

戸掘削地点が航空写真判読などの水理地質的な検討を行わずに選定されたためと考えられる。また、揚水を開始したところ、揚水量の大幅な低下が発生する問題が生じているが（DEB-1）、これの原因として揚水試験の技術的問題と井戸構造上の問題の、大きく2つの原因が考えられる。揚水試験の技術的問題としては、段階揚水試験が3段階しか行なわれておらず、最適揚水量が把握されていないことがあげられる。井戸の構造上の問題としては、スクリーンのスリット開口幅が0.5 mm～0.75 mmと岩盤の帯水層としては細かすぎることで、ほとんどフルスクリーンでスクリーン周囲への砂利充填が、ほぼ井戸全体にわたり地表付近まで充填されているため、地表付近の沖積層中の浅い地下水からも取水される井戸構造となっていることが挙げられる。以上のことから、デバルワにおいては地下水を水源として開発することは十分に可能と考えられるが、井戸掘削地点の選定、揚水試験、井戸の設計には十分な注意が必要である。なお、今回の現地調査の結果、地下水の開発候補地点の一つとして生産井B-18付近の泉（位置は図2.6.4参照）が挙げられる。この付近では河川（ワジ）沿いに泉が点在しており流水が見られる。魚が生息しており1年中涸れることは無い。周辺で野菜栽培が行われている灌漑地域であるうえ泉に家畜が集まっているものの、水質はアンモニア、硝酸性窒素が非常に低く、塩分濃度がやや高め（水質基準内）であることから、雨水や浅い地下水ではなく、滞留時間の長い深い地下水が湧き出している可能性が高い。地質的には下部のシスト（片岩）と上部の玄武岩・硬質のラテライトの境界付近からの湧水が見られる。この地域の周辺は新規井戸の候補地として推奨される。

6-2 メンデフェラ

メンデフェラについては、基本設計の対象外となっているため、給水施設設計上の問題点については記述しない。

(1) 給水事業に係る行政組織

メンデフェラ市の給水事業運営体制は、表2.6.7に示すとおり合計16人体制となっており、加えて数人の守衛がいる。会計係りと出納係りは市役所全体の会計係りと出納係りが兼任している。なお、市の組織図は調査期間中に入手することができなかった。

メンデフェラ市の給水事業運営の1999年～2004年の収支を表2.6.8に示す。最近6年間のうち4年は赤字であったが、6年間を総計するとほぼ収入と支出が均衡しており、黒字経営となっている。2003年の赤字額が大きいですが、これは配電工事費を支出したためである。

表 2.6.7 メンデフェラ市の給水事業運営体制

部門	人数
給水長	1 人
会計係り	(1 人) 市役所全体の会計
出納係り	(1 人) 市役所全体の出納
集金係り	1 人
ポンプ運転係り	4 人
配管メンテナンス係り	3 人
公共水栓水売り人	3 人
運転手	2 人
守衛	数人

出典：メンデフェラ市給水長からの聞き取り調査

表 2.6.8 メンデフェラ市給水事業の収支 単位：ナクファ(Nkf)

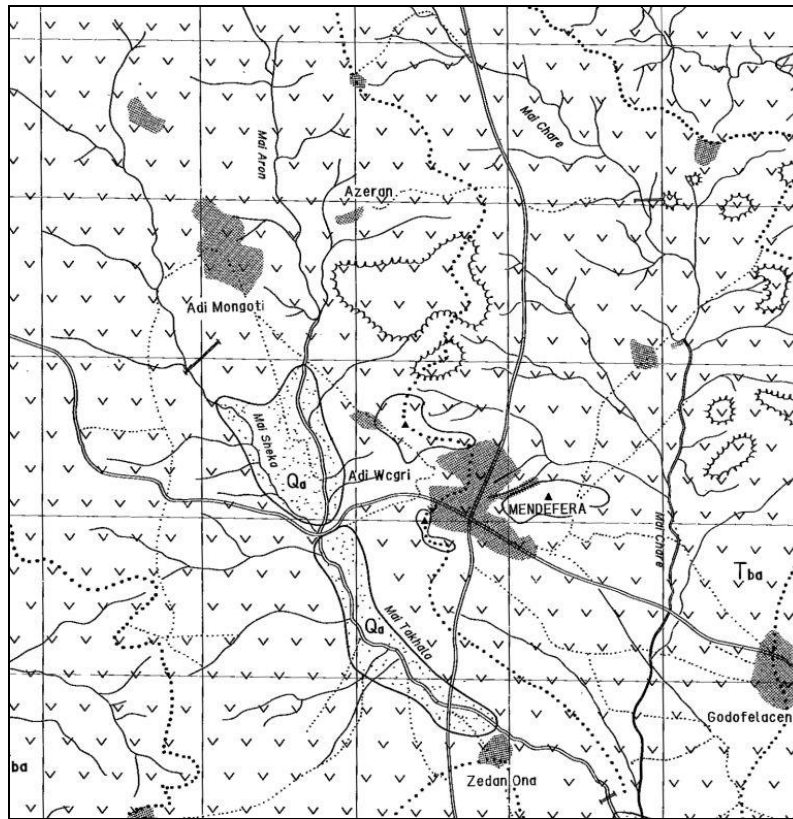
年度	収入	支出	収益
1999	563,959.39	350,384.96	213,574.43
2000	207,227.62	252,076.43	- 44,848.81
2001	555,870.81	557,681.99	- 1,811.18
2002	701,476.37	729,779.79	- 28,303.42
2003	530,584.11	826,909.69	-296,325.58
2004	1,053,656.89	827,426.32	226,230.57
合計	3,612,775.19	3,544,259.18	68,516.01

出典：メンデフェラ市給水長からの聞き取り調査

(2) 水理地質概況

メンデフェラ周辺の地質図を図 2.6.7 に示す。メンデフェラ周辺は広く第三紀の玄武岩質の火山岩類に覆われている。比較的表土が厚く耕作地帯となっているためと思われるが、開発調査における空中写真判読ではこの地域にリニアメントは見出されていない。市街地西方のワジ沿いには沖積層が分布し、イタリア統治時代から大口径浅井戸による灌漑農業が行われている。

市街地の北部には、玄武岩の岩盤中に深さ 6m 程度の浅井戸が多数設置されており、周辺住民が飲料水の水源として利用している。一日中大勢の人が水を汲んでいるが常に水がある井戸もあり、亀裂の多い地点であれば透水性が良いことがわかる。



凡例は図
2.6.2 参照

出典：JICA エリトリア国地方都市地下水開発計画調査（1998年インテリムレポート）

図 2.6.7 メンデフェラ周辺の地質図

(3) 人口

メンデフェラの2005年の人口は、市長からの聞き取りによれば58,600人とのことであったが、これは周辺の村落を全て含むものであり、都市給水の対象となる人口は約34,000人とのことであった。デブ州の統計局によると、メンデフェラの2005年の人口は55,622人で、これも周辺の村落を含む人口とのことであった。ここでは、都市給水の対象となる市区の人口をメンデフェラの人口とする。

1998年のJICAの開発調査による人口予測と、実際の人口の推移を次の図に示す。この図に示されるように、開発調査の予測人口と実際の人口はほぼ同じである。1998年から2000年にかけてのエチオピアとの国境紛争時には、国境付近から多くの避難民がメンデフェラ近郊に流入したが、その多くはすでに元の地域に戻っている。現在も多少は残っていると思われるが、町に溶け込んでおり実態は不明である。避難民キャンプは存在しない（以上は市長からの情報による）。

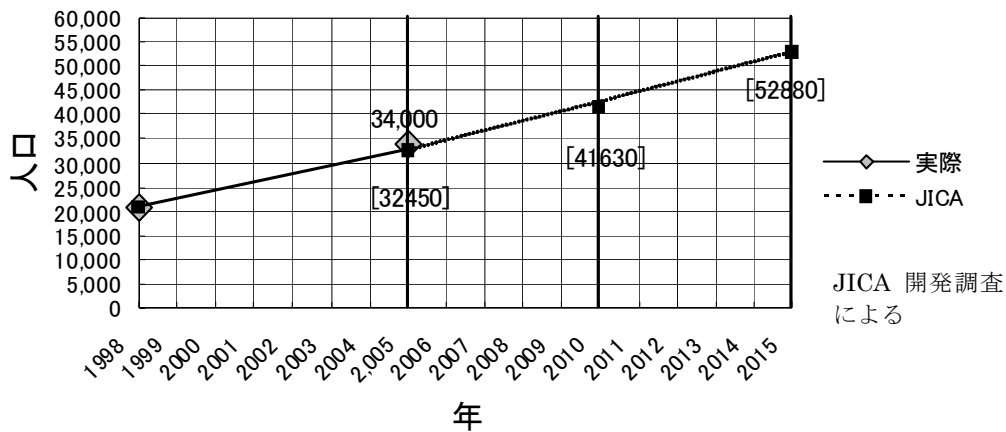


図 2.6.8 メンデフェラの人口予測

(4) 給水実態

a. 給水人口

人口 34,000 人の内、パイプ給水（共同水栓含む）42%、タンカー給水56%、その他（手掘り浅井戸など）2%の比率である（市の水道部からの情報）。

b. 実際の水使用量と目標給水量

実際の水使用量は平均で8~12lit/人/日であり、目標とする平均給水量は45lit/人/日であるとのこと（市長からの聞き取りによる）。

c. 水源

現在稼動している水源は、1基のダム、4本の大口径浅井戸、1本の水中ポンプ付き深井戸、1本の村落給水用ハンドポンプ付き深井戸である。表 2.6.9 にメンデフェラの現在稼動している水源を示す。この表に示すように、9月から3月までの雨季の送水量は792m³/日、乾季では582m³/日となる。市内には8本の手掘り浅井戸があり、水質は衛生的ではないが、多くの市民が水不足を補うために利用している。

表 2.6.9 メンデフェラの現況水源

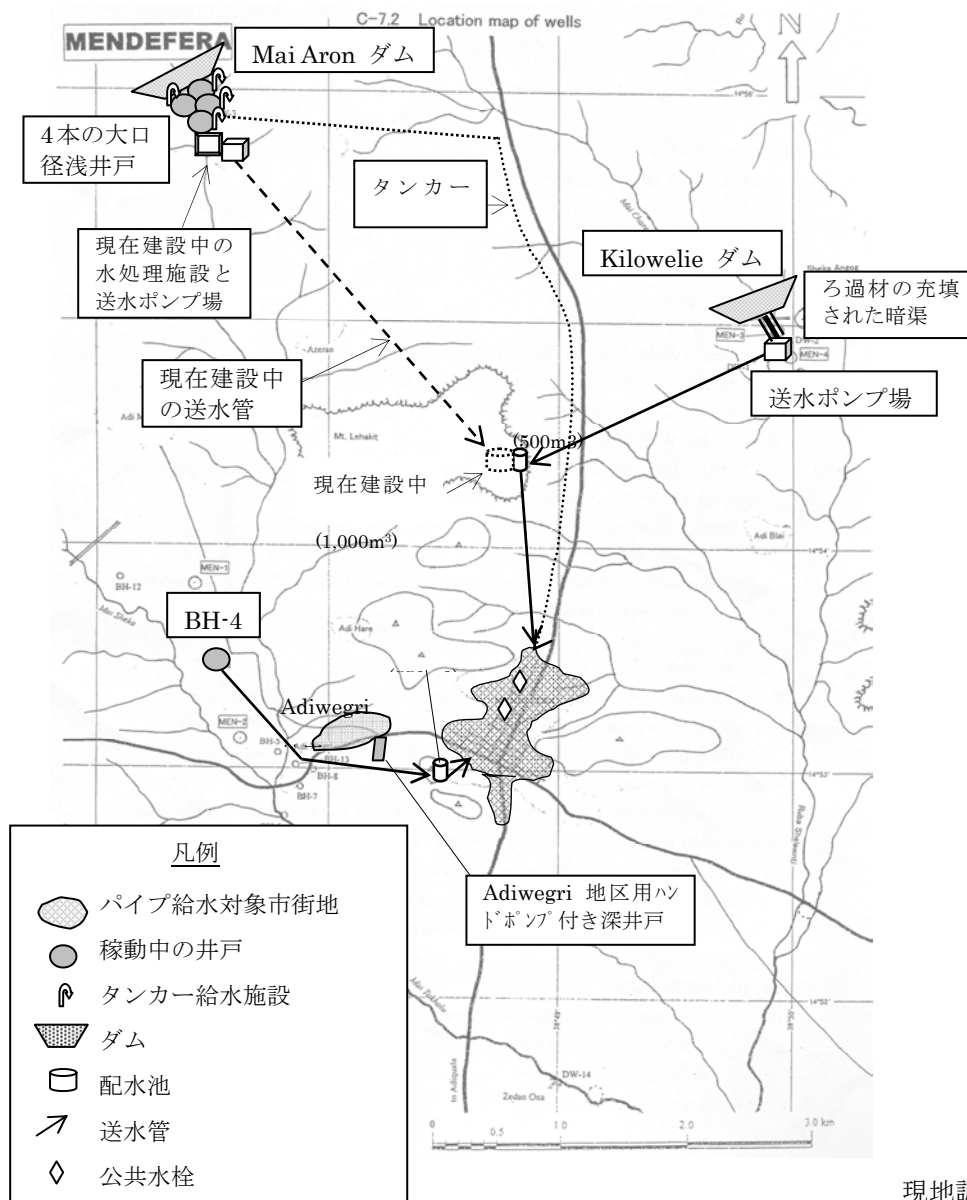
水源	パイプ給水 (m ³ /日)	タンカー給水 (m ³ /日)	計(m ³ /日)	村落給水 (m ³ /日)	備考
Kilowelie ダム	(210)	0	(210)		9月から3月までの雨季の6ヶ月間しか送水できない
4本の大口径浅井戸 (UNICEF 建設)	0	550	550		Mai Aron ダム直下流、ダムからの浸透水の揚水を図る
BH-4	32				唯一稼動中の深井戸
ハンドポンプ付き 深井戸	0	0	0	(10)	Adiwegri 地区の給水用
合計	乾季：32 雨季：242	550	乾季：582 雨季：792	(10)	

現地調査による

上表に示すように、タンカーによる給水が全体の70%から95%程度を占めている

d. 給水施設

メンデフェラの現況の給水施設の概要を、次の図に示す。



現地調査による

図 2.6.9 メンデフェラの送・配水施設の現況

メンデフェラの送・配水管網は、1941年にイタリアにより建設された非常に古いものであるが、当時の配水管網図は残されている。公共水栓は5基あるが2基しか稼動していない。各戸給水のメーターは、ほとんど問題なく作動している。

給水タンカーは市所有が2台、民間が13台である、その内訳は、民間所有：17m³、12m³、12m³、11.4m³、10m³、11m³、9.6m³、8m³、7.2m³、6m³、7m³、8m³、市所有：15m³、14.6m³、の合計容量156.8m³である。

給水の頻度は、パイプ給水で3日/週程度で給水時間は7:00～12:00（5～6時間/日）である。タンカー給水は4日から5日ごとに市内を巡回している。

e. 水道料金

水道料金は次のように設定されている。

- －各戸給水：生活用水 4Nkf/m³、工業・商業・公共用水 6Nkf/m³
- －公共水栓：5Nkf/m³（10cent/20lit）
- －タンカー給水：市所有、民間所有にかかわらず 4Nkf/m³ で購入し 25Nkf/m³ で販売して

いる。

水道メーターのレンタル料は生活用水で 5Nkf/月、工業・商業・公共用水で 10Nkf/月である。

f. 不明水

盗水、公共機関などの料金不払いは基本的に無い。ただし、メンデフェラ市の送・配水管網は 1941 年にイタリアにより建設された非常に古いもので、リハビリもほとんど行なっていない(市内の配水管網図のコピーを受領)。このため、実際に計測したことはないが、漏水率は 25%~40% 以上に及ぶものと想定される(市の水道部による)。

(5) 現在進められている給水施設建設工事

1) UNICEF の水源施設、送水施設建設プロジェクト

UNICEF が USAID の資金で Mai Aron ダムの直下流に 4 本の大口径浅井戸を掘削し、ここを水源としてタンカー給水が行なわれている(図 2.6.9 参照)。4 本の大口径浅井戸の揚水量は、それぞれ 6lit/秒、5lit/秒、3.8lit/秒、2lit/秒、合計約 17lit/秒である。これらの 4 本の大口径浅井戸から、15 台のタンカーが 1 日あたり 3 回から 4 回揚水している。このことから、4 本の大口径浅井戸の揚水量は約 550m³/日 (156.8m³ x 3.5) 程度と推測される。

これらの 4 本の大口径浅井戸から、現在建設中の新規北部配水池への送水管敷設工事が同じく UNICEF により行なわれており、150m³の送水池と送水ポンプ場の建設とともに、緩速ろ過装置の建設も進められている(処理能力 17lit/秒)。これは、将来 Mai Aron ダムの水を直接利用するため、水処理施設も建設しているとのことで、将来は 4 本の大口径浅井戸を使用しない計画である。このことは、ダム直下流にダムからの浸透水を期待して大口径浅が多数建設されているが、実際の経験からダムからの浸透水がほとんど期待できないことを示している。

また、UNICEF は現在の北部配水池(500m³)の横に、Mai Aron ダムからの送水を受けるために 1,000m³の配水池を建設中である。新配水池は、Kilowelie Dam からの送水も受ける予定となっている(図 2.6.9 参照)。

2) KfW によるフィージビリティ調査

KfW は、2004 年 11 月からメンデフェラの給水施設建設のフィージビリティ調査を実施しており、2005 年の 6 月に調査が完了する見込みである。このフィージビリティ調査の結果に基づき、KfW の資金援助でメンデフェラの給水施設が建設されることになる。

(6) 給水の問題点

a. 水需給

開発調査が行なったメンデフェラの水需要予測を、次の図に示す。

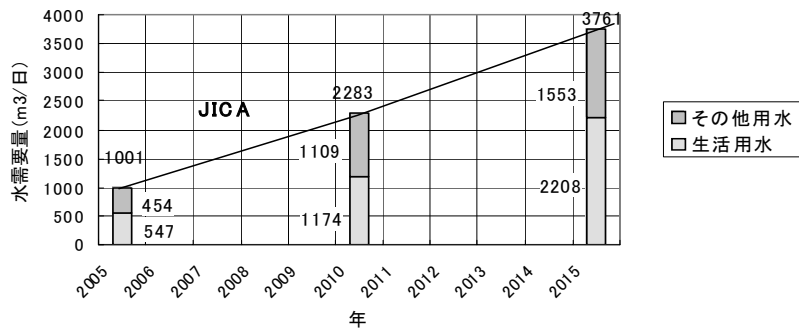


図 2.6.10 メンデフェラの開発調査による水需要予測

前図に示した開発調査の水需要予測では、最大需要量を考慮し平均日需要量の 1.2 倍の値を採用している。開発調査の水需要予測によれば、2005 年の水需要は 1,001m³/日であるのに対し、実際の水供給量は 582 m³/日から 792 m³/日である。2005 年の開発調査の人口予測は、実際の人口とほぼ同じであることから(図 2.6.8 参照)水需要予測量も現況の水需要とほぼ同じと考えられ、現況の水供給ギャップは 200 m³/日から 400 m³/日と大きいと判断される。

b. 水源

メンデフェラでは、上述のように水源の不足が問題となっている。現在実施されている UNICEF のプロジェクトでは、これ以上の水源開発が行なわれないこととなっているため、早期の新規水源開発が必要である。

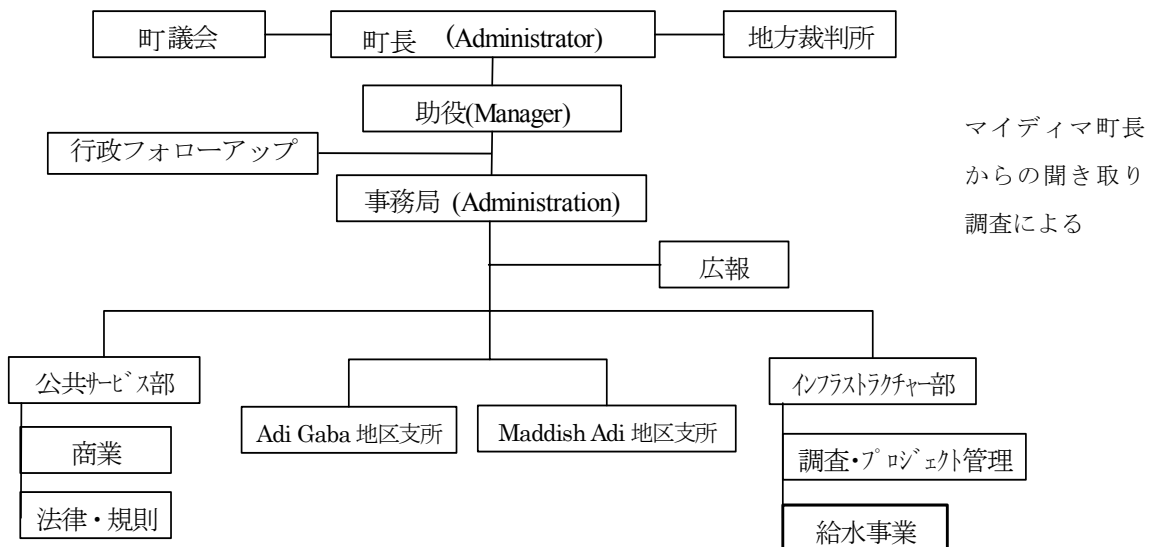
c. 配水管網

メンデフェラの送・配水管網は 1941 年にイタリアにより建設された非常に古いもので、リハビリもほとんど行なっていない。このため、漏水率は 25%~40%以上と高いものと想定され、早期の新設が必要である。

6-3 マイディマ

(1) 給水事業に関する行政組織

マイディマの組織図を図 2.6.11 に示す。



マイディマ町長からの聞き取り調査による

図 2.6.11 マイディマ町役場の組織図

マイディマでは、公共水栓 1ヶ所のみで給水を行っており、給水事業運営体制は、表 2.6.10 に示すとおり、給水長の他はポンプ係り 1人と公共水栓の水売り人が 2名のみで、会計係りと出納係りは町役場全体の会計係りと出納係りが兼任している。

マイディマの給水事業運営の収支を表 2.6.11 に示す。2003 年から給水が開始されたため 2003 年と 2004 年の 2 年間のデータしかない。小規模の給水施設のため収入額は 2004 年度で 33,237 ナクファ（約 236,000 円）と非常に小さいが、黒字となっている。

表 2.6.10 マイディマの給水事業運営体制

部門	人数
給水長	1 人
ポンプ係り	1 人
公共水栓水売り人	2 人
会計係り	(1 人) 町役場全体の会計
出納係り	(1 人) 町役場全体の出納

マイディマ町長からの聞き取り調査

表 2.6.11 マイディマの給水事業の収支 単位：ナクファ(Nkf)

年度	収入	支出	収益
2003	12,211.90	11,310.00	901.90
2004	33,237.25	18,000.00	15,237.90
合計	45,449.15	29,310.00	16,139.80

マイディマ町長からの聞き取り調査

(2) 水理地質概況

マイディマの地質図は入手できなかった。現地踏査で確認したところ、マイディマ周辺は先カンブリア時代の花崗岩類が広く分布している。

既存の主要水源はワジ底の堆積層中のピットで、堆積物は花崗岩が風化した真砂が運搬・堆積したもので、粗い粒子の石英と長石の砂粒からなる。深井戸を掘削する場合は、花崗岩が真砂化している風化帯が厚い地点か、亀裂の多い破碎帯を選定する必要がある。ECDF による深井戸は 13 本中 3 本（2 本は隣接しているため 2 箇所のみ）しか成功していないが、地質的には井戸の成功率は高い地域と判断される。

(3) 人口

マイディマの 2000 年の人口は 8,000 人程度であったが、2005 年の人口は、町長からの聞き取りによると 16,300 人と異常に増えている（デブブ州の統計局からの聞き取りでも 2005 年のマイディマの人口は 16,039 人であった）。この理由としては、行政区画の変更により近隣の地域が、新たに町に組み込まれたためである。

2001 年の ECDF による給水事業の F/S による人口予測、および実際の人口の推移を次の図に示す。

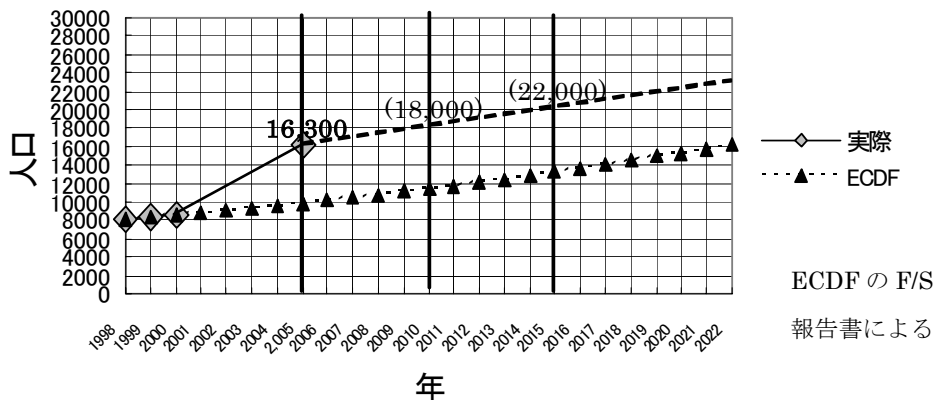


図 2.6.12 マイディマの人口予測

前図に示されるように、ECDFの人口増加率と同じ割合で人口が推移していった場合、マイディマの人口は2010年で約18,000人、2015年で約22,000人程度になるものと予想される。

1998年から2,000年にかけてのエチオピアとの国境紛争時には、国境地域から多くの避難民がマイディマに流入した。その多くはもとの町へと帰還したが、まだ約50家族程度が在留しているようである。しかし、その詳細は不明であるとのことである（町長からの情報による）。

(4) 給水実態

a. 給水人口

現在の人口約16,300人が、1本の深井戸(PW-1)から安全な水60m³/日を、町外れの公共水栓から得ているのが現状である。

b. 実際の水使用量と目標給水量

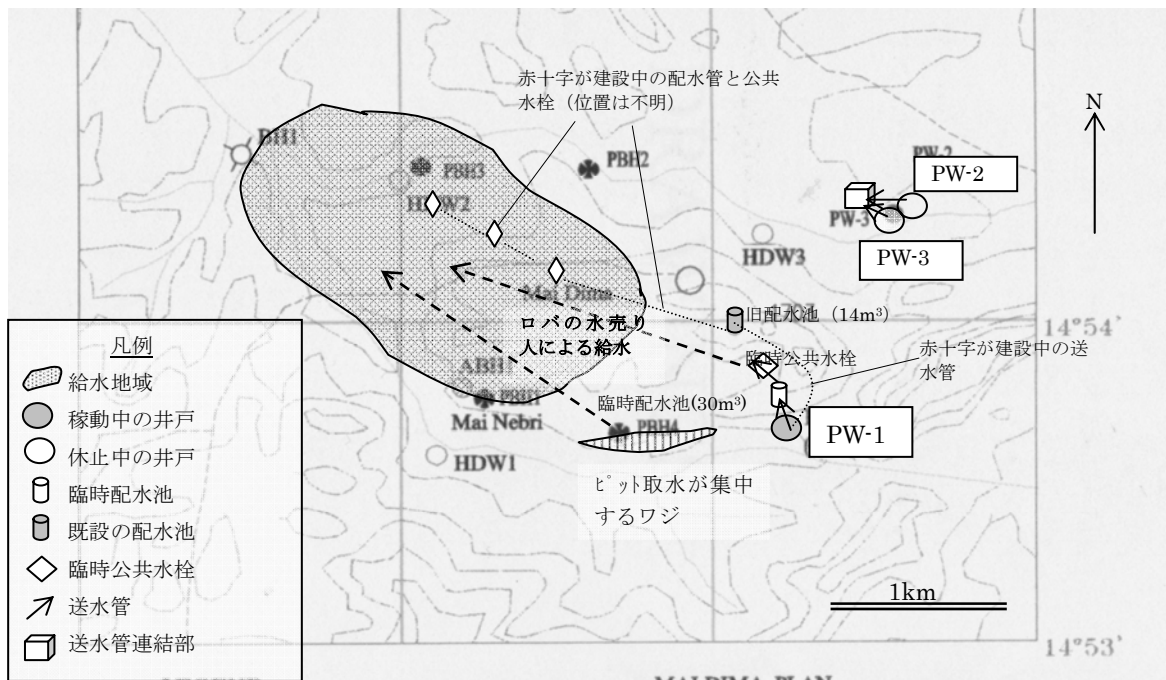
現況給水量は、現地調査によると60m³/日（町から約1km離れた公共水栓）であると想定されることから、現在の人口約16,300人で平均すると、現状の平均水使用量は3.7lit/人/日程度と非常に少ないと想定される。副町長によると、目標給水量は25lit/人/日であるが、現状と大きな隔たりがある。

c. 水源

マイディマの現在の水源は、町の南東のはずれに位置するPW-1のみであり、揚水量は60m³/日である。不足分は町のそばを通るワジの河床にピットを掘って得られる水に頼っている。ただし、ワジの河床の水も乾季には涸れてしまうとのことである。ECDFのプロジェクトで2004年に建設された2本の井戸（PW-2、PW-3）は、配水管工事が行なわれていないため、使用されていない。

d. 給水施設

マイディマの現況の給水施設の概要を、次の図に示す。



現地調査による

図 2.6.13 マイディマの給水施設の現況

現在稼動している唯一の水源である PW-1 は、ECDF が 2003 年に町の南東に掘削した深さ 70m の Vertical Pump と Diesel Engine 付きの深井戸である。約 100m 離れた布製の仮の 30m³ の配水池に繋がっている。仮の配水池からは、ここから約 50m 離れた公共水栓に向け送水されている。PW-1 の揚水能力は 3lit/秒で、現在の揚水量は 60m³/日（仮の配水池を 1 日 2 回満たしている）。現在赤十字が、PW-1 から約 600m 離れた旧配水池（1966 年建設、容量約 15m³）に送水管を敷設し、その配水池から町内に新設する 3 基の公共水栓に配水する工事を現在行なっている。この公共水栓に直接水を汲みに来る住民もいるが、大半はロバの水売り人がここで水を買って、町内で売っている。マイディマには、既設の配水管は無い。

同じ ECDF のプロジェクトでは、さらに 2 本の井戸が建設されている (PW-2、PW-3)。PW-2、PW-3 の深度は、それぞれ 90m と 95m であり、この 2 本の井戸の距離は 50m 程度と近接している。2 本の井戸には水中ポンプが取り付けられ、同じヤードに発電機の建物が建設されている。PW-2、PW-3 の揚水能力は、それぞれ 1.5lit/秒、3.0lit/秒である。2 本の井戸からは配水管が伸び、2 本の配水管は連結されているが、連結部からの送水管や配水管工事は行なわれないうままになっている。

このほかに、前述したように町のそばを通るワジの河床にピットを掘って不衛生な水を汲み、この水をロバの水売り人が町内で売っている。登録されているロバの水売り人の数は 21 名とこのことである。

e. 水道料金

公共水栓からドラム缶付き台車を引いたロバの水売り人が 3Nkf/200lit で町から水を買って、10 倍の値段の 3Nkf/20lit（30Nkf/200lit）で町の住民に小売している。直接水を汲みにくる住民には、0.25Nkf/20lit で販売している。ワジの河床のピットからの水は、ロバの背に水袋を背負わしたロバの水売り人が 4Nkf/80lit（1Nkf/20lit）で町の住民に販売している。町に登録してい

るロバの水売り人は、水袋1杯80lit売り上げるごとに、税金として1Nkfを町に収めている。

(5) ECDFの給水施設建設工事

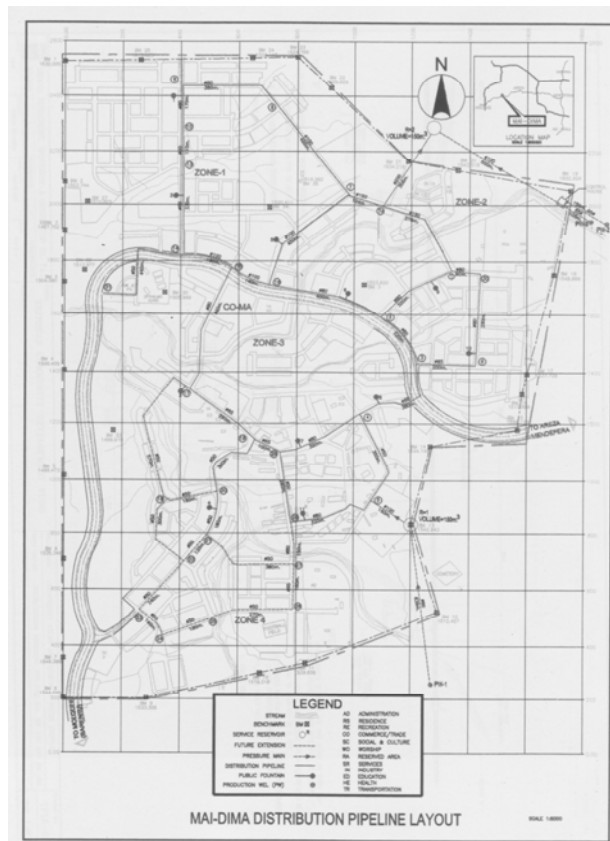
ADBの資金援助を受けECDFが、2001年のF/Sと詳細設計に基づき、2003年にマイディマの給水施設建設工事を行なった。しかし、この工事は水源施設である井戸3本の掘削と、水中ポンプ取り付けや発電機の取り付けなどの、水源施設に限定されるものであった。その理由としては、工事資金不足や水源開発量が十分ではないなどが挙げられているが、明確な理由は示されなかった。このプロジェクトで完成された水源施設（深井戸）は、次の表に示すとおりである。

表 2.6.12 マイディマで現在までに開発された水源

水源（深井戸）	揚水能力(Lit/秒)	揚水量（m ³ /日）*	備考
PW-1	3.0	194	稼動中
PW-2	1.5	98	休止中
PW-3	3.0	194	休止中
合計	7.5	486	

ECDF レポート 2005 年による、*：1日18時間揚水として算定されている

図 2.6.14 に、2012 年を計画目標年次とした配水管網図を示す。給水施設工事は、水源開発（井戸掘削）、送水管敷設、配水池建設、配水管敷設、公共水栓建設などから成る。3本の井戸掘削、水中ポンプ取り付け、発電機取り付けなどの水源施設建設にかかった費用は600万Nkf（約42,000千円）とされ、2012年を目標年次にして詳細設計が行なわれている送水管、配水管敷設工事などのいわゆる”Civil Works”建設にかかる費用は、契約ベースで1千8百万Nkf（約126,000千円）程度とされている（デブブ州土木・プロジェクト管理部技師による）。このように、目標年次2011年を対象とした、水源施設の大半は完成し、給水施設（配水池、配水管網、共同水栓、消火栓など）の詳細設計も完了している。



ECDF の F/S 報告書より

図 2.6.14 マイディマの 2012 年を目標年次とした配水管網の設計図面

(6) 給水の問題点

a. 水需給

マイディマの現在の給水量は $60\text{m}^3/\text{日}$ であると想定されることから、人口約 16,300 人で平均すると、現状の平均水使用量は $3.7\text{lit}/\text{人}/\text{日}$ 程度と極めて少なく、水不足が非常に深刻である。このため、早急に給水量を上げる必要がある。

b. 送・配水管網

水源施設がほぼ完成していることから、送・配水施設を早急に建設する必要がある。マイディマの“Final Design Report, Feasibility Study & Design of Water Supply Project, Dec. 2001, ECDF”によると、現在完成している 3 本の井戸の揚水能力は $7.5\text{lit}/\text{秒}$ であり、18 時間運転で計画されている。これによると $486\text{m}^3/\text{日}$ の揚水がなされ、現在の人口が 16,300 人であることから、平均して約 $30\text{lit}/\text{人}/\text{日}$ の給水が可能となる。これは、水資源が比較的豊富であるとされるデケムハレの $24\text{lit}/\text{人}/\text{日}$ よりもはるかに多い量である。住民が現在 $4\text{lit}/\text{人}/\text{日}$ 以下の給水しか受けられず、きわめて厳しい水不足に苦しんでいるが、水源設備がすでに完成し、送・配水施設の建設あるいは簡単な公共水栓の設置だけでこの問題が解決することが明白であるのに、なぜ建設が中断されているのか理由は明らかにされていない。特別な理由（たとえば水売り人組合の反対など）があるのかもしれない。

(7) 給水施設設計上の問題点

a. 水需要予測

次図に、ECDF が 2002 年の F/S で行なったマイディマの水需要予測を示す。

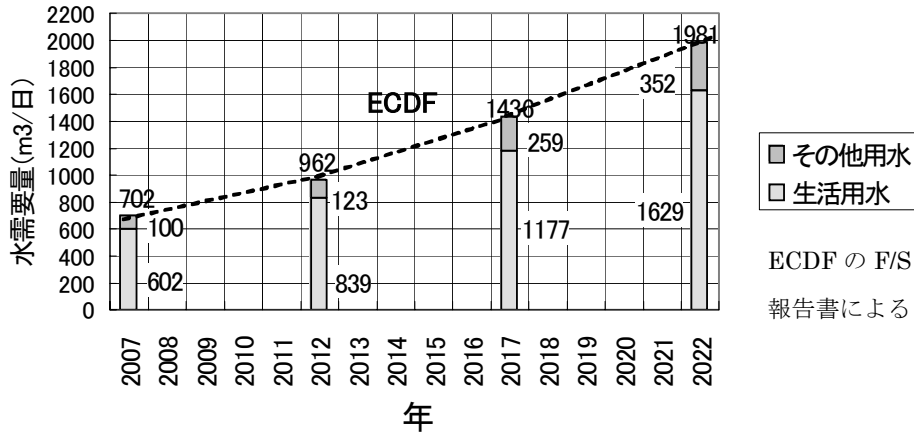


図 2.6.15 マイディマの ECDF による水需要予測

この水需要予測では、図 2.6.12 に示した低い人口予測値に基づき算定されているが、計算にあたっては表 2.6.13 の右列に示す条件が採用されている。これに示すように、ECDF では給水原単位を著しく大きく設定しており、給水率も初めから 100% に設定している。また、開発調査の計画では考慮されていなかった消防用水が加えられている。しかし、現在の平均給水量が 4lit/人/日以下の町に対し、表 2.6.13 に示すような著しく多い給水原単位を設定し、急激に給水量を増やす計画は現実的ではないと判断される。このため、マイディマについても開発調査計画で採用している段階的改善計画を採用するべきと考えられる。JICA の開発調査に基づく、マイディマは町の規模からセゲネイティとほぼ同じ条件と考えられ、表 2.6.13 の左列に示すような条件が設定されるものと考えられる（「6-5 セゲネイティ」参照）。

表 2.6.13 マイディマの開発調査方式の水需要予測条件と ECDF の水需要予測条件

開発調査 (セゲネイティの場合)					ECDF				
計画 目標年次	HC	YC	PF	給水率	計画 目標年次	HC	YC	PF	給水率
2005	28	22	15	68.1%					
	17%	22%	61%						
2010	30	24	15	84.1%	2012	120	100	25	100%
	19%	24%	56%			15%	20%	65%	
2015	35	27	15	100%					
	22%	27%	51%						
					2022	120	100	30	100%
						30%	33%	37%	

JICA 開発調査報告書、ECDF の F/S 報告書による
上段は給水原単位 (lit/人/日)、下段はその人口比率

HC : ハウスコネクション、YC : ヤードコネクション、PF : 公共水栓

上表に示した開発調査の条件で、計画目標年次 2010 年および 2015 年の水需要量を人口予測に基づいて予想すると、次の表に示すようになる。その他用水量の予測では、条件が類似しているセゲネイティの、生活用水とその他用水の比率から類推した。

表 2.6.14 マイディマの開発調査の条件に基づく 2010 年、2015 年の修正水需要予測

計画目標年次	2010	2015
予測人口 (図 2.6.12 参照)	18,000	22,000
セゲネイティでの生活用水とその他用水の比率 ^a (その他用水量/生活用水量) *	0.9	0.7
水需要量 (m ³ /日) **		
生活用水 ^b	322	596
その他用水 (b x a)	290	420
合計 ^c	612	1,016
現況水源量 ^d (m ³ /日)	486	486
必要水源量 (m ³ /日) (c-d)	126	530

* : JICA 開発調査報告書による、** : 日最大水需要量

b : 予測人口をもとに表 2.6.13 の開発調査条件に従って算出、 d : 表 2.6.12 参照

上表に示すように、計画目標年次 2010 年の水需要を考えた場合、現況の水源量はその 80%をすでに満たしていると考えられ、新規水源開発ではなく、井戸の運転時間を延長することで対応できる (計画運転時間は 18 時間)。2015 年を計画目標年次とした場合は、約 500m³/日程度の水源開発が必要であると予想される。

b. 水源開発

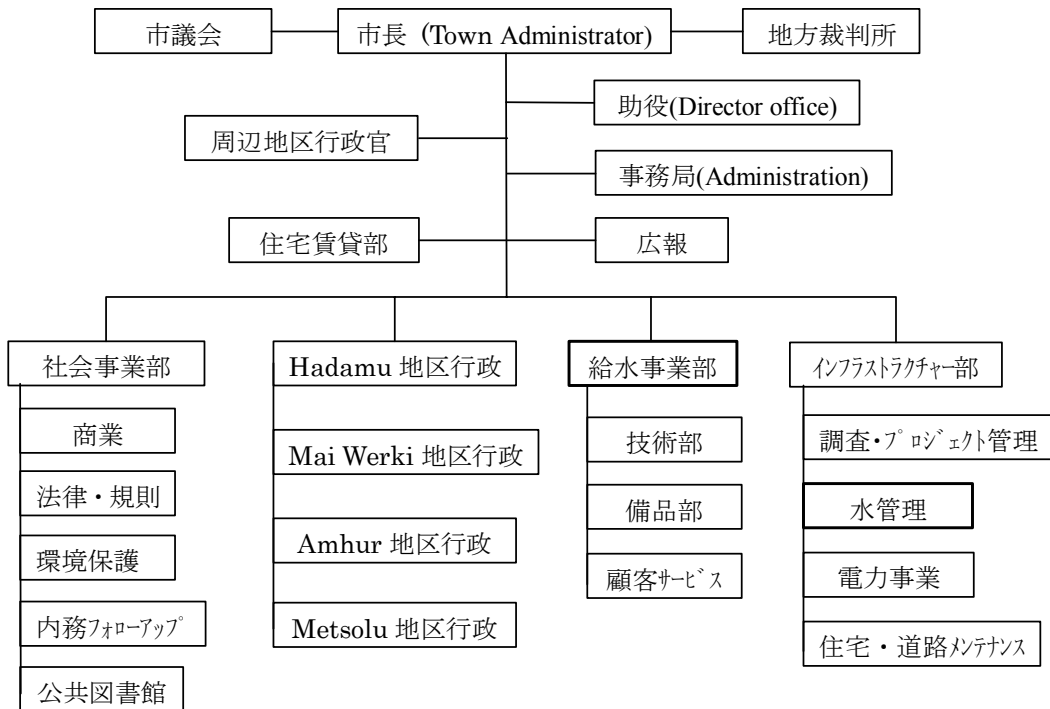
マイディマでは 2003 年に井戸を 13 本掘り、3 本の成功井を得たがその内の 2 本は近接した地点で掘られていることから、実質的な成功井戸は 2 本である。このように、デバルワほどではないが、井戸の成功率は低い。この原因としては、デバルワと同様に、井戸掘削地点の選定や井戸構造に問題があったものと想定される。

マイディマにおいては、帯水層が地下水を比較的多く含む花崗岩の風化帯や裂隙帯であることから、地下水を水源として開発することは十分に可能と考えられるが、井戸掘削地点の選定、揚水試験、井戸の設計には十分な注意が必要である。

6-4 デケムハレ

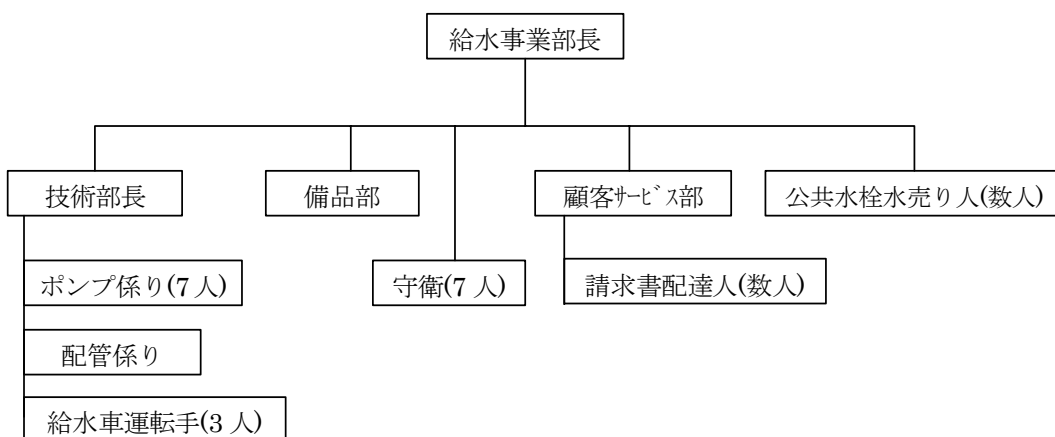
(1) 給水事業に関する行政組織

デケムハレ市役所の組織図を図 2.6.16 に示す。給水事業を行っている給水事業部の組織図を、図 2.6.17 示す。正確な人員は判明しなかったが、約 26 人～30 人体制となっており人員規模は調査対象の 6 つの地方都市のうちで最も大きい。



デケムハレ市提供資料

図 2.6.16 デケムハレ市役所の組織図



デケムハレ市給水事業部提供資料

図 2.6.17 デケムハレ市給水事業部の組織図

デケムハレ市の給水事業運営の収支を表 2.6.15 に示す。1999 年～2004 年の 6 年間は全て黒字となっており、平均 19%の利益率がある。2004 年の収入は約 115 万ナクファ（約 820 万円）あり、6 つ

の都市のうち最も多い。健全な給水事業経営が行われている。

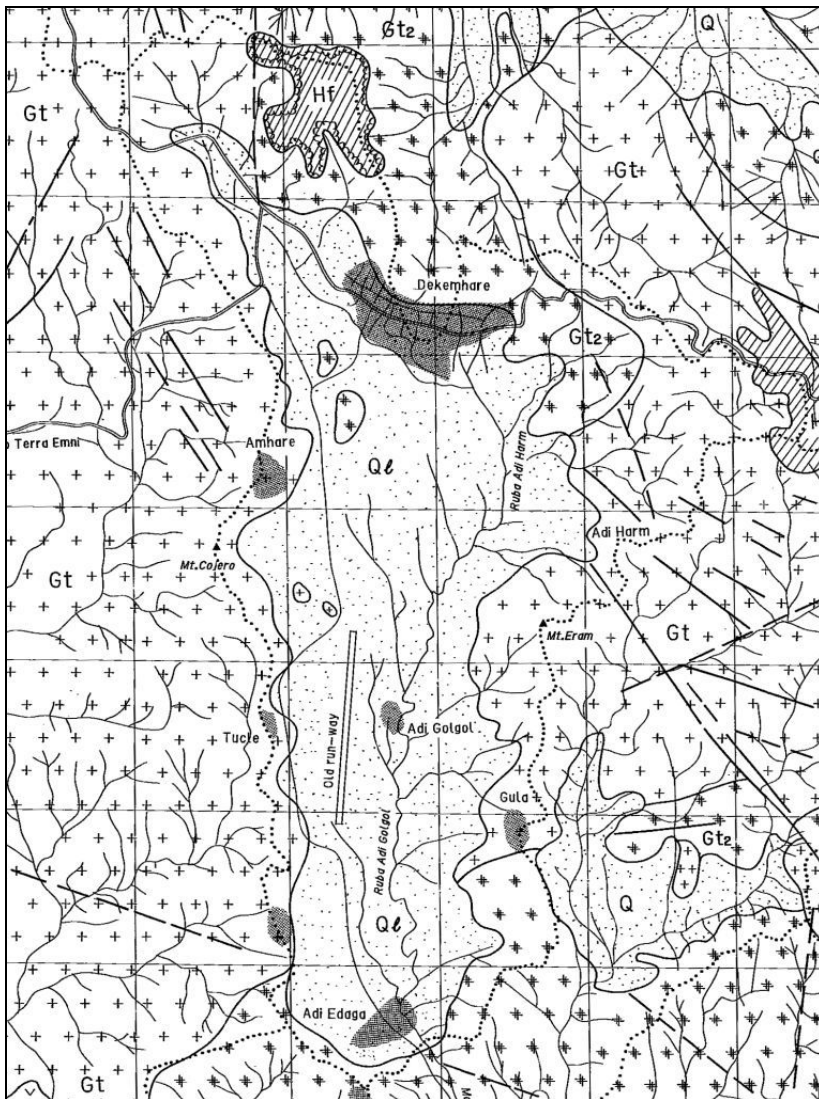
表 2.6.15 デケムハレ市給水事業の収支 単位：ナクファ(Nkf)

年度	収入	支出	収支
1999	495,481.95	300,588.60	194,893.35
2000	442,297.74	293,581.19	148,716.55
2001	583,427.09	479,725.14	103,701.85
2002	627,799.11	604,069.75	23,629.36
2003	643,480.10	558,776.37	84,703.83
2004	1,154,543.46	973,029.02	181,514.44
合計	3,947,029.45	3,209,770.07	737,159.38

出典：デケムハレ市給水事業部提供資料

(2) 水理地質概況

デケムハレ周辺の地質図に空中写真判読によるリニアメントを記入したものを、図 2.6.18 に示す。



凡例は図
2.6.2 参照

出典：JICA エリトリア国地方都市地下水開発計画調査（1998年インテリムレポート）

図 2.6.18 デケムハレの地質図とリニアメント

デケムハレ周辺には先カンブリア時代の花崗岩類が広く分布する。市街地は水系の北部に位置し、北から南に流れるワジに沿って広く沖積層が分布する平原となっている。沖積層の平原の周囲は花崗岩の山地に囲まれており盆地状の地形となっている。沖積層は薄く堆積しており、花崗岩が風化しその場に残留した残積土（真砂）が沖積層の平原にしばしば露出している。この地域には既存の深井戸が多数あるが、全て花崗岩の風化帯中から揚水しており、不成功の井戸は希である。

市街地付近には多数の井戸があるが、今回の予備調査で水質を検査したところ、浅井戸および深井戸とも市街地近辺では硝酸性窒素濃度が高い。この地域で地下水を開発する場合、水質の分布に留意する必要がある。

(3) 人口

1998年のJICAの開発調査による人口予測と、実際の人口の推移を次の図に示す。この図に示されるように、実際の人口はほぼ開発調査の予測のとおり推移しており、2005年の開発調査の予測人口が32,450人に対し、実際の人口は市長によると約34,000人（デブブ州の統計局によれば42,687人）である。市長からの聞き取りとデブブ州の統計局の聞き取りとでは人口に大きな差があるが、ここでは市の実態に詳しい市長からの聞き取りによる人口を採用した。

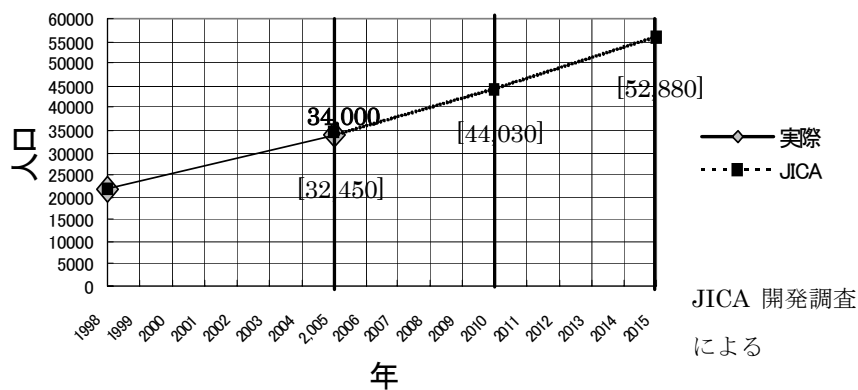


図 2.6.19 デケムハレの人口予測

この図に示されるように、開発調査の人口予測がほぼ現況に合致していることから、2010年の人口は開発調査の予測どおり約44,000人、2015年の人口は約53,000人程度になるものと予想される。

1998年から2,000年にかけてのエチオピアとの国境紛争時には、国境付近から多数の避難民が流入したが、現在はほとんど帰還している。僅かにはまだ在留しているらしいが、詳しい実態は不明とのことである（市長からの情報による）。

(4) 給水実態

a. 給水人口

人口34,000人の内、現在519戸が各戸給水契約者で、残りは共同水栓（3基稼働中）やタンカーの給水を利用。各戸給水の内訳は、市街地で515戸、Hadamu地区で4戸となっている。タンカーでの給水量が全体の80%を占める。約80%の家庭は各戸給水用のタップ（ヤードコネクション）が付いているが、タンカー給水も受けている。

b. 実際の水使用量と目標給水量

現在の総日給水量は現地調査の結果約800m³/日であり、市の人口が34,000人であることから、

一人当たりの水使用量は約 24lit/人/日となる。一方、市の給水事業部（WSS）によれば、配水管網などからの漏水のため実際の日給水量は約 420 m³/日程度に減少し、平均水供給量は 12.4 lit/人/日に下がっているとのことである。市の短期の給水量の目標は 20lit/人/日で、長期の目標は 50lit/人/日とのことである（市長からの聞き取りによる）。

c. 水源

現在の市の水源は 12 本の井戸であり、これ以外には無い。市の水源を次表に示す。

表 2.6.16 デケムハレの現在の水源

水源	目的	日揚水量 (m ³ /日)	能力 (lit/秒)	建設年	建設機関	深度 (m)
Netsalu 深井戸	Netsalu 地区の公共水栓用深井戸	17	2.3	2003	イタリアのキリスト教系 NGO	不明
Adi Harm 深井戸(BH-19)	タンカー給水用深井戸	100~170	3.5	1994	WRD	42
DEK-1 (JICA 観測井)	タンカー給水用深井戸、現在修理中	56	3.0	2001	ECDF	50.6
BH-14	タンカー給水用深井戸、近隣のゴルゴ村へも若干量給水	84~98	4.8	1994	WRD	64
DEK-2 (JICA 観測井)	タンカー給水用深井戸	182	6.0	2001	ECDF	58.5
Amhur 深井戸	Amhur 地区の公共水栓用深井戸	20	1.6	2001	British Council	42
Hadamu 大口径浅井戸	緊急用水源で現在使用していない	0	2.0	2003	WRD	9
Hadamu 深井戸	Hadamu 地区へのパイプ給水用深井戸	50	2.3	2001	ECDF	37
Bulocko 深井戸	パイプ給水用深井戸	60	1.9	1992	WRD	70
バスターミナル深井戸	バスターミナル給水用深井戸	4	1.3	2001	町	18
Enda Asale 深井戸 1	パイプ給水用深井戸	90	2.8	1991	WRD	50
Enda Asale 深井戸 2	パイプ給水用深井戸	120	2.1	2003	イタリアのキリスト教系 NGO	45
合計		783~867 (パイプ給水: 361、タンカー給水: 422~506)	33.6		—	

現地調査による

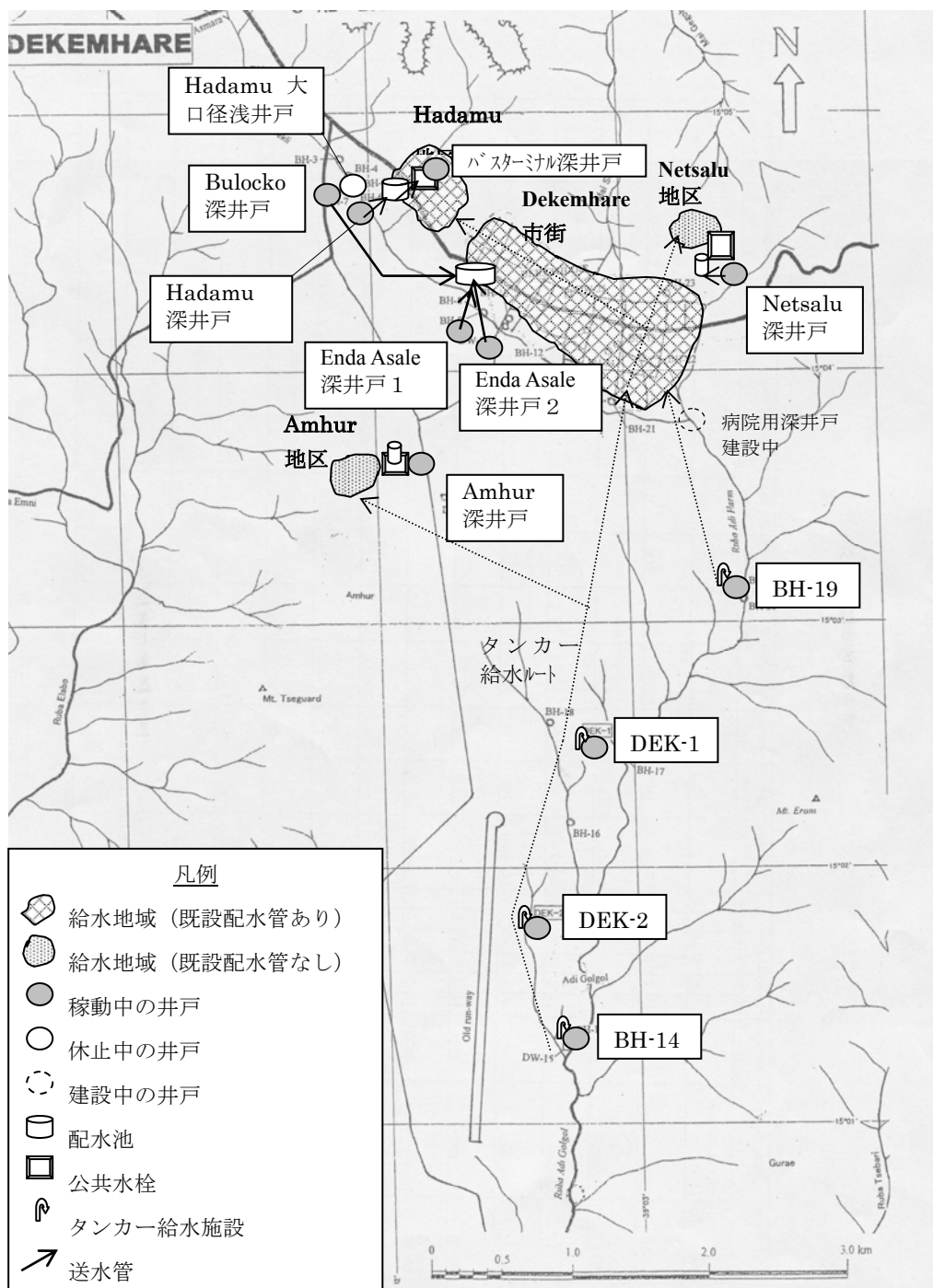
上表に示すように、デケムハレの水源井戸の合計能力は 33.6lit/秒であり、これを 24 時間運転した場合約 2,900m³/日の揚水が可能である。一方現況の揚水量は上表に示すように約 800 m³/日であり、現況の水源施設の能力の 30%以下しか利用していないこととなる。

この理由としては、①上表に示されている井戸の揚水能力が過大に評価されているため地下水位の降下が著しく長時間の揚水ができない、②これ以上の揚水が可能であるが水需要が多くないため揚水量を抑えている、などが考えられるが詳しい理由は不明である。

井戸の揚水能力が過大に評価されていることが理由となっている可能性が高いため、基本設計調査の段階で既存の水源井戸の揚水能力を確認する必要がある。

d. 給水施設

デケムハレの現況の給水施設の概要を、以下の図に示す。



現地調査による

図 2.6.20 デケムハレの給水施設の現況

デケムハレ市街の配水管網は、イタリア統治時代に建設されたもので 60 年以上経っているが、配水管網図は存在する。Hadamu 地区の配水管網は 2001 年に建設された新しいものであるが、1 基の公共水栓と 4 戸の各戸給水（ヤードコネクション）だけに配水するものであり、非常に粗い。デケムハレでは、公共水栓 3 基が稼動中である。各戸給水のメーターは、ほとんど問題なく作動している。

給水用タンカーは全部で 12 台あり、市所有が 3 台、軍隊所有が 2 台、民間が 6 台、宅地開発用が 1 台である。その内訳は ; 5.5m³ が 2 台、6m³ が 1 台、6.5m³ が 2 台、7m³ が 2 台、9m³ が 1 台、12m³ が 1 台である。

給水時間は、パイプ給水は 1 日/週程度で 5 時間給水である。タンカー給水はパイプ給水地域含む地域を毎日巡回している。

e. 水道料金

水道料金は次のように設定されている。

ー各戸給水：生活用水 5Nkf/m³、工業・商業・公共用水 8Nkf/m³

ー公共水栓：10Nkf/m³ (16cent/20lit)

ータンカー給水：民間の場合 6.25Nkf/m³ で町から購入し 25Nkf/m³ で販売している。町の場合は水の購入代金は支払わず 25Nkf/m³ で販売している

メーターのレンタル料は生活用水で 5.5Nkf/月、工業・商業・公共用水については情報が得られなかった。

f. 不明水

盗水、公共機関などの料金不払いは基本的に無い。漏水についてはほとんど分からない。配水管網はイタリア統治時代に建設されたもので 60 年以上経っており、管網のリハビリも行なっていないため、実際に計測したことはないが、漏水率は 50%以上に及ぶものと想定される（市の給水事業部による）。

(5) ECDF が行なった給水施設建設

デケムハレでは ECDF が世銀の融資を受け、2001 年に DEK-1、DEK-2 の生産井への転用、BH-14 のリハビリ、Hadamu 地区給水用井戸の建設、Hadamu 地区への送・配水管の敷設、Hadamu 地区での 1 基の公共水栓の設置が行なわれた。ECDF の給水施設建設工事では、主に水源施設の整備が行なわれ、送・配水管の工事はほとんど行なわれていない。

(6) 給水の問題点

a. 水需給

ECDF のプロジェクトでは、デケムハレは水源については他の町よりも困窮度が低いとされたため、緊急性が薄いと判断され、Emergency Water Supply Project からはずされたとのことである。しかし、漏水率が高いため日給水量は約 420 m³/日程度に減少し、実際の平均給水量は 12.4 lit/人/日と低くなっている。

b. 水源

デケムハレでは、早魘用に予備の井戸（Hadamu 大口径浅井戸）を設けているほどであり、上述のように水源については他の町ほど逼迫した状況にはないと言える。しかし、簡易分析の結果、水源である地下水の硝酸性窒素濃度が全般的に高いことが予測され、特に Hadamu 地区の水源となっている Hadamu 深井戸の地下水は、WHO 基準の 10mg/lit を超えている恐れがある。

c. 配水管網

配水管網が 60 年以上前に敷設された著しく老朽化が進んだものであり、漏水率が非常に高いことから、デケムハレでは水源開発よりも、送・配水施設の整備が急務となっている。

(7) 給水施設設計上の問題点

a. 水需要予測

開発調査の行なった水需要予測を次図に示す。

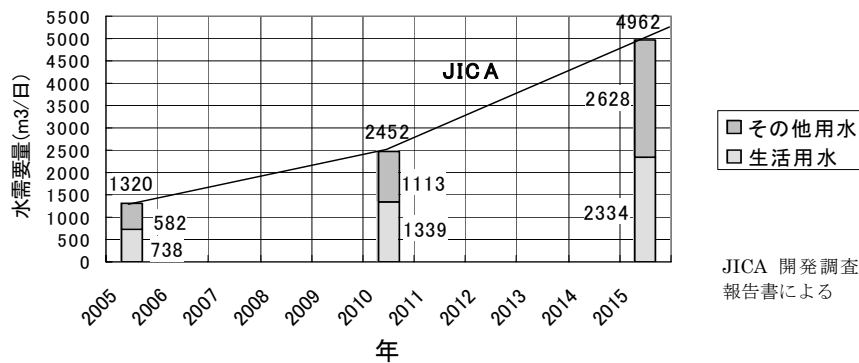


図 2.6.21 デケムハレの開発調査の水需要予測

デケムハレの人口は、図 2.6.19 に示したようにほぼ開発調査の予測どおりに推移していると言え、水需要の予測条件を変えるほどの社会的変化も起きていない。したがって、水需要予測は、開発調査の計画諸元の通りに設定するべきと考えられる。開発調査の水需要予測の算定条件（計画諸元）は、下表に示すとおりである。

表 2.6.17 開発調査水需要予測の算定条件

計画 目標年次	HC	YC	PF	生活用水 給水率
2005	35	22	15	77.4%
	29%	33%	38%	
2010	40	24	15	86.2%
	34%	66%	0%	
2015	47	27	15	100%
	39%	61%	0%	

JICA 開発調査報告書による
 上段は給水原単位 (lit/人/日)、下段はその人口比率
 HC : ハウスコネクション、YC : ヤードコネクション、PF : 公共水栓

開発調査の計画では、計画目標年次 2010 年の施設建設費用は 42,693 千 Nkf (約 300,000 千円)、計画目標年次では 77,556 千 Nkf (約 543,000 千円) である。

b. 水源開発

デケムハレの現況の水源は、12 本の井戸で 30lit/秒以上の水源が確保されており、水源井戸の能力を 30lit/秒として 24 時間運転を行なうと、約 2,600m³/日の開発が可能である (表 2.6.17 参照)。これは開発調査計画の計画目標年次 2010 年の予測水需要量 2,452m³/日を満足する水量である。このように、デケムハレでは、ECDF プロジェクトにより短期目標を満足するのに、ほぼ十分な水源が確保されていると言える。ただし、水源開発計画の策定にあたっては、既存井戸の可能揚水量を検討し、30lit/秒以上の開発が可能か否か、水源施設の 24 時間運転が可能か否を確認する必要がある。

JICA の開発調査の結果によれば、デケムハレの計画目標年次 2015 年の水需要量は 4,962m³/日であり、2015 年の水需要量を満たすためには現在の水源を 24 時間稼動するとして、約 2,400m³/日の新規水源開発が必要である。一方、JICA の開発調査によれば、デケムハレの地下水開発ポテンシャルは 5,000m³/日であり、2015 年の水需要量はとほぼ同じ量となる。このため、開発調査の計画では、2015 年には地下水の開発ポテンシャルを 100%地下ダムで開発し尽くしてしまう計画となっている。このため、計画目標年次 2015 年の水源開発計画を立てる場合は、地下水ポテンシャルの見直しを行い、ポテンシャルが不足する場合は、表 2.6.18 に示した開発調査の当初計画の給水率や給水原単位などの削減、あるいは他地域からの導水などを考慮する必要がある。

また、地下水の硝酸性窒素の濃度が全般的に高い傾向にあることから、水源開発にあたっては水質に十分配慮する必要がある。

6-5 セゲネイティ

セゲネイティについては、基本設計の対象外となっているため、給水施設設計上の問題点については記述しない。

(1) 給水事業に関係する行政組織

セゲネイティの給水事業は、他の町と同じく町役場の給水事業部が行っている。給水事業運営体制は、表 2.6.18 に示すとおり合計 9 人体制となっており、うち会計および出納係りの 1 名は町役場全体の会計・出納係りが兼任している。今回の調査では、町や給水事業部の組織図は入手できなかった。

セゲネイティの給水事業運営の 1999 年～2004 年の 6 年間の収支を表 2.6.19 に示す。6 年間全て黒字となっており、利益率は平均 32 % と高い。

表 2.6.18 セゲネイティの給水事業運営体制

部門	人数
給水長	1 人
会計および出納係り	(1 人) 町役場全体の係り
配管係り兼顧客室	1 人
ポンプ運転係り	2 人
公共水栓水売り人	3 人
運転手 (給水車トラック)	1 人

セゲネイティの給水事業部長からの聞き取り調査

表 2.6.19 セゲネイティの給水事業の収支 単位：ナクファ(Nkf)

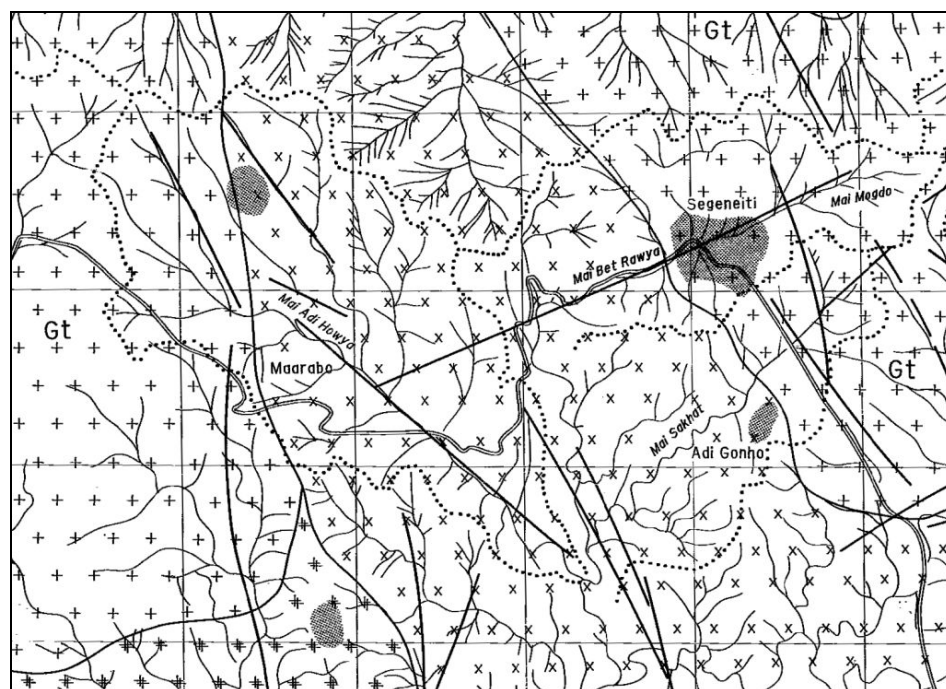
年度	収入	支出	収益
1999	172,125.30	124,173.36	47,951.94
2000	105,148.75	85,001.57	20,147.18
2001	117,454.60	68,389.88	49,064.72
2002	183,238.80	180,329.64	2,909.16
2003	242,420.55	136,564.38	105,856.17
2004	156,388.15	71,349.70	85,038.45
合計	976,776.15	665,808.53	310,967.62

セゲネイティの給水事業部長からの聞き取り調査

(2) 水理地質概況

セゲネイティ周辺の地質図に空中写真判読によるリニアメントを記入したものを図 2.6.22 に示す。セゲネイティ周辺には広く先カンブリア時代の花崗岩類が分布している。花崗岩類は鉱物組成や粒度の異なる複数の岩体が存在しており、市街地内の東方ではカリ長石の巨晶を含む岩体が見られた。

この地域における地下水開発は、深井戸で花崗岩の風化帯の地下水を揚水するか、ワジ沿いの真砂が主成分の沖積層を浅井戸で揚水している。一般に花崗岩地帯の井戸の成功率は高いが、セゲネイティの Dieit-rawia 地区（市街地を流下するワジの上流）での深井戸はハンドポンプを設置したが水が出なかった。花崗岩体でも山岳の硬岩部では破碎帯を狙う必要がある。また、今回の予備調査における水質検査では、セゲネイティ西南西約 4km のマールバ付近の浅井戸と深井戸の水質は全く同じであり、沖積層と風化帯の地下水は繋がっているものと判断される。



凡例は図
2.6.2 参照

出典：JICA エリトリア国地方都市地下水開発計画調査（1998 年インテリムレポート）

図 2.6.22 セゲネイティの地質図とリニアメント

(3) 人口

セゲネイティの2005年の人口は、デブズ州の統計局によれば14,876人であるが、町長からの聞き取りによれば11,000人とのことで、両者には大きな差があった。ここでは、町長が町の状況をより詳しく把握していると考えられるので、セゲネイティの人口として11,000人を採用した。1998年のJICAの開発調査による人口予測、2002年のECDFの給水事業のF/Sによる人口予測、および実際の人口の推移を次の図に示す。

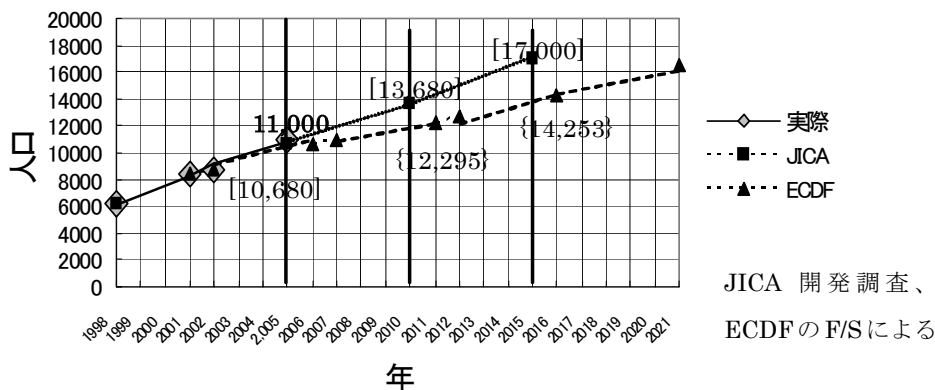


図 2.6.23 セゲネイティの人口予測

この図に示されるように、2005年の開発調査の予測人口、ECDFの予測人口、実際の人口はほぼ一致している。ただし、ECDFの人口予測では人口増加率を開発調査の値よりも低く設定しているため、2005年以降の予測人口は、開発調査の予測人口よりも少なくなっている。

1998年から2,000年にかけてのエチオピアとの国境紛争時には、国境付近の町であるセナフェから多くの避難民がセゲネイティへ流入したが、現在は帰還しているとされる。ただし、実態は不明とのことである（以上は町長からの情報による）。

(4) 給水実態

a. 給水人口

人口11,000人の内、現在90戸が各戸給水契約者で、残りは共同水栓（2基稼動中）やタンカーの給水を利用している（町の給水事業部からの情報）。

b. 実際の水使用量と目標給水量

実際の現況給水量は約95m³/日であることから現状の平均水使用量は8lit/人/日程度と想定されるが、これには配水管網からの漏水が含まれない。実際の給水量はこの値を大幅に下回ると想定される。目標給水量は2002年のECDFのF/Sでは、2011年目標で、生活用水の他に商工業・公共用水、消防用水、漏水、日最大水需要量を考慮して、450 m³/日である（開発調査予測では517 m³/日）。

c. 水源

セゲネイティで現在稼動している水源は、次の表に示す5本の井戸である。

表 2.6.20 セゲネイティの現況水源

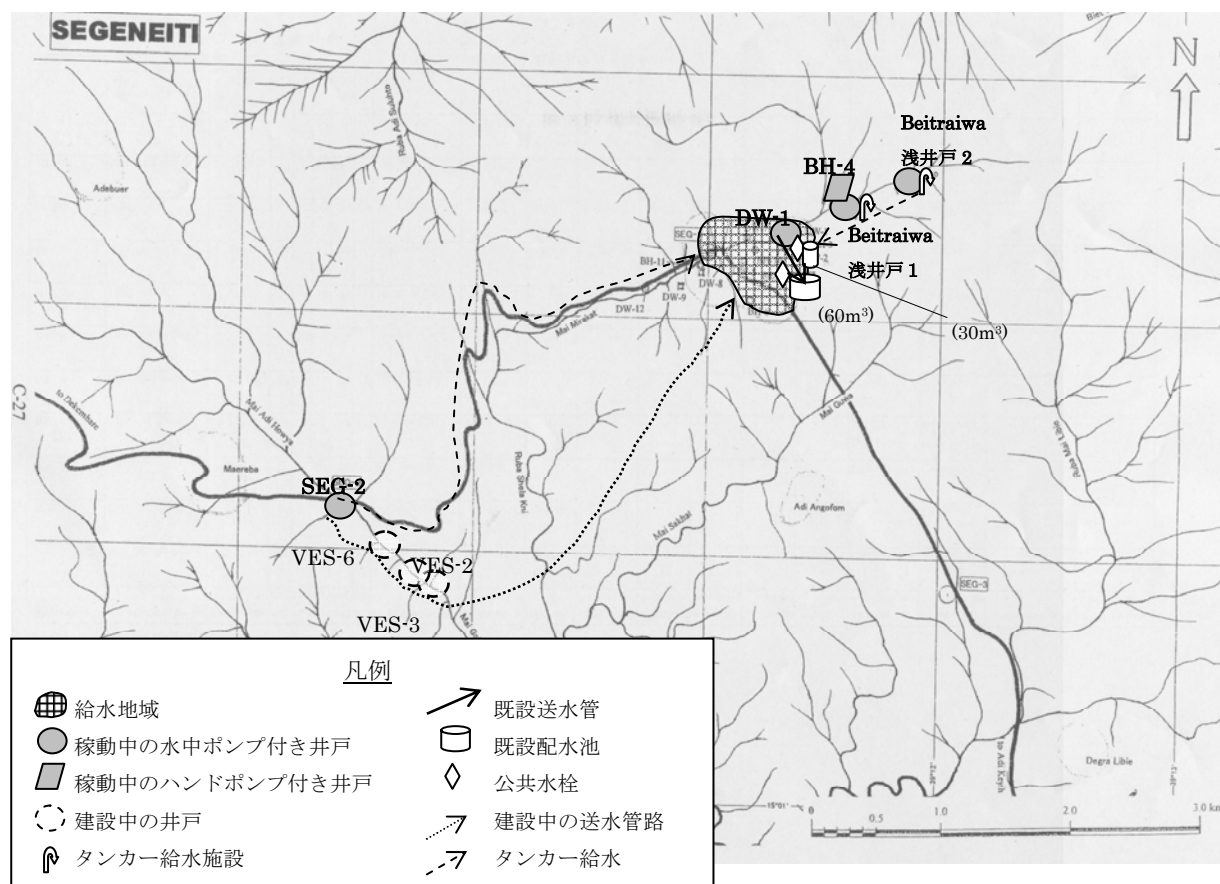
水源	パイプ給水 (m ³ /日)	タンカー給水 (m ³ /日)	ハンドポンプ ^o 給水(m ³ /日)	計(m ³ /日)	備考
DW-1	25~30	0	0	25~30	大口径浅井戸
SEG-2	0	30	0	30	ECDF が JICA 観測井 の横に掘削した井戸
BH-4	0	0	5	5	ハンドポンプ付き深井 戸
Beitraiwa 浅井戸 1	0	15	0	15	タンカー給水用大口径 浅井戸
Beitraiwa 浅井戸 2	0	15	0	15	タンカー給水用大口径 浅井戸
合計	25~30	60	5	90~95	

現地調査による

上表に示すように、タンカーによる給水が全体の 65%程度を占めている

d. 給水施設

セゲネイティの現況の給水施設の概要を、以下の図に示す。



現地調査による

図 2.6.24 セゲネイティの送・配水施設の現況

セゲネイティの市内の配水管網はエチオピア統治時代の1983年に建設されたもので、その埋設位置などは明らかになっていない。各戸給水は1993年から開始されている。公共水栓は、6基中2基が稼動中である。

給水タンカーは町所有が1台、民間が2台である、その内訳は、民間：14.4m³、13.6m³、町：9m³、の合計容量37m³である。

パイプ給水は基本的には毎日ではあるが乾季には2日/週程度になることもある。パイプ給水の給水時間は4時間/日程度、タンカー給水は4日から5日ごとにパイプ給水地域外を巡回している。

e. 水道料金

水道料金は次のように設定されている。

－各戸給水：生活用水 4Nkf/m³、工業・商業・公共用水 6Nkf/m³

－公共水栓：7.5Nkf/m³ (15cent/20lit)

－タンカー給水：市所有、民間所有にかかわらず 5Nkf/m³ で購入し、距離に応じて 25Nkf/m³～ 30Nkf/m³ で販売している

水道メーターのレンタル料は生活用水で 5Nkf/月、工業・商業・公共用水で 10Nkf/月である。

f. 不明水

盗水、公共機関などの料金不払いは基本的に無い。漏水については全く分からない。配水管網がエチオピア統治時代の1983年に建設されたもので古くなっており、管網のリハビリもほとんど行っていないため、実際に計測されたことはないが、漏水率はかなりの率に及ぶものと想定される。

(5) 現在進められている給水施設建設工事

現在 ADB の資金援助をうけ、ECDF がセゲネイティの給水施設建設工事を実施している。この工事は2002年のF/Sに基づくもので、2011年を計画目標年次とする施設規模の工事である。水源は既存井戸(DW-1)と4本の新設井戸(SEG-2、VES-2、VES-3、VES-6、図2.6.24参照)により、2011年の日平均水需要である450m³/日(日最大水需要量を考慮していない)をカバーする490m³/日の水量を確保しており、2002年のF/Sと詳細設計に基づき、送水管、ブースターポンプ、配水池、共同水栓、タンカー給水施設などが現在建設されている。この工事は2004年9月に開始され、2005年12月に完成する予定である。

(6) 給水の問題点

a. 水需給

開発調査およびECDFが行なった、セゲネイティの水需要予測を次図に示す。