

ベナン共和国
水省水総局
ベナン水道公社

ベナン共和国
グラズエ市及びダッサズメ市における
地下水を活用した飲料水供給計画
準備調査報告書

平成 28 年 1 月
(2016 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)
株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 エイト日本技術開発
日本テクノ株式会社

環境
GR(1)
15-164

ベナン共和国
水省水総局
ベナン水道公社

ベナン共和国

グラズエ市及びダッサズメ市における 地下水を活用した飲料水供給計画

準備調査報告書

平成 28 年 1 月
(2016 年)

独立行政法人 国際協力機構
株式会社建設技研インターナショナル
株式会社エイト日本技術開発
日本テクノ株式会社

要 約

(1) 国の概要

ベナン共和国（以下、「ベナン」）は、西アフリカ南部のギニア湾に面する南北に細長い国で、西にトーゴ、北西にブルキナファソ、北東にニジェール、東にナイジェリアと接している。憲法上の首都はポルトノボであるが、事実上の首都はコトヌである。総面積は、11.26 万 km²（日本の約 1/3）で、人口は 940 万人（UNFPA、2012 年）である。

同国の気候は、ギニア湾から北東へ吹く季節風（モンスーン）とサハラ砂漠から南西へ吹く季節風（ハルマタン）の影響を強く受ける。南より亜赤道型気候帯、亜熱帯性気候帯、アタコラ気候帯、サバンナ気候帯の 4 つに区分される。年平均気温は 30～32.5℃、年降雨量は 1,100～1,300mm 程度である。5 月～7 月の大雨期と、9 月～10 月の小雨期がある。11 月～2 月はベナン全土で乾期となり、雨量は極端に少なくなる。地形的には、海岸から内陸に向かって、海岸低地、海岸台地、内陸低地、漸移帯、内陸台地及び内陸準平原の 6 つに区分される。

ベナンの経済は、2012 年以降年率 5%台の経済成長率で推移している。同国の主な産業は、農業とコトヌ港での湾港サービス業である。輸出用の農産物として、綿花やパームオイルが栽培され、輸出額の約 80%を占める。近年は、コトヌ港における大幅な運営改善と綿花を始めとした農産物の増産により、比較的堅調な経済成長を実現しているが、慢性的な電力不足や綿花の価格が世界的に下落していることなどが今後の成長の不安材料となっている。ベナンの一人当たりの GDP は 805 米ドル（2013 年名目）である。

(2) プロジェクトの背景、経緯及び概要

ベナンは、国家開発計画「貧困削減のための成長戦略（GPRS 2011-2015）」及び「国家水政策（2008 年 10 月）」において、安全な水へのアクセスの改善を重要課題として掲げている。また、「都市給水国家戦略 2006-2015」では、2015 年までに都市部の給水率を 75%にするという目標を設定している。同国政府は、上記の課題解決、目標達成に向けた取り組みを着実に実施してきており、全国の給水率は 57.0%（1990 年）から 66.3%（2008 年）に改善した。一方、全国の人口の約 7 割が居住する農村部の給水率は、35.2%（2002 年）から 55.1%（2009 年）に改善しているものの、依然として低い水準にある。

本プロジェクトの対象サイトであるグラズエ市及びダッサズメ市は、ベナンの中南部に位置するコリーヌ県の 2 つの市で、同国の南部と北部、周辺国とを結ぶ大動脈である国道 2 号線、3 号線及び 5 号線の交差する地点に位置していることから、物流及び商工業交易の重要な拠点となっている。同市の給水施設は、ベナン水道公社（以下、「SONEB」）のダッサズメ支局が運営・維持管理を行っている。同給水施設は、ドイツの協力で 2009 年に水源施設の整備や配水管網の拡張工事が行われた比較的新しい施設である。このドイツの協力では、新規水源（深井戸）の開発も試みられているが、当該地域は基盤岩地

帯で地下水開発が難しいこともあり、結果的には、新しい井戸を開発することはできなかった。このため、同協力の水源施設の整備では、既存井戸の改修とハンドポンプ付井戸を都市水道の水源として転用するに留まっている。

上記の既存井戸の多くは、過剰揚水によってスクリーンの目詰り等の不具合が発生しており、揚水量の減少や乾季の地下水位が低下する時期には運転時間が制限される等の障害が発生している。2014年のSONEBの運転記録によると、地下水位の低下する乾季後半から雨季の初め(3月～5月)のグラズエ市とダッサズメ市の給水量は、それぞれ240m³/日と352m³/日であり、一人一日当りの給水量(給水原単位)は、約17～23リットル/人/日と、両市の給水原単位は、村落給水の水準にまで低下している。このため、対象サイトの給水は、都市活動に対する重大な障害となっているとともに、住民の多くは、SONEBの給水で不足する水量を民間のベンダー(水売り)からの買水や不衛生な浅井戸、天水溜め等の水を利用して凌いでいる状況にある。

このような状況下、ベナン政府は、グラズエ市とダッサズメ市にサベ市を加えた3市を対象とする新規ダム建設及び浄水場の拡張等による給水施設の整備につき、2009年8月に我が国無償資金協力での実施を要請した。同要請に応じて独立行政法人国際協力機構(以下、「JICA」)は、2012年11月及び2013年3月に現地踏査を実施した。しかし、新規ダムの建設については、事業費、技術面、選定されたサイトの妥当性、環境社会配慮の観点から実現は困難との判断に至った。

上記の調査結果を踏まえ、JICAは、要請内容の十分な検討と代替案による3市の給水状況の改善のためには、さらに詳細な調査を行う必要があると判断し、2013年8月に「サベ・グラズエ・ダッサズメ市における水資源利用・給水改善計画情報収集・確認調査」(以下、「確認調査」)のための調査団を派遣した。同調査の結果、①グラズエ市及びダッサズメ市の周辺で地下水ポテンシャルが比較的高い地域がそれぞれ1ヵ所ずつ特定され、これらの2市については、地下水を利用した給水施設整備の可能性がある。②サベ市については、新規の地下水開発は難しいものの、既存ダムからの取水契約の更新や改訂による取水量の増加や浄水場の拡張による給水量の増加が可能であるとしている。

(3) 調査結果の概要とプロジェクトの内容

上記の確認調査の結果を受けて、日本国政府は、本プロジェクトの協力準備調査の実施を決定し、JICAは第1次現地調査として2014年8月24日から10月19日まで、第2次現地調査として2014年10月20日から2015年5月3日まで調査団をベナンに派遣した。調査団は、先方実施機関であるSONEBに確認調査の結果を伝えるとともに本プロジェクトに関する協議を実施し、要請内容の確認を行うとともに対象サイトでの現地調査、施設計画・機材計画の検討及び運営・維持管理体制の調査を実施した。帰国後、調査団は概略設計を行い、その結果を準備調査報告書(案)として取りまとめた。その上で、JICAは2015年10月11日から10月23日までの間、調査団をベナンに派遣し、準備調査報告書(案)の説明を行い、同国政府関係者と内容について協議した。

本プロジェクトではベナン政府の要請と現地調査及び協議の結果を踏まえて、以下の方針に基づき計画することとした。

- 1) 本プロジェクトの対象サイトは、当初要請のあったサベ市、グラズエ市及びダッサズメ市の3市内、確認調査で地下水ポテンシャルが比較的高いとされたグラズエ市及びダッサズメ市の2市とする。
- 2) 本プロジェクトの計画給水区域は、現在、SONEBによって給水されているグラズエ市の5地区（Glazoué、Magoumi、Ouédémé、Zaffé、Kpakpaza）と、ダッサズメ市の3地区（Dassa I、Dassa II、Kpingni）の合計8地区とし、給水区域の拡張は行わない。
- 3) 本プロジェクトの計画給水量は、SONEBの既存井に加え、本調査で開発された試掘井の揚水能力（地下水の取水が最も困難となる乾季後半の3月から5月の能力）とする。一方、計画給水人口は、上記の給水量に対して、給水原単位40リットル/人/日（有効率0.8、負荷率0.8）として給水できる人口とする。目標年次2020年（竣工後3年として設定）における計画取水量、給水区域人口、計画給水人口及び給水率は下表のとおりである。

本プロジェクトの給水計画概要

項目		グラズエ市	ダッサズメ市	合計
①計画取水量	SONEB 既存井	240m ³ /日	352 m ³ /日	592 m ³ /日
	本調査試掘井	416 m ³ /日	1,000 m ³ /日	1,416 m ³ /日
	計	656 m ³ /日	1,352m ³ /日	2,008 m ³ /日
②給水区域人口		32,224 人	32,487 人	64,711 人
③計画給水人口 ^{*1}		10,496 人	21,632 人	32,128 人
④給水率 ^{*2} (=③÷②×100)		33%	67%	50%

※1：給水原単位40リットル/人/日、有効率0.8、負荷率0.8として算定。

※2：基準年（2014年）の給水率はグラズエ市14%、ダッサズメ市19%と推定される。

- 4) 給水施設の概略設計方針は、以下のとおりである。
 - ① 本プロジェクトでは、ベナンの関連法規がある場合にはそれを尊重しつつ、原則としてISO等の国際標準規格や同基準に準拠した我が国の基準・規格（JIS等）に沿って施設の設計、資機材の調達を行う。
 - ② 本プロジェクトでは、SONEBの既存施設に加えて、グラズエ市とダッサズメ市のそれぞれの市に本調査で開発した試掘井を水源とする給水能力416m³/日と1,000m³/日の給水施設を建設する。
 - ③ 当該地域の地下水は、地下水の供給量が少ない不圧地下水であるため、井戸の運転に当っては、一定時間運転の後、地下水位を回復させるための運転休止時間が必要になるが、この運転休止時間においても、一定の水量を高架水槽等に送水する必要があるため、井戸からの取水量と送水量を調整するための原水貯水槽を設ける。

- ④ 浄水方法は、SONEB の既存施設と同様に塩素消毒のみとする。塩素剤はベナン国内で調達可能な高度さらし粉を使用する。取水した地下水を一旦貯留する原水貯水槽で同塩素剤の溶液を自然流下で注入する。
- ⑤ 配水方法は、原水貯水槽から新設する高架水槽に送水して一旦貯水した後、自然流下で市街地に配水する。ダッサズメ市については、給水区域に約 40m の標高差があるため、標高別に 2 つの独立した配水区に分割し、それぞれの配水区で適正な給水圧で給水できるように配慮する。また、既存配水管の流下能力が不足する場合は、給水圧の不足する地域へ高架水槽から直送する専用管を布設する。
- ⑥ 住民には 24 時間給水による給水サービスを提供する。住民は SONEB との契約に基づいて水道メーター付の各戸給水栓によって給水を受けるものとする。新規給水栓の接続工事については、ベナン側の負担工事として実施する。

5) 機材調達に係る方針は、以下のとおりである。

- ① 本プロジェクトの水源の井戸には、ベナンの飲料水の水質基準を超えるフッ素を含有するものがある。また、地下水の供給量が少ない不圧地下水であるため、適切な水質管理と取水管理を継続的に実施する必要がある。このため、本プロジェクトでは、水質分析機器と井戸の水位計を調達する。
- ② 本プロジェクトの実施に伴って給水量が増加するため、給水栓の新規接続が必要となる（新規に約 700 栓の接続が必要と考えられる）が、この接続工事に必要な給水装置の機材（サドル分水栓、給水管、止水栓、水道メーター、蛇口等）は SONEB の基準・仕様に基づいてベナン側が調達する。

6) 本プロジェクトの施工体制は、ベナンの建設事情を勘案して、本邦請負業者のサブコントラクターとして現地業者に工事を一括で請負わず形態ではなく、本邦請負業者が現地の技術者や作業員を雇用し、同業者が派遣する日本人技術者や技能工の下で工事を行う直営方式を採用する。

7) 実施工程は、計画施設の規模や現地の気象条件等を十分に勘案して効率的な作業工程とする。クリティカルパスに基づく工期の設定を行う。対象サイトは 6 月～9 月が特に降雨量が多いため、これらの地域特性を施工計画や工程計画に反映する。

8) 本プロジェクトでは、施設の建設や機材の調達に加え、「ソフトコンポーネント」により、給水施設の運用や維持管理、住民の SONEB の給水事業に対する理解や衛生に係る啓発等のベナン側の活動を支援し、本プロジェクトの効果の発現を促進する。

本プロジェクトは、グラズエ市及びダッサズメ市を対象に給水施設の整備を行うことにより、安全な水にアクセスできる人口の増加を図り、もってベナンの上位目標である住民の生活環境・衛生状況の改善に寄与することを目的としている。この中において協力対象事業では、給水施設の工事と地下水のモニタリング機材の調達を行うものである。協力対象施設の概要は以下のとおりである。

協力対象施設・機材の概要

施設名	規模・仕様・内容	
	グラズエ市	ダッサズメ市
1. 水源施設	<ul style="list-style-type: none"> 取水井（試掘井） 2本 井戸ポンプ 0.34m³/分×1台 0.10 m³/分×1台 	<ul style="list-style-type: none"> 取水井（試掘井） 2本 井戸ポンプ 0.84m³/分×2台
2. 原水施設	<ul style="list-style-type: none"> 原水導水管 φ150mm×2.56km φ75mm×0.94km 原水貯水槽 160m³×1池 	<ul style="list-style-type: none"> 原水導水管 φ150mm×0.37km 原水貯水槽 210m³×1池
3. 消毒施設	<ul style="list-style-type: none"> 溶解槽（攪拌機付） 2基 注入設備 2台 	<ul style="list-style-type: none"> 溶解槽（攪拌機付） 2基 注入設備 2台
4. 送水施設	<ul style="list-style-type: none"> 送水ポンプ 0.29m³/分×2台 送水管 φ150mm×1.22km 	<ul style="list-style-type: none"> 送水ポンプ 0.46m³/分×2台 0.24m³/分×2台 送水管 φ200mm×3.60km φ150mm×3.55km
5. 配水施設	<ul style="list-style-type: none"> 高架水槽（新設） 200m³×1基 配水本管 φ200mm×0.70km φ150mm×3.25km 	<ul style="list-style-type: none"> 高架水槽（新設） 300m³×1基 配水池（既設） 200m³×1池 配水本管 φ150mm×1.10km φ200mm×2.20km
6. 建屋	<ul style="list-style-type: none"> 管理事務所 1棟 発電機室 3棟 消毒設備用シェード 1棟 	<ul style="list-style-type: none"> 管理事務所 1棟 発電機室 3棟 消毒設備用シェード 1棟
7. 機材	<ul style="list-style-type: none"> 水質分析機器（フッ素、pH、電気伝導度、硝酸、残留塩素）各2台 水位計一式 	

(4) プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトは、無償資金協力の単年度案件として実施される。必要工期は、詳細設計に11ヵ月、給水施設の建設は13ヵ月であり、全体工期として24ヵ月を要する。本プロジェクトの総事業費は、約10.86億円（日本側負担分約10.20億円、ベナン側負担分約66百万円）と見積もられる。

(5) プロジェクトの評価

本プロジェクトの対象サイトであるグラズエ市及びダッサズメ市の現状（2014年）における給水率は、わずか17%（グラズエ市14%、ダッサズメ市19%）に過ぎない。全国平均の給水率66.3%（2008年）に比べても極端に低く、安全な水へのアクセスが困難な地域である。このため、両市の住民は、民間の水売りからの買水や不衛生な浅井戸、天水溜め等を使用せざるを得ない状況にある。

本プロジェクトは、このような劣悪な給水状況を改善することを目的とするものであり、民生の安定や住民の生活環境の改善など、BHNの観点から緊急性の高いプロジェクトである。本プロジェクトが実施されると、対象サイトの住民約32,000人が直接裨益し、

給水率は50%（グラズエ市33%、ダッサズメ市67%）に改善される。また、安全な水が安定的に給水されることにより、住民の衛生状況が改善され、水因性疾患の罹患率が軽減されることになる。さらに、24時間の給水サービスが提供されることにより、児童や女性の水汲み労働が軽減される効果も期待できる。

本プロジェクトで建設される給水施設の運営・維持管理は、SONEBのアボメーボイコン地方局の監督の下、ダッサズメ支局が行う。本プロジェクトが実施されると、グラズエ市及びダッサズメ市の給水施設の規模は大きくなるものの、地下水（深井戸）を水源とし、塩素消毒を施した後、市街地に配水する現行の給水システムに変更はない。現在、同支局の技術レベルは、既存の給水施設の運転・維持管理が問題なく行える水準に達していることから、本プロジェクトで新規に給水施設を建設した場合でも、短期間の指導や訓練を行うことで、適切な施設の運転・維持管理ができるものと判断する。

また、コトヌのSONEB本部は、全国の水道事業を統括し、職員の雇用と配置、資機材の調達、技術面での支援体制及び水道料金の徴収を含む水道事業の運営管理体制を確立しており、その経営状態も健全であることから、本プロジェクトの実施機関として、本プロジェクトの計画施設を運営・維持管理する上で、特段の問題はないものと判断する。

本プロジェクトの実施に際しての環境社会面での影響は、ベナンの法令に従って、SONEBが事前に環境影響評価（EIA）を実施する必要があるが、本プロジェクトの給水施設は公有地に建設され、住民からの用地取得や移転等の必要はないことや既存施設に追加して建設される施設であることから、環境社会面での影響は小さいと判断される。

本プロジェクトは、上記のように多大な効果が期待されると同時に広く住民の公衆衛生の改善と生活の安定に寄与するものであることから、本プロジェクトに対して我が国の無償資金協力を実施することの妥当性が確認される。また、本プロジェクトは、我が国の無償資金協力の制度により、特段の困難なくその実施が可能であると判断する。

目次

要約

目次

位置図／完成予想図／写真

図表リスト／略語集

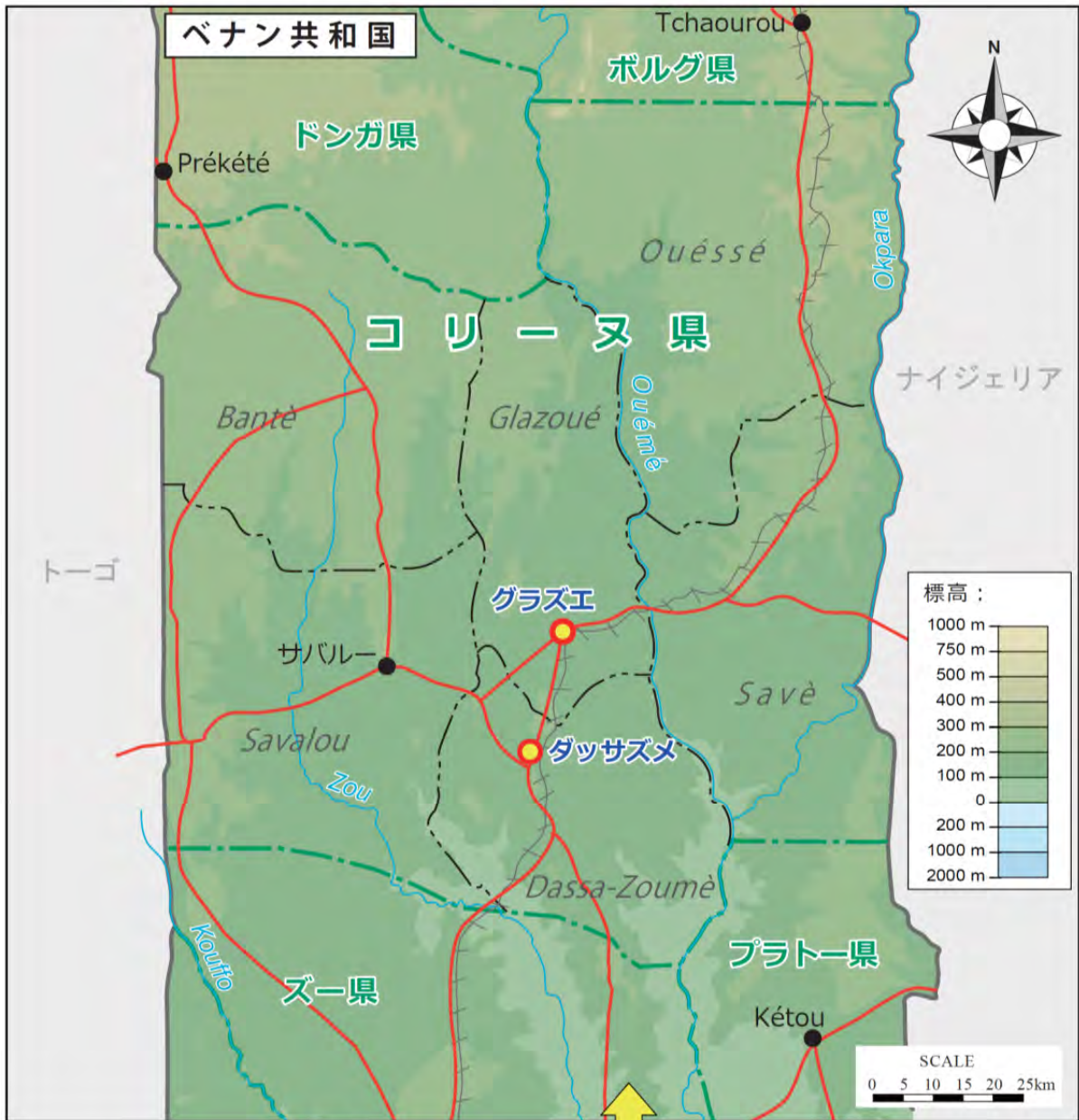
第1章 プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-1
1-1-3 社会経済状況	1-2
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	1-3
1-3 我が国の援助動向	1-3
1-4 他ドナーの援助動向	1-4
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-2
2-1-3 技術水準	2-3
2-1-4 既存施設・機材	2-3
2-1-4-1 対象サイト及び周辺村落の給水概況	2-3
2-1-4-2 対象サイトの既存給水施設	2-4
2-1-4-3 既存水源の取水量	2-9
2-1-4-4 既存水源の水質	2-10
2-1-4-5 給水方法	2-12
2-1-4-6 給水人口と給水率	2-12
2-1-4-7 水道料金と料金収入	2-13
2-1-4-8 給水施設の運営・維持管理	2-15
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況	2-16
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-16
2-2-2 自然条件	2-16
2-2-2-1 気象	2-16
2-2-2-2 本プロジェクト対象地域周辺の地形	2-17
2-2-2-3 地質及び構造線（リニアメント）	2-18

2-2-2-4	本プロジェクト対象地域周辺の既存井戸の状況	2-19
2-2-2-5	本プロジェクト対象地域周辺の地下水の状況	2-22
2-2-2-6	物理探査	2-30
2-2-2-7	試掘調査	2-34
2-2-2-8	水質試験	2-42
2-2-2-9	地盤調査・測量調査	2-44
2-2-3	社会条件調査	2-45
2-2-3-1	世帯調査	2-45
2-2-3-2	社会状況	2-47
2-2-3-3	保健・衛生状況	2-48
2-2-3-4	水利用用途	2-50
2-2-3-5	日平均水使用量	2-50
2-2-3-6	水源	2-51
2-2-3-7	水道料金	2-51
2-2-3-8	SONEB への接続意思	2-52
2-2-3-9	生活インフラニーズ	2-53
2-2-3-10	給水に係る改善課題	2-53
2-2-4	環境社会配慮	2-55
2-2-4-1	環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要	2-60
2-2-4-2	スコーピングの実施	2-60
2-2-4-3	重要な環境社会影響の予測	2-62
2-2-4-4	影響の評価	2-63
2-2-4-5	緩和策（回避・最小化・代償）または代替案（ゼロオプション含む） の検討	2-66
2-2-4-6	モニタリング計画（実施体制、方法、費用など）の検討	2-67
2-2-4-7	ステークホルダー協議の開催支援（実施目的、参加者、 協議内容等）	2-67
2-2-5	用地取得手続き	2-69
2-2-5-1	用地取得・住民移転の必要性	2-69
2-2-5-2	移転を回避・最小化するために検討された初期設計 代替案	2-70
2-2-5-3	事業実施中に移転を可能な限り最小化するための方法	2-70
2-2-5-4	用地取得・住民移転にかかる法的枠組み	2-71
2-2-5-5	本事業における用地取得方針	2-74
2-2-6	道路及び鉄道用地への配管布設	2-74
2-2-6-1	国道を横断する配管布設	2-74
2-2-6-2	鉄道用地への配管布設	2-75

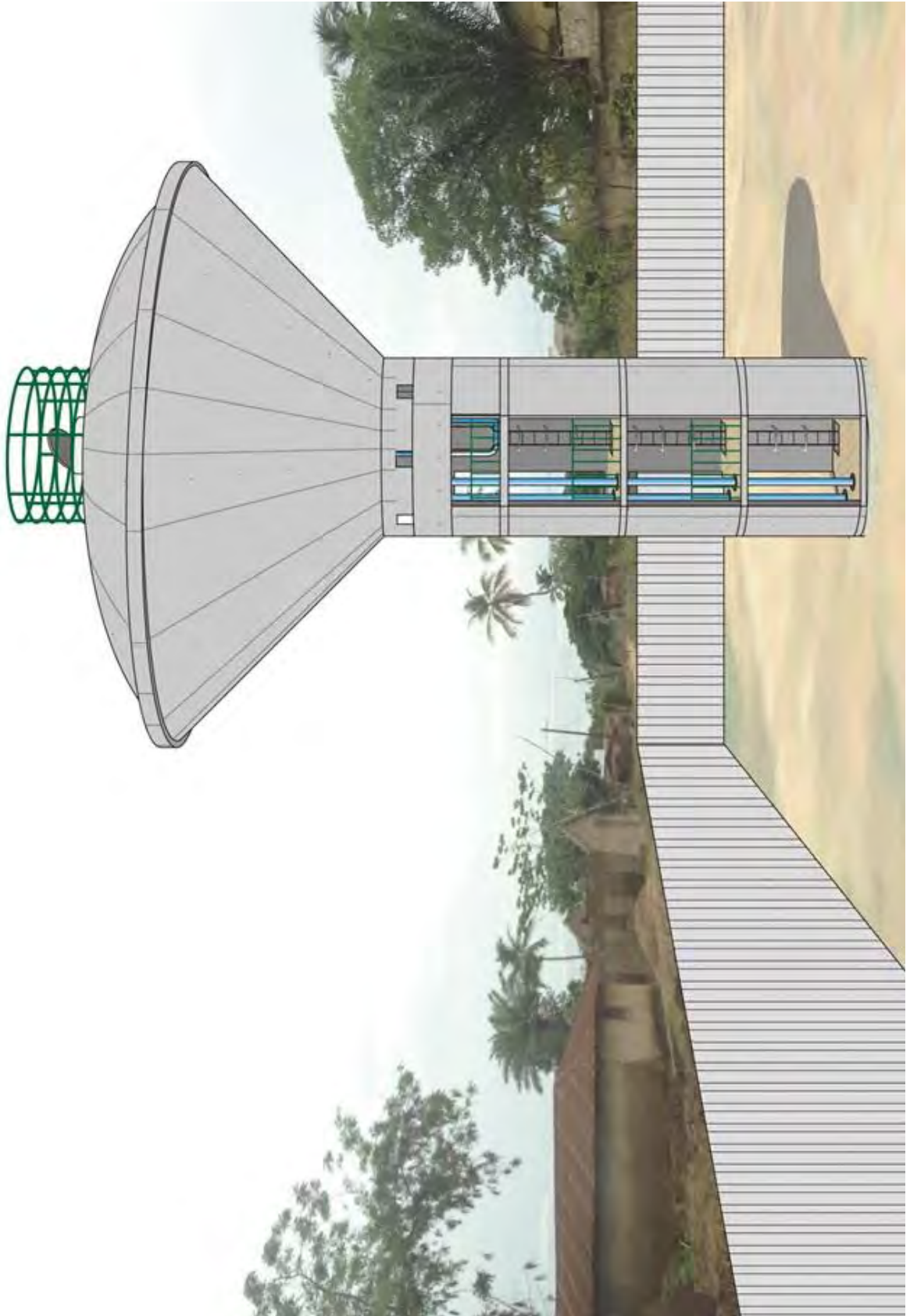
第3章 プロジェクトの内容	3-1
3-1 プロジェクトの概要	3-1
3-1-1 上位目標	3-1
3-1-2 プロジェクト目標	3-1
3-1-3 プロジェクトの概要	3-1
3-2 協力対象事業の概略設計	3-6
3-2-1 設計方針	3-6
3-2-1-1 基本方針	3-6
3-2-1-2 自然環境条件に対する方針	3-6
3-2-1-3 社会経済条件に対する方針	3-8
3-2-1-4 建設事情／調達事情に対する方針	3-8
3-2-1-5 現地業者の活用に対する方針	3-9
3-2-1-6 運営・維持管理に対する対応方針	3-9
3-2-1-7 施設、機材等のグレードの設定に係る方針	3-10
3-2-1-8 工法／調達方法、工期に係る方針	3-11
3-2-2 給水計画	3-12
3-2-2-1 全体計画	3-12
3-2-2-2 施設計画	3-12
3-2-2-3 機材計画	3-32
3-2-3 概略設計図	3-34
3-2-4 施工計画/調達計画	3-44
3-2-4-1 施工方針／調達方針	3-44
3-2-4-2 施工／調達上の留意事項	3-45
3-2-4-3 施工区分／調達・据付け区分	3-47
3-2-4-4 施工監理計画／調達監理計画	3-47
3-2-4-5 品質管理計画	3-48
3-2-4-6 資機材等調達計画	3-49
3-2-4-7 初期操作指導・運用指導等計画	3-50
3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画	3-50
3-2-4-9 実施工程	3-56
3-3 相手国側分担事業の概要	3-58
3-3-1 ベナン側負担の手続き事項	3-58
3-3-2 ベナン側分担事業	3-58
3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画	3-59
3-4-1 運営・維持管理計画	3-59
3-4-2 運営・維持管理体制	3-59
3-5 プロジェクトの概略事業費	3-61
3-5-1 協力対象の概略事業費	3-61

3-5-1-1	日本側負担経費	3-6-1
3-5-1-2	ベナン側負担経費	3-6-1
3-5-1-3	積算条件	3-6-1
3-5-2	運営・維持管理費	3-6-2
3-5-2-1	運営・維持管理費の収支	3-6-2
3-5-2-2	運営・維持管理費の算定条件	3-6-2
3-5-2-3	運営・維持管理費における留意点	3-6-3
第4章	プロジェクトの評価	4-1
4-1	事業実施のための前提条件	4-1
4-2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項	4-1
4-3	外部条件	4-1
4-4	プロジェクトの評価	4-2
4-4-1	妥当性	4-2
4-4-2	有効性	4-2
4-4-2-1	定量的効果	4-2
4-4-2-2	定性的効果	4-3
添付資料		
1	調査団員氏名、所属	A1-1
2	調査日程	A2-1
3	相手国関係者リスト	A3-1
4	討議議事録（第1次現地調査）	A4-1
5	テクニカルノート（第2次現地調査）	A5-1
6	討議議事録（第3次現地調査）	A6-1
7	SONEBの支出計算書（試算）	A7-1
8	揚水試験結果と解析	A8-1
9	自然条件	A9-1
9-1	物理探査結果	A9-1
9-2	試掘結果	A9-1-3
9-3	揚水試験結果	A9-3-3
9-4	地盤調査結果	A9-5-5
9-5	測量結果	A9-5-7
10	配水管網計算結果	A10-1
11	水質を考慮した井戸の揚水計画（試算）	A11-1
12	先方負担受電設備設置コスト（試算）	A12-1
13	ソフトコンポーネント計画書	A13-1
14	資料収集リスト	A14-1

調査位置図



完成予想図



現地写真



グラズエ市の既存高架水槽（75m³×16.5m）。送水管と配水管が分離されていない圧力調整槽で、水需要の少ない時間帯に配水管から逆送、貯水される。



SONEB の既存深井戸（グラズエ市の Ogoudako 井戸）。2009 年にドイツの支援により、既存のハンドポンプ井を都市水道用の水源に改修された。



SONEB の既存消毒設備。井戸から取水した地下水にさらし粉の溶液をポンプで圧入して消毒処理を行った後、配水管網に直圧で配水している。



ダッサズメ市の中央を南北に走る残丘の上にある既存配水池（200m³）。グラズエ市の既存高架水槽と同様に圧力調整槽として使用されている。



グラズエ市内の各戸給水栓。蛇口の部分に錠が掛けられており、契約者が水栓を管理。周辺の住民と共同で利用している場合も多い。



グラズエ市内の公共水栓。SONEB と契約した管理人が住民に水を販売している。売上と SONEB に支払う水道料金の差額が管理人の収入となる。

現地写真



グラズエ市は水需要に対して既存井戸の能力が小さく、慢性的な水不足の状況にある。住民の多くは、水売りから日常的に水を購入している。



ダッサズメ市近郊のハンドポンプ付き井戸。同市周辺の村落は S Eau（水総局コリーヌ県支局）が給水を管轄しており、給水施設の整備を行っている。



雨期の水源となっている天水溜。村落部だけではなく、水需給が逼迫する SONEB の給水区域内でも利用されているが、水質面での問題がある。



グラズエ市近郊のレベル2施設。S Eau はハンドポンプ付き井戸だけではなく、周辺村落で深井戸を水源とするレベル2施設の整備も行っている。

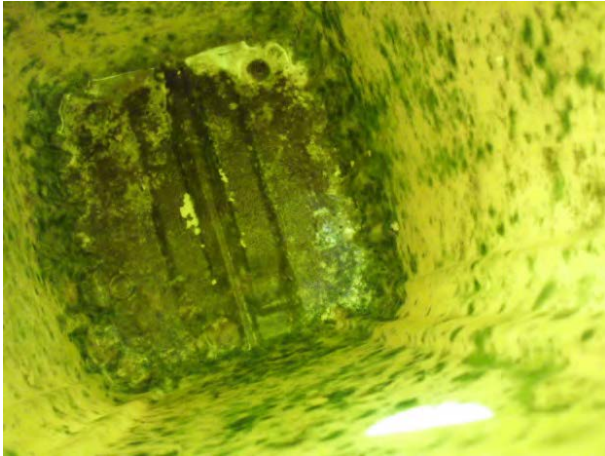


パケットテストによる既存深井戸の簡易水質分析。ベナンの飲料水の水質基準を超える硝酸性窒素やフッ素が検出される井戸も多い。



断水して水の出ない各戸給水栓。水需給が逼迫しているため、配水管網の末端では給水圧が低く、断水や出水不良を生じている。

現地写真



住民が使用している水運搬・保管用ポリ容器内部。藻類や汚れが付着しており、せっかく衛生的な水を汲んでも容器内で汚染される恐れがある。



水源井戸の試掘地点を決定するための電気探査作業風景。選定したグラスエ市及びダッサズメ市の周辺地域の7つの地下水開発区で実施した。



試掘井の掘削状況。対象サイトは基盤岩地帯で地下水開発が難しく、電気探査の結果が良好であっても、実際の試掘では空井戸となる場合も多い。



試掘井（3-SE4'）の揚水試験状況。当該地域ではこれまでに開発されたことのない50m³/時を超える能力を有する井戸を開発することができた。



市の担当者と送水管の布設路線を確認。予定の配管ルートを踏査し、既存道路、公有地、民地等の別や配管に係る問題の有無を確認した。



原水貯水槽の建設予定地。市の担当者と敷地について確認。給水施設の建設予定地の選定に当たっては、市の所有する土地を優先的に選定した。

図リスト

図 1-4-1 ウエメ川ダム計画地	1-5
図 2-1-1 SONEB の組織図	2-1
図 2-1-2 グラズエ市の既存給水施設位置図	2-7
図 2-1-3 ダッサズメ市の既存給水施設位置図	2-8
図 2-1-4 グラズエ市及びダッサズメ市の月別日平均取水量	2-9
図 2-2-1 コリーヌ県サベ観測所の降水量記録	2-17
図 2-2-2 プロジェクト周辺地域の地形	2-17
図 2-2-3 本プロジェクト対象地域周辺の地質と構造線（リニアメント） ..	2-19
図 2-2-4 DG Eau の GIS に位置情報を登録されているコリーヌ県の既存井・	2-20
図 2-2-5 本プロジェクト対象地域周辺で抽出した既存井戸の分布状況	2-21
図 2-2-6 地下水位標高分布図	2-23
図 2-2-7 既存井戸の揚水量分布図	2-24
図 2-2-8 風化帯の層厚分布図	2-25
図 2-2-9 風化帯の底盤標高 S=1:250,000	2-26
図 2-2-10 地下水のフッ素濃度分布	2-27
図 2-2-11 地下水の硝酸イオン濃度分布	2-28
図 2-2-12 コリーヌ県にある観測井戸の水位変動	2-29
図 2-2-13 ダッサズメの年間降水量の推移	2-29
図 2-2-14 物理探査を実施した地下水開発区	2-30
図 2-2-15 試掘井戸標準図	2-34
図 2-2-16 掘削位置図（グラズエ市）	2-37
図 2-2-17 掘削位置図（ダッサズメ市）	2-38
図 2-2-18 グラズエ市路線測量位置図	2-44
図 2-2-19 ダッサズメ市測量調査位置図	2-45
図 2-2-20 グラズエ市およびダッサズメ市の経済活動	2-47
図 2-2-21 水源別大腸菌検出状況	2-49
図 2-2-22 水用途の割合	2-50
図 2-2-23 現行水料金に対する市民の意見	2-52
図 2-2-24 水支払料金の希望への市民の意見	2-52
図 2-2-25 SONEB への給水希望者割合	2-52
図 2-2-26 ベナン環境影響評価手続きの流れ	2-56
図 2-2-27 グラズエ市計画施設位置図	2-59
図 2-2-28 ダッサズメ市計画施設位置図	2-59
図 3-1-1 給水計画の考え方	3-1
図 3-1-2 グラズエ給水区給水施設全体配置図	3-4
図 3-1-3 ダッサズメ給水区給水施設全体配置図	3-5

図 3-2-1	グラズエ市給水地区境界図	3-12
図 3-2-2	ダッサズメ市給水地区境界図	3-13
図 3-2-3	地下水開発地区と施設配置計画（代替案1）	3-19
図 3-2-4	地下水開発地区と施設配置計画（代替案2）	3-19
図 3-2-5	実施工程表	3-57
図 3-4-1	グラズエ市、ダッサズメ市の運営・維持管理体制	3-60

表リスト

表 1-1-1	水セクター主な上位計画	1-2
表 1-1-2	ベナンの基本情報	1-3
表 1-3-1	我が国の給水分野に関する援助概要	1-4
表 1-4-1	他ドナーによる援助動向	1-4
表 2-1-1	SONEB の貸借対照表	2-2
表 2-1-2	SONEB の収入と支出	2-3
表 2-1-3	既存井戸の状況	2-5
表 2-1-4	グラズエ市及びダッサズメ市の月別日平均取水量	2-9
表 2-1-5	既存水源の水質分析結果（簡易水質分析）	2-11
表 2-1-6	グラズエ市及びダッサズメ市の給水状況	2-12
表 2-1-7	SONEB の水道料金表	2-13
表 2-1-8	SONEB による料金収入（試算）	2-14
表 2-1-9	SONEB の年間支出額（試算）	2-14
表 2-2-1	各地下水開発区の水理地質的な特徴	2-31
表 2-2-2	電気探査数量	2-32
表 2-2-3	垂直電気探査結果一覧	2-33
表 2-2-4	各地区での試掘数	2-36
表 2-2-5	掘削結果	2-37
表 2-2-6	揚水試験結果	2-38
表 2-2-7	既存井戸の掘り直し	2-39
表 2-2-8	新規水源井戸水質試験結果	2-43
表 2-2-9	既存井戸の水質試験結果	2-43
表 2-2-10	社会調査概要	2-45
表 2-2-11	SONEB 給水区域と給水サービス接続者数	2-46
表 2-2-12	住民にみられる疾病	2-48
表 2-2-13	診療件数の多い疾病	2-49
表 2-2-14	家庭での水の取り扱いの現状	2-50
表 2-2-15	水汲みにかかる距離平均	2-51
表 2-2-16	SONEB 水道料金	2-51

表 2-2-17	料金徴収の生ずる SONEB 以外の水源料金	2-51
表 2-2-18	住民の生活インフラニーズ	2-53
表 2-2-19	課題と対策	2-54
表 2-2-20	ベナン EIA に含まれる項目	2-57
表 2-2-21	給水施設建設に係るベナン環境ガイドラインと JICA スコーピング案の比較	2-57
表 2-2-22	本プロジェクトのスクーピング (案)	2-60
表 2-2-23	環境社会配慮調査項目及び調査手法	2-62
表 2-2-24	環境影響評価	2-63
表 2-2-25	環境社会への影響緩和策	2-66
表 2-2-26	モニタリング計画案	2-67
表 2-2-27	事業コンポーネント、影響エリア	2-69
表 2-2-28	用地取得にかかる関係者協議の結果	2-70
表 2-2-29	土地収用法と JICA ガイドラインの比較	2-71
表 3-1-1	本プロジェクトの事業計画と施設・機材計画	3-2
表 3-2-1	計画給水区域の人口推定 (人)	3-13
表 3-2-2	SONEB の地方局別の販売水量と給水原単位	3-14
表 3-2-3	対象サイトの水需要	3-15
表 3-2-4	既存井及び試掘井の水源能力	3-15
表 3-2-5	本プロジェクトの計画取水量	3-16
表 3-2-6	目標年次 (2020年) の給水人口と給水率	3-16
表 3-2-7	基準年 (2014年) の給水人口と給水率	3-17
表 3-2-8	新規給水施設の建設に係る代替案の比較	3-18
表 3-2-9	調達機材 (水質分析機器及び水位計)	3-32
表 3-2-10	目標年次の給水栓数と必要な新規接続数	3-33
表 3-2-11	品質管理に係る分析・試験方法	3-48
表 3-2-12	工事用資機材の調達先	3-50
表 3-2-13	成果に対する成果達成度の確認項目と方法	3-53
表 3-5-1	日本側負担経費	3-61
表 3-5-2	ベナン側負担経費	3-61
表 3-5-3	運営・維持管理費の試算結果	3-62
表 4-4-1	協力対象事業の定量的効果	4-2

写真リスト

写真 2-2-1	ダッサズメ市内の露頭	2-18
写真 2-2-2	背斜地形の南端で形成された崖	2-18
写真 2-2-3	試掘調査状況	2-36

略語集

略語	欧文表記	日本語・意味
BOT	Build-Operate- Transfer	建設－操業－移転方式
DG Eau	Direction Générale de l'eau	水総局
GPRS	Growth and Poverty Reduction Strategy	貧困削減のための成長戦略
DRAB	Direction Régionale Abomey-Bohicon	アボメーボーイコン地方局
CFA	CFA franc	CFA フラン（通貨）
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KFW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
MERPMEDER	Ministère des Energies, des Recherches Pétrolières et Minières, de l'Eau et Développement des Energies Renouvelable	鉱山・エネルギー・水省
SBEE	Société Béninoise d'Energie Electrique	ベナン国電力公社
S Eau	Service de L'Eau des Collines	コリーヌ県支局
SONEB	Société Nationale des Eaux du Bénin	ベナン水道公社
UNFPA	United Nations Population Fund	国際連合人口基金

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

本プロジェクトの対象サイトであるグラズエ市及びダッサズメ市は、ベナン共和国（以下、「ベナン」と記す）の中南部に位置するコリーヌ県（Quesse、Savé、Glazoué、Dassa Zoumé、Banté、Savalou の6つのコミューンで構成）の2つの市で、各市には同名のコミューンの市役所の他、主要な公共サービスが整備されている。また、両市は同国の南部と北部、周辺国とを結ぶ大動脈である国道2号線、3号線及び5号線の交差する地点に位置していることから、物流及び商工業交易の重要な拠点となっている。2013年のセンサスによると、コリーヌ県の人口は約72万人、グラズエ市とダッサズメ市の人口は、各々、17,392人と27,382人である。なお、本報告書におけるグラズエ市は、現在、ベナン水道公社（Société Nationale des Eaux du Bénin : SONEB）により給水されている5地区（Glazoué、Magoumi、Ouédémé、Zaffé、Kpakpaza）、ダッサズメ市は、同じく SONEB により給水されている3地区（Dassa I、Dassa II、Kpingni）とし、これら8地区を対象サイトとする。

グラズエ市及びダッサズメ市の給水施設は、ダッサズメ市にある SONEB の支局（グラズエ市にも同支局の出先の支部がある）がその運営・維持管理を行っている。両市の同給水施設は、ドイツの協力で2009年に水源施設の整備や配水管網の拡張工事が行われた比較的新しい施設であるが、給水源となっている9本の深井戸（グラズエ市5本、ダッサズメ市4本）の内、6本は、ハンドポンプ付井戸（口径4インチ）として建設された井戸に水中モーターポンプを設置して、都市水道の水源に転用したものであり、これらの井戸の多くは、過剰揚水によってスクリーンの目詰り等の不具合が発生している。このため、揚水量の減少や乾季の地下水位が低下する時期に連続運転ができず、運転時間が制限される等の障害が発生している。

上記の障害に対して SONEB は、井戸のリハビリや井戸の能力に合った揚水能力の小さい水中モーターポンプに交換するなどの対応を行っているが、井戸の能力低下に伴って、両市の水需給は深刻さを増している。2014年の SONEB の配水実績によると、地下水位の低下する乾季後半から雨季の初め（3月～5月）のグラズエ市とダッサズメ市の給水量は、各々、 $240\text{m}^3/\text{日}$ と $350\text{m}^3/\text{日}$ であり、一人一日当りの給水量（給水原単位）は、約17～23リットル/人と、両市とも村落給水の水準にまで低下している。このため、対象サイトの給水は、都市活動に対する重大な障害となっているとともに、住民の多くは、SONEB の給水で不足する水量を民間のベンダー（水売り）からの買水、不衛生な浅井戸や天水溜めの水を利用して凌いでいる状況にある。

1-1-2 開発計画

ベナンの主な水セクターの上位計画を表1-1-1に示す。

表 1-1-1 水セクター主な上位計画

上位計画	概要
貧困削減のための成長戦略 (GPRS 2011-2015)	<ul style="list-style-type: none"> ・水分野のコミュニケーション計画、地方分権化の推進 ・資金繰り、業務管理、機材更新、業務モニタリング推進 ・浄水場、生産能力の増強 ・新規地域への給水管網の拡張 ・工事、運転、モニタリング、利用者サービスへの民間委託
国家水政策 (2008年10月策定)	<ul style="list-style-type: none"> ・水資源活用のための管理体制改革 ・都市部・村落部の給水及び衛生施設普及推進 ・需要を満たす水質・水量の確保 ・公衆衛生及び水生態系の保全
都市給水国家戦略 2006-2015年 (2007年1月策定)	<ul style="list-style-type: none"> ・貧困削減計画の目標に基づき、都市部の給水率75%もしくは300万人(目標年:2015年) ・都市給水サービスの経済的実行可能性の確保 ・低所得層への飲料水の普及率向上

ベナンは、ミレニアム開発目標達成のための取組として、国家開発計画「貧困削減のための成長戦略(GPRS 2011-2015)」及び「国家水政策(2008年10月)」において、安全な水へのアクセス改善を重要課題として掲げている。また、「都市給水国家戦略 2006-2015」では、2015年までに都市部の給水率を75%にするという目標を設定している。これまで同国政府は、上記の課題解決・目標達成に向けた取組みを着実に実施してきており、その結果、全国給水率は57.0%(1990年)から66.3%(2008年)に改善された。一方、全国の人口の約7割が居住する農村部における給水率は、35.2%(2002年)から55.1%(2009年)に向上しているものの、依然として低い水準にある。

1-1-3 社会経済状況

ベナンは、西アフリカのギニア湾に面し、国土は約11.2万km²(日本の国土の約3分の1)、人口は約940万人(UNFPA 2012年)、人口増加率は年率約3%である。民族は、フォン族、ヨルバ族、アジャ族、バリタ族、ソンバ族等、46の部族から構成されており、公用語はフランス語である。宗教人口は、キリスト教徒43%、イスラム教24%、原始宗教33%の割合となっている。

ベナンの過去7年間の平均経済成長率は約5%である。同国は、国民の大半が農業に依存しており、主要農産物として、綿花及びパームオイルを栽培している。これらは輸出用の農産物で、GDPの約40%、輸出収入の約80%を占めている。また、国内向けとして、トウモロコシ、落花生、カシューナッツ、オレンジ等も栽培されている。

対象サイトのグラズエ市及びダッサズメ市は、コトヌーから北へ約220kmの距離にあり、ニジェールへ抜ける国道2号線沿いに位置している。南北を結ぶ交通の要衝であるとともに、特に、ダッサズメ市は、キリスト教徒の一大巡礼地となっており、国内外から多数の巡礼者が訪れる。表1-1-2にベナンの基本情報を示す。

表 1-1-2 ベナンの基本情報

項目	内容	備考
面積	112,622km ²	日本の約 1/3
人口	9,400,000 人	2012 年 (UNFPA)
民族	フォン、ヨルバ、アジャ、バリタ、ソンバなど	46 部族
宗教	キリスト教(43%)、イスラム教(24%)、原始宗教(33%)	
主要産業	綿花、パームオイル、港湾業	綿花は GDP の 40% を占める
1 人当り GDP	805US ドル	2013 年名目

1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

本プロジェクトのベナン側からの要請内容は、以下のとおり。

- ① グラズエ市及びダッサズメ市における地下水を水源とする給水施設の建設(井戸掘削、ポンプ場や送配水管の建設、ポンプ等の機材の調達(設置を含む))。
- ② 給水施設の持続的な運営維持管理の強化を目的として、本プロジェクトにおける技術支援(ソフトコンポーネント)の実施。

JICA は、上記の要請に応え、「ベナン国グラズエ市及びダッサズメ市における地下水を活用した飲料水供給計画準備調査」(以下、「本調査」と記す)の実施を決定した。本調査の第 1 次現地調査において、同国の開発計画や他ドナーの動向、ベナン側関係者との協議を通じて、本プロジェクトの位置付けについて、以下のとおり確認した。

対象サイトであるグラズエ市及びダッサズメ市は、安全な飲料水の確保が喫緊の課題であり、地下水を活用し、両市の飲料水の確保を目指す本プロジェクトは、他ドナーによって計画されている新規ダム建設を含む水道施設整備に係る長期計画の実現を待たずに実施すべき緊急性の高いプロジェクトとして位置付けられる。

上記の本プロジェクトの位置付けについては、調査団と本プロジェクトの責任機関である水省 (Ministère de l'Eau)¹及び実施機関である SONEB との間で確認するとともに、本プロジェクトの実現に向けて、本調査を実施する旨を説明した。両機関からは、対象サイトの早急な給水状況の改善を強く要望する旨が伝えられた。

1-3 我が国の援助動向

我が国は、ベナンの給水セクターに対して、1984 年から 2010 年まで 6 次に亘る「地下水開発計画」を実施してきた。同計画は、給水率が全国平均を下回っていた南部 8 県を対象として、780 カ所の人力ポンプ付深井戸施設(レベル 1 施設)の建設、34 カ所の小規模給水施設(レベル 2 施設)の建設、377 カ所の井戸改修及び資機材の供与を内容とする無償資

¹本調査開始時は鉱山・エネルギー・水省 (Ministère des Energies, des Recherches Pétrolières et Minières, de l'Eau et Développement des Energies Renouvelable : MERPMEDER) であったが 2015 年 8 月に変更された

金協力事業である。給水分野における我が国の援助概要を表 1-3-1 に示す。

表 1-3-1 我が国の給水分野に関する援助概要

実施年度	案件名	事業費 (億円)	概要
1984 年	地下水開発計画	2.74	機材調達 (100 カ所分のポンプ機材含む) ベナン側の深井戸建設
1987～1988 年	地下水開発計画フェーズⅡ	8.01	機材調達、人力ポンプ付井戸 120 カ所、小規模給水施設 6 カ所の建設
1991～1992 年	村落給水計画フェーズⅢ	9.81	機材調達、人力ポンプ付井戸 150 カ所、井戸改修 170 カ所、小規模給水施設 1 カ所の建設
1995～1997 年	村落給水計画フェーズⅣ	20.94	機材調達 (啓発活動機器、井戸改修機材) 人力ポンプ付井戸 273 カ所、井戸改修 107 カ所、小規模給水施設 17 カ所の建設
2004～2006 年	第 5 次村落給水計画	8.14	機材調達 (啓発活動機器、井戸改修機材)、井戸改修 100 カ所、人力ポンプ付井戸 113 カ所の建設
2008～2010 年	第 6 次村落給水計画	10.4	人力ポンプ付井戸 124 カ所、小規模給水施設 10 カ所の建設

1-4 他ドナーの援助動向

SONEB に対する支援 (都市給水案件) として、欧州復興開発銀行 (European Bank for Reconstruction and Development : EBRD)、ドイツ復興金庫公社 (Kreditanstalt für Wiederaufbau : KfW)、EU、オランダ、ベナン政府により、以下のプロジェクトが実施されている。

表 1-4-1 他ドナーによる援助動向

援助機関	プロジェクト名	金額	
		百万 CFA	百万円※
EBRD、KfW、EU、オランダ	Projet de renforcement du système d'alimentation en eau potable de la ville de Cotonou et ses agglomérations Phase II	23,500	4,935
KfW、オランダ	Projet de renforcement du système d'alimentation en eau potable des villes de Pobè, Adja-Ouèrè et environs	3,761	790
KfW、オランダ	Projet de renforcement des systèmes d'alimentation en eau potable des villes secondaires de Comè, Grand-Popo, Malanville, Kétou et Bantè	2,250	472
KfW、オランダ	Projet d'alimentation en eau potable des villes de Natitingou, Djougou, Nikki, Bembèrèkè et Banikoara à partir des Eaux souterraines et/ou de surface	1,239	260
オランダ	Projet de réalisation d'études de projets d'AEP dans les localités Abomey-Bohicon et Abomey-Calavi	—	-
ベナン国政府	Projet de renforcement des systèmes d'AEP des villes de Djougou, Parakou et Tchaourou Phase	6,380	1340

援助機関	プロジェクト名	金額	
		百万 CFA	百万円*
	d'urgence		
KFW、 ベナン国政府	Projet de construction d'une station de traitement de boue de vidange à Abomey-Calavi	3,600	756
ベナン国政府	Projet d'Urgence de Gestion Environnementale en Milieu Urbain (PUGEMU): Composante C / Appui à la gestion des Eaux usées	—	-

出典：RAPPORT D'ACTIVITES 2014, SONEB

※：1CFA=0.21円（2015年5月1日）

一方、ベナン水総局（Direction Générale de l'Eau du BENIN : DG Eau）に対する支援（地方給水案件）としては、ドイツ技術協力公社（Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit : GTZ）による「専門家派遣による能力強化」、オランダによる「能力強化に対する財政支援」、インドによる「レベル 2 施設の建設」、西アフリカ開発基金による「レベル 1 施設の建設」、中国による「レベル 1 施設の建設」などが行われている。

ベナン国を縦断するウエメ川に水力発電を主目的とした多目的ダム（3カ所）を建設する計画がある。このうち、本プロジェクトに関連するダムは、図1-4-1に示す「Vossa」及び「Dogo Bis」の2カ所のダムである。

これらのダムの建設に係る詳細計画はまだ策定されていないが、同川を水源として、グラスエ市及びダッサズメ市に給水する計画がある。

DG Eau によると、中国政府とベナン政府がこれらのダムの建設に合意を示しているが、最終的な決定はなされていないとのことである。

上記 2 カ所のダムの計画に係る現状としては、①ダム建設が確定しないこと、②建設に着手したとしてもダムの建設には長期間を要するから、これらのダムを水源とするグラスエ市及びダッサズメ市の水道の整備には相当の年月を要し、両市の望むような両市の早急な給水状況の改善は難しいものと判断される。

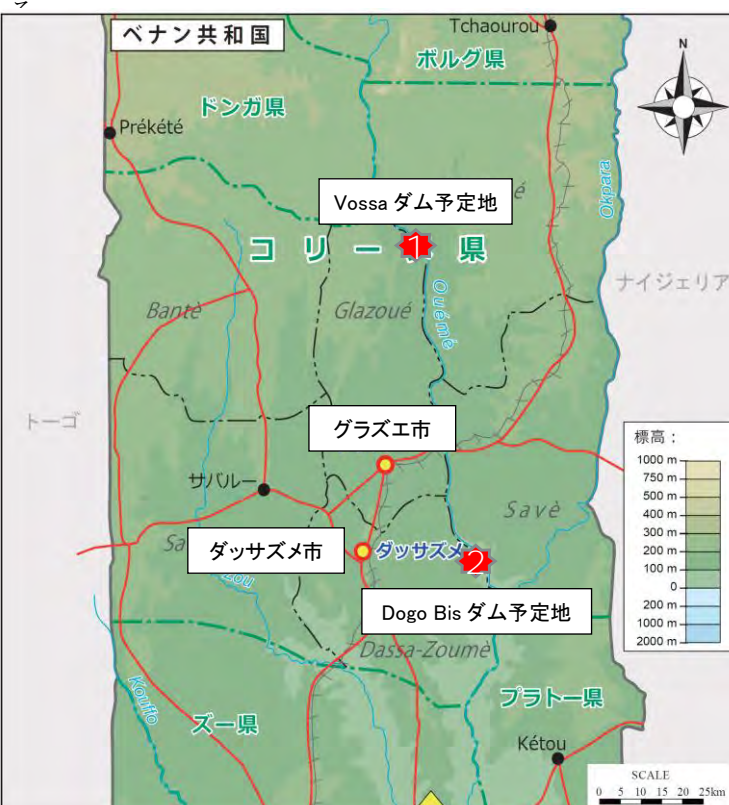


図 1-4-1 ウエメ川ダム計画地

その他の給水分野に係る動向として、オランダ政府による財政支援や GTZ による能力強化支援が実施されているが、これらの支援は、ソフト面での支援に限られていることから、本プロジェクトとの重複はない。

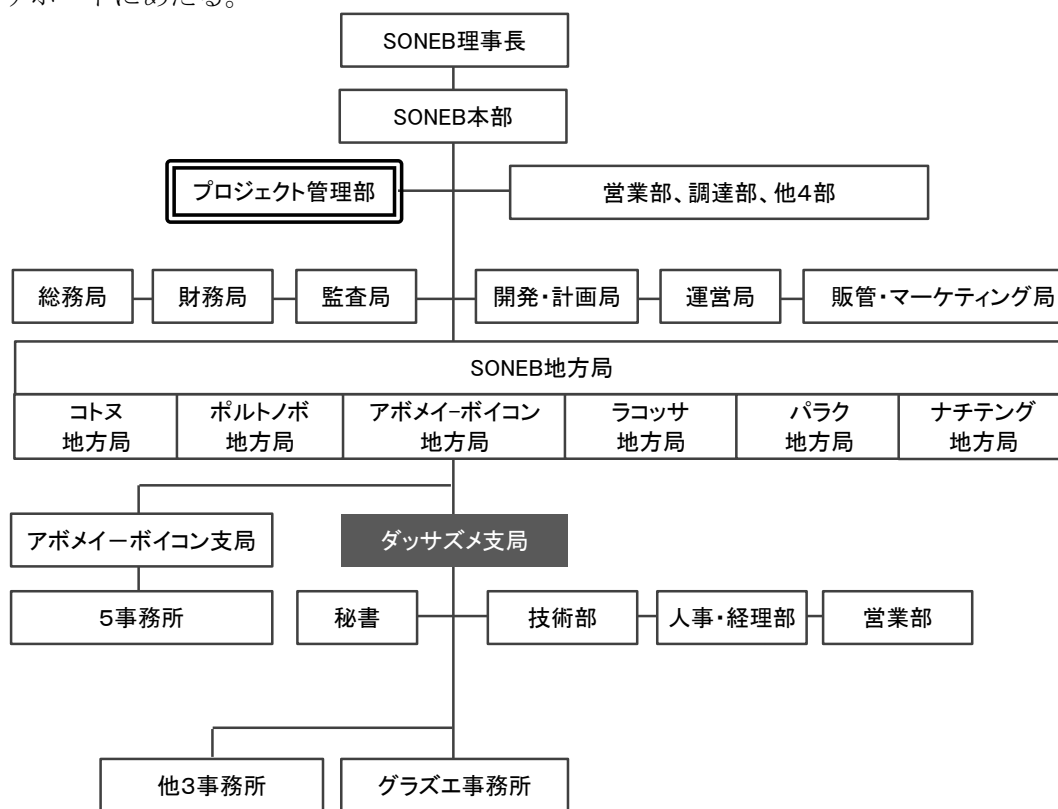
第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

SONEB の組織図を図 2-1-1 に示す。SONEB は、コトヌーに本部を置き、傘下の 6 カ所の地方局が県レベルでの運営管理を行っている。また、地方局の下には、各都市を管轄する支局が置かれている。SONEB 本部は、従業員の給与、電気料金、必要な資機材（薬品等）の購入等、地方局を含めたすべての支出に関して、一括した管理を行っている。各地方局は、支局から毎月の検針結果を収集し、水道料金の計算と請求書の発行を行っている。発行された請求書は、支局を経由して住民に配られ、住民は支局の支払窓口で水道料金を支払うシステムとなっている。

本プロジェクトの SONEB 本部の窓口は、SONEB の様々なプロジェクトの実施管理を行っている「プロジェクト管理部」である。また、対象サイトでは、アボメイ-ボイコン地方局（Direction Régionale Abomey-Bohicon : DRAB）の監督の下、ダッサズメ支局が現場でのサポートにあたる。



(出典：SONEB 提供資料)

図2-1-1 SONEB の組織図

SONEB の年次報告書（RAPPORT D'ACTIVITES、2013）によると、SONEB 全体の正規従業員は、2013 年 12 月末時点で 701 人である。DRAB やダッサズメ支局からの聞き取りによると、従業員の雇用形態は、秘書や配管工等は常勤であるが、臨時職員として雇用されて

おり、臨時職員と正規職員の人数はほぼ同数とのことである。

DRAB は、正規職員 12 人、臨時職員 12 人の合計 24 人の体制で、ボイコン市、アボメイ市、ダッサズメ市、グラズエ市、サベ市、バンテ市、サバロウ市等の主要地方都市を管轄しており、維持管理用車両（ピックアップトラック）も有している。同職員の内、13 人がダッサズメ支局に配属されており、本プロジェクトの対象サイトであるグラズエ市及びダッサズメ市の給水施設の運営・維持管理を行っている。主な業務内容は、以下のとおりである。

- ・ 深井戸の運転管理（井戸ポンプの運転、運転記録）
- ・ 配水管等の漏水修理
- ・ 水道メーターの検針
- ・ 水道料金の徴収
- ・ 新規給水栓の接続
- ・ 料金未納者に対する水道メーターの撤去

なお、ダッサズメ支局が独自に行える漏水や設備の修理は、小規模のものに限られ、中規模施設の修理は DRAB から、大規模施設の修理は SONEB 本部から支援を受ける体制になっている。

2-1-2 財政・予算

SONEB の 2010～2014 年の貸借対照表(1CFA=0.21 円にて換算)を表 2-1-1 に示す。SONEB の財務規模としては、2014 年において 200 億円相当の資産を有している。自己資本は毎年増加しており、自己資本比率(=①/②)は常に 60%以上¹となっている。

表2-1-1 SONEB の貸借対照表

(単位:百万円)

	2010	2011	2012	2013	2014		2010	2011	2012	2013	2014
流動資産	2,838	3,432	4,477	3,890	4,696	流動負債	2,091	2,208	2,921	2,148	2,661
固定資産	8,981	8,914	9,976	11,975	13,010	固定負債	3,056	2,969	2,579	3,667	3,949
繰延資産	1,685	1,739	1,100	1,662	1,824	負債合計	5,147	5,177	5,500	5,815	6,610
						①純資産	8,357	8,907	10,054	11,712	12,920
資産合計	13,504	14,084	15,553	17,527	19,530	②負債/純資産合計	13,504	14,084	15,554	17,527	19,530
						自己資本比率(①/②)	61.9%	63.2%	64.6%	66.8%	66.2%

(出典：DESIGNATION DE L'ENTREPRISE SONEB)

SONEB の 2010～2014 年の収入と支出を表 2-1-2 に示す。2014 年の料金収入は、約 41 億円で、その内、約 3/4 がコトヌー及びポートノボでの収入である。その他の収入を含めると約 51 億円となる。一方、支出に関しては、人件費が約 11 億円であり、その他の支出を合わせると約 42 億円、全体の収支は約 9 億円の黒字となる。ここ 5 年間の収支では、2011 年を除いて黒字となっている。

¹ 一般的に、自己資本比率が 30%以上あれば優良企業と位置付けられる

表2-1-2 SONEB の収入と支出

(単位:百万円)

	2010	2011	2012	2013	2014		2010	2011	2012	2013	2014
水道料金収入	3,461	3,488	3,524	3,631	4,079	資材購入	959	824	770	859	878
補助金	111	152	222	138	219	人件費	936	980	986	1,084	1,126
株式配当	123	247	353	128	120	減価償却	1,064	1,202	1,362	1,176	1,272
その他収入	371	508	538	718	734	その他支出	857	1,389	1,064	847	949
①収入合計	4,067	4,395	4,637	4,615	5,153	②支出合計	3,816	4,395	4,182	3,966	4,225
						収益①-②	251	0	455	649	928

(出典：DESIGNATION DE L'ENTREPRISE SONEB)

2-1-3 技術水準

本プロジェクトが実施されると、対象サイトであるグラズエ市とダッサズメ市の給水施設の規模は大きくなるものの、地下水（深井戸）を水源とし、塩素消毒を施した後、市街地に配水する現行の給水システムに変更はない。現在、両市の給水を管轄するダッサズメ支局の技術レベルは、既存の給水施設の運転・維持管理が問題なく行える水準に達していることから、本プロジェクトで新規に給水施設を建設した場合でも、短期間の指導や訓練を行うことで、適切な施設の運転・維持管理ができるものと判断する。

また、コトヌーの SONEB 本部は、全国の水道事業を統括し、職員の雇用と配置、資機材の調達、技術面での支援体制及び水道料金の徴収を含む水道事業の運営管理体制を確立しており、本プロジェクトの実施機関として、本プロジェクトの計画施設を運営・維持管理する上で、特段の問題はないものと判断する。

2-1-4 既存施設・機材

2-1-4-1 対象サイト及び周辺村落の給水概況

対象サイトのグラズエ市とダッサズメ市の給水施設は、SONEB のダッサズメ支局（グラズエ市にも出先の事務所がある）が、運営・維持管理を行っている。一方、各コミューンの村落部の給水については、ダッサズメ市内にある DG Eau のコリーヌ県支局 (Service de L'Eau des Collines : S Eau) がハンドポンプ付き井戸やレベル 2 給水施設の整備を行っている。S Eau が建設した施設は、コミューン（市役所）に運営管理が移管され、コミューンの指導の下で、各村落が給水施設の運転・維持管理を行うことになる。

対象サイト及び周辺村落の給水の概況として、村落部については、S Eau の置かれているダッサズメ市の近隣であることもあり、すでにハンドポンプ付き井戸やレベル 2 給水施設が各村落に整備されている。また、施設の運転・維持管理についても、コミューンの指導の下で適切に行われており、村落給水としては概ね良好な状況にあると判断される。

一方、グラズエ市とダッサズメ市の給水状況は、両市とも水需要に対して水源（深井戸）の能力が小さく、水需給が逼迫している。また、ダッサズメ市の給水区域には、地形的に約 40m の標高差があるため、同市の高位部では給水圧の低下や断水が発生している。グラ

ズエ市についても、中心市街地から国道 2 号線に沿って南側の地区や北西部に伸びる地区では給水圧が低く、出水不良を生じている。このような給水量の不足と、地域的な給水格差から、住民の多くは民間の水売りからの買水や不衛生な浅井戸、天水溜めなどの水を利用せざるを得ない状況にある。

2-1-4-2 対象サイトの既存給水施設

(1) グラズエ市の既存給水施設

グラズエ市の給水施設は、2009 年にドイツの協力で既存井のリハビリや配水管網の拡張工事が行われており、比較的新しい施設である。この協力では、水源（深井戸）の新規開発のために非常に高価な機材を持ち込んで調査を実施している。しかし、結果的には新しい井戸を開発することができず、既存井の改修とハンドポンプ付き井戸を都市水道の水源として転用するに留まっている。グラズエ市の水源は、市街地の中心部に 3 本（FN5、SF1、SF4）と、同市の近郊に 2 本（Ogoudako 井、Adjanou 井）の計 5 本の深井戸である。各井戸から取水された地下水は、塩素剤（高度さらし粉）による消毒処理（溶液を薬注ポンプで圧入）を行った後、市内の配水管網に直圧で配水するシステムを採用している。

グラズエ市には、市街地の中心部に高架水槽（容量 75m³、高さ 16.5m）がある。同市では、上記のように井戸から直圧で配水するシステムを採用しているため、同水槽は水需要の時間変動を調整する機能はなく、給水圧を調整するための圧力調整槽として利用されている。また、同水槽は、送水管と配水管が分離されていないため、水需要が少なく、配水管網全体の水圧が上昇する時間帯に配水管から逆送される形で貯水されることになる。

グラズエ市には約 53km の配水管が布設されている。この配水管の多くは、上記 2009 年の拡張工事で布設されたものであり、同市の市街化された地区のほとんどは配管済みである。配管の口径は、50～100mm（内径）の小口径のものが多く、管種としては、市近郊の井戸から市街地までの配管の一部に高密度ポリエチレン管（High Density Polyethylene 管：HDPE 管）が使用されているが、市街地の配水管は硬質ポリ塩化ビニル管（Polyvinyl Chloride 管：PVC 管）が使用されている。

(2) ダッサズメ市の既存給水施設

ダッサズメ市の給水施設もグラズエ市と同様に 2009 年に既存井のリハビリや配水管網の拡張工事が行われ、現在の施設となっている。この時、グラズエ市と同様に水源開発が試みられたが、井戸の開発には至っていない。現在の水源は、市街地に隣接して北、南、西側にそれぞれ、Laulé 井、Ayedero 井及び Kpekoute 井の 3 本と、同市の北約 7km の国道 2 号線沿いにある Agbakossare 井の計 4 本である。各井戸から取水された地下水は、消毒処理を行った後、市内の配水管網に直圧で配水されている。

ダッサズメ市には市の中央を南北に走る残丘の上に配水池（容量 200m³）がある。ダッサズメ市もグラズエ市と同様に、井戸から直圧で配水するシステムを採用しており、同配水

池は圧力調整槽として利用されている。

ダッサズメ市には約 56km の配水管が布設され、市街化された地区のほとんどは配管済みである。配管の口径は、50～100mm（内径）の小口径のものがほとんどである。管種としては、市街地から遠く離れた Agbakossare 井戸から市街地までの配管に HDPE 管が使用されているが、市街地の配水管は PVC 管が使用されている。

なお、グラズエ市とダッサズメ市の配水管の多くは、上記のとおり 2009 年に整備され、布設されてから 5 年程度と比較的新しいことや給水圧が全体として低いこともあり、現地踏査では道路への漏水の染みだし等、漏水の痕跡は確認できなかった。両市の配水管網及び既存給水施設の位置を図 2-1-2、図 2-1-3（P.2-7、P.2-8）に示す。

（３） 既存井の状況

現在、SONEB がグラズエ市及びダッサズメ市で所有する既存井の状況を表 2-1-3 に示す。これら既存井の内、6 井がハンドポンプ付き井戸に水中モータポンプを設置して、SONEB の水源に転用したものである。また、井戸 9 本の内、4 本については、揚水中に揚砂現象が確認されている。

表2-1-3 既存井戸の状況

井戸名		Kfw レポート				現地記録から			備考
		深度*1 GL-m	スクリーン GL-m	*2	揚水試験 データ	*3	記録時期	*4	
グラズエ市	Adjanou	45	0-21	8	あり	6.7	2013,Sep ~2015,Apr	17.4	HP 井戸を転用、 揚砂有
	FN5	65	—	—	なし	6.9	2014,Feb ~2015,Jan	14.6	HP 井戸を転用
	SF1 (未使用)	60	—	—	なし	(3.0)	データ 未取得	(6.0)	水位が下がり、揚 水停止が発生
	SF4	62	33-39	8	あり	5.6	2013,Oct ~2013,Nov	10.8	水位が下がり、揚 水停止が発生
	Ogoudako	31	24-30	8	あり	3.7	2014,Apr ~2014,Sep	16.9	HP 井戸を転用、 揚砂有
ダッサズメ市	Agbakossare	66	50-59.2	8	あり	6.1	2013,Jun ~2015,Apr	16.7	HP 井戸を転用、 揚砂有
	Kpekoute	61.05	35.2-47	8	あり	5.4	2014,May ~2015,Apr	19.2	HP 井戸を転用、 揚砂有
	Loule	73	—	—	なし	5.6	2014,Feb ~2014,Apr	10.0	HP 井戸を転用
	Ayedero	39	—	—	なし	9.8	2014,Feb ~2015,Apr	19.2	

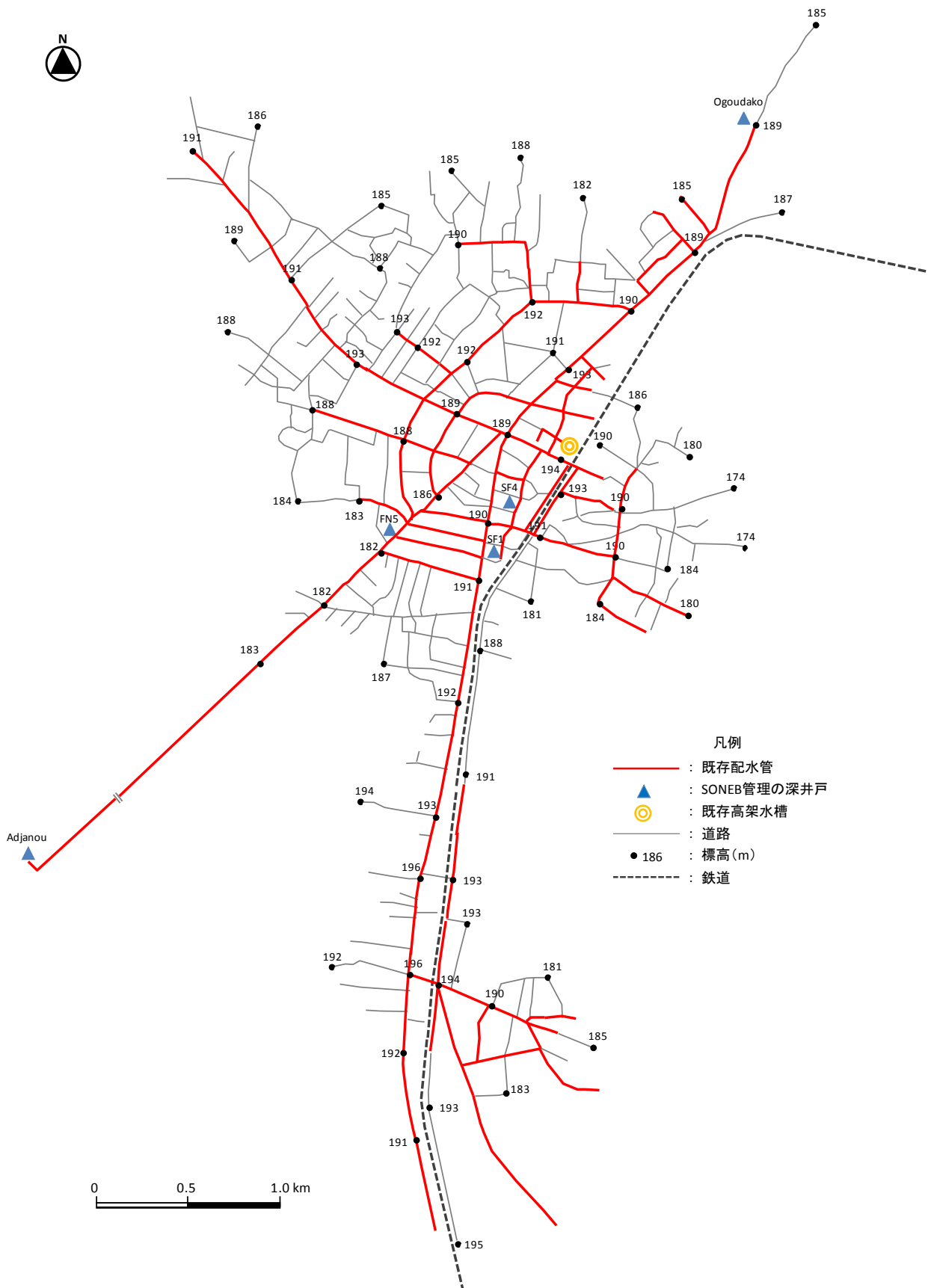
*1: Ground Level (地表) -m、*2: 計画揚水量 (m³/hr)、*3 平均揚水量 (m³/hr)、*4 平均運転時間 (hr/日)

(出典: SONEB 提供データから調査団が作成)

一般に、揚水中に砂が混じる場合、当該井戸の限界揚水量を超えた過剰揚水であることが多く、これら 4 本の井戸についても、過剰揚水である可能性が指摘される。この原因としては、開口率の小さなスクリーンを使用しているハンドポンプ用の井戸に、水中モータポンプを設置して、大きな水量で地下水を汲んだため、井戸内部に流入する地下水の流入

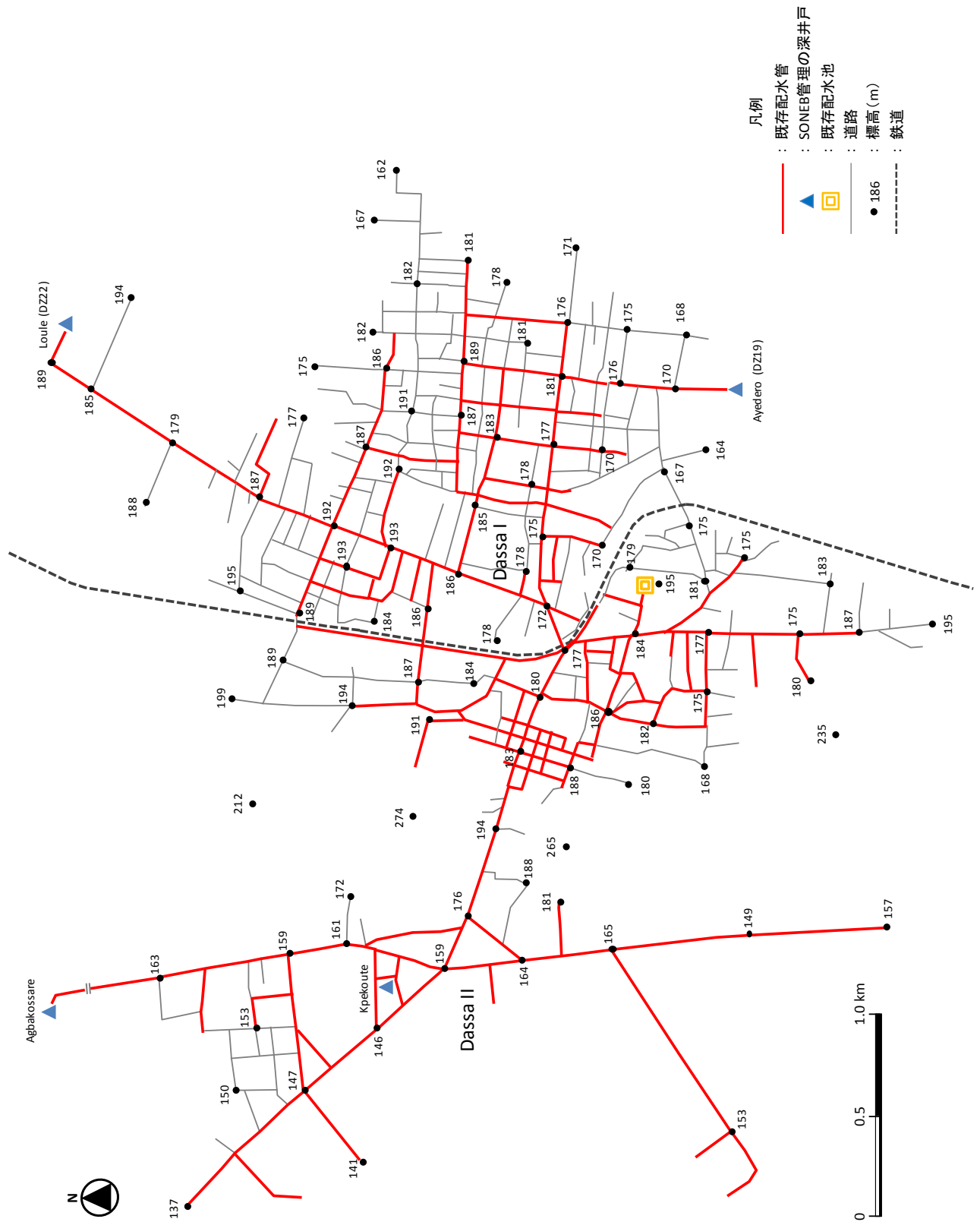
速度が大きくなり過ぎて、乱流状態となり、井戸の周囲に分布する砂が動いて井戸内部に流入する現象が生じているものと判断される。また、スクリーンの目詰まりの可能性も指摘され、この場合には、井戸内部の水位と実際の地下水位の差（井戸ロス）が非常に大きくなり、可能揚水量を大きく下回る水量しか揚水できない状態となる。

上記の障害を回避するためには、現在の揚水量を適正な揚水量まで減らす方法が最も効果的であるが、グラズエ市及びダッサズメ市の逼迫した水需給を考えると、この方法を採用することは難しい。従って、揚砂現象を抑え、少しでも揚水量を増加させる方法としては、適正な材料を使った井戸の掘替えが唯一の方法であると考えられる。



(出典：SONEBの既存配管図)

図2-1-2 グラズエ市の既存給水施設位置図

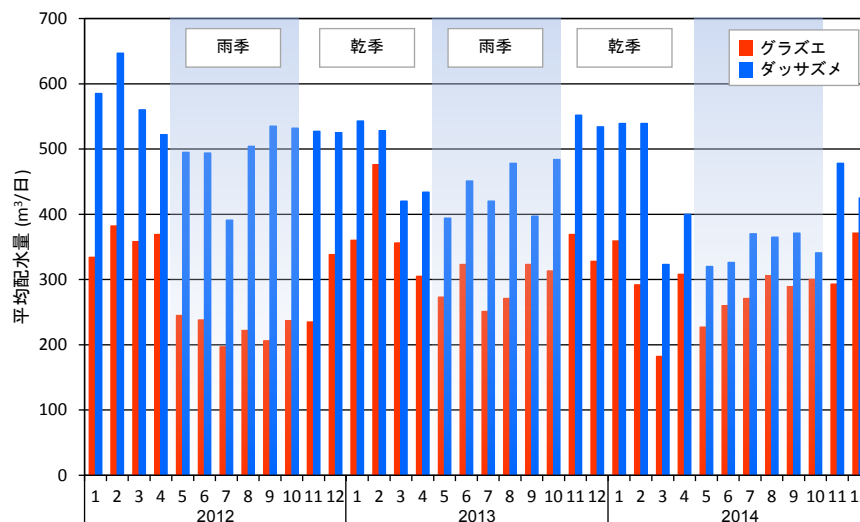


(出典：SONEBの既存配管図)

図2-1-3 ダッサズメ市の既存給水施設位置図

2-1-4-3 既存水源の取水量

SONEB の運転管理記録を基に、グラズエ市及びダッサズメ市の 2012 年 1 月～2014 年 12 月までの各月における 1 日当たりの平均取水量を図 2-1-4 及び表 2-1-4 に示す。



(出典：SONEB 運転管理記録)

図2-1-4 グラズエ市及びダッサズメ市の月別日平均取水量

表2-1-4 グラズエ市及びダッサズメ市の月別日平均取水量

年		2012												平均	
月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
取水量 (m³/日)	グラズエ	334	382	358	369	245	238	197	222	206	237	235	338	280	
	ダッサズメ	585	647	560	522	495	494	391	504	535	532	527	525		526
年		2013												平均	
月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
取水量 (m³/日)	グラズエ	360	476	356	305	273	323	251	271	323	313	369	328	329	
	ダッサズメ	543	528	420	434	394	451	420	478	397	484	552	534		470
年		2014												平均	
月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
取水量 (m³/日)	グラズエ	359	292	182	308	227	260	271	306	289	300	293	371	288	299
	ダッサズメ	539	539	323	400	320	326	370	365	371	341	478	425		

(出典：SONEB 運転管理記録)

上記の期間のグラズエ市とダッサズメ市の通年で平均取水量は、各々、 $299\text{m}^3/\text{日}$ と $465\text{m}^3/\text{日}$ である。取水量には季節変動が見られ、乾季に入って水需要が増加し且つ乾季前半でまだ地下水位が高く、井戸の水中モータポンプの連続運転が可能な時期(11月～翌2月)の取水量が最も多い。その後の乾季后半から雨季の初めの時期(3月～5月)は、水需要はあるものの地下水位の低下に伴い水中モータポンプを長時間運転できなくなるため、取水量は徐々に減少するものと推察される。

雨季に入って地下水位が上昇する6月以降は、徐々に取水量が増加するものの、この時期は、天水を利用する住民も多いため、水需要は全体的に低い水準に留まり、雨季が終わ

り、天水溜めの水が無くなるまで水需要は増加しない傾向にある。年間を通じて最も水需要が多い時期は、乾季後半から雨季の初めの3月～5月であると考えられるが、同時期のグラズエ市及びダッサズメ市の井戸の配水能力は、地下水位が低下する時期に当たるため、各々、240m³/日と352m³/日程度（2014年におけるSONEBの配水実績）に留まっている。

現在、SONEBが管理する給水栓数は、グラズエ市772栓、ダッサズメ市1,260栓の合計2,032栓（後述の表2-2-11参照）である。SONEBは1栓当りの利用者を簡易的に12人としており、この1栓当りの利用者数と各市の給水栓数から求められる給水人口と、上記の給水が最も困難となる3月～5月の既存水源の能力を基に、各市の給水原単位を推定すると、グラズエ市が20.7リットル/人/日（ $=240 \div (772 \times 12) \times \text{有効率 } 0.8 \times 1,000$ ）、ダッサズメ市が18.5リットル/人/日（ $=352 \div (1,260 \times 12) \times \text{有効率 } 0.8 \times 1,000$ ）となり、両市とも村落給水の給水原単位の水準となっている。

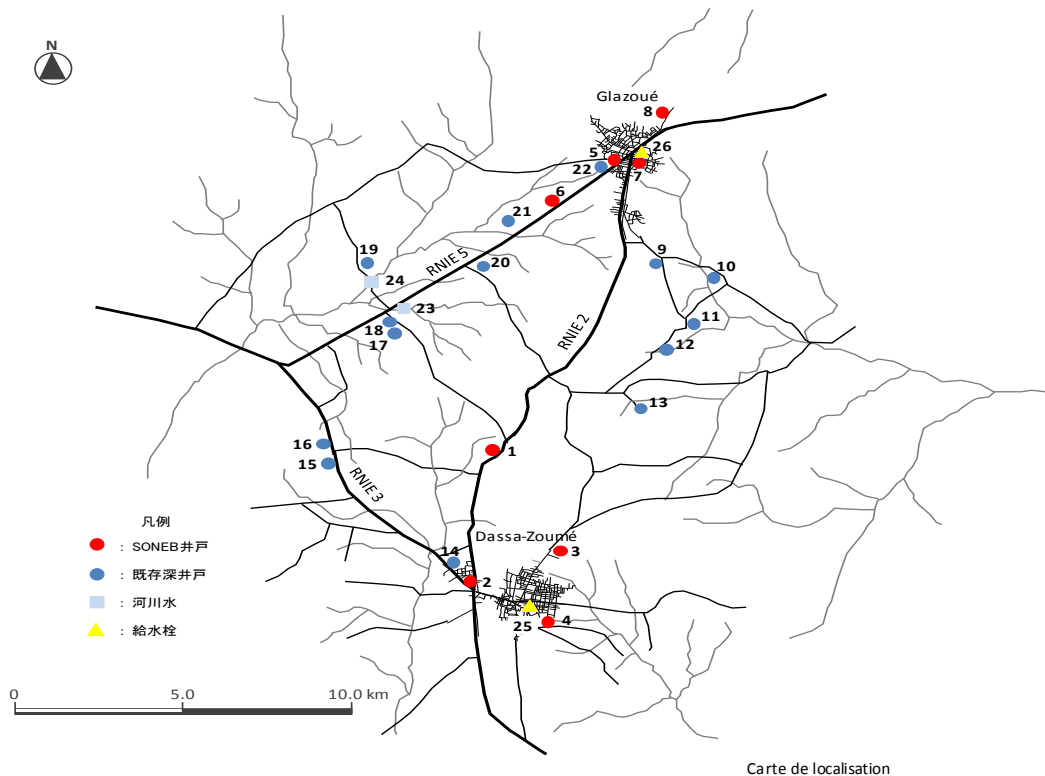
2-1-4-4 既存水源の水質

本調査の第1次現地調査では、SONEBの水源井戸及び対象サイト周辺の村落にある既存深井戸、河川水及びSONEBが給水するグラズエ市内及びダッサズメ市内の給水栓から採水して簡易水質分析（パックテスト）を実施した。その結果を表2-1-5に示す。

同分析の結果、SONEBが管理するグラズエ市の水源井戸からはベナンの飲料水の水質基準を超える「硝酸性窒素」が、またダッサズメ市の水源井戸からは同水質基準を超える「フッ素」が検出されている。また、周辺村落内の多くの井戸からも水質基準を超える硝酸性窒素やフッ素が高い頻度で検出されている。また、一部井戸において鉄及びマンガンも水質基準を超えている。

表2-1-5 既存水源の水質分析結果(簡易水質分析)

番号/名称	試験日 (2014年)	pH	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	簡易水質試験結果(mg/L)						備考	
				鉄	マンガン	アンモニア	硝酸	亜硝酸	フッ素		
ベナン水質基準				0.3	0.1	-	45	3.2	1.5		
SONEB井戸											
1	Agbakossare	9月18日	7.2	760	<0,2	<0,5	<0,2	5	<0,02	1,5-3	ダッサズメ市
2	Kpekoute	9月18日	7.6	858	<0,2	<0,5	<0,2	<1	<0,02	3	同上
3	Loule	9月18日	7.3	563	<0,2	<0,5	<0,2	1~2	<0,02	0,8~1,5	同上
4	Ayedero	9月18日	7.0	625	<0,2	<0,5	<0,2	<1	<0,02	0.4	同上
5	FN5	9月18日	7.1	1,184	<0,2	<0,5	<0,2	45<	<0,02	0,8~1,5	グラズエ市
6	Adjanou	9月18日	7.6	1,124	<0,2	<0,5	<0,2	45<	<0,02	0.8	同上
7	SF4	9月18日	7.4	1,380	<0,2	<0,5	<0,2	45<	<0,02	0,4~0,8	同上
8	Ogoudako	9月18日	7.2	722	<0,2	<0,5	<0,2	20~45	<0,02	0.4	同上
既存深井戸											
9	国道2号線東側	9月19日	6.8	1,183	<0,2	<0,5	<0,2	45<	<0,02	0	村内
10	同上	9月19日	7.1	907	2	<0,5	0,2~0,5	45<	1	0,8~1,5	村内
11	同上	9月19日	7.1	1,277	<0,2	<0,5	0.2	45<	1	0,4~0,8	村隣接
12	同上	9月19日	7.1	381	1	<0,5	0.2	<1	<0,02	0.8	
13	同上	9月5日	6.9	850	0	0	0.2	20~45	0.2	0	村内
14	国道3号線沿い	9月20日	7.1	676	<0,2	<0,5	<0,2	20	<0,02	0,8~1,5	
15	同上	9月4日	7.2	805	0	0	0.2	Plus de 45	0.02	0,4~0,8	村内
16	同上	9月20日	7.2	532	<0,2	<0,5	<0,2	20	<0,02	0~0,4	村内
17	国道5号線沿い	9月4日	7.1	1,400	0	0~0.5	0~0,2	Plus de 45	0.2	0~0,4	村内
18	同上	9月20日	7.0	1,393	<0,2	<0,5	<0,2	45<	<0,02	0	村内
19	同上	9月20日	7.2	1,191	<0,2	<0,5	<0,2	<1	<0,02	0	村内
20	同上	9月20日	6.9	1,848	<0,2	<0,5	<0,2	45<	<0,02	0	村内
21	同上	9月4日	7.5	810	0	0	0.2	10	0.2	0,8~1,5	村隣接
22	同上	9月20日	7.1	830	<0,2	<0,5	0,2~0,5	5	0.05	0.8	
河川水											
23	Igoho堰堤	9月4日	7.2	145	0~1	0	0	0	0	0	
24	Igoho西方河川	9月4日	7.5	230	1	0	<0,2	<1	0	0	
給水栓											
25	ダッサズメ市内	9月20日	7.2	633	<0,2	<0,5	<0,2	<1	<0,02	0,4~0,8	
26	グラズエ市内	9月20日	7.3	986	<0,2	<0,5	<0,2	45<	<0,02	0.4	



(出典：調査団作成)

2-1-4-5 給水方法

現在、SONEB が管理するグラズエ市及びダッサズメ市の各戸給水栓の設置数（実際に給水されている給水栓のみ）は、各々、772 栓と 1,260 栓の合計 2,032 栓である。一方、公共水栓はグラズエ市に 6 栓、ダッサズメ市に 4 栓の合計 10 栓があるのみである。各戸給水栓は、SONEB の管轄する他の都市と同様に、道路沿いに設置されたコンクリート板（幅 1m × 高さ 80cm 程度）に数世帯分の水道メーターをまとめて据え付ける方法が採用されている。通常、水道メーターの後に蛇口が取付けられており、住民は水道メーターの場所で水を汲み、自宅に運搬して利用する方法が主流で、水道メーターから各自の家まで給水管を延長して利用する方法（Full Plumbing）は少数である。

上記の水道メーターは、鍵付きのボックス内に収められているか、蛇口に鍵がかかっており、給水栓の各オーナーが鍵の管理を行っている。これらの各戸給水栓は、SONEB と契約している世帯だけではなく、同世帯と水道料金を分担する（各戸給水栓を持たない）世帯が共同で使用している場合がほとんどである。このため、各戸給水栓は利用者を限定しているものの、共同水栓の利用形態も有している。

一方、公共水栓には管理人が配置されており、25 リットルのコンテナ1 個当たり 25CFA（約 5 円）で住民に水を販売している。公共水栓には水道メーターが設置されており、使用水量に応じて SONEB が管理人に料金を請求することになるが、水の販売による売上げと同料金の差額が管理人の収入になる方法で運営管理されている。なお、SONEB は水道メーター付の各戸給水栓による給水を原則としており、上記の共同水栓は両市の運営管理が SONEB に移管される前に建設されたものであると考えられる。

2-1-4-6 給水人口と給水率

グラズエとダッサズメの給水人口と有収率を表 2-1-6 に示す。有収率は、グラズエ市、ダッサズメ市ともに 80%以上と、高い水準にある。

表2-1-6 グラズエ市及びダッサズメ市の給水状況

区域	①	②	③	④	⑤	⑥= ④/③
	給水区推定人口(人)	給水区世帯数(世帯)	日平均給水量(m ³ /日)	日平均使用量(m ³ /日)	接続世帯数(世帯)	有収率
グラズエ市	27,288	5,384	288	233	772	80.9%
ダッサズメ市	29,571	5,814	400	330	1,260	82.5%
合計	56,859	11,198	688	563	2,032	81.8%
備考	①及び②は 2014 年の推定値 ③、④及び⑤は 2014 年 1 月から 12 月までの平均値（SONEB の月次報告書を抜粋） ③は実際ポンプから汲み上げられた水量 ④は売水量 ⑤は表 2-2-11 参照					

（出典：SONEB の月次報告書）

2-1-4-7 水道料金と料金収入

(1) 水道料金

SONEB の水道料金は、管轄する全国の都市で同一料金となっている。料金は表 2-1-7 のように逓増料金制を採用しており、1m³ 当たりの水単価は、1 カ月 (30 日間) 0~5m³ までが 198CFA (約 42 円、付加価値税は免除)、6~50m³ までが 453CFA (約 95 円、+18%の付加価値税)、51m³ 以上が 658CFA (約 138 円+18%の付加価値税) である。また、これらの水単価で計算された料金に加えて 676CFA (約 142 円) の請求書の発行手数料が徴収される。例として、同単価を用いて水道料金を計算すると、1 カ月 5m³ の使用水量で料金は 1,666CFA (約 350 円)、10m³ で 4,460CFA (約 937 円)、20m³ で 9,806CFA (約 2,059 円) となる。

表2-1-7 SONEB の水道料金表

消費水量 (m ³)				水道料金 (CFA)				水道料金 (円換算)	
合計	第 1 階層	第 2 階層	第 3 階層	料金	請求額	税金	支払い額	支払い額	1m ³ 単価
0	0	0	0	0	676	0	676	142	-
5	5	0	0	990	1,666	0	1,666	350	70
10	5	5	0	3,255	3,931	529	4,460	937	94
20	5	15	0	7,785	8,461	1,345	9,806	2,059	103
50	5	45	0	21,375	22,051	3,791	25,842	5,427	109
100	5	45	50	54,275	54,951	9,713	64,664	13,579	136

(出典：SONEB 提供資料)

逓増料金制であるため、基本水量の 5m³ までは 1m³ 当たり約 70 円であるが、これを超えると 1m³ 当たりの単価が 94~136 円となり、途上国の水道料金としてはかなり高い水準の料金設定である。SONEB としても料金が高いことは認識しているが、現在の運営・維持管理費用を賄うために必要な水準であり、水単価を安くするためには利用者 (給水量) の増加が必要としている。

具体的な料金の徴収方法としては、SONEB は毎月水道メーターの検針結果に基づいて水道料金を計算し、請求書を利用者に発行する。利用者は、請求書の受領後、2 週間以内に管轄の SONEB 支局の窓口で料金を支払う必要がある。同期間内に料金が支払われない場合は、その後 1 週間以内に支払うように利用者に警告が与えられ、この警告期間内に料金の支払いがない場合には、SONEB が給水栓の閉鎖を行う。また、給水栓が閉鎖された後、さらに 1 カ月以内に料金が支払われない場合には、水道メーターが撤去されることになっている。

水道料金の未払いに対しては、上記のように厳しい措置が取られていることもあり、グラズエ市及びダッサズメ市の料金徴収率はほぼ 100% である。なお、水道メーターが撤去された場合で、利用者が再度メーターの設置を求める場合には、メーターの再設置手数料として 15,195CFA (約 3,190 円、家庭用給水栓の場合) を SONEB に支払う必要がある。

給水栓の接続に係る手続きとしては、住民が水道の接続を最寄りの SONEB 支局に申請を行い、SONEB は申請のあった住民の自宅に向いて接続に係る調査を実施して必要な配管材を整理し、工事金額の積算を行う。住民が同見積もり金額を SONEB に支払うと、DRAB に連絡して必要な配管材を同地方局から受領し、実際の接続工事はダッサズメ支局あるいはグラズエにある出先の事務所の配管工が行うことになる。接続工事の金額は配管延長等により変動するが、概ね 1 栓当たり 110,000CFA（約 23,100 円）の費用が必要である。

(2) 料金収入

2014 年の水販売量と契約者数を基に試算したグラズエ市及びダッサズメ市の料金収入を表 2-1-8 に示す。両市の年間収入は、約 13.0 百万円と推定される。

表2-1-8 SONEB による料金収入(試算)

項目	式	グラズエ市	ダッサズメ市	合計
① 年間水販売量 (m ³ /年)		85,182	120,456	205,638
② 月平均水販売量 (m ³ /月)	①÷12	7,098	10,038	17,137
③ 契約者数 (件)		772	1,260	2,032
④ 1 件 1 月当りの水販売量 (m ³)	②÷③	9.19	7.97	17.16
⑤ 5m ³ までの料金 (198CFA/m ³)	198×5	990	990	
⑥ 5m ³ 以上の料金 (453CFA/m ³)	(④-5) × 453	1,898	1,345	
⑦ 1 件 1 月当りの料金 (CFA/月)	⑤+⑥	2,888	2,335	
⑧ 年間予想収入 (CFA/年)	⑦×③×12	26,754,432	35,305,200	62,059,632
⑨ 円換算 (円/年)	⑧×0.21	5,618,431	7,414,091	13,032,523

(出典：調査団作成)

一方、2014 年の電気料金、塩素消費量及び人件費から試算した両市の年間支出金額を表 2-1-9 に示す。両市の年間支出額は、約 15.3 百万円と推定される。

表2-1-9 SONEB の年間支出額(試算)

項目	グラズエ市	ダッサズメ市	合計	備考
年間電気使用量 (kwh)	47,373	74,081	121,454	
①電気料金支払い (78CFA/kwh)	3,695,094	5,778,318	9,473,412	78CFA/kwh
年間塩素使用量 (kg)	159	300	459	
②塩素金額 (3500CFA/kg)	556,500	1,050,350	1,606,850	3,500CFA/ kg
グラズエ・ダッサズメ従業員数	3	10	13	
③人件費 (CFA)			61,689,300	添付資料 7 参照
合計 (①+②+③) CFA			72,769,562	
上記円換算			15,281,608	

(出典：調査団作成)

上記の検討から、グラズエ市とダッサズメ市の収支は、料金収入のみでは赤字になっているものと推定される。SONEB の収入の約 3/4 は、コトヌー及びポートノボでの料金収入であり、その他の地方都市の運営は概ね赤字であると推定される。なお、SONEB の会計は、SONEB 本部で一括して処理されるため、各支局の赤字の度合いは不明である。

2-1-4-8 給水施設の運営・維持管理

SONEB は全国に 6 つの地方局と 13 の支局がある。SONEB の人員配置に関しては、採算面を考慮して、1,000 給水栓当たり 4 人の職員（検針員は一人で 1,500 栓を担当）が適切であるとしている。対象サイトのグラズエ市及びダッサズメ市の給水栓数は、合計で 2,037 栓であることから、適正な職員数は 8~9 人となるが、現状では経営規模が小さく効率が悪いこともあり、適正な職員数の約 1.5 倍の職員が配置されている。

ダッサズメ支局からの聞き取りによると、漏水事故や設備の故障等が発生した場合の対応は、同支局で行っているが、事態の深刻度に応じて、DRAB やコトヌーの SONEB 本部に支援を要請する管理体制となっている。漏水に関しては、グラズエ市及びダッサズメ市では、トレンチを掘削すると岩があるため、管を深く埋設することができず、重量車輛の通過等により月に 3 件程度の漏水が発生するが、適切に修理を行っているとのことである。このように適切な漏水管理が行われているため、前述のとおり、両市の有収率は 80%以上と高く、有効率も比較的良好な水準に維持されているものと推定される。

運転・維持管理用の資機材の調達に関しては、消毒処理用の塩素剤（高度さらし粉）は、SONEB 本部が年間の消費量を算定して一括購入し、全国の地方局を通じて各支局に配分している。グラズエ市及びダッサズメ市の塩素剤は、DRAB を通じて配分され、ダッサズメ支局の倉庫に保管されている。配管材や水道メーター等については、多少の材料はダッサズメ支局にストックされているが、通常は、同支局が維持管理や新規の水道メーター接続等に必要な材料を見積り、DRAB に申請して材料の支給を受ける方法を採用している。経費の支払いに関しては、井戸ポンプの運転等の電気代は、当該地区のベナン電力公社（Société Béninoise d'Énergie Electrique : SBEE）が、支局ではなく、DRAB に直接請求している。職員の給与については、コトヌーの SONEB 本部が各職員の銀行口座に振込みを行っている。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 公共電力の供給

対象サイト及びその周辺の送電線は、市街地内や国道沿いに設置されている。しかし、本プロジェクトで新設する井戸は、市街地や国道から遠く離れる可能性が高く、電力供給のための送電線を新たに設置する必要がある。この送電線の設置については、ベナン側の負担で実施することを2015年4月28日付の討議議事録（「添付資料4」参照）で確認した。

ダッサズメ市のSBEEからの聞き取り調査によると、送電線の設置に係る主要工事の単価は、以下のとおりである。

- ・電柱： 240,000CFA/本（100m 間隔に1本設置）
- ・電線： 1,878CFA/m（117mm²）三相の場合3本必要
- ・トランス： 2,294,318CFA/器
- ・人件費及び輸送費： 材料費の35%

上記の単価に基づき試算すると、送電線延長10km、取水施設5カ所の場合、約125百万CFA（≒26百万円）の費用が必要となる。

(2) 道路

コトヌーと対象サイト間、グラズエ市～ダッサズメ市間の国道及び両市内の幹線道路は舗装されているため、雨季でも工事用車両の通行に問題はない。一方、幹線道路以外は、大部分が未舗装であるため、工事用車両の搬入については、各施工箇所の状況を確認して行う必要がある。

(3) 工事用水

SONEBからの給水が利用可能であるが、乾季に大量の工事用水を使用する場合、通常の給水に支障をきたす可能性があるため、利用時期及び使用量については留意する必要がある。

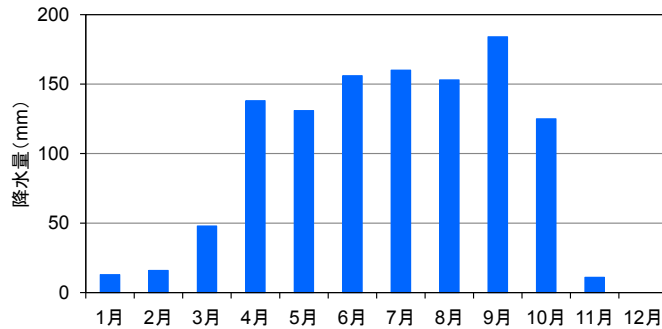
2-2-2 自然条件

2-2-2-1 気象

ベナンの気候は、南より亜赤道型気候帯、亜熱帯性気候帯、アタコラ気候帯、サバンナ気候帯の4つに区分できる。本プロジェクトの対象サイトのあるコリーヌ県は、サハラ砂漠からの気流の影響を強く受けた内陸部の亜熱帯性気候に属し、5月～10月の雨期と11月～4月の乾期に分けられる。

同県サベ市の気象観測所の記録によると、年間降雨量は1,135mm（1998～2007年の平均）

であり、雨期には 100～200mm/月の降雨がある。12月～3月は、サハラ砂漠からの風が強くなり、低湿かつ夜間の気温が 22～23℃まで低下するが、昼間の気温はこの時期が最も高く 35℃以上になる。本プロジェクト対象地であるグラズエから東に約 30km の距離にあるサベ市にある降水量記録を図 2-2-1 に示す。



月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
降水量 (mm)	13	16	48	138	131	156	160	153	184	125	11	0	1,135

図 2-2-1 コリーヌ県サベ観測所の降水量記録

2-2-2-2 本プロジェクト対象地域周辺の地形

ベナンの地形は、南部の海岸から内陸部に向けて「海岸低地」、「海岸台地」、「内陸低地」、「遷移帯」、「内陸台地」及び「内陸準平原」に区分され、本プロジェクト対象地域であるダッサズメ市及びグラズエ市は「内陸準平原」に位置する。「内陸台地」に位置するボイコン周辺の標高は 150m 前後であり、「内陸準平原」の南部に位置するズー川に向けて標高 100m 前後と低くなり、「内陸準平原」北方に向かって、しだいに標高が増してくる。本プロジェクト対象地域のダッサズメ市の市街地は標高 180m 前後、グラズエ市の市街地は標高 190m 前後である。

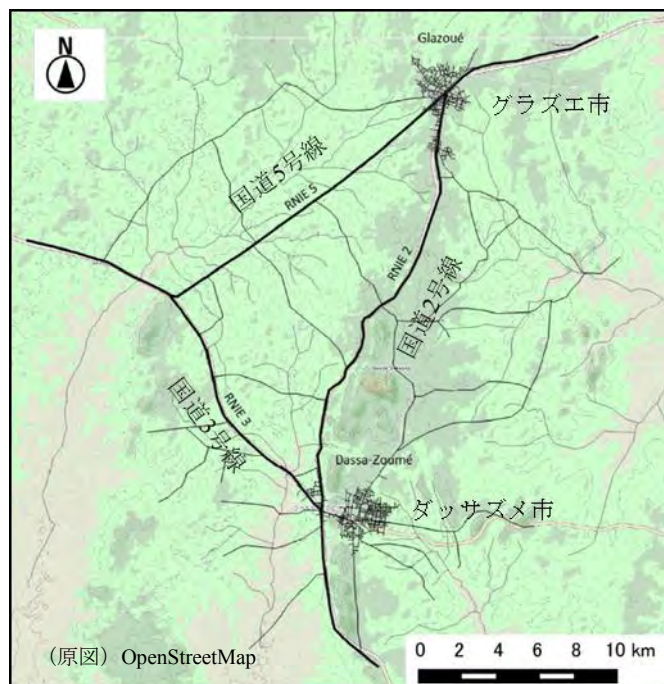


図 2-2-2 プロジェクト周辺地域の地形

ダッサズメ市とグラズエ市を結ぶ国道 2 号線は尾根に沿って走っており、この尾根を境に東西に向かって緩やかな傾斜をなしている。国道 2 号線より東方には恒常河川であるウエメ川が南下しており、西方には恒常河川のズー川が南東方向に流下する。尾根のある国道 2 号線付近を分水嶺として、両河川の支流がそれぞれの方向に流下しているものの、一部を除くほとんどの支流は季節河川である。

ダッサズメ市内には、残丘状の大きな岩盤の一枚岩が南北に縦断するように連続して露頭している。これら露頭には、地表から 30m を超える高さを誇る岩山も見られる。周辺の一部住民は、これら岩盤を手作業で切り出し、砕石や墓石に加工して、販売している。市の中心部にこれら露頭した岩盤が発達しているため、その周縁部は起伏に富み、準平原化しているとは思えない地形を呈している。一方、グラズエ市は周辺地域に比べ、小高い丘陵地に立地した市街地である。その周縁部はなだらかな傾斜で斜面が連なり、ダッサズメ市周辺よりも準平原らしい地形を呈している。

2-2-2-3 地質及び構造線（リニアメント）

本プロジェクトの対象地域周辺の地質は、主として先カンブリア時代に形成された基盤岩類である。主な岩相は火成片麻岩であるが、ダッサズメ市及びグラズエ市の西方には、流紋岩や玄武岩を主体とした火山岩類が南北に縦断する形で分布している。これら火山岩類の東には砂岩を主体とした陸成堆積物が隣接して南北に分布する。



写真 2-2-1 ダッサズメ市内の露頭

一方、ダッサズメ市の東方には、片麻岩、黒雲母及び角閃石からなる岩体が馬蹄状に出現しており、これが背斜地形として、盆状に分布し、隣接する火成片麻岩と地質的な不連続面を形成している。この馬蹄状に出現している岩体は、ダッサズメ市東方で崖を形成するように露頭している。また、ダッサズメ市内に残丘として出現している露頭は、背斜地形が向斜地形に転じた部分が浸食を免れて残った地形であると考えられる。



写真 2-2-2 背斜地形の南端で形成された崖

本プロジェクトの対象地域周辺の一次構造線²は、N5E～N10E の方向に走っており、これにほぼ直行する方向で、二次構造線が発達している。対象地域周辺の地形は古い地形であり、非常に多くの構造線が発達していることから、地下水が賦存するような風化帯はこれら発達した構造線に沿って存在することが考えられる。一方、地下水を賦存しない完全に閉塞した構造線が存在することも過去の経験により明らかになっている。また、かつて我が国が無償資金協力で実施した村落給水プロジェクトでは、本プロジェクトの対象地域の南方に位置するズー県において、一次構造線よりも二次構造線で地下水を捉える事例が多

² 関連する複数の構造線の中で、最も古い時代に活動したと考えられる構造線を指す。構造線とは地帯構造の境界を指し、不連続面と言われる地質境界面の中で、造山活動に伴う不連続面を指す。

かった。しかしながら、地域的な相違も考えられるため、本プロジェクト対象地域周辺における構造線と地下水賦存の関係については、物理探査と試掘により、明らかにする必要があります。

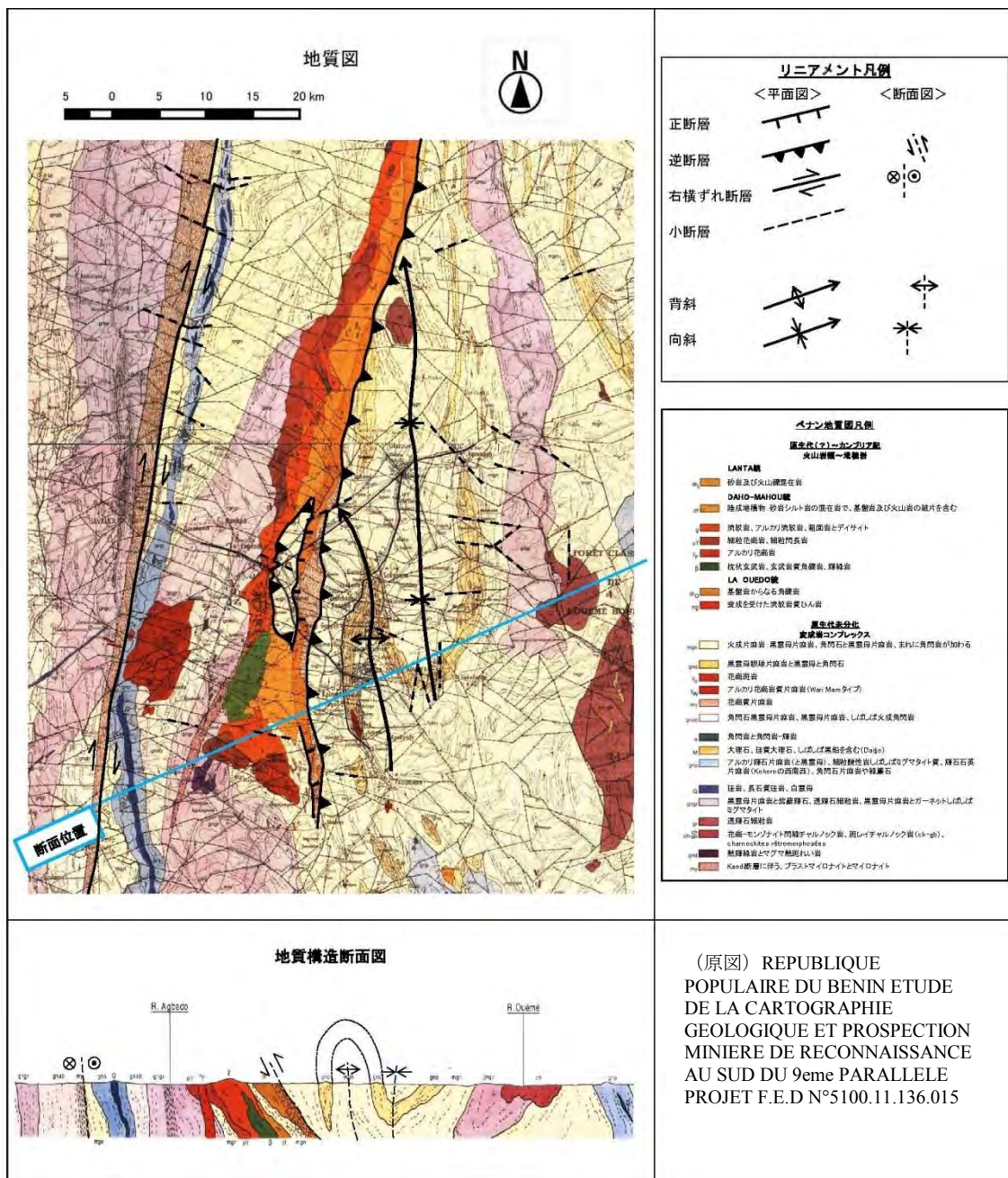


図2-2-3 本プロジェクト対象地域周辺の地質と構造線(リニアメント)

2-2-2-4 本プロジェクト対象地域周辺の既存井戸の状況

対象地域周辺では、1980年代より多くのハンドポンプ用ケーシング付き井戸が掘削されてきた。その数は数百井を超えていると推定されるが、正確な本数は把握されていない。DG Eau は、1980年代後半からこれら井戸の掘削データ等を紙媒体のデータベースとして管

理していたが、コンピュータを使った GIS によるデータ管理を開始して以来、紙媒体によるデータ管理は完全に放棄されている。新たなデータの管理方法として採用された GIS に登録されている井戸の数は、コリーヌ県だけで 1,500 井を超えるものの、実際に井戸の構造や水質、揚水量等のデータが入力されている井戸の数量は全体の 5 割にも満たない。

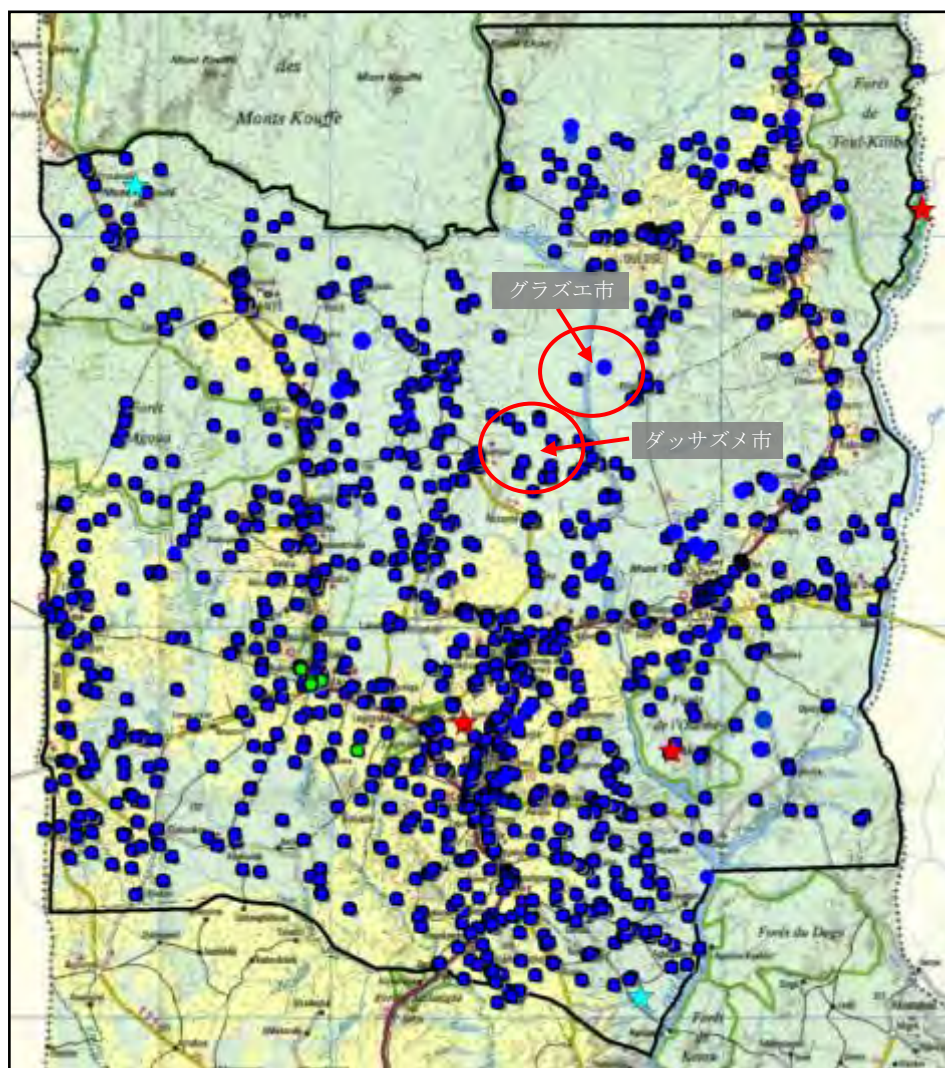


図2-2-4 DG Eau の GIS に位置情報を登録されているコリーヌ県の既存井

このような状況の下、本調査の第 1 次現地調査では、本プロジェクトの対象地域周辺において、GIS のデータベースから、実際にデータが入力されている 128 井の井戸データを抽出した。また、これら GIS のデータとは別に、DG Eau が保管している各種報告書の中から、本プロジェクトの対象地域周辺に分布する 63 井の井戸データを抽出し、これら抽出したデータを地下水に関する各種データの解析に利用した。GIS のデータと紙媒体の報告書のデータの最大の違いは、GIS のデータは全て加工された数値だけのデータであるのに対し、報告書から抜き出したデータは井戸の構造図や掘削時の地質柱状図を視覚で確認できるばかりではなく、揚水試験のデータに関しては、実測値が記載されていることから、データ自体の信頼性を自ら確認できる点にある。

一方、ダッサズメ市及びグラズエ市の水源として利用されている井戸の多くが、口径4インチのハンドポンプ用PVCケーシング井を水中モータポンプ用の井戸として転用している事が現地踏査で明らかになった。例えば、グラズエ市北方に位置するOgoudako村の井戸は外径125mmのPVCケーシングパイプを設置したハンドポンプ用井戸であったが、掘削当時は揚水量が $12\text{m}^3/\text{時}$ (GISの井戸データによる)で比較的多かったため、現在はSONEBのグラズエ市給水用の水源井として、水中モータポンプに入れ替えて、使用されている。

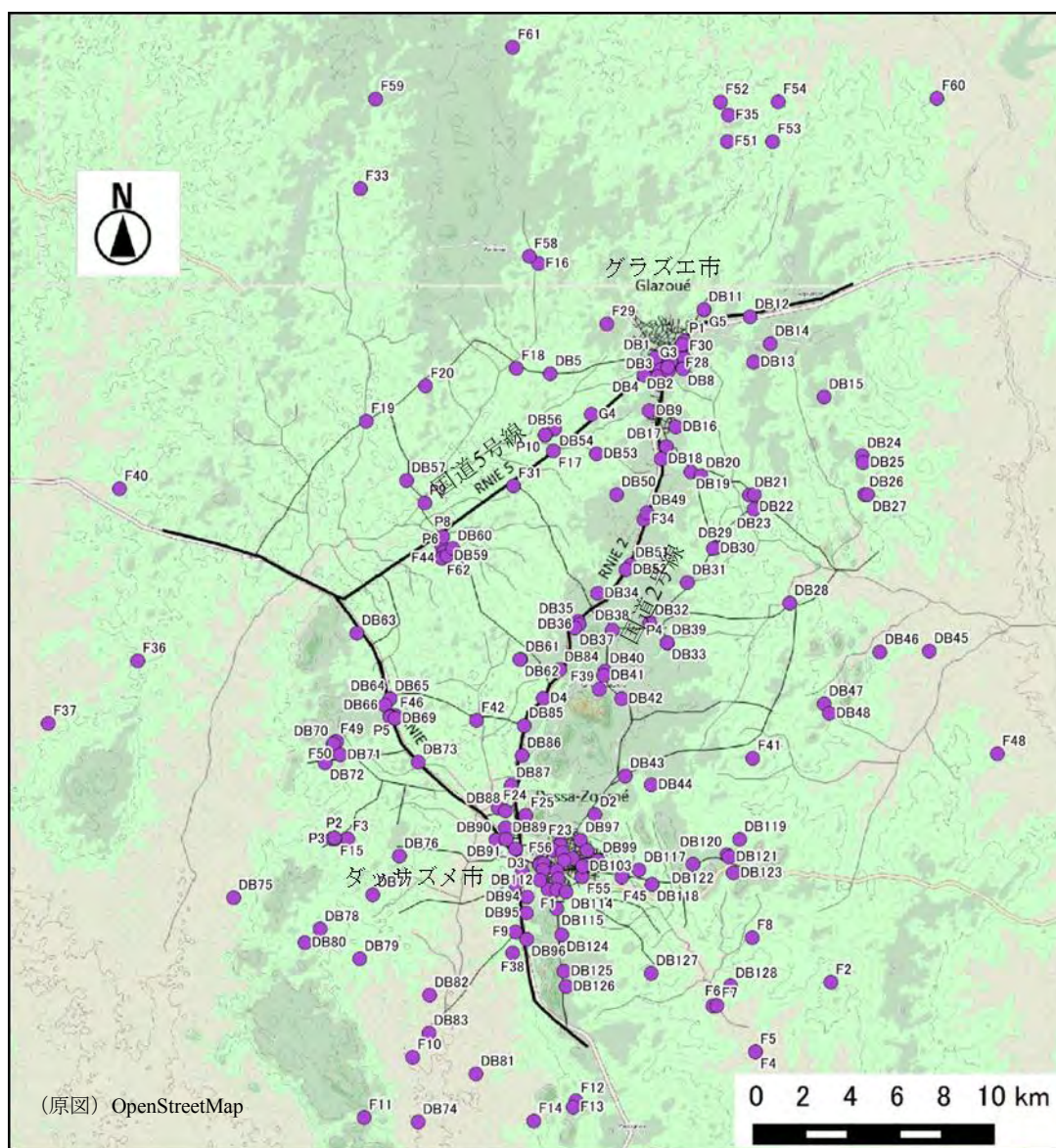


図2-2-5 本プロジェクト対象地域周辺で抽出した既存井戸の分布状況

当該井戸のスクリーンはGL-24mからGL-30mに設置されていることから、全体のスクリーン長は6mとなる。この場合、西アフリカ地域で一般に使用されている外径125mmのPVCスクリーンパイプの開口率は約6%であることから、スクリーンパイプの閉塞率を一般的な値である50%として計算すると、掘削当時の揚水量 $12\text{m}^3/\text{時}$ で揚水を行った場合、井戸孔内に流れ込む地下水の流入速度は秒速4.71cmとなる。

一般に、秒速 3cm を超える速度で地下水を井戸孔内に引き込むような井戸の構造にすると、スクリーンパイプ周辺の地下水の流れが乱流となり、充填砂利より細かい粒子の砂やシルトを引き込み、充填砂利やスクリーンを目詰まりさせる原因になるとされている。当該井戸についても、ハンドポンプを水中モータポンプに入れ替えた後、同様の現象が生じており、揚水量が 5m³/時まで減少している。その後、SONEB 本部の指導により、現在ではより小さな水中モータポンプと入れ替えられている。

また、ベナンで一般的に採用されているハンドポンプ用井戸の構造について、本プロジェクトの対象地域が位置する基盤岩地域においては、外径 125mm のケーシングパイプを使用する場合には、直径 165mm (6-1/2 インチ) の DTH (ダウン・ザ・ホール) ハンマービットが掘削に使用され、外径 110mm のケーシングパイプを使用する場合には、直径 152mm (6 インチ) の DTH ハンマービットが掘削に使用される。この場合、両タイプの井戸構造共に、フィルター材として利用する充填砂利を設置する掘削孔壁とケーシングパイプの間のクリアランスが片側わずか 2cm 程度しか確保できない。このため、砂利を掘削口元から投入して充填しようとしても、掘削孔底まで砂利が降下せず、正しく砂利が充填されない場合が多く、結果的に地下水位の井戸ロスが大きくなってしまふことにより、井戸の揚水能力が著しく阻害されてしまふ可能性が高い。

このように、ダッサズメ市及びグラズエ市で SONEB の管理するハンドポンプ井から転用した多くの井戸は、井戸の構造上の問題を原因として、揚水障害が生じており、水中モータポンプの設置が適切ではない井戸であると考えられる。今後、この状況を解決するには、砂利充填を確実に実施することのできる口径の掘削ビットで新しい井戸を掘削し、設置するスクリーンパイプについてもより開口率の高いスクリーンパイプを使用するなど、ベナンではこれまでに経験のない構造で井戸を建設する必要がある。

2-2-2-5 本プロジェクト対象地域周辺の地下水の状況

本プロジェクトの対象地域周辺の既存井戸のデータを基に、地下水位標高、地下水の揚水量分布、地下水を賦存する可能性のある風化帯の層厚、風化帯の底盤標高、地下水のフッ素濃度分布及び地下水の硝酸イオン濃度分布を地形図上や地質図上にプロットし、本プロジェクト対象地域における地下水の特性分析を試みた。それぞれの分析結果を以下に示す。

(1) 地下水位標高

井戸孔内の静水位を標高に換算し、地形図上にプロットすることにより、地下水の流動を分析し、考察を行った。

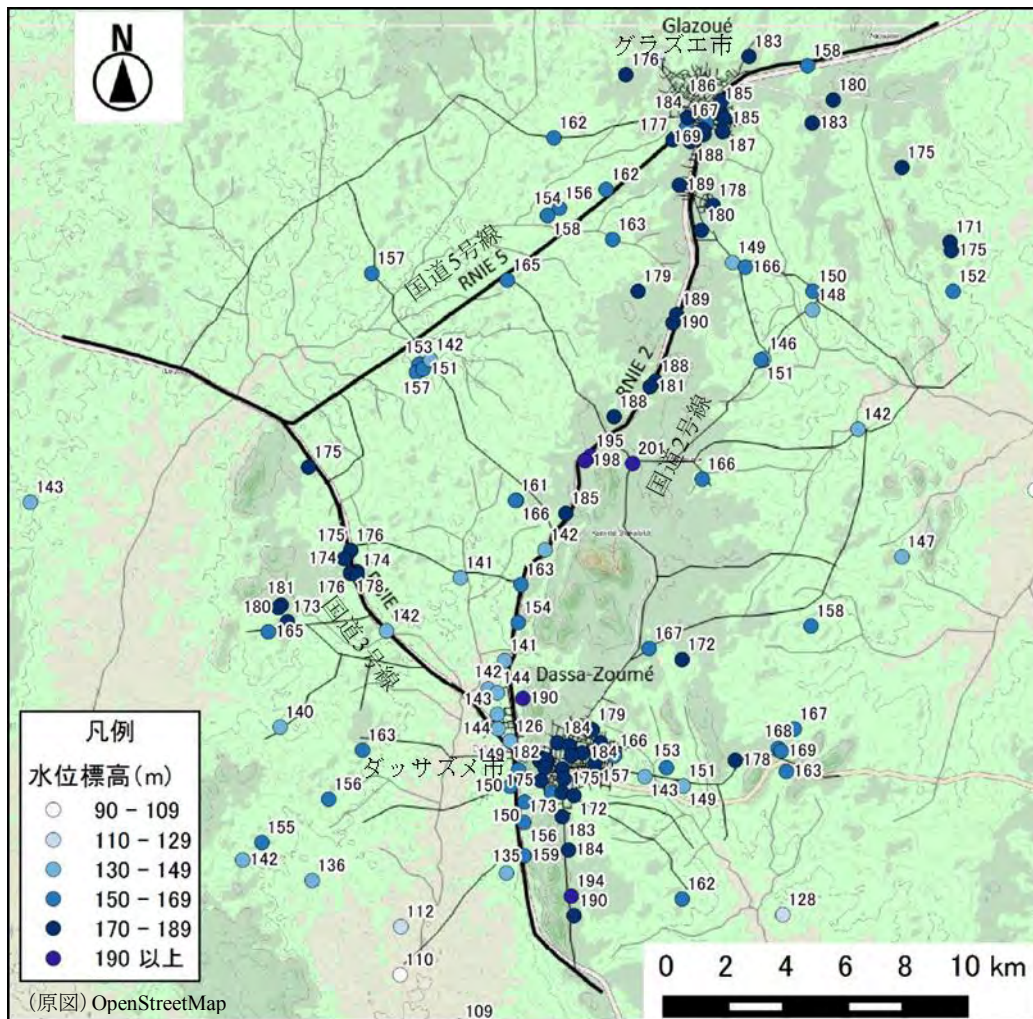
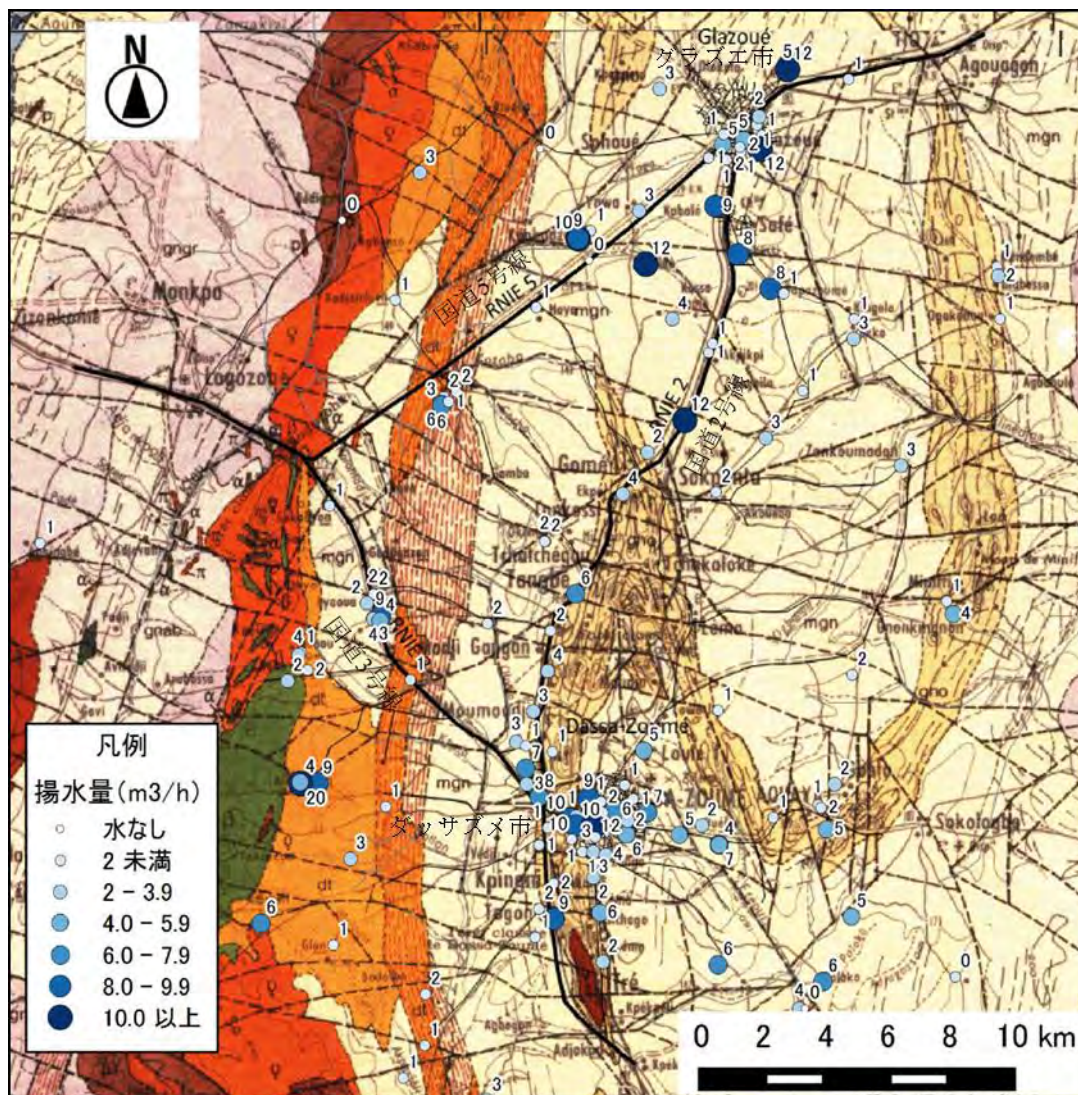


図2-2-6 地下水水位標高分布図

これによると、ダッサズメ市とグラズエ市を結ぶ国道 2 号線沿いに地下水位の分水嶺が存在することが分かる。本プロジェクトの対象地域周辺では、この分水嶺を境に東側と西側で異なった地下水の流動を示している。この大きな流動の他にも、いくつかの異なる流動が確認されているものの、それぞれの井戸の地下水位の観測時期に違いがあるため、このデータ分析では、より詳細な地下水の流動を明瞭に示すことは困難である。

(2) 地下水の揚水量分布

井戸の揚水量を地質図上にプロットし、地質の違いや構造線の影響により、揚水量にどのような傾向があるのかについて分析し、考察を行った。これによると、地質による揚水量の傾向としては、ダッサズメ市西方及びグラズエ市西方に分布する砂岩を主体とした陸成堆積物において、毎時 3~10m³ 程度の比較的良好な揚水量を産出していることが分かる。



(原図) REPUBLIQUE POPULAIRE DU BENIN ETUDE DE LA CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE ET PROSPECTION MINIERE DE RECONNAISSANCE AU SUD DU 9eme PARALLELE PROJET F.E.D N°5100.11.136.015 (地質図の凡例は図 2-2-3 を参照)

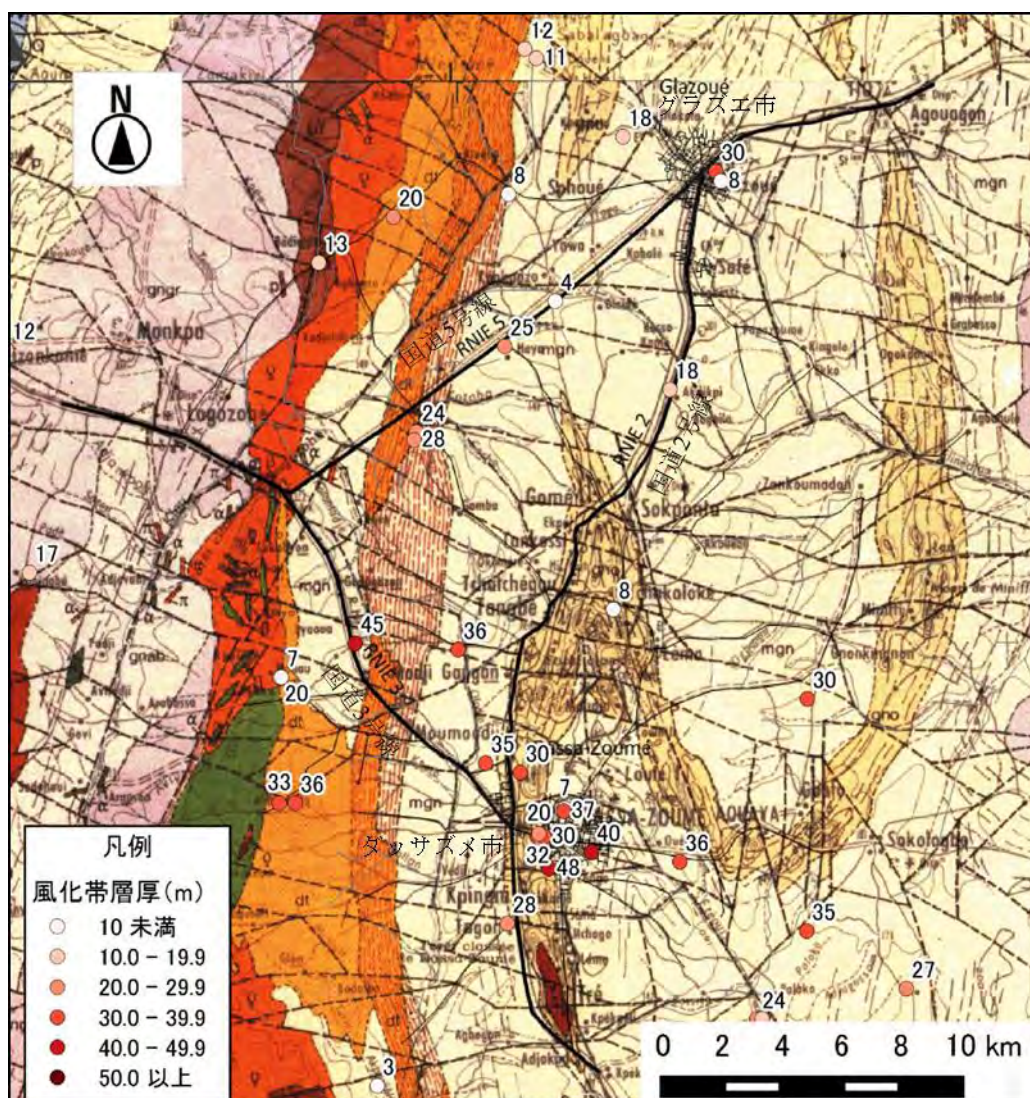
図2-2-7 既存井戸の揚水量分布図

次に、構造線が揚水量に影響していると考えられる地域については、基盤岩地帯では地下水を開発しやすいと一般に考えられている地殻変動による構造線よりも、むしろ地質的な不連続面として表れている構造線の近辺で、毎時 5m^3 程度以上の比較的良好な揚水量を産出している井戸が存在している。これは地質的な不連続面付近に大きな風化帯等、地下水を賦存する余地のある空隙がある場合、当該不連続面が地下水の流動を堰き止める要因になり、地下水の滞留しやすい構造になっていることから、このような地質的な不連続面の存在する地域で比較的多くの揚水量を見出すことにつながっているものと考えられる。

しかしながら、地質や構造線と個々の井戸の揚水量の関係は、同じ地質や構造線上にある井戸であっても、全ての井戸で想定した揚水量を得られるとは限らない。つまり、事前の既存井戸調査や水理地質調査、物理探査では揚水量の推定は不可能であることから、試掘後の揚水試験の結果をもって、揚水量の特定を行う必要がある。

(3) 風化帯の層厚

風化帯の層厚は、強風化帯であると判断される深度を井戸掘削時の地質柱状図で確認し、それぞれの井戸の風化帯の層厚を求めた。強風化帯の底盤深度の判断材料としては、掘削時における掘進速度が最も有効な指標となる。本調査では、DG Eau と SONEB の保有する地質柱状図から強風化帯の層厚を求めたが、両機関共に掘進速度の記録を施工業者に義務付けてはいないことから、掘進速度の記載された地質柱状図は非常に限られていた。その他の指標としては、地質柱状図に描かれた掘削サンプルの情報や深度別の湧水状況の情報が有力な手掛かりとなり、これらを総合的に判断して、それぞれの井戸における強風化帯の底盤深度を検討し、強風化帯の層厚を求めた。



(原図) REPUBLIQUE POPULAIRE DU BENIN ETUDE DE LA CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE ET PROSPECTION MINIÈRE DE RECONNAISSANCE AU SUD DU 9^{ème} PARALLELE PROJET F.E.D N°5100.11.136.015 (地質図の凡例は図 2-2-3 を参照)

図2-2-8 風化帯の層厚分布図

しかし、本分析に利用することのできた地質柱状図は、紙媒体で情報を得ることのできた 63 井のみであり、これら井戸の位置が分析に都合良く散在していなかったことから、本

プロジェクト対象地域周辺の地下水特性を明瞭に示すような結果は得ることができなかった。

(4) 風化帯の底盤標高

先に述べた風化帯の層厚を求める際に得た強風化帯の底盤深度から計算し、それぞれの井戸における風化帯の底盤標高を求めた。また、風化帯の底盤の標高についても検討を行ったが、風化帯の層厚分析と同様に、使用することのできるデータ数が少なく、本プロジェクトの対象地域周辺の地下水特性を明瞭に示すような結果を得ることができなかった。

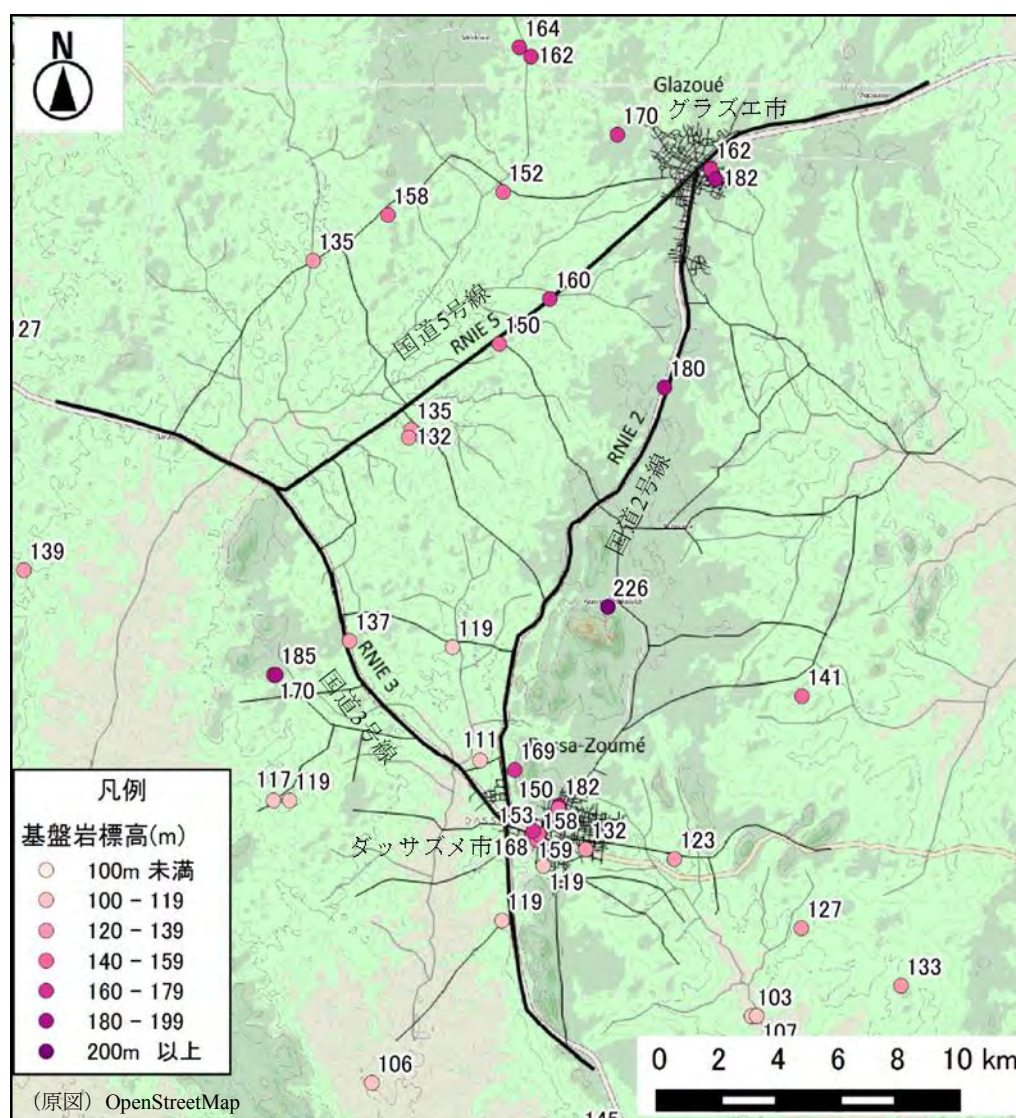
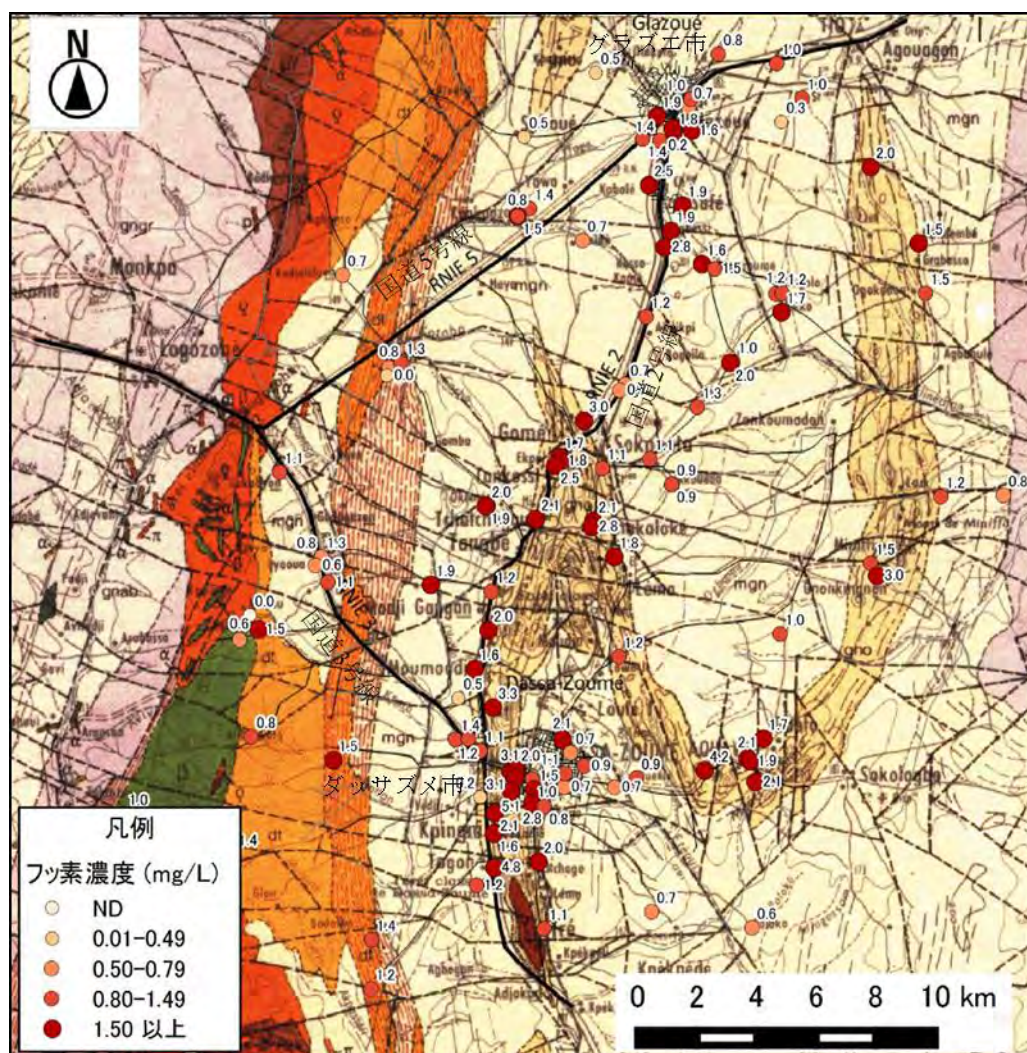


図2-2-9 風化帯の底盤標高 S=1:250,000

(5) 地下水のフッ素濃度分布

本プロジェクトの対象地域周辺の既存井戸からは、地質由来と考えられるフッ素が検出されている。そこで既存井戸の水質分析データを地質図上にプロットし、地下水に含まれるフッ素の面的な拡がりについて分析を行った。

これによると、ダッサズメ市とグラズエ市を結ぶ国道 2 号線沿いにおいて、比較的濃度の濃いフッ素を含有する地下水が存在していることが分かる。また、地質別に比較すると、向斜地形や背斜地形として存在している片麻岩、黒雲母及び角閃石からなる岩相に賦存する地下水において、比較的高い濃度のフッ素が検出されていることが分かる。その他の地域に賦存する地下水に関しては、フッ素濃度が 1.5mg/l を超える地下水が検出されているため、留意する必要がある。



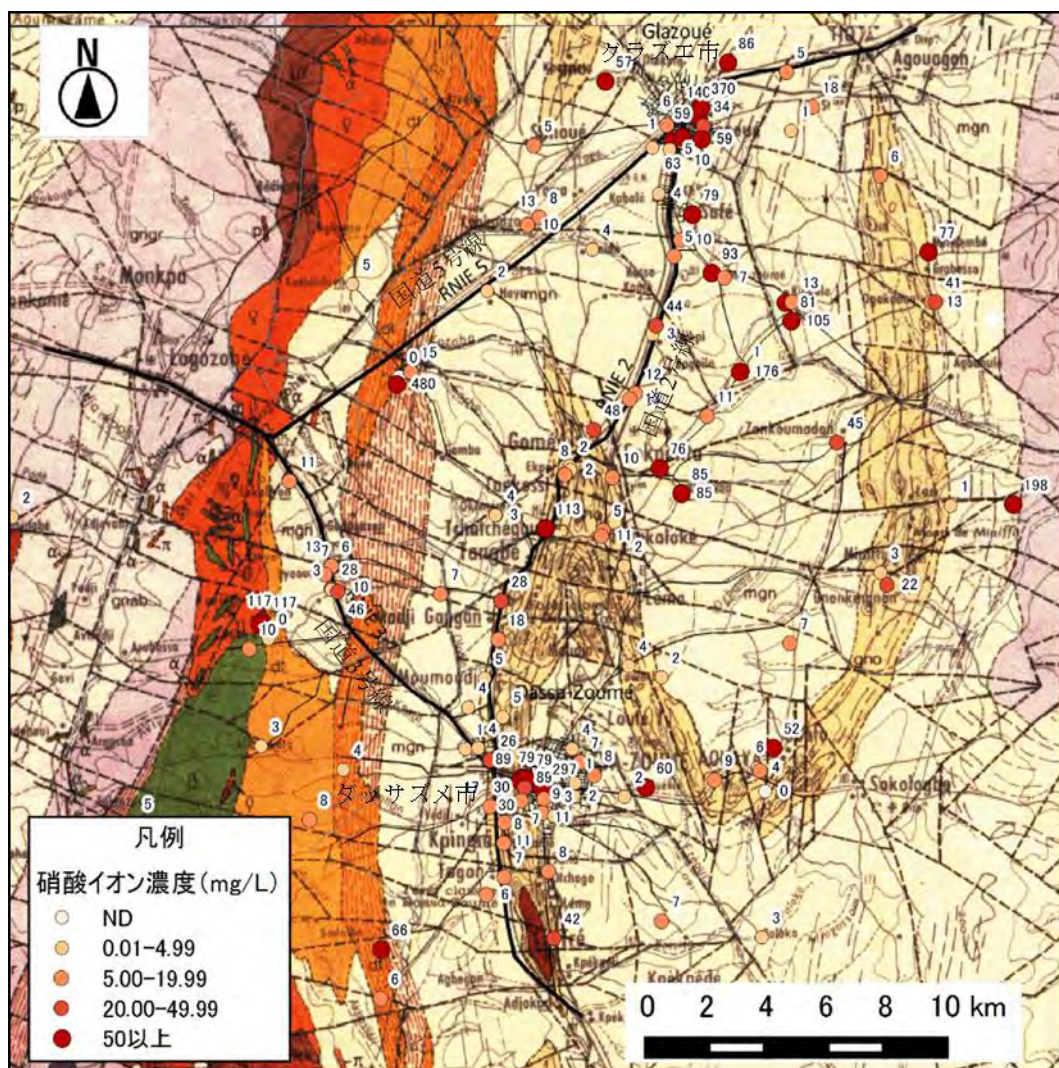
(原図) REPUBLIQUE POPULAIRE DU BENIN ETUDE DE LA CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE ET PROSPECTION MINIERE DE RECONNAISSANCE AU SUD DU 9eme PARALLELE PROJET F.E.D N°S100.11.136.0151 (地質図の凡例は図 2-2-3 を参照)

図2-2-10 地下水のフッ素濃度分布

(6) 地下水の硝酸イオン濃度分布

本プロジェクトの対象地域周辺の既存井戸の井戸水からは、高濃度の硝酸イオンが検出される事例がある。その原因は人間や動物の尿尿による汚染、あるいは綿花栽培に用いる肥料による汚染と言われているが、その原因までを明確に結論付けた調査は行われていない。しかし、地下水中に高濃度の硝酸イオンが含まれる場合があることは事実であること

から、既存井戸の水質分析データを地質図上にプロットし、地下水に含まれる硝酸イオンの面的な拡がり进行分析し、考察を行った。



(原図) REPUBLIQUE POPULAIRE DU BENIN ETUDE DE LA CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE ET PROSPECTION MINIERE DE RECONNAISSANCE AU SUD DU 9eme PARALLELE PROJET F.E.D N°5100.11.136.015 (地質図の凡例は図 2-2-3 を参照)

図2-2-11 地下水の硝酸イオン濃度分布

これによると、硝酸イオンが面的に拡がっている事実は認められないものの、住居の密集する都市部や村落において、高濃度の硝酸イオンが検出されていることがわかる。また、本プロジェクトの対象地域や周辺村落で使用されているハンドポンプ付き井戸について、約 100 箇所の井戸の水質を分析したところ、屋外トイレが整備されている村落で高濃度の硝酸イオンが検出される傾向にあり、一方で屋外トイレのない村落では硝酸がほとんど検出されなかった。トイレでの排泄物が地下水を汚染しているかについては、結論付けることはできないものの、住居の密集する都市や村落、およびそれらの周辺地域で地下水を開発する場合には、高濃度の硝酸イオンが検出されるリスクが必然的に高くなる傾向にあることは言及できる。

(7) 観測井の水位変動

コリーヌ県における水位観測井の地下水位変化を図 2-2-12 に、ダッサズメの年間降水量の推移を図 2-2-13 に示す。図 2-2-12 に示す通り、大部分の井戸は 4 月頃に水位が最も低下し、10 月頃に水位は最も高くなる。ベナンでは 4 月から 10 月にかけて雨季となるため降水量が多く、井戸の最低水位は雨季の初めに、最高水位は雨季の終りに観測されている。年間の水位変動はグラズエで 4~10m、ダッサズメで 2~11m の範囲となっている。

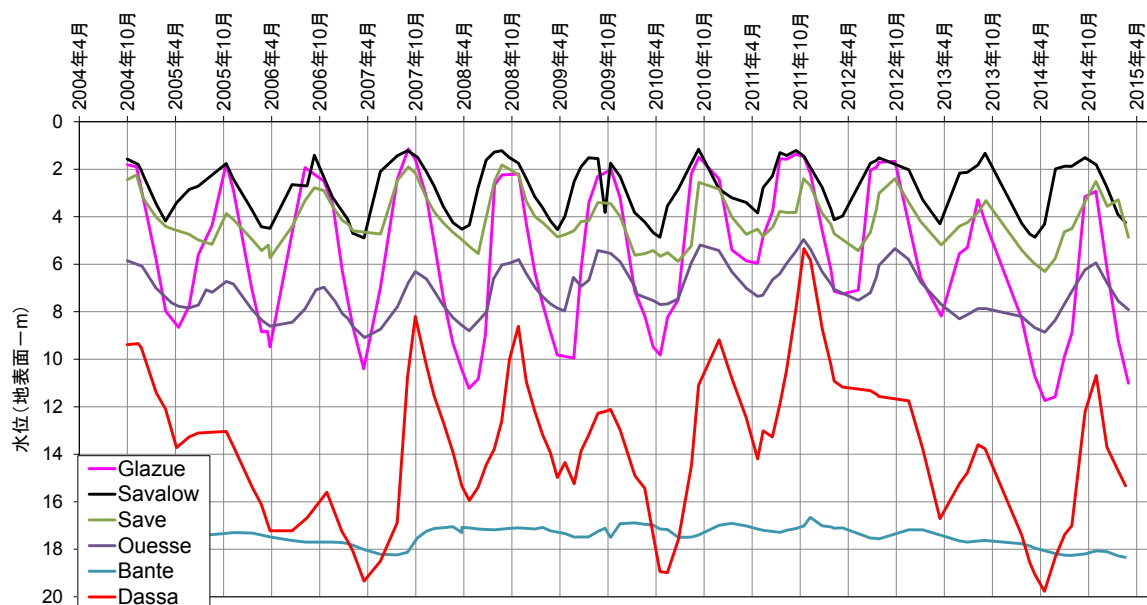


図 2-2-12 コリーヌ県にある観測井戸の水位変動

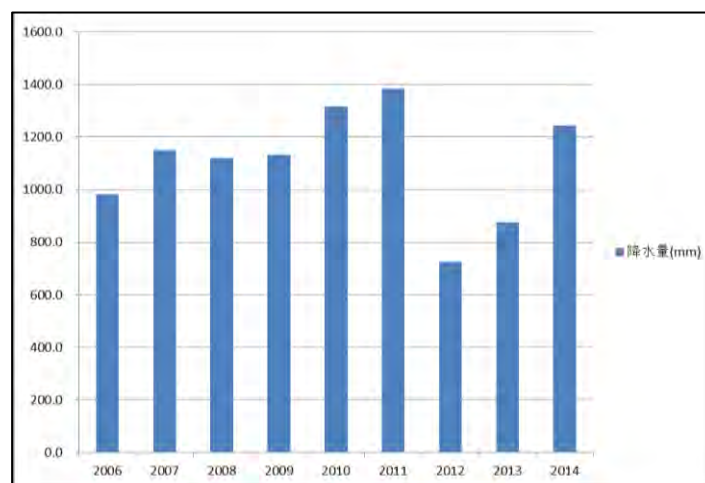


図 2-2-13 ダッサズメの年間降水量の推移

グラズエにおいて、2013 年～2014 年にかけて地下水位が 2m 程度低下する傾向があり、ダッサズメでは 2011 年 10 月～2013 年 4 月まで地下水位は下がり続けている。これは 2012 年と 2013 年の年間降水量が他の年と比べ 3 割程度少ないことが要因の一つと考えられる。また、ダッサズメでは、揚水量がグラズエに比べ多いことも、連続的な水位低下を引き起こしている一因と推測される（「添付資料 8」参照）。

2-2-2-6 物理探査

(1) 物理探査の対象地域

本調査では、第一次現地調査で入手した地質情報や既存井戸の情報を整理・解析し、地下水開発が有望と思われる6つの地下水開発区を設定した。当初、これら6つの地下水開発区で物理探査を実施し、井戸掘削地点を決定、14地点での試掘を行った。しかしながら、グラズエ市に近い地下水開発区で選定した掘削地点での試掘では、十分な量の地下水を得ることができなかったことから、同市周辺で地下水開発の可能性を再検証するために、再度の聞き取り調査と地表踏査を実施した。その結果、同市東部地域で地下水開発が有望であると思われる地域を見出すことができたことから、当該地域を7つ目の地下水開発区として設定し、物理探査を行った。図2-2-14に各地下水区の位置関係を記し、表2-2-1に各地下水区の特徴を示す。

各地下水開発区で物理探査を行うにあたり、予め詳細なリニアメント解析を行い、具体的な探査地域の特定期や水平電気探査の側線方向を決定した。その際、調査班が現場に近づくためのアクセスの有無や各種工事を実施する際のアクセスについても、探査地域の決定に反映させた。

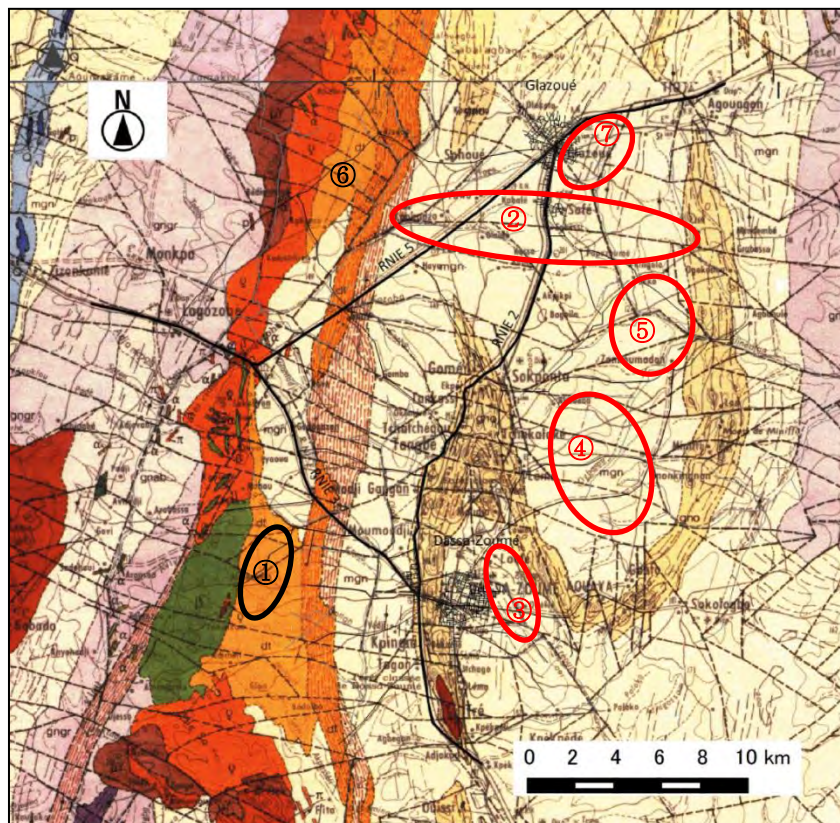


図2-2-14 物理探査を実施した地下水開発区

表2-2-1 各地下水開発区の水理地質的な特徴

地下水区名	水理地質的な特徴
① アリグボコト 地下水開発区	砂岩質の基盤岩地域であり、石英の脈岩が発達。地下水は石英の脈岩に賦存。
② グラズエ市南部 地下水開発区	東西に比較的大きな二次構造線が発達。地下水は二次構造線に沿った風化帯に賦存するが、水量、水質に懸念あり。
③ ダッサズメ市南東部 地下水開発区	背斜地形の中にあり、背斜軸に沿って発達したと考えられる開口亀裂が開析され、谷を形成している。風化帯が広範囲かつ厚く発達しており、地下水の涵養量も多い。
④ 東部地下水開発区	向斜地形の中にあり、リニアメントが発達するような構造に乏しい。当該地区は地下水開発の実績に乏しく、地下水の賦存状況に不透明な部分が多い。
⑤ 東部河川流出域 地下水開発区	向斜地形の中にあり、二次構造線により開析された谷に地表水が集積し、ウエメ川方面に流出している地点。地下水が賦存する地下構造であれば、大規模な地下水の開発が可能。
⑥ グラズエ市西部 地下水開発区	砂岩質の基盤岩地域であり、石英の脈岩が発達。地下水は石英の脈岩に賦存。
⑦ グラズエ市東部 地下水開発区	表層に石英の層が厚く分布しており、年間を通して水を得ることのできる開放井が多く存在している。比較的深度の浅い部分で多くの地下水の開発ができる可能性がある。

(出典：調査団作成)

(2) 物理探査の手法及び実施方法

本探査業務においては、物理探査手法として、水平電気探査と垂直電気探査を併用して、試掘地点を決定した。水平電気探査では、地下水が賦存する可能性のある風化層の分布状況を探査し、垂直電気探査では、各試掘サイトにおけるそれぞれの掘削深度を探査した。

一般に電気探査は、世界的に広く用いられているシュランベルジャー電極配列や日本で多用されているウェンナー電極配列等、数多くの電極配列で探査が行われている。昨今の我が国の資金協力で実施される基盤岩地域での物理探査では、各プロジェクトで採用する電極配列が決定されることが多い。本業務においては、過去の我が国の無償資金協力による村落給水（第三次地下水開発計画）で実施され、かつ本プロジェクト対象地域の南部に位置するズー県において、他の電極配列よりも信頼のできるデータを収集することのできたダイポール・ダイポール電極配列を採用した。

水平電気探査は、過去の掘削データの分析から、比較的大きな揚水量を得ている井戸の出水深度が20～40mに多く見られることが明らかになったため、その探査深度を30m及び40mと設定した。また、垂直電気探査は、設定深度による水平電気探査では捉えきれない40mより深い深度での地下水を探査すること、既設井戸の最大深度が80m程度であることから探査深度を100mと設定した。

本探査業務では、最初に水平電気探査で地層中の風化帯が厚いと思われる部分を見出し、

地表からの地下水の涵養が見込まれる区間の内、最も深く風化層が発達していると考えられる地点を選定し、垂直電気探査を実施した。その際、風化帯が面的な広がりを見せている区間や構造的に垂直、あるいは斜めに風化帯が発達している地点について、優先的に垂直電気探査を実施した。

これら電気探査の電極配列や実施方法については、事前に S Eau コリーヌ県の所長及び水理地質担当と協議の上、決定した。

(3) 物理探査結果及び試掘地点の選定

新規の試掘井の掘削地点を決定するため、総延長 39,550m の水平電気探査を実施し、80 地点で垂直電気探査を実施した。各地下水区における探査数量を、以下に示す。

表2-2-2 電気探査数量

地下水開発区名	水平電気探査		垂直電気探査	
	総測線長		測点数	
① アリグボコト 地下水開発区	総測線長	1,830 m	測点数	4 測点
	300m 換算	6.1 測線		
② グラズエ市南部 地下水開発区	総測線長	6,290 m	測点数	12 測点
	300m 換算	21.0 測線		
③ ダッサズメ市南東部 地下水開発区	総測線長	8,540 m	測点数	18 測点
	300m 換算	28.5 測線		
④ 東部地下水開発区	総測線長	1,250 m	測点数	3 測点
	300m 換算	4.2 測線		
⑤ 東部河川流出域 地下水開発区	総測線長	3,600 m	測点数	7 測点
	300m 換算	12.0 測線		
⑥ グラズエ市西部 地下水開発区	総測線長	1,480 m	測点数	3 測点
	300m 換算	4.9 測線		
⑦ グラズエ市東部 地下水開発区	総測線長	15,100 m	測点数	22 測点
	300m 換算	50.3 測線		
⑧ SONEB 掘り替え	総測線長	1,460 m	測点数	11 測点
	300m 換算	4.9 測線		
合計出来高	総測線長	39,550 m	測点数	80 測点
	300m 換算	131.9 測線		

(出典：調査団作成)

また、各測定地点の結果に基づき掘削の可否を評価した一覧を表 2-2-3 に示す(表中には、SONEB の既存井戸の掘り替え分の結果を除く)。

表2-2-3 垂直電気探査結果一覧

開発区 No.	開発区名	村落名	掘削候補地点					
			探査No.	緯度	経度	掘削 予定深度	掘削の可否	
1	アリグボコト周 辺地下水開発区	Arigbokoto	1-SE1	N07°47' 16.7"	E002°06' 43.8"	-	×	
			1-SE2	N07°47' 06.5"	E002°06' 47.5"	50.0 m	○	
			1-SE3	N07°47' 05.3"	E002°06' 44.3"	-	×	
			1-SE4	N07°47' 07.3"	E002°06' 49.8"	-	×	
2	グラズエ市南部 地下水開発区	Kpakpazoume	2-SE1	N07°55' 59.1"	E002°15' 44.5"	-	×	
			2-SE2	N07°56' 02.4"	E002°15' 44.8"	60.0 m	○	
		Zaffe	2-SE3	N07°56' 08.1"	E002°15' 27.5"	50.0 m	○	
			2-SE4	N07°56' 12.7"	E002°15' 27.0"	60.0 m	△ (No.2-SE3の代替)	
			2-SE5	N07°56' 14.5"	E002°15' 13.6"	50.0 m	○	
			2-SE12	N07°56' 17.0"	E002°17' 37.0"	40.0 m	○	
		Kabole	2-SE6	N07°56' 47.2"	E002°13' 22.0"	45.0 m	○	
			Kpakpaza	2-SE7	N07°56' 29.2"	E002°11' 19.9"	55.0 m	△ (No.2-SE8の代替)
		2-SE8		N07°56' 21.8"	E002°11' 13.1"	45.0 m	○	
		2-SE9		N07°56' 30.5"	E002°11' 35.1"	-	(既存井戸の電気探査)	
		Yawa	2-SE10	N07°56' 14.7"	E002°12' 38.4"	-	×	
2-SE11	N07°56' 10.1"		E002°12' 38.5"	50.0 m	○			
3	ダッサズメ市南 東部地下水開発 区	Ayedero East	3-SE1	N07°46' 33.4"	E002°13' 24.0"	45.0 m	○	
			3-SE2	N07°46' 17.4"	E002°13' 28.6"	-	×	
			3-SE3	N07°46' 17.2"	E002°13' 24.0"	45.0 m	△ (No.3-SE4の代替)	
			3-SE4'	N07°46' 12.6"	E002°13' 28.1"	50.0 m	○	
			3-SE8	N07°46' 17.3"	E002°13' 25.2"	50.0 m	○	
			3-SE9	N07°46' 17.8"	E002°13' 26.1"	-	△ (No.3-SE8の代替)	
		Ayedero South	3-SE5	N07°46' 06.4"	E002°12' 57.9"	50.0 m	○	
		Kogbere	3-SE6	N07°45' 27.4"	E002°13' 04.2"	45.0 m	○	
		Adjale	3-SE7	N07°43' 40.7"	E002°13' 35.2"	-	×	
4	東部地下水開発 区	Lema	4-SE1	N07°49' 31.9"	E002°15' 07.7"	100.0 m	○	
		Moudja	4-SE2	N07°48' 58.9"	E002°17' 11.9"	50.0 m	× (アクセス難)	
			4-SE3	N07°49' 01.4"	E002°17' 12.0"	45.0 m	× (アクセス難)	
5	東部流出河川周 辺地下水開発区	Kpakpa	5-SE1	N07°53' 22.7"	E002°17' 37.6"	40.0 m	○	
			Adourekoman	5-SE2	N07°54' 00.6"	E002°16' 51.1"	50.0 m	○
		5-SE3		N07°53' 57.2"	E002°16' 28.5"	50.0 m	○	
		5-SE4		N07°53' 42.5"	E002°16' 27.0"	90.0 m	× (アクセス難)	
		Agbagoule		5-SE5	N07°52' 42.8"	E002°20' 22.7"	-	○
			5-SE6	N07°52' 16.6"	E002°22' 18.1"	-	○	
			5-SE7	N07°52' 22.8"	E002°22' 12.0"	-	×	
6	グラズエ市西部 地下水開発区	Klougou	6-SE1	N07°57' 10.8"	E02°08' 09.4"	50.0 m	○	
			6-SE2	N07°57' 12.2"	E02°08' 10.0"	-	×	
		Sowe	6-SE3	N07°58' 04.1"	E02°09' 21.6"	-	×	
7	グラズエ東部地 下水開発区	Zongo	7-SE1	N07°57' 55.3"	E002°15' 17.7"	70.0 m	○	
			7-SE2	N07°57' 59.1"	E002°15' 13.1"	-	×	
			7-SE3	N07°58' 09.0"	E002°15' 14.6"	-	×	
			7-SE4	N07°58' 08.9"	E002°15' 15.2"	-	×	
			7-SE5	N07°57' 40.0"	E002°14' 49.8"	-	×	
			7-SE6	N07°57' 42.1"	E002°14' 53.6"	-	×	
			7-SE7	N07°57' 40.9"	E002°14' 56.9"	-	×	
			7-SE8	N07°57' 47.7"	E002°14' 37.4"	100.0 m	○	
			Ayedero II	7-SE9	N07°58' 37.3"	E002°15' 29.0"	-	×
				7-SE10	N07°58' 38.7"	E002°15' 29.2"	80.0 m	○
				7-SE11	N07°58' 34.4"	E002°15' 33.8"	-	×
				7-SE12	N07°58' 23.4"	E002°15' 30.4"	60.0 m	△ (要検討)
				7-SE13	N07°58' 19.1"	E002°15' 34.3"	-	×
				7-SE14	N07°58' 19.3"	E002°15' 34.9"	-	×
		7-SE15		N07°58' 18.0"	E002°15' 34.9"	50.0 m	○	
		7-SE16		N07°58' 15.4"	E002°15' 12.1"	-	-	
		7-SE17	N07°58' 21.2"	E002°15' 09.1"	-	-		
		7-SE18	N07°58' 30.6"	E002°15' 37.5"	-	-		
		7-SE19	N07°58' 33.3"	E002°15' 41.0"	-	-		
		7-SE20	N07°58' 33.8"	E002°15' 41.0"	50.0 m	○		
		7-SE21	N07°58' 37.2"	E002°15' 21.5"	50.0 m	○		
		7-SE22	N07°58' 34.4"	E002°15' 22.9"	-	-		

(出典：調査団作成)

2-2-2-7 試掘調査

(1) 試掘対象 20 本

試掘調査を実施するに先立ち、井戸の設計を行った。まず、本試掘調査で掘削した井戸は生産井として仕上げるため、施設設計の観点から、呼び径 6 インチ用の水中モータポンプが設置できる内径が必要である。ベナンで入手できる PVC 製ケーシングパイプに呼び径 6 インチ用の水中モータポンプを設置するには、呼び径 7 インチ (外径 200mm) の PVC ケーシングパイプを設置する必要がある。このため、掘削口径は 10 インチ (250mm) として計画した。

生産井に設置するケーシング材としては、基本的にはベナンで調達できる PVC 製ケーシングパイプ (以下、PVC ケーシングパイプ) を採用した。しかしながら、SONEB

が保有する現役の生産井に揚砂現象が見られたこと、及びこれら問題のある生産井のスクリーンに開口率が小さいスリット型 PVC 製スクリーンパイプ (以下、PVC スクリーンパイプ) が使用されていたことから、当該井戸に井戸障害が発生していると判断し、本試掘調査で採用するスクリーンパイプには、開口率の小さい PVC スクリーンパイプではなく、開口率を 40% 近く確保することのできる巻き線型 SUS 製スクリーンパイプ (以下、SUS スクリーンパイプ) とした。SUS スクリーンパイプと PVC ケーシングパイプの接続には、PVC 材でカップリングを製作し、ネジ接続後に接合部のビス止めができる構造とした。スクリーンの有効長については、掘削時の湧水量を参考に完成時の揚水量を推定し、地下水が井戸内部に流入する速度が 3 cm/s を超えないように、それぞれの試掘井で設計した。スクリーンの位置については、掘削時の湧水状況のほか、ケーシング降下前に電気検層を実施し、これらのデータを参考にして、ケーシングプログラムを策定した。

井戸掘削地点は、物理探査の結果に基づき、20 地点を選定した。グラズエ市の新規水源を対象とした試掘調査では、②グラズエ市南部地下水開発区、⑤東部流出河川周辺地下水開発区、⑦東部地下水開発区の 3 地区で行い、ダッサズメ市の新規水源を対象とした試掘調査では、③ダッサズメ市南東部地下水開発区で行った。なお、本調査における掘削は、

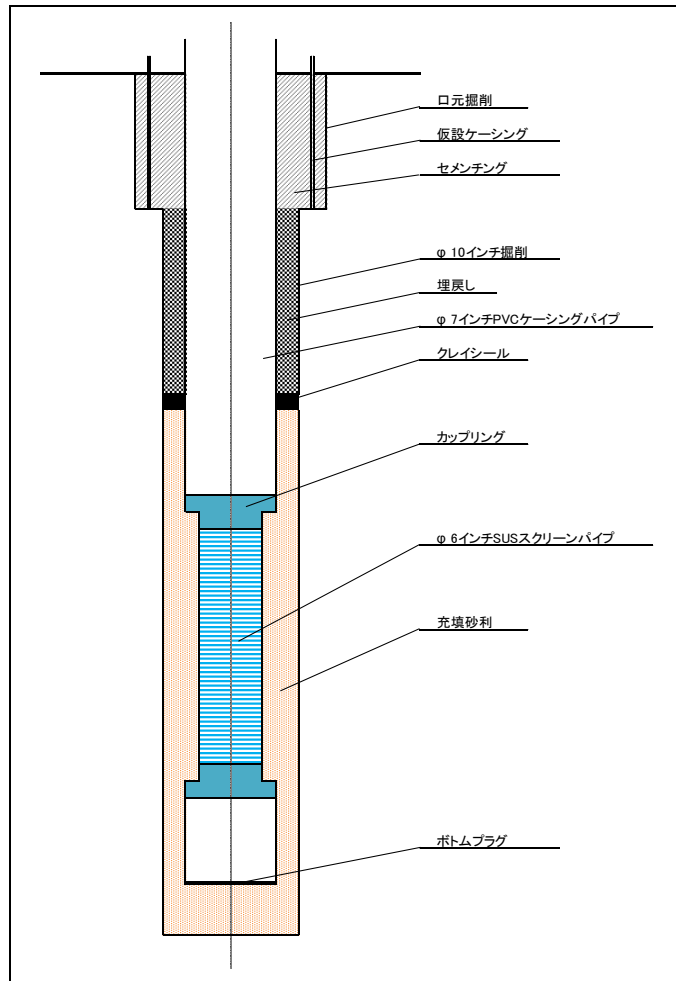


図 2-2-15 試掘井戸標準図

(出典：調査団作成)

実施機関、コミューンの許可の下、実施した。具体的な掘削における許可の取り扱いに関しては、本調査時点では案件実施も、成功井戸になるかも不明であるため、掘削はコミューンの許可で実施することとなり、コミューンからの合意を受け実施した。

実際の掘削では、10 インチの掘削口径では掘削に時間がかかることから、最初に口径 6.5 インチ (165mm) でパイロットボーリングを行い、地下水の有無を確認した後、拡削の実施とケーシング設置の可否を判断する手順とした。掘削には、エアコンプレッサーを同載したトラック搭載型掘削機を使用した。掘削工法については、5m 程度までの表土にはトリコンビットによるエア掘削を行い、以深の基盤岩には DTH ハンマービットによる掘削を行った。

エアを利用した掘削であることから、比較的まとまった量の地下水を見出すことができた場合には、地下水の湧出深度と量のある程度、推定することができた。また、地下水が賦存している風化帯には、赤色や白色の石英を多く含んでいることが特徴であった。写真 2-2-3 に掘削状況の写真を、表 2-2-4 に各地区における試掘数一覧を示す。また、掘削及び揚水試験の詳細結果を表 2-2-5 及び表 2-2-6 に示す。井戸掘削の成功率は、ハンドポンプ用井戸として利用できる程度の揚水量であった場合には 55% (11 本/20 本) であり、本プロジェクトの生産井として採用した井戸を成功井とすると、20% (4 本/20 本) という結果であった。

井戸のタイプ別では、ケーシングを設置できた井戸は 11 本 (うち SUS スクリーンパイプ使用の井戸が 8 本、PVC スクリーンパイプ使用の井戸が 2 本、地元自治体の要請により、ハンドポンプ用として仕上げた井戸が 1 本) であった。

揚水試験では、段階揚水試験、連続揚水試験、水位回復試験を行った。段階揚水試験は、5 段階 (基本的に各段階 2 時間) で行った。連続揚水試験は、本試掘調査で掘削される井戸が地方都市給水向けの水源井であり、ポンプの 24 時間連続運転を行う設計にする可能性もあったこと、また本プロジェクト対象地域では宙水の形で地下水が賦存することが多く確認されており、仮に当該井戸が宙水を揚水していた場合、数日間の揚水で井戸が涸れる虞があったことから、基本的には 72 時間 (3 日間) の連続揚水を行った。連続揚水試験が終わった後、直ちに水位回復試験を実施した。

これら揚水試験における揚水量の決め方について、段階揚水試験は前日に実施する予備揚水の結果を基に、各段階の揚水量を決定した。連続揚水試験の揚水量は、通常、段階揚水試験の結果から限界揚水量を求め、試験時の揚水量を決めている。このような従来の方法で揚水量を求めることのできる地下水は、被圧地下水や涵養量が圧倒的に多い不圧地下水であり、本プロジェクト対象地域の地下水のように、涵養量が明らかに少ない不圧地下水には適用が困難である。そこで本揚水試験では、段階揚水試験で得た水位降下データを基に、72 時間の連続揚水試験を行い、スクリーン上部まで動水位が落ちない範囲の揚水量を推定し、これを連続揚水試験の揚水量として採用した。

なお、本試掘調査で開発した地下水は被圧地下水ではなく、不圧地下水であったため、

地下水位や揚水量が雨季と乾季で大きく異なることが予測された。そこで、より厳しい条件で地下水の状態を判断するために、本プロジェクト対象地域で地下水位が最も低くなる雨季の直前（例年3月～4月）に揚水試験を実施した。

各工程の所要日数は、口径6.5インチのパイロット掘削には0.5～1日、口径10インチへの拡削には1～2日、ケーシング設置及び井戸洗浄には0.5～1日、揚水試験には約6日間を要した。

掘削状況写真、地区別の試掘数、試掘結果、揚水試験結果について、以下に示す。



写真2-2-3 試掘調査状況

表2-2-4 各地区での試掘数

地区	試掘数	SUS スクリーンを入れた井戸数	PVC スクリーンを入れた井戸数	HP 用井戸数
② グラズエ市南部地下水開発区	6	1	0	0
⑤ グラズエ東部流出河川周辺地下水開発区	3	1	0	0
⑦ グラズエ東部地下水開発区	6	2	2	1
③ ダッサズメ市南東部地下水開発区	5	4	0	0
合計	20	8	2	1

(出典：調査団作成)

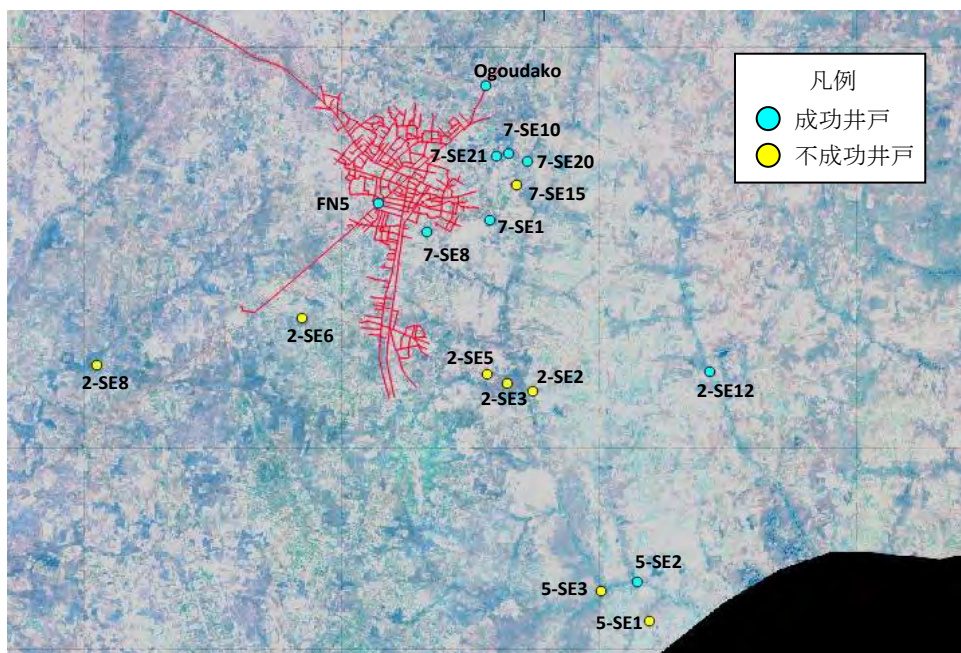
表 2-2-5 掘削結果

地区 No.	地区名	ID No.	掘削結果	井戸深度 GL-m	静水位 GL-m	スクリーン		静水位-スクリーン距離 GL-m	想定揚水量 m ³ /hr	主要亀裂
						頂部	底部			深度
						GL-m	GL-m			GL-m
1	Kpakpazoume	2-SE2	不成功	-	-	-	-	-	-	湧出なし
	Zaffe	2-SE3	不成功	-	-	-	-	-	-	湧出少
	Zaffe	2-SE5	不成功	-	-	-	-	-	-	湧出なし
	Zaffe (KINGRO)	2-SE12	拡削	26	2.01	11.5	17.05	9.49	3.0	12-14
	Kabole	2-SE6	不成功	-	-	-	-	-	-	湧出なし
	Kpakpazoume	2-SE8	不成功	-	-	-	-	-	-	湧出なし
3	Ayederro East	3-SE1	不成功	-	-	-	-	-	-	湧出少
	Ayederro East	3-SE4'	拡削	60	12.2	48	56.34	35.8	55	49-55
	Ayederro East	3-SE8	拡削	86	14.01	73.21	81.5	59.2	50	79-80
	Ayederro South	3-SE5	拡削	40	6.46	31	33.75	24.54	2.0	20-26, 30-33
	Kogbere	3-SE6	拡削	31.4	6.75	22.2	24.97	15.45	1.5	19-26, 30-31
5	Kpakpa	5-SE1	不成功	-	-	-	-	-	-	湧出なし
	Adourekoman	5-SE2	拡削	40	2.66	30.9	33.665	28.24	4.0	32-33
	Adourekoman	5-SE3	不成功	-	-	-	-	-	-	湧出なし
7	Zongo	7-SE1	拡削せず HP 用に使用	58.75		33.36 50.04	44.20 55.88		1.0	湧出少 38-39、40-41
	Zongo	7-SE8	拡削	84.5	7.53	78.2	80.97	70.67	6.0	79.3-80
	Ayederro II	7-SE10	拡削	52	4.43	20.4 40.42	31.53 49.19	15.97	20	20-32
	Zongo	7-SE15	不成功	-	-	-	-	-	-	20-25、30-31
	Zongo	7-SE20	拡削	45.5	6.59	31.06	39.76	24.41	1.6	31-32,33-35, 40-41,46-47
	Ayederro II	7-SE21	拡削	31.5	8.43	20.11	25.94	14.57	1.5	19-25

注 1) 水色網掛け：成功井戸、黄色網掛け：不成功井戸

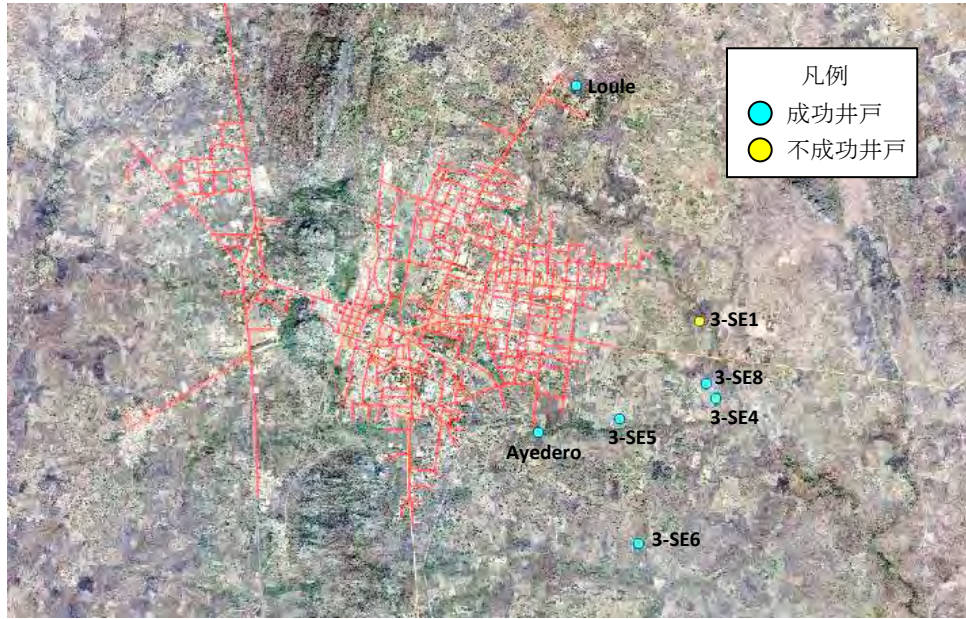
注 2) ハンドポンプに使用予定の井戸は、ベナン側がハンドポンプの調達、設置を行う。

(出典：調査団作成)



(出典：調査団作成)

図2-2-16 掘削位置図(グラズエ市)



(出典：調査団作成)

図2-2-17 掘削位置図(ダッサズメ市)

表2-2-6 揚水試験結果

ID No.	120 minutes x 5 段階 2 時間後回復											
	静水位	1 段階		2 段階		3 段階		4 段階		5 段階		
	GL-m	m ³ /h	GL-m	m ³ /h	GL-m	m ³ /h	GL-m	m ³ /h	GL-m	m ³ /h	GL-m	
2-SE12	3.6	5.0	6.9	6.0	8.3	7.2	10.4	8.0	11.9	-	-	
3-SE4*	14.0	45.0	24.8	55.4	29.6	65.5	34.8	75.0	38.2	82.6	44.4	
3-SE8	14.7	10.3	16.5	18.0	19.2	27.0	22.9	36.0	28.3	45.0	35.7	
3-SE5	7.8	.9	12.6	1.3	15.3	1.6	17.8	2.0	21.2	2.7	27.8	
3-SE6	9.2	.8	13.8	1.0	15.3	1.3	17.2	1.5	18.0	2.0	24.1	
5-SE2	3.9	3.0	13.4	4.0	18.1	5.0	23.1	6.0	28.4	7.0	32.2	
7-SE1	4.1	0.7	20.3	0.8	29.8	0.9	38.9					
7-SE8	7.06	2.0	14.6	4.0	30.6	6.0	39.8	8.0	57.9	9.0	64.1	
7-SE10	5.6	10.0	8.8	14.0	10.9	18.0	13.3	22.0	15.8	26.0	17.5	
7-SE20	11.4	1.2	17.4	1.6	19.8	2.0	23.8	2.4	28.6	-	-	
7-SE21	9.1	.8	12.2	1.2	13.3	1.7	15.5	2.1	17.9	2.4	20.0	
ID No.	連続揚水試験 72 時間 回復水位測定は 12 時間後まで				備考							
	揚水量	静水位	動水位	回復試験								
	m ³ /h	GL-m	GL-m	GL-m								
2-SE12	6.0	3.6	20.52	5.55	64 時間の経過時点でポンプ深度まで水位が低下して中止。給水区域から遠方に位置する。							
3-SE4	55.0	14.0	35.35	17.76								
3-SE8	50.0	14.8	45.21	19.75								
3-SE5	2.0	7.8	23.70	9.20								
3-SE6	1.5	9.2	20.75	9.80	揚水量が少なく、12 時間の試験を実施							
5-SE2	4.0	3.9	30.4	10.6	給水区域から遠方に位置する							
7-SE1	0.6	4.1	37.9		揚水量が少なく、12 時間の試験を実施							
7-SE8	6.0	6.8	69.21	53.51								
7-SE10	20.0	5.6	14.98	8.15								
7-SE20	1.6	11.4	22.51		揚水量が少なく、12 時間の試験を実施							
7-SE21	1.5	9.1	17.12	9.76	揚水量が少なく、12 時間の試験を実施							

(出典：調査団作成)

以上の掘削及び揚水試験結果に基づき、本プロジェクトにおいて、グラズエ市では 7-SE8

及び7-SE10を、ダッサズメ市では3-SE4及び3-SE8を水源として使用する計画とした。各井戸とも、連続揚水試験の結果を推定可能揚水量とする。なお、3-SE4と3-SE8の井戸は150mしか離れておらず、揚水試験の結果、井戸干渉が確認されている。従って、二本の井戸を同時に稼働させることは難しく、交互に運転する計画を策定する。

(2) 既存井戸の掘り替え

グラズエ市の水源井であるOgoudakoとFN5及びダッサズメ市の水源井であるAyederoとLouleの合計4井について、井戸障害で揚水量が低下しているものと判断されたため、揚水量を回復させることを目的として、井戸の掘り替えを行った。掘削に関しては、SONEBが所有する土地の中で行う必要があったことから、物理探査もSONEB敷地及びその周囲で実施し、それぞれ既存井から数m離れた場所で掘削を行った。掘削結果概要を下表に示す。

表2-2-7 既存井戸の掘り直し

都市名	場所	井戸深度 (m)	スクリーン 深度 (m)	揚水量 (m ³ /hr)	既存揚水量 (m ³ /hr)
グラズエ市	Ogoudako	56.0	32.3-38.14 46.90-53.20	6	3.7
	FN5	73.0	62.86-69.40	2	6.9
ダッサズメ市	Ayedero	69.1	35.64-44.40 50.24-56.54	12	9.8
	Loule	77.0	64.03-73.3	6	5.6

(出典：調査団作成)

これら掘り替えの井戸についても、試掘の井戸と同様に、スクリーンパイプには巻き線型SUS製スクリーンパイプを使用した。その結果、Ayedero、Loule及びOgoudakoについては、既存井戸の揚水量よりも多い水量を得ることができた。一方、FN5については期待どおりの揚水量を得ることができなかった。この原因はSONEBの土地の問題であり、物理探査で見出した最良の地点がたまたまSONEBの土地ではなく、最良の地点での掘削ができなかったためである。

(3) 更なる地下水開発の可能性

本調査では、幸いにも、比較的揚水量の多い井戸を開発することができ、事業の推進に寄与することができた。しかしながら、開発できた地下水はいずれも不圧地下水であり、雨季の降水量に大きく左右されると思慮されることから、年間を通じて安定した揚水量を確保できるのかについては、確たる保証はできると言わざるを得ない。一方、本調査で開発した地下水の水量だけでは、グラズエ市とダッサズメ市の水需要を賄い切れてはおらず、今後とも更なる水源開発の需要が増すことは必至である。

では、水源を地下水に求めた場合、本対象地域において、更なる地下水開発の可能性はあるのか、以下に考察を行った。

1) 従来の手法による地下水開発の可能性

本調査では、地下水探査の手法に忠実に従って調査を進めた。その結果、地下水開発が難しいとされている地域ではありながら、比較的多くの地下水を開発することができた。その方法は、以下のとおりである。

- ① 既存井戸のデータ収集及び解析
周辺の既存井戸データを収集し、各種解析を行う。
- ② 既存井戸を利用した一斉測水調査
既存井戸の一斉測水調査を実施し、周辺地下水の傾向を探り、既存井戸データの解析結果を検証する。
- ③ 地形判読及びリニアメント解析による地形及び地質特性の把握
地形判読とリニアメント解析を行い、調査対象地域の地形及び地質特性を把握する。
- ④ 水理地質解析による調査対象地域の絞り込み
上記①、②及び③の結果を踏まえ、調査対象地域の水理地質特性の全貌を把握し、実際に地下水を得るための調査対象地域を絞り込む。
- ⑤ 航空写真判読による物理探査エリアの特定
航空写真判読を行い、物理探査を実施するエリアを特定するとともに、エリア毎に物理探査実施計画を策定する。
- ⑥ 物理探査（水平電気探査及び垂直電気探査）の実施及び解析
物理探査実施計画に沿って、水平電気探査を実施する。垂直電気探査の実施地点は、水平電気探査の結果により導き出される。この際、本プロジェクトは地方都市を対象とした給水計画であり、その水源も揚水量の多い井戸が求められることから、水平電気探査で通常より幅の広い風化帯を見出すことができた場合、当該風化帯を対象として、垂直電気探査を行う。
- ⑦ 井戸掘削地点の選定
井戸掘削地点は、同一の物理探査エリアで実施した複数の水平電気探査の結果及び垂直電気探査の結果を基に、総合的に判断し、選定を行う。

2) 水理地質調査結果と掘削結果の検証

本調査における水理地質調査、物理探査、試掘といった一連の地下水開発に係る業務を通じて、非常に特徴的であったのは、さほど広くないエリアの中で、構造線が地下水の賦存状況に大きく影響していた事実である。特に対照的であったのは、ダッサズメ南東部地下水開発区のエリアとグラズエ南部地下水開発区からグラズエ東部地下水開発区にかけてのエリアであり、両エリアの距離はわずか15～20km程度である。これら地下水開発区での物理探査結果は、両エリア共に地下水の存在を十分に示し得るほど、良好なデータを得ることができたが、試掘結果については、非常に対照的な結果であったと言える。

まず、ダッサズメ南東部地下水開発区については、試掘 5 本中、全ての地点で地下水を得ており³、地下水の開発ポテンシャルは非常に高いエリアであると判断される。一方、グラズエ南部地下水開発区とグラズエ東部地下水開発区については、このエリアでは 12 本の試掘を行い、6 箇所地下水を得ることができていることから、地下水の開発ポテンシャルはやや低いと判断される。このように、さほど離れていない両エリアにもかかわらず、大きく地下水の開発ポテンシャルが異なっているのは、本プロジェクトの調査対象地域の地質構造の違いに因るものと考えられる。

これは先にも述べているが、本プロジェクトの調査対象地域は大きな褶曲構造の中心にあり、ダッサズメ南東部地下水開発区のエリアは背斜地形であるが、グラズエ南部地下水開発区からグラズエ東部地下水開発区にかけてのエリアは向斜地形であり、非常に対照的な地質構造を呈している。この対照的な地質構造が、それぞれのエリアにおける地下水の賦存状態に大きな影響を与えているものと考えられる。

他方、グラズエ南部地下水開発区からグラズエ東部地下水開発区にかけてのエリアで試掘を行い、その結果、地下水を得ることができなかった地点について、掘削中に出てくる掘削土を観察すると、表層付近から深度 40～50 m まで、強風化帯が連続して発達しているケース、あるいは掘削土の粒子表面に地下水が流れたことを示す明らかな痕跡のある掘削土が出てくるケース等、地下水が賦存していない方が不自然である状況が頻発した。特にグラズエ東部地下水開発区の 7-SE15 については、先の掘削で地下水の賦存を確認した 7-SE10 と同じリニアメントを狙い、掘削中には明らかな地下水の痕跡のある掘削土が出ていたにもかかわらず、予定深度まで掘削を行っても、全く地下水を得ることができなかった。この原因について考察してみると、雨季と乾季の違い、及びこのエリアの水理地質的な特性が、地下水の賦存状態に大きな影響を与えている可能性が高い。地下水の有無という観点から言及すると、雨季には地下水が賦存しているが、乾季には地下水がなくなる状況が生じていると考えられ、例えば 7-SE15 については、本調査で試掘を行った乾季には地下水を得ることができなかったが、雨季には地下水が賦存している可能性が高い。

3) 新たな発想による地下水開発の可能性

上記、水理地質調査結果と掘削結果の検証を行った結果、ダッサズメ南東部地下水開発区のエリア、及びグラズエ南部地下水開発区からグラズエ東部地下水開発区にかけてのエリアに関する水理地質の特性の違いとして推察される原因は、やはり地質構造の違いである。先に述べたように、ダッサズメ南東部地下水開発区のエリアは背斜地形の中に存在しているが、グラズエ南部地下水開発区からグラズエ東部地下水開発区にかけてのエリアは向斜地形の中に存在している。

ダッサズメ南東部地下水開発区における地下水の開発ポテンシャルが高い理由について

³ 3-SE1 について、試掘結果は地下水の湧出が少なく、不成功としているが、作業前後の孔内水位の状況やエアリフト時の状況を聴取した結果、実際には大量の地下水が賦存している可能性が極めて高いと判断している。

も、背斜地形が水理地質にもたらす作用を考慮すれば、説明は容易である。背斜地形の場合、背斜軸に沿った形で開口亀裂が生じやすくなる。このエリアの背斜軸は大よそ N10W の方向に発達しており、この軸に沿った形で谷地形が開析されている。この開析谷は、背斜地形に生じやすい開口亀裂から発達したものであると想定され、この開口亀裂から、このエリアの地下水が涵養されているものと考えられる。このエリアでは、まだ十分に新規の地下水を開発できる余地があり、その際には背斜軸に沿って発達している開析谷を意識して、物理探査エリアを設定すべきであろう。

一方、グラズエ南部地下水開発区からグラズエ東部地下水開発区にかけてのエリアにおいて、存在するはずの地下水が存在していない理由については、説明が難しい。しかし、例えば 7-SE15 に地下水が存在していたことは、掘削土に付着していた水の痕跡で明らかであり、乾季になって地下水が河川に流出した、もしくはもっと地下深い深度に溜まっているものと推測することもできる。ここで、前者の地下水の河川流出については、その証明が極めて難しく、憶測の域を出ることはない。後者の地下深い深度での地下水貯留については、当該地域の地下水が不圧地下水であり、水は重力で下に落ちていくことから、十分に考えられる事象である⁴。

他方、このエリアで新規の地下水を開発するには、従来の概念で開発を進めたとしても、その結果はやはり芳しくはないものになると推測されるため、これまでとは違った発想により、開発を進めるべきである。従来、このエリアの地下水開発手法は、「ベ」国の基盤岩地域の開発手法と何ら変わることもなく、本調査においても、全く同じ手法を用いている。しかしながら、このエリアでは、有るべき地下水が存在しないという状況が頻発していることから、調査の視点を少し変えて、開発を進めるべきである。具体的には、これまでの対象地下水を変更し、地下深い深度に溜まっている地下水を対象として、調査を行うべきであろう。この場合、留意しなければならない事項として、以下の項目が挙げられる。

- ① 実際に投入する掘削機的能力を超えた深度に賦存する地下水は開発できない。
- ② このエリアの地下水の懸念事項として、フッ素濃度の問題が指摘される。一般に、基盤岩地帯で検出されるフッ素は、地下水が賦存する深度が深くなれば、その含有量も増す傾向にある。

2-2-2-8 水質試験

(1) 新規の試掘井戸

本プロジェクトで使用する予定の新規井戸について、水質試験を行った。その結果を下表に示す。アンモニア (NH₄)、硝酸 (NO₃)、亜硝酸 (NO₂) 及びフッ素 (F) は、日本の分析機関で実施した分析値を採用した。3-SE8、7-SE8 については、フッ素濃度が基準値

⁴ 石油開発の現場では、背斜地形で開発を行う事が多いが、これは石油が背斜軸の浅い部分にも溜まっており、掘削深度を浅くできる経済的な利点があるためである。向斜地形で石油開発の事例が少ないのは、経済的な利点が少ないという理由だけであり、深い深度にも石油は溜まっている。

を超えた。なお、本水質試験は地下水位が最も低下する雨季直前の渇水期に実施した。また、これら地下水は不圧地下水であり、常に遠方からの供給を受けている被圧地下水ではないことから、降雨のない乾季の地下水涵養は見込めない。従って、雨季直前の渇水期における地下水の水質は、年間を通して、最も厳しい数値になるものと考えられる。これら本プロジェクトの生産井として使用する予定の井戸の水質については、本プロジェクトで給水施設を建設し、供用を開始した後も、継続してモニタリングすることが望ましい。

表2-2-8 新規水源井戸の水質試験結果

項目	単位	ベナン飲料 水水質基準	グラズエ		ダッサズメ	
			7-SE8	7-SE10	3-SE4	3-SE8
pH		6.5～8.5	6.85	6.74	6.68	6.77
電気伝導度 (EC)	μS/cm		1371	570	446	455
色度			0	1	12	15
アンモニア (NH ₃)	mg/リットル		0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満
硝酸 (NO ₃)	mg/リットル	45	1.0 未満	1.0 未満	1.0 未満	1.0 未満
亜硝酸 (NO ₂)	mg/リットル	3.2	0.004 未満	0.004 未満	0.004 未満	0.004 未満
フッ素 (F)	mg/リットル	1.5	2.5	1.4	0.94	2.7
鉄 (Fe)	mg/リットル	0.3	0.06	0.03	0.31	0.24
塩化物 (Cl)	mg/リットル	250	35.5	16.0	14.2	124

(出典：調査団作成)

(2) SONEB の既存井戸

本調査では、SONEB が保有する既存井戸の内、グラズエ市の水源である FN5 及び Ogoudako、ダッサズメ市の水源である Loule 及び Ayedero の 4 井について、掘り替えを行った。その水質試験結果を下表に示す。SONEB が保有する既存井戸や掘り替えを行った井戸については、本プロジェクトの水源計画には算入しない方針であるが、水質に若干の脆弱性を有する事から、本プロジェクトで使用する新規井戸と同様に、水質のモニタリングを継続して行う方が望ましい。

表2-2-9 既存井戸の水質試験結果

項目	単位	ベナン 水質基 準	掘り替え後の新規井戸				既存井戸			
			グラズエ		ダッサズメ		グラズエ		ダッサズメ	
			FN5	Ogoudako	Loule	Ayedero	SF4	Adjanou	Kpekoute	Agbakossare
アンモニア (NH ₃)	mg/l	-	1.8	2	2	2.1	2.1	1.9	1.5	1.7
硝酸 (NO ₃)	mg/l	45	16	10	1.5	<1	40	6	<1	5
亜硝酸 (NO ₂)	mg/l	3.2	0.001	ND	0.013	ND	0.001	0.050	0.001	0.006
フッ素 (F)	mg/l	1.5	1.5	1.0	1.3	1.5	1.3	0.8	3.9	2.3

(出典：調査団作成)

2-2-2-9 地盤調査・測量調査

(1) 地盤調査

貯水槽及び高架水槽の建設予定地における基礎地盤強度を確認するために、各建設予定地において標準貫入試験を実施した。実施概要を以下に示す。

① 標準貫入試験：各施設の建設予定地において、2カ所ずつ実施（合計8カ所）

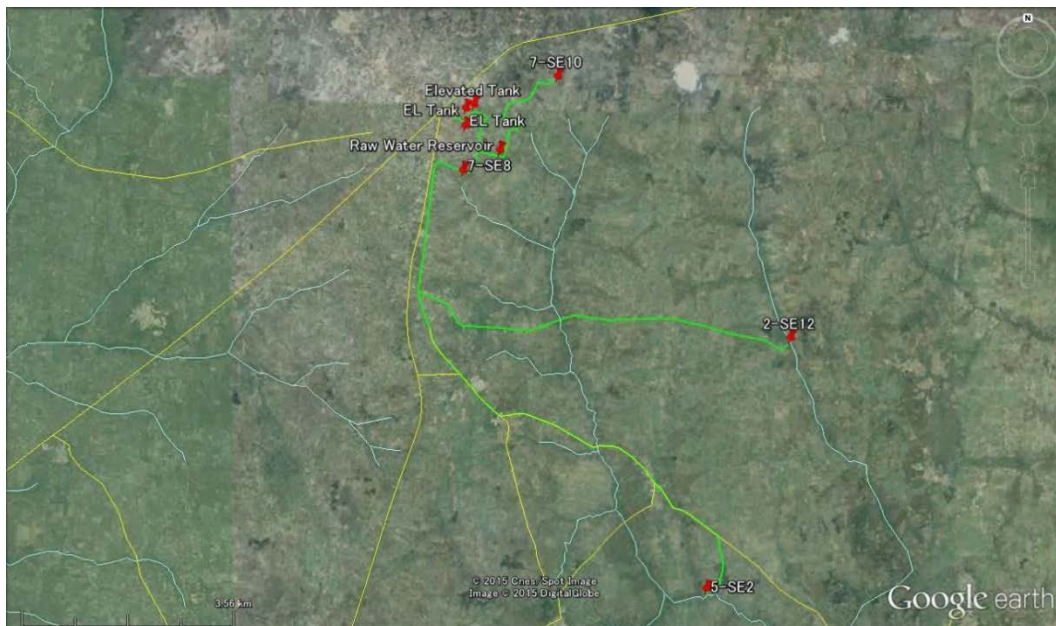
- ・ グラズエ市： 貯水槽1カ所、高架水槽1カ所
- ・ ダッサズメ市： 貯水槽1カ所、高架水槽1カ所

また、当初の計画では、上記の標準貫入試験のみを実施する予定であったが、現地調査により、当該地域が岩盤の上に薄く表土が被っている状態であることが判明したため、配管のためのトレンチ掘削や施設建設の基礎工事における岩掘削が必要になることが予想された。この岩掘削は、積算の精度や工程計画の策定に大きく影響することになるため、施設の建設予定地点及び計画配管路上で「試掘調査」を実施することとした。試掘調査の概要を以下に示す。

- ① 配管路上：約500mおきに「1m×1m×深さ1m」の試掘を実施
- ② 施設建設用地：各予定地で「1m×1m×深さ1m」の試掘を2カ所で実施

(2) 測量調査

図2-2-18及び図2-2-19に示すルートにおいて縦断測量を実施した。また、貯水槽、高架水槽及び井戸ピットの建設予定地、ならびにダッサズメ市の既存貯水槽において平面測量を実施した。詳細内容を以下に示す。



(出典：調査団作成、衛星画像：Google Earth)

図2-2-18 グラズエ市路線測量位置図



(出典：調査団作成、衛星画像：Google Earth)

図2-2-19 ダッサズメ市測量調査位置図

- ①縦断測量 : 約 32km、(平面測量 $32\text{km} \times 0.02\text{km} = 0.64\text{km}^2$)
- ②平面測量 : 約 5,500m²

2-2-3 社会条件調査

給水計画の立案に向け、地域の給水状況、給水ニーズ等に係る基礎情報を得るため、対象地域において社会状況調査を実施した。調査は、世帯調査とフォーカスグループディスカッション法を併用して実施した。また、医療機関での聞き取りを現地踏査時に実施した。

表2-2-10 社会調査概要

調査方法	内容
世帯調査	給水区域の住民を対象に、水源、水利用用途、水使用量、メーター設置状況、家族構成、水道サービスに対する住民の満足度、課題等について聞き取り調査
フォーカスグループディスカッション	地区 (Arrondissement) 毎でのキーパーソンとの対話形式のディスカッション

(出典：調査団作成)

2-2-3-1 世帯調査

(1) 調査方法

世帯調査サンプルはグラズエ市では SONEB 給水区域の 4 地区 17 村落、ダッサズメ市では SONEB 給水区域の 3 地区 30 村落が給水区域から抽出した。調査前段階においては給水区域が不明だったため、本調査の第 1 次調査において給水区域を明らかにし、計画でのサンプル数 408 に対し、SONEB の給水サービスの利用者数に応じて各区で調査サンプル数を按分し抽出し調査した。調査サンプル数は、対象村落ごとに、SONEB サービス利用者数の

約 20%となるように按分した。なお、調査サンプル世帯は、地域内でランダムに抽出し、必ずしも SONEB サービス利用世帯とは限らない。

調査は、調査期間、回収率、回答率を考慮して調査員の戸別訪問による直接設問法を採用した。

表2-2-11 SONEB 給水区域と給水サービス接続者数

コミューン (市)	地区	村落	SONEBサービス 利用者数	調査サンプル数
グラズエ	GLAZOUE	AFFECIA	300	67
		AYEDERO	172	38
		OROKOTO	47	11
		ZONGO	72	16
		TOTAL GLAZOUE	591	132
	OUEDEME	OUEDEME	38	8
		TOTAL OUEDEME	38	8
	ZAFFE	KABOLE	56	12
		ZAFFE	47	11
		TOTAL ZAFFE	103	23
	その他村落		40	-
グラズエ市SONEBサービス接続数合計			772	163 (21%)
ダッサズメ	KPINGNI	VEDJI	19	4
		KPINGNI	11	2
		TOTAL KPINGNI	30	6
	DASSA I	BELLE-VIE ou ZONE RESIDENTIELLE	15	3
		AGBEGBE	27	6
		AMANGASSA	40	8
		ESSEBRE	43	9
		ESSEKPA	28	6
		LATIN	92	19
		ZONGO	39	8
		TOTAL DASSA I	284	59
	DASSA II	AYEDERO	551	116
		BETOU	23	5
		ISSALOU	31	7
		KPECOUTE	154	33
		MOUMOUDI	22	5
		LOULE	18	4
		PLATEAU	49	10
		TOTAL DASSA II	848	180
	その他村落		98	-
	ダッサズメ市SONEBサービス接続数合計			1 260
2 市での SONEBサービス接続数計			2 032	408 (20%)

(出典：SONEB 提供資料)

(2) 設問項目

あらかじめ作成した設問項目について現地担当者と協議し、水利用状況について反映したようになるよう配慮した。主な設問項目は以下のとおりである。

- ① 家族特性： 構成人員数、職業
 - ② 水源利用状況： 給水方法、使用水量、
 - ③ 衛生状況： 疾患種類、
 - ④ 水利用状況： 用途、水源、給水サービスへの接続意思、水料金意思金額、苦情
- 調査期間：2014年12月2日～8日

2-2-3-2 社会状況

ベナンの行政区分は、県 (Department)、市 (Commune)、地区 (Arrondissement)、村 (Village/Localite) に分類される。本プロジェクトの対象サイトであるグラズエ市及びダッサズメ市の SONEB による給水区域は、グラズエ市が 5 地区 (Glazoué, Magoumi, Ouédémé, Zaffé, Kpakpaza)、ダッサズメ市が 3 地区 (Dassa I, Dassa II, Kpingni) となっている。主な居住民族はダッチャ族及びマヒ族であり、町から離れた農村地域には牧畜を主とするブル族が居住しチーズや肉などが町に販売される。

人口は、グラズエ市給水区域 27,288 人、ダッサズメ市給水区域 29,571 人 (2014 年センサスから推計) である。平均家族構成員数は約 7 人。両市の SONEB により給水されている地区は市の行政及び経済の中心地であり、電気や道路整備など都市化が進みつつある地区のみとなっている。これら市中心部にはそれぞれコミュニオンや市場などがあり、両市の商業、経済、行政及び交通の要所として、地域の発展の要となる地域である。その他の地区は小規模な農村村落が広い地域に点在する農村地域で SONEB の配水網は整備されておらず、ハンドポンプ付き深井戸、または浅井戸、雨水利用等による給水体制となっている。地域の経済は、公務員関連が 20% 程度を占めるほか、理容、縫製、配管、家具製造、金属加工等の技能職及び小売などの販売業がそれぞれ 20% を占めており両市でほとんど差異はない。一方、農業に関してはグラズエ市が 25% に対し、ダッサズメ市が 9% と半分以下となっており、ダッサズメ市の中心部には農業以外の都市的生活者が多いことを示しており、ダッサズメ市中心部がグラズエ市と比較して、より都市化が進んでいる。

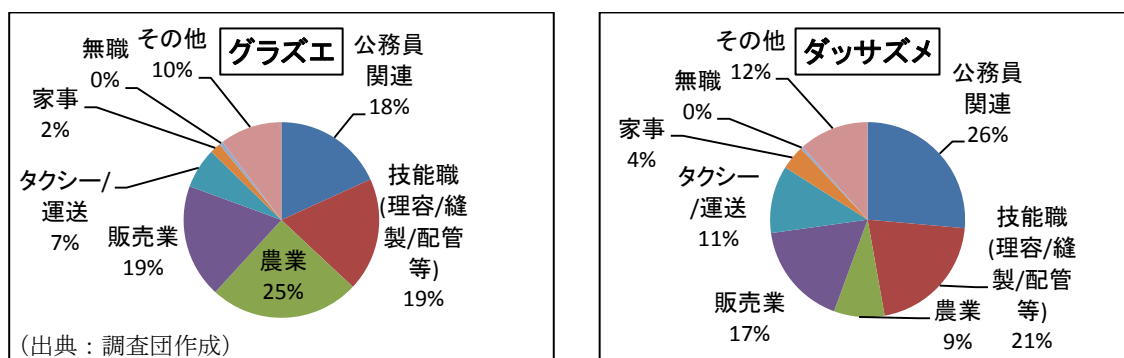


図2-2-20 グラズエ市及びダッサズメ市の経済活動

2-2-3-3 保健・衛生状況

(1) 保健・疾病

住民の間で日常的に頻発する疾病は、下痢、マラリアが上位を占めている。マラリア以外は不衛生な水の摂取によっておこる水因性の疾病であり、安全な水の供給と衛生的な水利用が課題である。12月から翌2月ごろの乾季に吹くハルマッタン（Harmattan）と呼ばれる季節風の影響で呼吸器疾患・髄膜炎も増える。

表2-2-12 住民にみられる疾病

	1位	2位	3位	4位	5位
グラズエ市	マラリア	下痢	チフス	赤痢	コレラ
ダッサズメ市	マラリア	チフス	下痢	コレラ	赤痢

(出典：調査団聞き取り調査)

(2) 硝酸被害

硝酸は、SONEBの既存井戸においてはSONEB飲料水水質基準値以下であったが、本プロジェクトの対象地域や周辺村落で使用されているハンドポンプ付き井戸では飲料水水質基準を超える値が検出されており、汚水の地下浸透などによる人的な地下水汚染が進行しているものと考えられる。硝酸性窒素は、ヘモグロビン血症（貧血）を引き起こし、特に子どもの健康障害の原因となる。一方、マラリアの罹患においても赤血球が破壊され、特に子どもにおいて貧血の症状が引き起こされる。

医師のいる病院はダッサズメに3施設、グラズエに1施設あるのみで、他の診療施設では看護師が簡単な所見に基づいて患者への投薬などの処置を行っており、詳細な検査の実施や医学的知見の乏しい医療事情である。硝酸の被害があると認識されている地域は、グラズエ市のSobkonta地区であるが、本地区はSONEBの給水区域には含まれていない。一方、グラズエ市及びダッサズメ市の病院及び診療所での聞き取りでは、子どもの貧血の症例が多いとの結果を得た。住民が頻繁に罹患する一番多い疾病としてマラリアが上がっているため、この子どもの貧血が硝酸由来によるものか、マラリア由来のものか医学的に結論付けることは難しい。

(3) フッ素被害

フッ素については、ダッサズメ市に給水する深井戸についても、4本の井戸の内、同市の南東部に位置するAyedero井戸を除く2本の井戸から水質基準を超えるフッ素が検出されている。フッ素は地質由来の物質で過剰摂取により乳幼児の骨の異常など健康被害が懸念される。フッ素症例についても、医療機関による聞き取りでは、フッ素の地下水中の存在は認識しているものの実際に診療事例はごく少ないとのことで、フッ素の影響については、深刻な問題とは認識されていない。

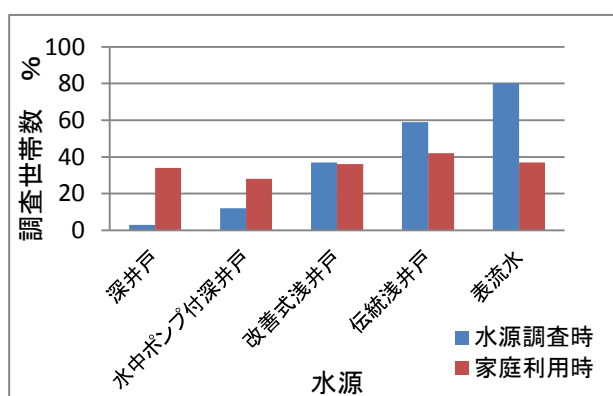
表2-2-13 診療件数の多い疾病

グラズエ市				
診療施設	医師数	硝酸被害	フッ素被害	診療件数の多い疾病
Centre de Sante communal de Glazoue	1	Sobponta地区での報告有	診察例なし	マラリア、胃腸系疾患（下痢等）
Centre de Sante d'arrondissement de Ouedeme (CSA)	0	検査施設がないため情報はない	妊産婦検診でのフッ素被害の啓発活動有り	マラリア、下痢、コレラ、呼吸器疾患、チフス
Centre de Sante d'arrondissement de Magoume	0	グラズエ病院での報告有	診察例なし	マラリア、貧血、下痢、チフス
Missionnaires Medicales de Marie de Zaffe	0	検査施設がないため情報はない	検査施設がないため情報はない	マラリア、チフス、下痢、糖尿
ダッサズメ市				
診療施設	医師数	硝酸被害	フッ素被害	診療件数の多い疾病
Hospital de Zone de Dassa-Zoume	3	知っているが症例は認識がない	知っているが症例報告はごく稀	マラリア、貧血、消化器系疾患、呼吸器疾患、糖尿、高血圧
SOS Centre Medical	1	症例は認識がない	症例の診察はない	マラリア、消化器系疾患、呼吸器系疾患、貧血、チフス
Centre Hospitalier Christ-Roi	1	症例は認識がない	症例の診察はない	マラリア、チフス、下痢、貧血、肺炎、髄膜炎

(出典：調査団聞き取り調査)

(4) 水の衛生管理

一方、保健省の統計報告によれば (Ministère de la Santé, SGSI/DPP/MS, *Annuelles des statistiques sanitaires*, 2013) によればベナンの全県において特に深井戸施設において水源で検出されなかった大腸菌が家庭での使用時に検出されるケースが多いことが報告されている。2011年に実施された調査の水源別大腸菌検出結果を以下に示す。この調査によれば、家庭での不衛生な水管理により、水源では衛生的な水が家庭での使用時に



(出典: Evaluation d'impact des programmes d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement au Bénin, Le risque d'effet éphémère, novembre 2011)

図2-2-21 水源別大腸菌検出状況

不衛生な取り扱いをするため大腸菌に汚染されると結論付けられており、家庭での衛生的な水の取り扱いや家庭レベルでの塩素滅菌の使用についての啓発活動が提言されている。

これらの情報を踏まえ本調査での現地踏査において水の運搬方法及び保管容器の確認を行った。その結果、水の運搬方法、運搬・保管容器の状況について、衛生的に不適切と考えられる以下の事例が観察された。こうした現状から、衛生的で安全な水の供給を行う対

策としては、ハード面で給水設備の整備を行うだけでは、不十分であると言える。

表2-2-14 家庭での水の取り扱いの現状

水の取り扱い	現状	課題
水の運搬方法	口径の大きなタイヤでの水汲み運搬。	水汲み時に素手を水の中に入れる。運搬時に埃、虫等が入る。
水の保管容器	25Lのポリ容器、または伝統的水がめを使用。	内部が苔やほこりがこびりつき汚い状態で使用が散見される。
		
写真：水運搬の様子		写真：水保管ポリ容器内部の汚れ

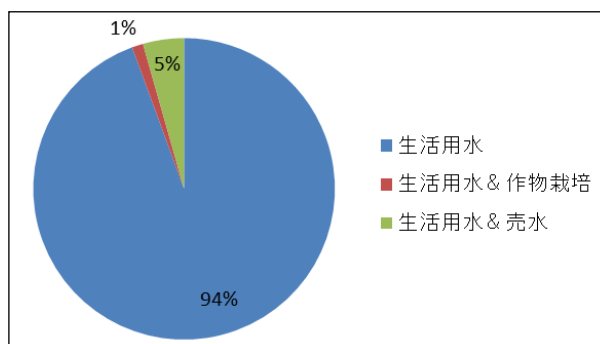
(出典：調査団聞き取り調査)

2-2-3-4 水利用用途

給水施設からの水用途は主に家庭用生活水である。作物は主に自家用菜園であり、天水農業を行っている。家畜は山羊・羊が中心に家庭用に数頭飼育しているが、浅井戸の水、沼などの水を与えており、SONEBの給水や深井戸の水は人の生活用水として使われている。水栓を備えた家庭では近隣家庭に売水をする家庭もある。雨季には深井戸や雨水などほかの水源を使用し、SONEBの水栓利用は減少し、乾季になると増大する。SONEB水栓へのニーズ及び依存度は、特に乾季の他の水源のない時期に高まる。

2-2-3-5 日平均水使用量

水の世帯平均使用量は、一日あたりの消費される水の平均量に関しては、ダッサズメ市 279 リットル (平均世帯人数 6 人：40 リットル/日/人)、グラズエ市 312 リットル (平均世帯人数 7 人：44 リットル/日/人) である。これは乾季の期間の推定平均である。ゾンゴ村 (グラズエ市内) では消費量が高く突出している (566 リットル)。ゾンゴ村はイスラム教徒が多く居住しており、1日5回の祈りの前の清め水の消費が多いことに起因する可能性がある。



(出典：調査団聞き取り調査)

図 2-2-22 水用途の割合

2-2-3-6 水源

利用水源については、ハンドポンプ付き深井戸（公共）の利用が最も多いが、そのほか、改良浅井戸、伝統浅井戸、公共水栓、自宅への SONEB の水栓引き込み利用及び近隣家庭の SONEB の水栓から買水する事例も多い。グラズエ市では、綿花工場 SODECO(旧 SONAPRA)にある井戸からの売水が市内の重要な給水源になっている。代替の水源として手掘り井戸を敷地内に有している家庭も多い。雨季には雨水の集水や貯水池ため池なども利用する。一方、雨水利用のため、雨水をためる施設を作っている家庭もあるが、規模が小さいため乾季が始まればすぐに使い切ってしまうため、長期間の利用はできない。水汲みにかかる距離は以下のとおり。

表2-2-15 水汲みにかかる距離平均

	最小値	最大値
グラズエ市	143m	275m
ダッサズメ市	226m	309m

(出典：調査団聞き取り調査)

2-2-3-7 水道料金

SONEB は全国一律の料金体系を使用している。SONEB の水道料金を下表に示す。

表2-2-16 SONEB 水道料金

カテゴリー	単位	価格 (CFA)	25L当り (CFA)
Water Consumption: 0-5m ³ /month	m ³	198	5
Water Consumption: 6-50 m ³ /month	m ³	453	11
Water Consumption: more 50 m ³ /month	m ³	658	16

(出典：SONEB 提供資料)

一方、SONEB 給水網以外の水源の料金を以下に示す。自宅や公共の浅井戸は基本的に無料で利用している。料金のかかる水源は、ハンドポンプ付き深井戸、SONEB 公共水栓、各戸給水からの売水、グラズエ市においては、綿花工場の、SODECO からの売水となっている。

表2-2-17 料金徴収の生ずる SONEB 以外の水源料金

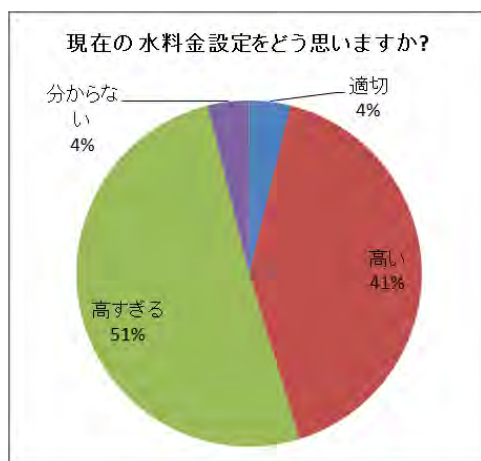
(単位：25リットル当りCFA)

地区	ハンドポンプ付 深井戸	SONEBの 公共水栓	各戸給水から の売水	SODECOから の売水
ダッサズメ	10	Loule: 15 Kpingni: 35	50	-
グラズエ	15	25	50	10

(出典：調査団聞き取り調査)

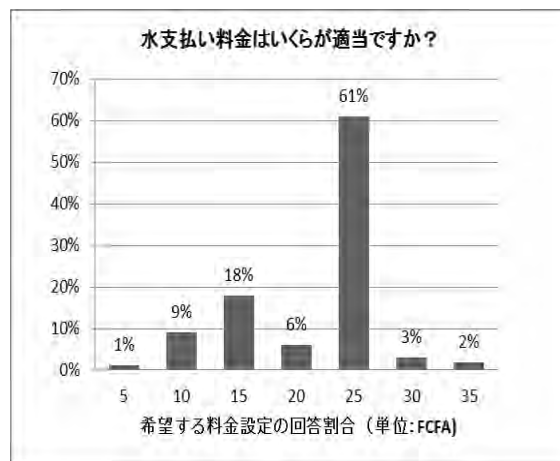
現行の SONEB の水道料金については、「高い」及び「高すぎる」を合わせ、92%の回答者が高いと感じている結果であったが、実際の料金設定は、現在住民が売水などに支払っている金額と同等または大幅に低く、現実の値段設定と市民の認識に大きなギャップがある。一般家庭で 50m³ 以上をつかうことはないため、SONEB のサービスを利用した場

合に、一般家庭での料金は 25 リットル換算で 11CFA を上回ることはない。市民が想定する適切な料金設定額として最も希望の多いのは、25CFA(約 5 円)/25 リットルであり、現行の SONEB 水道料金の料金設定より高い。一方で、接続時の料金は CFA100,000 (約 2 万円) が必要と一カ月分の月収相当 (家庭の月収 CFA40,000~100,000 (約 1 万円~2.5 万円)) であるため、この設備投資のハードルが高いと考えられる。平均的には、各戸給水の水道料金は月収の約 4% に該当する。



(出典：調査団聞き取り調査)

図 2-2-23 現行水料金に対する市民の意見

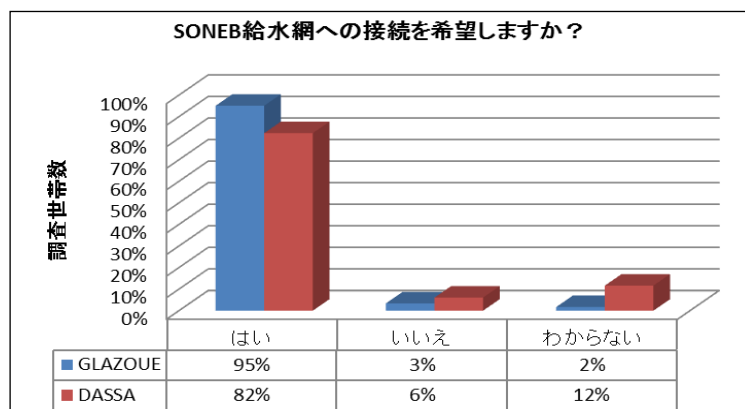


(出典：調査団聞き取り調査)

図 2-2-24 水支払料金の希望への市民の意見

2-2-3-8 SONEB への接続意思

調査世帯の約 4 分の 3 が SONEB の配水網へ接続をしていなかった。接続希望者は、ダッサズメで 82% に対して、グラズエでは 95% とやや高い。現在の接続数はダッサズメ 1,260 栓、グラズエ 772 栓とダッサズメの方が SONEB への接続が進んでおり、グラズエでは SONEB への接続が進んでいないため、グラズエでの接続ニーズが高いと言える。接続したくないとの回答は、グラズエでは 3%、ダッサズメでは 6% であった。



(出典：調査団聞き取り調査)

図 2-2-25 SONEB への給水希望者割合

グループディスカッションにおいて、SONEB 配水網への接続希望の理由についての意見の聞き取りを行った。

【SONEB への給水サービス接続希望の理由】

- ・ 家庭から給水場所までの距離を減らしたい。

- ・ 他の活動のために水汲みに費やされる時間を削減したい。
- ・ 水の供給に関連する費用を削減したい。
- ・ 午前3時に給水場所に行って水が無くなる前に水汲みしたり（昼間は水が無くなるが多いため）、ポリ容器をいくつか準備して万一給水を得られなかった時に備えてリスクを回避したりするなど工夫をしているが、そのような心配のない生活をしたい。

一方、現状の SONEB の給水サービスに対する要望としては、水栓から水が出ない状況の改善及び配水網の拡大が、最も切実な要望として挙げられた。

2-2-3-9 生活インフラニーズ

地域開発及び生活インフラに関しての優先度を下表にまとめた。SONEB の水源が不足し給水網に配水されないことも多いことから、住民の SONEB 給水に対する要望は高く、インフラ整備の第一課題として給水の改善が上がっている。

表2-2-18 住民の生活インフラニーズ

給水区域	1位	2位	3位	4位	5位
グラズエ市					
Glazoue	給水	道整備	診療所	電化	銀行設置、土地 区画整備
Magoumi	給水	道整備	診療所	電化	銀行設置、土地 区画整備
Ouedeme	給水	道整備	診療所	電化	銀行設置、土地 区画整備
Zaffe	給水	学校	診療所	SONEB配管拡 張	
ダッサズメ市					
Dassa I	給水	コミュニテイ ー公共施設	農村内の道整 備		
Dassa II	給水	電化	診療所	道整備	
Kpingni	給水	土地区画整備	道整備	土地区画整備	

(出典：調査団聞き取り調査)

2-2-3-10 給水に係る改善課題

社会調査の結果から抽出された課題とそれに対する改善策案及び関係者を下記の表に示す。

表2-2-19 課題と対策

分野	課題	対策案	関係者
水源の保護	トイレの建設により、汚染物質が凝縮し、地下水汚染の可能性はある	トイレの構造を再検討する必要がある	各家庭、コミュニティ NGO、村落開発普及員など市民啓発要員 SONEB
飲料水の衛生管理	水を輸送するためのプラスチック製容器及び飲料水保存用容器の非衛生的管理が、飲料水の汚染につながる	家庭内の蓋（例えばバケツなど）を定期的に簡単に洗浄、衛生的貯蔵及び水の処理（塩素化、フィルタリングなど）を備えた容器の使用を推進する	各家庭 コミュニティ NGO、村落開発普及員など市民啓発を担う要員 SONEB
給水管理	公共水栓の運営者によるSONEBへの水料金不払いにより、給水サービスが停止され公共水栓を利用する利用者（特に貧困層）への水供給が妨げられる	公共水栓管理者の選定手続きの改善（例：水栓管理者の銀行保証の要求など）	コミュニティ NGO、村落開発普及員など市民啓発を担う要員 SONEB 水栓管理者
	水栓所有者が水を売水する際、自由に高額な料金設定をするため、水栓設置できず、その他の水源へのアクセスが遠い、またはない貧困層がより高額な料金を払う結果となる	SONEBからの給水の転売に関する推奨料金の設定、または消費者による飲料水消費者協会を設立し、売水料金の適正な設定を促進する	コミュニティ NGO、村落開発普及員など市民啓発を担う要員 SONEB 水栓管理者 水消費者
給水網への接続	配水網の未整備地区の住民はSONEB給水接続のチャンスがない	配水網未整備地区の配水網の整備	コミュニティ NGO、村落開発普及員など市民啓発を担う要員 SONEB
	給水栓への接続の個人の設備投資額が大きく接続へのハードルとなっている	マイクロファイナンスなどの支援の活用を促進	コミュニティ NGO、村落開発普及員など市民啓発を担う要員 SONEB
家庭での衛生	家庭排水（シャワーなど）の下水が流れず不衛生に滞水することで、蚊の増殖を促進しマラリア等の原因となる	排水のための排水溝の建設を促進	各家庭 コミュニティ NGO、村落開発普及員など市民啓発を担う要員 SONEB

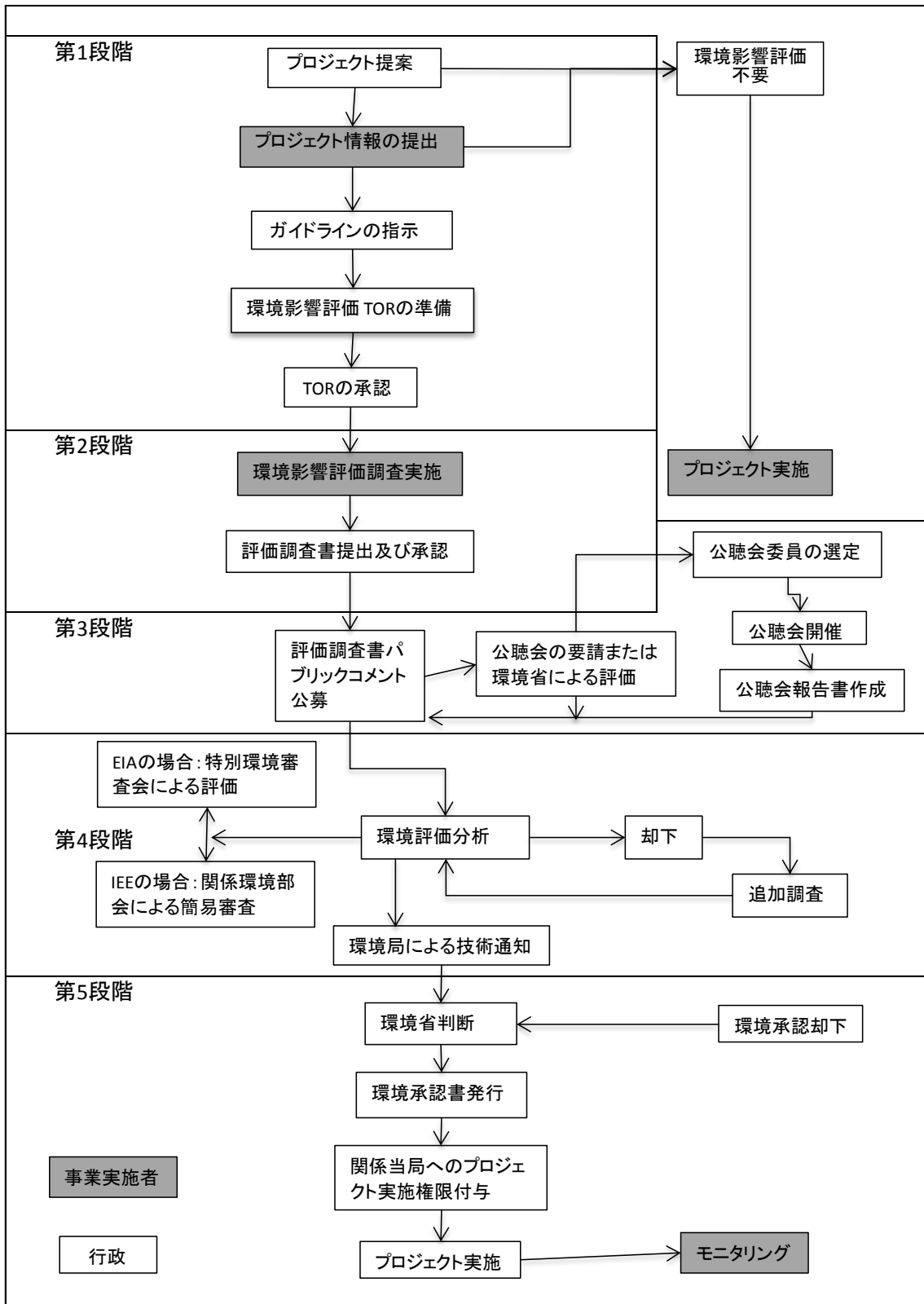
(出典：調査団聞き取り調査)

2-2-4 環境社会配慮

ベナンにおける環境影響評価及び事業実施承認に係る法的根拠は環境法第5章87条から102条により規定される。また手続きについては、法令 N° 2001-235 du 12 juillet 2001 に示されている。環境影響評価の実施に係る詳細については、環境、居住、都市省の下部組織であるベナン環境局（Agence Bénnoise pour l'Environnement）が発行する、給水事業における環境影響調査の手続きガイドライン（Guide Sectriel d'Etude d'Impact sur l'Environnement des Projets d'Adduction d'Eau。以下、「ベナン環境ガイドライン」とする）に記載されている。

環境社会配慮にかかる審査は、ベナン環境局がその手続きを実施する。環境社会配慮評価の手続きの流れは下図のように5段階に分かれている。給水事業実施者は、ベナン環境ガイドラインに基づき環境影響評価を実施し環境局に提出し、審査の承認を受ける。ベナンの環境社会配慮調査の実施には、プロジェクト概要（施設、規模、範囲等）と概算コストに関する情報が必要となる。プロジェクト概要に関する情報を環境局に提出後、環境社会配慮評価実施が必要か必要でないかが決定されるが、基本的に、公共事業で実施される給水案件に対してはほぼすべての案件で必要である。必要でない場合は、個人で1カ所井戸を掘削するなど非常に小規模な工事に限られる。

ベナンの規定に基づく環境社会配慮に係る審査は、上記2点の情報を踏まえ実施される。よって、本プロジェクトにおいてもJICA調査団がプロジェクトの概要及び概算コストの算定の結果を、第一段階のプロジェクト情報としてSONEBに対して提出したのち、SONEBはその情報を踏まえ、環境社会配慮調査を現地コンサルタントに対して業務発注し、ベナン環境ガイドラインに従い環境社会配慮調査を実施する。EIAもしくはIEEとするかは、本調査報告書をSONEBに提出した後に、ベナン政府が判断する。調査は類似調査の実績から、調査期間1カ月、SONEBによる精査1週間、報告書修正1週間の計1.5MMが想定される。全体工程は、TOR作成、コンサルタント調達、環境省承認等を合わせ、3~4カ月程度となるとみられる。TOR作成、報告書受領、環境省への提出はSONEBが行う。図2-2-26に今後の実施・承認スケジュールの流れを表に示す。



(出典： Guide sectoriel d'étude d'impact sur l'environnement des projets d'adduction d'eau)

図 2-2-26 ベナン環境影響評価手続きの流れ

ベナン環境影響評価に含まれるべき項目は以下のとおりである。

表2-2-20 ベナン EIA に含まれる項目

番号	大項目	小項目
1	プロジェクトの背景	<ul style="list-style-type: none"> ・事業実施者の特定 ・プロジェクトで行う活動の概要 ・環境保護方針の提示 ・事業実施及びサイト選定の理由 ・プロジェクトの概要 ・その他関連プロジェクトがあればその概要 ・プロジェクトが他の選択肢と比較し最適であることの事由
2	プロジェクト実施地域の環境の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・調査地域の選定 ・関連するプロジェクトコンポーネントの記述、分析
3	プロジェクト代替案の説明と分析	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト案を特定 ・代替案の特性を記述 ・代替案の比較分析 ・選択した案の妥当性検証
4	影響の分析	<ul style="list-style-type: none"> ・影響の原因特定、プロジェクトの詳細説明 ・予想される影響の特定
5	プロジェクトの影響の重要性を評価	<ul style="list-style-type: none"> ・環境影響への緩和または補償措置を特定 ・プロジェクトの影響を評価
6	技術的事故危機管理、マネジメント危機管理	<ul style="list-style-type: none"> ・技術的な事故のリスクの特定 ・安全対策の決定 ・緊急対策の概要を説明
7	監理計画及びモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> ・環境モニタリングプログラムの提出

(出典：Guide sectoriel d'étude d'impact sur l'environnement des projets d'adduction d'eau)

以下にベナンの給水施設建設に係るベナン環境ガイドラインの環境要素及び JICA スコーピング案との比較を示す。

表2-2-21 給水施設建設に係るベナン環境ガイドラインと JICA スコーピング案の比較

作業	ベナン環境ガイドラインによる環境要素	JICA スコーピング案との比較
準備段階		
用地取得	土地利用、居住者	17 土地利用、13 住民移転、14 貧困層、15 少数民族・先住民族
森林伐採	土壌、水、植生、土地利用、景観、人的活動、文化遺産	4 土壌汚染、18 水利用、10 生態系、17 土地利用、24 景観、16 雇用や生計手段等、20 社会関係資本や地域の意思決定機関
アクセス確保	土壌、水、交通安全、遺産、居住者	4 土壌汚染、18 水利用、29 事故、23 文化遺産、13 住民移転、14 貧困層、15 少数民族・先住民族

作業	ベナン環境ガイドラインによる環境要素	JICA スコーピング案との比較
機材搬入	交通安全、道路維持管理	29 事故
建設段階		
機材搬入	土壌、水、大気、交通安全、インフラ、植生、居住者	4 土壌汚染、18 水利用、1 大気汚染、29 事故、19 既存社会インフラ、10 生態系、13 住民移転、14 貧困層、15 少数民族・先住民
掘削、深井戸	土壌、水、大気、土壌利用、インフラ、居住者	4 土壌汚染、18 水利用、1 大気汚染、19 既存社会インフラ、13 住民移転、14 貧困層、15 少数民族・先住民
浚渫	堆積土、水、植生、水利用、居住者	12 地形・地質、10 生態系、18 水利用、13 住民移転、14 貧困層、15 少数民族・先住民
建設工事	土壌利用、景観、地域サービス、居住者、地域経済、雇用	4 土壌汚染、24 景観、19 既存の社会インフラ・社会サービス、13 住民移転、14 貧困層、15 少数民族・先住民、16 雇用や生計手段の地域経済
利用段階		
維持管理機材の搬入	土壌、土壌利用、人的活動	4 土壌汚染、17 土地利用、16 雇用や生計手段の地域経済
工事の実施	景観、土壌利用、人的活動	24 景観、17 土地利用、16 雇用や生計手段の地域経済
排水・処理	土壌、水、公衆衛生	17 土地利用、18 水利用、27HIV/AIDS 等の感染症、28 労働環境
危険物質の管理	土壌、水、大気、植生、公衆衛生	17 土地利用、18 水利用、1 大気汚染、10 生態系、27HIV/AIDS 等の感染症、28 労働環境
飲料水の生産（地下水及び表流水）	地下水、水象、水利用、公衆衛生、地域管理（排水管理）雇用、経済	11 水象、18 水利用、27HIV/AIDS 等の感染症、28 労働環境、19 既存社会インフラ、16 雇用や生計手段等地域経済

(出典：Guide sectoriel d'étude d'impact sur l'environnement des projets d'adduction d'eau 及び JICA 環境社会配慮ガイドライン)

本調査開始時においては、「JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010年4月）」（以下、「JICA 環境ガイドライン」とする。）に基づいて、カテゴリーBに分類された。一方、現在プロジェクトで建設される施設の概要は以下の条件であると想定されている。

- ① 配水網は既存の管路網を利用するが、追加で水源井から主要な配管を引く。配管は主に地中に埋設し、周辺環境へ影響がある工事は発生しない。
- ② 高架水槽、配水池の建設用地は市街地の空き地であり、発生する環境社会への影響はほとんどない。
- ③ 水栓の設置は、市内の市街地各家庭であり、環境への影響は軽微である。

施設の建設候補地は以下のとおりである。

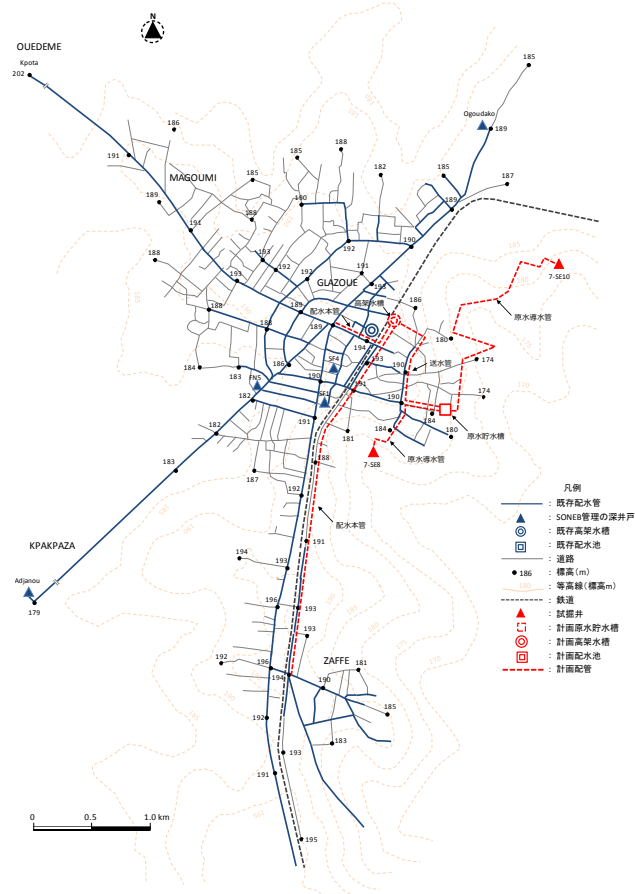


図2-2-27 グラズエ市計画施設位置図

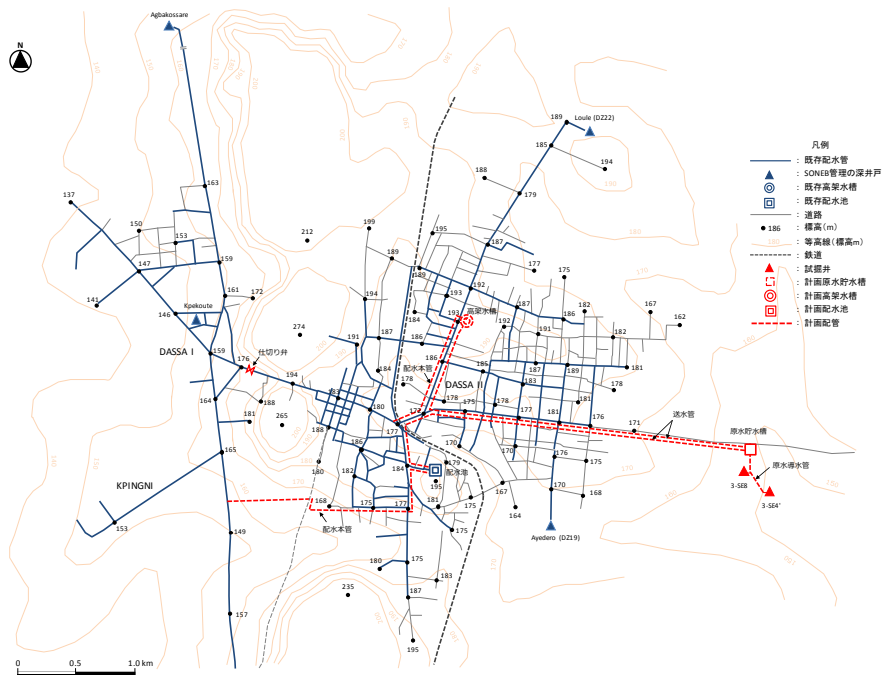


図2-2-28 ダッサズメ市計画施設位置図

2-2-4-1 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

両市は、コリーヌ県の経済の中心の地方都市の中心地としての機能を有している。本プロジェクトは、両市の中心部における SONEB の給水区域を対象とし、既存配管への給水量の増加を行い、新規の配管網の布設は行わない。施設に必要な用地及び環境社会配慮の検討範囲は、以下の施設建設及び運転段階での活動により想定される。

- ・ 水源井戸
- ・ 高架水槽
- ・ 導送水管

また、本プロジェクトの対象給水地域の条件は給水計画人口、需要量 (m³/日) 開発可能水量 (m³/日) 水源井戸毎の揚水可能量 (m³/日) 等を勘案して設定する。

2-2-4-2 スコーピングの実施

本プロジェクトで計画される施設は井戸施設及び高架水槽、主要な配管の追加で、住民移転もしくは社会及び環境への負の影響があること要素は想定されない。下表に本プロジェクトのスコーピング案を示す。

表2-2-22 本プロジェクトのスコーピング(案)

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供与時	
汚染対策	1	大気汚染	D	D	工事中：建設される井戸、施設は小規模なものであり、大気に影響のある要素は想定されない。 供与時：施設稼働に伴う大気汚染発生の要因は存在しない。
	2	水質汚濁	B-	B-	工事中：工事監理に不備があれば水質汚濁の可能性がある。(e.g. シーリング施工の品質が悪い場合、ケーシングのパイプを伝い雨水や土砂が井戸に流入する恐れがある。) 供与時：施設の運営管理に不備があれば水質汚濁の可能性がある。(e.g. 施設の周辺にトイレ等が建設されると地下水が汚染される恐れがある。)
	3	廃棄物	B-	D	工事中：建設残土や廃材の発生が想定される。 供与時：施設稼働に伴う廃棄物発生の要因は存在しない。(施設更新を除く)
	4	土壌汚染	B-	D	工事中：建設機材からの油の流出があれば土壌汚染の可能性がある。 供与時：土壌汚染が発生する要因は想定されない。
	5	騒音・振動	B-	B-	工事中：工事機材・車両による騒音が想定される。 供与時：ポンプ稼働時に騒音が発生する可能性がある。

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供与時	
	6	地盤沈下	C	D	揚水試験を2回行い、揚水量の確認を行う。地盤沈下が起こるような過剰な地下水のくみ上げは想定されない。
	7	悪臭	D	D	工事中:悪臭が発生する工事要因は想定されない。 供与時:運用中、悪臭が発生する要因は想定されない。
	8	底質	D	D	該当しない
自然環境	9	保護区	D	D	事業対象地及びその周辺に国立公園や保護区等は存在しない。
	10	生態系	D	D	工事中:工事予定地は市街地であり、工事規模もごく小さいため生態系への影響は想定されない。 供与時:生態系へ影響のある施設運用要因は想定されない。
	11	水象	C	C	工事中:地下水の揚水により地下水位の低下、近隣既存井戸への干渉の可能性がある。 供与時:過剰な汲み上げ、その後の気候変動によっては地下水涵養に影響の出る可能性がある。
	12	地形、地質	D	D	給水施設の建設による大規模な切土、盛土は計画されていない。地形・地質への影響は想定されない。
社会環境	13	住民移転	D	D	住民移転は発生しない。
	14	貧困層	D	B+	工事中:貧困層に対する負の影響は想定されない。 供与時:給水サービスの改善により、貧困層も便益を受ける可能性がある。
	15	少数民族・先住民族	D	D	事業対象地に少数民族・先住民族は存在しない。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	B-	C	工事中:管網を地下に埋設する施工時、近隣の店舗・事務所等の営業に影響を与える可能性がある。 供与時:水販売業者へ影響がある可能性がある。
	17	土地利用や地域資源利用	B-	B-	工事中:井戸掘削地点の土地利用、所有権に配慮する必要がある。 供与時:井戸、高架水槽等の建設地の土地利用に影響を及ぼす可能性がある。
	18	水利用	B-	D	工事中:建設に伴う水利用への影響は想定されない。 供与時:給水事業であるため、施設運用時における水利用への負の影響は想定されない。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	D	D	既存の社会インフラや社会サービスへの影響はほぼ想定されない。
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	本プロジェクトは、給水サービスの改善であり、既存の社会資本や地域の意思決定機関等への影響はほぼ想定されない。

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供与時	
	21	被害と便益の偏在	D	D	本プロジェクトは、現在の SONEB の給水事業の改善である。住民移転等、住民の権利を阻害する要素は含んでいない。そのため、対象地域に不公平な被害と便益をもたらす要素は想定されない。
	22	地域内の利害対立	D	D	現在の給水サービス改善に伴い、地域内の利害対立が引き起こされることは想定されない。
	23	文化遺産	D	D	対象地域に、および工事に影響のある地区に、文化遺産等は存在しない。
	24	景観	D	C	工事中：工事による景観への影響はごく小規模一時的なもので影響は想定されない。 供与時：高架水槽、配水池の設置が景観に影響を及ぼす可能性がある。
	25	ジェンダー	D	B+	工事中：特段の影響は想定されない。 供与時：水汲みは主に女性が担当することから女性の労働負荷軽減が想定される。
	26	子どもの権利	D	B+	工事中：特段の影響は想定されない。 供与時：水汲みは子どもも担当することから子どもの労働負荷軽減が想定される。
	27	HIV/AIDS 等の感染症	B-	D	工事中：工事作業員の流入により感染症が広がる可能性がある。
	28	労働環境（労働安全）	B-	D	工事中：建設作業員の労働環境に配慮する必要がある。 供与時：施設運用に係る労働者への負の影響のある要因は想定されない。
その他	29	事故	B-	D	工事中：工事中の事故に配慮する必要がある。 供与時：高架水槽への子供のいたずらなどの可能性がある。
	30	越境の影響、及び気候変動	D	D	工事中：工事機材・車両から CO2 の排出が想定されるが、影響は甚大ではない。 供与時：給水施設の稼働による、越境及び気候変動の影響は想定されない。

A+/-：重大な正/負の影響が考えられる、B+/-：ある程度の正/負の影響が考えられる
C：正/負の影響程度は不明（将来調査要）、D：影響の可能性はなし

（出典：調査団作成）

2-2-4-3 重要な環境社会影響の予測

スコーピング案において、B-及びCの評価の項目について、影響を予測するための調査を行う。調査項目及び調査手法を以下にまとめる。

表2-2-23 環境社会配慮調査項目及び調査手法

No	影響項目	調査項目	調査手法
1	水質汚濁	① ベナン水質基準の確認	既存資料調査 水質検査
2	廃棄物	① 建設廃棄物の処理方法	関連機関への聞き取り、予定地の情報収集

No	影響項目	調査項目	調査手法
3	土壌汚染	① 工事中の影響範囲の把握	現地踏査、関係機関への聞き取り
4	騒音・振動	① 環境基準の確認 ② 環境エリアの把握 ③ 工事中の影響範囲の把握	工事に関する情報収集 (内容、工法、期間、位置・範囲、 工事時間)
5	地盤沈下	① 揚水試験時の影響の把握	揚水試験時の影響確認
6	水象	① 揚水試験時の影響の把握	揚水試験時の影響確認
7	雇用や生計手段等の地域経済	① 工事の実施による周辺商業への影響の把握	現地踏査による商業地等の把握
8	土地利用や地域資源利用	① 工事の実施による周辺土地利用への把握	工事候補地の土地利用の把握
9	景観	① 工事の影響範囲の把握	現地踏査、関係機関への聞き取り
10	HIV/AIDS 等の感染症	① 感染症対策の国内取組み	地域の保健対策についての聞き取り
11	労働環境 (労働安全)	① 労働安全対策国内取組み、規制	既存資料調査
12	事故	① 安全対策	現地踏査

(出典：調査団作成)

2-2-4-4 影響の評価

表2-2-24 環境影響評価

分類	No	影響項目	スコーピング時における評価		調査結果に基づく評価		調査結果に基づく評価理由
			工事前 工事中	供与時	工事前 工事中	供与時	
汚染対策	1	大気汚染	D	D	D	D	工事中：建設される井戸、施設は小規模なものであり、大気に影響のある要素は想定されない。 供与時：施設稼働に伴う大気汚染発生の要因は存在しない。
	2	水質汚濁	B-	B-	B-	D	工事中：工事監理に不備があれば水質汚濁の可能性がある。 供与時：ポンプ揚水による水質汚濁の可能性は非常に低い。
	3	廃棄物	B-	D	B-	D	工事中：建設残土や廃材の発生が想定される。 供与時：施設稼働に伴う廃棄物発生の要因は存在しない。(施設更新を除く)
	4	土壌汚染	B-	D	B-	D	工事中：建設機材からの油の流出があれば土壌汚染の可能性がある。 供与時：土壌汚染が発生する要因は想定されない。
	5	騒音・振動	B-	B-	B-	D	工事中：工事機材・車両による騒音が想定される。 供与時：ポンプの稼働音は、通常の範囲内で周囲への影響は軽微である。

分類	No	影響項目	スコーピング時における評価		調査結果に基づく評価		調査結果に基づく評価理由
			工事前 工事中	供与時	工事前 工事中	供与時	
	6	地盤沈下	C	D	D	D	揚水試験を2回行い、揚水量の確認を行う。地盤沈下が起こるような過剰な地下水のくみ上げは想定されない。
	7	悪臭	D	D	D	D	工事中：悪臭が発生する工事要因は想定されない。 供与時：運用中、悪臭が発生する要因は想定されない。
	8	底質	D	D	D	D	該当しない
	9	保護区	B-	D	D	D	事業対象地及びその周辺に国立公園や保護区等は存在しない。
自然環境	10	生態系	B-	D	D	D	工事中：工事予定地は市街地であり、工事規模もごく小さいため生態系への影響は想定されない。 供与時：生態系へ影響のある施設運用要因は想定されない。
	11	水象	C	C	C	C	工事中：地下水の揚水により地下水位の低下、近隣既存井戸への干渉の可能性はある。 供与時：過剰な汲み上げ、その後の気候変動によっては地下水涵養に影響の出る可能性がある。
	12	地形、地質	D	D	D	D	給水施設の建設による大規模な切土、盛土は計画されていない。地形・地質への影響は想定されない。
社会環境	13	住民移転	D	D	D	D	住民移転は発生しない。
	14	貧困層	D	B+	D	B+	工事中：貧困層に対する負の影響は想定されない。 供与時：給水サービスの改善により、貧困層も便益を受ける可能性がある。
	15	少数民族・先住民族	D	D	D	D	事業対象地に少数民族・先住民族は存在しない。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	B-	C	D	D	水販売者はSONEBの給水を利用して販売していることがほとんどであり、給水量の増加は販売の妨げにはならない。また、給水事情が改善しても、すべての家庭に各戸給水がなされるわけではないため、水販売の一定のニーズは存続すると考えられるため、水販売への影響は軽微である。
	17	土地利用や地域資源利用	B-	B-	D	D	工事中：井戸掘削地点の土地利用、所有権に配慮する必要がある。 供与時：井戸、高架水槽等の建設地の土地利用に影響を及ぼす可能性がある。

分類	No	影響項目	スコーピング時における評価		調査結果に基づく評価		調査結果に基づく評価理由
			工事前 工事中	供与時	工事前 工事中	供与時	
	18	水利用	B-	D	D	D	工事中:建設に伴う水利用への影響は想定されない。 供与時:給水事業であるため、施設運用時における水利用への負の影響は想定されない。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	B-	D	B-	D	工事中:工事中、一時的に交通迂回等が発生する可能性がある。
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	B-	D	D	D	本プロジェクトは、給水サービスの改善であり、既存の社会資本や地域の意思決定機関等への影響はほぼ想定されない。
	21	被害と便益の偏在	B-	D	D	D	本プロジェクトは、現在の SONEB の給水事業の改善である。住民移転等、住民の権利を阻害する要素は含んでいない。そのため、対象地域に不公平な被害と便益をもたらす要素は想定されない。
	22	地域内の利害対立	D	D	D	D	現在の給水サービス改善に伴い、地域内の利害対立が引き起こされることは想定されない。
	23	文化遺産	D	D	D	D	対象地域に、および工事に影響のある地区に、文化遺産等は存在しない。
	24	景観	B-	C	D	D	供与時:市街地には既に既存高架水槽等 2-3 階建ての構造物があり、新規高架水槽は景観を阻害するものとならない。
	25	ジェンダー	D	B+	D	B+	工事中:特段の影響は想定されない。 供与時:水汲みは主に女性が担当することから女性の労働負荷軽減が想定される。
	26	子どもの権利	D	B+	D	B+	工事中:特段の影響は想定されない。 供与時:水汲みは子どもも担当することから子どもの労働負荷軽減が想定される。
	27	HIV/AIDS 等の感染症	B-	D	B-	D	工事中:工事作業員の流入により感染症が広がる可能性がある。
	28	労働環境 (労働安全)	B-	D	B-	D	工事中:建設作業員の労働環境に配慮する必要がある。 供与時:施設運用に係る労働者への負の影響のある要因は想定されない。
その他	29	事故	B-	D	B-	D	工事中:工事中の事故に配慮する必要がある。 供与時:高架水槽施設などへは立ち

分類	No	影響項目	スコーピング時における評価		調査結果に基づく評価		調査結果に基づく評価理由
			工事前 工事中	供与時	工事前 工事中	供与時	
	30	越境の影響、及び気候変動	D	D	D	D	入りが制限されており、安全を確保できる。 工事中：工事機材・車両からCO2の排出が想定されるが、影響は甚大ではない。 供与時：給水施設の稼働による、越境及び気候変動の影響は想定されない。
A+/-：重大な正/負の影響が考えられる、B+/-：ある程度の正/負の影響が考えられる C：正/負の影響程度は不明（将来調査要）、D：影響の可能性はなし							

(出典：調査団作成)

2-2-4-5 緩和策(回避・最小化・代償)または代替案(ゼロオプション含む)の検討

表2-2-25 環境社会への影響緩和策

No	影響項目	緩和策または代替案	実施機関	責任機関	費用
工事中					
1	水質汚濁	掘削機材の維持管理を適切に行い、オイル等が漏えいしないよう管理する。 水質汚濁が著しい場合、代替案として再掘削を検討する。	コントラクター	実施機関	コントラクターによる対応
2	廃棄物	建設廃材については、ベナン国の廃棄物処理により指定する廃棄方法でコントラクターが適正な処理を行う。 労働者による一般廃棄物は、工事現場周辺に散乱させないように指導し、作業員に徹底させる。	コントラクター	実施機関	コントラクターによる対応
3	土壌汚染	建設機械からオイル等の漏えいがないよう、機材の整備点検を徹底する。	コントラクター	実施機関	コントラクターによる対応
4	騒音・振動	工事時間に配慮し、夜間の作業は避けるよう工程を立てる。 周辺住民から苦情があった場合、工事を中断し、対応策を協議する。	コントラクター	実施機関	コントラクターによる対応
6	水象	揚水試験により、井戸能力を確認し地下水のくみ上げによる影響を確認する。地下水の組み上げが過剰とならないよう、ソフトコンポーネントで地下水位の計測とモニタリング方法の研修を行い、揚水量の調節をするよう指導する。	コントラクター コンサルタント	実施機関	コントラクターによる対応
10	HIV/AIDS等の感染症	作業員に対し、感染症の危険性について周知する。	コントラクター	実施機関	コントラクターによる対応
11	労働環境(労働安全)	労働法の順守、作業服、ヘルメット着用など作業中事故防止に努める。 事故発生時の対応体制を確立する。	コントラクター	実施機関	コントラクターによる対応
12	事故	工事標識、工事現場への柵設置など事故防止に努める。	コントラクター	実施機関	コントラクターによる対応

(出典：調査団作成)

2-2-4-6 モニタリング計画(実施体制、方法、費用など)の検討

モニタリング計画案を下表に示す。

表2-2-26 モニタリング計画案

No	影響項目	モニタリング項目	地点	頻度	実施機関	費用
1	水質汚濁	pH,EC,塩化物,フッ素,硝酸	掘削水源井	掘削毎	コントラクター	工事費包括
2	廃棄物	建設破棄物の処理方法	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
3	土壌汚染	工事中のオイル漏れ確認	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
4	騒音・振動	工事中の騒音の苦情	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
5	地盤沈下	揚水試験時の影響の把握	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
6	水象	揚水試験時の地下水位	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
7	雇用・生計手段等の地域経済	工事の実施による周辺商業への影響の把握	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
8	土地利用や地域資源利用	工事の実施による周辺土地利用の把握	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
9	景観	工事の影響範囲の把握	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
10	HIV/AIDS等の感染症	作業員への啓発活動の有無	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
11	労働環境(労働安全)	作業員安全装備	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括
12	事故	作業員安全装備 機械の点検	工事各現場	工事毎	コントラクター	工事費包括

(出典：調査団作成)

2-2-4-7 ステークホルダー協議の開催支援(実施目的、参加者、協議内容等)

本プロジェクトの対象地域、グラズエ市及びダッサズメ市の各地区(Arrondissement)の関係者を招集し本プロジェクトに対する、環境社会配慮に関する協議を2014年12月3日から5日の日程で開催した。招聘は、地区長及び副地区長またはその代理、女性組合、井戸管理関係者などを対象に、コミュニティ運営にかかわる地域関係者を対象に行った。開催時に話し合われた協議結果は以下のとおりである。

開催日時	開催地	参加者数
12月2日午前	Dassal: le Collège d'Enseignement Général 2	14名(女性7名)
意見:		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地元特産の食品加工用(Tchakpalo:地元の飲料、タロイモもち、ピーナツせんべいなど)に水が必要。水がない事でこうした特産品製造業の発展が難しい。給水施設建設に対するコミュニティ内の環境への影響は心配していない。 ✓ SONEBの配水管から水が出ないため、接続している市民は少ない。 ✓ Amangassa, Essèkpaには動力ポンプ付き深井戸があり、AERAMESというNGOにより管理、料金徴収がされている。 ✓ SONEB 公共水栓では水料金は25L/25cfa、SONEB 給水の個人宅からの売水は25L/50cfa。支払いは現金。水料金は安ければ安いほうがいいという意見。 ✓ コミュニティの優先ニーズ:水、コミュニティ公共施設、農村内の道整備 		
12月2日午後	Dassal: Registre Foncier Urbain (RFU)	8名(女性0名)
意見:		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地元特産品についてはDassalと同様、食品加工用(Tchakpalo:地元の飲料、タロイモもち、大豆チーズ(豆腐のようなもの)、ピーナツせんべいなど)に水が必要。水がない事でこうした特産品製 		

<p>造業の発展が難しい。また、中心部における建設にも水が必要。給水施設建設に対するコミュニティ内の環境への影響は心配していない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 動力ポンプ付き深井戸は、Moumoudji (1)、Kpécouté (2)、Loulè (2)、Ayédero (4)が稼働、25L/10cfaで販売。支払いは現金。 ✓ 水栓毎の使用者人数は不定。一方、日毎の水販売額から推定は可能。動力ポンプ付深井戸では1500から3000cfaの売上げがあるSONEBによる各戸給水からの売水は800から4500cfa程度の売上。公共水栓では（水が無くなってしまったため）朝の4時ごろ水汲みに行く必要があり負担である。 ✓ 水小売価格希望は25L/25cfa。 ✓ SONEB 公共水栓は、個人運営（個人が管理し売り上げは個人の収入となる）。動力ポンプ付深井戸では、Ayéderoに水委員会があるのみ。その他は個人運営。 <p>コミュニティの優先ニーズ：水、電化、診療所、道整備</p>		
12月3日午前	Kpingni:地区集会室	9名（女性0名）
<p>意見</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Dassa 地区同様、地元特産品について、食品加工用（Tchakpalo:地元の飲料、タロイモもち、大豆チーズ（豆腐のようなもの）など）に水が必要。水がない事でこうした特産品製造業の発展が難しい。また、中心部における建設にも水が必要。給水施設建設に対するコミュニティ内の環境への影響は心配していない。 ✓ 地区内でSONEBへ接続をしている家庭はごくまれ。理由としては、配管しても水が流れてこないため。 ✓ Kpingni (1)に動力ポンプ付深井戸がある。水委員会による運営を行い（12名メンバー）NGO団体のAERAMESの支援を受けている。 ✓ SONEB 公共水栓価格は、25L/35cfa。動力ポンプ付深井戸は25L/10cfa。現金払い。 ✓ SONEB 給水については、接続しても配水されず、メーターのみ空気圧等で回ってしまうため、料金支払いが発生し困ると苦情がある。深井戸や浅井戸の建設、SONEB配水網の拡大が希望として出された。 ✓ 水小売価格希望は25L/25cfa。 <p>コミュニティの優先ニーズ：水、診療所、道整備、土地区画整備</p>		
12月4日午前	Glazoue/Magoumi 地区集会室	20名（女性10名）
<p>意見：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ SONEB 公共水栓価格は、25L/35cfa。動力ポンプ付深井戸は25L/10cfa。現金払い。 ✓ SONEB 給水については、接続しても配水されず、メーターのみ空気圧等で回ってしまうため、料金支払いが発生し困ると苦情がある。深井戸や浅井戸の建設、SONEB配水網の拡大が希望。 ✓ 水料金は以下のとおり、ハンドポンプ深井戸=25L/15cfa; SONEB 売水=25L/35cfa; SODECO 水栓売水=25L/10cfa; 個人井戸売水=25L/25cfa ✓ SONEB 給水栓売水は一日50-100人程度。季節等により変動有。 ✓ 市街地区では飲料用に、袋入りの小売水製品が流通している。 ✓ 水小売価格希望は25L/25cfa。 ✓ プロジェクトの調査がいくつも来るが、実施にいたっていない。そのため、今回の調査が実際のプロジェクトに至り、給水改善がなされることを強く希望することがコミュニティとしての希望であるとされた。 <p>コミュニティの優先ニーズ：水、道整備、診療所、電化、銀行設置、土地区画整備</p>		
12月4日午後	Ouedeme 地区集会所外	15名（女性10名）
<p>意見：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ SONEB 給水以外の主な給水施設は、動力ポンプ付深井戸6カ所。 ✓ 雨季においては、浅井戸の水を使う住人が多い。 ✓ 市街中心部と周辺地域での水供給の格差は大きい。市街中心部は都市的なインフラへの要求が強く、給水栓が強く望まれている。 ✓ 公共水栓価格は、25L/35cfa。動力ポンプ付深井戸は25L/10cfa。現金払い。 ✓ SONEB 給水については、接続しても配水されず、メーターのみ空気圧等で回ってしまうため、料金支払いが発生し困る。また、価格は既に決まっている。このような状況で、支払希望額を述べることはできない。 ✓ 水不足の困窮度は高い。給水改善をコミュニティとして切に望んでいる。 		

コミュニティの優先ニーズ：水、道整備、診療所、電化、銀行設置、土地区画整備		
12月5日午前	Zaffè	15名（女性7名）
意見：		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Zaffè 中心部 においては、近年深井戸建設は成功していない。そのため SONEB の給水網の拡大が選択肢としては望まれている。 ✓ 雨季においては、特に SONEB の水を使っている（配水があるため）。乾季は配水が無くなり使えなくなる。 ✓ Glazoue 市街中心部と Zaffè 地域での水供給の格差は大きい。市街中心部は都市的なインフラがあるのに、Zaffè においても SONEB へ同様の価格を払っており（配水がなくても）不公平感を感じる。 ✓ 希望する公共水栓価格は、40L/25 cfa ; 25L/10 cfa 程度。 ✓ SONEB 給水については、接続しても配水されず、メーターのみ空気圧等で回ってしまうが、料金支払いが発生する。不満である。 ✓ 水不足の困窮度は高い。SONEB 給水が機能していない状況は、すでに数年来続いている。給水改善をコミュニティとして切に望んでいる。 		
コミュニティの優先ニーズ：水、学校、診療所、SONEB 配管拡張		

2-2-5 用地取得手続き

環境影響評価の審査以外に事業許認可を得るために関係する行政手続きは、用地取得である。本プロジェクトでは、非自発的住民移転を伴う用地取得の必要は発生しない。施設の建設に必要な用地の確認状況は表 2-2-27 のとおりである。本プロジェクトにおいて必要となる土地は、井戸周辺（10m×10m 程度）および高架水槽の設置場所（25m×25m 程度）、配管布設である。配管については主に道路線形に沿って地下に埋設設置、そのほかの施設についても公用地においての工事となり住民からの用地取得は発生しない。また、当該の土地に居住住民はいない。

2-2-5-1 用地取得・住民移転の必要性

表2-2-27 事業コンポーネント、影響エリア

区域	施設	場所	住民居住	移転の有無	用地取得	備考
ダッサズメ	井戸	3-SE4'	軍管理地	なし	なし	合意済
		3-SE8	軍管理地	なし	なし	合意済
	高架水槽	中学校敷地内	なし	なし	合意済	
	原水貯水槽	軍管理地	なし	なし	合意済	
	導水管	3-SE4'→3-SE8→原水貯水槽	軍管理地	なし	なし	合意済
	送水管	原水貯水槽→高架水槽	コミュニン道路下	なし	なし	不要
		原水貯水槽→既存配水池	コミュニン道路下	なし	なし	不要
配水本管	既存配水池→ダッサ I 配水管	コミュニン道路+コミュニン都市計画道路下	なし	なし	不要	
グラズエ	井戸	7-SE8	コミュニン所有地	なし	なし	合意済
		7-SE10	コミュニン所有地	なし	なし	合意済
	高架水槽	鉄道局敷地内	なし	なし	合意済	鉄道局立会いで確認済
	原水貯水槽	コミュニン所有地	なし	なし	不要	

区域	施設	場所	住民居住	移転の有無	用地取得	備考
	導水管	7-SE8→原水貯水槽	コミュニン道路下	なし	なし	不要
		2-SE10→原水貯水槽	コミュニン道路+コミュニン都市計画道路下	なし	なし	不要
	送水管	原水貯水槽→高架水槽	コミュニン道路+鉄道局敷地内	なし	なし	不要 鉄道局立会いで確認済

(出典：調査団作成)

また、用地取得にかかる関係者協議を、実施しコンサルタントが地図を指示し場所の確認を行った。その他、現地踏査を行い用地の取得について合意した。

表2-2-28 用地取得にかかる関係者協議の結果

区域	関係者協議実施日	参加者	場所	協議内容
ダッサズメ	2015年3月18日	市長・都市計画担当者他（コミュニン職員12名） 軍関係者（軍キャンプ代表者他2名） SONEB 所長1名 JICA コンサルタント+通訳4名 合計19名	ダッサズメコミュニン会議室	検討される土地について地図上で示しながらベナン国関係者に確認。合意を得た。
	3月19日	都市計画担当者1名 JICA コンサルタント+通訳4名	現地踏査	実際の土地を踏査し、案件実施に問題ないことを確認、用地取得を合意した。
	2015年4月18日	校長及びPTA関係者10数名 JICA コンサルタント+通訳2名	Collège d'enseignement général de Dassa-Zoume 中学校敷地内	中学校の敷地内の土地を確認、問題ないことを確認した。一方、市担当者が事前に中学校に連絡をしていなかったため、コンサルタントが訪問した時に混乱が生じたが、4月19日に市担当者から調査についての説明を正式に行い理解を得た。
グラズエ	2015年4月6日	都市計画担当者他（コミュニン職員3名）SONEB 所長1名 JICA コンサルタント+通訳4名 鉄道会社ボイコン支局担当者1名 合計9名	現地踏査	実際の土地を踏査し、案件実施に問題ないことを確認、用地取得を合意した。

(出典：調査団作成)

2-2-5-2 移転を回避・最小化するために検討された初期設計代替案

施設の計画・設計に係る施設配置計画（初期設計代替案）は、施設の建設位置として、「公用地」を第一優先として選定し、住民移転が必要な民地の収用を極力避けること、配管路についても既存の公道下あるいは都市計画道路下に布設するものとして計画・設計を行った。現計画で、移転の必要な用地取得は発生しない。

2-2-5-3 事業実施中に移転を可能な限り最小化するための方法

事業実施時に必要な建設時の仮設用地（資材置場等）については、グラズエ及びダッサ

ズメにそれぞれ 5,000m² (0.5ha) 程度の用地が必要になる。可能な限り SONEB の用地を利用することとする。仮設用地は、先方負担事項に含まれる。

2-2-5-4 用地取得・住民移転にかかる法的枠組み

建設時に必要な用地取得については、用地取得法 (Loi No 2007-03 de Octobre 16, 2007) が 2013 年に改訂された、土地収用法 Loi No 2013-01 portant code foncier et domanial en République du Bénin が準拠すべき法規として適用される。本法では、公共事業実施に係る土地利用の権限は、国もしくはは地方自治体に付与されると規定されている。

以下にベナンの土地収用法と JICA ガイドラインの比較を示す。ベナン土地収用法は、JICA ガイドラインと同等、もしくはより具体的な規定を定めており、ベナン土地収用法に基づき土地収用を行うことで、JICA ガイドラインも包括することができる。そのため、本事業ではベナン土地収用法に準拠することを方針とする。

また、JICA ガイドライン No.1 (非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない) に基づき、非自発的住民移転および生計手段の喪失は、回避した。その為、住民移転、生計手段の喪失は、本プロジェクトにおいては発生しない。

表2-2-29 土地収用法と JICA ガイドラインの比較

No.	JICA ガイドライン	ベナン法制度	JICA ガイドラインとベナン法制度比較
1.	Involuntary resettlement and loss of means of livelihood are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives. (JICA GL) 非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。	すべての利害関係者、個人と公法と私法の法人の土地への公平なアクセスを確保されなければならない (5 項) 法または慣習により確立した不動産権は確保しなければならない。住民の福利に反する土地取得は阻止しなければならない (6 項)	同等の扱い。
2.	When population displacement is unavoidable, effective measures to minimize impact and to compensate for losses should be taken. (JICA GL) このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、実効性ある対策が講じられなければならない。	公共事業のための用地取得が確定した後、関係者および損失について査定しなければならない。(218 項) 工事に影響を受ける関係者の査定は 1 カ月の時間が与えられる。(219 項)	同等の扱い。 より具体的な手順をベナン国法は記述。
3.	People who must be resettled involuntarily and people whose means of livelihood will be hindered or lost must be sufficiently compensated and supported, so that they can improve or at least restore their standard of living, income opportunities and production levels to pre-project levels. (JICA GL) 移転住民には、移転前の生活水準や	公共事業のための用地取得は公正な手段で友好的に、 -所有者の現在の土地利用方法 -市場価格 -土地所有の経緯 -実施案件の公共に対する重要性が鑑みられ、公正な金額の補償がされる。(211 項、212 項)	同等の扱い。

No.	JICA ガイドライン	ベナン法制度	JICA ガイドラインとベナン法制度比較
	収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるような補償・支援を提供する。		
4.	Compensation must be based on the full replacement cost as much as possible. (JICA GL) 補償は可能な限り再取得費用に基づかなければならない。	補償が必要な場合、法務局から補償額の評価が行われる。公共事業の実施による土地価格の上昇、2年間の利息分も考慮される。(236項)	ベナン法がより具体的、複雑な要素を考慮している。
5.	Compensation and other kinds of assistance must be provided prior to displacement. (JICA GL) 補償やその他の支援は、物理的移転の前に提供されなければならない。	土地収用は、補償の支払い、委譲が行われるまでは、行うことができない。(242項)	同等の扱い
6.	For projects that entail large-scale involuntary resettlement, resettlement action plans must be prepared and made available to the public. (JICA GL) 大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が、作成、公開されていなければならない。住民移転計画には、世界銀行のセーフガードポリシーの OP4.12 Annex A に規定される内容が含まれることが望ましい。	218項によって作成されたプロジェクト建設予定地の用地評価に基づいて、プロジェクトに影響を受ける土地、住民に対する移転計画が策定されなければならない。(219項) 5000平米以上の大規模移転の場合、国は公正、事前の補償のもとに用地取得を行う。この場合の補償資金は538項に基づいて調達する。(529項)	同等の扱い。
7.	In preparing a resettlement action plan, consultations must be held with the affected people and their communities based on sufficient information made available to them in advance. (JICA GL) 住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。	移転計画策定にあたっては、住民代表、関係省庁のほか、地域自治体の長、県知事なども含めて協議が行われなくてはならない。(218項)	同等の扱い
8.	When consultations are held, explanations must be given in a form, manner, and language that are understandable to the affected people. (JICA GL) 協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。	策定された住民移転計画は、関係役所に公開されるとともに、可能な方法で一般に告知される。公告、ラジオ、コミュニティの情報ネットワーク、その他の印刷物や告知など。(219項、220項)	同等の扱い。手段についてベナン国法は具体的に記述。
9.	Appropriate participation of affected people must be promoted in planning, implementation, and monitoring of resettlement action plans. (JICA GL) 非自発的住民移転及び生計手段の喪失にかかる対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。	公共事業の土地収用にはジェンダーの視点が考慮されなければならない。地元の関係者の権利を確保する。(第6項)	同等の扱い
10.	Appropriate and accessible grievance mechanisms must be established for the affected people and their	計画告知から2か月間の間に、反対のある人は、担当の省庁へ異議を申し立てることができる。(221項)	同等の扱い

No.	JICA ガイドライン	ベナン法制度	JICA ガイドラインとベナン法制度比較
	communities. (JICA GL) 影響を受ける人々やコミュニティーからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていない。		
11.	Affected people are to be identified and recorded as early as possible in order to establish their eligibility through an initial baseline survey (including population census that serves as an eligibility cut-off date, asset inventory, and socioeconomic survey), preferably at the project identification stage, to prevent a subsequent influx of encroachers of others who wish to take advance of such benefits. (WB OP4.12 Para.6) 被影響住民は、補償や支援の受給権を確立するため、初期ベースライン調査(人口センサス、資産・財産調査、社会経済調査を含む)を通じて特定・記録される。これは、補償や支援等の利益を求めて不当に人々が流入することを防ぐため、可能な限り事業の初期段階で行われることが望ましい。	公共事業のための用地取得が確定した後、工事を開始する前に、関係者および損失について査定しなければならない。(218項) 工事に影響を受ける関係者の調査は1カ月の期間で実施される。(219項) より高い補償を受けるために、事業実施決定後に土地や家屋に改修等を加えた場合、移転した場合は補償の対象にはならない(235項)	同等の扱い
12.	Eligibility of benefits includes, the PAPs who have formal legal rights to land (including customary and traditional land rights recognized under law), the PAPs who don't have formal legal rights to land at the time of census but have a claim to such land or assets and the PAPs who have no recognizable legal right to the land they are occupying. (WB OP4.12 Para.15) 補償や支援の受給権者は、土地に対する法的権利を有するもの、土地に対する法的権利を有していないが、権利を請求すれば、当該国の法制度に基づき権利が認められるもの、占有している土地の法的権利及び請求権を確認できないものとする。	ベナンにおける土地は、①公共地、②登録がない私有地、③登録のある私有地の3種に分類される。①の用地取得に関しては、コミュニオン長の認可で取得することが可能となる。②の用地取得に関しては、占有者と交渉・協議を行い、代替地を提示し、換地することが一般的な手段である。③の用地取得に関して、オーナーと交渉・協議を行った上で、換地もしくは金額補償のいずれかで用地取得となるが、オーナーには立退きの拒否権が与えられており、拒否権を行使した場合、該当地の用地取得は不可となる。(7項)(216項から229項)	土地を占有するすべての人を対象としている。同等の扱い。
13.	Preference should be given to land-based resettlement strategies for displaced persons whose livelihoods are land-based. (WB OP4.12 Para.11) 移転住民の生計が土地に根差している場合は、土地に基づく移転戦略を優先させる	補償額、支払方法は公共の福祉と移転住民の福祉を鑑み、公正でなければならない。以下の事項が考慮されるべきである。 -現在の土地の利用方法(212項)	優先される、とはないが現在の土地利用を鑑みる、とされている。同等の扱い。
14.	Provide support for the transition period (between displacement and livelihood restoration). (WB OP4.12 Para.6) (移行期間の支援を提供する	補償は、直接的経費、物資その他費用などすべてを包括したものとす。 (234項)	すべての要素を包括するとの記述。同等の扱い。

No.	JICA ガイドライン	ベナン法制度	JICA ガイドラインとベナン法制度比較
15.	Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among those displaced, especially those below the poverty line, landless, elderly, women and children, ethnic minorities etc. (WB OP4.12 Para.8) 移転住民のうち社会的な弱者、得に貧困層や土地なし住民、老人、女性、子ども、先住民、少数民族については、特段の配慮を行う。	公共事業の土地収用にはジェンダーの視点が考慮されなければならない。(6項) 現在、将来の世代、物理的人、書類上の権限を持つ人すべての人が公正に扱わなければならない。(6項)	同等の扱い
16.	For projects that entail land acquisition or involuntary resettlement of fewer than 200 people, abbreviated resettlement plan is to be prepared. (WB OP4.12 Para.25) 200人未満の住民移転または用地取得を伴う案件については、移転計画(要約版)を作成する。	移転計画に人数規定はなく、大規模・小規模とも同じものを策定する。	同等の扱い

(出典：Loi n 2013-01 portant code foncier et domanial en République du Bénin 及び JICA 環境社会配慮ガイドライン、2010年4月)

2-2-5-5 本事業における用地取得方針

以下に本事業における用地取得方針を示す。

- ① 本プロジェクトでは、施設建設には「公用地」を選定することとし、計画を策定した。必要な土地は、井戸周辺（10m×10m 程度）および高架水槽の設置場所（25m×25m 程度）、配管布設である。
- ② プロジェクトで収用が必要となる場所の地点、収用すべき面積を明確にする。
- ③ 各コミューン（La mairie）への申請する。
- ④ 各コミューンに、特定した土地の収用を申請する。申請用紙等は各コミューンで入手する。
- ⑤ 各コミューンが書類と土地の確認を行い、ベナン国法に基づき手続きを行う。
- ⑥ 用地取得の許可を認可する。

上記の手続き終了後、コミューンは、用地取得の許可を事業者に発行する。用地取得手続きに関しては、SONEB が責任機関として、2016年1月末を目途に完了させる予定である。

2-2-6 道路及び鉄道用地への配管布設

2-2-6-1 国道を横断する配管布設

ベナン交通省道路局維持管理課にて国道を横断する配管布設工事における施工方法について協議を行った。確認事項は以下のとおりである。

- ① 配管布設前に交通省道路局維持管理部に施工方法の説明と図面を提出し施工許可を得る。

- ② アスファルト厚は50-70mm、道路基盤は400mm 確保する。配管の設置深度は700mm以上確保する。また、布設管はコンクリート巻により仕上げる。
- ③ 締固めは入念に行い、余盛を行う。
- ④ 横断箇所には目印の杭を設置し、配管目印用テープを埋設する。
- ⑤ 道路に沿った配管布設については、境界杭から1.5m 以内の位置に布設する。
- ⑥ 商店や家屋が道路用地内にある場合、商店や家屋を避けるのではなく用地内に布設する。
- ⑦ 道路の橋梁部分に配管を支持して施工する場合も施工方法と図面を提出し施工許可を得る。

2-2-6-2 鉄道用地への配管布設

ベナン交通省ベナン-ニジェール鉄道局維持管理課にて鉄道を横断する配管布設工事における施工方法について協議を行った。確認事項は以下のとおりである。

- ① 配管布設前に本課に施工リクエストレターを提出する。
- ② 鉄道横断箇所の施工はベナン-ニジェール鉄道局自身が行う。工事見積金額を提示し、支払いの確認後に施工が開始される
- ③ 管布設深度は1.5m 以上確保する。
- ④ 線路沿いの配管について、一応線路中心から両端15m までは鉄道所有者になっているが線路内の配管可能箇所について明確な基準はなく、ボイコン支局の維持管理担当者と現地を確認し、布設箇所を決定する。

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

3-1-1 上位目標

ベナン政府は、水セクターの上位計画である「貧困削減のための成長戦略（GPRS 2011～2015年）」及び「都市給水国家戦略（2006～2015年）」に基づき、国民の安全な水へのアクセス率を2015年までに都市部75.0%、農村部69.7%に改善する国家目標を掲げている。この中で本プロジェクトは、同国中南部に位置するコリーヌ県のグラズエ・コミューン及びダッサズメ・コミューンの中核都市であるグラズエ市及びダッサズメ市を対象に、給水量を増大させることで、安全な水にアクセスできる人口の増加を図り、もってベナンの上位目標である住民の生活環境、衛生状況の改善に寄与することとする。

3-1-2 プロジェクト目標

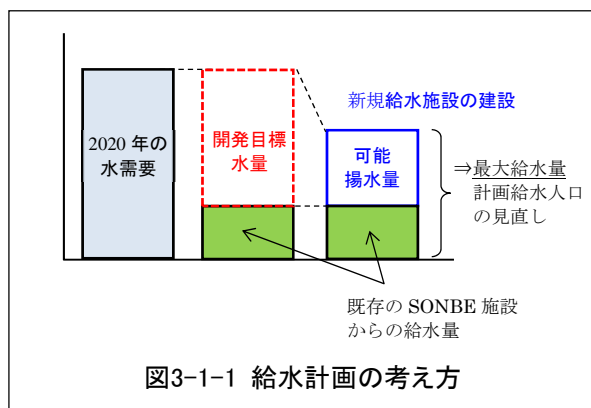
本プロジェクトは、グラズエ市及びダッサズメ市において、新規の水源開発や高架水槽、配管等の水道施設を建設することにより、対象サイトにおける取水量の増大を図り、もって、対象サイトにおける安全な水へのアクセスの向上に寄与することを目的とする。

3-1-3 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、給水施設の建設と機材の調達を行うとともに、同施設の運営・維持管理体制の整備を実施することとしている。これにより、本プロジェクトの対象サイトであるグラズエ市及びダッサズメ市の給水施設が整備されるとともに、適切な施設の運営・維持管理が行われることが期待される。この中において、協力対象事業は、給水施設の建設を、ベナン側は、給水栓接続用機材の調達と接続工事、運営・維持管理体制の整備を行うものとする。

グラズエ市とダッサズメ市の既存配水管網は、2009年に拡張工事が実施され、比較的新しい施設であるが、深井戸の能力低下によって水需要を満たすことができない。従って、協力対象事業では、SONEBの既存施設に追加して、水源能力の強化を中心とした新規施設の建設（取水施設、導水施設、送水施設、配水施設等）を実施するものとする。

計画施設の規模は、図3-1-1に示すとおり、目標年次（2020年）における人口や給水率、給水原単位等の計画諸元を基に算定される水需要から、SONEBの既存施設の給水能力を差し引いた水量（開発目標水量）を給水できる施設とする必要がある。しかし、本調査の結果、SONEBの



既存施設の給水能力に本調査で開発した試掘井の能力（可能揚水量）を加えても、目標年次の水需要量を満たすことができないことが明らかになっている。このため、協力対象事業では、本調査で開発された試掘井の可能揚水量を給水する施設の建設を行うものとする。本プロジェクトの事業計画と施設・機材計画を表3-1-1に示す。

表3-1-1 本プロジェクトの事業計画と施設・機材計画

項目	事業計画、施設・機材計画	
	グラズエ給水区	ダッサズメ給水区
1. 給水区域	・ Glazoué ・ Magoumi ・ Ouédémé ・ Zaffé ・ Kpakpaza	・ Dassa I ・ Dassa II ・ Kpingni
2. 目標年次	2020年 ・ 本プロジェクトの計画施設完工後3年として設定。	同左
3. 給水区域人口	32,224人 ・ 人口増加率2.81%（2002年19,568人→2014年27,288人）を用いて2020年の給水人口を推定。	32,487人 ・ 人口増加率1.58%（2002年24,500人→2014年29,571人）を用いて2020年の給水人口を推定。
4. 給水原単位	40リットル/人/日 ・ 当該給水区における現状の給水原単位（20.7リットル/人/日*）を全国平均（40リットル/人/日）まで引き上げる。	40リットル/人/日 ・ 当該給水区における現状の給水原単位（18.6リットル/人/日*）を全国平均（40リットル/人/日）まで引き上げる。
5. 水需要	2,014m ³ /日 ・ 給水区域人口32,224人、給水原単位40リットル/人/日、有効率80%、負荷率80%として計算。	2,030m ³ /日 ・ 給水区域人口32,487人、給水原単位40リットル/人/日、有効率80%、負荷率80%として計算。
6. 水源能力	SONEB 既存井 ・ FN5 2m ³ /時（掘替え） ・ SF4 4m ³ /時 ・ Ogoudako 6m ³ /時（掘替え） ・ Adjanou 3m ³ /時 JICA 試掘井 ・ 7-SE10 20m ³ /時 ・ 7-SE8 6m ³ /時 ※（掘替え）は本調査で掘替えを行った後の既存井の能力。	SONEB 既存井 ・ Ayedero 12m ³ /時（掘替え） ・ Loulé 6m ³ /時（掘替え） ・ Kpekoute 1m ³ /時 ・ Agbakossare 3m ³ /時 JICA 試掘井 ・ 3-SE4' 50m ³ /時 ・ 3-SE8 50m ³ /時 ※3-SE4'と3-SE8は約150mしか離れておらず、相互に干渉するため、1井ずつ交互に運転を行う。
7. 計画取水量	SONEB 既存井 240m ³ /日 JICA 試掘井 ¹ 416m ³ /日 合計 656m ³ /日 ・ 既存井、試掘井とも1日16時間運転として取水量を算定。	SONEB 既存井 352m ³ /日 JICA 試掘井 1,000m ³ /日 合計 1,352m ³ /日 ・ 既存井は1日16時間運転、試掘井は1日20時間運転（1井ずつ交互運転）とし

¹ ここでの計画取水量は施設設計基準であり、4章に記載しているプロジェクトによる定量的効果は、フッ素濃度をベナンにおける水質基準値（1.5mg/リットル）以下となるよう取水量を調整した取水量である。各井戸におけるポンプの運転時間は、プロジェクト実施中の水位・水質モニタリングを通じて決定するが、本調査完了時点における取水量として、グラズエ市 350 m³/日（7-SE8: 6m³/hr×5hr/日+7-SE10: 20 m³/hr×16hr/日）、ダッサズメ市 1,000 m³/日（3-SE4': 50m³/hr×14hr/日+3-SE8: 50 m³/hr×6hr/日）とした。ポンプの運転時間及びフッ素濃度等の詳細な計算結果は添付資料 11 を参照。

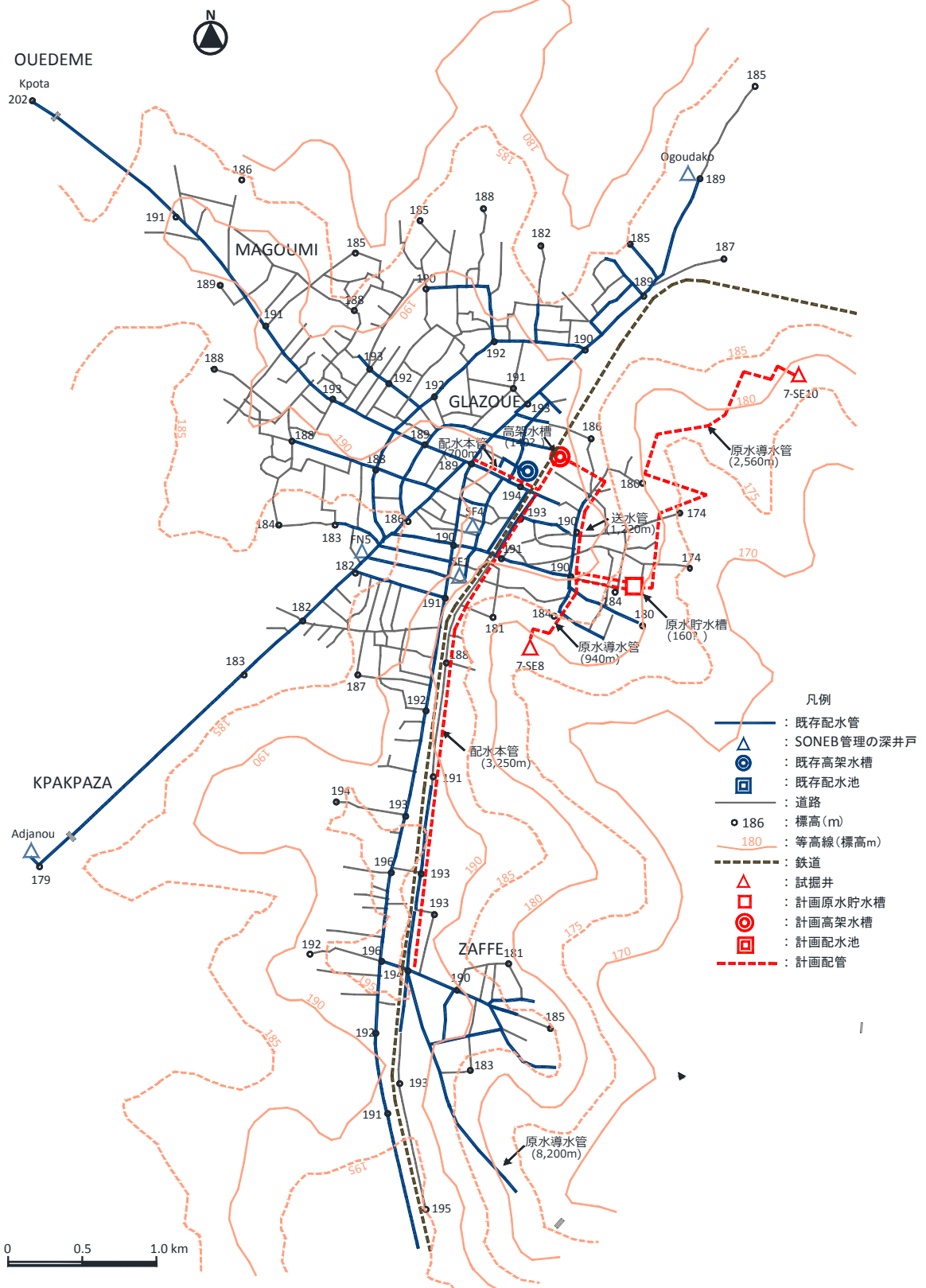
項目	事業計画、施設・機材計画	
	グラズエ給水区	ダッサズメ給水区
		て取水量を算定。
8. 給水人口	10,496 人 ・給水区域人口32,224人×（計画取水量656m ³ /日÷水需要2,014m ³ /日）として算定。	21,636 人 ・給水区域人口32,487人×（計画取水量1,352m ³ /日÷水需要2,030m ³ /日）として算定。
9. 給水率	32.6% ・給水人口10,496人÷給水区域人口32,224人×100として算定。	66.6% ・給水人口21,636人÷給水区域人口32,487人×100として算定。
10. 施設計画	<p>【水源施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 取水井（試掘井） 2本 井戸ポンプ 0.34m³/分×1台 0.10m³/分×1台 <p>【原水施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 原水導水管 φ150mm×2.07km φ75mm×1.01km 原水貯水槽 160m³×1池 <p>【消毒設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> 溶解槽（攪拌機付） 2基 注入設備 2台 <p>【送水施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 送水ポンプ 0.29m³/分×2台 送水管 φ150mm×1.34km <p>【配水施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 高架水槽（新設） 200m³×1基 配水本管 φ200mm×0.96km φ150mm×3.29km <p>【建屋】</p> <ul style="list-style-type: none"> 管理事務所 1棟 発電機室 3棟 消毒設備用シェード 1棟 	<p>【水源施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 取水井（試掘井） 2本 井戸ポンプ 0.84m³/分×2台 <p>【原水施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 原水導水管 φ150mm×0.37km 原水貯水槽 210m³×1池 <p>【消毒設備】</p> <ul style="list-style-type: none"> 溶解槽（攪拌機付） 2基 注入設備 2台 <p>【送水施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 送水ポンプ 0.46m³/分×2台 0.24m³/分×2台 送水管 φ200mm×3.57km φ150mm×3.66km <p>【配水施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 高架水槽（新設） 300m³×1基 配水池（既存） 114m³×1池 配水本管 φ150mm×1.06km φ200mm×2.39km <p>【建屋】</p> <ul style="list-style-type: none"> 管理事務所 1棟 発電機室 3棟 消毒設備用シェード 1棟
11. 機材計画	<p>【日本側調達】（実施設計時に調達する）</p> <ul style="list-style-type: none"> 水質分析機器（フッ素、pH、電気伝導度、硝酸、残留塩素測定用）各2台 水位計（固定式）4台、水位計（携帯式）2台 <p>【ベナン側調達】</p> <ul style="list-style-type: none"> 水道メーター 一式（新規接続給水栓用） 給水管用配管材 一式（同上） 	

*：グラズエ市；20.7リットル/人/日（=240m³/日÷（既存772栓×12人/栓）×有効率0.8×1,000）

ダッサズメ市；18.6リットル/人/日（=352m³/日÷（既存1,260栓×12人/栓）×有効率0.8×1,000）

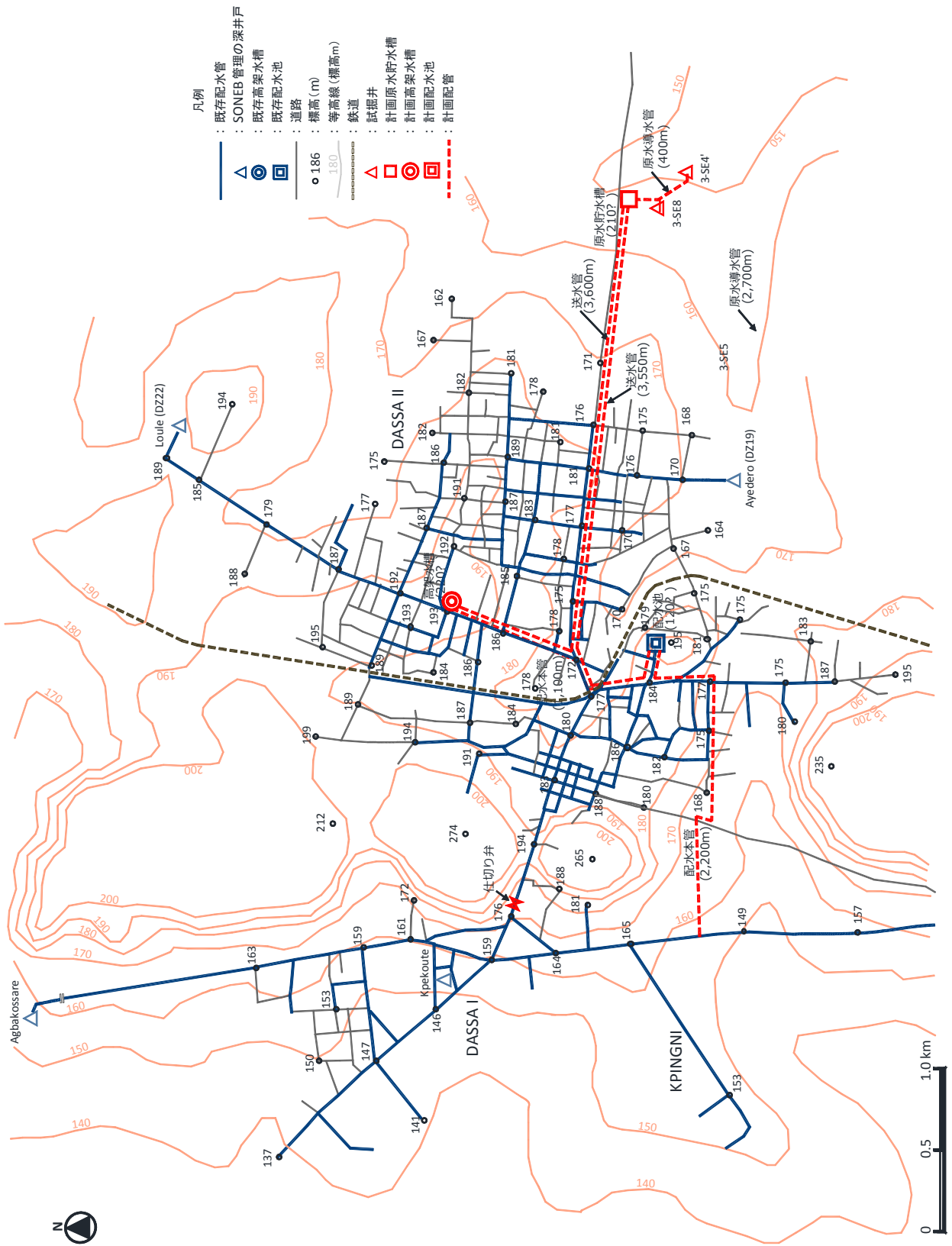
（出典：調査団作成）

グラズエ給水区とダッサズメ給水区の給水施設全体配置図をそれぞれ図3-1-2、図3-1-3に示す。



(出典：調査団作成)

図 3-1-2 グラズエ給水区給水施設全体配置図



(出典：調査団作成)

図 3-1-3 ダッサズメ給水区給水施設全体配置図

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 基本方針

本プロジェクトでは、要請に基づき、深井戸の地下水を水源とする給水システムを建設する。取水した地下水は、塩素消毒を行った後、高架水槽あるいは配水池に一旦貯留し、自然流下で配水する。住民へは各戸給水栓（水道メーター付）によって給水する。

無償資金協力による協力対象事業では、上記の給水施設の建設を行う。一方、①給水栓接続用機材の調達と接続工事、②建設される給水施設の運営・維持管理に必要な体制の整備はベナン側の責任と費用負担によって行われるものとする。

協力対象事業で実施する給水施設の工事は、本邦請負業者が行うものとし、現地技術者や作業員の雇用等により限られた投入で最大限の効果が得られる実施体制とする。同施設の施工監理は、本邦コンサルタントが実施し、協力対象事業に係る品質監理や工程監理等を行う。

3-2-1-2 自然環境条件に対する方針

(1) 気象条件

ベナンの国道及び主要な幹線道路は舗装されており、雨季でも大型車両の通行は可能である。一方、対象サイトの市街地の道路は未舗装道路が多く、雨季は資機材の運搬や配管工事のトレンチ掘削等の作業効率に影響を及ぼすことになる。このため、特に降雨量が大きくなる6月～9月にかけての施工計画や工程計画については、当該地域の特性を十分に反映したものとする。

(2) 地質条件

本プロジェクトの対象サイトであるグラズエ市、ダッサズメ市及びその周辺地域の地質は、主に先カンブリア時代の片麻岩類からなり、西側には幅約5kmの火山岩類が南北に分布している。平坦な丘陵地では岩盤の風化が進み、表層には数メートルの土壌化した風化層が形成され、植生に覆われている。一方、残丘は新鮮な岩盤が露出している。

グラズエ市及びダッサズメ市に建設する本プロジェクトの高架水槽の建設予定地点で行ったボーリング調査の結果、1～2mの深さでN値30程度の砂礫層が確認されている。一方、建設する高架水槽の荷重は200kN/m²以下であることから、基礎形式はこれらの砂礫層を支持層とする直接基礎として計画する。配管のためのトレンチ掘削は、配管ルート踏査及び掘削調査の結果、表層近くまで基盤岩が広がっており、露頭が確認できる場所も少なくないことから、岩掘削が必要になる。施工計画では、適切な岩掘削の施工機械を選定するとともに工事費の積算に反映させる。また、本プロジェクトで布設する配管の管種について

は、当該地域の地質状況を勘案すると、所定の埋設深度を確保できないことも考えられるため、外部からの荷重や衝撃に対して耐久性の高いダクタイル鉄管（Ductile Cast Iron Pipe : DCIP）を使用する。

（３）水理地質条件

本調査で開発した試掘井や SONEB の既存井の地下水は、岩盤の風化帯に賦存する不圧地下水である。このため、連続的に地下水を揚水すると、地下水位は下がり続け、被圧地下水の場合のような一定の揚水量と地下水位でバランスすることはない。このため、これらの井戸から持続的且つ安定的に取水するためには、地下水位を回復させるための運転休止時間を取る必要がある。本プロジェクトでは、本調査で実施した揚水試験の結果を基に、各井戸に適切な運転休止時間を設定し、計画揚水量を算定する。

対象サイトの地下水資源は乏しく、乾季には枯渇する井戸も散見されることから、本プロジェクトの取水井を持続的に使用するためには、揚水量と地下水位のモニタリングを継続的に実施し、得られたデータを井戸の運転管理にフィードバックする必要がある。このため、本プロジェクトの取水井には、流量計と地下水位を観測するための機器を設置する。また、取水井から数メートルの地点に地下水位観測井を設け、ここにも地下水観測機器を設置し、地下水位を観測する。

これら地下水観測井及び地下水位観測機器の設置は詳細設計時に実施し、流量計の設置は施設の施工時に行うものとする。地下水位観測井は口径4インチのPVCケーシングパイプ仕上げ、井戸深度は対応する取水井と同程度とし、各取水井に対して、1つの観測井を設けることとする。流量については、施工業者が施設に据え付けた流量計を用いて測定を行うため、特に追加すべき機器は必要としない。地下水観測器については、水圧検知型のセンサーを井戸に据え付け、定時で自動測定、データ記録のできるロガーを外部に据え付ける。ロガーとバッテリーは、盗難防止のため、鉄製の観測箱に収納する。また、必要に応じて近隣の井戸の地下水位を測定できるように、手測りの水位計（100m）をグラズエ市及びダッサズメ市の両 SONEB 事務所に準備する。ロガーで収集した地下水位のデータは、コンピュータで処理することから、ダッサズメ市の SONEB 事務所にコンピュータとプリンタを準備する。

（４）水質条件

本調査で実施した水質分析の結果、新規に開発した試掘井の一部から、ベナンの水質基準（1.5mg/リットル）を超えるフッ素が検出されている。本来であれば、基準値を超えるフッ素が検出された井戸については使用を控えるべきであるが、深刻な水不足の状況にある対象サイトにおいて、より多くの水源を確保するため、基準値を超える井戸についても、他の井戸の地下水と混合してフッ素濃度を基準値以下に希釈できる場合には、本プロジェクトの取水井として使用する。

また、本調査では、現地調査期間中に水質分析を一度しか実施していない。しかしなが

ら、フッ素濃度は雨季・乾季の地下水位や水量による変動、あるいは経年変化があるものと考えられることから、本プロジェクトの詳細設計や実施段階においても、継続的に水質分析を実施し、地下水源の混合・希釈後のフッ素濃度が基準値を超えないように、各井戸からの取水量を適宜、計画に反映させる。なお、本調査の段階では、今後の水質分析やモニタリングの結果に対応できるよう、試掘井の水源能力に基づいて給水施設の設計を行うものとする。

なお、グラズエ市及びダッサズメ市の SONEB の事務所は、水質分析機を保有しておらず、水質を分析する際には、サベ市にある SONEB の水質分析所に依頼する必要がある。しかしながら、本調査により、留意すべき水質項目は明らかになっており、また項目数も限られていることから、ダッサズメ市の SONEB 支局に特定項目を分析できる水質分析機を準備するものとする。水質のモニタリングは詳細設計調査時から開始する事から、水質分析機は詳細設計の初期段階に準備しておく。測定項目は、フッ素濃度、硝酸濃度、pH、電気伝導度の4項目とし、全てハンディタイプの測定器とする。

3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

対象サイトには SONEB の給水施設があるものの、現在の給水率は20%未満であると推定される。このため、住民の多くはハンドポンプ付き井戸や不衛生な浅井戸、天水溜め等を利用しており、下痢、チフス、赤痢、コレラ等の水因性疾患が日常的に発生している。

現地調査時に実施したアンケート調査では、SONEB の水道料金に関して、90%以上の住民が「高い」あるいは「高すぎる」と回答しているが、住民が日常的に民間の水売りから購入している水の値段は、25リットルのコンテナ1個あたり25 CFA (=約5円)であり、現行の SONEB の料金水準と同程度である。

一方、上記のように SONEB の水道料金は高いとしているにも関わらず、SONEB の配水管網への接続を希望する住民は、グラズエ市で95%、ダッサズメ市で82%と非常に高い水準にある。従って、SONEB の水道料金に係る適切な説明を通じて、住民の理解を得ることで、本プロジェクトの実施で増加する給水量に見合った水需要はあると判断する。また、SONEB の給水サービス（給水量、水質、水圧、給水時間等）が改善することで、当該地域の経済の発展と公衆衛生の改善に大きく貢献できるものと考えられる。

3-2-1-4 建設事情／調達事情に対する方針

(1) 関連法規、基準・規格

ベナンでは、施工に係る関連法規や設計に係る基準・規格は未だ整備の途上にある。このため、同国では道路管理者や鉄道管理者が定める独自の規則や ISO 等の国際的な基準・規格が使用されている。従って、本プロジェクトでは、ベナンに関連法規や規則がある場合にはそれを尊重しつつ、原則として ISO 等の国際標準規格や同基準に準拠した我が国の基準・規格（JIS 等）に沿って、施設の設計、資機材の調達及び施工を行うものとする。

(2) 資機材調達の難易

本プロジェクトの主要な建設資機材は、セメント、鉄筋、配管材（ダクタイル鋳鉄管、鋼管、弁類等）、井戸用水中ポンプ、送水ポンプ、発電機、消毒設備等である。これらの資機材の内、セメント、鉄筋に関しては輸入品ではあるが、現地のマーケットで容易に入手可能である。一方、配管材やポンプ、発電機、消毒設備等の機械設備については、ベナン内で製造されておらず、代理店もないため、同国内での調達は困難である。このため、本プロジェクトでは、セメントと鉄筋以外の工事中資機材、ポンプ、発電機、消毒設備等は、本邦あるいは第三国からの調達を検討する。

(3) 労働力の水準

ベナンでは、現場経験が豊富で技術能力の高い技術者（エンジニア）は少ない。また、専門的な技能を持つ作業員（大工、鉄筋工、配管工、機械工等）についても、十分な技能を持つ作業員を雇用するのは難しい状況にある。このため、本プロジェクトでは、現地の技術者や作業員のみでは、不足する技術面を補い、我が国の無償資金協力で建設する施設としてふさわしい品質を確保するためにも、本邦請負業者の技術者や日本人技能工を現地に派遣して、工事を実施する。また、事業費の積算では、上記の労働力の水準を勘案して、歩掛りの割増し等の調整を行うものとする。

3-2-1-5 現地業者の活用に対する方針

ベナン内には、SONEB あるいは DG Eau が管轄する都市水道施設や小規模給水施設（レベル2）の建設を請負う水道関連工事の業者が数社ある。当該業者からの聞き取り調査の結果、ベナン国内はもとより、周辺国での実績も数多く有しており、中小規模の水道施設の建設であれば、十分な経験と技術があると判断する。また、我が国の無償資金協力事業での施工実績もあり、保有機材等の面からも本プロジェクトでの積極的な活用を図る。

3-2-1-6 運営・維持管理に対する対応方針

(1) 運営・維持管理組織

本プロジェクトで建設される給水施設の運営・維持管理は、SONEB 本部及び DRAB の監督の下、ダッサズメ支局及びグラズエ支局が行う。本プロジェクトでは、既存の給水施設に追加して、取水井や原水貯水槽、高架水槽等が建設されること、更には24時間の給水サービスを予定していることから、オペレーター等の技術職員の増員が必要になる。また、接続される水道メーターの増加に伴って、検針員等の事務職員の増員も必要になる。

SONEB は、採算面で1,000箇所の給水栓当たり4人の職員（検針員は一人で1,500栓を担当）が適切な要員配置としているが、本プロジェクトでは、ソフトコンポーネントで検討される給水施設の運営・維持管理計画に基づき、適切な運営・維持管理組織と要員配置を提案する。なお、必要な要員の雇用については、SONEB 本部の責任で実施されることになる。

(2) 初期操作・運用指導

本プロジェクトにおいて、本邦請負業者が調達し、据え付けを行うポンプ設備や消毒設備、非常用発電機等の機器単体の操作方法については、竣工時に請負業者の技術者がベナン側（SONEB 本部のエンジニア及びダッサズメ支所、グラズエ支部の職員）に指導を行うものとする。

一方、給水システム全体の運用については、施設の引渡し前に1カ月程度、本邦コンサルタントによる指導を行うものとする。また、本プロジェクトの取水井から年間を通じて安定的に地下水を取水するためには、地下水位のモニタリングを実施し、収集したデータを井戸の運転管理に反映させる必要がある。このような地下水観測体制は、詳細設計時に取水井の揚水試験を行う事から、これに併せて、詳細設計時に行う事とする。また、地下水位観測データの収集、処理、運用についても、詳細設計時からソフトコンポーネント実施期間中にかけて、SONEB 職員に随時、指導を施すものとする。

他方、本プロジェクトが実施されることにより、給水施設の給水能力は現在の約3倍に増加する。安全な水の利用を促進するという観点から、この増加した給水能力を活かし、給水栓の接続数を増やす必要がある。そのため、不衛生な浅井戸や天水溜めの利用を止めて、SONEB の水道施設を存分に利用して貰うために、住民に対する広報活動や衛生教育等の啓発活動を実施するものとする。これにより、SONEB との水道契約戸数を増やし、運営面においても、安定した収益につなげ、持続性の高い給水事業の確立に寄与させる。

上記の技術面及び運営面に関する SONEB 職員への指導や住民へ啓発活動等については、無償資金協力事業の「ソフトコンポーネント」として計画し、SONEB 職員への支援を行うものとする。

3-2-1-7 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

本プロジェクトで建設する給水施設や調達する機材は、以下の条件に合致したグレードとする。

- ① 対象サイトの気象条件下において、十分な耐久性を有すること。
- ② 本邦請負業者の技術者の指導・管理の下において、ベナンの技術者や作業員で施工可能な工法や仕様であること。
- ③ SONEB 職員の有する知識やスキルにより、運転・維持管理ができること。
- ④ 給水サービスの質（水量、水質、水圧、給水時間等）に関して、住民がその利便性を十分に認識でき、水道料金の支払いに合意できること。
- ⑤ 運転・維持管理の費用が安く且つ住民が支払い可能な料金水準により、給水サービスが提供できること。

3-2-1-8 工法／調達方法、工期に係る方針

(1) 工法／調達方法に係る方針

本プロジェクトの施工では、特殊な工法は採用せず、現地の建設事情や技術レベルを勘案して、一般的な建設機械と人力の併用によって、工事を行うものとする。また、現地の技術者や作業員、資機材を最大限に活用できる方法とし、雇用機会の創出を図るものとする。特に、高架水槽の建設に関しては、SONEB側よりベナン国内で広く採用されている標準設計のコンクリート製高架水槽を採用して欲しいとの要望があり、同タイプの高架水槽の建設に豊富な経験を有する現地業者をサブコントラクターとして、活用することも検討する。

(2) 工期の設定に係る方針

本プロジェクトの工事は、原水貯水槽、高架水槽等のコンクリート工事、配水管の布設工事及び事務所兼宿舍や発電機室等の建築工事から成る。本プロジェクトの工期の設定に当たっては、休日や降雨日等を勘案した作業休止係数、各種工事の1日当り施工量や適切な編成数を勘案して必要工期を算定し、その中のクリティカルパスに基づいて工期の設定を行うものとする。

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 全体計画

本プロジェクトに係るベナン側要請内容及び現地調査時に調査団とベナン側で協議し、合意された内容を基に、現地踏査、自然条件調査（既存井戸調査、物理探査、試掘調査、地盤調査、水質調査、地形測量）、社会条件調査等で得られたデータや情報の解析等を通じて、本プロジェクトの目的を達成するための最適且つ合理的な事業計画、施設・機材計画を策定した。同計画については、表3-1-1に示したとおりである。

施設計画、機材の詳細、要請内容からの変更理由、代替案の検討経緯等については次項で詳述する。

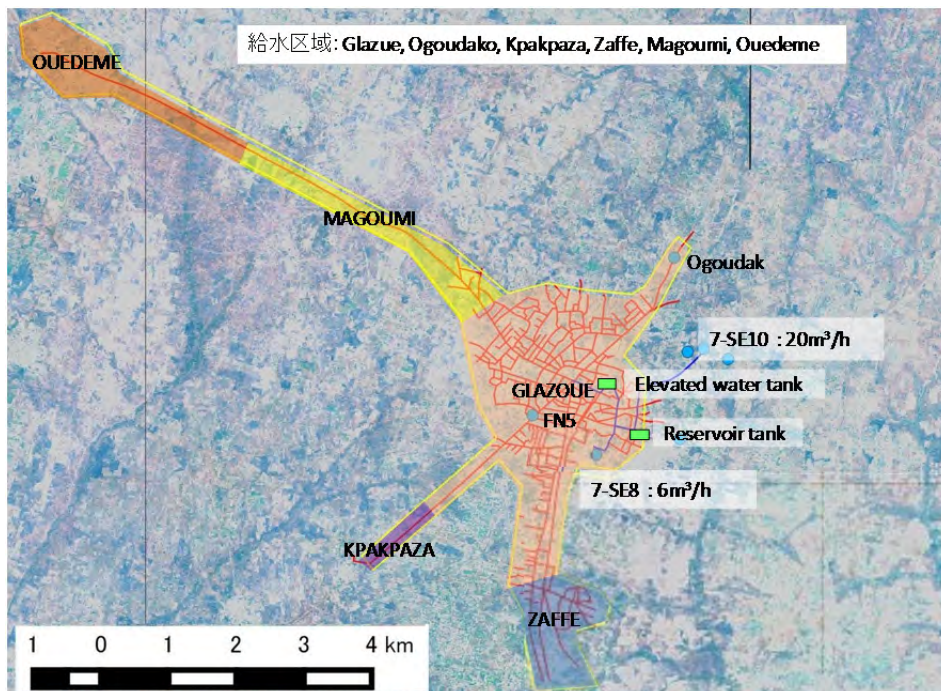
3-2-2-2 施設計画

(1) 基本計画

本プロジェクトの基本計画は、現地調査時に「協議議事録」あるいは「テクニカルノート」でベナン側と調査団の間で確認、合意した内容に従って以下のとおりとする。

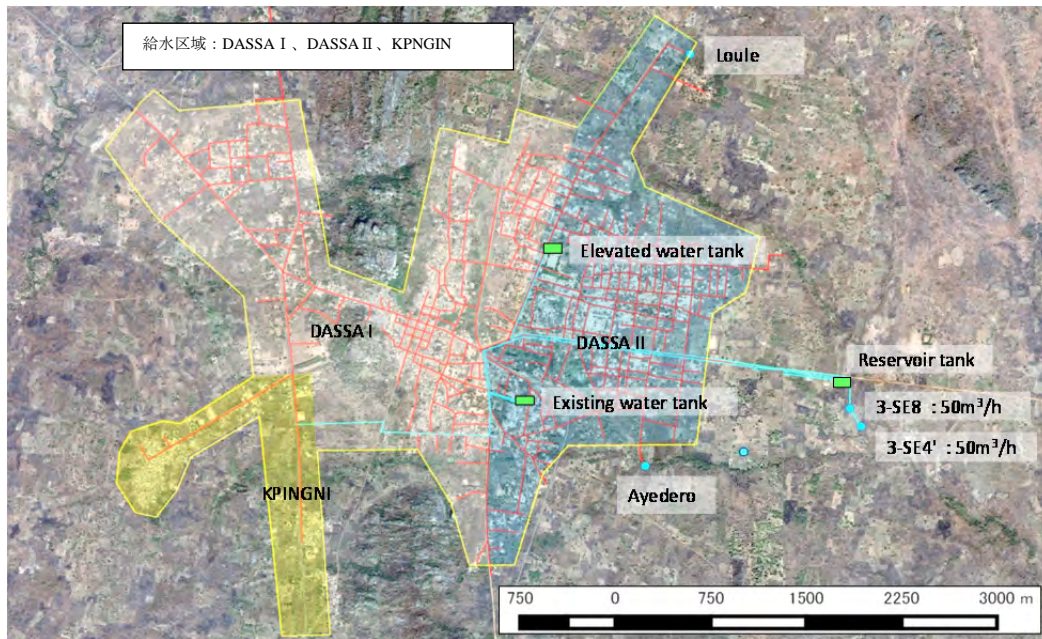
1) 給水区域

本プロジェクトの計画給水区域は、現在、SONEB の給水施設によって給水されているグラズエ市、ダッサズメ市及びその周辺地域とする。それぞれの給水区には以下の地域 (Arrondissement) を含む。



(出典：調査団作成)

図 3-2-1 グラズエ給水地区境界図



(出典：調査団作成)

図 3-2-2 ダッサズメ給水地区境界図

2) 目標年次と人口

本プロジェクトの計画目標年次は2020年（竣工後3年）とする。目標年次における計画給水区域の人口は、2002年及び2014年のセンサスの結果を基に推定すると下表のようになる。

表3-2-1 計画給水区域の人口推定(人)

給水地区	2002年	2014年	2020年	備考
グラズエ給水区	19,568	27,288	32,224	人口増加率：年2.81%
ダッサズメ給水区	24,500	29,571	32,487	人口増加率：年1.58%
合計	44,068	56,859	64,711	

計算式 $P=Po \times (1+r)^n$ P:当該年人口、Po:基準年人口、r:人口増加率、n:年数

(出典：調査団作成)

3) 給水原単位

SONEB の年次報告書の販売水量の実績から推定した給水原単位を表3-2-3に示す。同表より、SONEB が給水するベナン内の都市の平均給水原単位は、39.4リットル/人/日（2012年と2013年の平均）である。地方局別に見ると、コトヌー地方局の給水原単位は43リットル/人/日と他の地方局に比べて大きいものの、本プロジェクトの対象サイトのグラズエ市及びダッサズメ市を管轄する DRAB を除いた他の地方局の給水原単位も35～40リットル/人/日であり、DRAB だけが28リットル/人/日（全国平均の約70%）と低い水準にある。これは、同地方局が基盤岩地帯で地下水の開発が難しい地域を管轄しているためだと考えられる。

一方、ベナンの設計基準（2000年に GTZ の協力で作成）の給水原単位は24～30リットル/人/日（十分な水源が開発できる計画の場合）、同国の水資源開発に係る政策（Vision Nationale de L'Eau en l'An 2025, Déc. 1999 : Vision 2025）による都市部の給水原単位は100リットル/人/日

(2020年の目標値)としている。この内、ベナンの設計基準は、同基準が作成されたのが14年も前であることや上記の SONEB の実績値を下回っており、実態に合っていないものと思われる。また、Vision 2025の値については、政策的な目標を示すものであり、実際の施設建設に使用する原単位としては過大であると判断する。

本プロジェクトの給水原単位は、本プロジェクトが2020年までの短期間の計画であることや DRAB のみが他の地方局に比べて給水原単位が小さいことを勘案して、同地方局が全国レベルの給水原単位にキャッチアップできる程度の水量 (=40リットル/人/日) が妥当であると判断する。

表3-2-2 SONEB の地方局別の販売水量と給水原単位

地方局	2012年		2013年	
	年間販売水量 (m ³)	給水原単位 (リットル/人/日)	年間販売水量 (m ³)	給水原単位 (リットル/人/日)
Cotonou	21,601,063 (110,276)	44.6	21,252,923 (116,426)	41.6
Porto Novo	3,931,621 (27,532)	32.5	4,105,374 (29,124)	32.1
Lakossa	1,425,764 (9,019)	36.0	1,494,982 (9,530)	35.7
Abomey-Bohicon	1,916,343 (15,887)	27.5	2,065,484 (16,887)	27.9
Parakou	2,626,466 (15,407)	38.8	2,811,306 (16,366)	39.1
Natitingou	1,079,260 (6,090)	40.4	1,151,005 (6,481)	40.4
合計	32,580,517 (184,211)	40.3	32,881,074 (194,814)	38.5

(注) 年間販売水量下段の () 内は給水栓数。給水原単位は1栓当たり利用者12人として算定。
(出典：調査団作成)

4) その他の諸元

① 負荷率

ベナンの設計基準では、水需要の季節変動である負荷率を0.80～0.83とするように規定している。グラズエ市とダッサズメ市の配水実績 (図2-1-4参照) から、各市の年平均配水量と配水量の最大値を比較すると、年平均に対してピーク月は1.25倍程度の配水量となっていることから、本プロジェクトの負荷率としては0.80を採用する。

② 時間係数

ベナンの設計基準では、時間係数は1.80を採用することになっている。人口規模が数万人であり、且つ比較的生活様式が同様な地方都市では、少し小さい値であると考えられるが、対象サイトの主な給水方法が Yard Tap であり、朝夕の需要ピーク時であっても、汲み置き水を利用することで、ピークが抑制されるものと判断し、本プロジェクトの時間係数は同

国の基準の1.80を採用する。

③ 非家庭用水

SONEBの給水原単位を基に検討した本プロジェクトの計画給水原単位(=40リットル/人/日)は、商工業用や官公庁等の非家庭用水を含んだ水量であることから、本プロジェクトの給水量の算定においては、非家庭用水の割増は行わないものとする。

④ 有効率

ベナンの設計基準では、有効率を0.80以下とするように規定している。グラズエ市及びダッサズメ市の有効率の実績(SONEBの運転管理記録の2014年1月～7月までの配水量と有効収水量から算定)は、両市とも約73%と比較的高い。同値には水道メーターの不感水量や未収水量などの無収有効水量として、5～10%が含まれるものとするれば、本プロジェクトの有効率にベナンの基準である0.80を採用することは、妥当であると判断する。

5) 水需要

上記で検討した計画目標年次における給水区域の人口、給水原単位、負荷率、有効率から対象サイトの水需要を算定すると下表のようになる。同水量は、本プロジェクトの計画給水区域の全人口(給水率100%)に給水する場合に必要な水量である。

表3-2-3 対象サイトの水需要

項目	グラズエ給水区	ダッサズメ給水区	備考
(1) 給水区域人口 (人)	32,224	32,487	2020年
(2) 給水原単位 (リットル/人/日)	40	40	
(3) 一日平均水使用量 (m ³ /日)	1,289	1,299	(1)×(2)÷1000
(4) 一日平均給水量 (m ³ /日)	1,611	1,624	(3)÷0.80
(5) 一日最大給水量 (m ³ /日)	2,014	2,030	(4)÷0.80

(出典：調査団作成)

6) 水源能力

対象サイトにおいて、年間を通じて最も水需要の多い時期は、乾季後半の3月から雨季の始まる5月の最も気温の高い時期であると推定される。一方、この時期は地下水位が最も低下する時期であり、水道用水源を確保するのが最も困難な時期となる。同時期におけるSONEBの既存井及び本調査で開発した試掘井の能力は下表のとおりである。

表3-2-4 既存井及び試掘井の水源能力

区分	グラズエ給水区		ダッサズメ給水区		備考
SONEB 既存井	FN5*	2m ³ /時	Ayadero*	12m ³ /時	乾季後半の能力
	SF4	4m ³ /時	Loulé*	6m ³ /時	
	Ogoudako*	6m ³ /時	Kpekoute	1m ³ /時	
	Adjanou	3m ³ /時	Agbakossare	3m ³ /時	
	計	15m ³ /時	計	22m ³ /時	

区分	グラズエ給水区		ダッサズメ給水区		備考
JICA 試掘井	7-SE10	20m ³ /時	3-SE4'	50m ³ /時	3-SE4' と 3-SE8 は交互運 転。
	7-SE8	6m ³ /時	3-SE8	50m ³ /時	
	計	26m ³ /時	計	50m ³ /時	

*：本調査で掘替えを実施した既存井。

(出典：調査団作成)

上記の試掘井の内、3-SE4' と 3-SE8 はともに 50m³/時の大きな能力を有する井戸であるが、これら 2本の井戸の間隔は 150m しかなく、相互に干渉することが本調査で実施した揚水試験で確認されている²。このため、2本の井戸を同時に運転するのは難しく、1本ずつ交互に運転する必要があるため、これらの井戸は水源能力 50m³/時の井戸 1本として取り扱う。

7) 計画取水量

当該地域の地下水は、地下水の供給量が少ない不圧地下水であるため、井戸の運転に当っては一定時間運転の後、地下水位を回復させるための運転休止時間が必要となる。揚水試験結果によると、本調査の試掘井では一日 16時間運転（運転休止時間 8時間）が可能であり、また 3-SE4' と 3-SE8 については、交互運転を行う事により、一日 20時間運転（運転休止時間 4時間）が可能であることが明らかになったため、これらの井戸については 20時間運転を行うものとする。上記の井戸の運転時間を基に算定した本プロジェクトの計画取水量を表 3-2-5 に示す。なお、実際の運転時間に関しては、施設完工後の運転を通して、「3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画」の活動を含め、調整を行うものとする。

表 3-2-5 本プロジェクトの計画取水量

	グラズエ給水区	ダッサズメ給水区
SONEB 既存井	15m ³ /時×16時間/日 = 240m ³ /日	22m ³ /時×16時間/日 = 352 m ³ /日
JICA 試掘井	26m ³ /時×16時間/日 = 416 m ³ /日	50m ³ /時×20時間/日 = 1,000m ³ /日
合計	656m ³ /日	1,352m ³ /日

8) 給水人口と給水率

上記で検討した目標年次の給水区域人口、水需要及び計画取水量から、本プロジェクトの給水人口と給水率は表 3-2-6 のようになる。

表 3-2-6 目標年次(2020年)の給水人口と給水率

	グラズエ給水区	ダッサズメ給水区	備考
(1) 給水区域人口 (人)	32,224	32,487	2020年の人口
(2) 水需要 (m ³ /日)	2,014	2,030	一日最大給水量
(3) 取水量 (m ³ /日)	656	1,352	既存井 + 試掘井
(4) 給水人口 (人)	10,496	21,636	= (1)×(3)÷(2)
(5) 給水率 (%)	32.6	66.6	= (4)÷(1)×100

(出典：調査団作成)

² 3-SE8 の主な出水深度が 90m 付近にあり、3-SE4' の出水深度と明らかに違ったため、つながっていない風化帯であると判断し、掘削を行ったが、結果的に両井の風化帯はつながっており、相互に干渉することが明らかになった。

同様の手法で基準年（2014年）の給水人口と給水率を算定すると下表のようになる。

表3-2-7 基準年(2014年)の給水人口と給水率

	グラズエ給水区	ダッサズメ給水区	備考
(1) 給水区域人口 (人)	27,288	29,571	2014年の人口
(2) 水需要* (m ³ /日)	1,706	1,848	一日最大給水量
(3) 取水量 (m ³ /日)	240	352	既存井
(4) 給水人口 (人)	3,840	5,600	= (1)×(3)÷(2)
(5) 給水率 (%)	14	19	= (4)÷(1)×100

*：給水原単位 40 リットル/人/日、負荷率 0.80、有効率 0.80 として算定。

(出典：調査団作成)

9) 給水方法

本プロジェクトは、SONEB の既存施設に追加して、主に水源施設（井戸）や高架水槽等の建設を行い、給水能力の増強を図るものである。本プロジェクトの施設が完成後、SONEB の既存施設は、本プロジェクトで新設する給水施設を補完する施設として、現在と同様に運転を行う。

本プロジェクトの水源である試掘井は、運転休止時間を取って、間欠的な運転を行う必要があるため、時間帯によって、井戸からの取水量が異なってくる。また、高架水槽あるいは配水池から市街地への配水についても、水需要の大きい朝夕やほとんど水需要のない夜間など、時間帯によって、配水量が大きく変動する。本プロジェクトでは、このような取水量の違いや配水量の変動を調節するため、井戸からの取水量と高架水槽等への送水量を調節する原水貯水槽や送水量と配水量を調整する高架水槽あるいは配水池を設ける。

本プロジェクトでは、複数の試掘井から取水した地下水を原水貯水槽まで揚水し、一旦貯水する。原水貯水槽で塩素消毒を施した後、同貯水槽に併設する送水ポンプで、高架水槽あるいは配水池まで送水する。高架水槽あるいは配水池から市街地への配水は、新設する配水管を經由して、既存配水管に接続し、自然流下で行う。施設の配置計画に基づいて、配水管網の水理解析を実施し、流下能力の不足する区間については、既存の配水管に平行して、配水本管を増設するなどの対策を取り、所定の給水圧を確保する。

本プロジェクトでは、24時間給水を原則とする。住民は SONEB との契約に基づいて、各戸水栓から給水を受ける。なお、本プロジェクト実施後の給水量の増加に伴う新規給水栓の接続工事（サドル分水栓、給水管、止水栓、水道メーター、蛇口等）や計画給水区域内の配水管の延長工事等は、ベナン側の負担工事として実施する。

10) 施設配置計画

本プロジェクトで建設する主要な給水施設は、図3-1-2及び図3-1-3に示すように、既存配水管網を活用する方針であるため、主要な給水施設は、給水量を確保するための新規の水源施設（井戸）、送水管、高架水槽あるいは配水池及び配水本管で構成されることになる。

以下の2つのケースについて比較検討を行った。

代替案1： グラズエ市及びダッサズメ市の中間地点に大きな水槽を設けて、両市に送水する方法。

代替案2： グラズエ市及びダッサズメ市にそれぞれ水槽を設けて、送水する方法。

一般に水道の施設計画では、事業費に占める水の輸送システム（ポンプ設備や配管）の建設費が最も大きいため、需要地のなるべく近くで水源を開発する代替案2が有利となるが、水源が需要地から離れた地点であっても豊富で良質な地下水が開発できる場合には、代替案1を選択することも考えられる。上記の計画上の比較を表3-2-8に、同代替案の概要図を次ページの図3-2-3及び図3-2-4に示す。

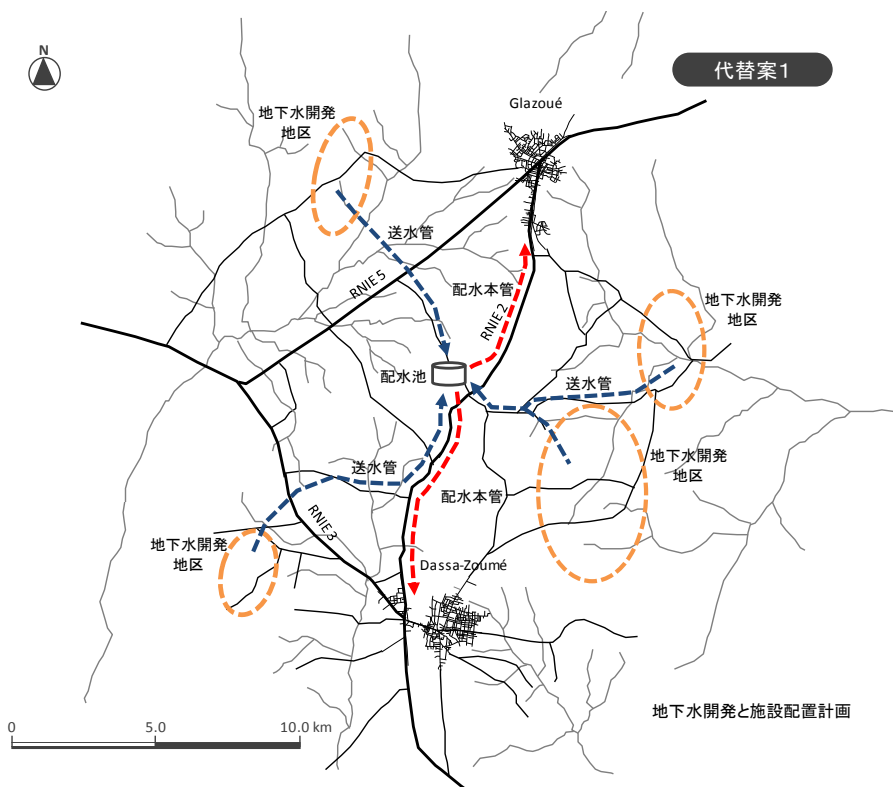
表3-2-8 新規給水施設の建設に係る代替案の比較

	代替案 1	代替案 2
計画概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ グラズエ市及びダッサズメ市から距離のある地下水ポテンシャルが高いとされている地点で深井戸を開発する。 ・ 上記の深井戸から取水した地下水を国道 2 号線沿いで、両市の中間点にある丘の上（SONEB の補完的 F/S 調査で提案されている地点）に建設する配水池に送水する。 ・ 同配水池から各市まで配水本管を布設して配水する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ グラズエ市とダッサズメ市の近くで深井戸を開発する。 ・ 上記の深井戸から取水した地下水を各市の市内に建設する高架水槽あるいは配水池に送水する。 ・ 同高架水槽あるいは配水池から市内に配水本管を布設して配水する。

（出典：調査団作成）

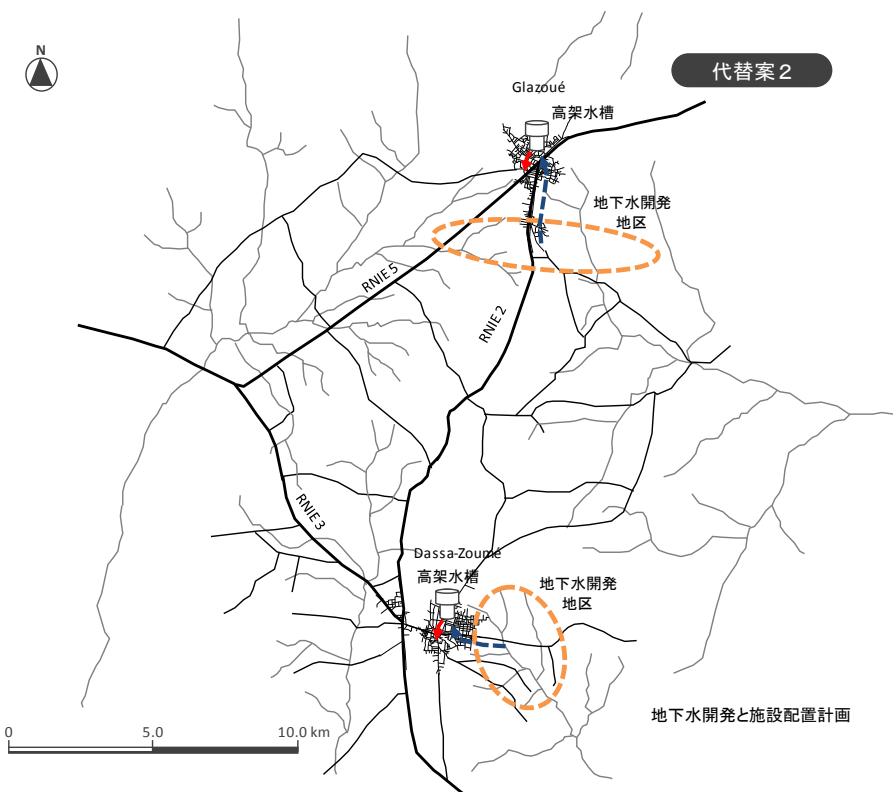
本調査における試掘の結果、良好な地下水水源がグラズエ及びダッサズメ需要地の付近に見出されたので、本プロジェクトでは建設費が安価となる代替案2を採用する。

上記の検討結果に基づくグラズエ給水区とダッサズメ給水区の給水施設（取水井、原水導水管、原水貯水槽、送水管、高架水槽、配水本管、配水管等）の全体配置計画は、前述の図3-1-2と図3-1-3に示す。



(出典：調査団作成)

図3-2-3 地下水開発地区と施設配置計画(代替案1)



(出典：調査団作成)

図3-2-4 地下水開発地区と施設配置計画(代替案2)

(2) 概略設計

本プロジェクトの水道施設の概略設計に当たり、ベナン側に標準設計のある施設については、その妥当性を検討の上、標準設計を準用する。それ以外の施設については、「水道施設設計指針・解説（日本水道協会、2000年）」、「水道事業実務必携（全国簡易水道協議会、平成27年度版）」等の関連する設計基準に準拠した設計を行う。また、資機材の仕様については、JIS（日本工業規格）もしくはISO（国際標準化機構規格）に合致したものを選定する。

本プロジェクトで建設する給水施設の設計条件及び規模は、以下のとおりである。

<グラズエ給水区>

1) 取水井

本調査で開発した2本の試掘井（7-SE8及び7-SE10）を新規の水源として、給水施設の建設を行う。同試掘井の概要は、以下のとおりである。

① 試掘井 7-SE8

【施設規模】

- ・井戸能力 6m³/時（1日16時間運転）
- ・井戸口径 176mm（=7インチ）
- ・井戸深度 GL-84.3m
- ・掘削口径 200mm（=8インチ）
- ・掘削深度 GL-86.0m
- ・スクリーン位置 GL-73.20m～GL-81.50m
- ・ケーシング 176mm（PVC管）
- ・スクリーン 150mm×8.3m（ステンレス製巻き線型）

② 試掘井 7-SE10

【施設規模】

- ・井戸能力 20m³/時（1日16時間運転）
- ・井戸口径 176mm（=7インチ）
- ・井戸深度 GL-52.0m
- ・掘削口径 200mm（=8インチ）
- ・掘削深度 GL-52.0m
- ・スクリーン位置 GL-20.40m～GL-31.53m、GL-40.42m～GL-49.19m
- ・ケーシング 176mm（PVC管）
- ・スクリーン 150mm×19.9m（ステンレス製巻き線型）

2) 井戸ポンプ

上記の取水井（7-SE8及び7-SE10）から地下水を取水し、グラズエ市の東側に位置する

Zongo 地区に新設する原水貯水槽へ導水する。

① 試掘井 7-SE8 (GL=208.77m)

【設計条件】

- ・ポンプ動水位 EL=139.57m (GL-69.2m)
- ・ポンプ設置位置 EL=129.57m (GL-79.2m)
- ・原水貯水槽流入高 EL=206.43m (貯水槽 HWL=206.13m)
- ・揚水管 水配管用亜鉛めっき鋼管 (Galvanized Steel Pipes for Ordinary Piping : SGPW 管) ϕ 40mm、L=89.2m (地上部 10m 含む)
- ・原水導水管 DCIP ϕ 75mm、L=1,010m
- ・流速係数 SGPW 管 : 110、DCIP : 110
- ・計画取水量 $6\text{m}^3/\text{時}$ (=0.10 $\text{m}^3/\text{分}$)
- ・損失水頭 10.90m
- ・全揚程 77.76m (=206.43m - 139.57m + 10.90m)

【施設規模】

- ・井戸ポンプ $0.10\text{m}^3/\text{分} \times 87\text{m} \times 3.7\text{kW} \times 1$ 台 (清水用水中モータポンプ)
- ・付属品 仕切り弁、逆止弁、空気弁、圧力計、流量計

② 試掘井 7-SE10 (GL=207.48m)

【設計条件】

- ・ポンプ動水位 EL=191.08m (GL-16.4m)
- ・ポンプ設置位置 EL=181.08m (GL-26.4m)
- ・原水貯水槽流入高 EL=206.43.0m (貯水槽 HWL=206.13m)
- ・揚水管 SGPW ϕ 65mm、L=36.4m (地上部 10m 含む)
- ・原水導水管 DCIP ϕ 150mm、L=2,070m
- ・流速係数 SGPW 管 : 110、DCIP : 110
- ・計画取水量 $20\text{m}^3/\text{時}$ (=0.34 $\text{m}^3/\text{分}$)
- ・損失水頭 6.02m
- ・全揚程 21.37m (=206.43m - 191.08m + 6.02m)

【施設規模】

- ・井戸ポンプ $0.34\text{m}^3/\text{分} \times 28\text{m} \times 3.7\text{kW} \times 1$ 台 (清水用水中モータポンプ)
- ・付属品 仕切り弁、逆止弁、空気弁、圧力計、流量計

3) 原水導水管

井戸ポンプによって揚水された地下水を原水貯水槽へ導水するための原水導水管を布設する。

【施設規模】

- ・原水導水管 DCIP ϕ 75mm \times 1,010m (試掘井 7-SE8 ~ 原水貯水槽)
DCIP ϕ 150mm \times 2,070m (試掘井 7-SE10 ~ 原水貯水槽)

4) 原水貯水槽

取水井（7-SE8、7-SE10）の運転は、運転に伴う井戸の水位降下を回復させるため、一日16時間運転とし、8時間の運転休止時間を取る。井戸ポンプが休止している時間帯でも高架水槽には、連続的に送水を行う必要があるため、取水井からの取水量と高架水槽への送水量を調整するための原水貯水槽を建設する。

【設計条件】

- ・ 容量 試掘井 7-SE8 と 7-SE10 の計画取水量 (416m³/日) の 8 時間分 (井戸ポンプの運転休止時間) に井戸ポンプの運転操作時間として 1 時間の余裕を見込んで、9 時間分 (=416m³/日×9/24) とする。
- ・ 有効水深 1.5～2m

【施設規模】

- ・ 原水貯水槽 160m³×1 池、有効水深 1.6m、RC 造
- ・ 付属設備 水位計 (直読式)

5) 消毒設備

取水された地下水の消毒を行うため、高度さらし粉の溶液を自然流下で注入する。

【設計条件】

- ・ 処理水量 416m³/日 (原水流入時間: 16 時間)
- ・ 注入率 1～3mg/l (平均 1.5mg/l)
- ・ 有効塩素濃度 60% (高度さらし粉)
- ・ 溶解濃度 3%
- ・ 比重 1.05
- ・ 注入量 $416 \times 1.5 \times (100/60) \times (1/1.05) \times (1/16) \times (100/3) \div 1,000$
= 2.1 リットル/時

【施設規模】

- ・ 塩素溶解槽 500 リットル×2 槽 (攪拌機付)
- ・ 中間貯留槽 200 リットル×2 槽
- ・ 注入設備 2 台 (点滴型注入設備)

6) 送水施設

原水貯水槽からグラズエ市の中心部に建設する高架水槽に送水するための送水ポンプと送水管を建設する。送水ポンプは原水貯水槽に併設する。

① 送水ポンプ

【設計条件】

- ・ 標高 原水貯水槽 (LWL) EL=204.53m、高架水槽 (HWL) EL=238.75m
- ・ 距離 1,340m (送水管延長)
- ・ 流速係数 110 (DCIP)

- ・ 管径 150mm
- ・ 計画送水量 416m³/日 (=0.29m³/分)
- ・ 損失水頭 1.16m
- ・ 全揚程 35.38m (=238.75m-204.53m+1.16m)

【施設規模】

- ・ 送水ポンプ 0.29m³/分×36m×5.5kW×2 台 (多段渦巻ポンプ、1 台予備、水撃防止用フライホイール付)
- ・ 付属品 仕切り弁、逆止弁、圧力計、流量計

② 送水管

【施設規模】

- ・ 送水管 DCIP φ 150mm×1,340m (原水貯水槽～高架水槽)

7) 場内付帯施設

原水貯水槽の夜間の運転・保安用の外灯を設置するとともに建屋の屋内照明設備、排水の処理施設を設ける。

【施設規模】

- ・ 外灯 水銀灯 200W
- ・ 室内照明 蛍光灯及び白熱灯
- ・ 排水設備 簡易浄化槽、排水管、マンホール、浸透枳

8) 非常用発電設備

停電時に取水井の井戸ポンプや原水貯水槽の送水ポンプ及び場内の照明設備等へ給電するための発電設備を設置する。

【設計条件】

- ・ 適用基準 消防法「昭和 51 年消防予第 7 号」の計算式に準拠
- ・ 計算式 $PG1=PL/(\eta L \times PFL)+PLs$

$$PG2=Pm \times \beta \times C \times Xd' \times (1-\Delta V)/\Delta V$$

$$PG3=(((PL-Pm)/0.85)+Pm \times \beta \times C \times PFLs)/\cos \phi + PLs$$

ここに、

PG1：通常の運転時に必要な容量 (kVA)

PG2：負荷投入時に必要な容量 (kVA)

PG3：エンジン出力を考慮した必要容量 (kVA)

PL：動力負荷容量 (kW)

Pm：最大起動 KVA となる電動機出力 (kVA)

ηL ：負荷の効率 (一般的に 0.85)

PFL：負荷の力率 (一般的に 0.8)

PLs：単相負荷 (kVA)

β : 電動機 1kW 当り始動 kVA (一般的に 7.2)
 C : 始動方式による係数 (直入 : 1.0、Y- Δ : 0.67)
 X_d' : 発電機定数 (一般的に 0.25)
 PF_s : 電動機の始動時力率 (一般的に 0.4)
 ΔV : 許容電圧効果率 (一般的に 0.25)
 $\cos \phi$: 力率 (一般的に 0.8)

- ・ 負荷
 - 試掘井 7-SE8 : 井戸ポンプ 3.7kW (Y- Δ 起動)
 - 試掘井 7-SE10 : 井戸ポンプ 3.7kW (Y- Δ 起動)
 - 原水貯水槽 : 送水ポンプ 5.5kW (直入起動)
雑負荷 3.0kW (電灯等)
- ・ 台数

通常は商用電力を使用し、短時間の停電に対応する設備であるため、予備は見込まず、各施設で 1 台とする。
- ・ 必要容量
 - 試掘井 7-SE8 : PG1=5.4kVA、PG2=13.4kVA、PG3=8.9VA
 - 試掘井 7-SE10 : PG1=5.4kVA、PG2=13.4kVA、PG3=8.9VA
 - 原水貯水槽 : PG1=11.1kVA、PG2=29.7kVA、PG3=22.8kVA
(発電機容量は、PG1、PG2、PG3 の内の最大値以上が必要)

【施設規模】

- ・ 発電機
 - 試掘井 7-SE8 : 17kVA×1 台、ポンプ : 3 相 3 線, 400V 50Hz
 - 試掘井 7-SE10 : 17kVA×1 台、ポンプ : 3 相 3 線, 400V 50Hz
 - 原水貯水槽 : 30kVA×1 台、ポンプ : 3 相 3 線, 400V 50Hz
- ・ 付帯設備
 - 燃料タンク (500 リットル)
 - 操作盤 : 商用電力と発電機の切替え用
 - 動力幹線 : ポンプ等へ電力供給するための配線

9) 建屋

建屋は、取水施設に非常用発電機用の発電機室、原水貯水槽の敷地内に事務所兼宿舍、発電機室及び原水貯水槽上部に設ける消毒設備用のシェードを建設する。施設規模は、運転管理、設置する設備の大きさ、必要な要員の配置等を勘案して以下の規模とする。

【施設規模】

- ・ 事務所兼宿舍 1 棟 (17.5m×9.0m)
- ・ 発電機室 3 棟 (3.0m×5.0m)
- ・ 消毒設備用シェード 1 棟 (9.0m×8.5m)

10) 高架水槽

原水貯水槽からの送水量と配水量の時間変動を調整するとともに所定の給水圧を確保するためにグラズエ市の中心部に高架水槽を建設する。

【設計条件】

- ・ 容量 高架水槽の必要容量は、送水量と配水量の差分を調整するための

時間変動調整容量に上流施設（送水ポンプ等）の突発事故等の際の短時間の余裕を加えた容量とし、通常は一日最大給水量の8～12時間分となる。当該地区の時間変動調整容量は、約5時間分であることから、高架水槽の容量は8時間分（ $=416\text{m}^3/\text{日} \times 8/24$ ）として計画する。

- ・ 有効水深 3～5m
- 【施設規模】
- ・ 高架水槽 $200\text{m}^3 \times 1$ 基、高さ16.5m、有効水深3.5m、RC造
構造はSONEBの標準設計を使用する。必要容量は 200m^3 であるが、容量に若干の余裕をみた標準設計の高架水槽を採用する。
- ・ 付属設備 保守管理用ラダー、水位計、避雷針

1 1) 配水本管

高架水槽から市街地に給水するための配水本管を布設する。以下の設計条件により配水管網の水理解析を行い、必要な配水本管の管径を決定する。また、水理解析の結果、既存配水管の流下能力が不足する場合は、給水圧の不足する地域へ直送する専用管を布設する。

【設計条件】

- ・ 管種 既存管：PVC管
新設管：DCIP
- ・ 流速係数 PVC管：130、DCIP：110
※PVC管の流速係数は $C=145\sim 160$ であるが、既存の配水管網の水理解析では若干の余裕を見込んで $C=130$ を採用する。
- ・ 給水圧 給水区域内の各地点で最低 0.1MPa （ 1.0kgf/cm^2 ）の給水圧を確保する。
- ・ 配水量 $49.8\text{m}^3/\text{時}$ （ $=664\text{m}^3/\text{日} \div 24 \times \text{時間係数 } 1.80$ ）
- ・ 管径 水理解析に基づいて、所定の給水圧が得られるように配水本管の管径を定める。

【施設規模】

水理解析の結果（添付資料9参照）、給水区域内で所定の給水圧を確保するためには、新設する高架水槽から市街地中心部まで口径 200mm の配水本管が必要となる。また、給水区域南部の国道2号線沿いの地区は、既存配管（口径 75mm ）に追加して、高架水槽からZafféまで口径 150mm の専用管を布設し、所定の給水圧を確保する必要がある。

- ・ 配水本管 DCIP $\phi 200\text{mm} \times 960\text{m}$ （高架水槽～市内中心部）
DCIP $\phi 150\text{mm} \times 3,290\text{m}$ （高架水槽～Zaffé地区）
- ・ 流量計 高架水槽内で各配水本管に設置
- ・ 付帯設備 制水弁、空気弁、排泥弁

<ダッサズメ給水区>

1) 取水井

本調査で開発した2本の試掘井(3-SE4'及び3-SE8)を新規の水源として給水施設の建設を行う。同試掘井の概要は以下のとおりである。

① 試掘井 3-SE4'

【施設規模】

- ・井戸能力 50m³/時 (1日20時間運転)
- ・井戸口径 176mm (=7インチ)
- ・井戸深度 GL-56.8m
- ・掘削口径 200mm (=8インチ)
- ・掘削深度 GL-60.0m
- ・スクリーン位置 GL-48.00m~GL-56.34m
- ・ケーシング 176mm (PVC管)
- ・スクリーン 150mm×16.3m (ステンレス製巻き線型)

② 試掘井 3-SE8

【施設規模】

- ・井戸能力 50m³/時 (1日20時間運転)
- ・井戸口径 176mm (=7インチ)
- ・井戸深度 GL-84.3m
- ・掘削口径 200mm (=8インチ)
- ・掘削深度 GL-86.0m
- ・スクリーン位置 GL-73.21m~GL-81.50m
- ・ケーシング 176mm (PVC管)
- ・スクリーン 150mm×8.3m (ステンレス製巻き線型)

2) 井戸ポンプ

上記の取水井(3-SE4'及び3-SE8)から地下水を取水し、ダッサズメ市の西側の軍管理地内に新設する原水貯水槽へ導水する。

① 試掘井 3-SE4' (GL=179.42m)

【設計条件】

- ・ポンプ動水位 EL=146.52m (GL-32.90m)
- ・ポンプ設置位置 EL=136.52m (GL-42.90m)
- ・原水貯水槽流入高 EL=181.53m (貯水槽 HWL=181.23m)
- ・揚水管 SGPW φ80mm、L=53.0m (地上部10m含む)
- ・原水導水管 DCIP φ150mm、L=370m
- ・流速係数 SGPW管:110、DCIP:110

- ・計画取水量 50m³/時 (=0.84m³/分)
- ・損失水頭 10.26m
- ・全揚程 45.37m (=181.53m-146.42m+10.26m)

【施設規模】

- ・井戸ポンプ 0.84m³/分×46m×11kW×1台 (清水用水中モータポンプ)
- ・付属品 仕切り弁、逆止弁、空気弁、圧力計、流量計

② 試掘井 3-SE8 (GL=180.63m)

【設計条件】

- ・ポンプ動水位 EL=131.73m (GL-48.9m)
- ・ポンプ設置位置 EL=121.73m (GL-58.9m)
- ・原水貯水槽流入高 EL=181.53m (貯水槽 HWL=181.23m)
- ・揚水管 SGPW φ80mm、L=69.0m (地上部10m含む)
- ・原水導水管 DCIP φ150mm、L=210m
- ・流速係数 SGPW管：110、DCIP：110
- ・計画取水量 50m³/時 (=0.84m³/分)
- ・損失水頭 11.49m
- ・全揚程 61.29m (=181.53m-131.73m+11.49m)

【施設規模】

- ・井戸ポンプ 0.84m³/分×62m×15kW×1台 (清水用水中モータポンプ)
- ・付属品 仕切り弁、逆止弁、空気弁、圧力計、流量計

3) 原水導水管

井戸ポンプによって揚水された地下水を原水貯水槽へ導水するための原水導水管を布設する。

【施設規模】

- ・原水導水管 DCIP φ150mm×370m (試掘井 3-SE4' ~ 試掘井 3-SE8 ~ 原水貯水槽)

4) 原水貯水槽

取水井3-SE4'と3-SE8の運転は、一日20時間の交互運転を行う。運転に伴う井戸の水位降下を回復させるため、一日4時間は2本の井戸とも運転を休止する運転休止時間を取る。この井戸ポンプが休止している時間帯でも高架水槽あるいは配水池には、連続的に送水を行う必要があるため、取水井からの取水量と高架水槽への送水量を調整するための原水貯水槽を建設する。

【設計条件】

- ・容量 試掘井 3-SE4'あるいは3-SE8からの計画取水量(1,000m³/日)の4時間分(井戸ポンプの運転休止時間)に井戸ポンプの運転操作

時間として1時間の余裕を見込んで、5時間分(=1,000m³/日×5/24)とする。

- ・有効水深 1.5～2m

【施設規模】

- ・原水貯水槽 210m³×1池、有効水深1.6m、RC造
- ・付属設備 水位計(直読式)

5) 消毒設備

取水された地下水の消毒を行うため、高度さらし粉の溶液を自然流下で注入する。

【設計条件】

- ・処理水量 1,000m³/日(原水流入時間:20時間)
- ・注入率 1～3mg/l(平均1.5mg/l)
- ・有効塩素濃度 60%(高度さらし粉)
- ・溶解濃度 3%
- ・比重 1.05
- ・注入量 $1,000 \times 1.5 \times (100/60) \times (1/1.05) \times (1/20) \times (100/3) \div 1,000$
= 5.0リットル/時

【施設規模】

- ・塩素溶解槽 500リットル×2槽(攪拌機付)
- ・中間貯留槽 200リットル×2槽
- ・注入設備 2台(点滴型注入設備)

6) 送水施設

原水貯水槽からダッサズメ市内にある既存配水池に送水してDassa Iに配水する系統と、同市の中心部に建設する高架水槽に送水してDassa IIに配水する2つの系統の送水施設を建設する。送水ポンプは原水貯水槽に併設する。

① 送水ポンプ1(Dassa I用)

【設計条件】

- ・標高 原水貯水槽(LWL)EL=179.63m、既存配水池(HWL)EL=231.49m
- ・距離 3,660m(送水管延長)
- ・流速係数 110(DCIP)
- ・管径 150mm
- ・計画送水量 342m³/日(=0.24m³/分)。Dassa I(Kpingni含む)への配水量は、Dassa IとDassa IIの配水管延長の比率及び各戸給水栓の接続数の比率が概ね3:7になることから、全体の配水量1,352m³/日の30%(406m³/日)がDassa Iに配水されるものとし、同水量からDassa Iにある既存井(Kpekoute、Agbakossare)の配水量64m³/日を差し引いた水量を原水貯水槽から送水する。

- ・ 損失水頭 2.39m
- ・ 全揚程 54.25m (=231.49m-179.63m+2.39m)

【施設規模】

- ・ 送水ポンプ 0.24m³/分×55m×5.5kW×2 台 (多段渦巻ポンプ、1 台予備、水撃防止用フライホイール付)
- ・ 付属品 仕切り弁、逆止弁、圧力計、流量計
- ・ 送水管 DCIP φ 150mm×3,660m (原水貯水槽～既存配水池)

② 送水ポンプ 2 (Dassa II 用)

【設計条件】

- ・ 標高 原水貯水槽 (LWL) EL=179.63m、高架水槽 (HWL) EL=241.16m
- ・ 距離 3,570m (送水管延長)
- ・ 流速係数 110 (DCIP)
- ・ 管径 200mm
- ・ 計画送水量 658m³/日 (=0.46m³/分)。Dassa II への配水量は、全体の配水量 1,352m³/日の 70% (946m³/日) が配水されるものとし、同水量から既存井 (Ayedero、Loulé) の配水量 288m³/日を差し引いた水量を原水貯水槽から送水する。

- ・ 損失水頭 1.99m
- ・ 全揚程 63.52m (=241.16m-179.63m+1.99m)

【施設規模】

- ・ 送水ポンプ 0.46m³/分×64m×15kW×2 台 (多段渦巻ポンプ、1 台予備、水撃防止用フライホイール付)
- ・ 付属品 仕切り弁、逆止弁、圧力計、流量計
- ・ 送水管 DCIP φ 200mm×3,570m (原水貯水槽～高架水槽)

7) 場内付帯施設

原水貯水槽の夜間の運転・保安用の外灯を設置するとともに建屋の屋内照明設備、排水の処理施設を設ける。

【施設規模】

- ・ 外灯 水銀灯 200W
- ・ 室内照明 蛍光灯及び白熱灯
- ・ 排水設備 簡易浄化槽、排水管、マンホール、浸透枳

8) 非常用発電設備

停電時に取水井の井戸ポンプや原水貯水槽の送水ポンプ及び場内の照明設備等へ給電するための発電設備を設置する。

【設計条件】

- ・適用基準／計算式 前述のグラズエ給水区の基準及び計算式参照。
- ・負荷
 - 試掘井 3-SE4' : 井戸ポンプ 11kW (Y-Δ 起動)
 - 試掘井 3-SE8 : 井戸ポンプ 15kW (Y-Δ 起動)
 - 原水貯水槽 : 送水ポンプ 1 5.5kW (直入起動)
 - 送水ポンプ 2 15kW (Y-Δ 起動)
 - 雑負荷 3.0kW (電灯等)
- ・台数 通常は商用電力を使用し、短時間の停電に対応する設備であるため、予備は見込まず、各施設で1台とする。
- ・必要容量
 - 試掘井 3-SE4' : PG1=16.2kVA、PG2=39.8kVA、PG3=26.5kVA
 - 試掘井 3-SE8 : PG1=22.1kVA、PG2=54.3kVA、PG3=36.2kVA
 - 原水貯水槽 : PG1=33.1kVA、PG2=54.3kVA、PG3=47.3kVA
 - (発電機容量は、PG1、PG2、PG3 の内の最大値以上が必要)

【施設規模】

- ・発電機
 - 試掘井 3-SE4' : 50kVA×1台、ポンプ : 3相3線, 400V 50Hz
 - 試掘井 3-SE8 : 65kVA×1台、ポンプ : 3相3線, 400V 50Hz
 - 原水貯水槽 : 65kVA×1台、ポンプ : 3相3線, 400V 50Hz
- ・付帯設備
 - 燃料タンク (500リットル)
 - 操作盤 : 商用電力と発電機の切替え用
 - 動力幹線 : ポンプ等へ電力供給するための配線

9) 建屋

建屋は、取水施設に非常用発電機用の発電機室、原水貯水槽の敷地内に事務所兼宿舍、発電機室及び原水貯水槽上部に設ける消毒設備用のシェードを建設する。施設規模は、運転管理、設置する設備の大きさ、必要な要員の配置等を勘案して以下の規模とする。

【施設規模】

- ・事務所兼宿舍 1棟 (17.5m×9.0m)
- ・発電機室 3棟 (3.0m×5.0m)
- ・消毒設備用シェード 1棟 (9.0m×8.5m)

10) 高架水槽

原水貯水槽からの送水量と配水量の時間変動を調整するとともに所定の給水圧を確保するためにダッサズメ市の中心部に高架水槽を建設する。

【設計条件】

- ・容量
 - グラズエ給水区と同様に、当該地区の時間変動調整容量は、約5時間分であることから、高架水槽の容量は、原水貯水槽からの送水量 (658m³/日) の8時間分 (=658m³/日×8/24) として計画する。
- ・有効水深 3~5m

【施設規模】

- ・高架水槽 300m³×1基、高さ16.5m、有効水深3.5m、RC造
構造はSONEBの標準設計を使用する。必要容量は300m³であるが、容量に若干の余裕をみた標準設計の高架水槽を採用する。
- ・付属設備 保守管理用ラダー、水位計、避雷針

1 1) 既存配水池

ダッサズメ市内にあるSONEBの既存配水池に送水してDassa Iへの配水を行う。必要な容量は、原水貯水槽からの送水量(342m³/日)の8時間分の114m³が(=342m³/日×8/24)必要となるが、同配水池の容量は200m³であるため、増設等の必要はない。

1 2) 配水本管

高架水槽あるいは既存の配水池から市街地に給水するための配水本管を布設する。以下の設計条件により配水管網の水理解析を行い、必要な配水本管の管径を決定する。また、水理解析の結果、既存配水管の流下能力が不足する場合は、給水圧の不足する地域へ直送する専用管を布設する。

【設計条件】

- ・管種 既存管：PVC管
新設管：DCIP
- ・流速係数 PVC管：130、DCIP：110
※PVC管の流速係数はC=145～160であるが、既存の配水管網の水理解析では若干の余裕を見込んでC=130を採用する。
- ・給水圧 給水区域内の各地点で最低0.1MPa(1.0kgf/cm²)の給水圧を確保する。
- ・配水量 Dassa I： 30.5m³/時(=406m³/日÷24×時間係数1.80)
Dassa II： 71.0m³/時(=946m³/日÷24×時間係数1.80)
- ・管径 水理解析に基づいて、所定の給水圧が得られるように配水本管の管径を定める。

【施設規模】

水理解析の結果(添付資料9参照)、既存配水池からDassa Iへ配水する新設の配水本管は、給水区域内で所定の給水圧を確保するため、口径200mmの配管が必要となる。また、新設の高架水槽からDassa IIの市街地中心部までの既存配水管(100mm)は、流下能力が不足して、その下流側の給水区域で所定の給水圧が確保できないため、同既存管に平行して、口径150mmの専用管を布設する必要がある。

- ・配水本管 DCIPφ200mm×2,390m(既存配水池～Dassa I)
DCIPφ150mm×1,060m(高架水槽～Dassa II市街地中心部)
- ・流量計 高架水槽あるいは配水池からの各配水本管に設置

- ・付帯設備 制水弁、空気弁、排泥弁

3-2-2-3 機材計画

(1) 水質分析機器及び水位計

本プロジェクトの水源の井戸は、基準値を超えるフッ素を含有するものがあることや不圧地下水であるため、適切な水質管理と取水管理を継続的に実施する必要がある。本プロジェクトでは、井戸及び給水の水質、井戸の地下水位をモニタリングするための水質分析機器と水位計を調達する。

水質分析機器については、フッ素の他、地下水の基本性状（pH、電気伝導度、硝酸）及び給水中の残留塩素を測定するための機器を調達する。水位計は、観測井戸に設置する固定式と携帯式を調達する。

上記の機材は日本側で調達するものとし、調達数量は、グラズエ給水区とダッサズメ給水区に各1台ずつと、固定式の水位計については、水源の試掘井4本分に設置する。

これらの機材は日本製とし、実施設計時に設置及び測定開始する計画であるため、設計監理費にて計上・購入し、プロジェクト完了後は SONEB に引き渡す。

表3-2-9 調達機材(水質分析機器及び水位計)

機材	仕様	数量
pH 計	電極方式	2 台
電気伝導度計	電極方式	2 台
フッ素計	イオンメーター	2 台
硝酸計	イオンメーター	2 台
残留塩素計	比色式	2 台
水位計		1 式
上記備品	標準液など	1 式

(2) 給水栓接続用機材

本プロジェクトでは、給水施設の建設に伴って給水量や給水人口が増加するため、現在、SONEB がグラズエ給水区及びダッサズメ給水区に設置している既存給水栓に加えて、住民との接続契約に基づいて、新規の給水栓を接続する必要がある。想定される新規給水栓数は下表のとおりである。

表3-2-10 目標年次の給水栓数と必要な新規接続数

項目	グラズエ給水区	ダッサズメ給水区	備考
(1) 既存給水栓数	772栓	1,260栓	2014年(12月)
(2) 目標年次の給水人口	10,496人	21,636人	2020年
(3) 必要給水栓数 [*]	875栓	1,803栓	= (2) ÷ 12人
(4) 新規給水栓数	103栓	543栓	= (3) - (1)

* : SONEB は 1 栓当りの給水人口を 12 人としている。

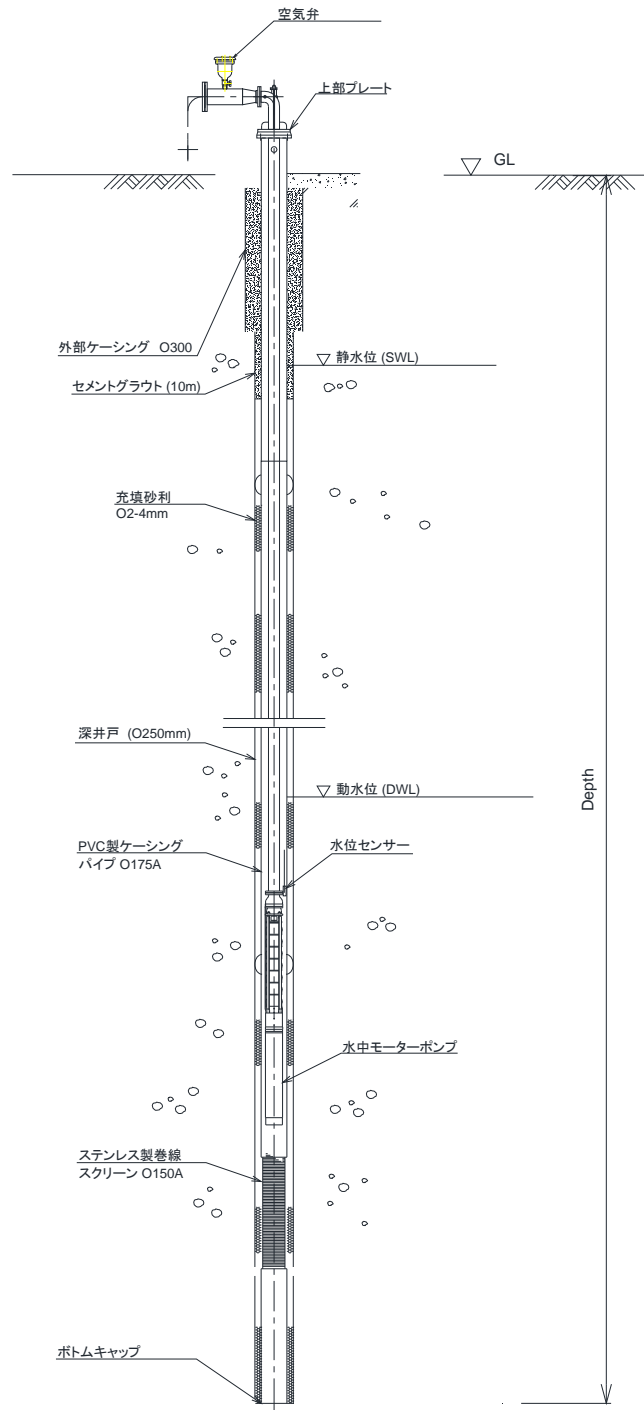
上記の表より、目標年次(2020年)の給水栓数は、グラズエ給水区875栓、ダッサズメ給水区1,803栓の合計2,678栓となる。同給水栓数から既存の給水栓数2,032栓(=772+1,260)を引いた646栓が新規に必要な接続数となる。

新規給水栓の接続工事には、配水管から分岐して住民に給水するための給水装置の機材(サドル分水栓、給水管、止水栓、水道メーター、蛇口等)が必要になるが、同機材の調達及び給水栓の接続工事は、SONEBの基準・仕様に基づいてベナン側の負担工事として実施する。

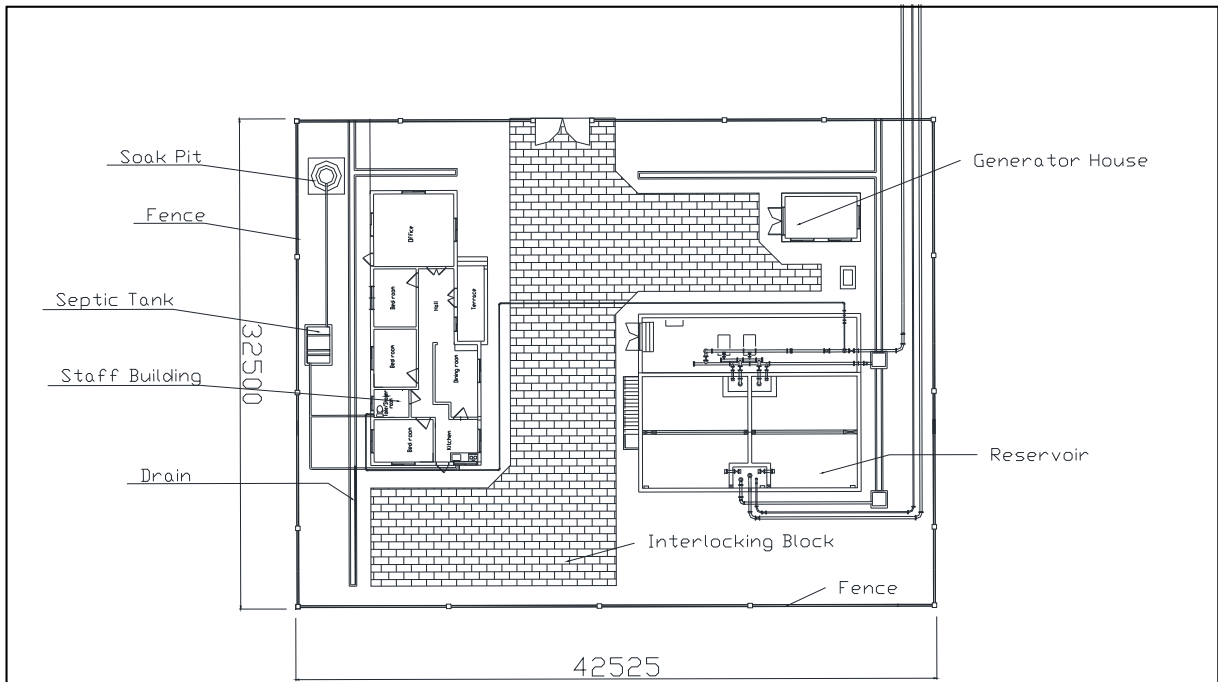
3-2-3 概略設計図

本プロジェクトの概略設計図を以下に示す。

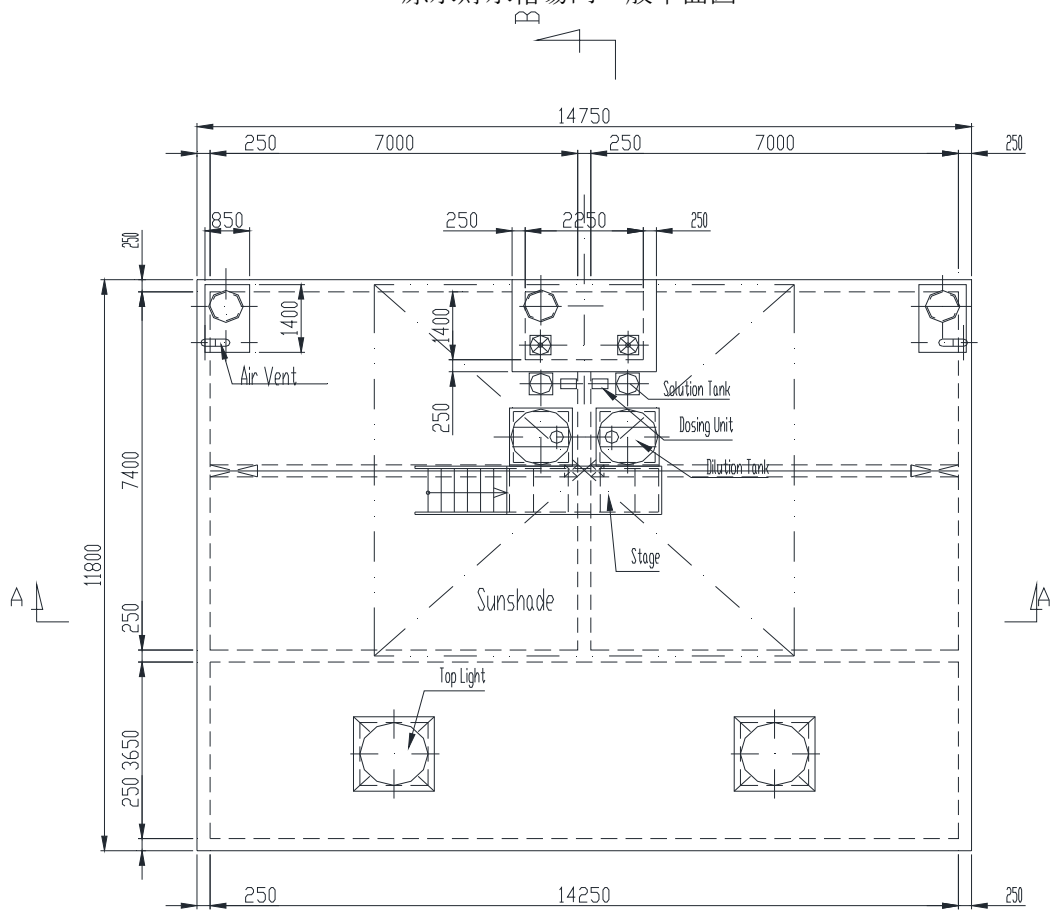
Commune	Well	Depth (m)
Glazoue	7-SE8	84.3
	7-SE10	52.0
Dassa Zoume	3-SE4'	56.8
	3-SE8	84.3



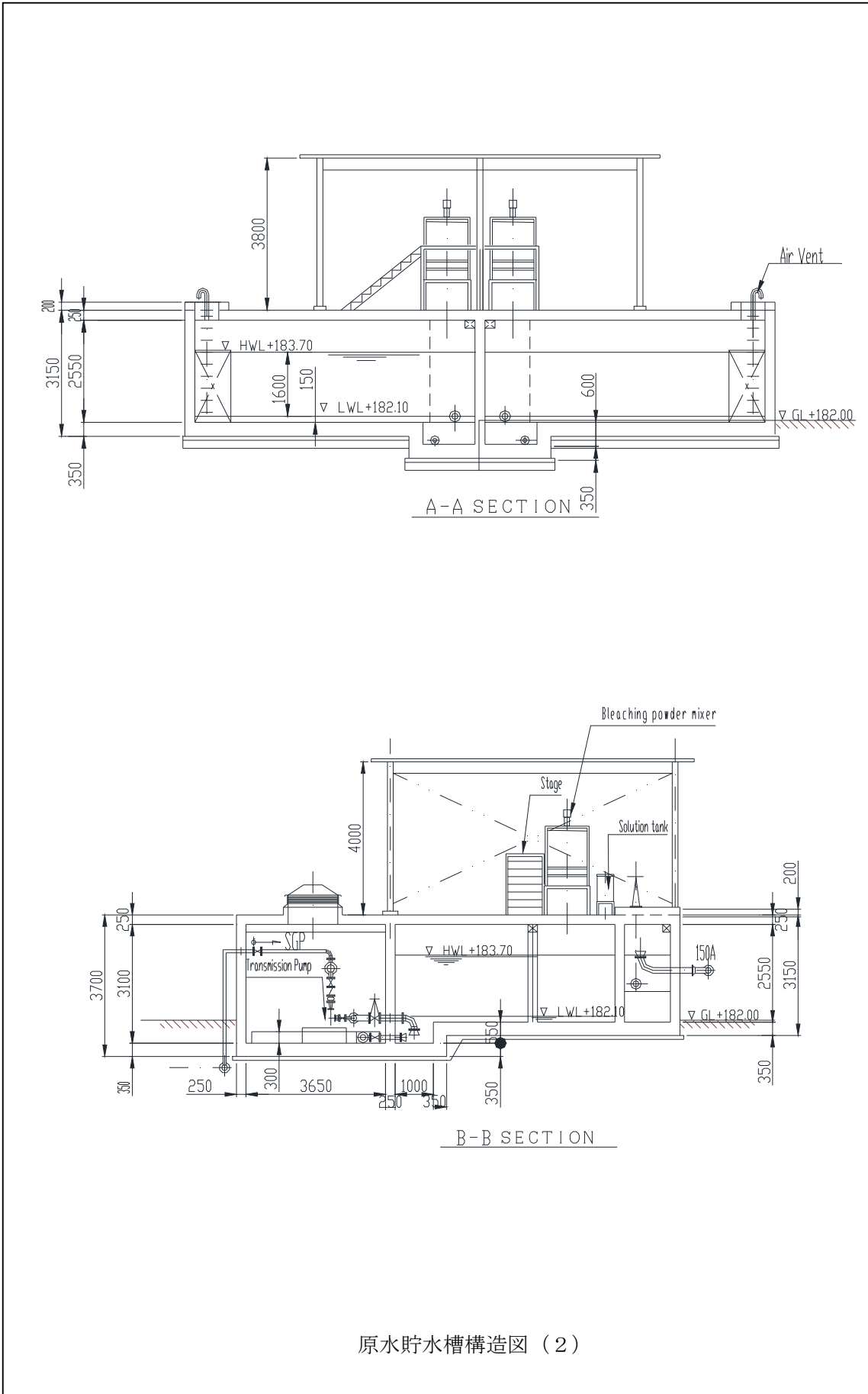
井戸構造図



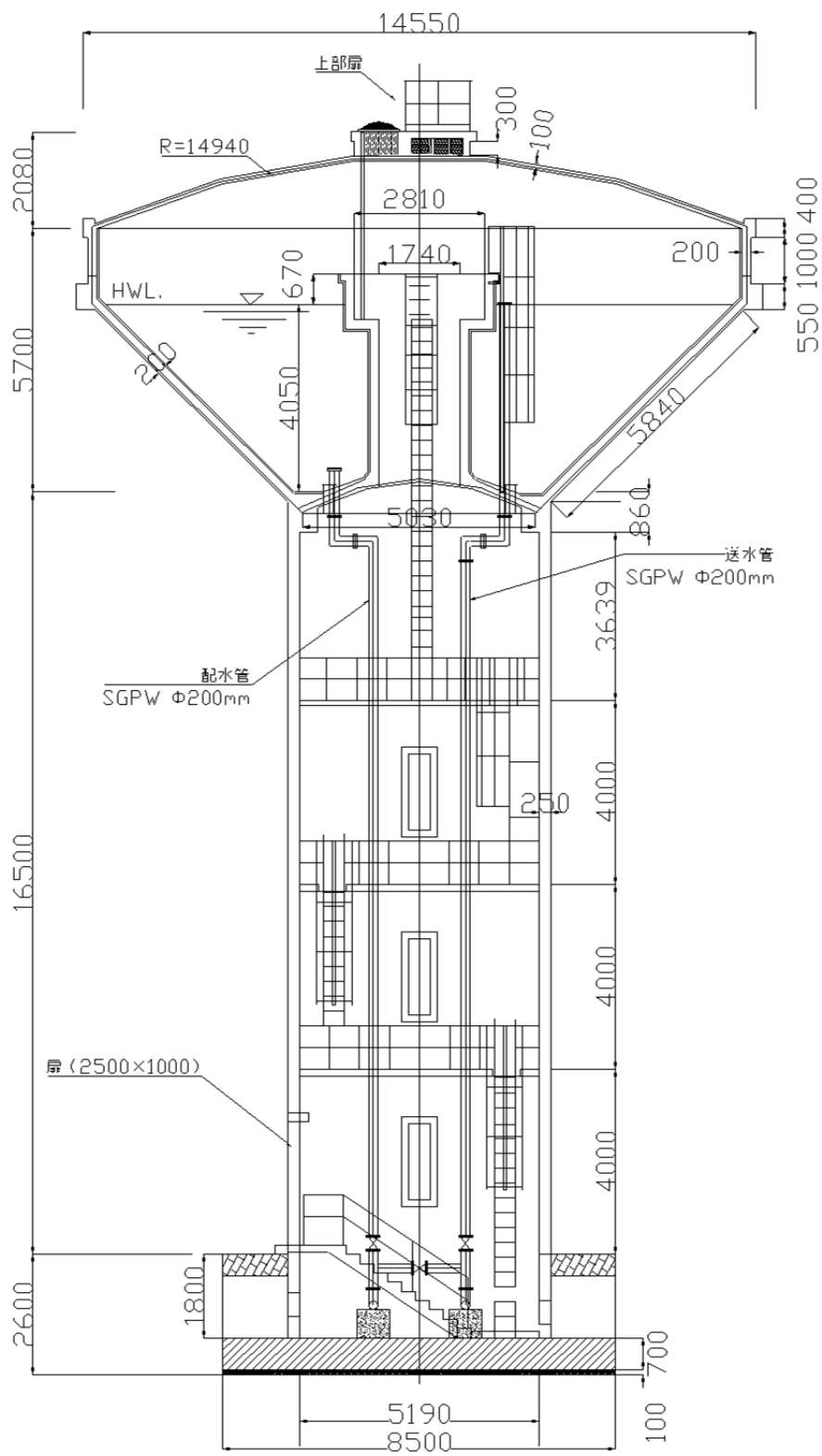
原水貯水槽場内一般平面図



原水貯水槽構造図 (1)

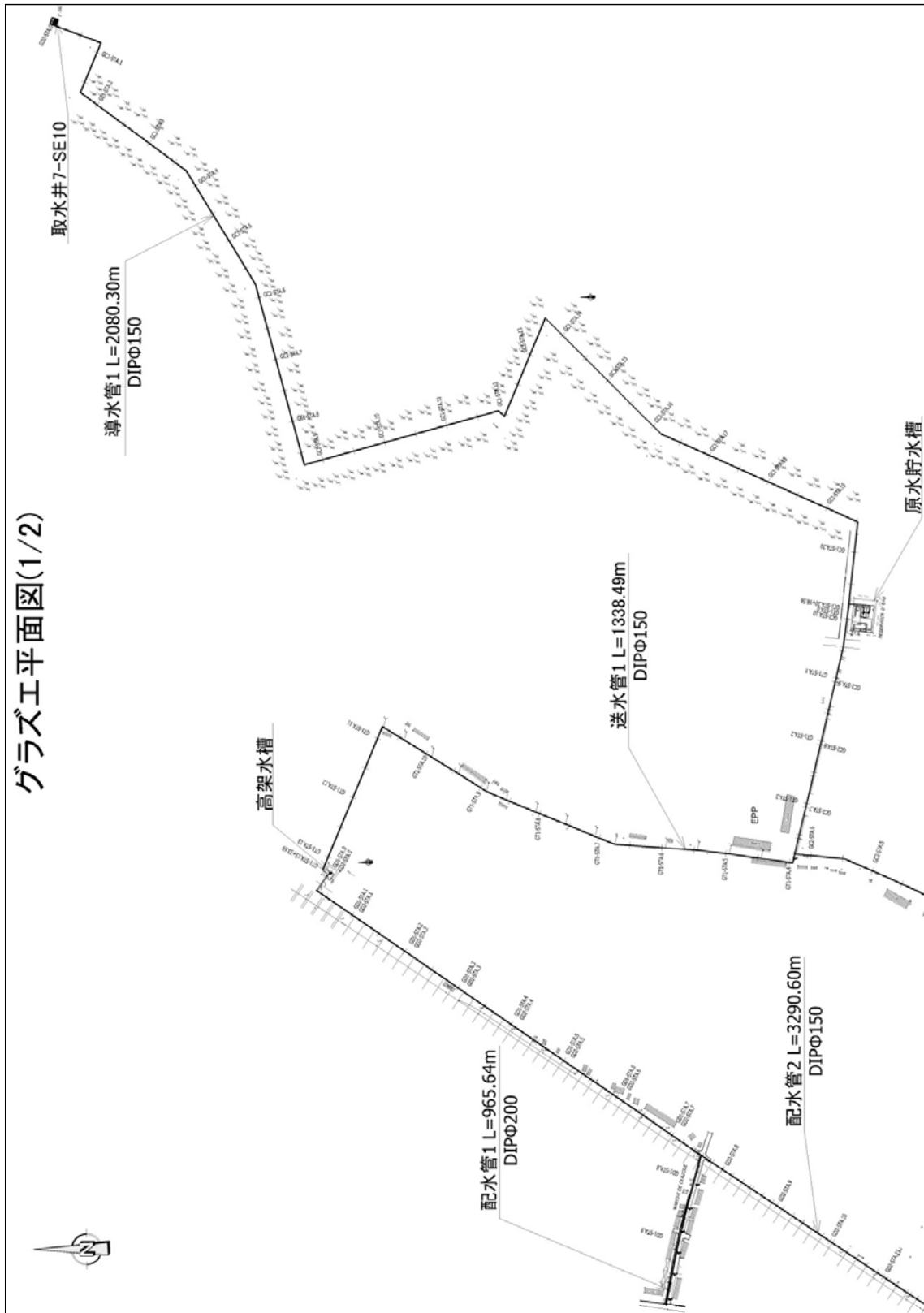


原水貯水槽構造図 (2)

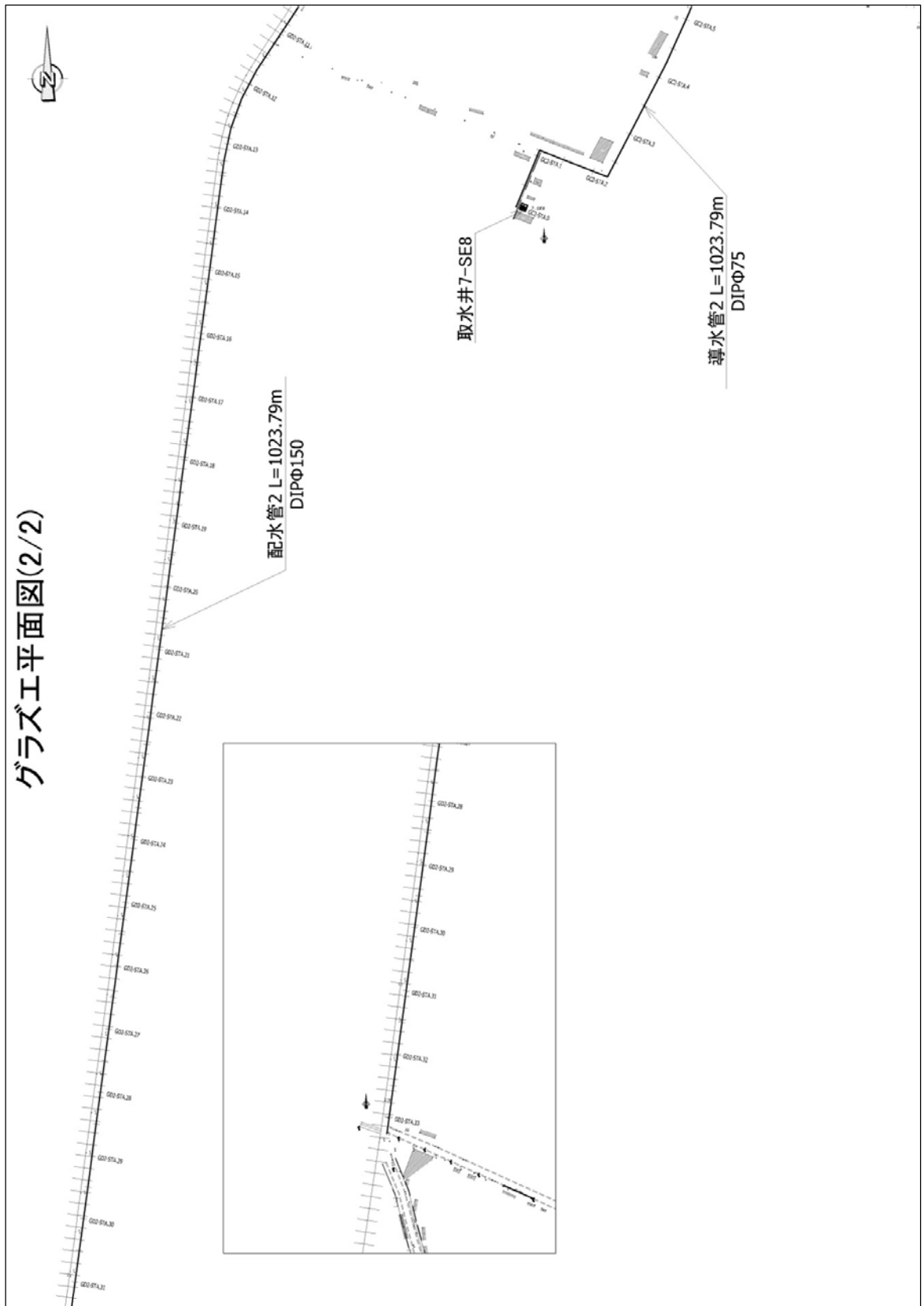


高架水槽構造図

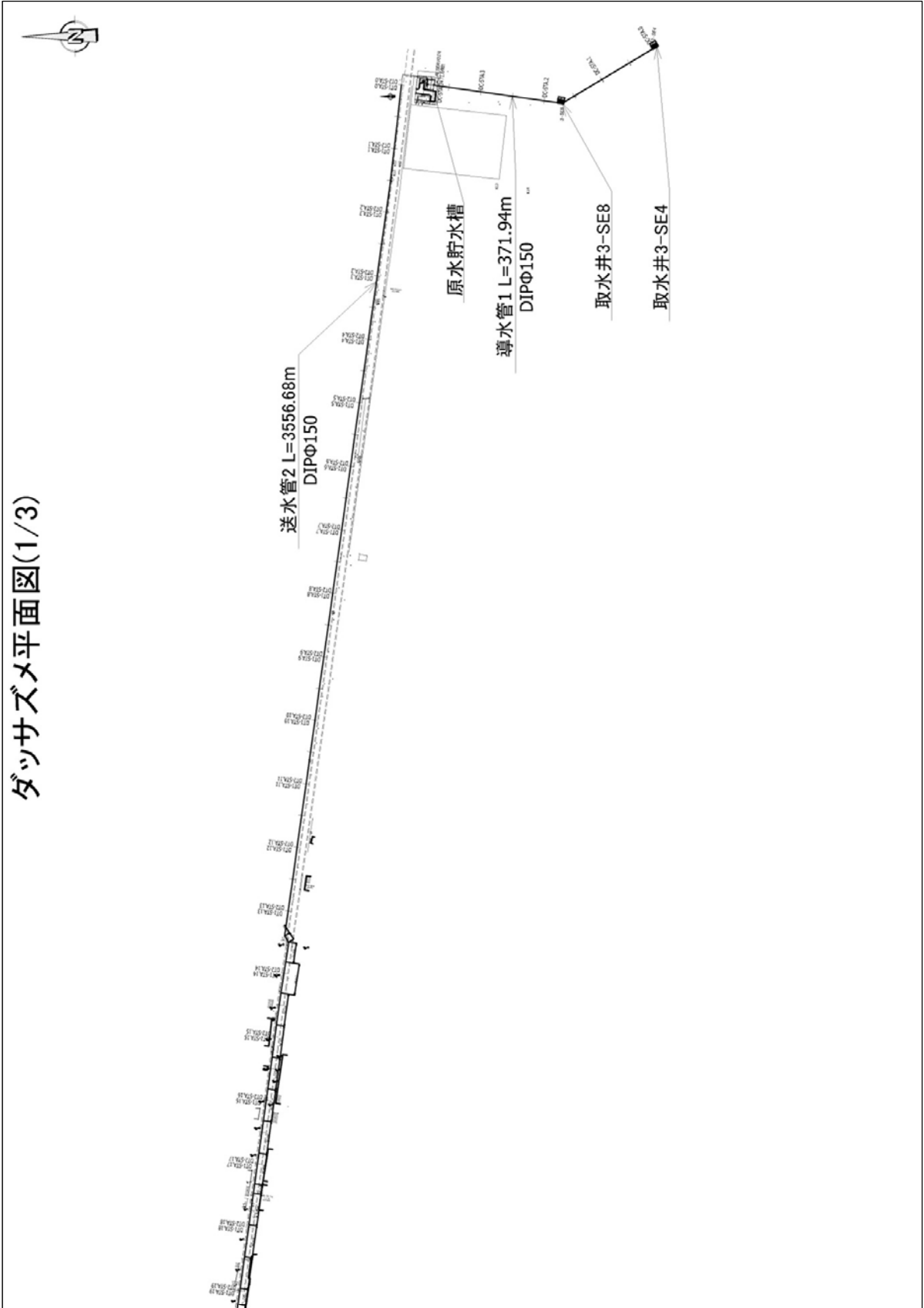
ガラスエ平面図(1/2)



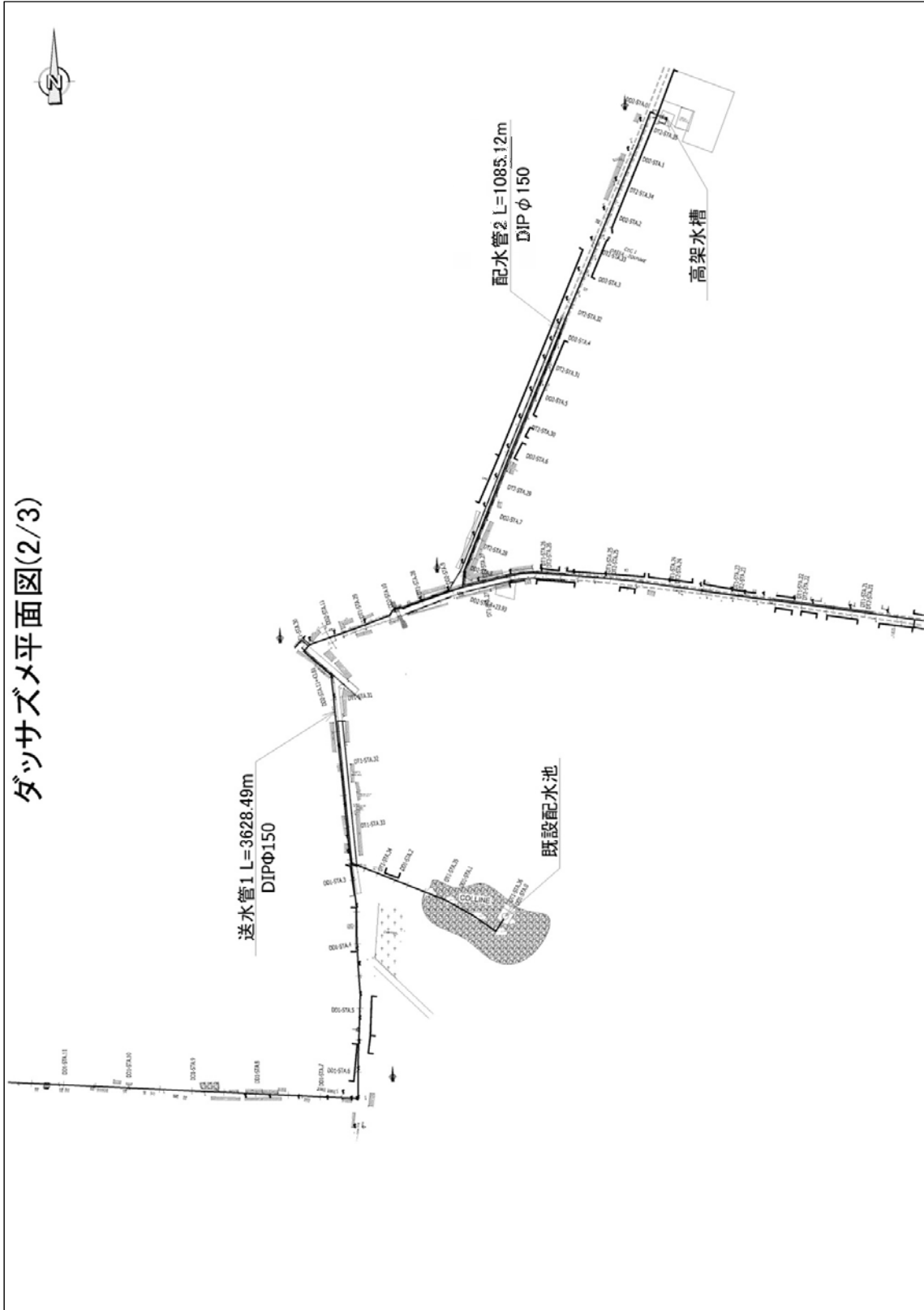
ガラスエ平面図(2/2)



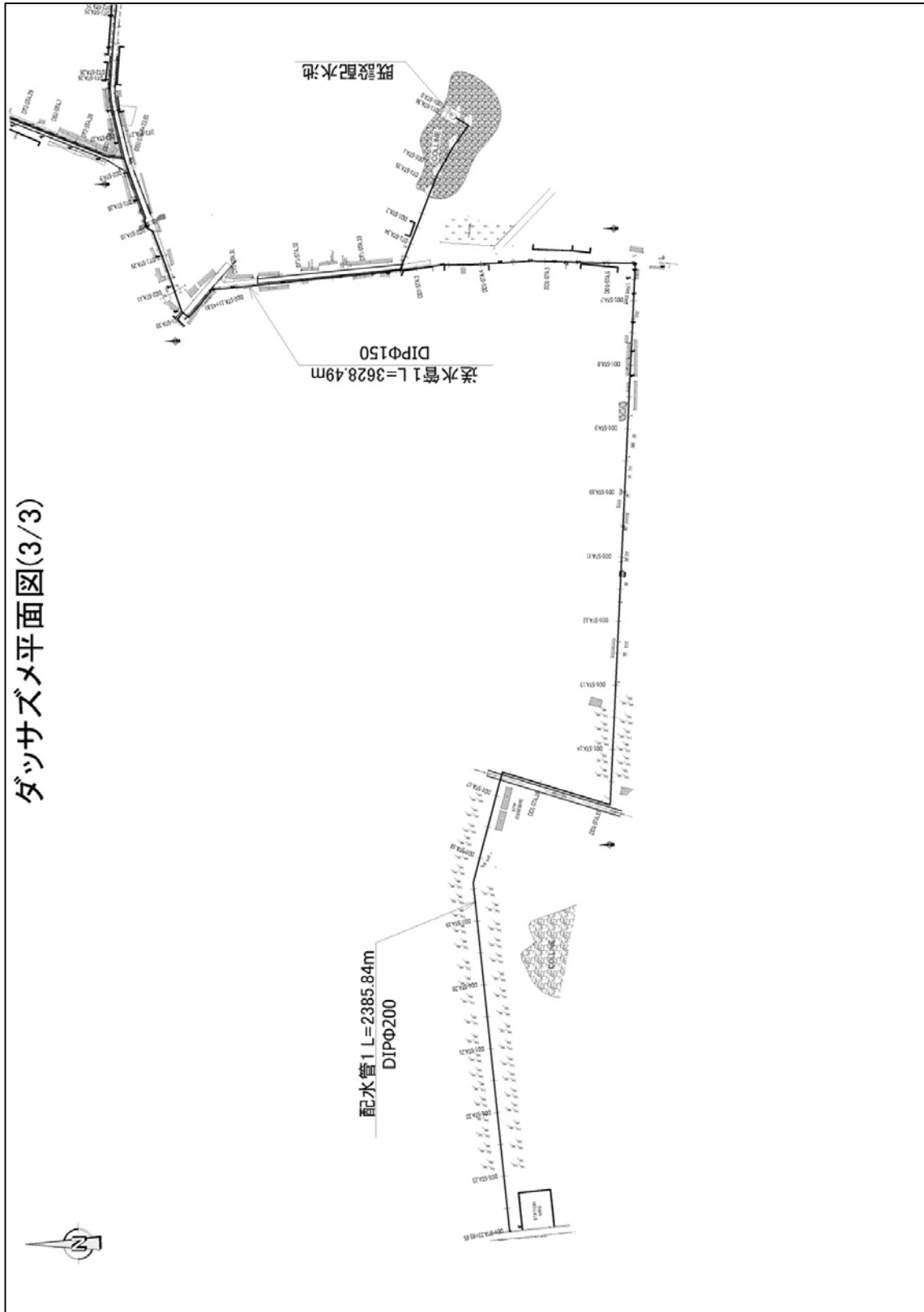
ダッサズメ平面図(1/3)



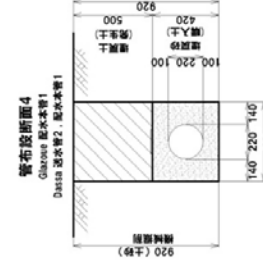
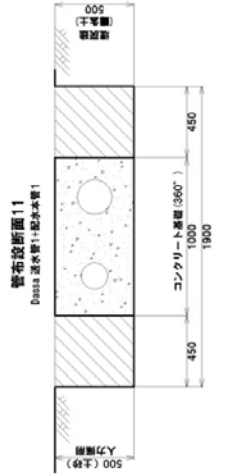
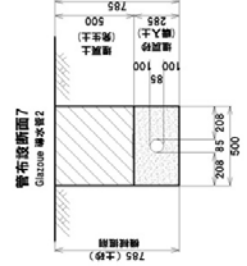
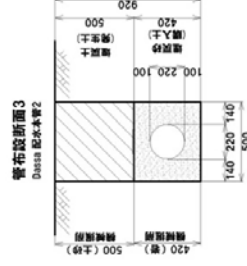
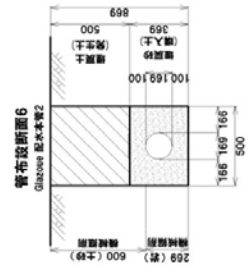
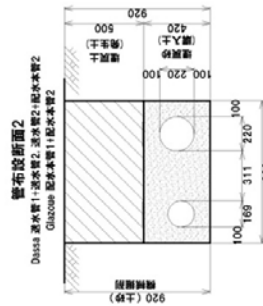
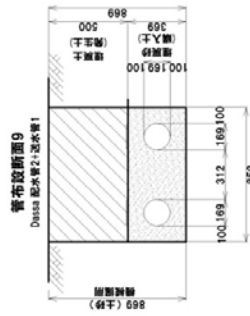
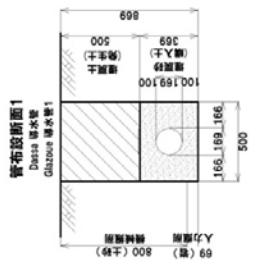
ダッサズメ平面図(2/3)



ダッサズメ平面図(3/3)



管布設断面図



3-2-4 施工計画/調達計画

3-2-4-1 施工方針/調達方針

(1) 基本方針

本プロジェクトのベナン側実施機関は、SONEB である。建設される給水施設の運営・維持管理は、SONEB の DRAB の監督の下、ダッサズメ支所及びグラズエ支部が担当する。本プロジェクトの実施に係るコンサルタント及び請負業者との契約は、SONEB が行う。

本プロジェクトの詳細設計（設計図書作成）、入札業務の補助及び工事期間中の施工監理は、日本国籍のコンサルタントが担当する。無償資金協力の実施に係る交換公文(Exchange Note : E/N) 及び贈与契約（Grant Agreement : G/A）が署名された後、SONEB はコンサルタント・サービスに係るコンサルタント契約を締結する。

本プロジェクトの建設工事及びは、日本国法人の請負業者によって行われる。SONEB はコンサルタントの支援の下で入札を実施し、本邦請負業者を選定する。コンサルタントは請負業者の実施する建設工事に対して、施工監理を行う。SONEB は建設工事の進捗に応じて、コンサルタント及び請負業者への支払いに係る証明書の承認、発給等を行う。

(2) 施工方法

本プロジェクトで採用する施工方法は、現地の建設事情や技術レベルを勘案して、現地の作業員や資機材を最大限に活用できる方法とし、雇用機会の創出に寄与する。

(3) 現地業者の活用分野・方法

ベナンでは、本プロジェクトのような大規模な工事を本邦請負業者のサブコントラクターとして、一括で請負える業者は少ない。このため、本プロジェクトでは、現地業者をサブコントラクターとして一括で起用する形態ではなく、本邦請負業者が現地の技術者や作業員を雇用し、本邦請負業者が派遣する日本人技術者の指導及び管理の下で工事を行う直営方式を採用する。ただし、ベナン内で多く採用されている標準設計のコンクリート製高架水槽の建設については、同タイプの高架水槽の建設に豊富な経験を有する現地業者がいることから、本邦請負業者の管理の下で下請け業者として活用する。

(4) 技術者派遣の必要性

本プロジェクトで建設する給水施設は、土木、建築、電気及び機械設備で構成される複合施設である。これらの施設を設計で要求する仕様や品質を満足して施工するためには、請負業者の日本人技術者を現地に派遣して、現地技術者を指導しながら、工事を行う必要がある。具体的には、工事全体を統括する所長の他、現場において技術面での指示や品質管理を担当する副所長、各種工事の現場作業チームを管理・監督する技術者（土木技術者 2 人、配管技術者 2 人）、現地傭人の人事管理や総務・経理を担当する事務責任者、日仏通

訳の合計 8 人の派遣が必要である。

一方、作業員についてもベナンでは各種の工事に専門的な技術を持つ作業員は少なく、その技術水準も低い。このため、工事の品質を確保するためには、専門工として実際の作業を行う日本人技能工の派遣が必要である。日本人技能工の派遣が必要な工種としては、大型土木構造物の建設に対応するための鉄筋工（1 人）、型枠工（1 人）及び防水工（1 人）、ポンプや制御盤、消毒設備の据付けのための機械設備工（1 人）、電力の動力線引き込みのための電気工（1 人）の合計 5 人が必要である。

3-2-4-2 施工／調達上の留意事項

(1) 施工に対する留意事項

1) 仮設工事

本プロジェクトで建設する高架水槽は高さ 20m を超える大型構造物であり、同施設を建設するに当たっては、仮設工事として、支保工や足場工が必要である。掘削工事に関しては、高架水槽の基礎掘削でも最大深は 3m 程度であり、地下水の湧出もないことから、大規模な仮設工事は不要である。また、計画施設の建設予定地へのアクセスは、すでに確保されているため、新たな仮設道路の整備も不要である。

2) 土工

本プロジェクトの掘削、埋戻し、転圧等の作業は、原則として機械力によるものとする。配管のトレンチ掘削で岩掘削が必要となる区間は、大型ブレイカーを併用して掘削を行う。

3) 基礎工事

現地調査で実施した地盤調査の結果、原水貯水槽や高架水槽の建設予定地は良好な地盤に建設されることや施設の荷重が概ね 50kN/m^2 と小さいことから、基礎形式は直接基礎を採用する。

4) コンクリート工

対象サイト及びその周辺地域には、レディーミクスト・コンクリートのプラントはない。このため、本プロジェクトのコンクリートの生産は、現場練りとする。コンクリートの品質管理の観点からは、簡易バッチャープラントを導入することが望ましいが、本プロジェクトの工事では、高架水槽のフーチングやスラブを除くと、1 日当りの打設量は 50m^3 未満であるため、コンクリートミキサーによる練り立て、人力もしくはホッパーを用いた打設とする。

5) 型枠工

本プロジェクトで建設する原水貯水槽や高架水槽は、その規模は大きいものの、比較的単純な構造の施設である。このような構造物の型枠には、コンクリート用型枠合板（コンパネ）を用いるのが一般的である。本プロジェクトにおいても、作業性やコンクリート面

の仕上りを考慮してコンパネを使用する。

6) 支保工

本プロジェクトで建設する高架水槽は、水槽底盤までの高さが約 17m と高いことや枠組み足場を足場工として常設することから、支保工も枠組み足場を採用する。

7) 足場工

足場は鉄筋、型枠、コンクリート打設工事のために設ける。これらの目的で設置する足場は、枠組み足場を採用する。コンクリートを打設する必要のない場合には、単管足場とする。なお、高架水槽の施工に当っては躯体の周囲に枠組み足場を常設する。

8) 配管工

配管工事は、機械施工を原則とする。配管用のトレンチ掘削は土質性状から、対象サイトのほとんどの場所で、土留めなしの素掘りでの掘削が可能である。管の布設に当っては、埋戻し土中の礫によって管が損傷するのを防止するため、管の周囲をサンドベッドで 360 度の巻き立てを行う。

舗装道路（アスファルト舗装あるいはインターロッキングによるコンクリート・ブロック舗装）での配管工事は、管の布設後、舗装の復旧を行う。なお、本プロジェクトの対象サイト及びその周辺にはアスファルトプラントがないことから、コールドアスファルト合材を利用した舗装復旧を行うものとする。

9) 電気・機械設備工事

本プロジェクトの電気及び機械設備工事は、土木工事や建築工事が終わりに近づき、機器の搬入・据付けが可能になった時点で開始する。ただし、躯体に埋設する電線管等は、コンクリート打設前に十分に確認の上、事前に配置する。

10) その他

本プロジェクトの工期の設定に当っては、各種工事の工事数量の他、ベナンの休祭日の日数、作業に影響する降雨日数等を勘案して必要な工期の算定を行う。また、上記の施工条件を勘案して、本プロジェクトの主要工事である高架水槽や配管工事の施工工期からクリティカルパスを検討し、本プロジェクトを実施する上での必要な工期を検討する。

(2) 工期の設定に係る留意事項

本プロジェクトの工期の設定に当っては、各種工事の工事数量の他、ベナンの休祭日の日数、作業に影響する降雨日数等を勘案して必要な工期の算定を行う。また、上記の施工条件を勘案して、本プロジェクトの主要工事である高架水槽や配管工事の施工工期からクリティカルパスを検討し、本プロジェクトを実施する上での必要な工期を検討する。

(3) 労働基準の遵守

本プロジェクトの請負業者はベナンの労働法規を遵守して労働者の調達を行うものとする。同国の労働関連の法規には、以下の規定がある。

- ① 労働日： 週休2日制（毎週土、日曜日）
- ② 作業時間： 40時間／週、8時間／日、（8:00～12:00、15:00～18:30）
- ③ 残業時間： 8時間未満超過分は112%（月～金）
8時間以上超過分は135%（月～金）
- ④ 休日出勤： 150%（土日祭日）
- ⑤ 夜勤： 150%（21:00～5:00）
- ⑥ 年休： 通年労働の時、24日間（一般：2日間／月）
- ⑦ 退職金： 1.0月／年
- ⑧ 社会保険： 雇用種負担19.4%
- ⑨ 所得税： 従業員負担3.6%、雇用者負担8.0%

3-2-4-3 施工区分／調達・据付け区分

本プロジェクトを実施するに当たり、日本側とベナン側の給水施設の建設及び機材の調達に係る分担範囲は以下のとおりである。

(1) 日本側の分担範囲

- ① 「3-2-2 給水計画」に示したグラズエ市及びダッサズメ市の給水施設の建設。
- ② 日本及び第三国から調達される資機材及び調達機材のベナンまでの海上輸送。
- ③ 資機材及び調達機材の陸揚げ港からプロジェクトサイトまでの内陸輸送。
- ④ コンサルタント業務（詳細設計、入札図書の作成、入札業務補助、施工監理、調達監理）。

(2) ベナン側の分担範囲

- ① 本プロジェクトの工事に必要な現場事務所、資材置場等の仮設用地の確保。
- ② 施設建設用地（井戸、原水貯水槽、高架水槽）の確保。
- ③ 給水装置の接続に係る水道メーター、配管材の調達及び接続工事。
- ④ 資機材及び機材の速やかな通関手続き及び免税措置。
- ⑤ ベナン側プロジェクト担当者の派遣とその費用負担。

3-2-4-4 施工監理計画／調達監理計画

日本のコンサルタントがベナン政府とのコンサルタント業務契約に基づき、実施設計業務、入札関連業務及び施工監理業務の実施にあたる。

(1) 実施設計業務

コンサルタントが実施する実施設計業務の主要内容は、以下のとおりである。

- ① ベナンの実施機関との着手協議、現地調査
- ② 追加の自然条件調査（測量調査、揚水試験、水質分析等）、既設管路の詳細把握
- ③ 観測井の設置、観測機材（水圧感知式水位計、ロガー、バッテリー、観測箱）の据付
- ④ 詳細設計、図面作成、事業費積算

(2) 入札関連業務

入札から工事契約までの期間に実施する業務の主要内容は、以下のとおりである。

- ① 入札図書の作成
- ② 入札公示
- ③ 入札業者の事前資格審査
- ④ 入札実施、応札書類の評価
- ⑤ 契約促進業務

(3) 施工監理業務、調達監理業務

コンサルタントは、施工業者が工事契約及び施工計画に基づき、実施する工事の施工監理を実施する。その主要項目は以下のとおりである。

- ① 測量関係の照査・承認、施工計画の照査・承認
- ② 品質管理、工程管理、出来形管理、安全管理
- ③ 関係機関との協議、調整
- ④ 出来高検査及び引渡し業務

3-2-4-5 品質管理計画

コンサルタントは、施設建設に関連して請負業者に対して、下記の項目の分析・試験等の実施を指示し、その結果を品質管理に反映させる。

表3-2-11 品質管理に係る分析・試験方法

工種	試験項目	試験頻度	備考
1. コンクリート工			
(1) 試験練	細骨材粒度分析	配合毎に1回	フルイ法
	粗骨材粒度分析	同上	フルイ法
	塩化物イオン濃度試験	同上	カンタブ法
	圧縮強度試験	同上	7日及び28日強度
(2) 現場打設	スランプ試験	50m ³ 毎に1回	
	塩化物イオン濃度試験	2週間に1回	カンタブ法
	圧縮強度試験	50m ³ 毎に1回	7日及び28日強度
2. 鉄筋工	-	搬入毎	ミルシートの確認
3. 配管工	水圧試験	管布設完了後、仕切り	

工種	試験項目	試験頻度	備考
		弁の区間毎に1回	
4. 取水井工	ベナンの基準による水質試験	各取水井の地下水について1回	公的検査機関に検査を依頼

なお、コンクリートの試験については、「ベ」国内に試験を依頼できる会社や機関がないため、試験器具は施工業者が調達して、現地に持ち込むものとする。日本から調達する資機材の内、ポンプ等の設置機材については、工場検査を実施し、品質・機能等を事前に確認する。出来高管理は、適宜測量班（測量士、測量補助）を配置し、施設建設の仕上がり状況をチェックする。これらの費用は共通仮設費で計上する。

3-2-4-6 資機材等調達計画

本プロジェクトの主要な工事用資機材は、セメント、鉄筋、配管材（ダクタイル鋳鉄管、水道用亜鉛引き鋼管、水道メーター、弁類等）、井戸用水中モーターポンプ、送水ポンプ（陸上ポンプ）、消毒設備等である。これら建設資機材の調達計画は、品質、調達の難易度を勘案して以下のとおりとする。

(1) 工事用資機材の調達

1) セメント

ベナンにはセメント工場がある他、国内の市場ではナイジェリア製やトルコ製のセメントが多く出回っている。品質及び安定供給に問題ないと判断し、セメントはベナン製の他、ベナンの市場で入手できるセメントを使用する。

2) 鉄筋

ベナンでは鉄筋を製造していないが、ナイジェリア製あるいはトルコ製の鉄筋が国内の市場で入手できる。サイズ、品質、数量ともに問題ないため、現地調達とする。

3) 配管材

ベナンではダクタイル鋳鉄管や鋼管は製造していない。また、これらの配管材を同国の市場で調達するのも困難であり、輸入する必要があると判断する。通常、日本からの調達は、製品の値段や輸送費の面で割高になると言われてきたが、昨今の円安傾向の状況下では、欧州等からの調達価格とさほど変わらないことから、配管材は日本からの調達とする。

4) 井戸用水中モーターポンプ

井戸用の水中ポンプや送水ポンプは建設する給水施設の中で最も信頼性と耐久性が求められる設備であることから、本プロジェクトでは、品質や耐久性の面で信頼性の高い日本製を調達する。

5) 非常用発電機

ベナン国内は商用電気の供給が不安定であり、一般家庭でも非常用発電機が利用されて

はいるが、ベナン国内で製造されている非常用発電機は無く、主にヨーロッパからの輸入品が市場に流通している。本プロジェクトでは維持管理の観点から、ベナン国内で入手可能な非常用発電機を調達するものとする。

6) 消毒設備

本プロジェクトでは、高度さらし粉を消毒剤として使用し、同薬剤を溶解して、その溶液を原水貯水槽にて自然流下で注入する。ベナンにはこれらの機器の販売代理店はないため、本プロジェクトでは、品質や耐久性の面で信頼性の高い日本製を調達する。

表3-2-12 工事用資機材の調達先

資機材名	現地	日本	第三国	備考
セメント	○			輸入品を現地調達
骨材	○			
鉄筋	○			輸入品を現地調達
配管材 (DCIP)		○		
配管材 (SGPW 管)		○		
弁類		○		
井戸水中モーターポンプ		○		
送水ポンプ (陸上ポンプ)		○		
非常用発電機		○		
消毒設備		○		

3-2-4-7 初期操作指導・運用指導等計画

本プロジェクトの工事に関連して、請負業者が調達し、据え付けを行うポンプ類、消毒設備、非常用発電機等の機器単体の操作方法は、竣工時に請負業者の技術者が SONEB の技術要員に対して、指導を行うものとする。一方、給水施設全体の運転・維持管理、運用に係る技術は、ソフトコンポーネントの枠組みの中で、コンサルタントから派遣される日本人技術者の指導の下で実施されるものとする。

3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画

(1) ソフトコンポーネントの必要性

対象地域は水源に乏しく、給水は地域の公共サービスのなかで最も要望が高い。水源の確保と給水網の整備というハード面の整備が喫緊の課題である一方、住民側の水利用および給水サービスの活用方法を改善し、その認識を向上させることが、安全な水の利用および公衆衛生の改善と持続的地下水の利用のために重要である。

(2) 計画対象村落における給水運営・維持管理の課題

社会状況調査で調査したグラズエ市及びダッサズメ市の SONEB による給水状況を踏まえ、ソフトコンポーネントで対応すべき課題及び対応策案を以下のとおり整理した。

1) 施設運用面の課題

施設の維持管理面においては、本事業で計画する高架水槽あるいは配水池に一時貯水する配水システムは、これまで当該地域での導入経験がなく、SONEB 職員は取水量と配水量のバランスやポンプの維持管理など、システムの運用、維持管理の知見が乏しい。また、地下水の水源量が限られているため、地下水のモニタリングを通じて取水に伴う適切な水源管理ができない場合、ポンプの破損や、水源井の早期の枯渇及び破損につながる。よって、これらに関する指導をソフトコンポーネントで行う。

課題	対応策
本事業で計画する高架水槽あるいは配水池に一時貯水する配水システムは、これまで当該地域での導入経験がなく、SONEB 職員には当該システムを運用するために必要とされる知見が乏しい。	本事業で導入するシステムで貯水量、揚水量、配水量のモニタリングと運用、保守点検について研修を実施する。
井戸の水量が限られているため、年間を通じて地下水のモニタリングを行い、取水に関する適切な水源管理が必要である。	地下水の取水に伴い、水位計測を実施し、取水量の増減の管理について研修を行う。
一部の井戸水に基準を超えるフッ素が含まれている。	フッ素濃度の高い井戸水と低い井戸水と混合し、フッ素濃度を基準値未満に低減させ、水を供給することから、フッ素濃度を測定し、混合比率の計算や揚水量の調整方法について研修を行う。
適正な塩素注入操作が行われていない。	塩素注入量の算定、残留塩素の測定とその値のフィードバック方法について研修する。

2) 給水の利用に係る課題と対応策

住民は SONEB の給水能力は需要を満たせないと認識しているため、本事業による新たな水源開発に伴い取水量が増加した場合、SONEB の、給水能力・給水サービスがどのように改善されるか、給水量の増加を含め、正しい情報の周知が必要である。給水事業の運営維持管理を持続的に実施するために、料金の支払いが滞りなく行われるよう促進することも重要な課題となる。そこで、住民へ SONEB の給水事情が改善したことを宣伝することで、正しい給水サービスの利用を啓発する。

課題	対応策
SONEB の給水量が不安定もしくは給水されないため、市民は SONEB の配水網への接続に対して消極的となっている。	本事業による給水能力の向上を住民に対して説明し、水道への接続を促進する
料金の未払いにより給水をストップされる顧客が発生している。	SONEB により、給水への接続条件、料金支払いに関する説明会を実施する。

3) 衛生面の課題

水利用時の衛生について啓発活動は行われておらず、不衛生な水運搬用のポリ容器や家庭でのふたのない容器の利用などがみられる。そのため、給水量および取水時における水

質が改善された場合でも、その後の住民の運搬、保管が適切に行われず不衛生な状態である場合、雑菌や大腸菌などが混入し、水因性疾患の原因となる恐れがある。そこで、水の衛生的管理について住民を啓発し、安全で衛生的な水利用を促進する活動を実施する。

課題	対応策
水の運搬時及び保管時の水の衛生管理が不適切である。	住民に対して、衛生と水に関する啓発活動を実施する。
下痢等、水因性の疾患が多い。	住民に対して、衛生と水に関する啓発活動を実施する。

(3) ソフトコンポーネントの目標

本ソフトコンポーネントの目標は、1) 「SONEB が安定的、継続的給水のため、水源および給水施設の運用・維持管理に必要な知識・技能が習得される」、2) 「住民が SONEB の給水事業を正しく理解し、給水システム利用が促進される」こと、また、住民の水の運搬、保管、家庭でできる安全な水処理等について衛生に係る啓発を行い、3) 「住民が安全で衛生的に水を利用する」こととする。

(4) ソフトコンポーネントの成果

成果1：給水施設の運用方法・維持管理に必要な知識・技能が習得される

活動：SONEB 担当職員に対して、以下の技術研修を行う

- ・ 施設の日常及び定期メンテナンス、問題発生時の自己診断と対処方法
- ・ 地下水位をモニタリングし、収集したデータを運転管理へフィードバックする
- ・ 水質をモニタリングし、収集したデータを運転管理へフィードバックする

成果2：住民が SONEB の給水事業を正しく理解し、給水システム利用が促進される

活動：住民に対し、以下の活動を行う

- ・ SONEB の給水施設の仕組み、本事業の実施で改善された事項、給水トラブルの対処法及び料金支払いの仕組み等のサービスの利用方法についての説明会を開催する。
- ・ 給水施設、水供給の仕組み、料金体系、接続の手続き等を説明した啓発用パンフレットを作成し、啓発活動に利用する

成果3：住民が安全で衛生的に水を利用する

活動：住民に対し、以下の活動を行う

- ・ 水と公衆衛生、水利用時の衛生的管理について住民啓発活動を実施する

(5) 成果達成度の確認方法

成果を達成するための指標と成果達成度の確認方法は、表 3-2-13 のとおりである。

表3-2-13 成果に対する成果達成度の確認項目と方法

成果	達成度の確認項目	確認方法
成果①：給水施設の運用方法・維持管理に必要な知識・技能が習得される	<ul style="list-style-type: none"> SONEB 職員の理解度 習得知見の実務での運用 	研修時の理解度確認、給水開始半年後に、揚水量、給水量、フッ素濃度、残留塩素の記録から最適な運転が実施されているかを確認する。
成果②：住民が SONEB の給水事業を正しく理解し、給水システム利用が促進される	<ul style="list-style-type: none"> SONEB 給水を利用する顧客数 料金の支払いが滞っている顧客数 	給水サービス利用者の増加、未払い顧客の減少について、顧客データベースの確認を行う。
成果③：住民が安全で衛生的に水を利用する	<ul style="list-style-type: none"> 水の運搬、保管方法 家庭での水の衛生的取扱い方法 	住民へのインタビュー。*1

*1：インタビュー実施時に、病気（水因性疾患）に関する調査を補足で行うことにより、その集計結果を目標年（2020年）においてプロジェクト効果を測る際のベースラインとして活用できるようにする。したがって、目標年にプロジェクト効果を検証する際には、本案件でインタビューする対象者と同じ対象者に対し、水因性疾患について確認することを推奨する。インタビュー結果については、ソフトコンポーネント完了報告書の中に記載する。

（6）投入計画

投入計画を以下に示す。

【成果1の活動内容】

活動1 給水施設の適切な管理および運用研修の実施	
活動 1-1	施設の日常運用及び定期メンテナンス研修
内容	<p>職員に対し、貯水量と配水量のモニタリング、施設の日常および定期メンテナンスの実施、問題発生時の対処方法について研修を行う。</p> <p>給水開始後、住民のマクロ的な水利用を把握する。具体的には配水本管に設置されている流量計や圧力計を時間毎、曜日毎に記録を取る。これから原水貯水槽や高架水槽の容量、井戸ポンプの揚水量を考慮し、ポンプの運用や定期点検方法を含む最適な運転方法を SONEB 職員と共に検討する。</p> <p>停電時、井戸水位低下、フッ素濃度増加時など問題発生時について、運転状況や活動 1-2、1-3 に示すモニタリング結果も反映できる対応を SONEB 職員と共に検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 貯水施設内の貯水量と配水量のモニタリング ポンプの運用、定期点検 問題発生時の診断と対処方法 <p>給水開始半年後に、活動 1-2、1-3 のモニタリング結果を SONEB 職員と共に解析し、運転方法に反映させる。</p> <p>1 回目の派遣は給水施設の運転・モニタリング方法の指導、2 回目の派遣はモニタリング結果を解析し、運転方法に反映する指導を行う。</p>
活動者	邦人コンサルタント（1名）
対象者	SONEB 担当職員（2 - 3名）
期間	派遣は2回、各10日間（計20日間）

実施時期	給水開始直後、給水開始 6 カ月後
成果品	運転記録
活動 1-2	地下水位のモニタリング及びデータの活用研修
内容	<p>本計画で利用する井戸は不圧水と推定されており、揚水量について降雨量の影響を直接受けやすい。年間通して揚水した場合の地下水位を測定し、可能揚水量の把握に反映させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 水位観測体制の構築 • 地下水位のモニタリングおよび収集データの運転管理へのフィードバック <p>モニタリング結果を SONEB 職員と共に解析し、水需要量によっては、揚水量を各月によって増減させる。</p> <p>1 回目の派遣はモニタリング方法の指導、2 回目の派遣はモニタリング結果を解析し、運転方法に反映する指導を行う。</p>
活動者	邦人コンサルタント (1 名)
対象者	SONEB 担当職員 (2 - 3 名)
期間	派遣は 2 回、各 5 日間 (計 10 日間)
実施時期	給水開始直後、給水開始 6 カ月後
成果品	水位記録、運転記録
活動 1-3	水質のモニタリング及びデータの活用研修
内容	<p>本計画井戸のフッ素濃度がベナンの飲料水基準 (1.5mg/リットル) を超えている。その対応としてフッ素濃度の低い井戸と混合させて、飲料水基準を満たすように供給する。計算方法については添付資料 11 参照。</p> <p>年間を通して、フッ素濃度をモニタリングすることによって、月間のフッ素濃度が把握でき、濃度の低い井戸と高い井戸の混合比率の把握に反映させる。</p> <p>グラズエ市、ダッサズメ市において適正な塩素注入操作が行われていないので、塩素注入量の算定や残留塩素の測定を行い、適正な残留塩素管理のフィードバックを実施する。</p> <p>フッ素・残留塩素だけでなく、当初懸念されていた硝酸についてもモニタリングする。その他基礎情報として pH や電気伝導度も測定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 水質測定体制の構築 • 水質のモニタリングおよび収集データの運転管理へのフィードバック <p>モニタリング結果を SONEB 職員と共に解析し、水需要量とフッ素濃度を考慮して、各井戸の揚水量や混合比率を変化させる。</p> <p>1 回目の派遣は分析機器の使用とモニタリング方法の指導、2 回目の派遣はモニタリング結果を解析し、運転方法に反映する指導を行う。</p>
活動者	邦人コンサルタント (1 名)
対象者	SONEB 担当職員 (2 - 3 名)
期間	派遣は 2 回、各 5 日間 (計 10 日間)
実施時期	給水開始直後、給水開始 6 カ月後
成果品	水質記録、運転記録

【成果2の活動内容】

活動 2：給水事業に対する啓発活動の実施	
活動 2-1	SONEB 給水サービスについての広報内容の協議・決定
内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 広報パンフレットの内容を協議・検討 ● 啓発活動の内容について協議
活動者	現地コンサルタントコミュニティ開発 (1名) SONEB 職員 (ダッサズメ支所) (1名) 邦人コンサルタント (1名)
対象者	対象サイト住民向け内容
期間	4 日
実施時期	工事中
成果品	広報内容原稿
活動 2-2	パンフレット・ポスターの作成
内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 配布するパンフレット内容の協議 ● パンフレット・衛生教育用ポスター作成 ● 配布場所の決定、配布
活動者	現地コンサルタントコミュニティ開発 (1名) 現地グラフィックデザイナー (1名) SONEB 職員 (1名) 邦人コンサルタント (1名)
対象者	パンフレットを利用する地域住民
期間	20 日
実施時期	工事中
成果品	パンフレット・ポスター完成品
活動 2-3	各地区 (Arrondissement) での給水事業に対する啓発活動の実施
内容	内容 <ul style="list-style-type: none"> ● 本プロジェクトの概要説明 ● 本プロジェクトで給水インフラがどのように改善したかの説明 ● SONEB サービスへの接続手続き、条件の説明 ● SONEB の料金について、料金体系、集金方法についての正しい情報の提供、SONEB サービスへの理解を促進
活動者	現地住民啓発コンサルタント (3名) 邦人コンサルタント (1名)
対象者	各地区住民への啓発集会の実施
期間	プログラム内容検討・プログラム準備(4日間) 市役所への説明・各地区との調整(4日間) 啓発活動の実施(各地区 2 日間×7 地区=14 日間) 計：22 日間
実施時期	工事中
成果品	啓発活動実施報告書

【成果3の活動内容】

活動3：衛生保健活動の強化	
活動3-1	地域住民への水衛生に関する啓発ワークショップの実施
内容	啓発活動の実施 内容 <ul style="list-style-type: none"> ● 水栓から家までの水の運搬時および水の保管時の衛生管理についての啓発 ● 生活における保健、衛生に関する教育 ● 家庭での水の取扱い方法・滅菌方法認、一般向け滅菌剤のサンプル配布 ● 水栓から家までの水の運搬時および水の保管時の衛生管理についての啓発 ● 硝酸の地下水混入への害について周知、住民へのトイレ設置の啓発を行う水利用者組合の紹介、活動説明 ● 給水施設の使用上の注意事項の説明
活動者	現地住民啓発コンサルタント（3名） 邦人コンサルタント（1名）
対象者	地域住民・青少年
期間	啓発ワークショップ開催場所への説明・各地区との調整（4日間） プログラム内容検討・プログラム準備（4日間） 家庭訪問型啓発活動各地区2日×7地区=14日間 集会による啓発活動各地区1日×7地区=7日間 計：29日間
実施時期	工事中
成果品	衛生教育実施記録

詳細はソフトコンポーネント計画書に示す。（添付資料13参照）

3-2-4-9 実施工程

本プロジェクトは日本政府とベナン政府との間で E/N が締結された後、JICA と SONEB による G/A に基づき、日本の無償資金協力事業によって実施される。事業の実施には、E/N 締結後から入札業務までを含む実施設計に 11 カ月、その後、業者契約、建設工事に 13 カ月を要し、全体で 24 カ月である（下図参照）

【実施設計】

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
実施設計	■ (現地調査)												
				■ (国内作業)									
								■ (現地調査)					
		計 11カ月				(公示・入札)			■				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
施工・調達	■ (準備工)												
		■ (送配水管敷設)											
		■ (原水貯水槽工事)											
			■ (高架水槽工事)										
								■ (取水設備工事)					
		計 13カ月								(据付、調整、検査)			■

図3-2-5 実施工程表

3-3 相手国側分担事業の概要

3-3-1 ベナン側負担の手続き事項

本プロジェクト実施に際して、ベナン側に求められる措置及び作業は、本調査時のミニッツで合意された内容を踏まえ、以下のとおりとする。

- ① 日本の無償資金協力として実施するための条件として、ベナン政府は本プロジェクト実施に係る全ての要員の安全を確保する。
- ② ベナン政府は銀行取極め (B/A) を行い、B/A を締結した銀行に対し、支払い授權書 (A/P) の通知手数料及び支払い手数料を負担する。
- ③ 本プロジェクトで調達される機材の陸揚げ、輸入通関に係る手続き及び関税の免税措置を速やかに実施する。
- ④ 本プロジェクト実施に関わる邦人の役務遂行を円滑にするため、ベナンへの入国及び滞在に必要な便宜を与える。
- ⑤ 本プロジェクト実施に際し、ベナンで邦人に課せられる付加価値税 (VAT) 、関税及びその他の税金を免除する。
- ⑥ 本プロジェクト実施に関し、必要とされる情報及びデータを提供する。
- ⑦ 本プロジェクトの実施に必要な土地を確保し、整地する。
- ⑧ 本プロジェクトで調達された機材を適性かつ効果的に維持管理し、使用する。
- ⑨ 本プロジェクト実施における施設建設、機材の運搬及び据付けに必要な費用のうち、無償資金協力でカバーできない全ての経費を負担する。
- ⑩ 本プロジェクトにおいて調達された資機材は、ベナンより輸出／再輸出されてはならない。

3-3-2 ベナン側分担事業

ベナン側分担事業として下記項目が掲げられる。

- ① SONEB の管理下にある施設内に、調達業者及びコンサルタントが現地事務所を開設するための場所を無償で提供する。
- ② 建設時における資機材の仮置き場を提供する。
- ③ 施設試運転時及び試運転後のポンプ運転にかかる人件費、電気料金等を負担する。
- ④ 本プロジェクト実施中の現場周辺のアクセス道路の補修及び維持管理を行う。
- ⑤ 井戸ポンプや送水ポンプの電源に関しては、トランスの設置までを行う。
- ⑥ 取水施設、原水貯水槽、高架水槽のフェンス設置を行う。

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

3-4-1 運営・維持管理計画

本プロジェクトの給水施設の運営・維持管理方法は、現在、グラズエ市及びダッサズメ市で SONEB が実施している方法を踏襲する。その概要を以下に示す。

- ・ダッサズメ支局 : ポンプの運転、小規模な漏水修理、新規契約による接続、検針、不払いによる給水停止
- ・DRAB : 中規模な配管修理、配電盤の修理、請求書の発行
- ・SONEB 本部 : 大規模な修理（井戸改修、ポンプに入替など）、給与の支払、電気料金の支払い、物品・資材（さらし粉、量水器）の購入

また、本プロジェクトの給水施設の運営において、以下の点に特に留意する必要がある。

開発できた地下水はいずれも不圧地下水であり、揚水量は雨季の降水量に大きく左右されると思慮されるため、年間を通じて地下水のモニタリングを行い、取水に関する適切な水源管理が必要である。また、一部の水源井戸の水は、ベナンの水質基準を超えるフッ素が含まれていることから、フッ素濃度が水質基準を超える場合には、フッ素濃度の高い井戸水と低い井戸水と混合し、フッ素濃度を基準値未満に低減させ、水を供給することが望まれる。ただし、本調査で実施した水質試験は、地下水涵養が見込めない乾季に行っており、雨季直前の渇水期における地下水の水質は年間を通して最も厳しい数値になる、つまり、雨季と乾季で水質の濃度が変化するものと考えられることから、水質に関しても年間を通じてモニタリングを行う必要がある。

3-4-2 運営・維持管理体制

運営・維持管理計画において、グラズエ市及びダッサズメ市における水道施設の運営・維持管理体制を図 3-4-1 に示す。ダッサズメ支局は DRAB の一支局であり、ダッサズメ市とグラズエ市にある SONEB 水道施設の運営を行っている。現在は 13 人体制で運営・維持管理を行っているが、プロジェクト開始後は、給水量がグラズエ市で 2.7 倍、ダッサズメ市で 3.9 倍に増加することを考慮して、施設運用員（1 人から 2 人に）、配管工（1 人から 3 人に）、検針員（グラズエ市では 2 人から 3 人に、ダッサズメ市では 3 人から 5 人に）を増員させて、19 人体制で実施する計画を提案する。但し、本プロジェクト開始時は、配管接続が過渡期になることが予想される。維持管理体制とその人員については、SONEB とも協議しながら、実際の仕事量や収入を考慮して決定するものとする。

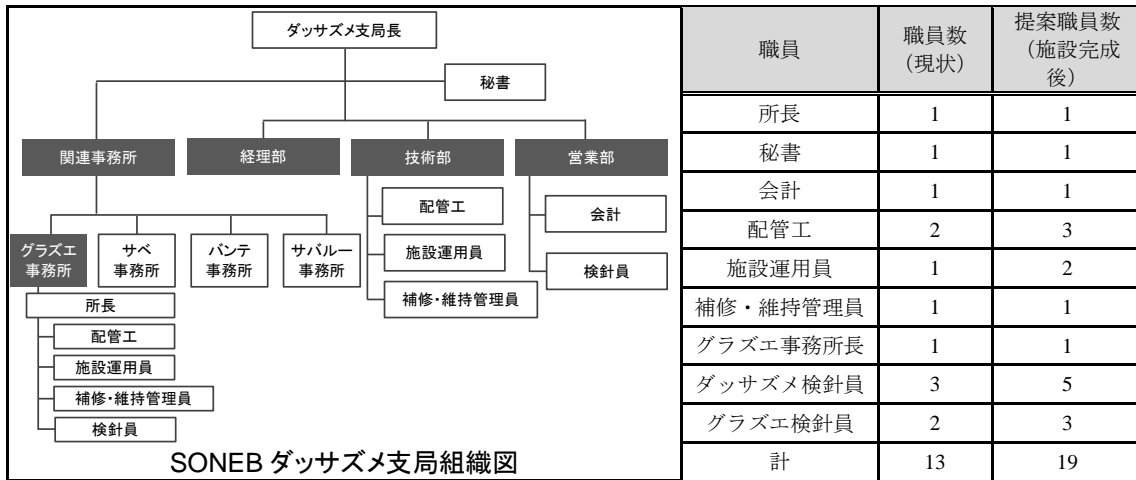


図3-4-1 グラズエ市、ダッサズメ市の運営・維持管理体制

3-5 プロジェクトの概略事業費

3-5-1 協力対象の概略事業費

本協力対象事業を実施する場合に必要な事業費総額は、1,086.4 百万円となる。また、日本とベナンとの負担区分に基づく双方の経費内訳は、以下のとおりである。ただし、この額は交換公文上の供与限度額を示すものではない。

3-5-1-1 日本側負担経費

表3-5-1 日本側負担経費

項目				概算事業費 (百万円)
建設費	施設	グラズエ 給水施設	管布設	189.1
			送配水施設	136.1
			取水井戸	28.8
		ダッサズメ 給水施設	管布設	300.0
			送配水施設	163.4
			取水井戸	38.7
実施設計・施工監理費・ソフトコンポーネント (実施設計時に供与する機材費を含む)				163.7

合計は四捨五入の関係上一致しない場合がある。

3-5-1-2 ベナン側負担経費

表3-5-2 ベナン側負担経費

項目	金額 (百万 CFA)	同左円換算 (百万円)
プロジェクト実施時のベースキャンプ用地の整備費	0	0
受電設備一式	105	21
フェンスの設置	61	12.2
各戸接続用資材 (量水器、バルブ、配管など)	62	12.4
EIA に係る費用	100	20
B/A 及び A/P に係る費用	4	1.0
免税措置に係る費用	0	0
合計	332	66.6

3-5-1-3 積算条件

- ① 積算時点： 平成 27 年 10 月
- ② 為替交換レート*： 1€ = 132.80 円
*：平成 27 年 2 月～4 月の平均 1CFA = 0.200 円
注) 1EUR=655.957CFA (固定) を使用
- ③ 施工・調達期間： 入札業務等の実施設計、機材調達・据付けに係る期間は、実施工程に示したとおりである。
- ④ その他： 積算は、日本国政府の無償資金協力の制度を踏まえて行うこととする。

3-5-2 運営・維持管理費

3-5-2-1 運営・維持管理費の収支

本プロジェクトの実施に伴う両市を合わせた運営・維持管理費の試算結果を表 3-5-3 に示す。収支は約 5,196 万 CFA（約 1,092 万円）の黒字となり、本プロジェクトによる施設完工後は、経営面では安定した施設運営が実施されると判断する。

表3-5-3 運営・維持管理費の試算結果

項目	式	合計	備考
収入			
一日平均取水量 (m ³ /日)	①	2,008	656(グラズエ)+1,352(ダッサズメ)
有効率	②	0.8	
一日平均給水量 (m ³ /日)	③=①×②有効率	1,606	
一月当り平均給水量 (m ³ /月)	④=③×30日	48,192	
水栓数	⑤	2,678	875(グラズエ)+1803(ダッサズメ)
1 栓当りの月間使用水量 (m ³ /栓)	⑥=④÷⑤	18.0	
5m ³ までの料金 (198CFA/m ³)	⑦= (198×5)	990	
5m ³ 以上の料金 (384CFA/m ³) *	⑧= (⑥-5) ×384	4,992	税金除く
1 栓 1 月当りの収入 (CFA/栓/月)	⑨=⑦+⑧	5,982	
年間収入額 (千 CFA/年)	⑩=⑨×⑤×12÷1,000	192,238	
支出			
人件費 (CFA/年)	⑪	79,243,200	職員 19 人 (現在 13 人体制)
現状電力費 (CFA/年)	⑫	9,473,412	表 2-1-9 参照
電力費増加分 (CFA/年)	⑬	22,084,976	添付資料 7 参照
ディーゼル代 (CFA/年)	⑭	12,329,700	新規ポンプ用発電機 (総運転時間の 10%) 添付資料 7 参照
塩素滅菌費 (CFA/年)	⑮	4,390,950	一日平均取水量を対象として試算 添付資料 7 参照
その他経費 (CFA/年)	⑯= (⑪+⑫+⑬+⑭+⑮) ×0.10	12,752,224	車両費や文具代等、支出の 10%分
年間支出額 (千 CFA/年)	⑰= (⑪~⑯の計) ÷1,000	140,274	
収支 (千 CFA/年)	⑱=⑰-⑩	51,964	
収支 (千円/年)	⑲=⑱×0.21	10,917	1CFA=0.21 円

*住民は税金を含めた 453CFA/m³を支払うが、SONEB の収入にはならないので税金を除いた単価で計算
(出典：調査団作成)

3-5-2-2 運営・維持管理費の算定条件

運営維持管理費の算定にあたっては、以下の算出方法に基づいて行った。

(1) 収入

- ① 水栓数は表 3-2-10 に示した必要給水栓数が全て設置されたと仮定した。
- ② 水道料金は現行の料金体制を採用する。5m³以上の料金は、住民は税金を含めた 453CFA/m³を支払うが、税金は SONEB の収入とはならないので、税金分を除いた 384 CFA/m³とした。

(2) 支出

- ① 人件費については、表 3-4-1 に示すように、プロジェクト後の職員数（19 人）を基に算出した。
- ② 本プロジェクトでは、停電を考慮して発電機を調達するが、発電機は井戸ポンプ及び送水ポンプ場（原水貯水槽）での利用とし、運転は、送水ポンプの全体運転時間の 10%とした。
- ③ 塩素滅菌の注入率は 1.5mg/リットルとして、さらし粉を使用する。
- ④ その他経費として、車両費や文具代などであり、上記支出の 10%とした。

3-5-2-3 運営・維持管理費における留意点

運営・維持管理費における留意点を以下に示す。

- ① 表 3-5-2 においては、人件費の支出割合は 56%と高くなっているが、人件費の削減は解雇や減給となるため、実質的に困難な面がある。一方、発電機のディーゼル代は、電力料金の約半分の金額を占めている。ディーゼル代は停電時に費用として生じることから、電気会社から停電に関する情報を予め得ておけば、通電中に井戸から水を揚水し、高架水槽や配水池に予め貯水しておくことで、停電時のディーゼル代発生は抑止することができる。
- ② 収支試算における支出の項目において、ポンプなどの主要機材の更新費は計上していない。いずれ、ポンプの更新によってポンプの新規調達と設置に伴う更新費用が必要となる。これら更新費用は黒字となる収益を計画的に貯蓄し準備する必要がある。SONEB による適正な財政計画の検討とその実施が強く求められる。
- ③ SONEB の水道料金は全国同一料金制であり、その体系は世界の多くの国が採用している“逦増料金制”であり、水を多く使うと水単価が高くなる料金体系となっている。そのため、使用量によって水単価が異なるために、水使用量が同じでも、①多くの水栓で少ない水を使用した場合と②少ない水栓で多くの水を使用した場合では、②の水単価が高いので、①よりも全体の水料金が大きくなる現象が生じることになる。

第4章 プロジェクトの評価

4-1 事業実施のための前提条件

本プロジェクトの給水施設（取水施設、原水貯水槽、高架水槽、配管等）は、軍管理地あるいはコミューンが所有・管理する土地や道路下の公有地に建設されるため、住民からの用地取得や移転等の必要はない。一方、本プロジェクトの実施に際しての環境社会面の影響に関しては、ベナンの法令に従って、SONEB が事前に環境影響評価（EIA）を実施する必要がある。

また、本プロジェクトを実施するに当たってのベナン側の施工分担及び経費の負担を要する事項は以下のとおりである。

- ① 取水施設及び原水貯水槽への電力線引き込み工事。
- ② 取水施設、原水貯水槽、高架水槽周りのフェンス設置工事。
- ③ 本プロジェクトの実施に係る SONEB のプロジェクト運営経費
- ④ 本プロジェクトで調達される機材の輸入通関に係る手続き及び免税措置の速やかな実施
- ⑤ 本プロジェクト実施に関わる邦人のベナンへの入国および滞在に必要な便宜供与

4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項

本プロジェクトが実施されると、対象サイトに取水施設、原水貯水槽、高架水槽、配管等の施設が建設され、給水量が現在の約3.4倍に増加することになる。このため、SONEB のダッサズメ支局は、既存施設に加え、これら新規の給水施設を含めた運転・維持管理体制を整備する必要がある。

また、運営面では、増加する給水量が有効に活用されるように給水栓の新規接続に係る住民との契約業務や接続工事（新規に約700栓の接続が必要と考えられる）を遅延なく進めるとともに、水道メーターの検針や料金徴収の体制も整備する必要がある。

上記の技術面及び運営面の業務を適切に実施するためには、ダッサズメ支局の職員を現在の13人から19人に増員する必要がある。これらの運営・維持管理体制の整備は、ベナン側が責任を持って行うことになる。なお、同支局の職員の教育訓練及び運営・維持管理体制の整備については、我が国の無償資金協力事業のソフトコンポーネントのスキームによりベナン側の活動を支援する。

4-3 外部条件

本プロジェクトの効果が発現し且つその効果が持続することで本プロジェクトの目標が達成されるためには、以下の条件が満たされる必要がある。

- ① 対象サイトを含めたベナンの治安が本プロジェクトの実施に影響しない。
- ② SONEB の財政事情が大きく悪化しない。

- ③ 取水井の極端な水質悪化あるいは揚水量減少が生じない。
- ④ 本プロジェクトで研修を受けた SONEB の職員が業務を続ける。
- ⑤ ベナンの給水分野の政策に大幅な変更がない。

4-4 プロジェクトの評価

4-4-1 妥当性

本プロジェクトの対象サイトであるグラズエ市及びダッサズメ市の現状（2014年）における給水率は、わずか17%（グラズエ市14%、ダッサズメ市19%）に過ぎない。全国平均の給水率66.3%（2008年）に比べても極端に低く、安全な水へのアクセスが困難な地域である。このため、両市の住民は、民間の水売りからの買水や不衛生な浅井戸、天水溜め等を使用せざるを得ない状況にある。

本プロジェクトは、このような劣悪な給水状況を改善することを目的とするものであり、民生の安定や住民の生活環境の改善など、BHN の観点から緊急性の高いプロジェクトである。本プロジェクトが実施されると、対象サイトの住民約32,000人が直接裨益し、給水率は50%（グラズエ市33%、ダッサズメ市67%の平均。ここでの給水率の算定方法は表3-1-1及び表3-1-2を参照）に改善される。また、本プロジェクトは、国民の安全な水へのアクセス率の改善を重要課題の一つとして掲げているベナンの給水分野の政策に合致するとともに2015年までに都市部の給水率を75%に改善する国家目標に資するものである。

本プロジェクトは上記のように多大な効果が期待できると同時に広く住民の公衆衛生の改善と生活の安定に寄与するものであることから、本プロジェクトに対して我が国の無償資金協力を実施することの妥当性が確認される。

4-4-2 有効性

4-4-2-1 定量的効果

下表に示す定量的な効果が期待される。

表4-4-1 協力対象事業の定量的効果

項目	基準年 (2014年)	目標年 (2020年)
グラズエ市一日平均取水量	240 m ³ /日	590 m ³ /日
ダッサズメ市一日平均取水量	352 m ³ /日	1,352 m ³ /日

- (注1) 一日平均取水量は乾季3月～5月の平均値、計測地点は各井戸の水道メーターとする。
- (注2) 本事業の井戸の地下水は不圧帯水層であり、地下水位は降雨の影響を受けやすい。当該地域にて干ばつの発生や年間降雨量が激減した場合、また、地下水のフッ素濃度の状況によっては取水量を制限する場合があります、これらによっては、本事業で計画した取水量を確保できない可能性がある。
- (注3) 目標値は、3章に記載してある計画取水量と異なる値であるが、これは本事業で確保した新規水源分の計画取水量に、フッ素濃度を水質基準値以下となるよう加味した量(グラズエ市 350m³/日、

ダッサズメ市 1,000 m³/日 添付資料 11 参照) を加えた値である。基準値となる既存井戸の取水量は、既存井戸の機能低下に伴い減少傾向を示しており、事業目標年には、2014 年実績値よりもさらに下回っている可能性がある。

(注4) 実施設計時及び事業実施時に、揚水試験を行い取水量の確認を行う。本調査では 3 日間の連続揚水試験を実施したが、今後揚水を継続した結果、当該井戸からの取水ができなくなった場合は、近隣に新規井戸の掘削は行わず、事業の縮小の可能性もある。

4-4-2-2 定性的効果

上記の効果に加え、協力対象事業の実施により、安全な水の供給が増加することにより、下記のような効果が期待される。

- ① 住民の衛生状況が改善され、水因性疾病の罹患率が減少する。
- ② 児童及び女性の水汲み労働が軽減する。

