

エチオピア連邦民主共和国
リフトバレー湖沼地域地下水開発調査計画
詳細計画策定調査報告書

平成21年11月
(2009年)

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部

環境
J R
09-137

エチオピア連邦民主共和国
リフトバレー湖沼地域地下水開発調査計画
詳細計画策定調査報告書

平成21年11月
(2009年)

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部

序 文

エチオピア連邦共和国における安全な水へのアクセス率は 42%と、サブサハラアフリカ諸国の平均である 58%（2006 年 UNICEF/WHO）と比較しても低い数値にとどまっています。特に、人口の 85%が居住する村落部の住民は、生活用水の確保に多大な時間と労力を費やさざるを得ず、貧困を助長する一因となっています。また、近年は度重なる大旱魃によって、水不足が社会・経済に深刻な影響を及ぼしており、安全な水の供給は基礎教育・保健医療・農村開発等と密接に関連する横断的な課題となっています。

リフトバレー湖沼地域は、エチオピアを縦断する大地溝帯（グレートリフトバレー）の一部であるとともに、エチオピアにある 12 大流域の一つを形成しています。北側は首都アディスアベバ近郊から、南はケニア国境に接する総面積 53,000 km²からなる閉鎖流域で、南端部の標高は 490m ですが、北東部のケチャ山は 4,200m に達し、地域内に大きな高度差があるのも特徴的です。気候や年間平均降雨量は高度により変わるものの、山地を除き降雨量は一般に 750mm から 1,250mm の範囲にあります。地域の人口は約 890 万人とされ、多くは地下水源や湧水に飲み水を頼っていますが、地下水が非常に深かったり、フッ素等により水質が飲み水に適していなかったりと水資源の開発・管理に問題が生じています。

このような状況のもと、日本はこれまで地方給水施設の建設や資機材の供与などの無償金協力を実施するとともに、地下水開発にかかる諸技術の能力強化や給水施設の運営維持管理体制強化を目的とした技術協力プロジェクトを実施してきました。しかし、水資源省はミレニアム開発目標の達成に向けて今後ますます地下水需要に効率的かつ効果的に対応するため、地下水資源のポテンシャルを把握するとともに給水計画の策定が必要と考え、我が国に「リフトバレー湖沼地域地下水開発調査計画」にかかる開発調査を要請しました。

これを受け当機構は、調査の実施体制の確認や調査内容の協議のために、平成 21 年 7 月に詳細計画策定調査団を派遣しました。本報告書は、この詳細計画策定調査の結果を取りまとめたものであり、引き続き実施を予定している開発計画調査型技術協力に資するためのものです。

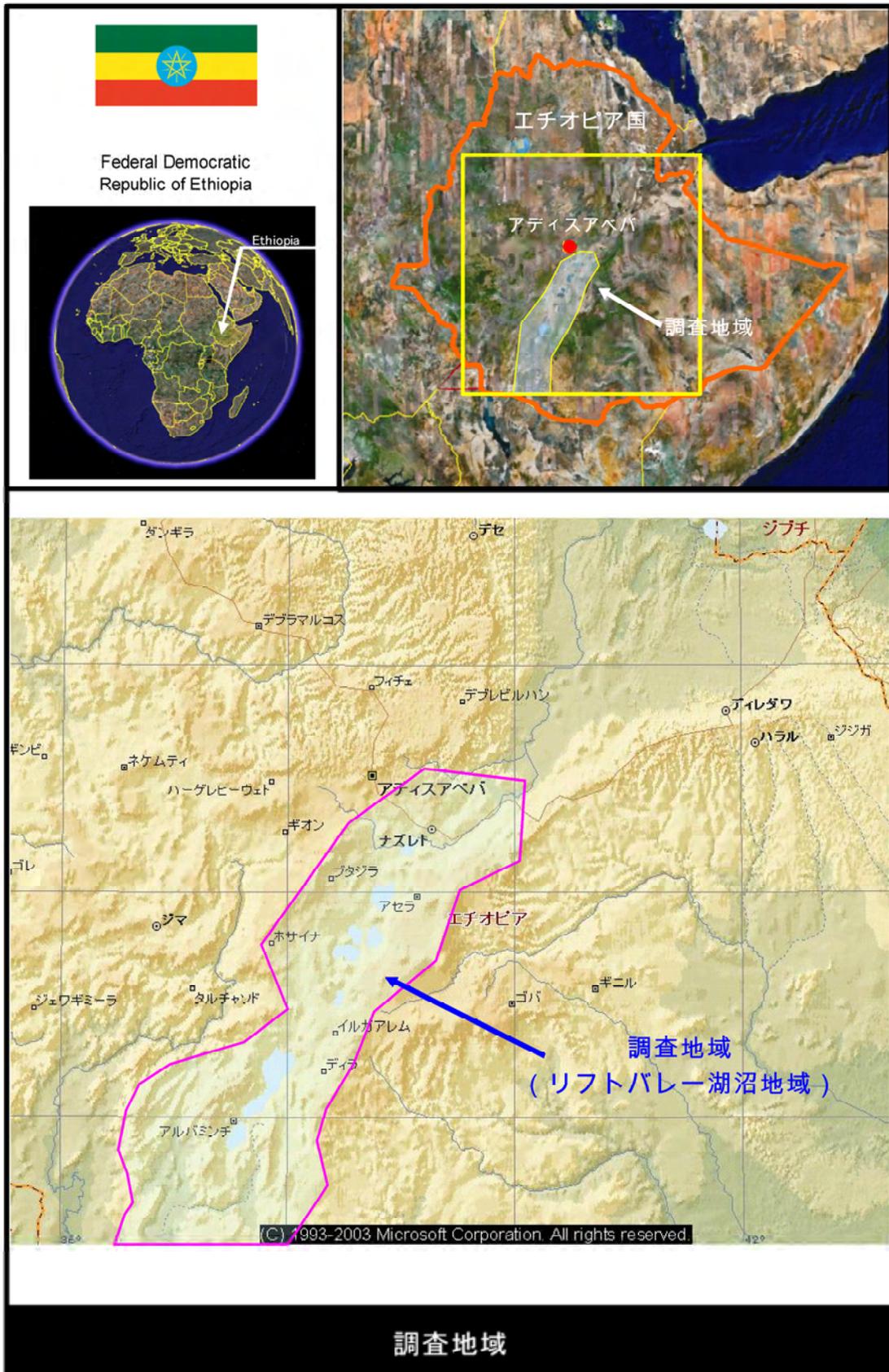
終わりに、本調査の実施に際しご協力とご支援を賜った関係機関の各位に対して深甚なる謝意を表すとともに、引き続き一層のご支援をお願いする次第です。

2009 年 11 月

独立行政法人 国際協力機構

地球環境部長 中川 闔夫

調査対象地域図



現地写真



Angacha タウンの公共水栓：リフトバレー北西部の Angacha タウンにはかつて 13 本の深井戸が建設されたが現在は 1 本のみ稼働している。町は丘陵上にあり、井戸建設サイトは谷間にあり深度は 280m である。



Angacha タウンの貯水槽：10m³ タンク 2 基



Bilate 川：リフトバレー西部山麓から Abaya 湖に流入する。周辺では深度 140～180m で地下水開発が可能と云われている。



Durame タウンの地形：リフトバレー西部地域の丘陵地は地下水開発適地である。



Aware タウンの公共水栓：リフトバレー中央部 Aje に至る幹線沿いのタウンへは Arsi Negele から送水されている。



Aje タウン背後の丘陵：Aje はオロミア州のワレダタウンで Arsi Negele からの送水を受ける貯水槽が設置されている。



Bilate 川流域の平坦地形：Sodo 南方のこの地域は地下水開発が可能と思われる。



Aje タウン西方の給水施設：この地点では深度 365m の深井戸が掘削され、施設建設中である。



Gacheno の深井戸：Sodo 南方 Gacheno タウンの深井戸深度は 180m で、水質は良好である。



Chamo 湖南部の湖岸平野：湖岸平野は湖沼性堆積物により覆われ、下部に火山岩類が分布している。被圧地下水が賦存する可能性が高い地域である。



Abaya 湖：湖水は Chamo 湖に近づくにつれ濁度が下がる。画面右側の丘陵を隔てて Chamo 湖に接する。洪水時には低い地域を越流することがある。



リフトバレー北東部の山稜：リフトバレー北東部は断層と平行して北北東-南南西の山稜が発達し、山稜の間に平坦な丘陵が広がる。山地には湧泉が多い。



Iteya の送水管：Iteya はリフトバレー北東の台地上にあるワレダタウンであり、湧泉 19.5 l/sec を取水して同タウンの他 4 ワレダに送水している。



Chufa ケベレの公共水栓：上流の Arata ルーラルタウンから湧水の送水を受けている。水価格は 5cent/20l である。



Wolonkomi の湧水取水施設：東部台地の Hetosa ワレダに属するルーラルタウンの水源である。雨期のため越流がある。



Arsi Negele ウェルフィードの井戸：タウン東方 7km 地点に 6 本の深井戸を掘削しタウンへ給水。深度 230m



Arsi Negele の TWSO：タウン給水事務所 (TWSO) が設置されている。しかし、設計図書類は完備していない。

目 次

序 文

調査対象地域図

現地写真

目 次

略語表

図表一覧

第1章 調査概要.....	1-1
1-1 背景・経緯.....	1-1
1-2 調査団の構成.....	1-1
1-3 調査日程.....	1-2
1-4 調査・協議結果の概要.....	1-2
第2章 調査対象地域の概要.....	2-1
2-1 エチオピア国の一般概況.....	2-1
2-1-1 一般概要.....	2-1
2-1-2 社会経済.....	2-1
2-1-3 内政.....	2-1
2-1-4 外交.....	2-2
2-2 国家開発計画などの上位計画の要旨及び計画の妥当性.....	2-2
2-2-1 開発計画.....	2-2
2-2-2 水分野の国家計画.....	2-3
2-3 調査対象地域の概要.....	2-4
2-3-1 調査対象地域の位置.....	2-4
2-3-2 人口、社会経済.....	2-4
2-3-3 教育、保健衛生.....	2-5
2-3-4 地形・地質.....	2-5
2-3-5 気象・水文.....	2-7
2-3-6 地下水・水理地質状況.....	2-8
2-4 安全状況の確認.....	2-10
2-5 既往調査.....	2-11
第3章 水資源開発及び水供給の現状と課題.....	3-1
3-1 水資源開発の現状と課題.....	3-1
3-1-1 地表水の水質.....	3-1
3-1-2 地下水資源.....	3-1
3-2 水供給の現状と課題.....	3-2
3-3 水資源管理の現状と課題.....	3-3
3-4 我が国による協力現況と本調査での活用可能性.....	3-4

3-4-1	地下水開発・水供給の人材育成.....	3-4
3-4-2	我が国の水資源開発分野における援助実績.....	3-4
3-5	他ドナーの動向	3-5
3-6	環境予備調査結果	3-8
3-6-1	環境関連情報	3-8
3-6-2	環境予備調査結果.....	3-9
第4章	本格調査の実施方針	4-1
4-1	調査の目的と基本方針.....	4-1
4-1-1	調査の目的	4-1
4-1-2	調査の基本方針	4-1
4-2	調査対象地域と範囲	4-2
4-2-1	調査対象地域	4-2
4-2-2	調査の範囲	4-2
4-3	調査項目及び内容	4-2
4-3-1	フェーズ1 基礎調査.....	4-5
4-3-2	フェーズ2 詳細調査.....	4-6
4-4	調査工程及び要員計画.....	4-8
4-4-1	調査工程	4-8
4-4-2	要員計画	4-8
4-5	技術移転	4-10
4-6	調査用資機材	4-10
4-7	他機関との連携	4-11
4-8	相手国の便宜供与	4-11
4-9	調査実施上の留意点	4-11

[付属資料]

- 資料 1. S/W
- 資料 2. M/M
- 資料 3. 主要面談者リスト
- 資料 4. 打合せ議事録
- 資料 5. 資料収集リスト
- 資料 6. 質問票
- 資料 7. 事前評価表
- 資料 8. コンサルタント及び工事業者一覧
- 資料 9. 現地踏査記録

略語表

AAU	Addis Ababa University
ADRA	Adventist Development and Relief Agency
AfDB	African Development Bank
AU	African Union
BGS	British Geological Survey
CHF	Canadian Hunger Foundation
CISP	Cooperative Resgistnalee Produzione Alimentare
CRS	Catholic Relief Services
DFID	Department for International Development
EGRAP	Ethiopia Groundwater Resources Assessment Program
EIA	Environmental Impact Assessment
EPRDF	Ethiopian People's Revolutionary Democratic Front
EU	European Union
EWCA	Wildlife Conservation Authority
EWTEC	Ethiopia Water Technology Center
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FEWS NET	Famine Early Warning System Network
GNI	Gross National Income
GSE	Geological Survey of Ethiopia
IAEA	International Atomic Energy Agency
IEE	Initial Environmental Examination
IMC	International Medical Corps
JICA	Japan International Cooperation Agency
MoRW	Ministry of Water Resources
NGI	National Groundwater Institute
OCHA	(United Nations) Office for Coordination of Humanitarian Affairs
PASDEP	Plan for Accelerated and Sustained Development to End Poverty
RBOs	River Basin Organizations
SDPRP	Sustainable Development and Poverty Reduction Program
SNNPR	Southern Nations Nationalitie's and People's Region
TDM	Time Domain Method
UAP	Universal Access Program
UNDP	United Nations Development Program
UNICEF	United Nations Children's Fund
VES	Vertical Electrical Sounding
WASH	Water, Sanitation and Hygiene
WATSAN	Water and Sanitation
WB	World Bank
WSDP	Water Sector Development Program

図表一覧

表 2-1	エチオピアの GDP (2008 年)	2-1
表 2-2	UAP の対象となる都市の人口規模による分類	2-3
表 2-3	EGRAP の概要	2-4
表 2-4	リフトバレー湖沼一覧表	2-8
表 3-1	「エ」国の給水率 (西暦 2005.9~2006.8 及び 2006.9~2007.8)	3-2
表 3-2	水分野における我が国の無償資金協力・技術協力の実績	3-4
表 3-3	水分野における主な他ドナー・国際機関の援助	3-5
表 3-4	UNICEF の実施する水供給事業等の予算状況 (2008 年 6 月時点)	3-6
表 3-5	EU 15 都市給水計画 州別都市名	3-7
表 3-6	スコーピングマトリックス	3-13
表 3-7	環境関係法規	3-14
表 4-1	候補都市一覧表 (オロミア州)	4-3
表 4-2	候補都市一覧表 (南部諸民族州)	4-4
図 2-1	湖沼地域図	2-6
図 2-2	各地の平均降雨量の月別変化	2-7
図 2-3	深度別の深井戸数の分布	2-10

第1章 調査概要

1-1 背景・経緯

エチオピア連邦民主共和国（以下、「エ」国とする）は給水衛生分野の戦略計画として2006年に Universal Access Program (UAP、2006～2012) を策定し、2012年までに都市部における給水率を100%に、農村部においても98%に改善するという目標を立てた。これらの目標を達成するためには、エチオピアにおいて9割の水源を頼る地下水の開発が重要な役割を担うが、現時点において国内の地下水賦存量を的確に把握するための情報が欠如している。そのため、井戸掘削事業の度に対象地域の水理地質調査などが繰り返し行われるという非効率な状況であり、効果的な地下水開発及び持続的な地下水利用を行うにあたり、大きな弊害となっている。

「エ」国政府はウォリクテ、ウォリソ、アンボ地域の地下水ポテンシャル調査の実施、水理地質図の作成、関係技師への技術移転を目的とした開発調査を我が国政府に要請した。しかし、要請のあった対象地域は4つの流水域に跨り、地下水ポテンシャルの調査を行う上で非効率であったため、対象地域を当初要請の一地域でもあるリフトバレー湖沼地域に絞ることとした。

(1) 詳細計画策定調査の目的

エチオピア国「リフトバレー湖沼地域地下水開発調査計画」における、

- ア. 要請内容・背景の確認
- イ. 開発調査実施のための準備・調査
- ウ. 合意文書への署名

1-2 調査団の構成

	氏名	所属・役職
(1) 総括	丸尾 祐治	JICA 国際協力専門員
(2) 調査企画	高橋 逸郎	JICA 地球環境部水資源第二課特別嘱託
(3) 水理地質	鎌田 烈	国際航業 株式会社
(4) 地下水開発計画／環境社会配慮	望月 誠美	株式会社 国際開発アソシエイツ

1-3 調査日程

月日	曜日	JICA 団員	コンサルタント
7/12	日	羽田／関空発	
7/13	月	アディスアベバ到着 JICA 事務所協議	
7/14	火	財務経済開発省、水資源省、エチオピア水理地質局、EWTEC への表敬	
7/15	水	水資源省との協議、水理地質協会、オロミア州水資源局への表敬	
7/16	木	サイト調査（プタジラ、ホサイナ近郊）	
7/17	金	南部諸民族州水資源局への表敬、サイト調査（アルバミンチ近郊）	
7/18	土	サイト調査（アルバミンチ、アワサ近郊）	
7/19	日	サイト調査（ズワイ近郊）	サイト調査（ズワイ近郊）／資料整理
7/20	月	水資源省との協議	市場調査／現地踏査（SNNPR）
7/21	火	水資源省との協議	市場調査／現地踏査（SNNPR）
7/22	水	水資源省との協議	市場調査／現地踏査（SNNPR）
7/23	木	S/W 署名	／現地踏査（SNNPR）
7/24	金	アディスアベバ発	水資源省との協議／現地踏査（SNNPR）
7/25	土	関空／羽田着	現地踏査（オロミア州）／資料整理
7/26	日	/	現地踏査（オロミア州）／資料整理
7/27	月		現地踏査（オロミア州）／データ収集
7/28	火		データ収集・市場調査
7/29	水		データ収集・市場調査
7/30	木		データ収集・市場調査
7/31	金		JICA 事務所報告、アディスアベバ発
8/1	土		関空／羽田着

1-4 調査・協議結果の概要

- (1) エチオピアはサブサハラアフリカ地域の他国に比べて村落給水率が低く、安全な水の供給が大きな課題となっている。本調査の対象地域であるリフトバレー湖沼地域においても、地下水を汲み上げるのに 300 メートル以上掘削する必要がある地域があるほか、フッ素など水質に問題を抱える地域もあり、安全な水を供給する上で課題を抱えている。先方実施機関であるエチオピア地下水資源評価プログラム（EGRAP: Ethiopia Groundwater Resources Assessment Program）は全国レベルの水理地質図を作成し、効果的かつ効率的な地下水資源開発を目標としているものの、今のところ十分に対応できていない。

(2) このような現状において、開発調査にて、対象地域における水資源ポテンシャルを把握し、カウンターパートの技術レベルの向上を図ることは、同地域の現状の改善に貢献すると期待できるうえ、作成される対象地域の水理地質図が全国レベルの水理地質図の一部となり、同国の地下水資源開発に資することから本協力が非常に意義深いものと言える。

(3) 開発調査の実施にあたり特に以下の点に留意すべきである。

ア. 全体方針

本開発調査の当初の要請は、4つの流域が混在するウォリクテ、ウォリソ、アンボ地域の水理地質図作成と地下水ポテンシャル評価にかかる技術移転であった。しかし、エチオピア側との協議の結果、効果的な地下水ポテンシャル調査を実施するうえで、1流域を対象として実施するとともに、成果として給水計画案を策定することが望ましいと判断し、リフトバレー湖沼地域を対象とした地下水ポテンシャル調査の実施、右調査の副産物として水理地質図の作成、同時に対象地域内にある小都市の給水計画案の策定を目的とした開発調査を実施することとした。

対象地域の変更に伴い以下のとおり案件名を変更した。

(変更前) ウォリクテ、ウォリソ、アンボ地域地下水開発調査計画

The Study on Hydrogeological Map and Groundwater Resource Evaluation in Walikte, Wolisso and Ambo Area

(変更後) リフトバレー湖沼地域地下水開発調査計画

The Study on Groundwater Resources Assessment in the Rift Valley Lakes Basin

イ. 調査対象地域

調査対象地域は、リフトバレー湖沼地域の 53,000km² とする。ただし、全流域を対象に詳細な地下水ポテンシャル調査を実施することはスコープとして過大であるため、住民の居住形態と水需要に配慮し、人口密集地においてはより詳細な調査を実施することとする。また、治安上調査団が立ち入れない地域があることから、それらの地域については、既存の資料の解析を行うこととする。

ウ. 小都市給水計画（案）の策定

「エ」国では、飲料水の90%を地下水に頼っており、給水率を改善する上で地下水資源の把握と効果的な開発が不可欠となっている。本調査の対象地域においても、安全な飲み水にアクセスできない人口が多いと見積もられている。

現在、都市給水施設の建設は、「エ」国政府の管理する水資源開発基金（Water Resource Development Fund）を原資としたソフトローンを中心として進められているが、比較的大きな都市への資金投入はあるものの、小都市に対する支援は十分には行われていない。

本調査では、「エ」国政府の政策にアラインし、ソフトローンを借り受けて給水事情の改善を図ることができない小都市を中心に給水計画（案）を策定することとする。なお、給水計画策定の対象となる小都市の選定は、先方実施機関等と協議の上判断することとする。

エ. 水質調査

対象地域では水量が豊富にあってもフッ素を多く含むなど水質面で飲用に適さない地下水もあることが報告されている。このため、水質の観点から地下水ポテンシャルを評価することが重要になるうえ、エチオピア側からの強い要望もあったため、本格調査において水質調査を実施することとする。

オ. 試掘調査の実施

対象地域の中には、非常に浅い位置に豊富で良質な地下水がある地域もあれば、300メートル以上掘り下げないと地下水がない地域もあり、飲料に適した地下水は局所的に分布しており、これが安全な飲み水の供給率にも影響している。このため、対象地域のいくつかの横断面図を作成し、地下水モデルを策定するために、既存データの不足する地域においては観測井の試掘調査を実施する。

カ. 合同ステアリングコミッティーの開催

責任官庁である水資源省（MoWR）を主催者とし、実施機関（EGRAP）、カウンターパート機関（EWTEC、GSE、AAU 等）、調査対象州の水資源開発局代表者をメンバーとした合同ステアリングコミッティーを実施する。コミッティーでは、インセプションレポート、進捗報告書、中間報告書、最終報告書などの内容について関係者間で共有し、理解を得るものとする。

キ. JICA 環境社会配慮ガイドラインについて

本調査は小都市の給水計画の策定を目的としており、右計画の実施段階において給水施設の建設を行う際には、表流水及び地下水への影響がありうるとして、2004年4月より施行されている JICA 環境社会配慮ガイドラインにおいてカテゴリ B として実施する。

給水計画の IEE は「エ」国側により実施されるが、調査団は IEE の内容や実施計画書の作成などについて、「エ」国側に対し技術支援を行う。

第2章 調査対象地域の概要

2-1 エチオピア国の一般概況

2-1-1 一般概要

「エ」国は、東アフリカに位置する連邦共和制国家である。東をソマリア、西をスーダン、南をケニア、北をエリトリア、北東をジブチに囲まれた内陸国であり、かつてはエリトリアを領有していた。また同国はアフリカ最古の独立国として知られる。サハラ以南のアフリカでは、ナイジェリアに次いで二番目に人口が多く、総人口は、7,909万人（2007年世銀）である。総面積110.4万km²（2007年、世銀）の国土の大部分がエチオピア高原を中心とする高地であり、アフリカ大地溝帯（リフトバレー）が南北に走り国土を2分する。国土は、標高2300mを超える高原地帯に位置する首都のアディスアベバから、乾燥酷暑地帯の低地に位置するソマリ州まで変化に富む。気候は6～9月の大雨季、10～5月の乾季に大別され、乾季の間の1～2月に小雨季が見られる。

2-1-2 社会経済

「エ」国において、2006年の一人当たりGNIは170米ドル（2006年、世銀）、また、2007/08年の実質GDP成長率は約11%（世銀）である。「エ」国の経済は、17年に及ぶ内戦や旱魃により極度に疲弊したが、1995年以降一旦は安定性を回復した。しかし、旱魃被害やエリトリアとの国境紛争による難民・避難民の大量発生などで打撃を受け、「エ」国政府は、2000年に「第2次国家開発5カ年計画（2000-2005）」、2002年に貧困削減戦略ペーパー（SDPRP：Sustainable Development and Poverty Reduction Program 2002-2005）を、2006年には第二次SDPRPとして「貧困削減のための加速的かつ持続可能な開発計画」（PASDEP：Plan for Accelerated and Sustained Development to End Poverty 2005-2010年）を策定し、経済の安定化に取り組んでいる。

「エ」国の産業は、GDPの約48%が第1次産業であり全労働人口の約85%余を占めている。残るGDPの52%は、第2次産業が約13%、第3次産業が約39%である（2005年、世銀）。なお、農業分野においては、国土の10.7%が農地として使われているものの、農業は輸出商品作物の栽培と畜産業に特化し、アフリカで2番目の人口（2007年時点）を支えるには主食の栽培量が不足している。商品作物の輸出が最大の外貨獲得源となっている一方、輸入品のうち最大の品目は食料である。

表 2-1 エチオピアの GDP (2008 年)

	全体	一人当たり
GDP 2008 (購買力平価)	\$70.995 billion	\$896
GDP 2008 (nominal)	\$25.658 billion	\$324

出典：Ethiopia Monetary Fund

2-1-3 内政

政治体制は、連邦共和制である。国家元首の大統領の権限は、形式的儀礼的なものに限られる。任期は6年で、下院により選出される。現大統領は、ギルマ・ウォルデギオルギス・ルチャで、2001年10月8日に就任した。

行政政府の長である首相は、下院議員の総選挙後に開かれる議会において、下院議員の中から選出される。内閣の閣僚は、首相が選任し、下院が承認する。現首相は、エチオピア人民革命民主戦線書記長メレス・ゼナウイで、1995年8月22日に就任した。任期は5年だが、議院内閣制のため、2005年総選挙により再選された。

議会は、二院制。上院（連邦院）は108議席で、議員は各州議会によって選出される。下院（人民代表院）は548議席で、議員は小選挙区制選挙で選出される。議員の任期は、上下院とも5年である。

「エ」国の行政は9つの州及び2つの自治区による連邦制をとっており、このうち州は通常、州（Region）、県（Zone）および郡（Wereda）を行政単位として有する。

2-1-4 外交

「エ」国の外交の基本方針は次のとおりである。

- (1) 1991年7月、国民会議において新たな外交方針（①基本原則：主権尊重、内政不干渉、相互利益の促進、②旧政権の近隣諸国不安定化政策の停止と善隣外交への転換、③二国間合意の遵守）が採択され、自由主義陣営へ移行。
- (2) 第一回非同盟諸国首脳会議からの非同盟運動加盟国。
- (3) アフリカ連合（AU）の前身であるアフリカ統一機構（OAU）の発足に尽力。アフリカ連合本部の所在国であり、AU等を通じた積極的なアフリカ外交を展開。
- (4) エリトリアとは同国が1993年にエチオピアから独立して以来緊密な関係を維持していたが、1998年5月、国境画定問題を巡って武力衝突が発生した。2000年6月「休戦合意」が成立、同12月には包括的な「和平合意」が成立しているが、国境画定裁定に関する見解の相違から国境確定（杭打ち）には至っていない。エリトリアとの国交は不正常。
- (5) 2006年12月、エチオピア軍はソマリア暫定連邦政府の要請を受けてソマリアに進駐したが、2009年1月、撤退を完了している。2008年6月より政府間開発機構（IGAD）の議長国としてソマリア和平常を促進している。

2-2 国家開発計画などの上位計画の要旨及び計画の妥当性

2-2-1 開発計画

(1) 国家開発計画

社会主義政権崩壊後、現政権であるエチオピア人民革命民主戦線（The Ethiopian Peoples' Revolutionary Democratic Front : EPRDF）は1995年に初めての国家開発5ヵ年計画である、持続可能な開発及び貧困削減計画（Sustainable Development and Poverty Reduction Program : SDPRP）を策定した。この計画の主眼は市場経済への転換であり、民間セクターの重視、政府の経済統制の撤廃、農業産業化政策等を柱とするものであった。これに続く「第2次国家開発5ヵ年計画（2001－2005）」においては農業生産の向上に加え、道路網の整備、教育・公衆衛生の向上が盛り込まれた。

2006年5月には食料の安定供給および貧困の削減を最優先課題とする第3次国家開発5ヵ年計画である、加速的かつ持続的な貧困削減計画（Plan for Accelerated and Sustainable Development to End Poverty 2006－2010 : PASDEP）が議会承認され、現在実施中である。

(2) 貧困対策計画

第1次国家開発5ヵ年計画を受け、2002年にSDPRPが策定、3年間の実施のあと、現在実施中の第3次国家5ヵ年計画（PASDEP）と発展しつつ実施されている。

2-2-2 水分野の国家計画

貧困の削減に取り組む一環として給水分野に対しては「エ」国水セクター開発プロジェクト（Water Sector Development Program 2002–2016：WSDP）が策定された。この中で2016年までに76%の給水達成率を目指していたが、その後2005年にユニバーサルアクセスプログラム（Universal Access Program：UAP）が策定された。その目標は2012年までの100%の給水率達成の計画であり、WSDPの目標が大きく前倒しされた内容となっている。

(1) UAP

UAPによれば、地方給水（村落部）は2012年までに給水率98%（一人当たり15 l/day）を達成することを目標として149,024箇所の給水施設を建設する計画である。このうち約半数の69,745箇所は深度10m以内の手掘り浅井戸が占める。さらに38,568箇所は深度15mの浅井戸であり、全体の2/3が井戸建設計画となっている。残りの1/3は、ボーリング井戸、湧泉、ため池などを計画している。

また、都市給水は2012年までに100%（一人当たり20 l/day）の給水率を達成することを目標としている。なおこの根拠はUAP Part III Strategy 13.2. “Scope of Service and Individual Consumption”による。UAPでは前記のWSDPに基づき州毎にタウンを人口別（2004-2005年）に分類し、それぞれ100%の給水率を達成する目標を定めている（下表参照）。

表 2-2 UAPの対象となる都市の人口規模による分類

州	人口					タウン数 合計
	<2,000	2,001 ~ 5,000	5,001~ 20,000	20,001~ 50,000	>50,000	
Tigray	3	17	33	9	2	64
Amhara	34	84	72	13	3	206
Afar	14	9	14			37
Oromia	69	141	119	29	7	365
South	36	63	40	9	5	153
Benishangu	11	16	3			30
Somali	11	24	30	7	2	74
Gambella		4	3	1		8
Harari					1	1
Dire Dawa					1	1
Addis Ababa					1	1
Total	178	358	314	68	22	940

出典：Universal Access Program, Ministry of Water Resources, 2006

(2) EGRAP

「エ」国ではアディスアベバやアワサなどの大都市を除くと、地方中小都市や村落部の水源のほとんどは地下水と湧水に依存している。「エ」国政府は地下水資源の重要性に鑑み、2000年に開催したワークショップにおいて同国の水資源開発の将来の戦略について議論した。その結果、12年間の地下水調査にかかる国家マスタープランである Ethiopian Groundwater Resources Assessment Program (EGRAP, 2000～2012) がとりまとめられた。

EGRAP の目的は①地下水データベースの構築と、②地下水資源の調査及び水理地質図の作成、となっていたが2000年からの6年間はなかなか進展がなかった。その主な理由は①EGRAPの実施監理をする人材と能力の不足、②資金不足、③曖昧なアセスメントの利用計画であったとされている。

しかし、2006年には共同タスクフォース (Joint Task Force) が結成され、水資源省 (MoWR)、エチオピア地質調査局 (GSE)、国連児童基金 (UNICEF)、アディスアベバ大学 (AAU)、国際原子力機関 (IAEA) 等がメンバーとなり、フェーズ1作業計画 (2007～2010) が策定された。2007年には詳細作業計画を軸に活性化され再出発し、現段階では進捗は順調とは言えないものの、フェーズ毎の目標も下表のように設定されている。

表 2-3 EGRAP の概要

フェーズ	実施期間	概要
フェーズ1	2007～2010	National Groundwater Institute (NGI) の設立と優先地域の地下水開発調査 (UNICEF、IAEA 等)
フェーズ2	2010～2012	技術支援を受けつつNGIによる地下水開発調査の実施
フェーズ3	2012～2014	NGIによる水資源開発調査の実施と水資源開発管理

2-3 調査対象地域の概要

2-3-1 調査対象地域の位置

調査対象地域のリフトバレー湖沼地域は「エ」国の12大流域の一つである。地域の総面積は53,000 km²であり、北側の境界は首都アディスアベバ近郊まで、南はケニア国境に接している。また、地域の東側と西側の境界は標高2,000～3,000m、場所により4,000mに近い高地に接している。この地域はアフリカ大地溝帯に位置し、東西両側の急峻な谷と中央部の広く平坦な谷底とで特徴付けられる。標高は、地域南部末端の谷底で約500m、北部末端の谷底で1,600m、高地の端では3,000mに達する。

2-3-2 人口、社会経済

リフトバレー湖沼地域は行政的にはオロミア州と南部諸民族州 (SNNPR) に分割される。2005年現在の対象地域の人口は890万人と推定され、その約13%が都市部に居住しているが大半は農村住民である。また、州別には南部諸民族州が74%を占め、26%がオロミア州である。人口密度は167人/km²で、エチオピア全国平均の約3倍である。

リフトバレー湖沼地域の経済は基本的に農産物及びその関連製品に依存しており、穀物、家畜、内水面漁業、林業は GDP の 69%を占めると推定され、工業、サービス産業はそれぞれ 8% 及び 23% である。

地域の GDP 総額は 85 億 Birr (2005 年価格) で「エ」国全体の 7.8%を占めるが、一人当たり GDP は US\$換算で 約 72 ドル であり、「エ」国の平均水準より低く、1 日 1 ドル以下の極端な貧困地域である。貧困は地域全体に広がっているが、基本的には農村の問題であり、その原因は多様であり、また複雑であるといわれている。しかし、主な原因としては、①農産物の生産力が低く、従って収入が少ない、②天水に依存し、灌漑地が少ないため生産が増えない、③穀物生産方法及びシステムの不備、④貧弱な給水施設しかないため、農民の疾患が増加している、⑤周期的に起きる干ばつによる不作、など様々な原因が考えられる。

2-3-3 教育、保健衛生

教育環境も貧弱であり、農村での識字率は、とくに女子が低く、僅か 19%である。都市部では全体で 74%に達し、女子は 64%である。近年、州政府の努力により就学率は向上する傾向も見られ、Awasa、Dila、Assela など大きな都市では著しく改良されつつある。

「エ」国では水因性疾患が主要な保健衛生上の問題点であり、調査対象地域もその例外ではない。汚染された水源からの飲料水摂取は、下痢症、チフス、コレラ及びその他の疾患の原因となっている。適切な便所等の衛生施設がないことも水汚染の一因となっている。都市部においても適切なゴミ、廃棄物の収集と処分システムがない。保健教育も欠落しており、地域の衛生環境の悪化に拍車をかけている。住血吸虫症やマラリア症も水因性疾患であり、地域内で広がっている。また、栄養不足による健康への影響も大きい。

とくにこの地域で問題になる疾患はフッ素中毒症である。水処理によりフッ素を除去することは可能であるが、水の値段は高価になる。深層の深井戸水はフッ素濃度が低く、浅層部を適切にシーリングすることで、安全な地下水を得ることが可能であると云われている。この点は、本件開発調査で究明すべき重要なポイントになるものと考えられる。

2-3-4 地形・地質

(1) 地形

リフトバレー湖沼地域は「エ」国北部の Afar 凹地から南部のケニア国境周辺の Chew Bahir 湿地に至るエチオピア・リフトバレーの南部に位置する。湖沼地域は南北約 475km、東西幅 90～155km、北東-南西及び北北東-南南西方向に伸びる矩形状の地域である。標高は南部の Chew Bahir 付近で 490m であるが北東部の Ketcha 山は 4,200m に達する。リフトバレーは断層により区切られた谷であり、東部及び西部の丘陵・台地、山地に接した広い谷底地形を呈している。境界部は不明瞭で、とくに Shashemene 東部や Sodo 北方では谷底部が台地に向かって緩やかに上昇している (図 2-1 参照)。

湖沼地域北部は標高 1,700～1,750m で、北側は流域界を挟んで Awash 流域と接している。湖沼地域の北部から南部にかけては 7つの湖が分布する (後記参照)。湖の標高は北部の Ziway 湖から次第に低くなる。また、Awasa 湖南方から Abaya 湖にかけて、リフトバレー底部には浸食地形が発達し、リフトバレー底部の標高は台地側壁の標高に比べてもかなり高くなる。南西

部の Abaya 湖西岸には急峻な山地が西側から湖に迫っている。

(2) 地質

湖沼地域の基盤岩は先カンブリア紀の片麻岩や花崗岩であるが、ほとんどの地域で第三紀及び第四紀の玄武岩やイグニブライトなどの火山岩類により覆われている。沖積層は河川沿いや大きな湖の湖岸平野に湖沼性堆積物として分布している。Arba Minch 南部では先カンブリア紀基盤岩が露出し、広い谷では沖積層が分布する。

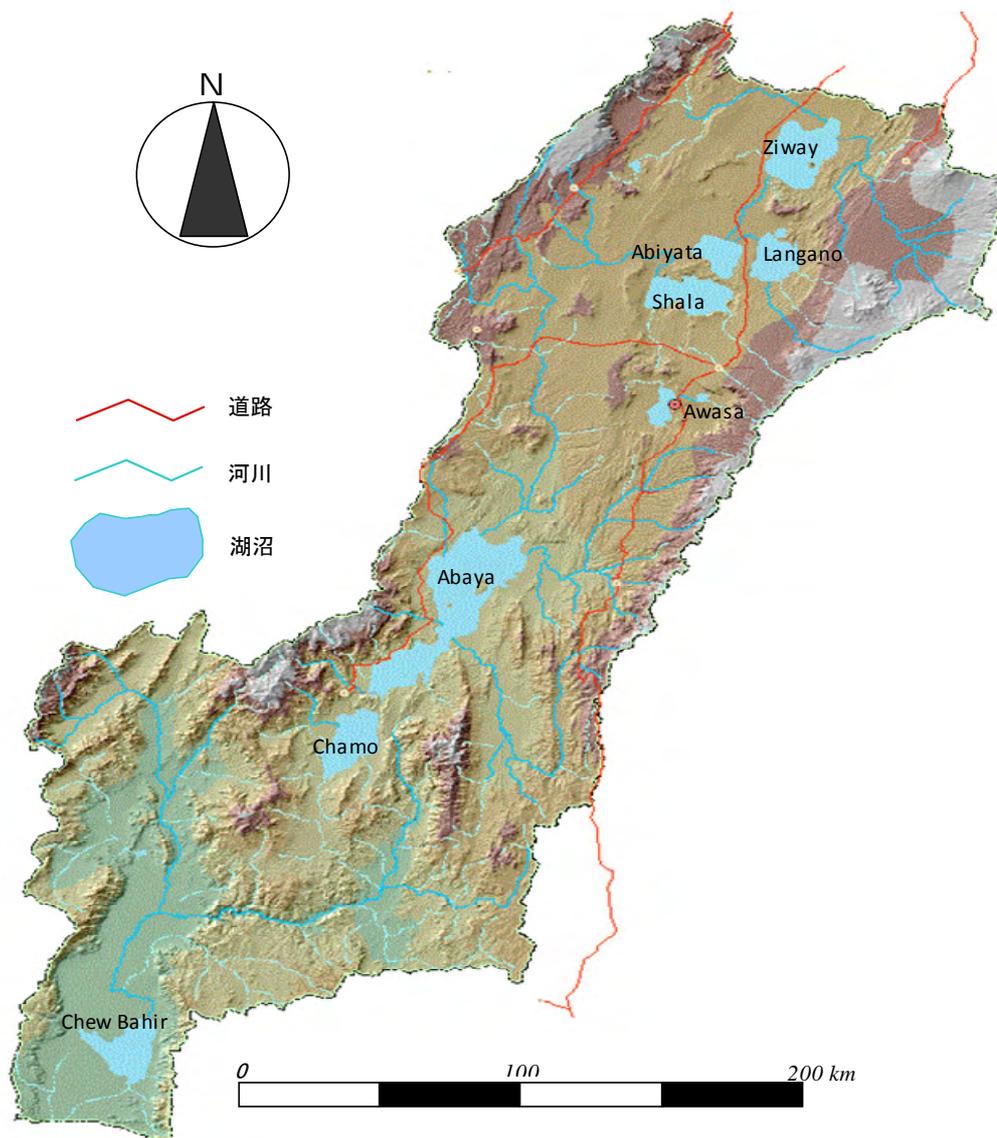


図 2-1 湖沼地域図

湖沼地域北部の大部分では凝灰岩や軽石を挟んだ洪積世のイグニブライトが発達している。地域の周辺部である Butajira や Asella では玄武岩が広く分布する。第三紀鮮新世～第四紀洪積世の火山活動が活発であった地域北部では、溶岩、火山灰、軽石などが多く見られる。湖の周辺では、火山岩類は湖沼堆積物の砂岩やシルト岩と互層している。また、最新の沖積世堆積物は Chamo 湖、Abaya 湖の湖岸や、Chew Bahir 周辺に発達している。

2-3-5 気象・水文

(1) 気象

年間平均降雨量は地域の標高により大きく異なり、山地を除くリフトバレー内では一般に750～1,250mmの範囲にある。しかし、Chew Bahir 周辺では400mm、北部湖沼周辺では700mmであり、谷底部に向かうほど少なくなる傾向がある。しかし南西部の Chamo 湖西部では2,000mmを超え、Abaya 湖東部の Yirga Chefe 周辺では2,000mmに達している。

雨期のパターンも地域内で違いがある。北部では4～9月にかけて1回の雨期があるが、南部に向かうにつれ7～9月と3～4月の2回の雨期パターンとなる(図2-2参照)。雨期の開始はしばしば遅れることがあり、干ばつが発生して農作物に深刻な被害をもたらすことが多い。

年間可能蒸発散量は1,200～1,900mmであり、リフトバレー底部では平均で1,550mmと推定される。

平均気温はリフトバレー底部で27℃であるが、特に北東部の標高の高い地域では13℃を示し、地域の標高差による影響が大きい。

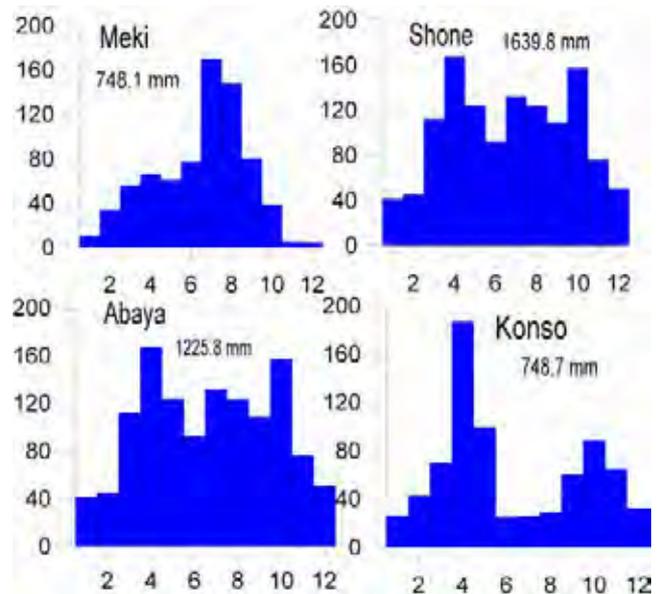


図 2-2 各地の平均降雨量の月別変化

(2) 水文

河川

主な河川の源流はリフトバレー東部及び西部の台地・山地にあり、四方から湖沼に流入する。リフトバレー湖沼地域は閉鎖流域であり湖沼から流出する河川はない。地下水は湖から流出していると推定されるが、現在のところ実証できるデータはない。なお、次節で述べる Ziway-Shala 及び Abaya-Chamo 流域は一つのグループとなっており、湖が相互につながっている (Abaya-Chamo は一時的に繋がる)。

湖沼に流入する河川の総流量は $4,000 \text{ Mm}^3/\text{year}$ と推定されている。流量の大きい河川は Meki ($180 \text{ Mm}^3/\text{year}$) 及び Katar ($300 \text{ Mm}^3/\text{year}$) が Ziway 湖へ、また Bilate, Gidabo 及び Gelana が Abaya 湖に流入する。また、南部の Weito 及び Segen の Chew Bahir 上流部の湿地へ流入する。各河川の2次流域では間欠河川も多い。流域の年間比流量は $0.06\text{--}0.35 \text{ Mm}^3/\text{km}^2$ を示している。

湖沼

地域には、Ziway、Abiyata、Langano、Shala、Awasa、Abaya 及び Chamo の7つの湖が分布する。また、地域の最南端には大湿地帯の Chew Bahir がある (湖沼となることがある)。表2-4に湖の概要を示す。

表 2-4 リフトバレー湖沼一覧表

湖	湖面積 (km ²)	貯水量 (Mm ³)	平均水深 (m)	湖面標高 (masl)	水質
Ziway	440	1466	2.5	1636	淡水
Langano	230	3800	17	1590	淡水 (褐色水)
Abiyata	180	954	7.6	1580	塩水 周辺に温泉
Shala	370	37000	86	1567	塩水 周辺に温泉
Awasa	130	1300	10.7	1500	淡水
Abaya	1140	9818	7	1171	淡水 (褐色水)
Chamo	335	4100	12	1110	淡水

出典：RVLB Integrated Resources Development Master Plan Phase 1 Final Report, Part II, Vol.2, Annex A, Halcrow Group Ltd., 2008、に「水質」加筆。

これらの大きな湖は豊富な水資源の存在を示唆するが、水文的には、全ての湖流域は閉鎖流域であり出口がない。また、火山地帯にあるため、成因的に水質が塩水（あるいは炭酸水）の Shala 湖や Abiyata 湖や、濁水の流入により懸濁物質が多く、常に褐色を示す Langano 湖や Abaya 湖があり、水資源としての利用はほとんど不可能である。

また、他の湖についても水利用による水位変動や汚染物質の流入に伴う脆弱性があり、稀少動植物などの生息地でもあり、慎重な保護管理が必要とされている。

2-3-6 地下水・水理地質状況

(1) 地下水データベース

「エ」国水資源省では ENGDA (Ethiopian National Groundwater Database) を所有している。しかし、このデータベースの内容や精度には問題があると云われている。またデータベースの更新については水資源省のスタッフが少ないため、十分に行われていない。このため、「RVLB Integrated Resources Development Master Plan Study Project (Halcrow, 2008)」においては、簡潔かつ直接的に GIS へデータ転送するため、Excel シートによるデータベースが作成された。地下水資料は主に南部諸民族州とオロミア州水資源開発局が提供したスプレッドシートであり、データは検証されることなく、提供されたものがそのまま再入力されている。データフィールドは以下のようなものである。

- ① 位置情報 (座標、村落名、ワレダ、ゾーン、州)
- ② 井戸建設情報 (深度等)
- ③ 井戸揚水情報 (産出水量、まれに ; 自然水位、水位降下量、透水量係数)
- ④ 水質情報 (TDS、EC、F、Fe 等)

しかし、Halcrow (2008) によれば、これらのデータは、量も質も精度も極めて貧弱であり、今後、総合的な地下水調査、ポテンシャル評価、モニタリング等を実施する必要性について言及しているものの、地下水 GIS データベースそれ自体は未完成である。また、同プロジェクトでは既存データの編纂によりリフトバレー湖沼地域全体の 1/50 万水理地質図を作成している。この水理地質図は 1988 年発行の「エ」国全土 1/200 万水理地質図をもとに作成された。

(2) 帯水層

間隙水

リフトバレー湖沼地域には堆積物の間隙が透水性を持つ帯水層として次の3種類が分布する。

- ① 河床及び氾濫原堆積物：主要な河川沿い及びその氾濫原に堆積する沖積層堆積物であり、砂層、礫層が帯水層となる。層厚は場所により変化するが概して薄い。一般的に、礫層は高い透水性をもつ。
- ② 湖沼性堆積物：湖沼周辺に分布し、調査対象地域では分布範囲が広い。堆積物は砂、礫、シルト、粘土、火山灰、珪藻類などが混合している。調査対象地域では、シルトと凝灰岩の互層が優勢であるが、粗粒な砂層、礫層は良好な帯水層となる。
- ③ 火山性堆積物：火山爆発に伴う砕屑岩が湖沼堆積物と混合して間隙性帯水層をなす。地下水産出量は中程度である。また、降下軽石層や非溶結凝灰岩も中程度の産出量となる帯水層を成すことがある。

亀裂水

リフトバレー湖沼域全体に広く分布する火山岩類（玄武岩、流紋岩、粗面岩、イグニンプライト）の割れ目（亀裂）に地下水が賦存する。また、リフトバレーでは、南北性の断層に対して、それを横切る東西性の断層（Transsect）が地下水の通路となるという説がある。火山岩ごとに次の帯水層特性が認められる。

- ① 玄武岩：粘性の低い溶岩として、広く薄く分布し、風化や角礫化することが多く、湖沼性堆積物と互層することもある、風化や割れ目の程度により地下水賦存量や流動量が異なる。
- ② 流紋岩・粗面岩：粘性がやや高く、玄武岩よりも層厚が大きい場合が多い。節理、割れ目などに地下水を賦存する。分布範囲が広い場合、湧泉が発達し、高い地下水産出量を示すことがある。
- ③ イグニンプライト：調査対象地域ではもっとも広く分布する。リフトバレー東西の平坦な丘陵、山麓部や谷底部にも分布し、二次的に生成した割れ目やその高い透水性のために良好な帯水層をなすことが多い。しかし、産出水量の幅は広い。

(3) 井戸深度

既存井戸を深度別に分類すると全体の51%を占め最も多い井戸深度は50m以下である。これについて60 - 90mが17%を占める。100～300m深度を合計すると32%となり、この深度区間でも井戸掘削の割合は高い（図 2-3 参照）。

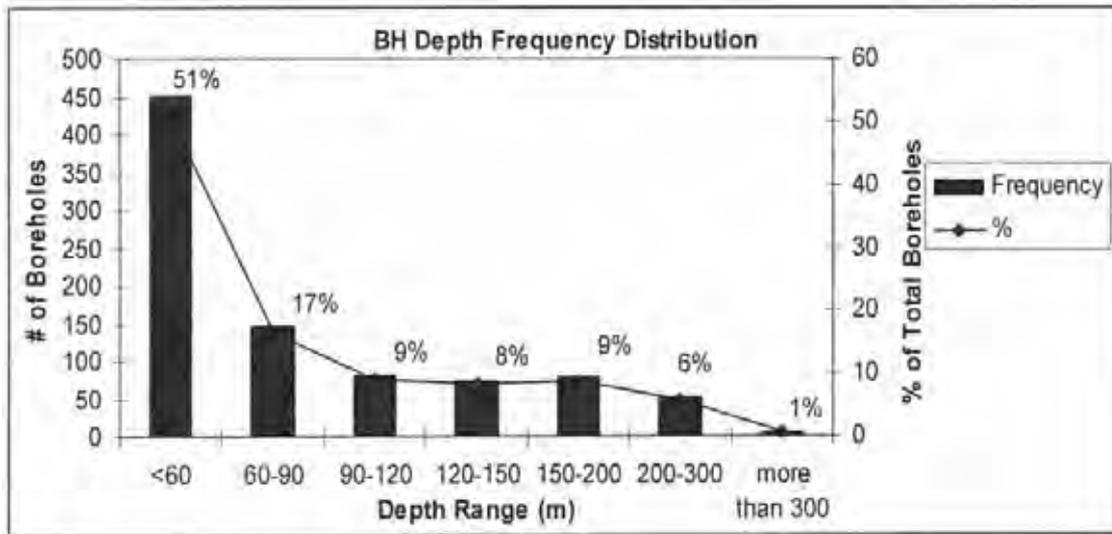


図 2-3 深度別の深井戸数の分布

(4) 産出水量

深井戸の産出水量は 0.5 l/sec から 20 l/sec 以上まで幅広く、帯水層の種類との関係は認められない。既存資料よれば 5 l/sec が最も多く 42%を占めるのに対し、0.5 l/sec 以下の産出水量はそれについて 23%を示している。

(5) 水質

リフトバレー湖沼地域の地下水質の特徴は以下のようなものである。

- ① 優勢なカチオンとアニオンは、それぞれ Na イオンと重炭酸イオンである。
- ② フッ素濃度がとくにリフトバレー谷底部で高い値を示す。
- ③ フッ素濃度は、とくに、熱水または新しい火山活動地域で高い値を示す。
- ④ 水素イオン濃度はアルカリ性 (pH 7~9) を示す。
- ⑤ 水質は台地部のかん養地域近傍、また標高の高い地域ほど良好である。
- ⑥ 地下水の排出または滞留地域では蒸発により塩分濃度が高い。

フッ素濃度は地下水質のキーパラメーターとなるが、これまで「エ」国においても様々な論議が行われてきた。フッ素濃度の高い地域として注目すべき地域は、Awasa 湖周辺である。また、Shala 湖、Abiyata 湖、Langano 湖、Abaya 湖周辺でも高濃度地域が認められる。

2-4 安全状況の確認

リフトバレー湖沼地域の西南端 Chew Bahir 湿地（湖沼）の上流域は国連機関により、外国人の立ち入りが禁止されている。また、JICA エチオピア事務所は、この勧告に従い、日本人の立ち入りを禁止している。従って、Chew Bahir 上流域及び Konso から Yabelo に向かう幹線道路を境にして、これより南部は安全対策のため調査対象から除外した。ただし、先方機関カウンターパートにより水理地質情報が提供される場合は、これらを反映した水理地質図を作成することとした。

2-5 既往調査

調査対象地域の既往調査（関連調査を含む）は以下の通りである。

- ① Ethiopian Institute of Geological Survey (1981): Geological Map of Ethiopian Rift
- ② Ethiopian Institute of Geological Survey (1985): Hydrogeology of the Lakes Basin (Map, 1:250,000)
- ③ Ethiopian Institute of Geological Survey (1988): Hydrogeological Map of Ethiopia (1:2,000,000)
- ④ Japan International Cooperation Agency (2004): The Study for Meki Irrigation and Rural Development Project in Oromia Region, Ethiopia
- ⑤ Japan International Cooperation Agency & Ethiopian Water Technology Center (2007): Butajira-Ziway Areas Development Study , Interim Report, AG-Consult
- ⑥ Halcrow (2008): Rift Valley Lakes Basin Integrated Resources Development Master Plan Study Project Phase 1 Final Report Part II Sector Assessments Volume 1 – Water Resources Annex A: Climate and Hydrology
- ⑦ Halcrow (2008): Rift Valley Lakes Basin Integrated Resources Development Master Plan Study Project Phase 1 Final Report Part II Sector Assessments Volume 1 – Water Resources Annex B: Hydrogeology Main Report

第3章 水資源開発及び水供給の現状と課題

3-1 水資源開発の現状と課題

リフトバレー湖沼地域の水資源総量は自然条件下では $5,300 \text{ M m}^3/\text{year}$ で、これは一人当たり年間 597 m^3 を意味し、今後の人口増に伴い半減するとも云われている。大きな湖があるため水資源量は大きいものと考えがちであるが、大部分の湖は水質が悪いため人間の利用にはほとんど適していない。また、湖に流入する河川水も十分に取水されしかも汚染が進んでいるため大きな問題になっている。

このため大規模灌漑などを表流水で実施することはかなり難しい状況である。飲料水をまず優先することは国家政策となっており、余剰の水を合理的に産業用水として利用することが望ましいと考えられている。湖沼地域は閉鎖流域であるため、湖水の出口はなく、地下水として流出する部分はあるとしてもほとんどは蒸発散により消失する。それ故に水資源開発計画は慎重に検討して実施する必要がある。

3-1-1 地表水の水質

湖水は出口がないため必然的に塩分濃度が上昇し、アルカリ性の水となる。人為の取水による水収支の変化に伴い、Abiyata 湖では Ziway 湖からの流入量が減少し、著しい水位低下が発生している。また湖の水質のアルカリ度の増加は内水面漁業にも影響を与えている。これはまた、湖及び周辺に生息する野鳥類にも影響を与えるとも云われている。湖水のアルカリ度からみた利用適合度は現状では次のようである。

- ① Ziway 湖は飲料水および灌漑用水に適合する。
- ② Awasa 湖は部分的に灌漑用水に適合する。
- ③ その他の全ての湖水は利用に適合しない。

水質問題はアルカリ度やフッ素濃度にとどまらず、地域内ではコーヒー豆洗浄による河川水の汚染が問題となっており、このため住民が地表水を取水することが出来ない事態も生じていると云われる。

調査対象地域では衛生環境が悪い結果、水が汚染され、水系疾患の増加に密接に関係している。タウンでは浄化槽の汚物が未処理のまま廃棄されており水汚染、水系疾患の原因となっており、早期の対策が望まれている。

3-1-2 地下水資源

地下水資源は地域の開発にとって基本的な要素であり、とくに都市及び農村部の生活用水利用には欠くことの出来ない貴重な水資源である。現状で、タウンの水供給水源の約 50% は深井戸（ボアホール）であり、これについて湧泉利用が 41% である。表面水（河川水、湖水）の利用は 10% 以下にとどまっている。近年、地下水開発は増加しつつあるが、開発技術能力及び管理の両面で課題を抱えており、今後の地下水資源利用に対する制約要因となっている。地下水のシステムは複雑であり利用可能な地下水資源量を把握することは難しいが、地下水資源の評価なくして適正な開発を行うことはできず、井戸掘削の失敗、井戸の維持管理不全、地下水盆全体の枯渇や水質悪化などを招きかねない。

現状での地下水開発・管理の課題は以下のように認識される。

- ① 水理地質が複雑なため地下水涵養と流出にかんする十分な知識がなく、結果的に地下水の貯留・流動、表面水との交流や水質に関する理解が十分ではない
- ② 地質、水文と連結した地下水域の設定がなされていない
- ③ データ取得及び管理が不十分
- ④ 適切な地下水技術訓練を受けた技術者、スタッフが少ない
- ⑤ 地下水管理ツール（マッピング、データベース、モニタリング計画等）が貧弱
- ⑥ 地方レベルでの地下水管理プロセスが不適當
- ⑦ 資金の不足
- ⑧ 新規地下水開発や既存給水施設のケアに関する責任の欠如

技術的観点からは、さらに以下が指摘される。

- ① 井戸の施工不良と不適切な材料の使用（技術仕様書の不備だけではなく施工管理、不足と欠陥工事）
- ② 水質面からの取水制約（とくにフッ素）
- ③ 地下水の持続的利用に関する知識の欠如

3-2 水供給の現状と課題

2007年の水資源省年報による最新の全国給水率は地方部46%、都市部82%、合計52%（2007.8月現在）であるが、UAPの目標達成には、さらなる実施の加速が望まれている（表3-1）。なお、下表で都市給水率はオロミア州で90%、南部州で66%とされている。

表 3-1 「エ」国の給水率（西暦2005.9～2006.8及び2006.9～2007.8）

No	州	エチオピア暦1998年 (西暦2005.9～2006.8)			エチオピア暦1999年 (西暦2006.9～2007.8)		
		地方 (%)	都市 (%)	合計 (%)	地方 (%)	都市 (%)	合計 (%)
1	アムハラ州	36.60	80.00	41.50	42.45	82.00	48.00
2	オロミア州	40.20	87.60	46.50	45.00	90.40	50.90
3	南部州	53.00	64.50	54.00	58.00	66.00	59.00
4	ティグライ州	42.80	50.90	44.30	51.15	60.00	52.80
5	アファール州	41.10	73.00	44.00	51.00	73.00	52.98
6	ソマリ州	21.50	60.00	28.00	23.26	60.00	29.44
7	ベニシャングルグムス州	46.00	66.20	48.00	48.72	85.56	52.33
8	ハラール州	29.00	21.00	24.00	29.24	21.00	24.13
9	ガンベラ州	41.40	37.00	40.60	49.43	72.90	53.71
10	ディレダワ州	57.00	72.00	68.20	65.07	72.00	70.21
11	アディスアベバ	-	90.10	90.10	-	94.42	94.42
平均		41.20	78.80	47.30	46.39	82.02	52.46

*1999年度、29.969百万人（地方村落）、10.401百万人（都市）が安全な飲み水へのアクセス可能。

*安全な飲み水へのアクセス：地方村落－半径1.5km以内、都市－半径0.5km以内。

出典：エチオピア連邦民主共和国水資源省年報（2007）

しかしながら、UAPにおいて明確に記載されているように、87タウンでの調査結果では、タウンでの一人当たり生産水量は20.7 l/dayである。すなわち、2002年のマスタープラン調査において示されたように、実際には設計給水量の48%が生産され、配水されているに過ぎないため各地で水不足が深刻化している。UAPでは、この点について以下のように述べている。

「一般に都市部住民の80%は水供給サービスを受けており、ユーザーがサービスを受けるときの需要は満たしていると信ぜられる。しかし、国中から疑問が寄せられた結果、生産水量及び給水量は住民の水需要量に比較するとあまりにも少ない」ことが判明した。

この原因として、

- 「① 古い配管または毀損した配管の置き換えの失敗や不法配管による取水
- ② タウンにおける受水容量の欠如
- ③ ビジネスプランに基づく作業の失敗
- ④ 急激な人口増加
- ⑤ 小都市では配水地点で取水も行っており、時間給水が多い

などを列挙しているが、いずれにせよ、現状、タウンでは計画水量を給水していない。そして今後解決すべき課題として以下をあげている。

- 「① 給水計画を完全にかつ独立で実施できるよう組織化する
- ② 高度な建設資本投入に見合う財政の確保及び料金体系の構築
- ③ スペアパーツ類の現地生産及び供給体制整備
- ④ 運営・維持管理要員の訓練
- ⑤ コンサルタント及びコントラクター要員の能力向上
- ⑥ 膨張する都市化への対策」

等である。

3-3 水資源管理の現状と課題

現在、湖沼地域では水資源は、計画または規制やモニタリングなしに利用されている。水資源量には限界があるため、将来は適正な水資源管理が必要である。すでに水不足の状態にあり、現在の水利体制をすぐに変更することは難しいが、与える影響を考慮することなく、また何の規制もなく過剰に取水を継続することはもはや不可能であろう。

今日まで、MoWR及び州水資源開発局には、統合的水資源管理の原則によって流域レベルでの水利用・管理をおこなう組織はなかった。しかしながら、「エ」国法律（2007）により流域組織（River Basin Organizations（RBOs））が設立され、現在、施行できる段階にある。MoWR内には所管部署が設置され、Abbey流域RBOはすでに実施プロセスに入っている。将来的には湖沼地域においてもRBOを設立することが望まれている。湖沼地域では今後水需要が増大することは明白であるが、流域を特徴付ける湖沼はエコシステムとして貴重であり、社会・経済の発展とともに持続的に保護、保全すべき対象である。

水需要は、生活用水、灌漑用水、工業用水からなるが、生活用水（飲料水）を優先することは「エ」国の政策でもある。しかしながら、農・工業の発展のためには水資源が不可欠である。用水需要とそ

これらの取水バランスを検討していくことは、湖沼地域の環境問題とも密接に関連する大きな課題である。

3-4 我が国による協力現況と本調査での活用可能性

3-4-1 地下水開発・水供給の人材育成

「エ」国の水分野における我が国の援助は、水井戸掘削事業団（Water Well Drilling Authority : WWDA）の設立（有償資金協力 1974 年）から始まった。その後、内戦等による「エ」国の内政事情により、援助内容は農業分野（食料援助、増産援助）、保健・医療分野などを中心とした無償資金協力、研修生の受け入れや、青年海外協力隊員の派遣を中心とした技術協力に限定されてきた。1991 年の内戦終結を受けて我が国は給水事業を中心とした援助を開始し、近年では、地方村落給水や地方都市給水分野の無償資金協力を数多く実施している。また、1998 年からは「エ」国の地下水開発・水供給の人材育成を目的とした技術協力プロジェクト「地下水開発・水供給訓練計画フェーズ 1」を実施し、引き続き「同計画フェーズ 2」が 2008 年 3 月まで実施された。フェーズ 1 では同プロジェクトの拠点となるアディスアベバ訓練センター（現在のエチオピア・ウォーターテクノロジーセンター（Ethiopia Water Technology Centre: EWTEC）を創設し、「地下水開発・水供給に携わる州政府技術者の能力開発」をプロジェクト目標として、EWTEC の設立に加え、基礎コースの実施を協力内容として行われた。フェーズ 2 では「適切な地下水管理・水供給管理のための人材の増加」をプロジェクト目標として、基礎コースの運営自立化、アドバンスコースの実施等を協力内容として行われた。現在、実施中のフェーズ 3 では、EWTEC の自立化を目指し、地下水開発・水供給人材育成の中核機関としての EWTEC の機能確立をプロジェクト目標に掲げている。

3-4-2 我が国の水資源開発分野における援助実績

水分野における我が国の援助実績は以下のとおりである。

表 3-2 水分野における我が国の無償資金協力・技術協力の実績

協力内容	実施年度	案件名	概要	供与限度額 (億円)
無償資金協力	2005	アムハラ州給水計画	6 県 20 郡 148 村における 200 本の井戸建設用資機材の調達	4.99
	2005	南部諸民族州給水計画	10 県 14 郡における給水施設建設、井戸掘削リグ他機材調達	10.61
	2007	アファール州給水計画	9 町における地下水の高架配水施設建設、改修	5.44
	2008	ティグライ州水供給・改修計画	10 郡 98 村落における給水施設建設、改修	7.37
技術協力	1998-2005	地下水開発・水供給訓練計画（フェーズ 1+延長 2 年）	地下水開発・水供給訓練センターの設立、エチオピア地方州政府職員を対象とした地下水開発及び給水技術訓練コースの実施	-
	2005-2008	地下水開発・水供給訓練計画（フェーズ 2）	適正な水管理技術の研修の実施、官民の水技術者の量・質の拡大、持続的な技術者の育成、エチオピア水技術訓練センターの機能組織強化	-
	2007-2011	南部諸民族州給水技術改善計画	郡事務所の組織強化を目的とし、実地研修、ハンドポンプ・スペアパーツ供給網のモデル事業、適正技術普及パイロット事業の実施	-

協力内容	実施年度	案件名	概要	供与限度額 (億円)
	2008-2013	地下水開発・水供給訓練計画（フェーズ3）	地下水開発及び給水事業にかかわる人材育成の拠点として、EWTEC の更なる組織強化、訓練内容の充実、規模の拡大、民間、NGO 等技術者の訓練参加の実施	-

3-5 他ドナーの動向

「エ」国では、過去の水・衛生事業（Water and Sanitation : WATSAN）ではあまり重点を置かれていなかった衛生教育の重要性と、保健、水、教育部門の連携などの官民連携（Public Private Partnership : PPP）を重視した給水衛生プロジェクトとして、水、公衆衛生プロジェクト（Water, Sanitation and Hygiene : WASH）が 2004 年に国際連合児童基金（United Nations Children’s Fund : UNICEF）の主導のもと開始された。現在では水セクターの協調プロジェクトとして連携への努力が進められており、UNICEF、世界銀行（World Bank : WB）、アフリカ開発銀行（African Development Bank : AfDB）などは各機関の給水セクター支援の資金を一部投入し、WASH プロジェクトとして実施、WASH の知名度向上と、給水だけでなく衛生教育に対する意識の向上を共同で図っている。

世界銀行が 2005 年－2015 年の計画で実施している WATSAN プロジェクト（US\$120 百万）の内、65%は村落給水が占め、その全てで WASH プロジェクトの一環として、全州でワークショップ、訓練の実施、物理探査、給水施設などが行われている。オロミア州では世界銀行の支援のもと、合計 84 郡を対象に現在も実施されており、AfDB も同様に、オロミア州の 45 郡を対象にプロジェクトを実施中である。UNICEF は、学校での WASH プロジェクトにより、単に給水プロジェクトから住民参加型給水衛生プロジェクトへ重点をシフトしている。

表 3-3 水分野における主な他ドナー・国際機関の援助

単位：千 US\$

実施年度	機関名	案件名	金額	援助形態	概要
2005-2015	世界銀行	給水・衛生プロジェクト	116,000	ソフトローン	全国 230 郡の村落給水施設整備
2006-2009	ヨーロッパ連合	給水施設計画	140,000	無償資金協力	給水・衛生 290 の施設整備
2006-2010	アフリカ開発銀行	アフリカ地方給水・衛生イニシアチブ	64,000	無償資金協力	203 郡の村落給水施設整備

(1) 国際連合児童基金（UNICEF）

UNICEF は多くの分野において活動を行っているが、水供給セクターにおいて多くの NGO（後述）と連携しつつ以下の事業を実施中である。

主な事業内容： 水供給施設・衛生施設の建設の他、疾病・栄養失調・教育問題への対策、子供の保護、仮設住宅建設等

事業名称： UNICEF Ethiopia’s Water and Sanitation

期 間： 2007～2011 年であるが、既存の事業を順次更新し柔軟に対応

対象地区： エチオピア全土

アウトプット：

- ・ 基本的衛生施設を整備し、6 百万人に対し公平かつ持続的に安全な水を提供。

- ・ 650 の診療所、3,200 の学校において水利用・衛生についての知識を普及。
- ・ 緊急災害対策計画を策定、災害に対して脆弱な地域に住む 15 万人の災害準備を支援。
- ・ WASH プロジェクトの推進体制を 120 地区（ワレダ）において強化。

長期目標： 水供給施設と衛生施設の整備により、以下の長期的な目標を達成する。

- ・ 致死率の低下
- ・ 女兒の学校入学率の向上
- ・ 生活の質の向上（特に女性と子供の HIV/AIDS 患者の生活の質）

財源： 上記の「水と衛生施設普及事業」の目標を達成するための予算は十分ではなく、実施可能な事業から開始されているのが実情である。

表 3-4 UNICEF の実施する水供給事業等の予算状況（2008 年 6 月時点）

費目	水供給衛生事業必要事業費 (US\$)
Immediate Response (事後支援策)	3,500,000
Mitigation and Preparedness (防止対策、緩和対策)	1,350,000
事業費計*	4,850,000
Funds received (付託された資金計)	1,156,842
Unmet Requirements (不足分)	3,693,158
%Unfunded (不足率%)	-76%
UNICEF エチオピア総事業費	49,247,000

*水供給事業費計（2009.1）は US\$ 6,169,213 に追加修正された。

出典：UNICEF における聞き取り調査

(2) アメリカ国際開発省 (USAID)

団体名： US Agency for International Development (USAID)

プロジェクト名： Office of United States of America Foreign Disaster Assistance : OFDA

主な支援活動部門： 農業、食料、経済・市場、健康・栄養、紛争解決（ソマリ州で基礎調査を実施）、運輸、緊急物資、リスク削減、水供給・衛生施設

2008 年度予算： \$35,151,414

2008 年支援人口： 560 万人

対象地域： オロミア州、ソマリ州、ティグライ州、アムハラ州及び、南部諸民族州

実施協調機関： 開発及び救助機関 (Adventist Development and Relief Agency : ADRA)、カナダ飢餓基金 (Canadian Hunger Foundation : CHF International)、国際民衆発展委員会 (Cooperative Registnalee Produzione Alimentare : CISP)、カソリック救済会 (Catholic Relief Services : CRS)、国際連合食料農業機関 (Food and Agriculture Organization of the United Nation : FAO)、飢餓早期警報システムネットワーク (Famine Early Warning System Network : FEWS NET)、国際医療法人 (International Medical Corps : IMC)、国連人道問題調整事務所 (United Nation Office for Coordination of Humanitarian Affairs : OCHA)、セーブ・ザ・チルドレン (Save the Children : SC/UK, SC/US)、国連開発計画 (United Nation

Development Plan : UNDP) 及び国際連合児童基金 (United Nations Children's Fund : UNICEF)

(3) 英国国際開発省、世界銀行及びアフリカ開発銀行 (DFID、WB 及び AfDB)

団体名 : Department for International Development (DFID)、World Bank (WB)、African Development Bank (AfDB)

プロジェクト名 : WASH program (「エ」国事業)

支援内容 : 改善された水供給施設の提供、住居と学校における改善されたトイレの提供、水道技術者、保健員の育成、水資源省における計画策定支援等

必要予算 : £300,000,000/年 (2015 年まで) DFID、WB、AfDB の協調支援

DFID 予算 : £75,000,000 (過去五年間)

予測裨益人口 : 約 320 万人

(4) ヨーロッパ連合 (EU) 15 都市給水計画

プロジェクトサイト - 4 州 15 都市

表 3-5 EU 15 都市給水計画 州別都市名

No.	<u>Amhara</u>	<u>Oromia</u>	<u>SNNPR</u>	<u>Tigray</u>
1	Were eilu	Dembidolo	Bonga	Adigrat
2	Mota	Gebreguracha	Welayta sodo	Maychew
3	Kemisay	Holeta genet		
4	Ataye	Fichey		
5	Enjibara			
6	Shewarobit			
7	Mersa			

財務 : European Investment Bank, European Union and Government of Ethiopia.

主務官庁 : 「エ」国水資源省 (MoWR)

プロジェクト概要 : このプロジェクトは、Amhara, Oromiya, SNNPR 及び Tigray 州の 15 都市を対象に既存施設の改修及び給水・衛生施設の拡張を行うとともに TWSS (Town Water and Sanitation Services) 職員への訓練を実施する。プロジェクトでは深井戸、浅井戸、湧泉を開発し、配水システムを拡張する。また、住民の支払い能力を考慮した特別な給水施設も設置する。

設計コンサルタントサービス : 詳細設計及び施工管理業務の発注準備中である。

(5) 非政府組織

3Ws (Who is doing What Where) Project List 2009 年 3 月 (国連人道問題調整事務所 United Nation Office for Coordination of Humanitarian Affairs : UNOCHA) によると、主要な 6 州において昨年度に水供給事業を実施した非政府組織 (Non-Governmental Organization : NGO) は、35

団体で 395 の活動を行っている。

(6) 本調査での活用可能性

我が国協力による EWTEC の人材訓練システムに従事するカウンターパート（研修講師）は本件調査に従事し技術力を向上させるとともに、2010 年度に到着予定の無償供与機材を使用した調査活動に加わることができる。また、現在実施中の技術協力プロジェクト「南部諸民族給水技術改善計画 (WAS-CAP)」とも連携して、その成果や情報を活用することが可能である。

3-6 環境予備調査結果

3-6-1 環境関連情報

(1) 環境社会配慮に関する法制度

環境社会配慮に関する政策はエチオピア環境政策（Environmental Policy of Ethiopia（1997））に記されており、右政策に環境影響評価（EIA：Environmental Impact Assessment）の目的が記されており、実施細則、ガイドラインに従い実施するよう明示されている。環境影響評価に関係した政令は Proclamation No.299/2002 Environmental Impact Assessment Proclamation があり、環境汚染管理に関しては Proclamation No.300/2002 Environmental Pollution Control Proclamation がある。これらはそれぞれ環境影響評価並びに環境汚染管理にかかる実施細則が示されている。また、水資源管理に関係した政令には Proclamation No.197/2000 Ethiopian Water Resources Management Proclamation があり、水資源管理に関する実施細則が示されている。水資源政策はこれらの政令に基づき実行されており、本案件はこれらを遵守しなければならない。

また、環境影響評価（EIA）のガイドラインは環境影響評価ガイドライン（Environmental Impact Assessment Guideline Series 1）があり、水道事業用に総合環境影響評価ガイドライン（Integrated Environmental and Social Impact Assessment Guidelines Water Supply）がある。

工場排水、排気基準については自国の基準があるが、飲料水の水質基準については WHO のガイドラインに準拠している。

また、事業認可についてはエチオピア水資源管理条例（Ethiopian Water Resources Management Regulations）に、井戸掘削や水道建設事業は事業実施に先立ち、水資源省より認可を得なければならないと規定されている。

(2) 環境影響評価（EIA）の手順

EIA ガイドラインによるとプロジェクトサイトの地下水開発量が $4,000\text{m}^3/\text{day}$ 以下の場合、申立当事者（Proponent）がサイト選定時に初期環境影響調査（IEE：Initial Environmental Impact Study）を行い、スコーピングされた項目について予備環境影響評価（Preliminary Environmental Impact Study）を実施しなければならないと規定されている。したがって、本調査においては、優先プロジェクトサイト選定後、水資源省がサイト毎に IEE を実施し、サイト別報告書を環境保護局（EPA：Environmental Protection Authority）または所管の州 EPA に提出し、関係機関の審査を経て承認を取り付けなければならないとされている

(3) 環境関係機関

主要な環境関係機関には環境保護局（EPA：Environmental Protection Authority）がある。EPA

は首相府直属の機関であり、DG の下 14 部署に 127 名が配属されており、EIA、Eco System、Pollution Control、Environmental Education、Scio Economy、Woman Affairs 等、環境社会配慮全般を扱っている。財務部門、事務部門の人員が 75 名を占めており、専門分野に人員が少ない。EIA 部署の人員は 4 名である。年間予算は約 3 百万ブルであり、ほとんどが人件費である。

野生動植物保護機関にはエチオピア野生保護局（EWCA : Ethiopian Wildlife Conservation Authority）があり、国立公園や保護区の管理部署もある。

(4) EIA の実施例

EU 援助の 15 Towns Water Supply and Sanitation Project の Bonga と Soddo に関する EIA レポートでは以下の項目について調査を実施しており、プロジェクトのポテンシャルインパクトと緩和策および環境マネジメント計画案を立案している。

- ・ サイトの地理的位置
- ・ 土壌と地質
- ・ 気候条件
- ・ 水資源（表流水）
- ・ 水資源（地下水）
- ・ 土地利用
- ・ Flora、Fauna
- ・ 人口
- ・ 公共サービス（教育、保健衛生、水道、ゴミ処理）
- ・ 民間サービス
- ・ 諸工業
- ・ 農業
- ・ 上水道整備計画案
- ・ 水源
- ・ 水質

3-6-2 環境予備調査結果

環境予備調査の結果は、次の項目に沿って取り纏める。

- (1) プロジェクトと関連する報告書の正式名称
和名：リフトバレー湖沼地域地下水開発調査計画
英名：The Study on Groundwater Resources Assessment in the Rift Valley Lakes Basin
- (2) 調査の分類（マスタープラン、フィージビリティ調査、詳細設計等）
マスタープラン
- (3) 環境カテゴリ及びその理由（事前評価調査結果に基づく）

ここでは表 3-6 に示すスコーピングマトリックスの各項目別に評価を行い、総合評価としてはカテゴリ B とした。但し、環境に対するインパクトはさほど大きくはならないと想定されるため、フェーズ 2 の詳細調査・計画策定時に初期環境評価（IEE）を行いスコーピングさ

れた事項について、予備環境社会配慮調査（Preliminary Environmental Impact Study）を実施すればよいものと判断される。

(4) 先方実施機関

水資源省（MoWR: Ministry of Water Resources）を責任官庁とし、MoWR のエチオピア地下水資源評価プログラム（Ethiopian Groundwater Resources Assessment Program: EGRAP）を実施機関とする。

(5) 案件の概要（目的、必要性・妥当性、要請された活動内容、調査の項目・範囲など）本調査の目的は以下のとおり。

1) 目的

- ① 調査対象地域において主要な帯水層及び地下水資源ポテンシャルを調査する。
- ② 調査対象地域の水理地質図を作成する。
- ③ 調査対象地域内の小都市（人口約 10,000 人以下）の給水計画を策定する。
- ④ 本件調査を通じてエチオピア側カウンターパートに技術移転を行う。

2) 調査対象地域

オロミア州及び南部諸民族州にまたがるリフトバレー湖沼地域（総面積 53,000k m²）

3) 要請された活動内容

当初、先方政府より要請のあった地域は複数流域を含み、地下水ポテンシャルの調査を実施するには非効率であることから、先方政策において優先地域の一つであったリフトバレー湖沼地域を対象とすることとした。

上記のとおり対象地域は異なるものの、活動の内容は、帯水層及び地下水資源ポテンシャルの把握に必要な水理地質調査、観測井掘削、物理探査、地下水モニタリング、水文解析等の調査の実施と、調査結果に基づく水理地質図（1：250,000）、また調査及び調査結果の取り纏めを通じた技術移転が要請された。

4) 調査項目及び内容

調査はエチオピア国での現地調査及び日本国内における国内作業により構成され、以下のとおり 2 段階で実施する。

フェーズ 1：基礎調査

- ア) 水理地質調査
- イ) 火山地質調査
- ウ) 観測井掘削
- エ) 揚水試験
- オ) 地下水モニタリング
- カ) 水質調査
- キ) 既存給水施設のインベントリ調査（小都市水利用実態調査）
- ク) 既存給水計画のレビュー
- ケ) 社会経済調査

フェーズ2：詳細調査・計画策定

- ア) 水理地質調査
- イ) 火山地質調査
- ウ) 物理探査
- エ) 観測井掘削
- オ) 揚水試験
- カ) 地下水モニタリング
- キ) GIS データベース作成
- ク) 水文解析
- ケ) 地下水モデリング
- コ) 水理地質図作成
- サ) 環境影響評価
- シ) 小都市給水施設計画策定

(6) 対象地の概要（地図、自然環境および経済社会状況、課題など）

調査対象地域であるリフトバレー湖沼地域は、エチオピア国にある12大流域の一つを形成し、総面積53,000km²からなり、北側の境界は首都アディスアベバ近郊まで、南はケニア国境に接している。また、アフリカ大地溝帯（グレートリフトバレー）の一部を形成し、南端部のChew Bahir付近では標高490mであるが、北東部のKetcha山は4,200mに達し、地域内に大きな高度差がある。

気候や年間平均降雨量は高度により変わり、山地を除くリフトバレー内での降雨量は一般に750mmから1,250mmの範囲にある。地溝帯底部は熱帯サバナ気候に属し、高度が上がるに伴い、温帯、高山気候になる。年間平均気温はリフトバレー底部で27℃であるが、特に北東部の標高の高い地域では13℃となる。

対象地域は行政的には概ね東部がオロミア州、西部が南部諸民族州に属しているが、両者の境界は入り組んでいる。2005年現在の人口は890万人と推定され、その約13%が都市部に居住しているが大半は農村住民である。地域のGDP総額は85億Birr（2005年価格）で、エチオピア国全体の7.8%を占めるが、一人当たりのGDPはUSドル換算で約72ドルとなり、エチオピア国の平均水準より低く、1日1ドル以下の極端な貧困地域である。

地域の経済は基本的に農産物及びその関連製品に依存しており、とうもろこし、小麦、テフなどが栽培されている。東部山間部では換金作物（コーヒーやカート）の栽培もみられる。また、牛、羊、やぎの牧畜も盛んである。

国立公園はAbijatta-Shalla Lakes（887km²）、Nech-Sar（514km²）があり、希少動物が生息している。また、Shashemeneの南西にはSankalle Hartebeest Sanctuaryがあり、Swayne's Hartebeest（鹿の一種）等が保護されている。ただし、国立公園内には給水施設の建設は行なわない

州はZone、Woreda、Kabareに細区分されている。中心都市はAwasa（南部諸民族州の首都）、Asela、Arba Minch等である。

(7) 相手国側の環境社会配慮制度

- ① 環境社会配慮（環境影響評価の要件や手順、住民参加、情報公開を含む）に関連する法令や基準、法制度：3-6-1（1）及び表 3-6 参照
- ② 関係機関の概要：3-6-1（3）項参照。

(8) 予備的スコーピング（想定される影響項目とその規模、回避・緩和策など）

フェーズ2（詳細調査）で実施が予定されている初期環境影響評価は地方小都市を対象とした給水計画の優先プロジェクトサイトを対象としたものであり、詳細計画策定調査実施時点では具体的な都市名が未定であったため予備的スコーピングを行った。その結果を表 3-6 に示す。

特に、水源に湧水が含まれているサイトでは、湧水の既得権者の合意がないとプロジェクトの実施や施設の運用維持管理ができなくなるので、IEE 調査の段階で合意に達することが必須である。

また、詳細計画策定調査におけるサイト調査で簡易水質検査を実施したところ水源の水質に水質基準を超えるサイトがあった。このようなサイトでは健康被害が発現することが想定される。通常の場合、浄水装置を導入するが、除去できない物質もある。深井戸を水源とするサイトでは清浄水とブレンドし、希釈して給水することができるが、この場合は事業実施後、定期的に水質検査を行いモニタリングしなければならない。

湧水や浅井戸を水源とするサイトでは原水が一般細菌や大腸菌類で汚染される可能性が高いので塩素滅菌装置を導入し、事業実施後、定期的に残留塩素について水質検査をおこないモニタリングしなければならない。また、このようなサイトでは硝酸性窒素汚染の可能性があるので、亜硝酸性窒素や硝酸性窒素も同時に検査する。また、農家に農薬を使用しているかどうか、聞き取り調査を行い、使用している場合は残留農薬について水質検査をおこないモニタリングしなければならない。

表 3-6 スコーピングマトリックス

環境項目		評定	根拠
郷 民 社	1 住居移転・人口	C	井戸用地、貯水槽用地の取得に伴い、住居移転がまったく無いとは言い切れない。
	2 経済活動・産業	C	井戸用地、貯水槽用地が林地や耕作地である場合、林地や耕作地が減少する可能性があるが、非常に限定的である。
	3 交通・生活施設	B	管路の埋設等、工事中に交通を阻害する。
	4 地域分断	B	管路の埋設等、工事中に交通を阻害するので地域社会を一時的に分断する可能性がある。
	5 遺跡・文化財	D	対象となる物件なし。
	6 水利権・入会権	A	湧水を水源とする場合、既得権者の利益を減少させるので利用を拒否されたり、制限される可能性がある。
	7 保健衛生	B	水質が悪化した場合、健康被害が起こる可能性がある。人口が増えると生活排水やゴミが増える。
	8 廃棄物	C	掘削工事に伴うスライム及び発電機運用で発生する劣化エンジンオイルの処理が必要。
	9 災害	C	法面崩壊、洪水の発生、交通事故や工事中の事故の可能性は否定できない。
郷 民 地	10 地形・地質・地象	D	井戸用地や貯水槽の用地を整地する際に地形は改変されるが、希少価値のあるものでない。
	11 土壌浸食	C	井戸用地や貯水槽の用地は整地するので表土が流出する可能性はない。洪水、豪雨による法面の崩壊、流出は否定できない。
	12 地下水	C	山間の尾根に立地するサイトでは、集水域が狭いので空井戸となったり、1日数時間しか運転できない可能性がある。隣接井戸との距離が短いと井戸が相互干渉する。
	13 湖沼・河川流況	C	地下水開発による湖沼・河川流況への影響は少ないが、無いとはいえない。
	14 海岸・海域	D	調査地域に海岸・海域はない。
	15 動植物	D	貴重な動植物類はいない。希少種が飛来する可能性はあるが、営巢の可能性は少ない。
	16 気象	D	気象が変化するほどの規模の自然改変はない。
	17 景観	D	現在の景観は特に価値はない。
郷 民 会	18 大気汚染	D	大気汚染になるほどの排出ガスは発生しない。塩素滅菌に塩素ガスは用いない。
	19 水質汚濁	C	井戸掘削中に発生するスライムや運転による廃棄物は指定場所に投棄するので水質汚濁の可能性はない。人畜が増加したり、肥料が多くなると硝酸性窒素地下水汚染が起こる可能性がある。
	20 土壌汚染	D	井戸掘削中に発生するスライムや運転による廃棄物は指定場所に投棄するので土壌汚染の可能性はない。
	21 騒音・振動	C	工事中の騒音・振動は多少発生する。
	22 地盤沈下	D	いままで、地下水開発による地盤沈下は起きていないので、計画実施による地盤沈下の可能性はない。
	23 悪臭	D	工事中及び施設運転時の排気ガスは少なく問題とはならない。

評価: A-重大な影響が見込まれる。
 B-ある程度の影響はあると見込まれる。
 C-不明(具体的または詳細な状況を確認する必要がある)
 D-悪影響はほとんどないものと見込まれる。EIAの必要性はないと判断される。

(9) 代替案 (プロジェクトを実施しない案を含む)

水質に関して緩和策やモニタリングを実施できないサイトは優先プロジェクトサイトから除外される。また、今回のサイト調査では山間部の尾根に位置しており、集水域が狭く井戸枯れや1日数時間しか運転できない井戸があるサイトがみうけられた。このように、地下水開発

に適していないサイトは優先プロジェクトサイトから除外される。

(10) 相手国政府との協議結果（作業分担、連携、調整等の方法）

本件の場合、水資源省が、開発調査によって策定される優先プロジェクトサイトにて IEE を実施するとともに、スコーピングされた項目について Preliminary Environmental Impact Study も実施される。

(11) 環境社会配慮調査の TOR 案

今回のサイト調査で、水質が問題となるサイトが想定されるが、問題となる項目はサイトにより様々であるので、TOR 案はサイトごとに作成される。このため、環境社会配慮団員は、基礎調査時（フェーズ 1）に IEE レベルでの環境社会配慮調査として必要な法規定の確認をすると共に関係機関とも協議し、詳細調査・計画策定（フェーズ 2）の TOR を策定し、右 TOR に基づき水資源省が実施する環境影響評価を支援する。

(12) 関連資料

EIA の実施例については下記報告書を入手した。

- ・ EIA レポート「15 Towns Water Supply and Sanitation Project」(EU)

環境関係法規については次表にまとめる。

表 3-7 環境関係法規

エチオピア環境政策	Environmental Policy of Ethiopia (1997)
環境影響評価政令	Environmental Impact Assessment Proclamation (Proclamation No.299/2002)
環境汚染管理政令	Environmental Pollution Control Proclamation (Proclamation No.300/2002)
環境影響評価ガイドライン	Environmental Impact Assessment Guideline Series 1
上水事業用環境影響評価 ガイドライン	Integrated Environmental and Social Impact Assessment Guidelines Water Supply
水資源管理政令	Ethiopian Water Resources Management Proclamation (Proclamation No.197/2000)
水資源管理条例	Ethiopian Water Resources Management Regulations

第4章 本格調査の実施方針

4-1 調査の目的と基本方針

4-1-1 調査の目的

本調査の目的は次のとおりである。

- (1) 調査対象地域において主要な帯水層及び地下水域の地下水資源ポテンシャルを評価する。
- (2) 調査対象地域の水理地質図を作成する。
- (3) 調査対象地域内の小都市（人口約 10,000 人以下）の給水計画を策定する。
- (4) 本件調査を通じてエチオピア側カウンターパートに技術移転を行う。

4-1-2 調査の基本方針

- (1) 調査対象地域では、近年、都市及び村落給水用深井戸が掘削されており、その深度は 300m 以深に及ぶものもあり、全体的に地下水開発は以前よりも深層化する傾向がみられる。しかしながら、これらの井戸掘削は十分な地下水資源情報もなく実施されているため、帯水層に到達することなく、結果的に掘削が失敗に終わる事例が多く見られる。本件調査では、近年急速に発達しつつある衛星画像を用いたリモートセンシング技術、地下深部の比抵抗構造を連続断面として把握できる電磁探査技術（時間領域法）等の、「エ」国ではまだ十分普及していない地下水探査技術を適用する。また、これらの探査結果をもとに試掘井（観測井）を掘削して帯水層の性状や構造を把握し、地下水モデルを応用した精度の高い地下水資源ポテンシャルを評価する。そして、これらの結果を総合的に反映した水理地質図（1:250,000）を作成し、調査対象地域の地下水開発計画・給水計画を策定する。
- (2) オロミア州及び南部諸民族州の水資源開発局は、調査対象地域内ワレダタウン（小都市）80 タウン（オロミア州 28、南部諸民族州 52）を本件調査の給水計画対象候補として提案している。本件調査ではこれらのタウンのうち人口約 10,000 人以下の 20～30 小都市を選定して、M/P レベルの計画策定を行うものとする。タウン絞り込みの手順は概ね以下の通りとする。
 - (ア) 調査対象地域に存在するタウンのうち、オロミア州及び南部諸民族州それぞれが提案した計画対象候補タウンについて検討し、各州が所有するワレダ、小都市リストをもとに必要があれば追加入れ替え、削除等を行い、約 100 タウンを候補タウンとする。
 - (イ) 計画対象候補小都市（約 100 小都市）を対象として、小都市の水利用実態調査を行い、計画対象タウン選定のために必要な情報を収集する。
 - (ウ) 水利用実態調査の結果に基づき、エチオピア側と十分協議の上、計画対象小都市 20～30 を選定する。
 - (エ) 最終的には、計画対象小都市に関して具体的な計画内容を記述するとともに、優先順位を付する。
- (3) 本件調査の責任官庁は水資源省であるが、主たるカウンターパートとして調査の全体的コーディネートを実施するのは同省 EGRAP 担当部署である。さらに、エチオピアウォーター

ーテクノロジー・センター (EWTEC)、地質調査局 (Geological Survey of Ethiopia: GSE) 及びアディスアベバ大学 (Addis Ababa University: AAU) はカウンターパート機関を構成し、調査を共同で実施するため、各機関からカウンターパートを調査団に派遣する予定である。本件調査は、これらのカウンターパートと密接に連携し、共同で調査を実施する方針とする。これら共同作業を通じてカウンターパートへの技術移転を行う。また、必要性和利用可能性に応じて EWTEC、GSE、AAU の機材 (掘削機、電気探査機、電磁探査機、質量分析機等) を利用して調査を実施する。

4-2 調査対象地域と範囲

4-2-1 調査対象地域

調査対象地域はリフトバレー湖沼地域 (流域の総面積は約 53,000 km²) とする (図 2-1 参照)。

4-2-2 調査の範囲

本調査は、2009年7月23日に合意された実施細則 (S/W) 及び同協議に関する議事録 (M/M) に基づき実施するものである。

4-3 調査項目及び内容

調査は、「エ」国における現地調査および日本国内における国内作業により構成され、次の2段階で実施する。

フェーズ1：基礎調査

フェーズ2：詳細調査

各段階の主な作業は以下の通りである。

表 4-1 候補都市一覧表 (オロミア州)

No	Oromia towns		TOWN NAME	Population		Total	Kind of project	Remark
	Zone	Woreda		Male	Female			
1	Arsi	Hitosa	Iteya	7,043	7,196	14,239		
2	Arsi	Ziway Dugda	Ogolcha	2,436	2,323	4,759		
3	Arsi	Tiyo	Gonde	2,021	2,329	4,350		
4	Arsi	Tiyo	Asela	44,496	48,365	92,861	World Bank	
5	Arsi	Digaluna Tijo	Kidame Digelu	809	971	1,780		
6	Arsi	Digaluna Tijo	Sagure	5,044	5,882	10,926		
7	Arsi	Munesa	Kersa	4,803	5,113	9,916		
8	Arsi	Bokoji	Bekoji	8,777	9,577	18,354		
9	Arsi	Meraro	Meraro	2,234	2,491	4,725		
10	Arsi	Kofele	Kofele	7,340	7,061	14,401		
11	Arsi	Tiyo	Kulumsa	1,596	1,876	3,472		
12	Arsi	Hitosa	Boru Jawi	2,090	2,356	4,446		
13	Arsi	Digaluna Tijo	Tijo	1,038	1,209	2,247		
14	Borena	Teltele	Teltele	3,354	3,180	6,534		
15	Borena	Yabelo	Yabelo	10,480	9,792	20,272		
16	Borena	Hagermariam	Hagermariam	13,218	11,778	24,996		
17	East Shewa	Shashemene	Shashemene	51,442	50,757	102,199	World Bank	
18	East Shewa	Dugda Bora	Alem Tena	7,247	7,594	14,841	Oromia water bureau project	
19	East Shewa	Dugda Bora	Meki	20,214	19,936	40,150	World Bank	
20	East Shewa	Adami Tulu and Jido	Abosa	1,786	1,792	3,578		
21	East Shewa	Adami Tulu and Jido	Ziway	20,886	18,534	39,420		
22	East Shewa	Adami Tulu and Jido	Adami Tulu	5,009	4,902	9,911		
23	East Shewa	Adami Tulu and Jido	Bulbula	3,688	3,352	7,040	Government	
24	East Shewa	Arsi Negele	Arsi Negele	23,174	22,962	46,136	Government	
25	East Shewa	Seraro	Aje	3,162	3,243	6,405		Shortage of water
26	East Shewa	Shashamane	Kuyera	7,126	6,888	14,014		
27	East Shewa	Seraro	Ropi	1,750	1,864	3,614		
28	East Shewa	Adami Tulu and Jido	Jido	1,307	1,352	2,659		

表 4-2 候補都市一覧表（南部諸民族州）

	S.N.N.P. Region/zone/ woreda/Town	Population			Remarks
		Total	Male	Female	
	Gurage Zone				
	Sodo Woreda				
1	Buei Town	6,961	3,720	3,241	
2	Kela Town	3,519	1,644	1,875	
3	Tiya Town	1,937	906	1,031	
4	Suten Town	1,298	623	675	
	Meskan Woreda				
5	Enseno Town	13,232	7,090	6,142	
6	Mareqo Woreda/ Koshe Town	6,858	3,661	3,197	
	Hadiya Zone				
7	Lemmo Woreda/ Lisana Town	1,711	890	821	
8	Shashago Woreda/ Bonesha Town	5,641	3,239	2,402	
9	Dosha Town	1,881	920	961	
10	Misrak Badawocho Woreda/ Shone Town	15,611	8,118	7,493	
11	Analemmo Woreda/ Fonko Town	2,380	1,185	1,195	
12	Mirab Badawocho Woreda /Wada Town	2,113	1,020	1,093	
	Kembata Timbaro Zone				
13	Anigacha Woreda/ Angacha Town	6,811	3,486	3,325	
14	Kedida Gamela Woreda/ Adilo Town	4,659	2,340	2,319	
15	Daniboya Woreda/Diniboya Town	8,111	4,228	3,883	
	Sidama Zone				
16	Shebedino Woreda/ Leku Town	11,810	6,290	5,520	
17	Dara Woreda /Kebado Town	8,365	4,239	4,126	
18	Teferi Kela	4,178	2,153	2,025	
19	Gorche Woreda /Goreche Town	2,986	1,614	1,372	
20	Malga Woreda/Manicho Town	4,017	2,115	1,902	
21	Wensho Woreda /Bokasa Town	2,039	1,044	995	
	Loko Abaya Woreda				
22	Chuko Woreda /Cheko Town	8,884	4,756	4,128	
23	Wendo Genet Woreda / Chuko Town	14,626	7,936	6,690	
24	Ela Town	5,259	2,803	2,456	
	Gedeo Zone				
25	Wenago Woreda / Wonago Town	9,196	4,771	4,425	
26	Kochore Woreda /Chelelektu Town	7,342	3,822	3,520	
27	Fiseha Genet Town	4,189	2,107	2,082	
28	Gedeb Woreda/ Gedeb Town	10,021	5,160	4,861	
	Wolayita Zone				
29	Damot Woyide Woreda /Bedesa Town	5,301	2,709	2,592	
30	Humbo Woreda/ Humbo Town	6,246	3,283	2,963	
31	Deguna Fanigo Woreda/ Bitena Town	1,702	835	867	
32	Dimtu Town	1,702	811	891	
	Gamo Gofa Zone				
33	Boreda Woreda/ Zefgne Town	2,761	1,459	1,302	
34	Mirab Abaya Woreda/ Birbir Town	5,831	2,928	2,903	
35	Chencha Woreda /Chenicha Town	10,223	5,173	5,050	
36	Ezo Town	1,822	836	986	
37	Dorze Town	1,256	547	709	
38	Amaro Special Wereda /Kele Town	8,632	4,733	3,899	
39	Burji Special Woreda /Soyama Town	6,268	3,051	3,217	
40	Konso Special Woreda /Karat Town	5,784	3,161	2,623	
41	Segen Town	3,626	1,833	1,793	
42	Derashe Special Wereda/ Gidole Town	13,176	6,497	6,679	
	Siliti Zone				
43	Silite Woreda/ Kibat Town	5,676	2,917	2,759	
44	Alkeso Town	1,028	506	522	
45	Werabe Town	9,479	5,235	4,244	
46	Lanifaro Woreda /Tora Town	9,163	4,896	4,267	
47	Mito Town	3,277	1,714	1,563	
48	Dalocha Woreda /Dalocha Town	7,024	3,635	3,389	
49	Sankura Woreda /Alem Gebeya Town	3,656	2,018	1,638	
50	Bonosha	2,377	1,162	1,215	
51	Welaya	2,730	1,294	1,436	
52	Wilbareg Woreda /Wilbareg Town	2,197	1,146	1,051	

4-3-1 フェーズ1 基礎調査

(1) 国内作業

1) 既存資料の分析

調査対象地域の、地形、地質、地下水、水文、社会経済、地下水資源開発、給水プロジェクト等に関する既存資料を分析して、同地域の現状を把握する。

2) 調査の基本方針の策定

既存資料の分析結果に基づき調査の基本方針を策定する。

3) インセプションレポートの作成

(2) 現地作業

1) インセプションレポートの説明協議

2) 既存資料、情報の収集分析による現状の把握

現地に於いてさらに資料を収集・分析し、現状を把握する。

3) 水理地質調査

- Landsat 等の衛星画像解析：地形、地質、地質構造、河川、植生等を把握する。
- 現地踏査：地形、地質、火砕流等観察・記載、地下水位測定、主な湧泉流量測定、現地水質分析、採水等を行う。

4) 火山地質調査

- 火山地形、溶岩、テフラ、火砕流等観察・記載、鉱物鑑定、層序検討等を行う。

5) 水質調査 (1)

- 観測井及び既存井における採水及び溶存イオン室内分析、同位体分析を行う。

6) 物理探査 (1)

調査地域の水文地質構造を推定し、試掘地点を選定するため以下の物理探査を実施する。

- 垂直電気探査
- 電磁探査 (時間領域法)

7) 観測井掘削 (1)

- 試掘井戸掘削、帯水層判定、観測井仕上げを行う。

8) 揚水試験 (1)

- 観測井に於いて一定量揚水、段階揚水、回復試験を行い、帯水層定数を解析する。

9) 自記水位計設置、地下水モニタリング (1)

- 観測井に自記水位計を設置する。
- モニタリング記録を定期的に回収、整理する。

10) 小都市水利用実態調査

- 計画対象候補タウンを選定する。
- 計画対象候補タウンの水利用実態調査を実施する。

11) 社会経済調査

- 社会経済資料を収集、分析する。
- 既存の水資源開発計画をレビューする。
- 給水プロジェクトの財政、制度をレビューする。

12) 環境社会配慮

- IEE レベルでの環境社会配慮調査（資料収集、TOR 協議等）を実施する。

13) プロGRESSレポート1の作成・提出・協議

4-3-2 フェーズ2詳細調査

(1) 現地作業

1) 水理地質調査 (2)

- 現地踏査：地形、地質、火砕流等観察・記載、地下水位測定、主な湧泉流量測定、現地水質分析、採水等を行う。
- 試掘井の地質観察、記載、帯水層判定を行う。
- 帯水層分布及び構造を検討する。

2) 火山地質調査 (2)

- 火山地形、溶岩、テフラ、火砕流等観察・記載、鉱物鑑定、層序検討等を行う。

3) 物理探査 (2)

- 電磁探査

4) 観測井掘削 (2)

- 試掘井戸掘削、帯水層判定、観測井仕上げを実施する。

5) 揚水試験 (2)

- 一定量揚水、段階揚水、回復試験を実施して、帯水層定数を解析する。

6) 自記水位計設置、地下水モニタリング (2)

- 観測井に自記水位計を設置する。
- 地下水モニタリング記録の定期的回収と整理を行う。

7) 水質調査 (2)

- 観測井及び既存井における採水及び溶存イオン室内分析、同位体分析を行う。

8) プロGRESSレポート2の作成・提出・協議

9) GIS データベース作成

- 井戸インベントリ、地下水位、水質、地質柱状図、電気・電磁探査記録、文献等データベース
- 上記以外の地理情報データの加工、入力及びマッピング
- GIS データベースシステムの構築

10) 水文解析

- 湖沼及び河川の水文資料解析（湖沼の水収支、河川流出量、降雨量、蒸発散量）

11) 地下水モデリング

地下水開発ポテンシャルが高い地域及び地下水流動機構の解明が必要な地域を数カ所選定し、地下水モデリングを行う。

- モデルフレームワーク作成及びパラメーターの推定。
- モデルを検証する。

12) 水理地質図作成

- 現地調査結果に基づき国際凡例に準拠した 1:250,000 水理地質平面図及び断面図作成

- 13) 小都市給水施設計画策定 (M/P レベル)
 - 20～30 小都市を選定し給水施設計画を策定する。
 - 給水施設の概略設計を行う。
 - 14) 初期環境影響評価
 - 地下水開発及び給水計画が実施された場合の IEE を実施する。
 - 15) インテリムレポートの作成・提出・協議
- (2) 国内作業
- 1) 社会経済フレームの策定
 - 調査対象地域に於いて目標年次の設定を行い、人口動態、農業等の産業発展、社会構造変化などを予測し、水需要予測の基礎資料を得る。
 - 2) 水需要予測
 - 設定された目標年と社会経済フレームに基づき調査対象地域全体の水需要予測(短期 2～3 年、中期 5～6 年、長期 10～15 年)を行う。
 - 3) 地下水開発計画策定
 - 水需要予測結果及び帯水層と地下水域における地下水ポテンシャル評価をもとに調査対象地域の地下水開発計画を策定する。
 - 4) 地下水モデルによる予測
 - モデル検証結果に基づき、それぞれの地下水モデル地域に於いて地下水揚水に伴う地下水位変動を予測し、適正揚水量を策定する。
 - 5) 概算事業費の積算
 - 30 都市程の小都市の給水事業実施にかかる事業費を積算する。
 - 6) 事業評価
 - 小都市の給水計画で提案されるプロジェクトの事業評価を行う。
 - 7) 緊急地域、優良プロジェクトの選定
 - 緊急性の高い地域や、裨益効果の高い優良プロジェクトを選定する。
 - 8) ドラフトファイナルレポート作成
- (3) 現地作業
- 1) ドラフトファイナルレポート提出・協議
 - 2) 技術移転セミナー開催
 - ドラフトファイナルレポート内容について調査団及びカウンターパート機関によりセミナーを開催する。
- (4) 国内作業
- 1) ファイナルレポート作成・提出

4-4 調査工程及び要員計画

4-4-1 調査工程

調査工程は、S/W で合意したとおり、全体で 24 ヶ月とする。全体調査工程は次のとおりである。

調査年度	平成21年度				平成22年度								平成23年度											
調査年次	第1年次								第2年次															
暦年	2010												2011											
暦月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月順	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
国内作業	<input type="checkbox"/>																							<input type="checkbox"/>
現地作業	■								■								■							
フェーズ	フェーズ1 基礎調査								フェーズ2 詳細調査															
報告書提出	▲							▲					▲						▲					▲
	IC/R							P/R					P/R2						IT/R					DF/R
																								F/R

4-4-2 要員計画

本格調査団は概ね次のような業務の担当者と構成する。

- ① 総括/地下水開発計画
- ② 水理地質 1/地下水モデル
- ③ 水理地質 2/水質
- ④ GIS/データベース
- ⑤ 火山地質
- ⑥ 物理探査
- ⑦ 観測井掘削
- ⑧ 給水計画
- ⑨ 社会経済
- ⑩ 環境社会配慮

(1) 総括/地下水開発計画

本格調査の進展が、調査の目的、基本方針と留意点等に即して実施されるように、調査の進捗を調整する。全調査期間を通じて各分野の技術的問題点や戦略的問題点の調整、機構や調査団の方針と「エ」国側の方針との調整を行う。水理地質調査結果をもとに、水理地質 1 及び 2 団員と協力して水理地質図の作成と地下水ポテンシャル評価をとりまとめ、地下水開発計画を策定する。また、タウン給水計画策定、事業評価に関わり、本件調査結果を総括する。

(2) 水理地質 1/地下水モデリング

広大なリフトバレー湖沼地域の水理地質調査を水理地質 2 団員と分担して実施する。水理地質図作成、地下水ポテンシャル評価を水理地質 2 団員と共同で実施する。調査対象地域内では、物理探査地点の選定及び探査結果の水理地質的解釈を行う。また、試掘地点を選定し、試掘結果の水理地質的解析と、とりまとめを行って、帯水層分布と地下水域を同定する。この結果に基づき、数地域に於いて地下水モデリングを実施し、地下水流動特性や地下水ポテンシャルを評価する。

(3) 水理地質 2/水質

広大なリフトバレー湖沼地域の水理地質調査を水理地質 1 団員と分担して実施する。水理地質図作成、地下水ポテンシャル評価を水理地質 1 団員と共同で実施する。調査対象地域内では、湧泉、既存井、試掘井（観測井）において採水と現地での簡易水質分析を行う。室内分析結果の溶存イオン分布特性及び同位体比の解析を行い、水質の起源や地下水涵養との関係について解釈を行って、地下水流動特性や水質的観点からの地下水開発可能性を検討する。

(4) GIS/データベース

リフトバレー湖沼地域の地下水資源関連データを入力し、データベースを構築する。「エ」国水資源省及び関係各州におけるデータベースの実施・運用体制を確認して、システム構築を行う。担当者はシステムに必要なハードウェア構成計画、ハード及びソフトの購入、インストール等を実施し、既存システムがあればこれらとの整合性を計る。

(5) 火山地質

リフトバレー湖沼地域は地質学的に中生代末期からの構造運動とそれに伴う火山活動により形成された火山地形・地質が分布している。また比較的新しい時代の火砕流堆積物やテフラ（火山砕屑物）が堆積している。火山地質担当者は火山地形を観察・分類するとともに火砕流堆積物やテフラの層序を解析して、これら堆積物の水理地質との関係を明らかにする。

(6) 物理探査

水理地質 1、2 団員と密接に連携し、リフトバレー湖沼地域の主要地点及び測線に沿って電気探査（VES: Vertical Electric Sounding）および電磁探査（TDM: Time Domain Method）を、カウンターパートを指導して実施し、コンピュータ解析により比抵抗構造を把握する。この結果をもとに水理地質 1 団員と密接な連携を行い、井戸試掘地点を決定する。

(7) 観測井掘削

水理地質 1 団員が示す地点において観測井仕様を作成して、EWTEC 及び再委託業者を指導し試掘井を掘削する。孔内物理検層を行い、帯水層を識別できた場合は、スクリーン位置を決定し観測井への井戸仕上げを指導し、揚水試験、水質採取を行う。観測井に自記水位計を設置し、記録の回収、整理方法をカウンターパートに指導する。

(8) 給水計画

対象候補小都市の水利用実態調査をカウンターパートまたは再委託業者を指導して実施する。水利用実態調査結果を基に、水理地質 1、2 団員と協力して優良小都市の絞り込み作業を実施する。優良小都市について給水施設の概略設計を行い、概算事業費を積算する。また、社会経済団員と密接に連携して事業評価を行う。

(9) 社会経済調査

調査対象地域の社会経済現況を把握し、将来の水需要予測に必要な資料を収集する。資料分析に基づき、短期、中期、長期の社会経済フレームを設定し、水需要予測を行って需給ギャップを明らかにする。また他ドナーや「エ」国政府が実施している給水事業の制度的、財政的側面を把握し、他の団員との密接な連携により、優良小都市における給水計画の社会経済的、制度的評価をおこなう。

(10) 環境社会配慮

事前調査より広い範囲で、関連する法規、情報の収集を行い、現地踏査を行い、「エ」国政府と協議の上、上水道事業用 EIA ガイドライン (Integrated Environmental and Social Impact Assessment Guidelines Water Supply) に従いスクリーニング表を作成する。現地踏査を行い、事前調査で作成されたスコーピング案を改訂する。スコーピング案の作成について「エ」国政府と共同で現地ステークホルダーと協議を行い、その結果を環境社会配慮調査 (Preliminary Environmental Impact Study) の TOR に反映させる。TOR に従い、IEE レベルで、プロジェクトを実施しない案を含む代替案の検討を含んだ環境社会配慮調査をカウンターパートと共同で実施する。

4-5 技術移転

(1) 技術移転はカウンターパート機関との共同作業を通じて行う。また、現地作業期間中に EWTEC と協力し下記分野のワークショップを計画する。

- 火山地質、地下水モデル、水質・同位体、電磁探査、GIS

(2) ドラフトファイナルレポート提出時にはレポート内容の普及を目的としたセミナーをカウンターパート機関と共同で開催する。

4-6 調査用資機材

調達が必要となる調査用資機材は以下の通りである。

(1) 車両 (4WD ワゴン)	1 台
(2) 車両 (4WD ピックアップ)	1 台
(3) 携帯用水位計	2 台
(4) 自記水位計	10 台
(5) 電気伝導度計	2 台
(6) pH 計	2 台
(7) 流速計	2 台
(8) 携帯用 GPS	5 台
(9) パソコン (GIS 用)	1 台
(10) プリンター (カラーインクジェット A3 用)	1 台
(11) プリンター (レーザープリンター A4 用)	1 台
(12) XY プロッター (A0 用)	1 台
(13) スキャナー (A3 用)	1 台
(14) コピー機 (A3 用)	1 台
(15) GIS ソフトウェア	1 式

井戸掘削機、検層機、揚水試験機材、電磁探査機は EWTEC から借用、または掘削機を除きレンタル。また 150m 以深の井戸掘削機材は再委託業者に用意させるものとする。

4-7 他機関との連携

本件調査のカウンターパート機関は水資源省が責任官庁であり、同省の EGRAP 及び EWTEC が加わるほか、GSE 及び AAU がカウンターパート機関として共同で調査を実施する。従って、調査期間中はこれらの機関と密接に連携し調査を実施するため、プロジェクト運営委員会を設置する。同委員会のメンバーとしては上記機関の代表者の他に、オロミア州水資源開発局、南部諸民族州水資源開発局、JICA エチオピア事務所その他関係機関が参加する。また、水資源省は EGRAP のプログラムにより必要な場合は、他の「エ」国関係機関やドナーとの連携を行うこととする。

4-8 相手国の便宜供与

S/W により合意された「エ」国の便宜供与の内容は以下の通りである。

- (1) 「エ」国政府は「エ」国の法律及び規則に従い、調査アサインメント期間内における調査団員の外国人登録を要せず、「エ」国への入国、出国、滞在を許可する。
- (2) 「エ」国政府は「エ」国の法律及び規則に従い、調査実施期間中に調査団員が「エ」国に持ち込む機器、機械及び資材について税、関税、手数料を課さない。
- (3) 「エ」国政府は「エ」国の法律及び規則に従い、調査団員に課せられるどのような所得税及び手数料、あるいは、調査の実施に関連したサービスに対して支払われる調査団員への報酬または手当についての所得税及び手数料を免除する。
- (4) 「エ」国政府は、「エ」国政府と調査団の両者が、その申し立てが調査団の一部における不注意や故意の不正であることに同意した場合を除き、調査実施中またはそれに関連して生じた調査実施上の義務について不履行が生じた場合に、調査団員に対し、それらの履行を要求することができる。
- (5) 「エ」国政府（水資源省により代表される）は、円滑な調査実施のため、調査団に対する責任官庁として行動し、その他の「エ」国関係機関との協調・連携を図るものとする。
- (6) 「エ」国政府（水資源省により代表される）は、自己費用により他の機関と連携して調査団に対し以下の事項を提供する。
 - (ア) 調査団の安全確保のための情報及び手段
 - (イ) 医療サービスを受けるための情報提供及び支援
 - (ウ) 調査に関係するデータ（地図及び写真を含む）及び情報
 - (エ) カウンターパート要員
 - (オ) 必要な機材を備えた適切なオフィススペース
 - (カ) 証明書または ID カード

4-9 調査実施上の留意点

- (1) 本件調査で作成される水理地質図は EGRAP が全国をカバーする予定の 1:250,000 水理地質図の一角を成す。「エ」国リフトバレー中央部の Nazret 地域では 1985 年に緻密な水理地質図が発行されている。また同年にリフトバレー湖沼地域北部についても水理地質図が発行されている。前者は英国地質調査局（British Geological Survey: BGS）の支援により GSE が作成したものであるが 25 年以上前の情報に基づくものであり、本件調査対象に含まれる地域について、井戸や湧泉、水質等の情報を更新する必要がある。また最近では 2007 年に EWTEC が本件調

査対象地域北部の Butajira-Ziway 地区で水理地質図を作成している。なお、本件調査対象地域外であるが Awash 川流域において「エ」国が灌漑用水開発を目的とした地下水調査を実施中である。また、現在 EGRAP 関連で東部台地のオガデン地域で米国が調査を実施中である。本件調査対象地域の水理地質図作成に当たっては、既存資料において欠けている地下水資源ポテンシャル評価を適切に行うとともに、同時期に進行している上記関連プロジェクトとの整合性に留意することが必要である。

- (2) 調査対象地域の地下水水質については従来からフッ素イオン (F) 濃度が高いことが指摘されてきた。既存資料によればリフトバレー中央底部ほど、また、とくに浅層部 (50~100m) において高い濃度を示す傾向がある。一方、地域的にはリフトバレーに面した台地・山麓斜面に近づくほど濃度が低下し、今回の現地踏査結果に関する限り、ほとんどの湧泉や地下水のフッ素濃度が WHO 水質ガイドライン値を下回る傾向が見られた (調査結果概要については付属資料 9-1 現地踏査記録 (水理地質) の簡易水質分析結果 (パケットテスト) 一覧表を参照)。本件調査では、フッ素等の水質と地下水涵養の関係を検討するため、水質調査においては一般水質項目のみならず安定同位体 ($\delta^{18}O$ 及び δD) を測定することが重要である。
- (3) リフトバレーに面した東部及び西部台地・山麓部には大小の湧泉が分布しており、調査対象地域内では、湧泉の利用により給水を実施している中小都市も多い。湧泉の中には施設の拡張により、取水量を増加させることが可能なものがある。本件調査の水利用実態調査においては、各小都市の既存水源が湧泉である場合、取水・給水施設の拡張が可能かどうか、水量の安定性と水質の安全性を十分に調査することが必要である。
- (4) 地下水資源評価を行う上で試掘井 (観測井) の掘削結果は決定的な情報をもたらす。調査対象地域内の計画対象候補タウンは概ね幹線道路またはその支線沿線に位置するため、乾期のアクセスは比較的容易であるが、雨期には困難な小都市があることが予想される。また、電気探査や電磁探査、観測井の掘削場所は小都市内に限らず、周辺の丘陵地や谷底で行うことが必要になるものと考えられる。調査対象地域南部の Yirgachefe から南方の幹線道路は峻険な山稜を走っている。また、この地域は「エ」国の主要なコーヒー産地であり、井戸掘削用地の確保すら困難なことがある。上記地域に限らず、地下水探査に当たっては事前に当該ワレダ事務所や小都市水道局など関係者から事前に情報を得ておき、実際の探査や試掘は乾期に実施することを計画する。
- (5) 「エ」国では現在、世界銀行、アフリカ開発銀行融資により、UNICEF の WASH プログラムと協調した地方給水計画が推進されている。また、EU 支援による 15 都市給水計画や「エ」国資金による中小都市給水計画が進行中の地域もある。しかしながら、調査対象地域に於いてはこれらの各計画がどのように進行しているか不明なところが多いので、本格調査においては水資源省、オロミア州及び南部諸民族州の水資源開発局から十分な情報収集を行い、計画内容や進行状況を把握した上で、給水計画を策定する必要がある。また、その内容についてはカウンターパート機関と調整を行う必要がある。とくに、融資プロジェクトと贈与プロ

プロジェクトの仕分けや、地元負担割合等に関する水資源省の基準について十分な情報収集により、給水計画策定時に調整を行うことが肝要である。

- (6) 小都市では給水施設の規模により、タウン（小都市）水道局（Town Water Supply Office または Enterprise）あるいは水管理委員会（Water Management Committee）が設立されている。また人口 2000 人程度の小都市で給水施設がないところでは水管理委員会もない。本件調査においては、各州水資源開発局の給水施設運営維持管理方針やゾーン、ワレダ及び各小都市における給水維持管理の実態（施設、機材、運営規則、経営内容、組織、人員、技術力等）を把握して問題点を明らかにし、給水計画策定に反映させるものとする。
- (7) 本調査では小都市の給水計画（案）の策定を目的としており、実施の段階において給水施設の建設を行う際には、表流水への影響があるとして、JICA 環境社会配慮ガイドラインにおいてカテゴリ B として実施する。