 山地域の北東に位置し、同じ地質構造が延長している。この地域は、MER の中央部であり、表層は完新世堆積物により広く覆われている。地溝帯縁辺部や地溝帯底には Wonji 断層群が発達しており、断層崖では鮮新世～更新世の地層が露出している。最も下位の地層は Birenti-Hada 流紋岩類で Bosena 山麓に分布する。Bofa 玄武岩類は Bosena の南麓で Birenti-Hada 流紋岩類を覆い、なだらかな溶岩台地を形成している。Dino イグニブライトは Kone カルデラ北麓、Fentale 山西麓及び南東台地で平坦面を形成して分布する。Dino イグニブライトの年代は Mobidelli 他（1975）で 1.5 Ma、Kazmin & Berhe（1978）で 1.51 Ma が測定されている。Sobebor 火山性砂岩層、更新世玄武岩類、Kone イグニブライト、Kone 降下軽石、Fentale 火山岩類、Fentale イグニブライトが Kone カルデラ、Fentale 山周辺に分布する。完新世にはいり、完新世玄武岩類及び黒曜石溶岩が Beseka 湖周辺で活動する。

本調査の中で、Beseka 湖周辺についての詳細な地質調査が実施されており、詳細は「3.3 地形、地質及び地質構造」に示す。

a.3 Mojo-Arerti-Debre Birhan周辺地域

Mojo、Arerti 及び Debre Birhan 周辺は、中央エチオピア高原および MER の中央部であり、高原は主に中新世火山堆積物に、MER 中央部は更新世堆積物により広く覆われている。最下位の地層は Kesem 川流域に分布する Kesem 玄武岩類。Debre Birhan イグニブライトはイグニブライト及び火山灰によりセメントされた礫岩から構成されており、Kesem 玄武岩類を覆い、Kesem 川北側の台地で観察される。Tarmaber-Megezeze 玄武岩類は高い山地を形成しており、年代は Zanettin 他（1974）で 13 Ma、Chernet 他（1998）で 10.4 Ma が報告されている。鮮新世にはいり、Bokan 流紋岩類、Nazret 火砕堆積物、Tulu Rie 玄武岩類がリフト底で観察される。Nazret 火砕堆積物は Kesem 川の南側の台地で広く観察される。Tulu Rie 玄武岩類は Bofa 玄武岩類と対比され、Mojo 周辺に分布する。年代は INGEIS-Buenos Aires で 2.7 ± 0.1 Ma、Chernet 他（1998）では 1.44 ± 0.03 Ma が測定されている。更新世に入り、Dino イグニブライト、Chefe Donsa 火砕堆積物、Zikwala トラカイト、マール堆積物、Boseti 降下軽石、Fentale イグニブライトがリフト底に分布する。

a.4 Awash-Asebe Teferi周辺地域

Awash 及び Asebe Teferi 周辺は、エチオピアリフトの中央部であり、表層は完新世堆積物により広く覆われている。リフト縁辺部やリフト底には Wonji 断層群が発達しており、断層崖では鮮新世～更新世の地層が露出している。最下位の地層は Alaji 玄武岩類で南部山脈に広く分布している。Alaji 玄武岩類を覆って Huse Ridge 流紋岩類、Anchar 玄武岩類が南部山脈に北東-南西方向に分布する。Anchar 玄武岩類は Kazmin & Berhe（1978）で 12.4 Ma の年代が測定されている。Gara Gumbi 流紋岩類はリフト底に残丘状に観察され、Adele 流紋岩質凝灰岩類、Bofa 玄武岩類が広くリフト底に分布している。更新世に入り、

Dino イグニンプライト、Dofan 玄武岩類、Asebot 溶結凝灰岩類、Awash 酸性火山堆積岩類、Fentale イグニンプライトが分布する。

各地域の層序表を表 2.2.10、表 2.2.11、表 2.2.12および表 2.2.13に、またそれぞれの層序の対比表を表 2.2.14に示す。

また、本文中に記載の露頭番号（L-***）を地形図上にプロットしたものを図 2.2.15に示す。

表 2.2.10: Adama 及び Boseti 山周辺地域における地質層序

年代区分		層序	層相		年代	
新生代	第四紀	完新世	Qal	沖積層	砂、粘土、湖沼堆積物	
			Qr2	黒曜石溶岩及びドーム	流紋岩ドーム及び黒曜石溶岩	
			Qb2	完新世玄武岩類	ガラス質玄武岩	
				無斑晶玄武岩及びスコリアコン		
		更新世	Qi3	Fentale イグニンプライト	淡緑色強溶結凝灰岩	168,000±38,000 y (OWWDSE, 2013)
			Qp2	Boseti 降下軽石	降下軽石及び火山灰	
			Qb1	更新世玄武岩類	無斑晶玄武岩	
			Qp1	Chefe Donsa 火砕堆積物	軽石及びタフ、弱溶結した溶結凝灰岩を挟在する	Chefe Donsa pyroclastic deposits : 1.71±0.04 Ma(Morton et al.,1979), 2.24±0.3 Ma(IGGI-Pisa)
			Qr1	更新世流紋岩類	流紋岩	
	Qi1		Dino イグニンプライト	緑灰色含黒曜石レンズ溶結凝灰岩	Dino : 1.5my (Mobidelli et al., 1975), 1.51 Ma (Kazmun, et al.,1978)	
	第三紀	鮮新世	Tb3	Bofa 玄武岩類	無斑晶玄武岩	Tulu Rie basalt: 2.7±0.1 Ma(INGEIS-Buenos Aires), 1.44±0.03 Ma(Chernet et al., 1998) Bofa : 1.21 Ma (Kazumin, et al., 1978), 6.1-4.4 Ma(Morton et al.,1979)
			Tt	Chilalo 粗面玄武岩類	トラカイト及び粗面玄武岩	
			Ti3		淡～暗灰色含黒曜石レンズ溶結凝灰岩	Nwp : 3.5±0.1 Ma, 3.2±0.1 Ma(IGGI-Pisa), 4.7±0.7 Ma, 5.4±0.2 Ma(INGEIS-Buenos Aires), 3.32±0.06 Ma, 3.11±0.06 Ma(Morton et al., 1979)
				Nazret 火砕堆積物		
			Ti2		軽石及び凝灰岩	
		Tr2	Chefeko 流紋岩類	軽石質凝灰岩を含む流紋岩		
		中新世	Tb1	Alaji 玄武岩類	斜長石玄武岩	24-23Ma (Chernet et al., 1998), 14.4 Ma (Kuntz et al., 1975), 28-15 Ma (Morbidelli et al., 1975), 21.06±1.5 Ma, 14.94±1.5 Ma, 17.4±1.0 Ma (Kazumin, et al., 1978)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

表 2.2.11: Koka 及び Fentale 山周辺地域における地質層序

年代区分		層序	層相		年代	
新生代	第四紀	完新世	Qal	沖積層	砂、粘土、湖沼堆積物	
			Qr2	黒曜石溶岩及びドーム	流紋岩ドーム及び黒曜石溶岩	
			Qb2	完新世玄武岩類	無斑晶玄武岩及びスコリアコン	
	第四紀	更新世	Qi3	Fentale イグニブライト	淡緑色強溶結凝灰岩	168,000±38,000 y (OWWDSE ,2013)
			Qf	Fenrale 火山岩類	緑色溶結凝灰岩、凝灰岩、トラカイト	
			Qp2	Kone 降下軽石	降下軽石及び火山灰	
			Qi2	Kone イグニブライト	緑色圧密～溶結細粒凝灰岩	
			Qb1	更新世玄武岩類	無斑晶玄武岩	
			Qs	Sobebor火山砂層	砂及び凝灰岩互層	
			Qi1	Dino イグニブライト	黒曜石レンズを含む溶結凝灰岩	Dino : 1.5my (Mobidelli et al., 1975), 1.51 Ma (Kazmun, et al.,1978)
			第三紀	鮮新世	Tb3	Bofa玄武岩類
	Tr2	Birenti-Hada 流紋岩類			流紋岩及び軽石質凝灰岩	

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

表 2.2.12: Mojo-Arerti-Debre Birhan 周辺の地質層序

年代区分	層序	層相	年代		
第四紀	完新世	Qal	沖積層 砂、粘土、湖沼堆積物		
		更新世	Qi3	Fentale イグニブライト 淡緑色強溶結凝灰岩	168,000±38,000 y (OWWDSE ,2013)
	Qp2		Boseti 降下軽石 降下軽石及び火山灰		
	Qb1		更新世玄武岩類 無斑晶玄武岩	Zikwala olivine basalt : 0.61±0.03Ma (Morton et al.,1979)	
	Qs		マール堆積物 砂及び凝灰岩互層		
	Qt		Zikwala トラカイト 暗灰色多孔質トラカイト	0.85±0.05Ma, 0.92±0.04Ma, 1.28±0.15Ma (Morton et al.,1979)	
	Qp1		Chefe Donsa 火砕堆積物 軽石及びタフ、弱溶結した溶結凝灰岩を挟在する	Chefe Donsa pyroclastic deposits : 1.71±0.04 Ma(Morton et al.,1979), 2.24±0.3 Ma(IGGI-Pisa)	
	Qi1		Dino イグニブライト 黒曜石レンズを含む溶結凝灰岩	Dino : 1.5my (Morbidelli et al., 1975), 1.51 Ma (Kazmun, et al.,1978)	
	第三紀		鮮新世	Tb3	Tulu Rie 玄武岩類 無斑晶玄武岩
		Ti2, Ti3		Nazret 火砕堆積物 淡～暗灰色含黒曜石レンズ溶結凝灰岩 軽石及び凝灰岩	Nwp : 3.5±0.1 Ma, 3.2±0.1 Ma(IGGI-Pisa), 4.7±0.7 Ma, 5.4±0.2 Ma(INGEIS-Buenos Aires), 3.32±0.06 Ma, 3.11±0.06 Ma(Morton et al., 1979)
		Tr2		Bokan 流紋岩類 軽石質凝灰岩を含む流紋岩	
		中新世	Tb2	Tamaber-Megeze 玄武岩類 無斑晶玄武岩	Anchar : 12.4 Ma (Kazumin et al., 1978) Mt. Megeze: 13Ma, (Zanettin et al., 1974), 10.4Ma, (Chernet et al., 1998)
			Ti1	Debre Birhan イグニブライト 上部礫岩(緑色溶結凝灰岩礫を含む白色火山灰でセメントされている)、凝灰岩、砂岩互層 緑色圧密～溶結凝灰岩 下部礫岩(白色火山灰でセメントされている)、凝灰岩、砂岩互層	
	第三紀	中新世	Tb1	Kesem 玄武岩類 斜長石玄武岩 軽石質凝灰岩を含む流紋岩 (Balchi 流紋岩)	24-23Ma (Chernet et al., 1998), 14.4 Ma (Kuntz et al., 1975), 28-15 Ma (Morbidelli et al., 1975), 21.06±1.5 Ma, 14.94±1.5 Ma, 17.4±1.0 Ma (Kazumin, et al., 1978)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

表 2.2.13: Awash 及び Asebe Teferi 周辺の地質層序

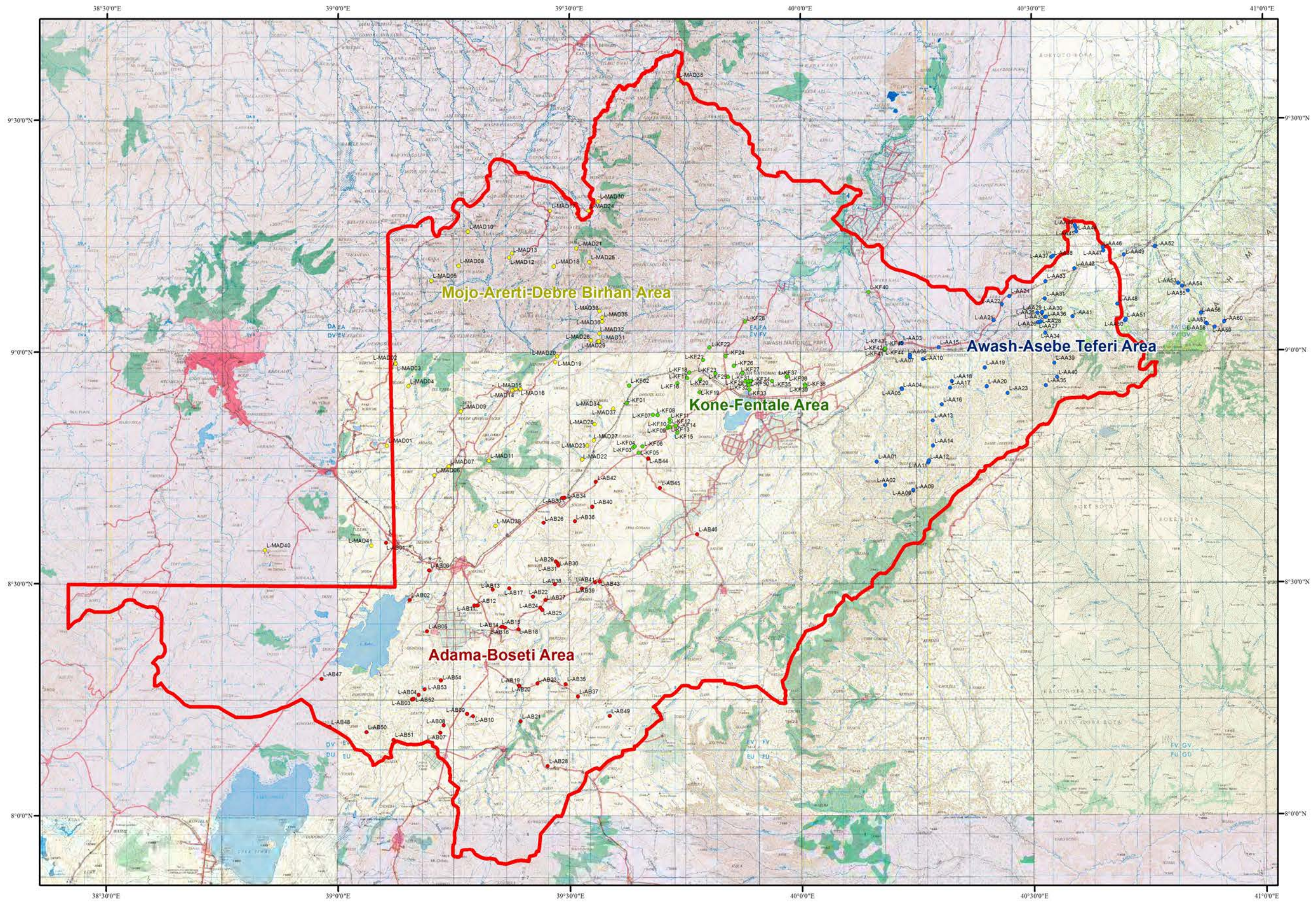
年代区分	層序	層相	年代			
新生代	第四紀	更新世	Qal	沖積層 砂、粘土、湖沼堆積物		
			Qi3	Fentale イグニンプライト	淡緑色強溶結凝灰岩	168,000±38,000 y (OWWDSE ,2013)
	更新世	Qi2	Asebot 溶結凝灰岩類	黄褐色軽石質凝灰岩		
		Qb1	Dofan 玄武岩類	暗灰色多孔質斜長石玄武岩		
		Qp1	Awash Arba 火山堆積岩類	弱溶結凝灰岩を挟在する軽石及び凝灰岩	Chefe Donsa pyroclastic deposits : 1.71±0.04 Ma(Morrton et al.,1979), 2.24±0.3 Ma(IGGI-Pisa)	
		Qi1	Dino イグニンプライト	緑灰色溶結凝灰岩、含黒曜石レンズ	Dino : 1.5my (Mobidelli et al., 1975), 1.51 Ma (Kazmun, et al.,1978)	
		Tb3	Bofa玄武岩類	無斑晶玄武岩	Tulu Rie basalt: 2.7±0.1 Ma(INGEIS-Buenos Aires), 1.44±0.03 Ma(Chernet et al., 1998) Bofa : 1.21 Ma (Kazumin, et al., 1978), 6.1-4.4 Ma(Morton et al.,1979)	
	第三紀	鮮新世	Ti2	Adele 流紋岩質凝灰岩類	少量の溶結凝灰岩を含む軽石及び凝灰岩	Nwp : 3.5±0.1 Ma, 3.2±0.1 Ma(IGGI-Pisa), 4.7±0.7 Ma, 5.4±0.2 Ma(INGEIS-Buenos Aires), 3.32±0.06 Ma, 3.11±0.06 Ma(Morton et al., 1979)
			Tr2	Gara Gumbi 流紋岩類	軽石質凝灰岩を含む流紋岩	
			Tb2	Anchar玄武岩類	黒色細粒橄欖石玄武岩	Anchar : 12.4 Ma (Kazumin et al., 1978) Mt. Megezeze: 13Ma, (Zanettin et al., 1974), 10.4Ma, (Chernet et al., 1998)
	中新世	中新世	Tr1	Huse Ridge 流紋岩類	明灰～淡ピンク色流紋岩質弱溶結細粒凝灰岩	
			Tb1	Alaji玄武岩類	斜長石玄武岩	24-23Ma (Chernet et al., 1998), 14.4 Ma (Kuntz et al., 1975), 28-15 Ma (Morbidelli et al., 1975), 21.06±1.5 Ma, 14.94±1.5 Ma, 17.4±1.0 Ma (Kazumin, et al., 1978)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

表 2.2.14: 調査地域別層序比較

年代区分	地域					調査地域全体の代表層序	年代				
	Nazret-Mt.Boseti	Kone-Mt.Fentale	Mojo-Arenti-Debre Birhan	Awash-Asebe Tefeni	Lake Besaka (1:100,000)						
新第三紀	更新世	沖積層	沖積層	沖積層	沖積層	沖積層 (Qa)					
		黒曜石溶岩及びドーム	黒曜石溶岩及びドーム			黒曜石溶岩及びドーム (Qr2)					
		完新世玄武岩類	完新世玄武岩類			完新世玄武岩類 (Qb2)					
	第四紀	更新世	Fentale イグニンプライト	Fentale イグニンプライト	Fentale イグニンプライト	Fentale イグニンプライト (Qf)	Fentale イグニンプライト (Qf3)	168,000±38,000 y (OWWDSE, 2015)			
				Fentale 火山岩類			Fentale 火山岩類 (Qf)				
			Boseti 降下軽石	Kone 降下軽石	Boseti 降下軽石		Boseti-Kone 降下軽石 (Qp2)				
		新第四紀	更新世		Kone イグニンプライト		Asebot 溶結凝灰岩類	Kone イグニンプライト (Q2)	Kone イグニンプライト (Q2)		
				更新世玄武岩類	更新世玄武岩類	更新世玄武岩類	Dofan 玄武岩類	更新世玄武岩類 (Qb1)	Zikwala olivine basalt : 0.61±0.03Ma (Morton et al., 1979)		
				Sobebor 火山性砂岩層	マール堆積物		Sobebor 火山砂層 (Qs)	Sobebor 火山性砂岩層 (Qs)			
					Zikwala トラカイト			Zikwala トラカイト (Qt)	0.85±0.05Ma, 0.92±0.04Ma, 1.28±0.15Ma (Morton et al., 1979)		
				Chefe Donsa 火砕堆積物		Chefe Donsa 火砕堆積物	Awash Arba 酸性火山堆積岩類	Chefe Donsa 火砕堆積物 (Qp1)	Chefe Donsa pyroclastic deposits : 1.71±0.04 Ma (Morton et al., 1979), 2.24±0.3 Ma (IGG-Pisa)		
				更新世流紋岩類				更新世流紋岩類 (Qr1)			
				Dino イグニンプライト	Dino イグニンプライト	Dino イグニンプライト	Dino イグニンプライト (Q1)	Dino イグニンプライト (Q1)	Dino ignimbrite: 1.5my (Mebideli et al., 1975), 1.51 Ma (Kazmin, et al., 1978)		
			第三紀	新第三紀	Bofa 玄武岩類	Bofa 玄武岩類	Tulu Rie 玄武岩類	Bofa 玄武岩類	Nura Hira 玄武岩類 (Tb)	Bofa 玄武岩類 (Tb3)	Tulu Rie basalt: 2.7±0.1 Ma (INGEIS-Buenos Aires), 1.44±0.03 Ma (Chemet et al., 1998) Bofa : 1.21 Ma (Kazmin, et al., 1978), 6.1-4.4 Ma (Morton et al., 1979)
					Chilalo 粗面玄武岩類					Chilalo 粗面玄武岩類 (T1)	
					Nazret 火砕堆積物	上部層	Nazret 火砕堆積物	上部層		古イグニンプライト (T1)	上部Nazret 火砕堆積物 (T13)
					下部層		下部層	Adele 流紋岩質凝灰岩		下部Nazret 火砕堆積物 (T12)	
					Chefeko 流紋岩類	Birenti-Hada 流紋岩類	Bokan 流紋岩類	Gara Gumbi 流紋岩類	Birenti-Hada 流紋岩類 (Tr)		鮮新世流紋岩類 (Tr2)
中新世				Tarmaber-Megezeze 玄武岩類	Anchar 玄武岩類			Anchar 玄武岩類 (Tb2)	Anchar : 12.4 Ma (Kazmin et al., 1978) Mt. Megezeze: 13Ma, (Zanettin et al., 1974), 10.4Ma, (Chemet et al., 1998)		
			Debre Birhan イグニンプライト				Debre Birhan イグニンプライト (T11)				
				Huse Ridge 流紋岩類			Huse Ridge 流紋岩類 (Tr1)				
		Alajj 玄武岩類		Kesem 玄武岩類	Alajj 玄武岩類			Alajj 玄武岩類 (Tb1)	24-23Ma (Chemet et al., 1998), 14.4 Ma (Kuntz et al., 1975), 28-15 Ma (Morbidelli et al., 1975), 21.06±1.5 Ma, 14.94±1.5 Ma, 17.4±1.0 Ma (Kazmin, et al., 1978)		

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.15: 本文中に記載の露頭位置図

b. 地質各説

b.1 新第三系 中新統～鮮新統

b.1.1 Alaji玄武岩類：多孔質斜長石玄武岩：Tb1

層相： 斜長石の巨晶を含む多孔質玄武岩及び無斑晶玄武岩から構成される。Arba Rekete (L-AA59) では岩相から 2 枚のフローユニットに区分される。下位から、暗灰色多孔質玄武岩（層厚 10 m 以上）、灰白色～暗灰色多孔質な柱状節理の発達する斜長石玄武岩（層厚 10 m 以上）。Komena (L-AA35) では、下位の斜長石を多く含む多孔質玄武岩と上位の無斑晶玄武岩の 2 枚のフローユニットが観察された。本層は Asebe Teferi から 10 km 北西の Huse Ridge (L-AA53) において、Huse Ridge 流紋岩類 (Tr1) に不整合で覆われる。Balchi (L-MAD14) では、岩相から 3 層に区分される。下位から、淡青色～灰白色流紋岩（層厚 40 m+、Balchi 流紋岩）、灰白～淡青色軽石混じり凝灰岩（層厚 2 m+）、青灰色多孔質斜長石玄武岩（層厚 20 m+）が分布している。Welenchiti 北東の Tigre Ridge (L-MAD22) では、岩相から 3 層に区分される。下位から、赤褐色凝灰角礫岩（層厚 2 m+）、柱状節理の発達した黒色細粒斜長石玄武岩（層厚 17 m）、黒色塊状細粒玄武岩（層厚 17 m+）。本層は、Arerti-Kesem 川ルート沿いの露頭 (L-MAD29) で、Debre Birhan イグニンプライト下部礫岩に不整合で覆われる。

分布： Arba Rekete 周辺、Asebe Teferi 北西方の Huse Ridge 付近、Cheleleka 周辺、Sire 西側の崖、Arboye 付近の Hula、Huruta 付近の Kelefa 川。Kesem 川流域に広く分布、Balchi 周辺、Melka Jilo 西方崖に北東-南西方向に分布。

層厚： Asebe Teferi から 5 km 南西方の Arba Rekete (L-AA59) で 20 m 以上、Kelefa 川 (L-AB21) で 30 m 以上。Balchi (L-MAD14) 周辺で 62 m+、Kesem 川沿いに 200 m 以上。



暗灰色多孔質から斜長石斑晶玄武岩。Kelefa川 (L-AB21)



灰白色多孔質な斜長石玄武岩。Arba Rekete (L-AA59)



斜長石玄武岩。Komena (L-AA35)



斜長石玄武岩。Cheleleka (L-AA09)



青灰色多孔質斜長石玄武岩。Balchi (L-MAD14)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果



最下部、Balchi流紋岩。Balchi (L-MAD15)

図 2.2.16: Alaji 玄武岩類の露頭写真

b.1.2 Huse Ridge流紋岩類：流紋岩、流紋岩質凝灰岩、軽石質凝灰岩：Tr1

層相： 白色から青灰色まれに淡いピンク色の流紋岩及び凝灰岩から構成される。Asebe Teferi の採石場（L-AA55）において Anchar 玄武岩類に不整合で覆われる。Huse Ridge (L-AA53) では北東-南西方向の尾根（高さ 50 m 以上）を形成している。

分布： Beka から Mieso の南東 10 km に位置する Huse Ridge にかけて北東-南西方向に分布している。

層厚： Mieso 南東 10 km の Huse Ridge (L-AA53) で 50 m 以上。



Huse Ridge (L-AA53) に分布する流紋岩質凝灰岩。

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果



図 2.2.17: Huse Ridge 流紋岩類の露頭写真

b.1.3 Debre Birhanイグニブライト：溶結凝灰岩、礫岩、凝灰岩：Ti1

本層は岩相から3層に区分される。下位より、火山灰でセメント化された礫岩、砂岩、凝灰岩及び少量の軽石の互層（下部礫岩層）、広く分布する中部層の圧密～溶結した細粒～中粒凝灰岩及び非溶結～弱溶結した軽石質凝灰岩（イグニブライト層）、上部はDebre Birhan イグニブライトの円礫を特徴的に含む礫岩、砂岩・凝灰岩及び少量の軽石の互層（上部礫岩層）から構成される。下部礫岩層は Arerti-Kesem 川沿いにのみ確認される。

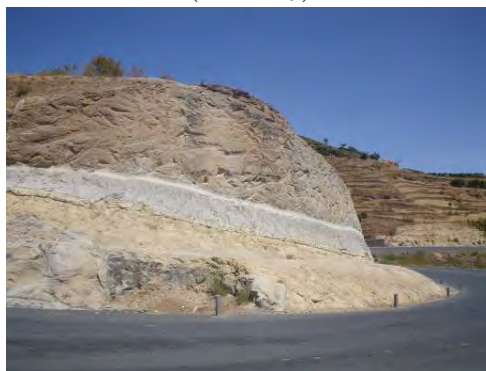
- 層相： 本層は、緑青色～明緑色圧密～溶結した細粒～中粒凝灰岩から構成される。Aroge Minjar (L-MAD29) では、Nazret 火砕堆積物に不整合で覆われる。Balchi (L-MAD14) では、Tarmaber-Megezeze 玄武岩に不整合で覆われる。
- 分布： Kesem 川、Kebena 川流域、Sendefa から Seno にかけての平坦面に広く分布。
- 層厚： イグニブライト層は、Kosfe (L-MAD33, L-MAD35) で 25 m 以上。下部礫層は Aroge Minjar、Arerti-Kesem 川沿い (L-MAD29) で 8 m 以上、上部礫層は 7.5 m 以上。



Kesem玄武岩類 (Tb1) を不整合で覆うDebre Birhanイグニブライト。Aroge Minjar (L-MAD29)



Tarmaber-Megezeze玄武岩類に不整合で覆われる。Balchi (L-MAD14)



Tarmaber-Megezeze玄武岩に不整合で覆われるDebre Birhanイグニブライト。Gobemsa (L-MAD25)



イグニブライト層を挟在する礫岩層。Aroge Minjar (L-MAD29)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.18: Debre Birhan イグニブライトの露頭写真

b.1.4 Anchar玄武岩類：塊状玄武岩、凝灰角礫岩：Tb2

層相： 塊状無斑晶玄武岩及び凝灰角礫岩から構成される。Asebe Teferi (L-AA59) では岩相から3層に区分される。下位から、暗灰～黒色柱状節理の発達するかんらん石玄武岩（層厚 40m 以上）、赤褐色自破碎かんらん石玄武岩（層厚 6 m）、赤褐色玄武岩質凝灰角礫岩（層厚 6 m）。アワシュ川 (L-KF45) において、本層は Bofa 玄武岩類に不整合で覆われる。また、Gidm Asfa (L-MAD21) では Debre Birhan イグニブライトを不整合で覆う。Balchi (L-MAD14) では、Debre Birhan イグニブライトを不整合で覆い、Nazret 火砕堆積物に不整合で覆われる。

分布： Awash、Asebot、Debala、Cheleleka 付近に北東-南西方向に分布、および Kesem 川流域に広く分布。

層厚： Asebe Teferi (L-AA59) で 58 m。Gidm Asfa (L-MAD21) 周辺で 20 m 以上。



Huse Ridge流紋岩を不整合で覆う。Asebe Teferi (L-AA57)



暗灰色無斑晶玄武岩。Agemti (L-AA20)



Debre Birhanイグニブライトを不整合で覆う。Gidm Asfa (L-MAD21)



Debre Birhan イグニブライトを不整合で覆う。Zongo (L-MAD10)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.19: Anchar 玄武岩類の露頭写真

b.2 新第三系 鮮新統

b.2.1 鮮新世流紋岩類：流紋岩、流紋岩質凝灰岩、軽石質凝灰岩：Tr2

b.2.1.1 Chefeko 流紋岩類：流紋岩、流紋岩質凝灰岩、軽石質凝灰岩

層相： 白～青灰色流紋岩溶岩、凝灰岩、白色軽石、黒曜石を含む硬質凝灰岩から

構成される。Itaya に隣接する Tulu (L-AB10) において、Dino イグニブライトに不整合で覆われる。Chefeko (L-AB08) では流紋岩に板状節理がみられ、急冷層に沿って黒曜石が生成されている。

分布： Debeso 山、Chefeko、Logo、Dera、Sodore、Sara では丘陵地を形成、Korkoda Ridge では北東-南西方向に分布する。

層厚： Itaya から北西 5 km の Chefeko (L-AB08) で 150 m。



Dinoイグニブライトに不整合に覆われる。Tulu (L-AB07)



黒曜石を含む硬質凝灰岩。Chefeko (L-AB08)



Debeso山、流紋岩質凝灰岩、黒曜石が分布する。Debeso山 (L-AB09)



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.20: Chefeko 流紋岩類の露頭写真

b.2.1.2 Birenti-Hada 流紋岩類：流紋岩、流紋岩質凝灰岩、軽石質凝灰岩

層相： 白色から青灰色流紋岩質および凝灰岩、白色軽石、黒曜岩、黒曜石を含む硬質な凝灰岩から構成される。Birenti 山 (L-KF15) では層相から以下の 6 層に区分される。下位から青白色流紋岩質凝灰岩（層厚 20 m+）、青灰色降下軽石（層厚 5 m+）、青白色軽石質凝灰岩（層厚 25 m+）、白色軽石質凝灰岩（層厚 3 m）、黒曜岩（層厚 5 m）、青白色流紋岩質凝灰岩（層厚 10 m+）に区分される。Kone カルデラの南西壁、及び北東壁では本層がカルデラ底から約 200 m 分布している。

分布： Bosena では北東-南西方向に伸長した丘陵地、Abadir Farm の Abadir Shero、Birenti 山、Metehara Sugar Plantation 南方の Dimitu Ridge に分布。

層厚： Melka Jilo 北西方 Bosena (L-KF02) で 80 m 以上。



流紋岩質凝灰岩。Bosena (L-KF02)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.21: Birenti-Hada 流紋岩類の露頭写真

b.2.1.3 Bokan 流紋岩類：流紋岩、軽石質凝灰岩

層相： 白～青灰色流紋岩、凝灰岩、軽石、ピッチストーン及び黒曜石を含む硬質凝灰岩から構成される。

分布： Balchi 西方 Bokan 山、Arerti 東方 Gebre Arada 山、Adadi Ridge に北東-南西方向に、Dikub、Yilas Ager に分布。

層厚： Bokan 山 (L-MAD09) で 100 m 以上。



黒曜石を含む流紋岩 (L-MAD09)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.22: Bokan 流紋岩類の露頭写真

b.2.1.4 Gara Gumbi 流紋岩類：流紋岩、流紋岩質凝灰岩、軽石質凝灰岩

層相： 白色から青灰色流紋岩、溶結凝灰岩、凝灰岩、白色軽石、黒曜岩、黒曜石を含む硬質な凝灰岩から構成される。Gara Gumbi Shinshit (L-AA06) では青灰色流紋岩中に白色流紋岩質凝灰岩及び軽石質凝灰岩が挟まれる。

Dalecha (L-AA46) では層相から以下の 5 層に区分される。下位から青灰～白色流紋岩質細粒凝灰岩（層厚 10 m 以上）、青灰～緑灰色溶結凝灰岩（層厚 5 m）、灰褐～白色軽石質凝灰岩（層厚 3 m）、黒曜岩を伴う灰白

～暗灰色流紋岩（層厚 10m）、青白色流紋岩質凝灰岩（層厚 20 m 以上）に区分される。

分布： Gara Gumbi 周辺、Asebot の Dalecha 山、Adele 周辺、Mieso 北部に丘陵状に分布している。

層厚： Gara Gumbi Shinshit (L-AA06) で約 65 m、Dalecha (L-AA46) で約 50 m 以上。



白色凝灰岩及び軽石質凝灰岩。Gara Gumbi (L-AA06)



黒曜石を含む流紋岩質凝灰岩。Dalecha (L-AA46)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.23: Gara Gumbi 流紋岩類の露頭写真

b.2.2 Nazret火砕堆積物：溶結凝灰岩、流紋岩質弱溶結凝灰岩及び凝灰角礫岩、軽石、凝灰岩、結晶質凝灰岩

本層は、岩相により二分される；下部（Ti2）は、黄白色降下軽石、結晶質凝灰岩、細粒火山砂と軽石質凝灰岩の互層、上部（Ti3）は白～青灰色溶結凝灰岩、圧密された流紋岩質凝灰岩、凝灰角礫岩から構成され、白色軽石、流紋岩溶岩片、破碎及び又は弱風化した黒曜石片と稀に赤茶色玄武岩片を含む。

b.2.2.1 下部 Nazret 火砕堆積物：Ti2

層相： 黄白色降下軽石、結晶質凝灰岩、細粒火山砂と軽石質凝灰岩の互層から構成される。Boko、Wonji Sugar Farm 北東（L-AB11）では、暗灰色中粒凝灰岩、赤茶色細粒凝灰岩、白色軽石質凝灰岩、暗灰色火山礫凝灰岩及び青灰色細粒凝灰岩の互層が観察される。Doni の Weleko 川（L-AB43）において Bofa 玄武岩類を不整合に覆う。Kora 近傍（L-AA29）で玄武岩質の岩脈が貫入している。

分布： Boru 川、Sire、Huruta、Ufura Ridge。Ejere 東方の Samasembet、Melka Jilo 西方の北東-南西方向の崖。Adele、Kora、Gara Gumbi 南東麓の Jejeba から Wangeyu 周辺、Debala 北部に分布している。

層厚： Wonji 砂糖農場の北東 Boko (L-AB11) で 15 m 以上。Samasembet (L-MAD11) で 85 m 以上。Kora 近傍の Adele (L-AA30) 周辺で 20 m 以上。



下位の凝灰角礫岩。Sire (L-AB35)



軽石質凝灰岩と凝灰岩の互層。Boko (L-AB11)



細粒火山砂と軽石質凝灰岩の互層。Samasembet (L-MAD11)



Adele (L-AA30) に分布する軽石質凝灰岩、凝灰岩互層。



Koka近傍 (L-AA29) で、本層に貫入する玄武岩質岩脈。

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.24: 下部 Nazret 火砕堆積物の露頭写真

b.2.2.2 上部 Nazret 火砕堆積物：Ti3

層相： 白～青灰色流紋岩質圧密された凝灰岩、黒曜石レンズを含む灰緑色溶結凝灰岩、凝灰角礫岩から構成され、白色軽石、流紋岩片、破碎及び又は弱風化した黒曜石片とまれに赤茶色玄武岩片を含む。

分布： Buru 川、Huruta、Koka 湖北東岸。Ejere～Arerti の平坦面を形成、Kesem 川流域に緩やかな斜面を形成し分布。

層厚： Koka ダム (L-AB02) で 2 m 以上、Rukecha (L-MAD40) で 30 m 以上。



Nazret火砕堆積物下部 (Ti2) を不整合に覆う。Koka Dam (L-AB02)



溶結凝灰岩及び軽石質凝灰岩から構成される。
Rukecha (L-MAD40)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果



Debre Birhanイグニンプライトの礫岩を不整合に覆う。Aroge Minjar (L-MAD29)

図 2.2.25: 上部 Nazret 火砕堆積物の露頭写真

b.2.3 Chilalo粗面玄武岩類：黒色塊状粗面玄武岩、凝灰角礫岩：Tt

層相： 黒色塊状粗面玄武岩及び凝灰角礫岩から構成される。Robi川 (L-AB28) において Chefe Donsa 火砕堆積物に不整合で覆われる。

分布： Chilalo 山北麓に広く分布。

層厚： Hamda Disks 北方 Robi 川 (L-AB28) で 30 m 以上。



Chefe Donsa火砕堆積物に不整合で覆われる。Robi川 (L-AB28)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.26: Chilalo 粗面玄武岩類の露頭写真

b.2.4 Bofa玄武岩類：塊状無斑晶玄武岩及び凝灰角礫岩：Tb3

層相： 本層は暗灰色から黒色塊状玄武岩及び玄武岩質凝灰角礫岩から構成される。模式地では、本層は北東-南西方向に伸長する尾根（高さ 30 m の崖）を形成し、2 枚のフローユニットに区分される。Doni の Awash 川では約 20 m の滝を形成している（L-AB41）。また、Boset Guda 山南東麓 Doni の Holly 湧水（L-AB39）、Doni の Wakleso 川（L-AB43）では、細粒から中粒火山砂、黒色玄武岩質礫を含む凝灰角礫岩、僅かなハイアロクラスタイトが分布する。本層は Bofa 西方（L-AB22）において、上位の Megacha 高溶結凝灰岩（Dino イグニンプライト）に不整合で覆われる。

分布： Boset Guda 山南部に広く平坦面を形成、Bofa、Cheleko、Sire 周辺、Awash 川、Gara Gumbi Rasa に分布。Mojo 北方～Ejere までの北東-南西方向の丘陵地に分布。

層厚： Bofa（L-AB25）で 30 m 以上、Aluto 山で約 700 m（GSE, 1986 ボーリングデータ）。Kunche（L-MAD06, L-MAD07）周辺で 15 m 以上。



模式地（高さ30mの北東-南西方向の崖）。Bofa (L-AB25)



玄武岩質凝灰角礫岩相。Holly spring (L-AB39)



Dinoイグニンプライトに不整合で覆われる。Awash river沿い (L-KF43)



玄武岩質凝灰角礫岩。Gara Gumbi Rasa (L-AA10)。



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.27: Bofa 玄武岩類の露頭写真

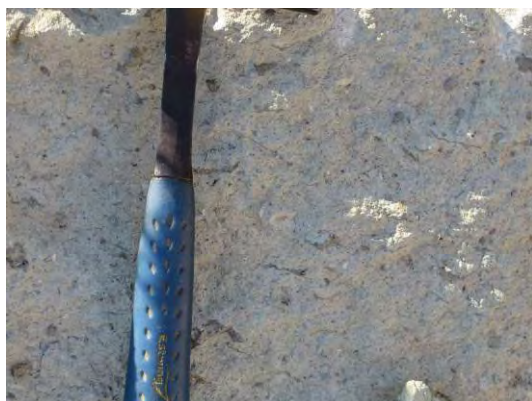
b.3 第四系 更新統

b.3.1 Dinoイグニンプライト：流紋岩質～安山岩質溶結凝灰岩：Q11

層相： 黄緑色から灰白色、流紋岩質～安山岩質溶結凝灰岩から構成されており、特徴的に扁平した黒曜石レンズを含む。一般にほとんどの黒曜石レンズは地層に平行または調和的であるが、地層に不規則及びまたは波状の黒曜石レンズも含まれる。アワシュ川沿い（L-KF42）では、2枚のフローユニットに区分される。下部は黄緑色、最大 40 cm の黒曜石レンズを含む中粒～粗粒溶結凝灰岩からなり、底部に 50 cm ほどの非溶結部を伴い流紋岩、緑色溶結凝灰岩、白色軽石、まれに玄武岩質岩片を含み、岩片は上方粗粒化の傾向が見られる。上部は黒曜石レンズが上方細粒化、岩片（流紋岩、白色軽石、まれに緑色溶結凝灰岩）は上方粗粒化が観察される。Bordede 南部 Debela（L-AA39）及び Komena（L-AA40）では、溶結度の垂直方向への変化が観察された。Bofa 西方（L-AB22）では、Bofa 玄武岩類を不整合で覆い、Chefe Donsa 火砕堆積物、更新世玄武岩類に不整合で覆われる。高～中溶結の中粒凝灰岩で、最大長 30 cm の黒曜石レンズ、流紋岩、軽石、まれに玄武岩片を含む。

分布： Bofa 西方 Megacha 周辺、Awash Melkasa 東方、Sire 東方、Mojo、Jogo、Koka ダム周辺、Mojo 南西部の Momo 川流域、アワシュ川流域 Adele、Kora、Jejeba から Wangeyu 周辺、Debala、Komena 周辺、Dodote Kelo 周辺の平坦面、Kone カルデラ北麓、Fentale 山南東麓に分布。

層厚： Bofa 西方（L-AB22）で 8 m 以上。Joro（L-AB47）で 8 m 以上、アワシュ川沿い（L-KF42）で 20 m 以上。



構造に不規則及びまたは波状の黒曜石レンズ。
Jogo（L-AB06）



Bofa玄武岩類を不整合に覆う。westward of Bofa town（L-AB22）



流紋岩質～安山岩質溶結凝灰岩。Fentale南東麓 (L-KF39)



Tulu Rie玄武岩類を不整合に覆う。Jolo (L-AB47)



本層下部40cm超の黒曜石レンズ。Awash River沿い (L-KF42)



非溶結部、弱溶結部、高溶結部の層相。Komena (L-AA40)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.28: Dino イグニブライトの露頭写真

b.3.2 更新世流紋岩類：流紋岩、流紋岩質凝灰岩、軽石質凝灰岩：Qr1

層相： 白～青灰色流紋岩、凝灰岩、白色軽石、ピッチストーン、黒曜石を含む硬質凝灰岩から構成される。

分布： Gademusa カルデラ壁。

層厚： Gademusa カルデラ北東壁で 100 m 以上。



流紋岩質凝灰岩、黒曜石から構成される。Gademusaカルデラ北東壁 (L-AB05)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.29: 更新世流紋岩類の露頭写真

b.3.3 Chefe Donsa火砕堆積物：軽石流、軽石質凝灰岩：Qp1

層相： 本層は軽石流、白色軽石質凝灰岩、青白色軽石および白色凝灰岩からなる。模式地では、少なくとも古土壌を伴う3層に不整合で区分される。下部は火山礫を多く含み、上部は軽石を含み、上方細粒化を示す。Sire 東方（L-AB37）では、古土壌を含む不整合で、下位のDinoイグニブレイトを覆う。Awash Arba 周辺では、軽石と凝灰岩の互層から構成される湖成～陸成堆積物を含む。

分布： Mojo 周辺、Dera、Sire、Adama 北東周辺、Mojo～Debre Zeyt、Chefe Donsa 周辺に分布している。Awash Arba 周辺に広く平坦面を形成し分布している。

層厚： Dera 東方 10 km の Boru 川（L-AB19）で 70m 以上。Chefe Donsa（L-MAD02）で 20 m 以上。Jejeba（L-AA03）周辺で 6 m 以上。



古土壌を挟む軽石質凝灰岩から構成される。
Boru川（L-AB19）



Dinoイグニブレイトを不整合に覆う。Sire
（L-AB37）



Nazret火砕堆積物を不整合で覆う。Chefe Donsa
（L-MAD02）



軽石質凝灰岩。Jejeba（L-AA03）

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.30: Chefe Donsa 火砕堆積物の露頭写真

b.3.4 Zikwalaトラカイト：トラカイト：Qt

層相： 本層は暗灰色多孔質トラカイト及び挟在される火砕物から構成される。

分布： Zikwala 山周辺に分布している。

層厚： Zikwala 山（L-MAD41）で 130 m 以上。



暗灰色多孔質トラカイト。Zikwala山（L-MAD41）

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.31: Zikwalaトラカイトの露頭写真

b.3.5 Sobebor火山性砂岩層：火山砂及び凝灰岩互層：Qs

層相： 本層は岩片を含む黄褐色玄武岩質凝灰岩から玄武岩質垂角礫を含む凝灰角礫岩から構成されている。Boru Alore 及び Sobebor はクレーターを形成し、クレーターの内側、外側ともほぼ同様な急傾斜の斜面が確認された。Fentale 山南麓 Dinbiba (L-KF30) で、Fentale イグニブライトに不整合で覆われる。Haro Kilole 湖 (L-MAD01) において、Nazret 火砕堆積物を不整合に覆う。

分布： クレーターを形成している。Kone カルデラ北東麓の Boru Alore 周辺、Fentale 西麓の Sobebor、Fentale 南麓の Dinbiba に分布している。そのほか、Chefe Donsa 南部の Argoba、Haro Kilole 湖、Haro Meja 湖、Bebeli 周辺に分布する。

層厚： Dinbiba で 15 m 以上、Boru Alore で 240 m 以上、Sobebor (L-KF23) で 82 m 以上。Argoba (L-MAD04) で 10 m 以上。



Fentale山西麓のタフリング。Sobebor (L-KF23)



Koneカルデラ北東麓。Boru Alore (L-KF18)



約25° 北東（山側）に傾斜し、Fentaleイグニン
ブライトに不整合で覆われる。Dinbiba
(L-KF30)



黄褐色凝灰岩及び白色凝灰岩の互層。Argoba
(L-MAD04)



Haro Meja湖 (L-MAD01)



Haro Kilole湖 (L-MAD01)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.32: Sobebor 火山性砂岩層の露頭写真

b.3.6 更新世玄武岩類：玄武岩：Qb1

層相： 灰黒色無斑晶玄武岩、暗灰～暗青灰色含かんらん石玄武岩、斜長石玄武岩及びスコリア丘から構成される。Gambedra (L-AB38) では、下位の Chefe Donsa 火砕堆積物を不整合に覆う。Awash Arba から Adami Hara 周辺では、斜長石の巨晶を含む玄武岩が卓越し、Deka Duku から Asebot 周辺では黒色細粒かんらん石玄武岩が卓越する。Adami Hara (L-AA33) では、上位の Asebot 溶結凝灰岩類に不整合で覆われる。

分布： Koka 湖南東岸、Awash Melkasa～Bofa にかけて、Boseti 山周辺、Kone カルデラ、Kone カルデラ北～西麓、Fentale 山南西及び南東麓、Mojo、Debre Zeyt、Arerti 北東の Kersa 川周辺に分布する。Awash Arba、Buri Arba～Aneno、Adami Hara、Asebot 周辺に分布する。

層厚： Bofa 北東 Gambedra (L-AB38) で 15m 以上、Dodote Use (L-KF20) で 38 m 以上、Kersa 川沿いの Wubit (L-MAD19) で 5 m 以上。Adami Hara (L-AA33) で 12-16 m。



Chefe Donsa火砕堆積物を不整合に覆う。
Gamedra (L-AB38)



Nazret火砕堆積物を不整合に覆う。Wubit Ager
(L-MAD19)



Koneカルデラ北東麓。Dodote Use (L-KF20)



Fentale山南西麓、Fentaleイグニンプライトに
不整合で覆われる。Bogda (L-KF25)



Asebot溶結凝灰岩類に覆われる。Adami Hara
(L-AA33)



Adele流紋岩質凝灰岩類を不整合に覆う。Buri
Korkoda Ridge (L-AA22)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.33: 更新世玄武岩類の露頭写真

b.3.7 Koneイグニンプライト：緑色圧密～溶結細粒凝灰岩：Qi2

層相： 緑青から明緑色、流紋岩質～安山岩質溶結凝灰岩および軽石質凝灰岩から構成されている。Kone (L-KF13) では、Kone 降下軽石に不整合で覆われている。Asebot 山 (L-AA44) では、下位より暗灰～灰白色中溶結凝灰岩（層厚 20 m 以上）、黄褐色軽石質凝灰岩（層厚 0.8 m）、灰褐色黒曜石レンズ含む弱溶結凝灰岩（層厚 0.8m）、紫灰色中溶結凝灰岩（層厚 5 m 以上）の 4 層に区分される。Asebot 山の南西麓 Kulbus (L-AA38) では、本層の暗灰～灰白色中溶結凝灰岩が北東（Asebot 山）側に高度を増すのが観察される。

分布： Kone カルデラ及び Korke カルデラ周辺。Buri Arba～Aneno、Adami Hara、Asebot 周辺に広く平坦面を形成する。

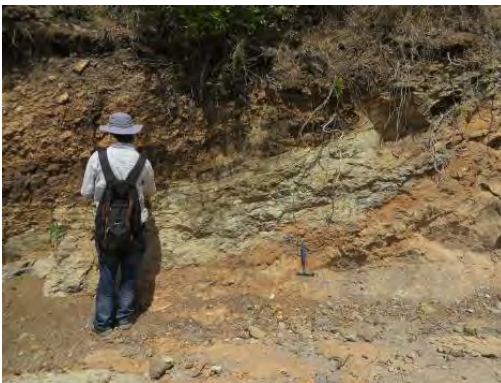
層厚： Kersa Alore Plain (L-KF08) で 20 m 以上。Asebot 山 (L-AA44) で約 36 m 以上、Kulubas (L-AA37) で約 60 m 以上。



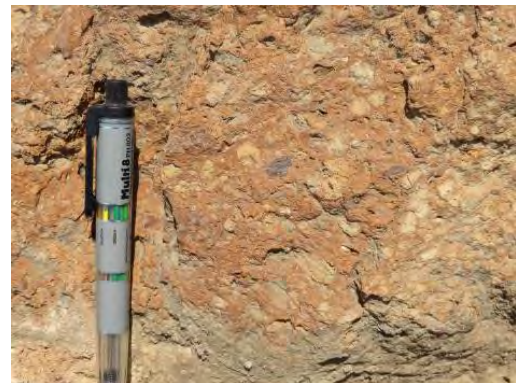
Kone 降下軽石に不整合で覆われる。Kone (L-KF13)



Kone カルデラ南西麓。Ofe (L-KF03)



黄褐色軽石質凝灰岩。Asebot山 (L-AA44)



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.34: Kone イグニブライトの露頭写真

b.3.8 Boseti-Kone 降下軽石：降下軽石、軽石質凝灰岩、凝灰岩：Qp2

層相： 淡灰色降下軽石、明灰色細粒火山灰、白色軽石質凝灰岩、青白色軽石及び凝灰岩から構成される。Welensu (L-AB17) において、更新世玄武岩類を不整合で覆う。Kone (L-KF13) において、Kone イグニブライトを不整合で覆う。

分布： Boseti 山周辺、Koka 湖及び Adama 周辺、Melka Jilo 西方の北東-南西方向の崖周辺に分布。Kone カルデラ、Fentale 山周辺に分布。

層厚： Boseti 山 (L-AB30) で 8 m 以上、Borchota (L-MAD23) で 8 m 以上。Korke (L-KF10) で 10 m 以上。



更新世玄武岩類を不整合に覆う。Welensu (L-AB17)



降下軽石及び火山灰から構成される。Boseti山 (L-AB29)



降下軽石、火山灰より構成される。Borchota (L-MAD23)



降下軽石及び火山灰。Korke (L-KF10)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.35: Boseti-Kone 降下軽石の露頭写真

b.3.9 Fentale火山岩類：流紋岩～トラカイト溶岩類：Qf

層相： 本地層は Fentale 山の山体を形成している酸性火山岩類であり、アルカリ長石と角閃石が散在する流紋岩からトラカイト溶岩類で構成される。地表は通常数十 cm から 1 m 程度のブロック状で、溶岩は大半が非常にガラス質な基質をもち、黒色から深緑色を呈する。

分布： Fentale 山体および山麓。

層厚： Fentale 山麓で 100 m 以上。



山体南麓から望むFentale山の遠景。



Fentale南麓に分布するトラカイト溶岩。

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.36: Fentale 火山岩類の露頭写真

b.3.10 Fentaleイグニブライト：流紋岩質～安山岩質溶結凝灰岩：Qi3

- 層相： 青緑色から黄白色、流紋岩質～安山岩質溶結凝灰岩から構成されており、特徴的に扁平した黒曜石レンズを含む。一般に黒曜石レンズは地層に平行または調和的である。最大 20cm の長さの黒曜石レンズ、流紋岩、強溶結凝灰岩の岩片を含む。
- 分布： Fentale 山麓全域、Melka Jilo 西方の北東-南西方向の崖周辺、Awash、Awash Arba 周辺に広く分布。
- 層厚： Fentale 山西麓 Bogda (L-KF24) で 12 m 以上。Borchota (L-MAD23) で 5 m 以上、Awash Arba (L-KF40) で 15 m 以上。



Boseti降下軽石 (Pm) を不整合で覆う。Madiga, (L-MAD37)



流紋岩質～安山岩質溶結凝灰岩から構成される。Lake Koka (L-AB10)



黒曜石レンズは地層に平行または調和的 (Fentale山南麓)。Dinbiba (L-KF31)



Sobebor火山性砂岩層を不整合で覆う。Fentale 山南麓 (L-KF30)



完新世玄武岩類に不整合で覆われる。Fentale山 南麓 (L-KF34)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.37: Fentale イグニブライトの露頭写真

b.4 完新統

b.4.1 完新世玄武岩類：多孔質玄武岩、降下スコリア及びスコリア丘：Qb2

層相： 本層は暗灰色～暗青灰色多孔質玄武岩及び暗褐色から赤褐色降下スコリア、スコリア丘から構成される。スコリア丘は Boseti 山及び Koka 湖周辺、Kone カルデラ周辺及び Fentale 山西麓に分布している。

分布： Boseti 山周辺及び Koka 湖南西岸、Kone カルデラ南西から北東麓周辺及び Fentale 山周辺に広く分布している。

層厚： Kone カルデラ西麓で 18 m。Haribona (L-AB32) で 12 m。



Koneカルデラ北東麓、Sobebor火山性砂岩層を不整合で覆う。Boru Alore (L-KF21)



暗灰色～暗青灰色多孔質玄武岩。Harorecha (L-AB32)

Chefeko 流紋岩 (Tr2) を不整合に覆う。Haribona (L-AB42)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.38: 完新世玄武岩類の露頭写真

b.4.2 黒曜石溶岩及びドーム：黒曜石溶岩及び流紋岩ドーム：Qr2

層相： 黒曜石溶岩、黒曜石を含む降下軽石、黒曜石ドームから構成される。Waka Bute (L-AB04) において Dino イグニンプライトを不整合に覆う。

分布： Boseti 山南東麓で黒曜石溶岩が、Koka 湖南東岸でドームが観察される。

層厚： Koka 湖南東岸 Waka Bute (L-AB04) で 20 m 以上。



Dinoイグニブライトを不整合に覆う。Waka Bute
(L-AB04)

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果



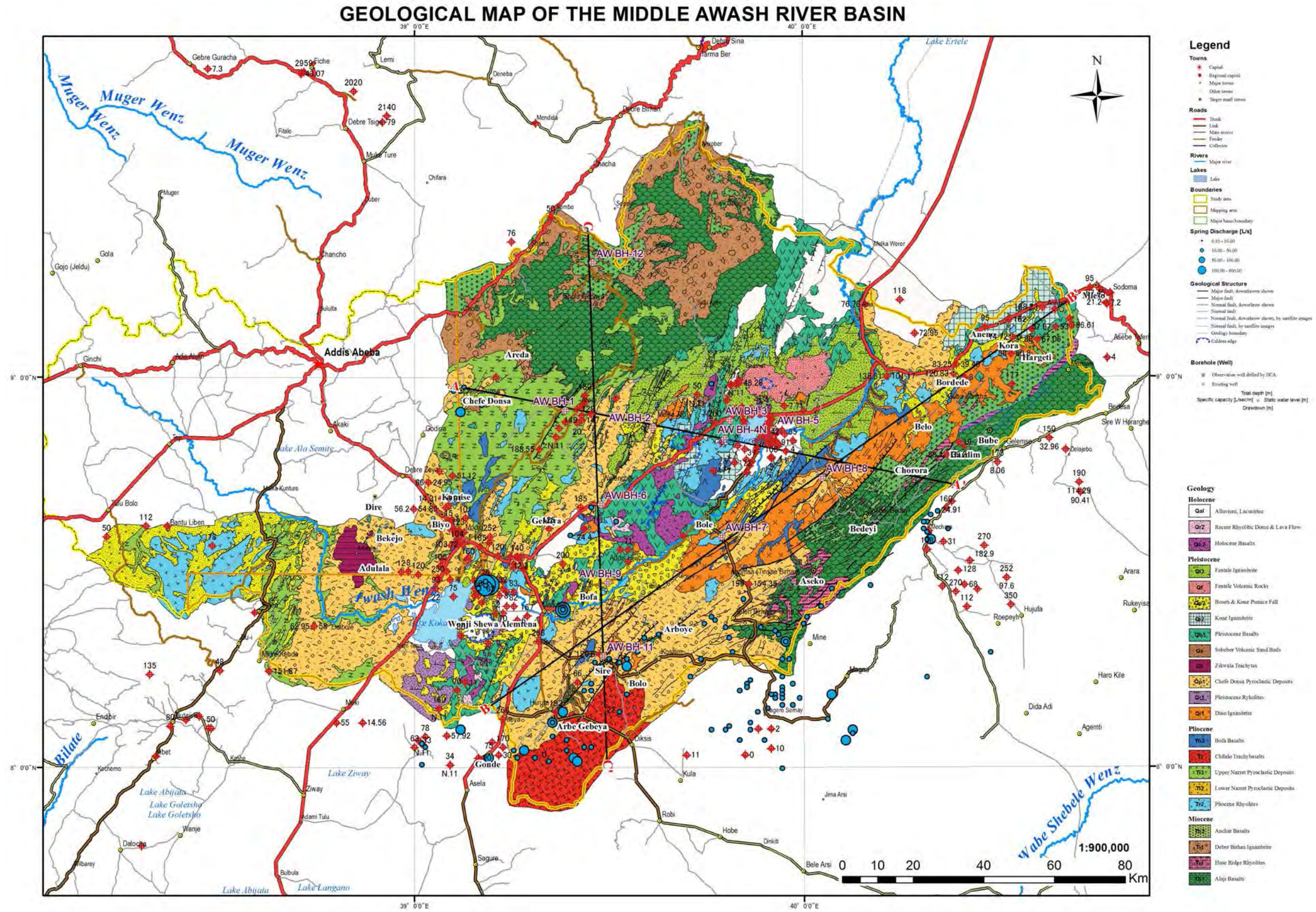
露頭での本層の岩層。Miesa (L-AB03)

図 2.2.39: 黒曜石溶岩の露頭写真

b.4.3 沖積層：Qal

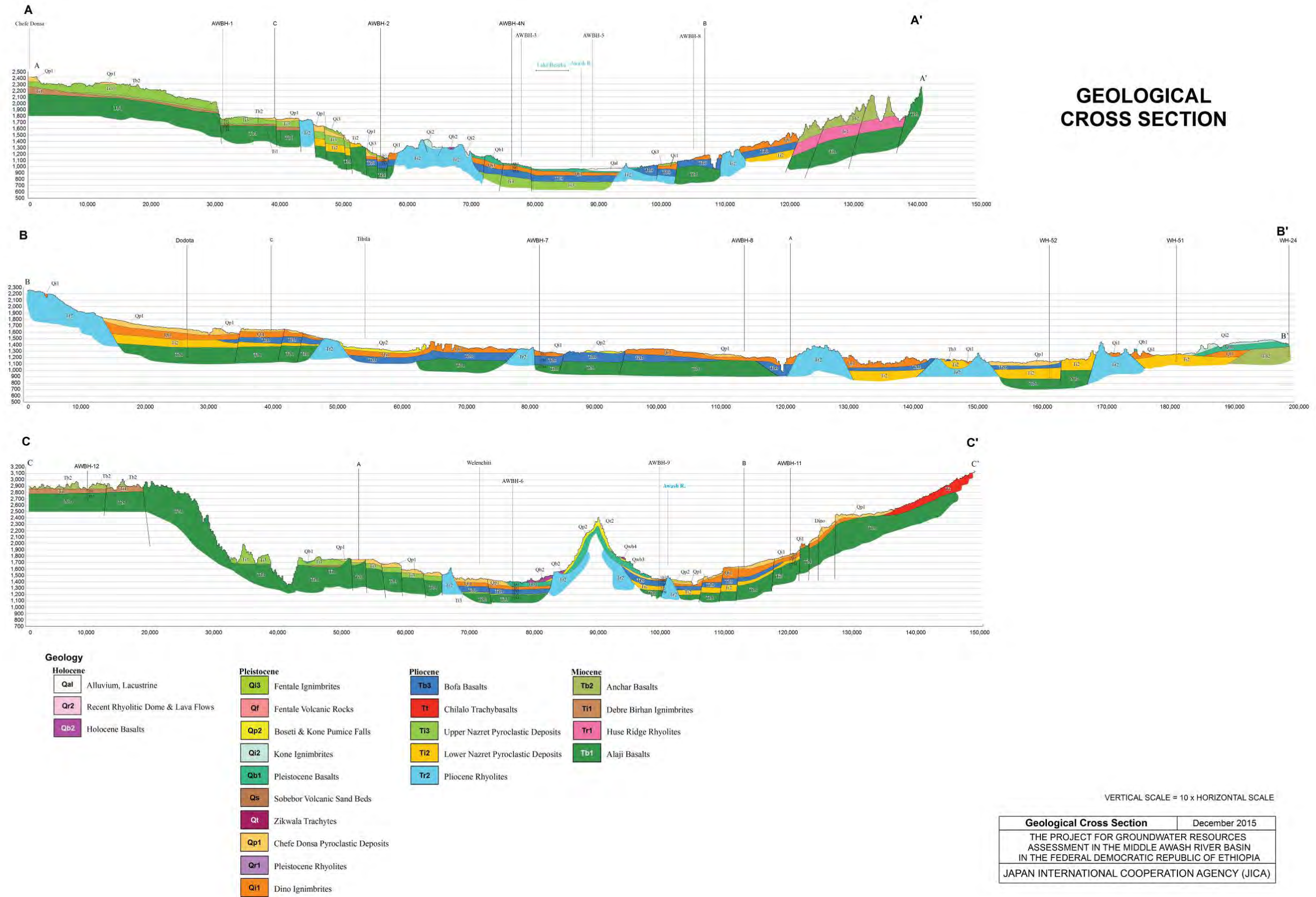
- 層相： 細砂及び泥
- 分布： アワシュ川、Mojo 川沿い。
- 層厚： 1～5 m

以上の地質を図 2.2.40の地質平面図と図 2.2.41の地質断面図に示す。



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.40: 地質平面図



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.2.41: 地質断面図

2.2.4 既往文献との地質層序対比

本調査地域における代表的な以下の既往文献について、それぞれの地質層序と本論の層序との対比を行った結果を表 2.2.15に示す。

文献	対象地域
Kazmin & Berhe (1978)	Nazret 地域
Alidge Groundwater Resources Assessment Project (2009)	Alidge、Awash 地域
Oromia Water Works Design & Supervision Enterprise (2013)	Beseka 地域
GSE (1985)	Dire Dawa
GSE (2010)	Debre Birhan 地域
GSE (2010)	Akaki-Beseka 地域
F. Mazarini 他 (1999)	Debre Zeyt 地域
JICA (2012)	リフトバレー湖沼地域

表 2.2.15: 既往文献との地質層序対比

年代区分	本論	Kazmin et al.(1978), GSE (1978) Nazret area	AGRAP (2009) Aldge-Awash area	OWWDSE (2013) Beseka area	GSE (1985) Dire-Dawa area	GSE (2010) Debre Birhan area	GSE (2010) Akaki-Beseka area	F. Mazzarini, et al.(1999) Debre Zeyt area	JICA (2012) Rift Valley lake zone	年代
新近世	沖積層 (Qab)		Qcd, Elhival deposit Qsd, Slope deposits Qaf, Alluvial fan Qgf, Gravel outwash		Qtr, Travertine	Qal, Alluvial with minor agglomerate Qel, Elhival	Qut, Alluvium	Alluvium Cover	Al, Alluvium Q, Unclassified fluvial deposits	
	黒曜石溶岩及びドーム (Qc2)	Qcra, Alkali and peralkali rhyolites, trachytes, domes and flows of Boset Weldoyi and Hada mountains (Wanj group) Qcpu, Unwelded rhyolitic pumice and unwelded tufts (Wanj group)								
	完新世玄武岩類 (Qb3)	Qb3, Recent aphyric basalt (Wanj group)	Qb2, Aa lava	Holocene basalt Scoria cone	Qwb3, Recent and subrecent basaltic flows and caves		Qub, Basaltic lava flows Quc, Scoria cones and fall out deposits		rh, Butajira recent basalt	
	Fantale イグニンプライト (Q3)	Q3, Young ignimbrites of Fantale (Wanj group) Ns, Ash flow tufts, pantelleritic ignimbrites and unwelded tufts (Nazret group)	Qed, Elhival deposit	Fantale ignimbrite	Fantale ignimbrite	Qfig, Fantale-Aky dege ignimbrite			G, Gonde strongly green welded tuff oh, Kuhnusa highly welded tuff	168,000±38,000 y (OWWDSE, 2013)
	Fantale 火山岩類 (Qf)	Qwt, Trachytic flows and domes associated with Fantale, Tinish Fantale and Kone (Wanj group) Qwp, Pichstone flows and domes (Wanj group) Qppo, Pantelleritic volcanics of Fantale rhyolites, trachytes, tufts and agglomerates (Wanj group)		diverse Fantale volcanics		Qf1, Fantale trachyte				
	Boset-Kone 降下軽石 (Qp2)	Qp2, Unwelded rhyolitic pumice and unwelded tufts (Wanj group) Ns, Ash flow tufts, pantelleritic ignimbrites and unwelded tufts (Nazret group) Qb3, Recent aphyric basalt (Wanj group)							Y, Langano poorly welded pumiceous pyroclastics	
	Kone イグニンプライト (Q2)	Ns, Ash flow tufts, pantelleritic ignimbrites and unwelded tufts (Nazret group)	N2ab, Afar stratoid basalt upper		N1_2n, Stratoid silicics	Qdb, Dofan basalt			G, Gonde strongly green welded tuff	
	更新世玄武岩類 (Qb1)	Qb1, Pleistocene-subrecent basalts (Wanj group) Qb2, Porphyritic feldspar basalts of Tulu Moye (Wanj group)	Qh1, Basic lava flow and caves	Pleistocene Basalt		Qdb, Dofan basalt			ba, Ogoche pleistocene basalt	Zkwalo olivine basalt : 0.61±0.03Ma (Morton et al., 1979)
	Sobeher 火山性砂岩層 (Qs)	Qsb, Basaltic hyaloclastics (Wanj group) Qwc, Bedded explosion tufts (Wanj group)		Tuff Cone		Qsp, Phreatomagmatic deposits		Bishofu Volcanic unit		
	Zkwalo トライカイト (Qz)					Qtz, Zkwalo trachytes	Zkwalo volcanic unit			0.85±0.05Ma, 0.92±0.04Ma, 1.28±0.15Ma (Morton et al., 1979)
	Chefe Donsa 火砕堆積岩類 (Qp1)	Qp1, Unwelded rhyolitic pumice and unwelded tufts (Wanj group) Ns, Ash flow tufts, pantelleritic ignimbrites and unwelded tufts (Nazret group) Qb3, Recent aphyric basalt (Wanj group)	N2ab, Afar stratoid basalt upper	older ignimbrite of the Fantale area	N1_2n, Stratoid silicics		Nep, Chefe donsya pyroclastic deposits	Chefe Donsa unit	W, Ketar river acidic volcanic sedimentary rocks	Chefe Donsa pyroclastic deposits : 1.71±0.04 Ma (Morton et al., 1979), 2.24±0.3 Ma (JGGP-Pisa)
	更新世流紋岩類 (Qr1)	Ns, Ash flow tufts, pantelleritic ignimbrites and unwelded tufts (Nazret group) Qwp, Pichstone flows and domes (Wanj group)							rh, Gademotta rhyolite	
Dino イグニンプライト (Q1)	Qd1, Dino ignimbrites (Wanj group) Ns, Ash flow tufts, pantelleritic ignimbrites and unwelded tufts (Nazret group)	Nig, Dino ignimbrite	Dino Tuff					G, Gonde strongly green welded tuff	Dino ignimbrite: 1.5my (Mohlidelli et al., 1975), 1.51 Ma (Kazmin, et al., 1978)	
更新世	Bofa 玄武岩類 (Tb3)	N2Qb, Bofa basalts	N1ah, Afar stratoid basalt lower	Bofa basalt	N1_2ab, Stratoid basalts of Afar (lower part)			Tulu Rie Basalts unit	N2b, Basalt	Tulu Rie basalt: 2.7±0.1 Ma (INGES-Buenos Aires), 1.4±0.03 Ma (Chemet et al., 1998) Bofa: 1.21 Ma (Kazmin, et al., 1978), 6.1-4.4 Ma (Morton et al., 1979)
	Chihalo 粗面玄武岩類 (Tc)	N2c, Chihalo and Badda trachytes and trachybasalts								
	Nazret 火砕堆積物上部層 (T3)	Ns, Ash flow tufts, pantelleritic ignimbrites and unwelded tufts (Nazret group) Ql, Lacustrine sediments	N1ah, Afar stratoid basalt lower	older ignimbrite of the Fantale area			Nwp, Welded pyroclastic flows		rh1, Rhyolitic tuff Nqs, Rhyolite	Nwp : 3.5±0.1 Ma, 3.2±0.1 Ma (JGGP-Pisa), 4.7±0.7 Ma, 5.4±0.2 Ma (INGES-Buenos Aires), 3.32±0.06 Ma, 3.11±0.06 Ma (Morton et al., 1979)
	Nazret 火砕堆積物下部層 (T2)	Ns, Ash flow tufts, pantelleritic ignimbrites and unwelded tufts (Nazret group) Ql, Lacustrine sediments			N1_2ab, Stratoid basalts of Afar (lower part)			Nazret unit		
	鮮新世流紋岩類 (Tr2)	N2r, Older alkalic and peralkalic rhyolite domes and flows Qwt, Trachytic flows and domes associated with Fantale, Tinish Fantale and Kone (Wanj group) Qcra, Alkali and peralkali rhyolites, trachytes, domes and flows of Boset Weldoyi and Hada mountains (Wanj group)	N1y, Rhyolitic volcanic centres	rhyolite domes, flows and pumice N2r	N1_2gg, Peralkaline rhyolite and trachytic domes and flows		Nrd, Rhyolite and trachytic lava domes		N1_2n, Rhyolitic volcanics	
	Anchar 玄武岩類 (Tb2)	N1n, Anchar basalts	N1n, Anchar basalt		N1n, Anchar basalts	T1b, Tarmaber-Megezeze basalt	E3m, Tarmaber megezeze formation Ega, Guraghe-Anchar basalts		Ngs, Sharenga rhyolite	Anchar: 12.4 Ma (Kazmin et al., 1978) Mt. Megezeze: 13Ma, (Zanettin et al., 1974), 10-8Ma, (Chemet et al., 1998)
中新世	Debre Birhan イグニンプライト (T1)					Tdg, Selu dengay-Debre birhan-Gargo ignimbrite			Ngu, Upper basalt	
	Huse Ridge 流紋岩類 (Tr1)	N1r, Arba Garacha silicics	N1r, Arba garacha silicics		N1r, Arba garacha silicics				Ngu, Upper basalt	
	Alaji 玄武岩類 & Kocem 玄武岩類 (Tb1)	N1a, Alaji basalts	PNa1, Alajie formation		P3N1a, Alaji basalts	T1b, Kesem basalt	E2a, Abu-Alajie basalts		Ngh, Beyana tuff, Ngn, Middle basalt	24-23Ma (Chemet et al., 1998), 14.4 Ma (Kaziz et al., 1975), 28.15 Ma (Mohlidelli et al., 1975), 21.06±1.5 Ma, 14.9±1.5 Ma, 17.4±1.0 Ma (Kazmin, et al., 1978)

2.2.5 地質構造

a. 断層系

主要エチオピアリフト（Main Ethiopia Rift : MER）は、強い伸張テクトニクスに支配されており、それに伴う火山噴出物を堆積する盆地である。調査対象地域は、二つの海洋性の構造体（紅海とアデン湾）と一つの大陸性の構造体（東アフリカリフト）を合わせた、三つのリフト構造体が複雑に接し合う接合点に位置している（EIGS、1987）。

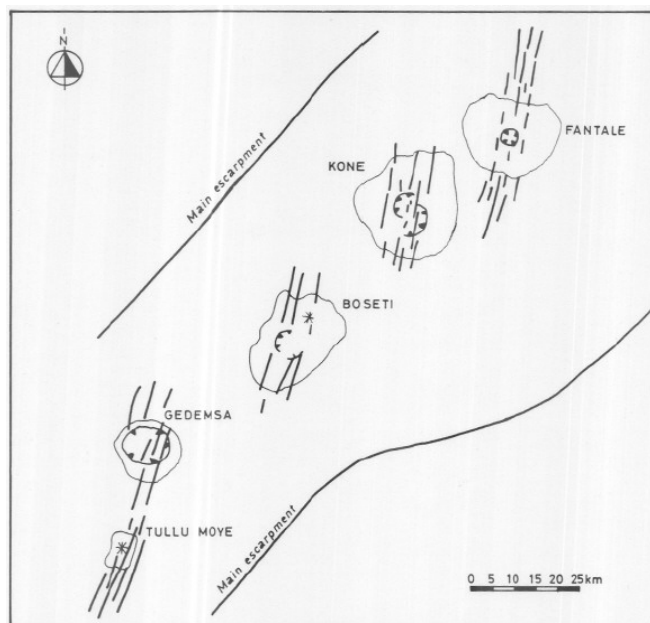
一般に、エチオピアリフトの形成過程には二つの仮定が唱えられてきた。ある研究者はエチオピアリフトほぼ単純な伸張構造によって形成されたと唱え（Mohr, 1983; Ebinger et al., 1993）、その中でも Chorowicz et al. (1994) はリフト構造体に沿った右方向の変位成分を指摘している。一方他の研究者は、第四紀におけるリフト軸に沿った左横ずれ成分の存在を指摘している（Boccaletti et al., 1999）。

Boccaletti et al. (1999) は、MER の構造場に関するそれまでの研究結果を以下のようにまとめている。MER には i) リフト縁辺部に見られる北東-南西から北北東-南南西方向のトレンドを示す断層系と、ii) 南北から北北東-南南西方向のトレンドを示す右雁行断層、いわゆる Wonji 断層群 (WFB、Mohr, 1960) の、大きく二つの断層系の存在が認められる。

b. 活構造

Wonji 断層群 (Wonji Fault Belt : WFB) は第四紀の火山構造的活動に伴って形成されたもので、左雁行状に分割されている（Gibson and Tazieff, 1970）。これは、この場所がおそらくリフト形成初期の中心であったこと示している（Kazmin and Berhe, 1978）。

MER 全体の一般的な構造パターンは、リフト軸にそった新期の左ずれ成分の存在を示している。リフト内部に分布する WFB はほぼ北北東-南南西方向のトレンドを示し、右に雁行したセグメントを形成し、これらがリフト境界線に対して斜めに配列されている。この配列は、リフトに沿った左横ずれの剪断の存在を示す証拠であると考えられる（Boccaletti et al., 1999）。これらの断層構造によるセグメントを図 2.2.42に示す。Kazmin and Berhe (1978) は本対象地域のリフト内部に分布する WFB について、以下のように記述している。最南に位置するセグメントは幅約 10 km で、Ziway 湖の東岸に沿って Gedemsa カルデラまで延びる。多くの断層と開口割れ目が 0.5~1 km 毎に分布している。このセグメントは、Tulu Moye を中心とする大規模な玄武岩の噴火と Gedemsa を中心とする珪質火山岩によって特徴付けられる。Gedemsa カルデラの北側にはこのセグメントの延長は見られず、約 10 km 東へずれた別のセグメントへと移行する。このセグメントは北へ約 20 m 延び、Boseti と Kone の二つの大規模な珪質火山と大規模な玄武岩の割れ目噴火によって特徴付けられる。Kone カルデラの北側には、Fentale 火山より始まるまた別のセグメントに移行する。



出典：EIGS and ELC（1987）

図 2.2.42: 北部エチオピアリフト内にみられる火山構造的軸の雁行配列

2.2.6 水理地質

a. 水理地質データの収集

a.1 参考文献のリスト

水理地質に係る地質図、水理地質図や主な文献等を収集し調査の参考資料とした（表 2.2.16参照）。主な収集先は、エチオピア地質調査所（GSE）、水灌漑電力省（MoWIE）及び水工設計施工エンタープライズ（WWDSE）等である。

表 2.2.16: 参考文献リスト

i)	<p>地質図+説明図幅</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geological map of Nazret, Ethiopian Institute of Geological Surveys (EIGS), 1978 • Geology and Developing of the Nazret area, northern Ethiopia rift, Kazmin etc. EIGS 1978 • Geological map of Dire Dawa, EIGS, 1985 • Geological map of Debre Birhan, Geological Survey of Ethiopia (GSE), 1993 • Geology of Debre Birhan area, Daniel Mesheha etc. compiled, GSE, 2010 • Geological map of Akaki Beseka area, GSE, 1997 • Geology of Akaki Beseka, Efram Beshawered compiled, GSE, 2010 • Geology of Addis Ababa map sheet, GSE, 1997 • Geology of Addis Ababa city, Getahun assigned, GSE, 2007
ii)	<p>水理地質図+報告書</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hydrogeology (Map) of the Nazret, EIGS, 1985 • Hydrogeology (Report) of the Nazret area (NC37-15), Gtahun Kebede, EIGS, 1987 • Hydrogeological map of Ethiopia (1:2,000,000) compiled by Tesfaye Chernet and the Regional Geology Department, EIGS, 1988 • Hydrogeological map of Addis Ababa sheet (NC37-10), GSE, 2010 • Hydrochemical map of Addis Ababa sheet (NC37-10), GSE, 2010 • Hydrogeological report of Addis Ababa sheet (NC37-10), GSE, 2010
iii)	<p>プロジェクト報告書</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geothermal reconnaissance study of selected sites of the Ethiopian rift system, EIGS, 1987

	<ul style="list-style-type: none"> ● Fentale irrigation based interated development project, Oromia Water Works Design and Supervision Enterprise (OWWDSE), 2007 ● Evaluation of water resources of the Ada'a and Becho plans groundwater basin for irrigation development project, Water Works Design and Supervision Enterprise (WWDSE), planned by Ministry of Water Resources (MoWR), 2009 ● Allaidege plain groundwater resources assessment project, WWDSE planned by MoWR, 2009
iv)	掘削報告書 <ul style="list-style-type: none"> ● Well completion report for well drilling Funyan Ajo, 2003 ● Well completion report for Asebot town, 2008 ● Technical well completion report on Bakiko water supply project, 2005 ● Well completion report for well drilling at Oda Keneni, 2003 ● Technical well completion report on Geneda Ta'a water supply project, 2005 ● Well completion report for well drilling at Hunde Missona, 2004 ● Completion report of deep water well drilling in Kurfa Wachu village, 2008 ● Well completion report for well drilling at Wolda Jajela, 2004 ● Technical well completion report on Calalaka Ta'a water supply project, 2005 ● Report on physical & Chemical analysis of water at Baka, Sararoo, and Caroraa, ● Drilling report at Milinoztuftuewde, Fayo, Burka Misra, and Tu, 2002-2003 ● Completion report of Abomsa deep well, 2008 ● Watcha Dole well completion report, 2013 ● Completion report of Abasa-Goroba deep wel, 2008 ● Well completion report for Marfe Village, 2009 ● Well completion report for Shamp Godo Kebele, 2009 ● Technical report on water well drilling and completion works undertaken at Cheffe Mishoma, 2007 ● Water well drilling completion report in Bote#1 site, 2013 ● Water well drilling completion report in Bote#2 site, 2013 ● Completion report for Mojo well, 2008 ● Well completion report of Ilmo Chukela Borehole, 2012 ● Waber Chukala well completion report, 2013 ● Well completion report at Fatole & Kurma Fatole, 2013 ● Well completion report at Kachachule Guja & Daglagala Jida, 2013 ● Six boreholes drilling, construction and testing project, 2013 <ul style="list-style-type: none"> - Well completion report of well 01 Kuntlshile hama district - Well completion report of well 02 Manjikso waji district - Well completion report of well 03 Dhinque Cheleba district - Well completion report of well 04 Wara Jarsa district ● Well completion report at Kallo Kabite, Adada Dambala and Giche Garbabo, 2013 ● Well completion report at Tulu Ree, Foche, Wabor Cale amd Cheleleka, 2007 ● Well completion report of Agemso Rogicha borehole, 2012 ● Well completion report of Bishan Tino borehole, 2012 ● North showa zone Minjar Shenkora Woreda in Agirat kebele test /production wells drilling supervision report, 2011 ● Water well drilling report format; Agirat water well, Agirat-2 and Mstw#2, 2011-2012 ● Groundwater investigation report for rural kebeles in Minijar-Shenkora, 2007 ● Study review to locate borehole sites and drilling supervision report for Arerti town, 2006 ● Well drilling supervision report for Samsenbet area community water supply, 2008
v)	バサカ湖関連文献、報告書 <ul style="list-style-type: none"> ● The study of Beseka Lake levels, Sir William Halcrow and partners, 1978 ● Study of Lake Beseka, MoWR, 1999 ● Growing lake with growing problems: integrated hydrogeological investigation on Lake Beseka, Eleni Ayalew Belay, 2009 ● National lakes of Ethiopia, Tenalem Ayenew, 2009, AAU Press. ● Study and design of Lake Besaka level rise project II, WWDSE, planned by Ministry of Water and Energy (MoWE), 2011 ● Assessment and evaluation of cause for growth of Lake Besaka and design mitigation measures, OWWDSE, planned by MoWE, 2013

vi)	<p>関連文献、報告書</p> <ul style="list-style-type: none"> • F. Mazzarini et al. (1999) Geology of Debre Zeyt area (Ethiopia)(with a geological map at scale:100,000), Acta Volcanologica-11, 131-141 • W. George Darling, et al. (1996) Lake-groundwater relationships and fluid-rock interaction in the East African Rift Valley: isotopic evidence, Journal African Earth Sciences 22, 423-431 • Tesfaye Chernet (1982) Hydrogeology of the lakes region, Ethiopia, EIGS • Seifu Kebede et al. (2008) Groundwater origin and flow along selected transects in Ethiopian rift volcanic aquifers, Hydrogeology Journal 16, 55-73 • Caroline Le Turdu et al. (1999) The Ziway-Shala lake basin system, Main Ethiopian Rift: Influence of volcanism, tectonics, and climatic forcing on basin formation and sedimentation, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 150, 135-177 • G. M. DI Paola (1972) Geology of the Corbetti Caldera Area (Main Ethiopian Rift Valley) • P. Mohr et al. (1980) Quaternary Volcanism and Faulting at O' A Caldera, Central Ethiopian Rift, Bull. Volcanol, 43-1, 173-188 • Elias Altaye et al.(1986) A Review Geological and Geophysical Exploration of Corbetti Geothermal Project, Ethiopia, 8th NZ Geothermal Workshop, 205-210 • Giday Woldegabriel et al. (1990) Geology, geochronology, and rift basin development in the central sector of the Main Ethiopian Rift, Geological Society of America Bulletin 102, 439-458 • Giday Woldegabriel et al. (2000) Volcanism, tectonism, sedimentation, and the paleoanthropological record in the Ethiopian Rift System, Geological Society of America special paper 345, 83-98 • Bridget R et al. (2006) Global synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions, Hydrological processes 20, 3335-3370 • W.M. Edmunds (2010) Conceptual models for recharge sequences in arid and semi-arid regions using isotopic and geochemical methods, Cambridge University Press • Halcrow Group Limited and Generation Integrated Rural Development Consultants (2008) Rift Valley Lakes Basin Integrated Resources Development Master Plan Study Project, MoWR
-----	---

a.2 既存井戸データ

既存井戸のデータとして、① 水灌漑電力省（Ministry of Water, Irrigation and Electricity : MoWIE）保有の ENGWIS 台帳、②既存研究報告書に掲載されている井戸、③ゾーンの水事務所からの井戸掘削記録・井戸柱状図を収集した。

収集した管井戸の総数は重複を除くと 1,524 本である。井戸座標の不明なものも多く認められた。座標の不明な点を除くと 1,365 本が残存した。

ENGWIS データは、今回は 763 本のデータが新たに確認されたが、台帳の地下水に関する項目はほとんど埋められていない。今後 ENGWIS は、C/P を通じてデータの補完を行い、中身を埋める必要がある。地下水にかかる情報のうち基本的なデータ数を整理すると以下の表の通りである。

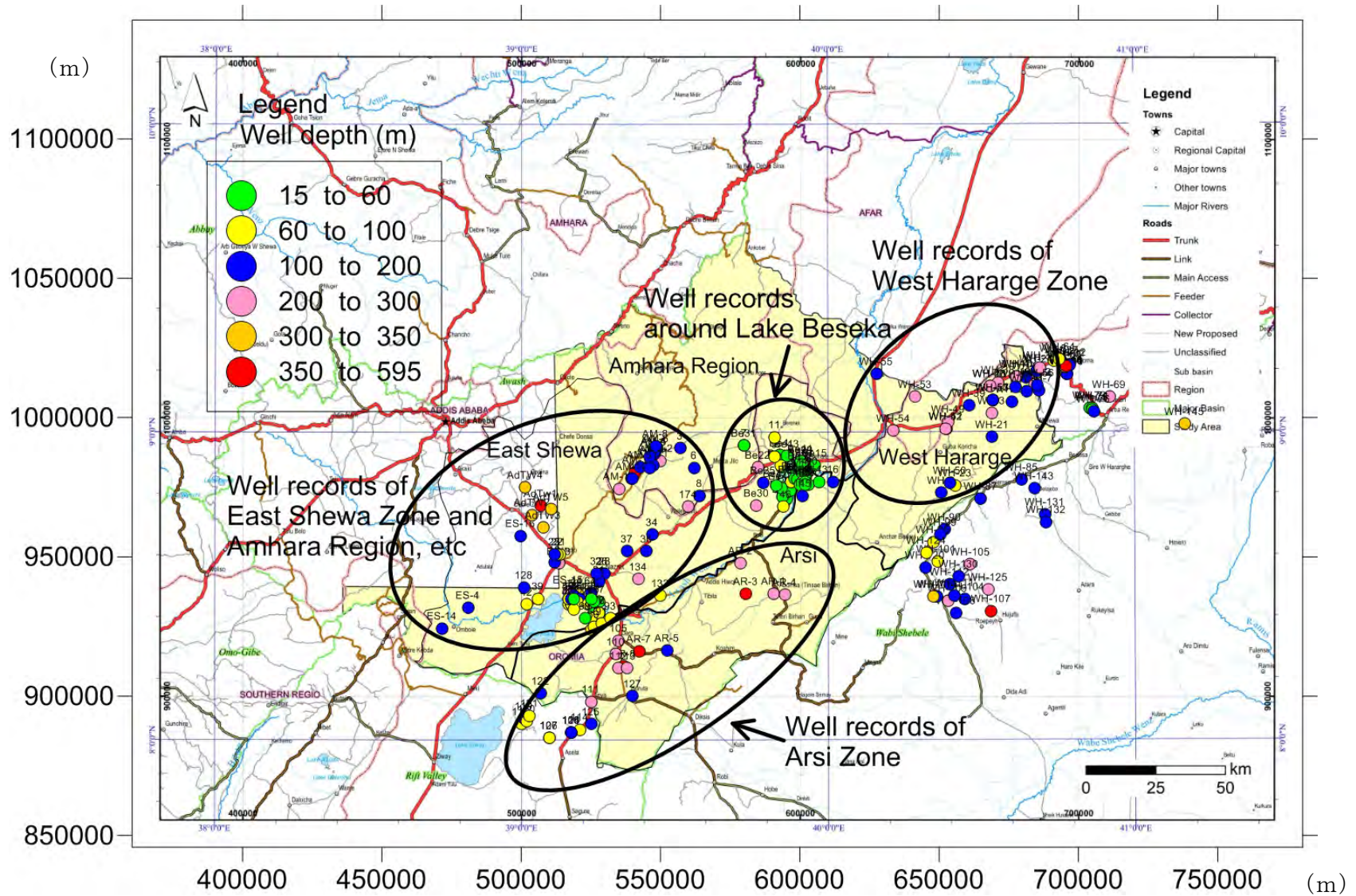
表 2.2.17: 井戸データ内の項目毎の情報点数(座標有の地点)

項目	点数
静水位	339
動水位あるいは水位降下量	154
揚水流量	305
透水量係数 (T)	55
比湧出量 (Sc)	150
水質データ	128
地質柱状図 (座標のある数)	87

出典：調査団、データ元：参考資料①、②

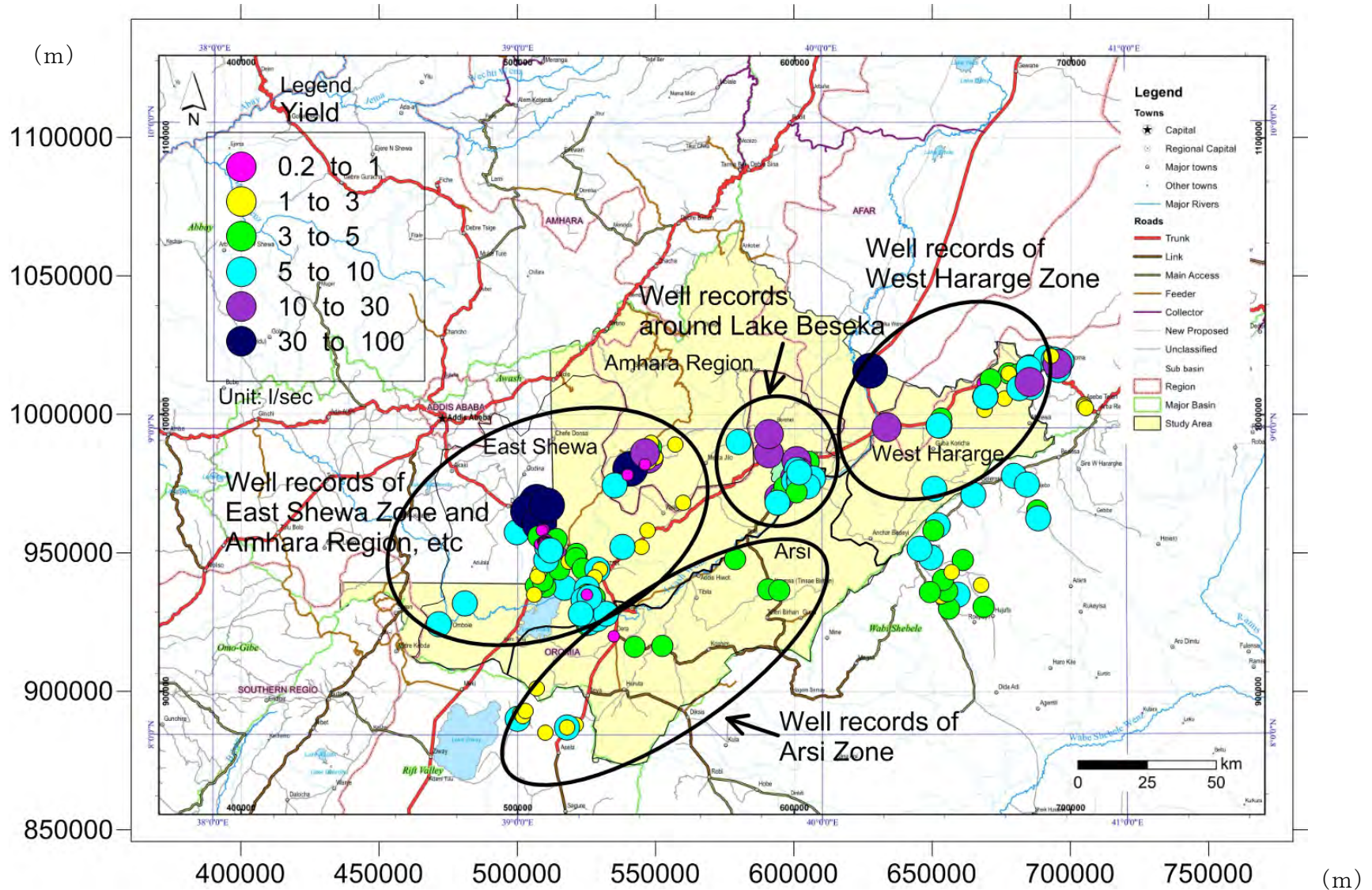
調査地の井戸台帳の既存井戸位置図を図 2.2.43に示す。また井戸の揚水流量データを図 2.2.44に示す。

既存井戸の深度と揚水流量の関係は、代表して West Hararge ゾーンと East Shewa、Amhara 州についてそれぞれ、図 2.2.45と図 2.2.46に示した。



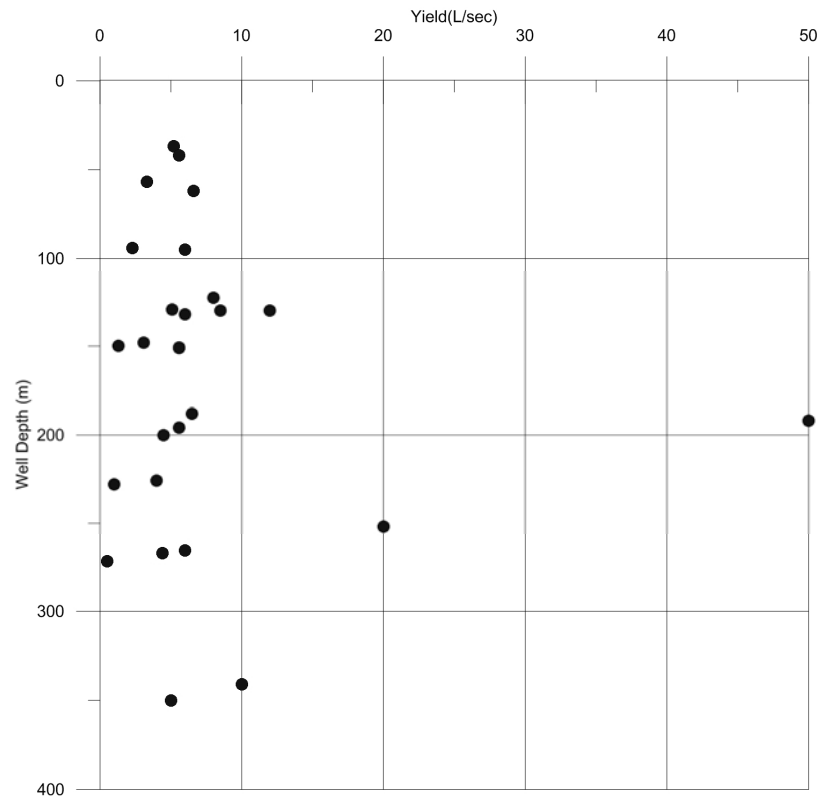
出典：調査団、データ元：参考資料①、②

図 2.2.43: 既存井戸位置図



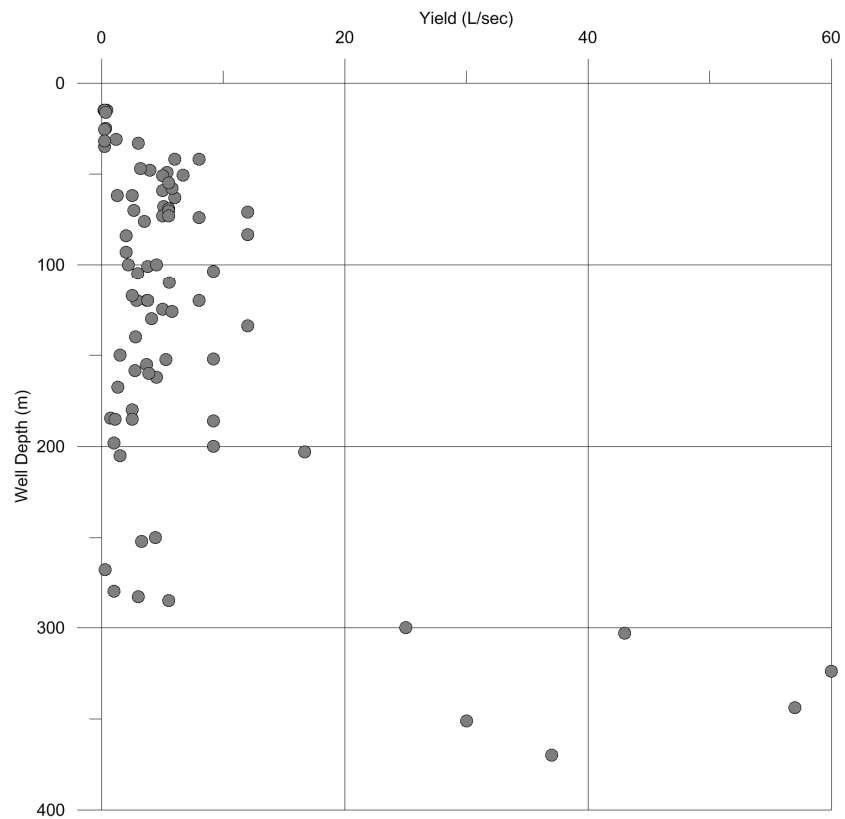
出典：調査団、データ元：参考資料①、②

図 2.2.44: 既存井戸の揚水流量



出典：調査団、データ元：参考資料②の 1)

図 2.2.45: West Hararge ゾーンの既存井戸深度と揚水流量



出典：調査団、データ元：参考資料①の 1)、②の 3)、4)

図 2.2.46: East Shewa ゾーン、Amhara 州等の既存井戸深度と揚水流量

b. 既存井戸の帯水層

層相の記載がある既存井戸をもとに柱状図を作成し、スクリーン位置と静水位を記述した。既存の柱状図がある地点については、その柱状図を利用した。これらの柱状図と地質平面図及び JICA 井戸の掘削結果を考慮して各地域での帯水層の可能性のある深度（スクリーン深度）を構成する地層と構成比及び想定される地質単元を表 2.2.18に示した。

表 2.2.18: 既存井戸の帯水層層相と構成比

ID	代表的な層相	主な柱状図での表現	数量	構成比	主な地質単元
1	玄武岩	Trachytic basalt, Vesicular basalt, Highly weathered and fractured basalt, Massive basalt, Scoriaceous basalt	40	29	Miocene Basalts (Anchar, Alaji basalts)、Bofa basalts. Pleistocene basalts, Holocene basalts
2	スコリア	Black scoria, Fine gravel with sand	9	7	上記の basalt に挟在する
3	イグニンプライイト	Weathered ignimbrite, Fresh ignimbrite, Massive ignimbrite, Boulder ignimbrite	26	19	Nazret pyroclastic deposits, Pliocene rhyolites, Dino ignimbrite.
4	流紋岩	Highly fractured rhyolite, Weathered rhyolite	6	4	Debre Birhan ignimbrite and Huse Ridge rhyolites, Dino ignimbrite
5	凝灰岩	Tuff, Indurated tuff, Unwelded tuff, Pumiceous tuff	9	7	Nazret pyroclastic deposits, Dino ignimbrite
6	フォノライト	Fractured phonolite,	4	3	Nazret pyroclastic deposits, Anchar basalts.
7	溶結凝灰岩	Welded tuff	8	6	Kone ignimbrite, Fentale ignimbrite,
8	軽石	Modelately weathered pumice	7	5	Nazret pyroclastic deposits, Chefe Donsa pyroclastic deposits.
9	火山灰	Ash, Volcanic ash	10	7	Nazret pyroclastic deposits, Chefe Donsa pyroclastic deposits.
10	火山砕屑物	Highly weathered Pyroclastics, Pumicious pyroclastics, Volcanic breccia	4	3	Nazret pyroclastic deposits
11	粗面岩	Trachyte	2	1	Chilalo Trachy basalts.
12	砂、礫（下部層）	Pumiceous sand, agglomerate, Silica rich sand, Fine to coarse sand with pebble	8	6	Nazret pyroclastic deposits.
13	湖成堆積物、沖積層	Sand and gravel	5	4	Alluvium, Lacustrine deposits

出典：調査団、データ元：参考資料①、②及び④

スクリーンの深度に対応する層相のうち、スクリーン長から判断して代表的な帯水層を抽出し、帯水層定数等との比較を行った。既存データから帯水層にかかる揚水流量、

比貯留量（Sc）及び透水量係数（T）を下記の表 2.2.19に示した。

表 2.2.19: 既存井戸の代表的な帯水層情報

記載地層名	既存資料、収集資料													
	揚水流量(L/sec)				比貯留量(L/sec/m)				透水量係数(m ² /day)				深度(m)	
	個数	最高	最低	平均	個数	最高	最低	平均	個数	最高	最低	平均	個数	平均
玄武岩	23	60	0.76	12.9	22	56.7	0.067	4.9	18	40800	0.0032	4689	27	190.7
スコリア	1	5.3	5.3	5.3	1	4.53	4.53	4.53	2	14758	378	7568	2	136.5
イグニンプライト (軽石流堆積物、溶結凝灰岩等)	20	25	0.51	7.3	18	89.2	0.0054	8.24	14	6947	0.071	924	20	188.9
流紋岩	4	11.8	5	8.2	4	2.16	0.61	1.25	4	348.07	34.39	129	5	159.8
凝灰岩	-	-	-	-	-	-	-	-	1	217.8	217.8	217.8	3	92.3
フォノライト	2	50	20	35	2	44.64	0.521	22.58	2	39528	102.4	19815	3	233.7
溶結凝灰岩	1	4	4	4	-	-	-	-	3	996.2	60.4	595	3	34.6
軽石	4	16.68	1.6	7.1	4	7.14	0.311	2.44	1	16.56	16.56	16.56	4	113
火山灰	4	12	1	4.1	1	12	12	12	-	-	-	-	4	55.9
火山碎屑物	3	30	1	11.8	1	7.14	7.14	7.14	-	-	-	-	3	264.3
砂・礫	5	9.2	2	4.9	5	6.66	0.17	2.26	-	-	-	-	5	95.6
湖成堆積物	5	4.5	1.3	2.6	3	0.65	0.06	0.34	-	-	-	-	5	75.4
沖積層	3	8	6	6.8	2	1.6	0.6	1.1	1	965.9	965.9	965.9	3	44

出典：調査団、データ元：参考資料①、②及び④

玄武岩とイグニンプライトが他の地層に比べて帯水層として多くの箇所で見られ、他の地層に比べ平均深度も深く、平均の揚水流量も多い。これらの地層が良好な帯水層になると思われるが、層相は緻密な部分ではなく、割れ目系の発達した箇所の選定を行うことが望ましい。

c. JICA井戸の地層対比、既存井戸の帯水層

JICA 井戸での試料を観察した結果を地質断面図にプロットし地質断面図を完成させた。JICA 井戸の地層対比と揚水試験の結果を合わせて示す（表 2.2.21参照）。地質図及び地質断面図を参考に柱状図のある既存井戸のデータを地質層序にあてはめ帯水層を確認した（表 2.2.20参照）。各地層での帯水層の特徴を揚水試験の結果から把握し、第 4 章で述べる地下水のポテンシャル評価に利用した。既存井戸データの柱状図は、データブックに添付する。

表 2.2.20: 地質と対比された既存井戸、JICA 井戸

年代区分	地質層序	代表的な層相	既存、JICA柱状図と帯水層対比	主な分布		
新世代	第四紀 更新世	沖積層 (Qal)	砂、粘土、礫、湖成堆積物	Be-12, NZ-136, NZ-137(以上Al), NZ-21, NZ-22, NZ-23, NZ-31, NZ-40, NZ-149, NZ-150, NZ-152(以上Luc)	主にはBeseka湖やKoka湖周辺に層厚も厚く分布する。	
		黒曜石溶岩及びドーム (Qr2)	黒曜石溶岩を含む流紋岩質堆積物	—	主にはAdamaからBofalにかけてとkoneからFentaleにかけて分布する。	
		完新世玄武岩類 (Qb2)	ガラス質玄武岩、無班晶質玄武岩及びスコリアコーン堆積物	—	AdamaからFuruta, Bofa周辺にかけて分布するほか、Koka湖周辺からKoneカルデラ及びFentale山周辺に分布する。	
	第四紀 更新世	Fentale イグニブライト (Qi3)	流紋岩質～安山岩質淡緑色強溶結凝灰岩	Be-15, NZ-14, Be-40, Be-43, Be-52	Fentale山の周辺及び西側に分布する。	
		Fentale 火山岩類 (Qf)	流紋岩、粗面岩、凝灰岩及び集塊岩	—	Fentale山周辺を構成する。	
		Boseti & Kone 降下軽石 (Qp2)	降下軽石堆積物	—	Mojo周辺からFentale火山周辺にかけて分布する。	
		Kone イグニブライト (Qi2)	緑色固結、溶結凝灰岩	NZ-7, Be-47	Koneカルデラ周辺からFentaleを経てAsbeTeferiの地域まで分布する。	
		更新世玄武岩類 (Qb1)	無班晶玄武岩	NZ-10, NZ-120, NZ-140, NZ-142, Be-48	調査地のほぼ全域に分布する。	
		Sobebor 火山砂層 (Qs)	タフリング、マールを構成した火山砂	—	Koeko-Kone-Fentale及びMojo周辺に分布する。	
		Zikwala トラカイト (Qt)	粗面岩	—	Zikwale山を構成する。	
		Chefe Donsa 火砕堆積岩類 (Qp1)	弱溶結凝灰岩を挟む軽石、凝灰岩火山堆積物	ES-18, ES-19, ES-20, NZ-118, NZ-119	Debre-Brihan周辺の調査地北側を除く全域に分布する。	
		更新世流紋岩類 (Qr1)	流紋岩	ES-4, ES-14, NZ-121	Koka湖周辺からFentale地域にかけて分布する。	
		Dino イグニブライト (Qi1)	緑灰色溶結凝灰岩	WH-8, WH-12, WH-22, AR-2, ES-3, NZ-114	Debre-Brihan周辺の調査地北側を除く全域に分布する。	
		第四紀 更新世	Bofa 玄武岩類 (Tb3)	無班晶玄武岩	WH-51, AR-1, AWBH-3, AWBH-4N, AWBB-5	Debre-Brihan周辺の調査地北側を除く全域に分布する。
			Chilalo粗面玄武岩類 (Tt)	粗面岩、粗面岩質玄武岩	—	Adama-Furuta-Bofa地域にのみ分布する
	Nazret 火砕堆積物上部層 (Ti3)		淡、暗灰色溶結凝灰岩	ES-15, ES-16, AM-1, AM-2, AM-3, AdTW5, NZ-39	MojoからKoka湖周辺及び調査地北部に分布する。	
	Nazret 火砕堆積物下部層 (Ti2)		軽石、凝灰岩	WH-26, WH-52	Koeko-Kone-Fentale地域を除く調査地全域に分布する。	
	鮮新世流紋岩類 (Tr2)		軽石質凝灰岩含む流紋岩	—	Debre-Brihan周辺の調査地北側を除く全域に分布する。	
	Anchar 玄武岩類 (Tb2)		無班晶玄武岩	WH-1, WH-24, WH-54, AM-6, AdTW1	Mojo周辺から調査地北側及びAwashから東側に分布する。	
	Debre Birhan イグニブライト (Ti1)		火山質礫岩、凝灰岩、火山質砂と溶結した細～中粒凝灰岩及び弱溶結軽石質凝灰岩	—	Mojo周辺から調査地北部及びAdamaから南側にかけて分布する。	
Huse Ridge 流紋岩類 (Tr1)	白色～青灰色流紋岩、凝灰岩		—	Awashから東側にかけてのHuse Ridge周辺で北東-南西方向に分布する。		
第四紀 更新世	Alaji 玄武岩類 (Tb1)	長石、無班晶玄武岩	WH-6, WH-7, AR-4, AR-5, AR-6, AM-12, AdTW2, AdTW3, NZ-9, AWBH-1, AWBH-2, AWBH-6, AWBH-9, AWBH-11, AWBH-12	Koka湖周辺を除く調査地全域に分布する。		

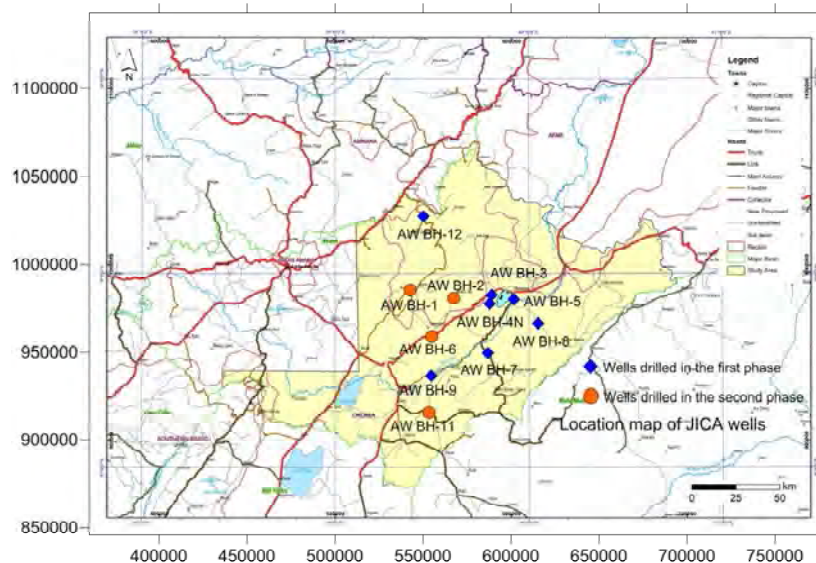
出典：調査団、データ元：参考資料①の 1)、4)及び④

表 2.2.21: 地質と対比された既存井戸、JICA 井戸

井戸名	サブベース	Woreda	Kebele	Eastings	Northings	標高	掘削深度	地層名	帯水層	揚水流量	静水位	動水位	比湧出量	透水量係数	貯留係数
						(m)	(m)			(L/sec)	(m)	(m)	(L/sec/m)	(m ² /min)	
AW BH-1	SB5-L	Arerti	Kersha Amba	542642	985361	1760	228	Ti3, Tb2, Ti1, Tb1	Ti3, Tb1	12.09	13.86	58.06	0.27	0.0819	0.03108
AW BH-2	SB-BSK-W	Arerti	Melka Jilo	567414	980822	1151	250	Qi3, Qp1, Qi1, Tb3, Tb1	Tb1	6.25	174.79	174.92	48.00	0.0083	6.63*10 ⁻³
AW BH-3	SB-BSK	Metehara	Tututa	589167	982682	1032	204	Qb1, Qi1, Tb3	Tb3	6.30	68.56	68.56	-	-	-
AW BH-4N	SB-BSK	Metehara	Tututa	587754	977437	1044	117	Qb1, Qi1, Tb3	Tb3	11.12	87.91	89.10	9.34	1.1676	1.17*10 ⁻⁷
AW BH-5	SB-BSK	Metehara	Gelecha	601565	980024	959	140	Qi3, Qi1, Tb3	Tb3	7.60	2.90	54.73	0.15	0.0034	1.61*10 ⁻⁴
AW BH-6	SB-BSK-W	Welenchi	Feto	552789	958778	1357	247	Qb1, Qi1, Tb3, Ti3, Tb1	Tb3, Tb1	6.25	175.46	176.57	5.63	0.0166	6.63*10 ⁻⁹
AW BH-7	SB4-R	Merti	Abo Mesa	586813	949687	1239	250	Qi1, Tb3, Tb1	-	-	-	-	-	-	-
AW BH-8	SB4-R	Metehara	Fateledi	615265	966369	1221	208	Qr2	-	-	-	-	-	-	-
AW BH-9	SB3-L	Welenchi	Araso Bero	555025	936983	1424	272	Qi1, Tb3, Ti2, Tb1	Tb1	3.50	139.92	174.57	0.10	0.0037	7.41*10 ⁻⁴
AW BH-11	SB3-R	Sire	Gesala Chacha	553313	916009	1810	227	Qp1, Qi1, Ti2, Tb1	Ti2, Tb1	10.19	69.86	79.66	1.04	0.7281	1.61*10 ⁻⁴
AW BH-12	SB5-L	Shola	Sekoru	550405	1027427	2858	220	Ti1, Tb1	Tb1	5.00	163.71	165.89	2.29	0.1303	1.06*10 ⁻⁶

沖積層 (Qal)	黒曜石溶岩及びトーム (Qr2)	完新世玄武岩類 (Qb2)	Fentale イグニンプライト (Qi3)	Fentale 火山岩類 (Qf)	Boseti & Kone 降下軽石 (Qp2)	Kone イグニンプライト (Qi2)	更新世玄武岩類 (Qb1)	Sobeor 火山砂層 (Qs)	Zikwala トラカイト (Qt)	Chefe Donsa 火砕堆積岩類 (Qp1)	更新世流紋岩類 (Qr1)	Dino イグニンプライト (Qi1)	Bofa 玄武岩類 (Tb3)	Chilalo粗面玄武岩類 (Ti)	上部Nazret 火砕堆積物 (Ti3)	下部Nazret 火砕堆積物 (Ti2)
-----------	------------------	---------------	------------------------	-------------------	--------------------------	---------------------	---------------	------------------	--------------------	--------------------------	---------------	---------------------	-----------------	--------------------	----------------------	----------------------

鮮新世流紋岩類 (Tr2)	Anchar 玄武岩類 (Tb2)	Debre Birhan イグニンプライト (Ti1)	Huse Ridge 流紋岩類 (Tr1)	Alaji 玄武岩類 (Tb1)
---------------	-------------------	-----------------------------	-----------------------	------------------



出典：調査団、データ元：参考資料④

2.2.6 節の参考資料、文献

- ① 既存研究報告書に掲載されている既存井戸データ：
 - 1) Hydrogeology (Map) of the Nazret, EIGS, 1985
 - 2) Evaluation of water resources of the Ada'a and Becho plans groundwater basin for irrigation development project, WWDSE, planned by MoWR, 2009
 - 3) Allaidege plain groundwater resources assessment project, WWDSE planned by MoWR, 2009
 - 4) Study and design of Lake Besaka level rise project II, WWDSE, planned by MoWE, 2011
 - 5) Growing lake with growing problems: integrated hydrogeological investigation on Lake Beseka, Ethiopia, ELENI AYALEW BELAY, 2009
 - 6) Assessment and evaluation of causes for Beseka Lake level rise and design mitigation measures Part II : Study for medium and long term solutions (Main report final), MoWIE and OWWDSE, 2014
 - 7) Groundwater origin and flow along selected transects in Ethiopian rift volcanic aquifers, Seifu Kebede et al, 2008
- ② 井戸完成記録・井戸柱状図・揚水試験記録：
 - 1) West Hararge ゾーンの水事務所からの既存井戸データ（柱状図、揚水試験記録含む）
 - 2) Arsi ゾーンの水事務所からの既存井戸データ（柱状図、揚水試験記録含む）
 - 3) East Shewa ゾーンの水事務所からの既存井戸データ（柱状図、揚水試験記録含む）
 - 4) Arerti（Amhara 州）郡、Lomme（Oromia 州）郡の井戸完成記録、個別井戸データ
 - 5) WWDSE, 2014 灌漑用井戸データ（深度 595 m）
- ③ その他文献
 - 1) 日本地下水学会編「名水を科学する」,1994
 - 2) Hydrogeological map of Ethiopia (1:2,000,000) compiled by Tesfaye Chernet and the Regional Geology Department, EIGS, 1988
- ④ 調査団による現地調査、インタビュー等から得られたデータ（現地写真も含む）

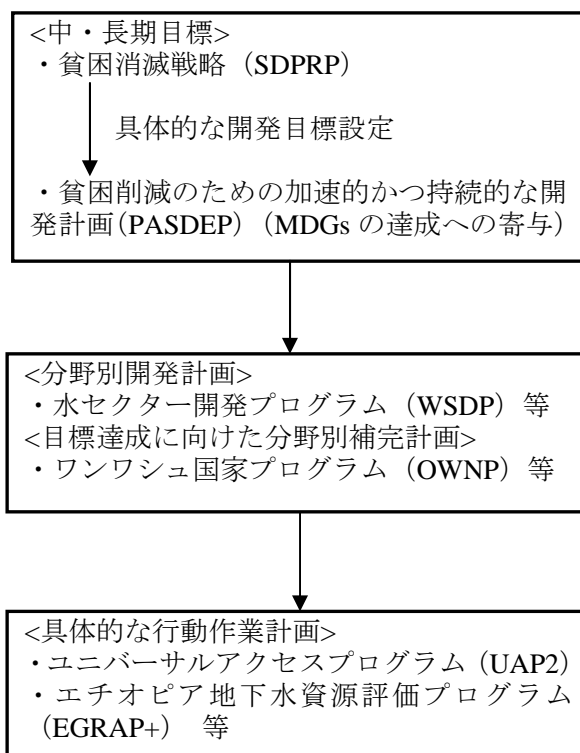
2.3 社会経済状況

2.3.1 開発計画と法制度

a. エチオピア国

エチオピア国では、1999年頃から貧困削減に関する開発戦略の議論を行うことを通じて、食料不足や水不足等に対応するための次に示す政策等を策定している。

政策及び計画の関係図は、下記の図 2.3.1に示すとおりである。



出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

図 2.3.1: エチオピア国の水分野の関連政策・計画

2.3.2 アワシユ川中流域の社会経済状況

a. 人口と人口統計

エチオピア国の人口は、2013年時点で約8,600万人とされており（2012年、2013年の人口成長率は約2.7%）、毎年顕著な増加傾向を示している。その内、オロミア州で約3,200万人にのぼり、エチオピア国の中で最も人口と面積が大きい州である（表 2.3.1参照）。2007年統計では、アワシユ川中流域では約650万人（うちアディスアベバでは約270万人）とされる。なお、人口の男女比は、都市部及び村落部でほぼ同率である。

表 2.3.1: 1994 年・2007 年・2013 年のエチオピア国各州の人口センサスデータ

Region	Population (1994)	Population (2007)	Population (2013)* ¹⁾	Area (km ²)	Remarks
アディスアベバ	2,112,737	2,739,551	3,104,000	527	City
Afar Region (アフール州)	1,106,383	1,390,273	1,650,000	72,053	Regional Capital: Asayita
Amhara Region (アムハラ州)	13,834,297	17,221,976	19,212,000	154,709	Regional Capital: Bahir Dar
Benishangul-Gumuz Region (ベニシヤングル・グムズ州)	460,459	784,345	1,028,000	50,699	Regional Capital: Asosa
Dire Dawa	251,864	341,834	395,000	1,559	City
Gambela Region (ガンベラ州)	181,862	307,096	406,000	29,783	Regional Capital: Gambela
Harar	131,139	183,415	215,000	334	City
Oromia Region (オロミア州)	18,732,525	26,993,933* ²⁾	32,220,000	284,538	Regional Capital: Adama
Somali Region (ソマリ州)	3,152,704	4,445,219	5,318,000	279,252	Regional Capital: Jijiga
Tigray Region (ティグライ州)	3,136,267	4,316,988	5,062,000	84,722	Regional Capital: Mek'ele
SNNPRs (南部諸民族州)	10,377,028	14,929,548	17,887,000	105,476	Regional Capital: Awasa
Total	53,477,265	73,750,932	86,614,000	1,063,652	

出典：中央統計局(CSA), Britannica Book of the Year (1999)

*1) 2013 年データは速報値である。

2) この内訳は、都市部 3,317,460 人(男 1,679,153 女 1,638,307)、村落部 23,676,473 人(男 11,915,853 女 11,760,620)となっている。

a.1 民族

オロミア州の民族の割合は、オロモ族が最も多く（88%程度を占める）、次いでアムハラ民族（約 7%）、グラゲ族（約 1%）などとなっている。

a.2 宗教

オロミア州の住民が信仰する宗教の割合は、ムスリムが一番多く（48%程度を占め）、次いでエチオピア正教（約 30%）、プロテスタント（約 18%）、その他（約 4%）になっている。

a.3 言語

オロミア州では、主要現地語であるオロミファ語（約 84%）を用いている。アムハラ語（約 11%）を用いる地域もあるが、全体では少数派となっている。

b. 地方行政区分

エチオピア国は、行政区分では 9 州と 2 つの統治地区に分けられており、各州はゾーンに分かれ、ゾーンはさらに郡（ワレダ）に分けられている。そして郡（ワレダ）は、郡の中心タウンをはじめとする幾つかのタウン及び末端行政組織である地域のケベレに分けられている。

本プロジェクトの主要州であるオロミア州の行政組織は、表 2.3.2に示すとおり 18 ゾーンに分けられている。本プロジェクトの対象となっているゾーンは、East Shewa、Arsi、West Hararge の 3 ゾーンである。

表 2.3.2: オロミア州の 18 ゾーン

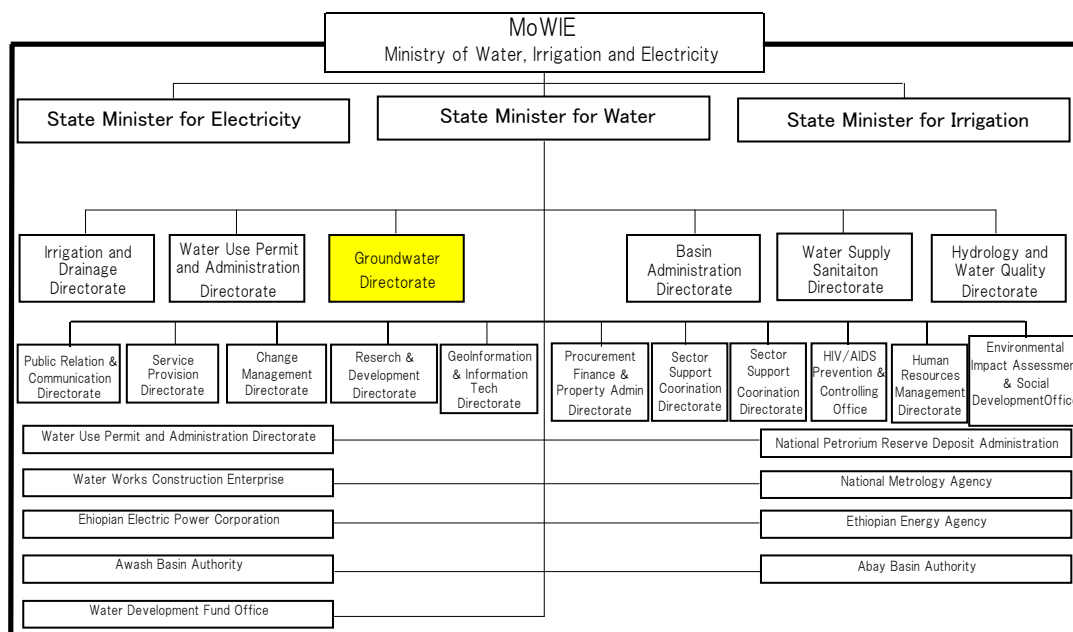
Zones in Oromia Region				
East Shewa	Arsi	Qelam	Illibabur	Jimma
North Shewa	West Arsi	Horo Guduru	West Hararge	Burayu Special zone surrounding A.A.
West Shewa	Borena	East Wallega	East Hararge	
South-west Shewa	Guji	West Wallega	Bale	

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

行政組織の内、本プロジェクトでは水灌漑電力省及びオロミア州水鉱物エネルギー局が C/P の主要関係機関である。これらの組織体制は、下記のとおりである。

b.1 水灌漑電力省（MoWIE）

水灌漑電力省は、2013 年 9 月に 2010 年より 3 年間の体制であった水エネルギー省の名称を改め、2013 年 11 月に正式に水灌漑エネルギー省となり組織改変が行われ、その後 2015 年 10 月に更なる組織改変が行われ水灌漑電力省と名称が改められた。水灌漑電力省の組織図は、図 2.3.2のとおりである。エネルギー部門を改め電力部門、水部門、それに加え 2013 年 11 月より正式に加わった灌漑部門の 3 部門が存在している。その内、本プロジェクトの実施担当部署は、水部門の傘下の Groundwater Directorate（黄色箇所）である。



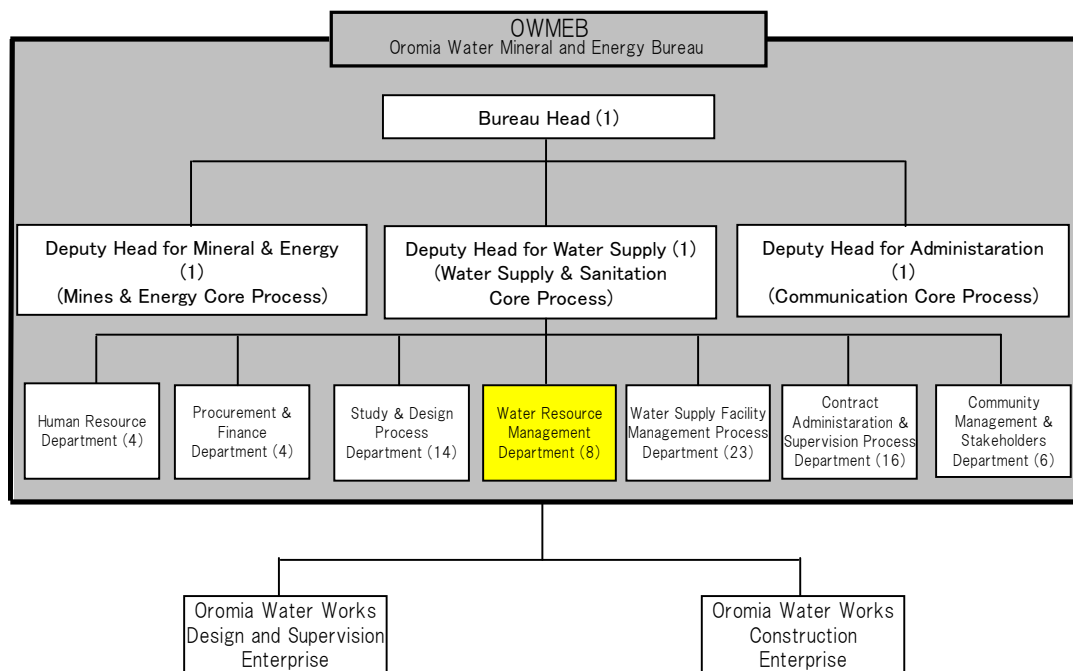
出典：MoWIE

図 2.3.2: 水灌漑電力省及び関係部局の組織図

b.2 オロミア州水鉱物エネルギー局（OWMEB）

オロミア州において、給水・上下水道事業は水・鉱物・エネルギー局が統括している。水・鉱物・エネルギー局の組織図は、図 2.3.3に示すとおりである。

2013年9月時点で、水・鉱物・エネルギー局は3副局に分かれ、給水衛生部局がさらに7つの課に分かれている。その内、本プロジェクトのC/Pが所属するオロミア州の給水事業を担当する部署は、Water Supply & Sanitation 副局の傘下にある Water Resources Management 課（黄色箇所）である。



出典：OWMEB

* 各個内は職員数である。

図 2.3.3: オロミア州水鉱物エネルギー局及び関係部局の組織図

c. 地方経済

アディスアベバを除く経済活動が最も活発なオロミア州は、エチオピアの中でも面積が一番広く、農業が基幹産業となっている。2012年時点で州の総人口の8割が農業に従事、GDPの42%を占める産業となっている。

男性は農水産業に従事している割合が多く、製造・ガス・電気・給水産業や工業やサービスの産業では女性の方が多い。

農業以外にも、オロミア州は、観光資源（Awash 国立公園・Sodere 温泉地・リフトバレー湖沼地域等）も豊富にみられる。

c.1 農業

オロミア州の作物生産は、穀物が主体である。豆類、オイルシードの他、綿花、砂糖きび、ジャガイモ、チャット（嗜好作物）、切り花等である。特に砂糖きびを大規模栽





培する国営農場が Adama より南にある Wonji 及び Wonji Shewa や Metehara にある。
畜産は、牛、羊、山羊、鶏が主体となっている。

c.2 インフラの整備状況（道路、電気等）

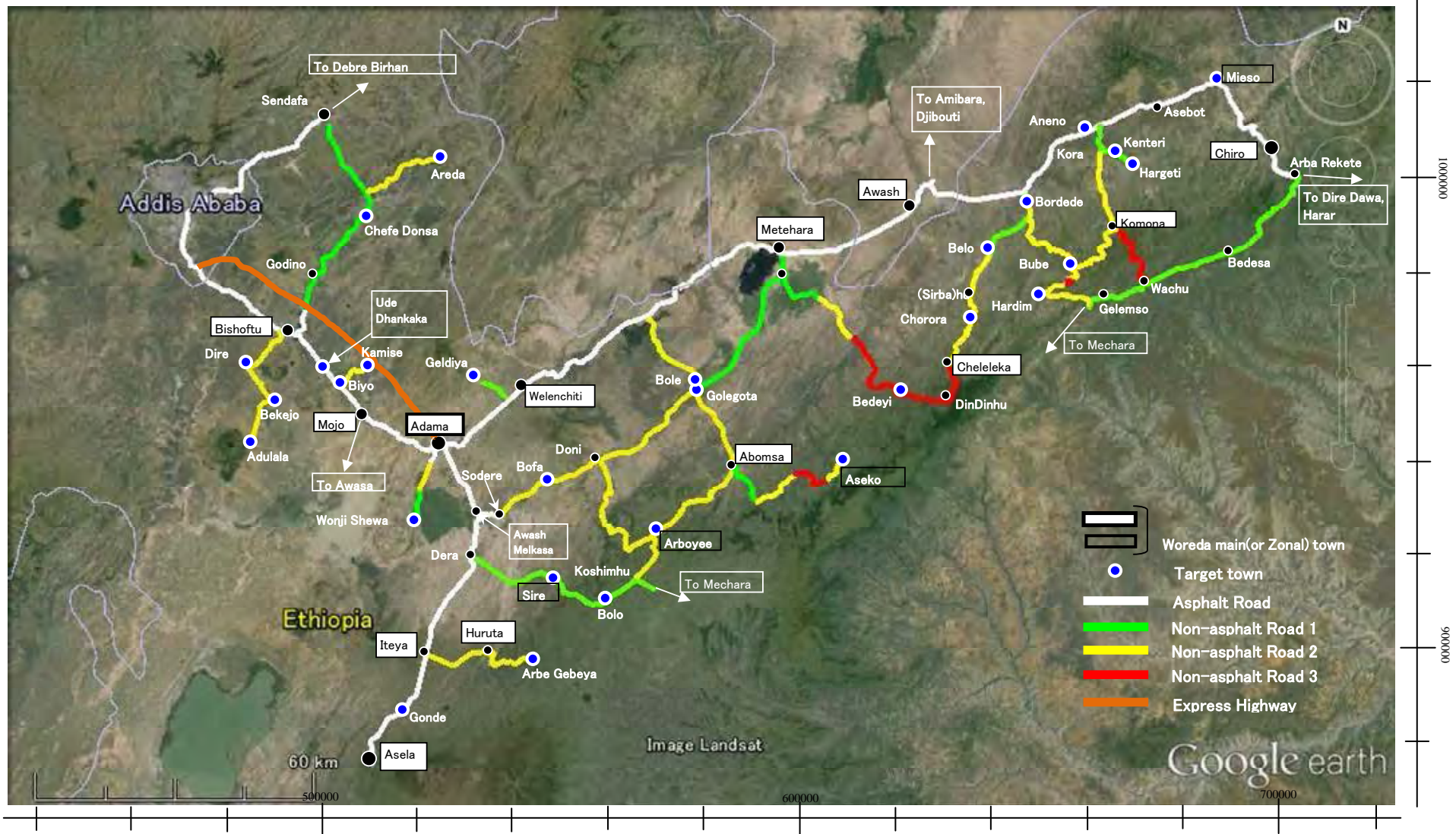
c.2.1 道路

地方経済の発展には、インフラの整備が大きな影響を及ぼす。アワシュ川中流域の道路状況は表と図に示す。

表 2.3.3: 対象小都市間の道路分類(アクセスルート図)の凡例の特徴

分類	項目	特徴
	舗装道路	4つの分類の中で最も通行しやすい。この区間では、時速 50～80 km で移動する目安がたつ。一年を通して通行には全く支障がない。
	未舗装道路 1	未舗装ではあるが路面が重機などで整備された道路であり、この区間では時速 30～50 km で移動する目安。
	未舗装道路 2	未舗装であり、道路が整備されてから時間が経っていることが想定され、路面には凹凸も多く見られる。通行には困難である。この区間では時速 15～30 km で移動する目安。
	未舗装道路 3	未舗装路の中でも通行には非常に困難が伴う道路。路面の凹凸に加え、大きな石の露出が多く、道路傾斜も急峻である。この区間では時速 10～15 km で移動する目安だが、雨季では路肩崩壊などの更なる困難も想定される。

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果



出典：調査団、データ元：Google Earth

図 2.3.4: オロミア州対象 30 小都市の位置及び各小都市へのアクセス道

c.2.2 電気

オロミア州内の電源は多くが水力によって賄われている。まだ全域が電化されておらず、電力公社（EEPCO：Ethiopia Electric Power Corporation）によって架線工事が鋭意進められている。アワシ川中流域には、Awash Melkasa 市や Koka Dam 市などをはじめとする水力発電所、Adama 市に約 50 基の風力発電施設（風車）があり、地熱発電も僅かながら行われている。電化済みの地域においては 24 時間供給を基本としている。

しかしながら、人口に対する発電量の不足及び変電所の容量不足のため、州都 Adama や Bishoftu 等の主要都市において突発的な停電が発生し、不安定な電力供給事情にある。特に、West Hararge ゾーンにおいては（電化済み対象小都市は Mieso のみ）、毎日数時間の停電が起きている。

c.2.3 鉄道

高速道路と同様に、中国の有償資金協力のプロジェクトでエチオピア鉄道公社（ERC: Ethiopian Railway Corporation）と中国の鉄道合弁会社（CREC: China Railway Engineering Corporation）の共同で鉄道建設が進められている。表 2.3.4 のとおり、フェーズ毎に工期及び区間が予定されている。

表 2.3.4: エチオピアー中国共同による鉄道建設プロジェクトの建設期間とルート

Period	Route
(Phase 1) The Year 2012 – 2015	Addis Ababa – Adama(Nazret)
(Phase 2) The Year 2013 - 2016	Adama(Nazret) – Awash – Mieso
(Phase 3) The Year 2013 - 2017	Mieso – Dire Dawa – Djibouti

出典：調査団、データ元：担当団員の調査結果

2.3.3 対象小都市を含む郡の社会経済状況

各郡の水事務所の事業運営維持管理能力および郡内の社会経済状況・給水状況等の把握を目的とした聞き取り調査を行った。同調査は対象 30 小都市の属する 15 郡（ワレダ）において実施した。内訳は East Shewa 県 6 郡、Arsi 県 6 郡、West Hararge 県 3 郡である。

a. 民族

オロミア州の主要民族であるオロモ族が一番多く、15 郡中 13 郡で 80%以上を占めている。次いでアムハラ民族が多く、Arsi 県 Sire 郡では 30%を占めているが、他郡では概ね 10%程度である。これら両民族の他、南部諸民族州に多いグラゲ族、ソマリ州に多いソマリ民族もわずかに暮らしており、アフール民族やティグライ族もみられる。

b. 教育

対象小都市の属する郡レベルの学校数を表 2.3.5に示す。郡あたりの小学校の数は 41 であり、East Shewa 県 Boset 郡の 74（最多）から West Hararge 県 Guba Qoricha 郡の 4（最小）までおよそ 18 倍の格差がある。一方、両郡の 7 歳から 14 歳までの子供の数の格差は 2 倍程度に過ぎない。

表 2.3.5: 対象小都市の属する郡の学校数

No	Zone	Woreda	No. of Schools			
			Nursery	Primary	Secondary	Preparatory
			Age0-6	Age7-14	Age15-16	Age17-18
1	East Shewa	Adama Zuria	5	18	6	1
2		Ada	6	36	25	1
3		Boset	0	74	1	1
4		Lume	3	65	1	1
5		Gimbichu	2	49	1	1
6		Liben Zikuala	0	47	1	0
7	Arsi	Sire	1	28	1	1
8		Jeju	1	28	1	1
9		Aseko	2	44	3	1
10		Merti	0	33	1	0
11		Tiyo	6	38	2	1
12		Lodehetosa	5	47	3	0
13	West Hararge	Anchar	13	39	4	2
14		Guba Qoricha	0	4	1	0
15		Mieso	3	59	2	1
Total			47	609	53	12
Average			3	41	4	1

注) 学校数は Nursery School (幼稚園)、Primary school (小学校 class1-8)、Secondary school (中学校 class9-10)、Preparatory school (専門学校 class11-12) が含まれる。
出典：調査団、データ元：現地再委託調査および担当団員による調査結果

就学年齢の子供の数と就学者数を表 2.3.6に示す。

表 2.3.6: 対象小都市の属する郡の子供の数及び生徒の数

No	Zone	Woreda	No. of Children			No. of School Attendance			School attendance rate of Age7-14 unit(%)
			Age 0-6	Age 7-14	Age 15-18	Nursery sc. Age 0-6	Primary sc. Age 7-14	Secondary & Preparatory Age 15-18	
1	East Shewa	Adama Zuria	34852	34568	12000	2350	32156	3336	93.0
2		Ada	25649	33621	N.A	564	29720	555	88.4
3		Boset	33501	44665	22690	0	24479	1907	54.8
4		Lume	22047	31080	N.A	1800	28101	405	90.4
5		Gimbichu	24574	21074	N.A	109	18250	0	86.6
6		Liben Zikuala	18667	18659	12094	0	14344	843	76.9
7	Arsi	Sire	17954	18345	7623	102	17504	1649	95.4
8		Jeju	22413	27736	18811	199	26072	1891	94.0
9		Aseko	10210	21886	8513	400	10957	1451	48.0
10		Merti	20068	22828	10530	704	10945	955	47.9
11		Tiyo	12707	27758	11043	333	24123	1319	86.9
12		Lodehetosa	21130	26575	11884	1049	21871	3440	82.3
13	West Hararge	Anchar	15655	16789	9581	0	8478	867	50.5
14		Guba Qoricha	25020	22400	N.A	0	9124	676	40.7
15		Mieso	29261	35075	13039	202	21283	1254	60.7
Total			279427	345584	124769	7610	267000	18618	
Average			22247	26871	12528	710	19827	1468	73.1
Ave(E.Shewa)			26548	30611	15595	804	24508	1174	81.7
Ave(Arsi)			17414	24188	11401	465	18579	1784	75.8
Ave(W.Hararge)			23312	24755	11310	67	12962	932	50.6

出典：調査団、データ元：現地再委託調査および担当団員による調査結果

小学校への就学率は全体で約 73%であるが、West Hararge 県では 50%程度と他県に比べて低い。East Shewa、Arsi 県ではどちらも 6 郡中 4 郡で小学校就学率が 75%を超えているが、West Hararge 県においては 3 郡すべてで 60%程度かそれ未満である。

小学校 1 校あたりの就学年齢（7～14 歳）の子供数は概ね 400 人から 900 人となるが、学校数の少ない Adama Zuria 郡（East Shewa 県）および Guba Qoricha 郡（West Hararge 県）ではそれぞれ 1,920 人および 5,600 人となっている。

c. 農業及び土地利用

対象小都市の属する郡レベルの土地利用の状況を表 2.3.7 に示す。また、農作物の収穫量及び家畜頭数については、それぞれ表 2.3.8 及び表 2.3.9 に示すとおりである。更に表 2.3.10 には、郡別の農業普及施設の数について示した。

表 2.3.7: 対象小都市が属する郡の土地利用状況

No	Zone	Woreda	Land use (ha)					Others
			Agriculture	Forest	Water Facility	House area	Road	
1	East Shewa	Adama Zuria	58,410	4,210	14,033	8,450	N.A	1,017
2		Ada	71,923	6,012	2,693	N.A	N.A	7,751
3		Boset	55,506	7,475	3,418	10,408	N.A	17,487
4		Lume	47,660	3,306	10,792	4,994	N.A	8,468
5		Gimbichu	48,798	3,003	8,258	N.A	N.A	15,015
6		Liben Zikuala	43,504	6,960	640	415	N.A	12,054
7	Arsi	Sire	29,400	2,371	1,200	4,742	N.A	9,707
8		Jeju	36,808	3,217	617	N.A	N.A	N.A
9		Aseko	16,733	12,675	502	91	N.A	N.A
10		Merti	3,200	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
11		Tiyo	25,900	13,000	3,200	65	3,300	129
12		Lodehetosa	28,422	2,744	4,657	N.A	N.A	10,176
13	West Hararge	Anchar	15,190	42,520	N.A	N.A	N.A	10,682
14		Guba Qoricha	17,252	3,800	N.A	5,424	N.A	35,729
15		Mieso	24,737	61,608	N.A	N.A	N.A	105,067

出典：調査団、データ元：現地再委託調査および担当団員による調査結果

農業用地が全体の約 44%、森林が約 16%となっており両分類でおよそ 60%を占める。また、Guba Qoricha 郡や Mieso 郡などでは「その他（Others）」に分類される土地利用面積が大きい、これは牧草地利用などが含まれているためである。

表 2.3.8: 対象小都市が属する郡の主要農作物の収穫量

No	Zone	Woreda	Field area and Harvest of Main Crops											
			Maize		Sorghum		Teff		Wheat		Barely		Others	
			Land(ha)	Amount(ton)	Land(ha)	Amount(ton)	Land(ha)	Amount(ton)	Land(ha)	Amount(ton)	Land(ha)	Amount(ton)	Land(ha)	Amount(ton)
1	East Shewa	Adama Zuria	1,287	5,736	333	1,195	11,548	21,350	3,920	13,015	2,953	10,335	5,321	13,800
2		Ada	613	4,960	N.A	N.A	26,545	66,993	17,834	118,566	-	-	26,087	95,090
3		Boset	9,002	14,938	611	166	16,571	40,810	185	177	163	195	25,851	38,163
4		Lume	955	2,845	N.A	N.A	15,721	37,003	14,438	58,928	1,193	4,067	8,366	65,775
5		Gimbichu	209	842	261	628	2,231	4,573	4,047	100,997	336	1,176	14,783	34,221
6		Liben Zikuala	7,128	27,415	600	2,104	14,828	33,380	15,080	5,081	981	2,588	4,878	9,801
7	Arsi	Sire	2,200	4,288	80	202	5,780	6,948	10,200	22,745	54,800	72,412	5,690	46,766
8		Jeju	2,600	12,117	1,400	4,302	13,800	24,170	N.A	N.A	N.A	N.A	15,907	45,916
9		Aseko	1,356	7,954	1,776	9,566	577	837	N.A	N.A	N.A	N.A	29,667	2,402
10		Merti	4,074	17,926	4,365	14,577	5,802	10,001	14,454	32,850	N.A	N.A	3,245	96,350
11		Tiyo	890	4,048	0	0	12,150	20,920	13,650	31,011	5,400	13,508	4,420	8,903
12		Lodehetosa	455	1,674	57	25,660	26,570	42,257	15,754	71,316	9,016	18,390	7,084	38,019
13	West Hararge	Anchar	3,780	12,666	N.A	N.A	162	255	752	1,718	559	978	4,231	46,172
14		Guba Qoricha	0	9,335	N.A	20,615	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
15		Mieso	3,020	1,371	14,259	12,433	N.A	N.A	N.A	N.A	39	10,237	N.A	N.A
		Total	37,569	128,115	23,742	91,448	152,285	309,497	110,314	456,404	75,439	133,886	155,530	541,378

出典：調査団、データ元：現地再委託調査および担当団員による調査結果

主要農産物については、作付面積ベースおよび収穫量ベースでともにテフと小麦が卓越している。面積ベースではテフが約 27%、小麦が約 20%である。また、収穫量ベースで見ると、テフ約 19%、小麦約 28%となる。

表 2.3.9: 対象小都市が属する郡の主要家畜頭数

No	Zone	Woreda	No. of Livestock								
			Cattle	Goat	Sheep	Donkey	Chicken	Horse	Mule	Camel	Other
1	East Shewa	Adama Zuria	97,000	49,970	41,700	39,135	17,053	500	411	215	-
2		Ada	137,805	633,410	31,033	39,814	N.A	2,431	1,473	N.A	-
3		Boset	86,616	90,680	45,167	26,253	79,395	812	673	5,477	-
4		Lume	91,314	23,101	23,652	21,619	N.A	316	819	N.A	-
5		Gimbichu	106,115	39,301	44,521	26,493	51,325	5,712	906	15	-
6		Liben Zikuala	170,258	51,346	24,138	20,980	N.A	1,598	1,666	N.A	-
7	Arsi	Sire	77,206	27,206	65,584	20,709	56,339	4,473	761	4,464	-
8		Jeju	130,989	35,951	103,276	16,145	82,034	N.A	1,336	1,369	-
9		Aseko	92,038	88,270	95,447	32,853	105,214	N.A	N.A	3,354	-
10		Merti	93,371	52,323	26,781	9,200	99,715	N.A	N.A	25,210	11,349
11		Tiyo	92,711	12,050	63,033	18,356	55,320	8,937	542	N.A	-
12		Lodehetosa	112,856	33,908	146,492	35,195	121,923	7,952	1,833	N.A	-
13	West Hararge	Anchar	69,273	118,006	37,610	15,729	7,880	155	100	139	8,219
14		Guba Qoricha	67,364	70,298	23,896	17,439	81,605	128	N.A	2,921	-
15		Mieso	131,908	1,114,276	12,180	63,112	16	4	39,694	-	-
		Total	1,556,824	1,882,958	1,329,468	352,100	820,915	33,030	10,524	82,858	19,568

出典：調査団、データ元：現地再委託調査および担当団員による調査結果

家畜頭数ではヤギ（31%）、牛（26%）、羊（22%）の順で多く、これらはどの郡でも多い。次いでニワトリが全体の約 13%を占める。Merti 郡（Arsi 県）や Mieso（West Hararge 県）ではラクダの頭数が他郡に比べて多い。

表 2.3.10: 対象小都市が属する郡の農業普及施設の数

No	Zone	Woreda	No. of Agro-pastoral facilities			
			Livestock Health Post	Cattle Trough	Farming Training Center	Agro-Extension House
1	East Shewa	Adama Zuria	5	3	7	7
2		Ada	4	5	4	4
3		Boset	2	3	3	1
4		Lume	3	2	5	3
5		Gimbichu	3	0	2	2
6		Liben Zikuala	1	0	2	2
7	Arsi	Sire	1	0	1	1
8		Jeju	6	9	20	91
9		Aseko	5	4	15	12
10		Merti	45	3	17	5
11		Tiyo	1	0	3	3
12		Lodehetosa	1	0	3	3
13	West Hararge	Anchar	8	6	19	137
14		Guba Qoricha	4	0	4	2
15		Mieso	16	132	28	90

注) Livestock Health Post = 獣畜保健所、Cattle Trough = 家畜水飲場、Farming Training Center = 農業研修施設、Agro-extension House = 農業普及所

出典：調査団、データ元：現地再委託調査および担当団員による調査結果

郡によって各施設の数はいずれもまちまちであり、Merti 郡では獣畜保健所の数が 45 ヶ所と多い。Mieso 郡では各施設とも他郡に比べて多い一方で、Liben Zikuala 郡、Sire 郡などでは農業普及施設数が限られている。

d. 保健衛生状況

郡におけるインタビュー調査の保健衛生状況の結果として、表 2.3.11 に保健施設における水因性疾患の症例報告数を示す。また、排便衛生施設のタイプ別について表 2.3.12 に示す。

表 2.3.11: 対象小都市が属する郡の保健施設における水因性疾患の症例報告数

No	Zone	Woreda	Diarrhea	Typhoid	Malaria	Dysentery	Others
1	East Shewa	Adama Zuria	5,627	5,225	3,188	N.A	
2		Ada	2,042	N.A	N.A	N.A	
3		Boset	1,050	N.A	2,790	N.A	
4		Lume	1,250	870	5,687	N.A	
5		Gimbichu	379	171	N.A	N.A	
6		Liben Zikuala	2,170	N.A	2,598	N.A	
7	Arsi	Sire	450	250	N.A	450	
8		Jeju	850	223	850	N.A	
9		Aseko	218	122	212	231	
10		Merti	4,086	4,710	4,826	834	
11		Tiyo	N.A	594	N.A	189	
12		Lodehetosa	730	N.A	N.A	N.A	
13	West Hararge	Anchar	1,245	N.A	935	N.A	1,095 (Parasites etc.)
14		Guba Qoricha	329	128	241	72	
15		Mieso	1,563	N.A	583	55	
		Total	21,989	12,293	21,910	1,831	

注) Diarrhea=下痢、Typhoid=腸チフス、Malaria=マラリア、Dysentery=赤痢症

出典：調査団、データ元：現地再委託調査および担当団員による調査結果

下痢およびマラリアの報告事例が多くともに全体の約 38%を占める。次いで腸チフスの報告事例が多く約 21%となっている。

表 2.3.12: 対象小都市が属する郡の保健施設での衛生施設の報告数

No	Zone	Woreda	No. and type of Sanitary facilities				
			Simple pit	Ventilated pit	Flush latrine	Compost pit	Other
1	East Shewa	Adama Zuria	9,675	420	N.A	N.A	233
2		Ada	8,250	1,500	N.A	N.A	15,850
3		Boset	5,230	N.A	N.A	N.A	3,230
4		Lume	5,450	N.A	N.A	N.A	-
5		Gimbichu	2,358	N.A	N.A	N.A	-
6		Liben Zikuala	5,250	N.A	N.A	N.A	-
7	Arsi	Sire	2,580	N.A	N.A	N.A	890
8		Jeju	2,534	17,110	N.A	19,644	-
9		Aseko	15,368	13,542	N.A	N.A	-
10		Merti	16,809	88	54	N.A	-
11		Tiyo	N.A	N.A	N.A	N.A	-
12		Lodehetosa	3,580	N.A	N.A	N.A	3,500
13	West Hararge	Anchar	9,492	N.A	N.A	N.A	-
14		Guba Qoricha	22	N.A	N.A	N.A	-
15		Mieso	2,966	N.A	N.A	N.A	-

出典：調査団、データ元：現地再委託調査および担当団員による調査結果

簡易トイレの数が多いが、Jeju 郡や Aseko 郡では換気扇つきトイレも比較的普及している。