

2-4-3 水理地質状況

(1) 水理地質

・地質概要

対象地域を構成する地質は、下位より基盤を構成する第三紀中新世のカクアコ層・キファンゴンド層、第三紀鮮新世のルアングラ層、更新世のケロ層より成る。

第三紀中新世のカクアコ層・キファンゴンド層は泥質岩を主体として、難～不透水性の地層と考えられ、滞水層の発達は殆ど期待できないものと考えられる。

第三紀鮮新世のルアングラ層は砂層を主体とする部分、泥層を主体とする部分が互層を成し、一部石灰質の砂層を挟在し、砂層部分及び石灰質の部分では透水性を有すると考えられ、滞水層が発達することが考えられる。

更新世のケロ層は、未固結の砂、粘土等より成っており、透水性を有すると考えられ、滞水層として評価できる。

・地質構造

既存の地質図（図-2.4.7）には、調査対象地内を通るほぼ北-南～北北西-南南東方向の推定断層が数本記載されている。これに既存井戸の分布状況を合わせてみると、対象地中央部を通る断層の南西側にその殆どが位置していることがわかり、この断層によって水理地質状況が大きく規制される構造が存在することが考えられる。この他に、本断層から途中で枝分かれして南へ延びる断層、更に東側を通る断層が存在しており、これら断層が水理地質状況を複雑にしていることも考えられる。

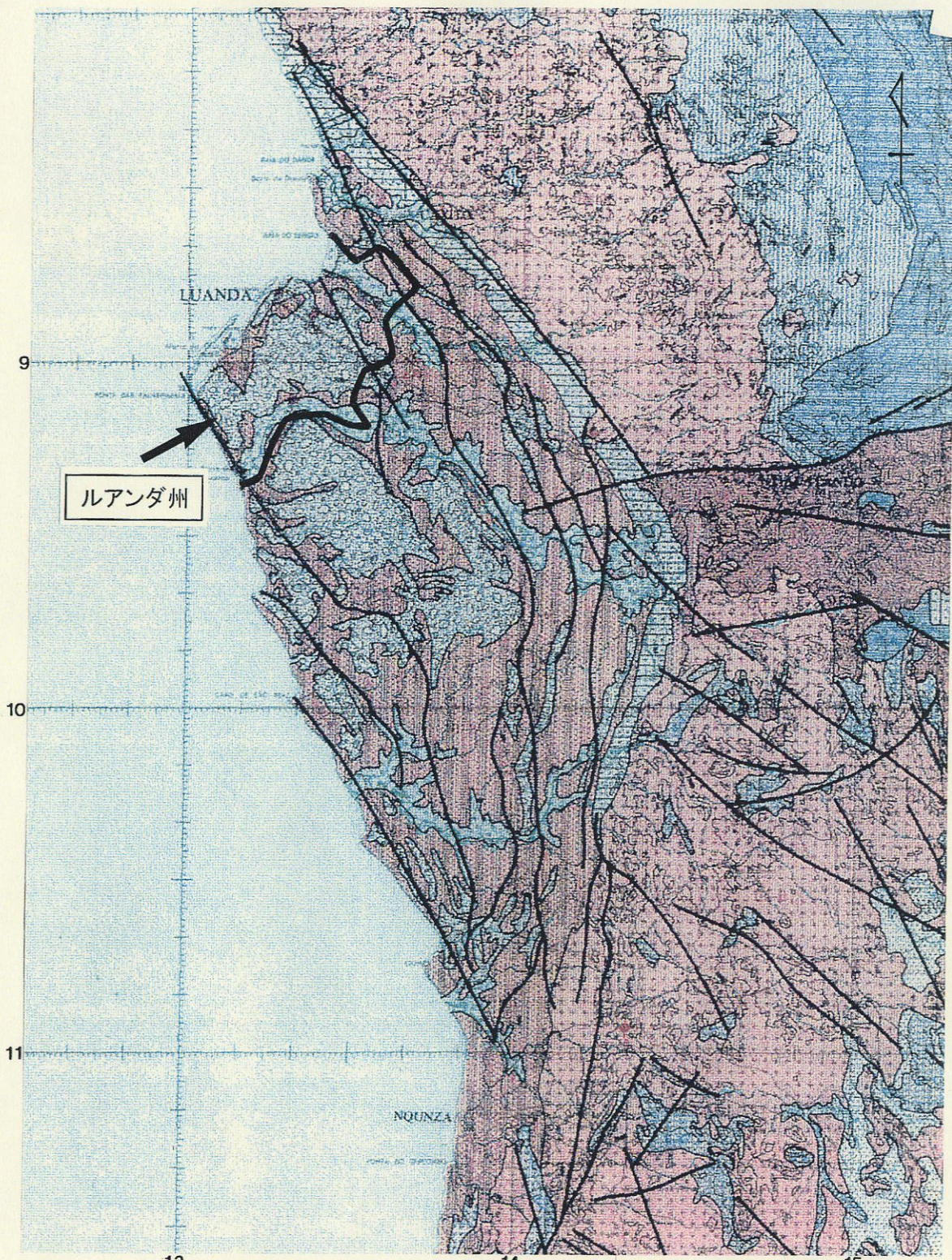
調査対象の再定住化地域は、Camama、Benfica I、BenficaII、Ramiro、Bita-Tanque、Km 45の各地域が断層の南西側に、Chendovava、Boa Fé、Caópi、Moxico、Mussende、Km 30、Irmãos Coragemの各地域が断層の北東側に位置している。

・地下水賦存状況

調査対象地域に分布する地下水は、ルアングラ層中とケロ層中に賦存される地下水に大別することができる。両層とも、水平に堆積した地層中の連続した滞水層中に地下水が含まれているものであるが、地形的条件、固結度、層序、透水性の違いから滞水層としての特徴を異にしている。

今回の地下水開発では、層厚が厚く良好な滞水層が発達する条件を備え、水量・水質両面でも安定したものと考えられるルアングラ層が、調査の主な対象となる。ケロ層に関しては、層厚が薄く、また地表付近に分布することから汚染を受け易いため、安定した水源としての地下水開発の対象にはなり難い。

尚、ルアングラ層では海岸部付近の地域で、海水の滲入による塩水化が起こっている可能性があり、注意を要する。



水理地質図凡例

地質区分凡例

大区分	水理地質図	透水性	1井当りの揚水可能量 (l/sec)	さく井工事における成功率	水質
滞水層分布	B-1	高	S 15-50 R 5-10	100 50	良 (稀にFe、S多い)
	B-C	高	S 1-5 R 1-5	10-80 50-60	良
地下水の賦存量に限界のある滞水層分布	B-C	中	3-5	70-80	良
	B-B	低	1-3	30-70	良
	B-C	低 (変化に富む)	少又は0	—	—

S: 堆積岩 R: 基盤岩

- 沖積層及び段丘堆積物 } 新生代第四紀
- 砂、砂礫、粘土 } 新生代第四紀
- コンティネンタルインタカレ (砂岩、泥岩、礫岩等) } 新生代第三紀
- 砂岩、泥岩、石灰岩 } 中生代 白亜紀
- クンダングラフ } 先カンブリア紀
- 超塩基性岩 } 先カンブリア紀
- 花崗岩、花崗閃緑岩 } 先カンブリア紀

図-2.4.7 水理地質図

(2) 水質

1) 水質試験

対象地域の住民が、生活用水として利用している水源の水質を把握する目的で、深井戸、浅井戸、及び給水車からの配水（浄水、未処理河川水）等から採水された 32 試料について水質試験を実施し、基礎的な水質及び飲用水水質ガイドラインに基づく水質の適合性について把握することを目的とした。但し、同ガイドラインにあるが、現地試験が困難である項目については、室内試験を実施した。採水地点、水源の内訳は、表-2.4.5 に示す通りである。また、各試料の分析結果は、資料編に整理した。

表-2.4.5 水質試験の水源別内訳

採水地点	水源 (共同水栓)	浅井戸 (手堀)	貯水タンク		計
			(未処理河川水)	(EPAL 浄水)	
再定住化地域	2	—	7	11	20
周辺地域、学校	5	2	3	2	12
計	7	2	10	13	32

ルアンダ州水道公社（EPAL）では、WHO（OMS）ガイドラインと EU 指針に基づき、基準値を設定している。又、国家水利局の水供給衛生部（DAAS）では、WHO ガイドラインを採用している。それぞれ下表にまとめて示す。

表-2.4.6 アンゴラ国における水質基準

項目	EPAL 基準値 ppm	DAAS 基準値 (WHO ガイドライン)	項目	EPAL 基準値 ppm	DAAS 基準値 (WHO ガイドライン)
色度	15 ppm	15 ppm	鉄	0.3 ppm	0.3 ppm
臭気	なし	不快でない	硝酸性窒素	11.36 ppm	10 ppm
味	なし	不快でない	亜硝酸性窒素	0.03 ppm	—
濁度	5 ppm	5 ppm	カルシウムイオン	75 ppm	—
PH	6.5~8.5	6.5~8.5	マグネシウムイオン	30 ppm	—
電気伝導度	500 μ S/cm	—	ナトリウム	200 ppm	—
硬度	30° F=300 ppm	500 ppm	カリウムイオン	10 ppm	—
酸化性	2 ppm	—	塩素イオン	200 ppm	—
アルミニウム	0.2 ppm	—	硫酸イオン	250 ppm	—
アンモニア	0.39 ppm	—	クロム	—	0.05 ppm
カドミウム	—	0.005 ppm	塩化物	—	250 ppm
銅	—	1.0 ppm	フッ素	—	1.5 ppm
亜鉛	—	5 ppm	砒素	—	0.05 ppm
水銀	—	0.001 ppm			

試験項目別の特徴は、以下の通りである。

① 色度・濁度

深井戸の地下水を直接採取したものは殆どが無色透明であり、一部に濁りが見られた。河川から採取された水はその多くが淡緑色(植物性プランクトンや藻類)に濁っている。これらの試料は、蒸発残留物の値も概ね高くなっているが、一概に全てが高い値を示す訳ではない。

これら結果には、その保存状態が大きく影響していることが考えられる。試料の多くは住民が実際に利用しているものから分けてもらったものであり、家屋内の貯蔵タンク内に置く間に懸濁物が沈殿、或いは汲み出す際に澱が舞い上がる等、が起こっていると考えられる。

② 水素イオン濃度

pH 5.3~8.9 の範囲を示す。大半が WHO のガイドライン値 (pH 6.5~8.5) の範囲内の値を示すが、4 試料がガイドライン値を超えている。これら高い pH 値を示す試料は、まだ新しい貯水タンクから採取されたものが多く、コンクリートの成分が溶出したものと考えられる。

③ 電気伝導度

最高 4,121 μ S/cm、最低 84 μ S/cm を示す。500 μ S/cm を超える 8 試料が測定されているが、何れも深井戸の地下水である。このうち砂州の浅井戸及び海岸に最も近い深井戸については塩水化の影響と考えられ、2,055~4,121 μ S/cm と特に高い値である。その他の深井戸も 930~1,429 μ S/cm と全般に高い値を示し、溶存成分が多いことを示している。

④ 全硬度、硝酸塩、マグネシウム、銅、マンガン、亜鉛、クロム

これらの項目は、全ての試料において、WHO のガイドライン値以下の測定値であり、問題にはならない。

⑤ ClO₂ : 残留塩素

ほとんどの試料で測定されないか、ごく僅かに測定されている。

⑥ COD : 化学的酸素要求量

半数以上の試料で高い値が測定された。特に基準値は設けられていないが、数値が大きいほど、有機物の含有量が多くなる。前述①の色度・濁度の項でも述べたように、家庭内での貯蔵環境が大きく影響していることが考えられる。

⑦ フッ素

2 試料において、WHO ガイドライン値 (1.5ppm) を僅かに超える値が測定された。

⑧ 鉄

10 試料において、WHO ガイドライン値 (0.3ppm) を超える値が検出され、中には 5.0ppm を示すところが認められた。WHO ガイドライン値 (1984 年公表) は、飲料水の安全性を保証する基準を、各国が策定する際に利用する基礎資料となるもので、基準値ではない。鉄の場合に関しては、配管の維持管理上の問題と味覚の面から 0.3ppm 程度の値が妥当としたもので、健康に影響する無機物質としては扱われておらず、各国の実情に基づき基準値を設定するのが良いとされている。

WHO が 1984 年以前に設定していた水道水質の最大許容値は、鉄の場合 1.0ppm となっており、対象地区の生活用水は概ねこの最大許容値の範囲に入る。しかし、対象地区での水源開発に際しては、鉄分の含有量について十分に留意することが必要と考える。

⑨ 大腸菌・一般細菌

深井戸の地下水の場合、14 試料のうち 12 試料では大腸菌・一般細菌は検出されなかった。2 試料において大腸菌・一般細菌が検出されているのは、共同水栓の蛇口に汚れた容器を接触させる、或いは蛇口に直接口を付けて水を飲む (特に子供) 等が見受けられ、これら衛生観念の低さによるものと考えられる。

また、浅井戸の場合、表層部が開放され汚染を受けやすいため、4 試料のうち 3 試料で大腸菌又は一般細菌の何れかが検出されている。

一方、貯水タンクの場合は、40 試料のうち 33 試料 (83%) で大腸菌又は一般細菌の何れかが検出された。EPAL からの浄水においても大腸菌又は一般細菌が検出されているのは、給水車より地下式の貯水タンクに水を貯えた後、水汲みのために汚れたバケツを水中に降ろすことによると考えられる。又、貯水タンクに配水される水も EPAL からの浄水、或いは未処理の河川水の場合がその時々によって異なり、貯水タンクを汚染する原因の一つと考えられる。

水源別の大腸菌・一般細菌の汚染状況は、表-2.4.7 に示す通りである。

表-2.4.7 大腸菌・一般細菌の汚染状況

試験結果	水 源	深井戸 (共同水栓)	浅井戸 (手堀)	貯水タンク		計
				(未処理河川水)	(EPAL 浄水)	
大腸菌	多く検出	—	1	1	1	3
	検出	1	—	9	6	16
	不検出	6	1	—	3	10
一般細菌	多く検出	1	—	4	1	6
	検出	—	2	6	5	13
	不検出	6	—	—	4	10
計		14	4	20	20	58

以下は、現地試験では対応できない項目について、室内試験を行ったもの（10 試料）の結果である。

⑩ 蒸発残留物、水銀、砒素

これらの項目は、全ての試料で WHO のガイドライン値以下にあり、問題にはならない。

⑪ カドミウム

1 試料において WHO のガイドライン値（0.003ppm）を超える値が検出されている。これは深井戸のうち、塩水化の激しい海寄りの地点から採水されたものである。

⑫ 塩化物、ナトリウムイオン、硫酸イオン、炭酸イオン

これらの項目は以下に述べる様にトリリニヤーダイヤグラム（図-2.4.8）により水質区分と水質分布を把握する目的で試験を行った。

i) トリリニヤーダイヤグラムによる水質区分

地下水の主要イオン（ Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ）と陰イオン（ Cl^- 、 SO_4^- 、 HCO_3^- ）を 3 成分系としてあらかず 1 対の 3 角図とキーダイヤグラムとでトリリニヤーダイヤグラムが構成される。トリリニヤーダイヤグラムはキーダイヤグラムによる水質区分にくわえ、3 成分 3 角図で陽・陰イオンの主要成分の個々の比率を明確に把握することができる。

ii) キーダイヤグラムによる水質区分

地下水中の主要イオンを、陰イオン・陽イオンごとの当量百分率として 4 成分菱形図に投影したものをキーダイヤグラムと呼ぶ。キーダイヤグラムは I~IV の領域に分けられ、各領域を占める特徴的な地下水の種類は次のようである。