

資料 5 自然条件調査結果 5-1. 既存井戸調査／物理探査／既設井戸簡易揚水試験結果

[既存井戸調査結果]

(1) 地形・地質条件 (Geological Setting) の確認

本事業の水源は、海岸地区西部（クフォ県のジャコトメ、及びドボ水源）と中央部（プラトー県のサケテ水源）に位置し、両者ともベナン国の地形区で「Terra de Barre」に分類される海岸丘陵地帯に属する。水理地質上は堆積岩地帯に分類され、同国で最も優勢な地下水利用地帯といわれる「南部海岸地区（図 1 参照）」に位置する。同地区の堆積岩は、大陸の緑海（Dahomey Embayment：ダホメ湾入）に堆積した海浜堆積物～海成堆積物で、北から南に向かい、順次新しい堆積層が重なる（中生代白亜紀→第三紀→第四紀）。



出典：調査団（USGS Digital data series 69-GG(2016)に加筆）

図 1 ベナン南部及び周辺の地質図（海岸堆積岩地帯：ダホメ湾入域）

Dahomey Embayment の陸側は、基盤岩（Nigerian Massive; ニジェール地塊）上に上部白亜系が薄く偏在するのみであるが、海岸線付近で厚くなり、さらに、この上位に第三紀層、第四紀層が重なる。Dahomey Embayment 中央部の層厚は 2,200m に達する。

Dahomey Embayment 地区のなかで、サケテ水源（プラトー県）は海岸地区中央部に位置し（中程度の湧出量の）第三紀中新統の分布域に位置する。一方、ジャコトメ・ドボ水源（クフォ県）は、同地区の西側に位置し堆積層の層厚は堆積盆中央部より薄くなるが、（高い湧出量の）上部白亜系の分布域に位置する。図 1 にダホメ湾入域の地質分布及び事業の対象となる水源探査の範囲を示す。

## a) 水理地質条件の確認 (ジャコトメ・ドボ水源)

ジャコトメ・ドボ水源の主要帯水層は、上部白亜系の海浜性堆積物（ここでは「白亜紀帯水層」と呼称）であり、層相は石英砂、石英質礫層または粘土層を挟在するもので、基盤岩（変成岩：ミグマタイト質片麻岩、黒雲母片麻岩など）上に、不整合で重なる。高透水性であることから、地表露出域においては雨水による涵養が想定されるが、アゾベ市～アプラホエ市周辺では集水域も狭く、分布も偏在、層厚も薄いことから都市給水の水源となるような高湧出量の深井戸は少ない。家庭給水用として、基盤岩と上部白亜系との境界部（砂層）からの取水が行われている。

ジャコトメ市より南では、白亜紀帯水層は層厚が厚くなり、集水域も広くなることから湧出量も多くなり、上位に白亜紀末期（マーストリヒチアン階）～古第三紀の海成堆積物（砂、粘土、泥灰岩、石炭層など）が重なる。海成堆積物は難透水性の粘土層（有機物層、PEAT、リグナイト、ビチューメンなど含む）や泥灰岩層を挟在し、南部に向かうほど層厚を増し下部の白亜紀帯水層を加圧する（ここでは「古第三紀加圧層」と呼称）。古第三紀加圧層により、同層の分布域（ジャコトメ市水源からドボ水源に相当）では、白亜紀帯水層の水頭は標高 50m 程度で一定に保たれる。

アプラホエ～ジャコトメ・ドボ市周辺の地層の層向はいずれも北東-南西、南傾斜（海岸方向に傾斜）であり、アプラホエ北の基盤岩地帯から南西側に順次新しい地層が分布する同斜構造である。また、断層も白亜紀以降の構造運動から北北東-南南西方向の横ずれ断層の可能性が高い。

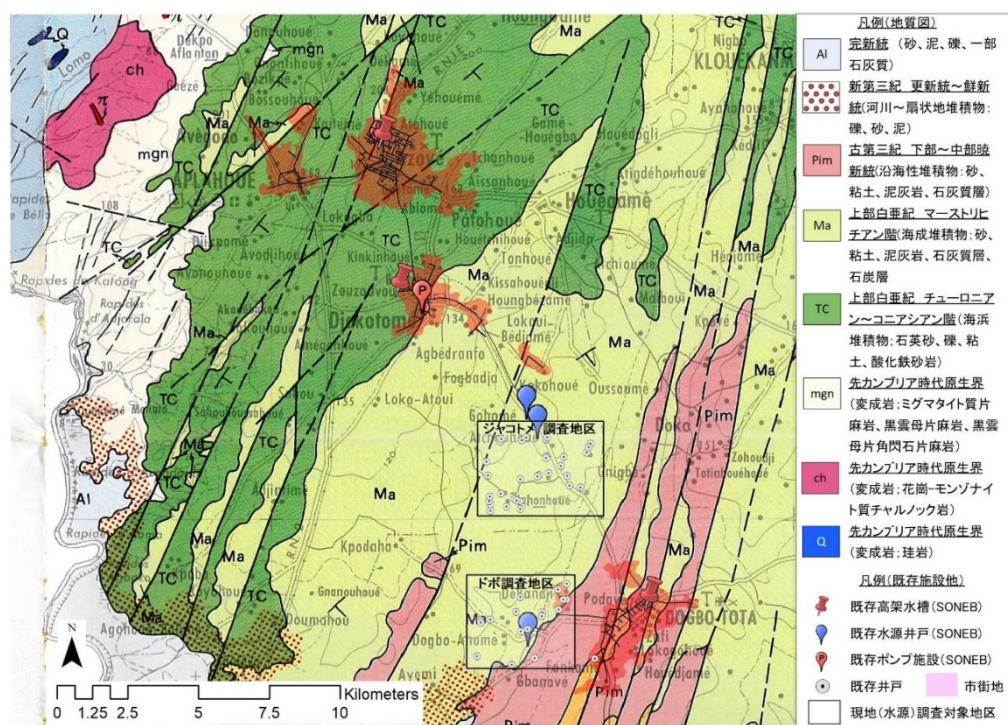
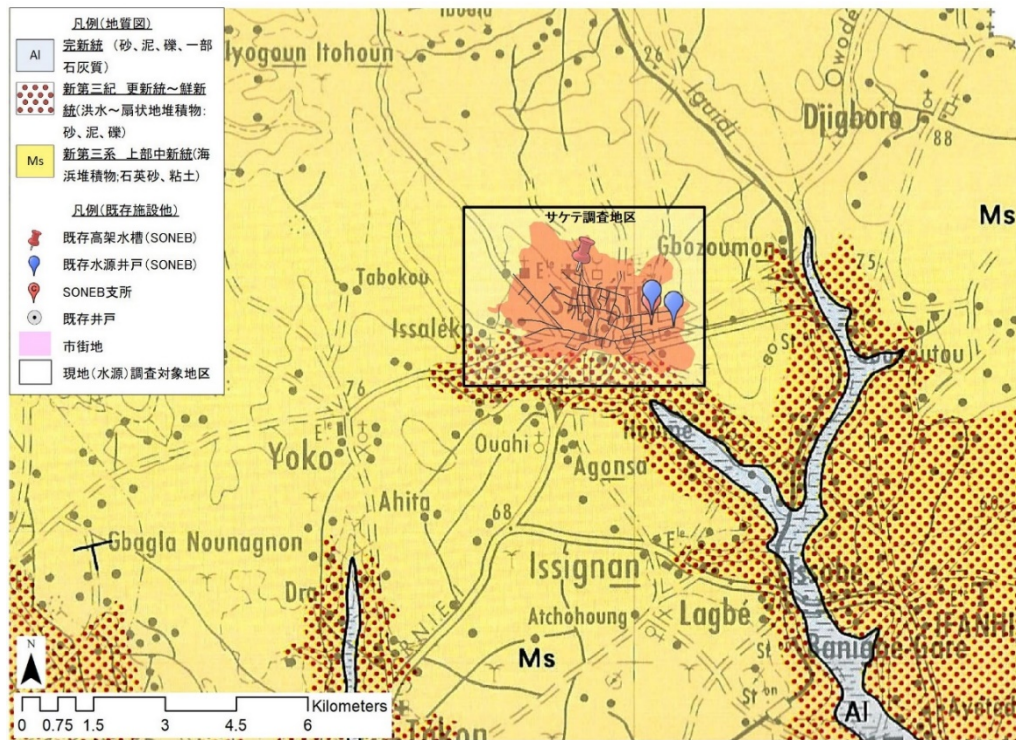


図2 アゾベ、アプラホエ、ジャコトメ、ドボ周辺の地質図

## b) 水理地質条件の確認（サケテ水源）

サケテ市中央部は新第三紀中新統の海浜堆積層が分布するが、南縁に沿って沖積谷が入り完新統の海浜堆積物で覆われる。また谷の周辺には更新統～鮮新統の洪水堆積物が分布する。いずれも地下水を胎胚するが、既存の利用では中新統の海浜堆積層は深井戸により、また洪水堆積物及び海浜堆積物は概ね浅井戸により取水が行われている。洪水堆積物中に設けられた浅井戸の中には高湧出量も報告されているが<sup>1</sup>、本事業の水源としては表流水・生活排水による汚染を避けるため上部中新統の海浜堆積層（特に石英砂層を取水層と想定）を開発の対象とした（ここでは新第三紀帯水層と呼称）。

なお、帯水層の層向方向は東北東～西南西、傾斜は水平～緩やかな南落ちであり対象地域内での帯水層深度の差は少ないと想定される。また断層などの垂直構造も地質図から読み取れない。図3にサケテ周辺の地質図を示す。



出典：調査団（Carte Géologique LOKOSSA-PORTO NOVO 1:20000 (1987)に加筆）

図3 サケテ周辺の地質図

## (2) リニアメント（線状模様<sup>2</sup>）及び水文地形

次項に各水源の水文地形的な特徴をリニアメント、等高線、谷線などを示す。またこれら

<sup>1</sup> サケテ市の給水サービス部門への聞き取りでは湧出量 45m<sup>3</sup>/h を観測。

<sup>2</sup> リニアメントとは、衛星画像や空中写真で地表に認められる直線的な地形の特長（線状模様）であり、構造運動に起因した変位地形と断層破碎帯、相接する岩石の侵食に対する抵抗力の差等に起因した侵食地形、河食崖、海食崖、段丘崖などが含まれる。本調査においては、断層、弱線及び弱層の可能性を示す直線地形、及び弧状地形を抽出した。

の地形解析にあつては、デジタル標高モデル（STRM 1 arc）を使い等高線を生成し、各要素の地形勾配から曲率を計算し地形変化点を求めたのち、リニアメントを抽出した。

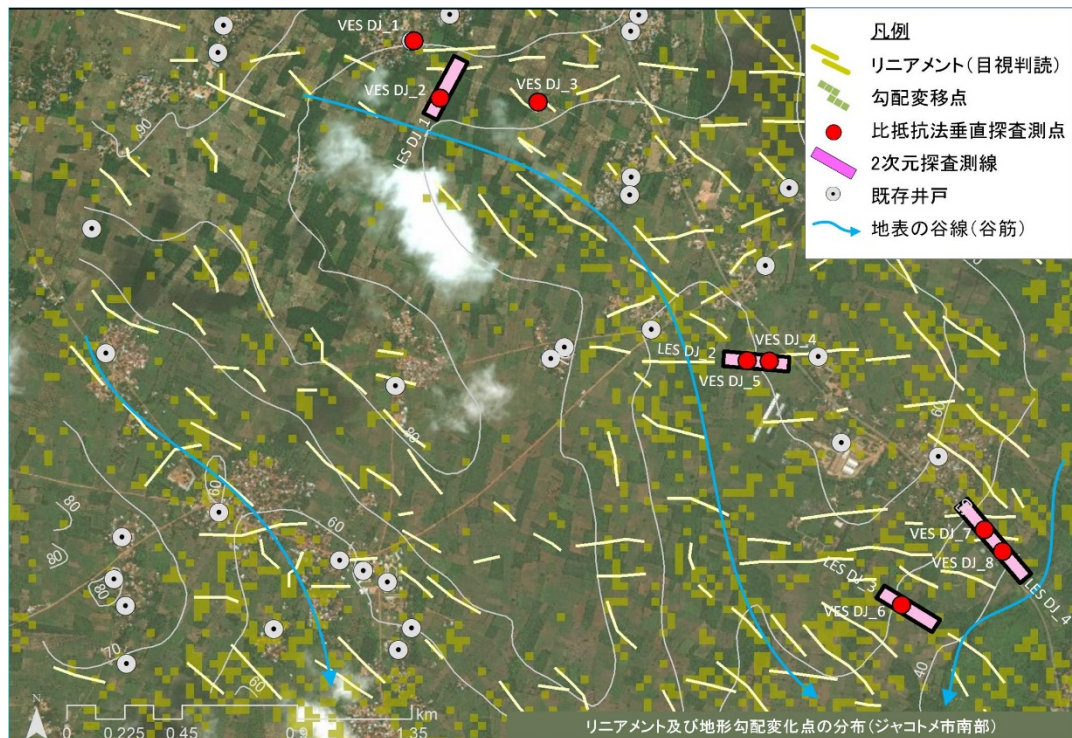
#### a) ジャコトメ水源

アプラホエーアゾベージャコトメ市の水源として、地域内で最も大きな湧出量が期待できる「白亜紀帯水層」を開発の対象とした。同水源の計画揚水量が多いことから、大容量かつ継続した取水を行っても井戸枯れを発生させないよう、白亜紀帯水層分布域でより広い集水域（地下水流域）をもつジャコトメ市の南縁（SONEB 既存水源井戸）以南の地域を調査の対象地域とした（図2参照）。

調査域は 3km x 4km = 12km<sup>2</sup> の面積であるが、この範囲内での最高標高は 95m、最低標高は 35m である。比高 60m 程度の起伏をもつ開析台地であり、北西から南東に大きく張り出した尾根とそれに並行する谷が特徴的である。帯水層の性状もこの地形に制約され、既存の井戸は尾根筋では稀であり湧出量も少なく、多くは谷筋に集中する。

また、谷線に沿う北西 - 南東方向の弱線、弱層が想定され、谷線に直交する東 - 西方向でも副次的なリニアメントが認められた。既存井戸資料との比較では、これらと谷線との交点において湧出量の大きな井戸が認められた。

物理（電気）探査の測線、測点の位置は、これら①リニアメントの分布（高湧出量の可能性）、②周辺既存井戸の湧出量・水質、③送水における経済性、④既存井戸への影響



出典：調査団（SRTM arc1（USGS）より解析、図化）

図4 リニアメント分布図（ジャコトメ水源）

低減、⑤掘削リグのアクセス、⑥井戸施設用地の確保、など条件を考慮して確定した。  
 図4にジャコトメ水源のリニアメント分布図を示す。

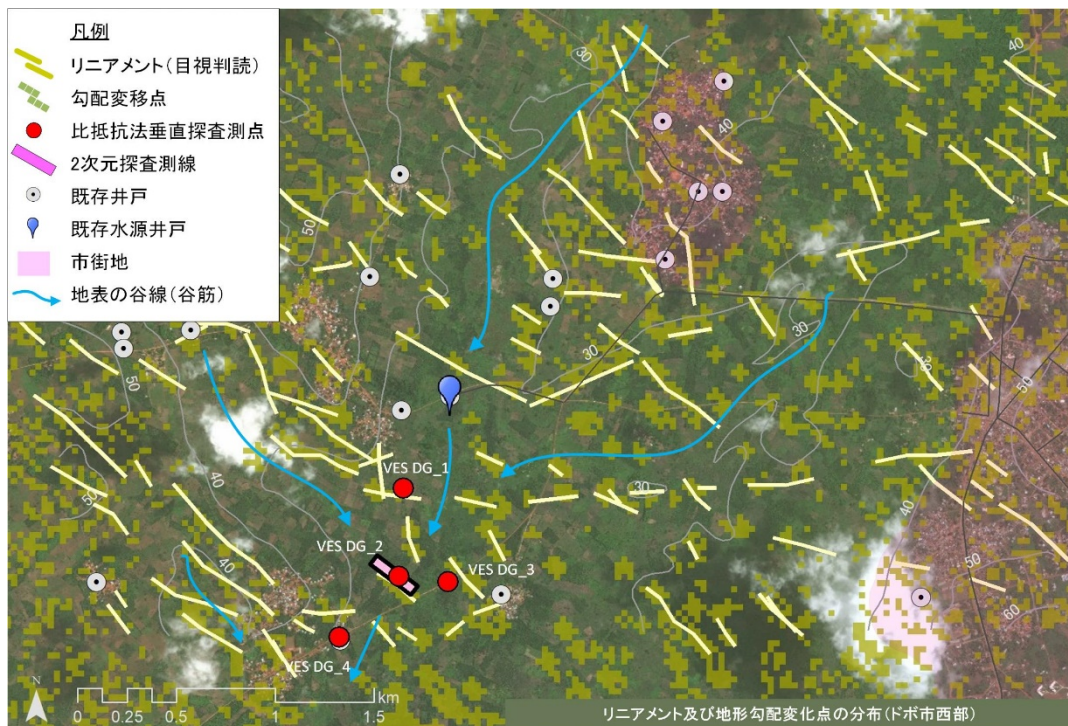
## b) ドボ水源

ドボ市の水源も、大きな湧出量が期待できる「白亜紀帯水層」を開発の対象とした。

地質図では、ドボ水源は「古第三紀加圧層」の分布域にあたるが(図2参照)、下部に被圧帯水層「白亜紀帯水層」があり谷部などの「古第三紀加圧層」の途切れた箇所、または弱線などからの地下水の湧昇が認められる。

電気探査の測線、測点については、①リニアメントの分布(高湧出量の可能性)、②既存井戸への影響、③送水路延長、③掘削リグのアクセス、⑦井戸施設用地の確保など条件を検討し、アホメ村とバナブエ村の中間地区を対象地区とした。

対象地区における白亜紀帯水層の被圧水頭は標高50mであり、これに対し平均標高が35mであることから、井戸掘削において地表より15m程の被圧(地下水位上昇)が想定される。図5にドボ水源のリニアメント分布図を示す。



出典：調査団 (SRTM arc1 (USGS) 図化)

図5 リニアメント分布図(ドボ水源)

## c) サケテ水源

サケテ市の周辺は新第三紀の「中新世帯水層」の分布域であり、地質時代も新しいこ

とから断層あるいは弱層に由来するリニアメントも少ない。本水源で対象とする「中新世帯水層」は水平構造をもつ層状水であり、井戸位置により深度・性状に大きな差がないと想定されることから、物理探査の測線、測点の選択においては、リニアメントの分布より①地下水の集水域に注目し、かつ②高架水槽からの距離、②掘削リグのアクセス、③井戸施設用地の確保などを重視し探査地区を設定した。

現時点で予定している高架水槽はサケテ市北西部の丘陵地（標高 70~75m）を予定していることから、同地点を中心に半径 750mの範囲に探査測点を配置した。図 6 にサケテ水源のリニアメント分布図を示す。

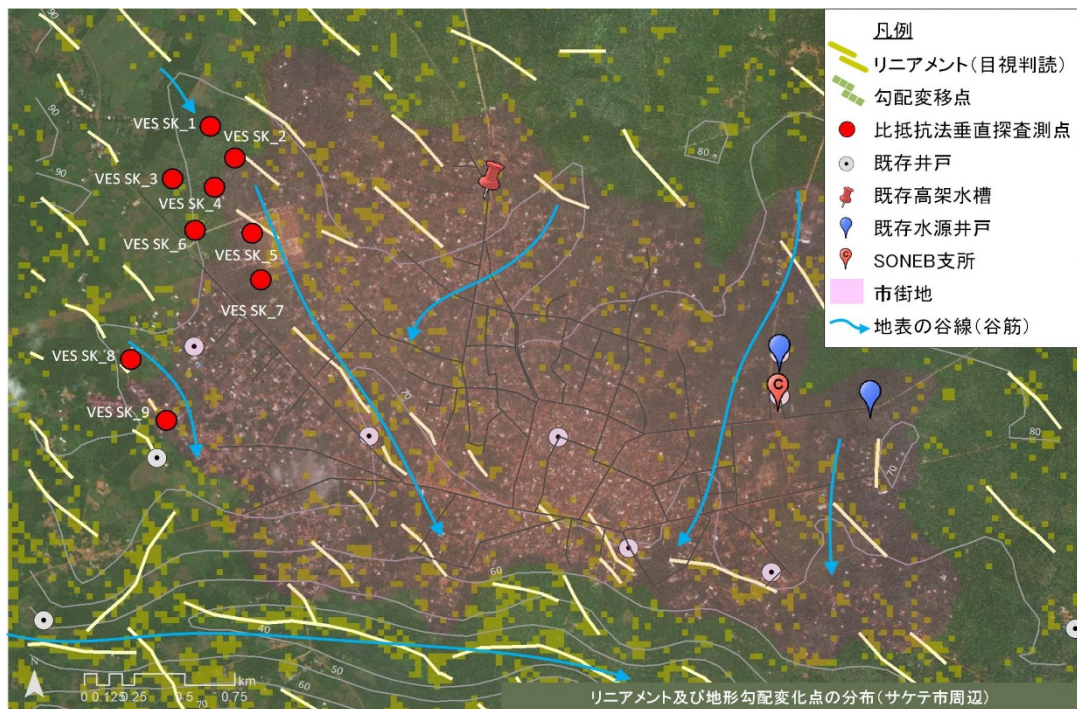
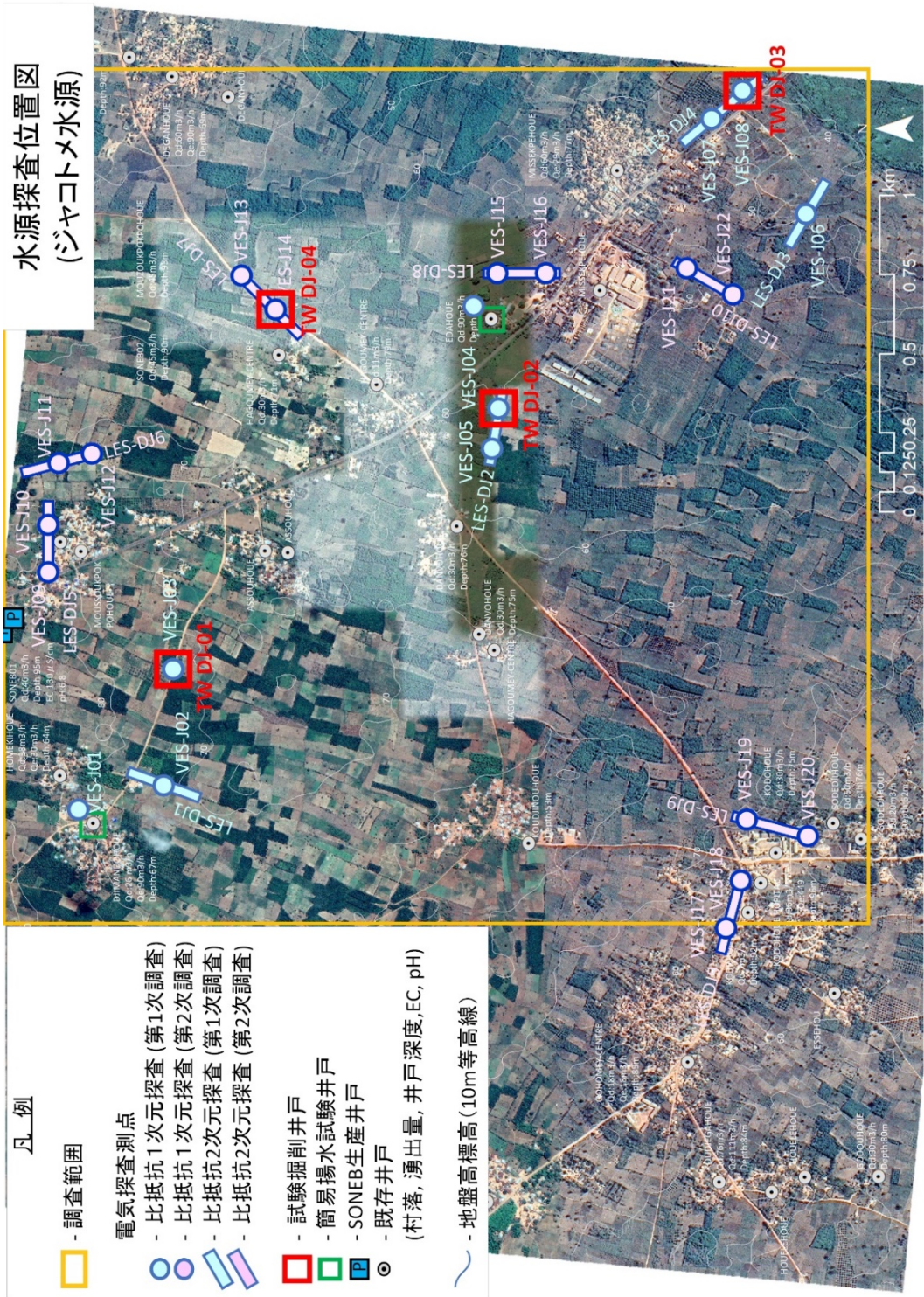
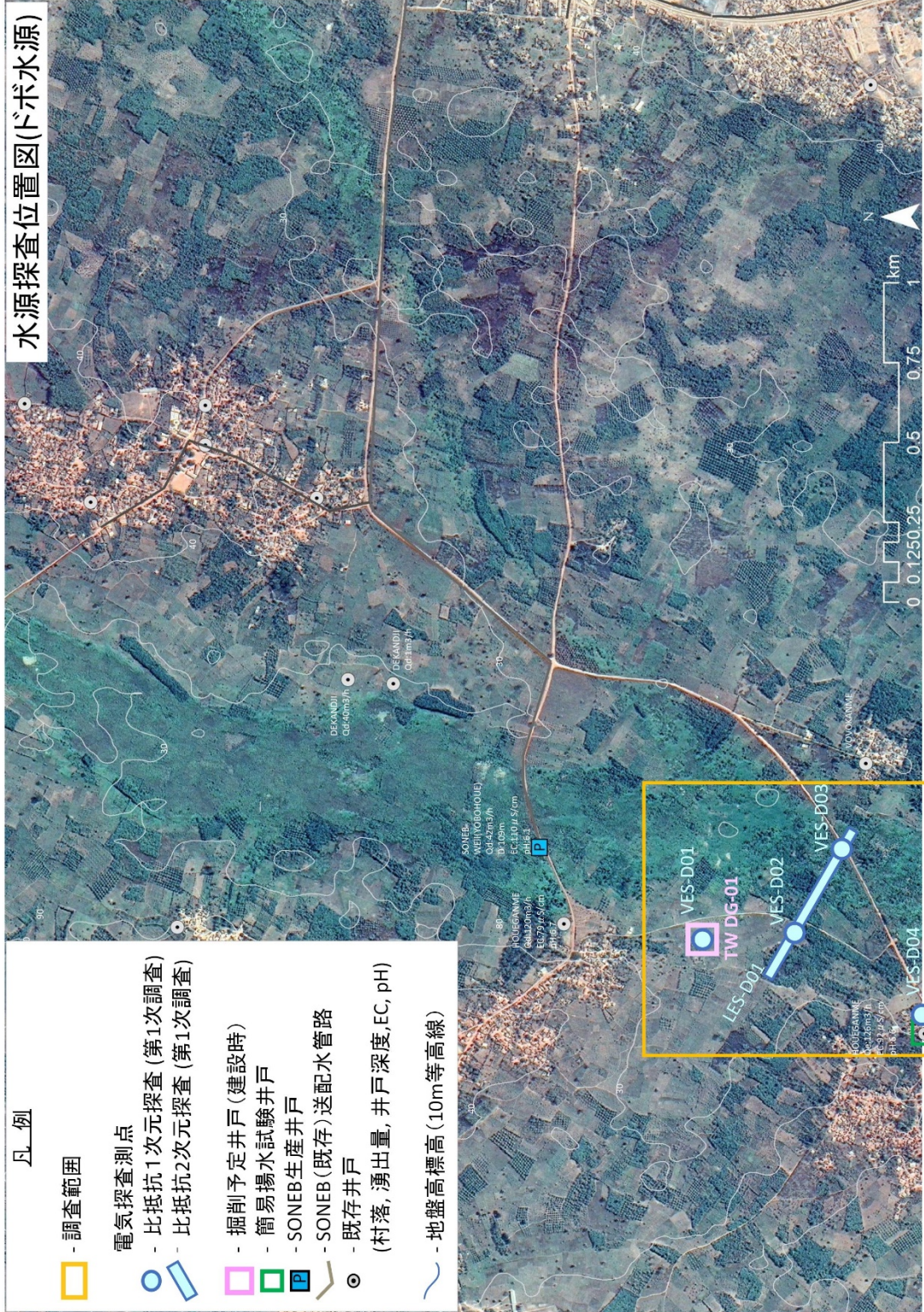


図 6 リニアメント分布図（サケテ水源）

資料 5-1-1 物理探査位置図 (ジャコトメ水源)



資料 5-1-1-2 物理探査位置図 (ドボ水源)





資料 5-1-3 物理探查位置図 (サケテ水源)

