第4章

水資源ポテンシャル

4 水資源ポテンシャル

4.1 概要

村落給水において選定されるべき水源は次の各項を満足するものである事を基本コンセプトとする。

1) 水利用の持続性（量）、2) 年間を通じての取得、3) 水質の安全性

4.1.1 河川水の評価

a. 河川水の開発可能量

年間を通じて一定の流量が得られる Mara 川が開発可能な河川である。下表に示す通りマラ川の年間の月平均流量は 38.2 m^3/秒で月最低流量は 16.0 m^3/秒である。

表 4.1-1: 河川流量

	Monthly Average Discharge of the Main Rivers (m^3/s)												Year Total	Averages m^3/s
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December		
Mara	27.1	24.2	33.9	75.2	88.7	62.3	35.8	26.6	23.8	17.4	16.0	27.6	458.5	38.2
Grumeti	32.6	16.6	17.5	24.0	21.0	2.6	1.1	0.5	0.8	1.6	3.9	18.7	141.0	11.8
Mbalageti	5.4	4.5	6.6	12.9	9.1	2.0	0.6	0.4	0.4	0.8	3.2	6.3	52.1	4.3
E. Shore Streams	24.7	16.9	22.8	44.8	41.6	13.8	4.0	3.2	3.5	5.2	14.5	32.2	227.3	18.9
Simyu	64.7	45.0	62.5	84.5	54.9	22.1	15.3	12.4	10.7	9.8	26.1	69.2	477.2	39.8
Magogo-Moame	30.3	10.0	9.6	14.4	10.0	0.6	0.2	0.1	0.1	0.2	2.1	24.2	101.7	8.5
Nyashishi	3.8	1.7	1.7	2.2	2.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	7.1	19.8	1.7
Issanga	11.5	10.2	17.1	9.8	9.0	1.9	0.5	0.4	0.3	0.4	5.1	307.7	373.8	31.1
S. Shore Streams	29.0	23.6	19.5	38.6	43.9	4.0	0.5	0.4	0.4	0.4	9.9	142.6	312.8	26.1

** compiled by the LVEMP for the year of 1950 to 2000*

b. 河川水の水質

河川水の水質は高い色度、濁度、水銀（Hg）、鉄（Fe）、BOD およびアンモニウム（NH_4）に代表される。大腸菌および一般細菌は乾期に高いが、雨期になれば飲料水源としても利用できるレベルまで下がる。しかし、Mara 川では有毒重金属である水銀（Hg）が検出された。従って河川水開発は地方給水計画において危険を伴う。

4.1.2 ビクトリア湖の開発可能性

a. ビクトリア湖の開発可能量

LVEMP よる試算によれば、湖全体で 33m^3/秒の余剰があるとされている。本プロジェクトでのビクトリア湖を水源とした給水計画では水収支余剰分の内 1.6%の水を使用する事となる。

b. ビクトリア湖の水質

湖岸付近の水質は高い大腸菌と一般細菌で汚染されている。また年間を通じて高い色度、濁度、BOD およびアンモニウムが検出された。一部地域ではバリウム（Ba）、鉄（Fe）及び亜硝酸イオン（NO_2^-）が認められた。しかし、補足調査での取水口付近の水質は低濃度の細菌が認められるものの、安全な水である事が判明した。

4.1.3 表層水の開発可能性

湖水はその湖岸から概ね 9km 以内の村落では事業の効率性からみて、開発可能であると判断される。河川水は時期によって水量が大きく変化する事、水質に問題がある事とそれに乗じて給水設備のコストが高くなる事から、本給水計画の対象水源とはしない事と

した。

4.2 地下水の開発可能性

地下水の帯水層は大まかに層状水及び裂か水に区分される。層状水は浅層と中間層に区分される。

4.2.1 帯水層区分

調査地域の地下水は次の 3 通りの帯水層に区分される。

1) **層状水：**地表面下 10m 以浅に分布する不圧帯水層。新生代の沖積層、湖成堆積物、陸生堆積物、河成堆積物及び海生堆積物中に分布。

2) **層状水：**主に地表面下 20－50m 間に分布する不圧－半不圧帯水層。先カンブリア紀の岩盤（主に花崗岩）の風化層または二次堆積層中に分布。

3) **裂か水：**主に 20－150m 間に分布する半被圧帯水層－被圧帯水層。岩盤の裂かに分布（主に花崗岩）。

この内揚水対象となる帯水層は中深度の層状水もしくは裂か水である。浅層水は乾期に干上がるか流量は非常に少ない。

a. 井戸深度と揚水量

揚水量の多い（70 liters/min 以上）生産井は深度 30m から 180m の範囲である。しかしこの深度範囲の井戸では小揚水量の井戸も数多く含まれている。

これは帯水層の地質特性による。これらの井戸の揚水量は裂かや断裂帯が帯水層として存在するか否かに左右される。またその貯蔵量及び裂かや断裂帯の連続性にも関連する。

b. 帯水層（地質区分）と揚水量

花崗岩の平均揚水量は 53 l/min で最も多い。続いて Nyanzan 層（緑色岩）が 38 l/min、 細粒化（二次堆積、風化）した先カンブリア紀の岩石が 36 l/min である。しかし、それぞれの地層の揚水量は最低 1 から 300 超までまちまちである。帯水層、揚水量およびその深度の関係は表 4.2-1および図 4.2-1にとりまとめた。

表 4.2-1: 帯水層と揚水量及び井戸深度

	Yield (litre/min)				Depth (GL-m)			
	sample no	maximum	minimum	average	sample no	maximum	minimum	average
Neocene	11	60.0	0.1	11.8	31	105.5	3.0	25.7
Secondary Deposits and Weathered portion of Pre Cambrian (Ngr)	53	267.8	0.1	28.7	106	195.3	4.0	35.5
Volcanics	1	2.4	2.4	2.4	6	91.0	7.0	33.8
Bukoban	0	0.0	0.0	-	4	86.0	7.0	32.5
Nyanzan (green rocks)	8	151.7	0.1	38.0	16	93.0	6.0	54.0
Nyanzan (banded ironstone)	8	11.9	0.3	4.4	14	90.2	6.0	49.7
Granite U	7	1.7	0.1	0.6	14	40.0	5.0	9.4
Granite	71	335.0	0.1	45.7	103	214.6	1.6	51.7

揚水量の大きな地域としては、Kwimba の北部から南部にかけての地域、マラ州の湖岸及び Sengerema と Geita の境界付近である。

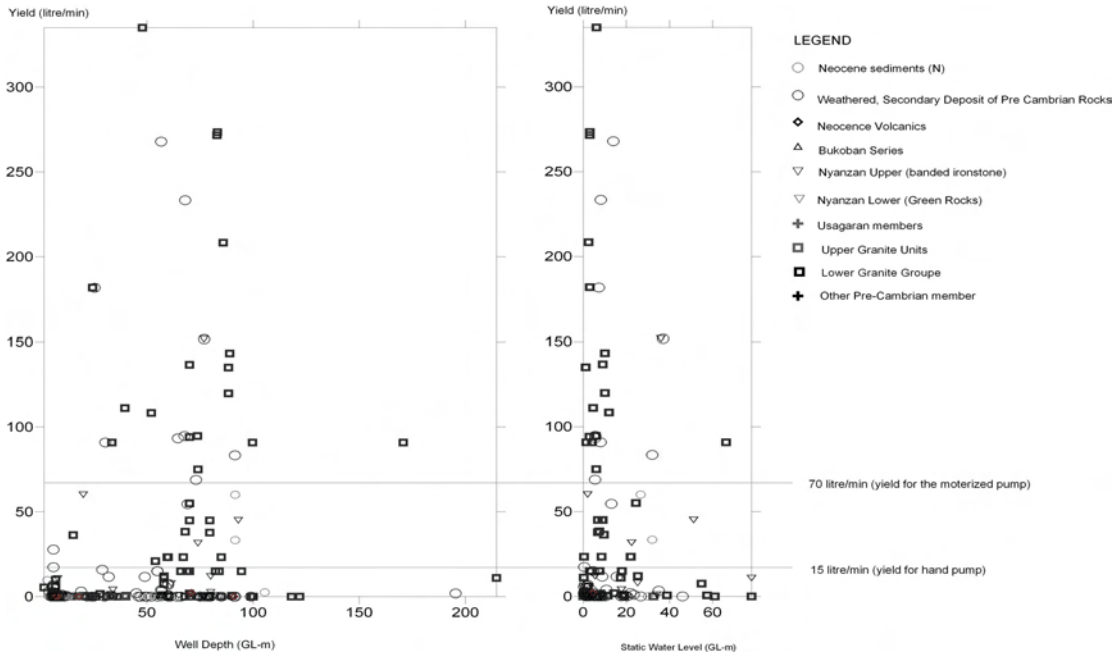


図 4.2-1: 揚水量 (litres/min)井戸深度、静水位および地質の関係

4.2.2 静水位と井戸深度の関係

静水位と井戸深度の関連は図 4.2-2にて評価した。

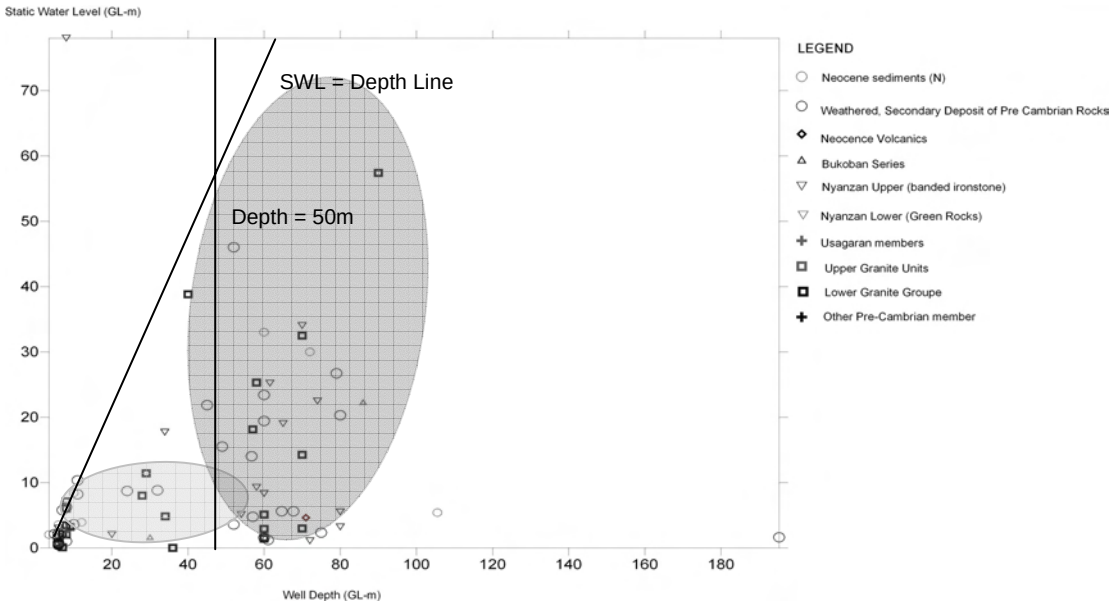


図 4.2-2: 静水位と井戸深度の関係（地質区分毎）

10～50m程度までの帯水層は先カンブリア紀および花崗岩の風化層であると考えられる。深度 50m 程度までは不圧帯水層～半被圧帯水層が分布しており、それより深度が増すと静水位の変動が大きくなる。

ただし、塊状岩盤と分解された堆積物との境界は見極めるのが困難である。30m～80m までではこれらの層が混在する可能性がある。

4.2.3 帯水層単元と井戸の特性

a. 帯水層の特徴

調査地域での開発可能な帯水層の特徴は次の通りである。1）開発可能性のある揚水量の多い帯水層は a)層状帯水層 b)裂か水、2）揚水量の多い地域はゾーンとしてでなく限定されたエリアとして同定される。3）揚水量は深度、帯水層毎で変化が大きい。4）裂か水の供給源は主に花崗岩であり生産性の高い帯水層である。5）同種の岩盤内でも水位変化は著しい。

b. 地下水の水質

浅井戸：場所によって変化が著しい。例えば Bunda (Tamau Borehole)では新生代の帯水層から揚水しているが Cl, SO_4, Cd, Na の含有量はタンザニアの水質基準をはるかに上回る。EC は 40,000 μ S/m 以上でありこの様な井戸は飲用水源としては不適切である。浅井戸は全般的に大腸菌や一般細菌の混入が認められ高い EC 値を示す。浅井戸はその帯水層の構造や性質に依存する。

深井戸－中深度井戸：浅井戸に比べ細菌の影響は少ないが Fe, Pb, Cr, Se, Ba 及び F などの金属イオンを溶存する。タンザニアの水質基準のうち許容値を超えるものもある(上限値は超えない)。 Kwimba や Magu 地方ではフッ素（F）が高い傾向にある。

c. 地質構造と地下水

開発可能な帯水層の一つは先カンブリア紀の岩盤の裂か系内に関係する水である事が判明した。

4.2.4 帯水層開発可能性評価

揚水量、地質構造および水質などの観点から 2 つの帯水層を開発可能と判断した。

a. 中深度層状帯水層

先カンブリア紀の分解物質からなる岩層（主にそれらの岩盤の二次堆積層および風化花崗岩等からなり地表面下 20～50m に分布）で主な分布地域は 1)ムワンザ州では Geita の山斜面、Sengerema 東部、Misungwi 西部、Kwimba 東部および Magu, Ukerewe に分布 2)マラ州では Bunda 北部の斜面、Tarime 中央部～南部、Serengeti 西部。想定揚水量は 5～15l/min が一般的で、粗粒裂か系を捕捉すれば 70l/min も可能である。

水質は一般に良好で、いくつかの既存井では水質が雨や季節の影響を受けている事が判明した。

b. 深部裂か水

花崗岩や Nyanzan 系の岩盤（先カンブリア紀）で深度は 20m から 100m 程度に分布する。主な分布は 1)Sengerema、Geita の北北西-南南東、西南西-東北東方向のリニアメント、2)Misungwi、Kwimba 北西-南東のリニアメント、3) Bunda、Musoma 西北西-東南東リニアメント、4)Musoma, Serengeti and Tarime 北北西-南南東リニアメントおよび 5) Tarime 西南西-東北東リニアメントの近傍である。揚水量は近傍の生産性から推定するしかない。粗粒裂か帯を捕捉すれば 70l/min も可能である。

水質は高い EC 値と多くのイオンを含有する事を特徴とする。大部分の値は WHO の許容値以下であるが、Kwimba、Misungwi および Magu の幾つかの井戸ではフッ素（F）および硝酸塩（NO_3）でタンザニアの許容値を超える（上限値は超えない）。

4.2.5 地下水評価図の検証

地下水評価図を図 4.2-3に示す。地下水の開発可能性は花崗岩地域でリニアメント密度が高い地域である。

図中灰色で示した地域は層状水とそれに関連する裂か系をターゲットとする地域である。淡灰色で示した地域は主に裂か水をターゲットとする地域である。従って開発可能性はリニアメントの密度や明瞭度とともに評価される。黄色で示された地域は砂、粘土およびグラベルからなる新期堆積物である。

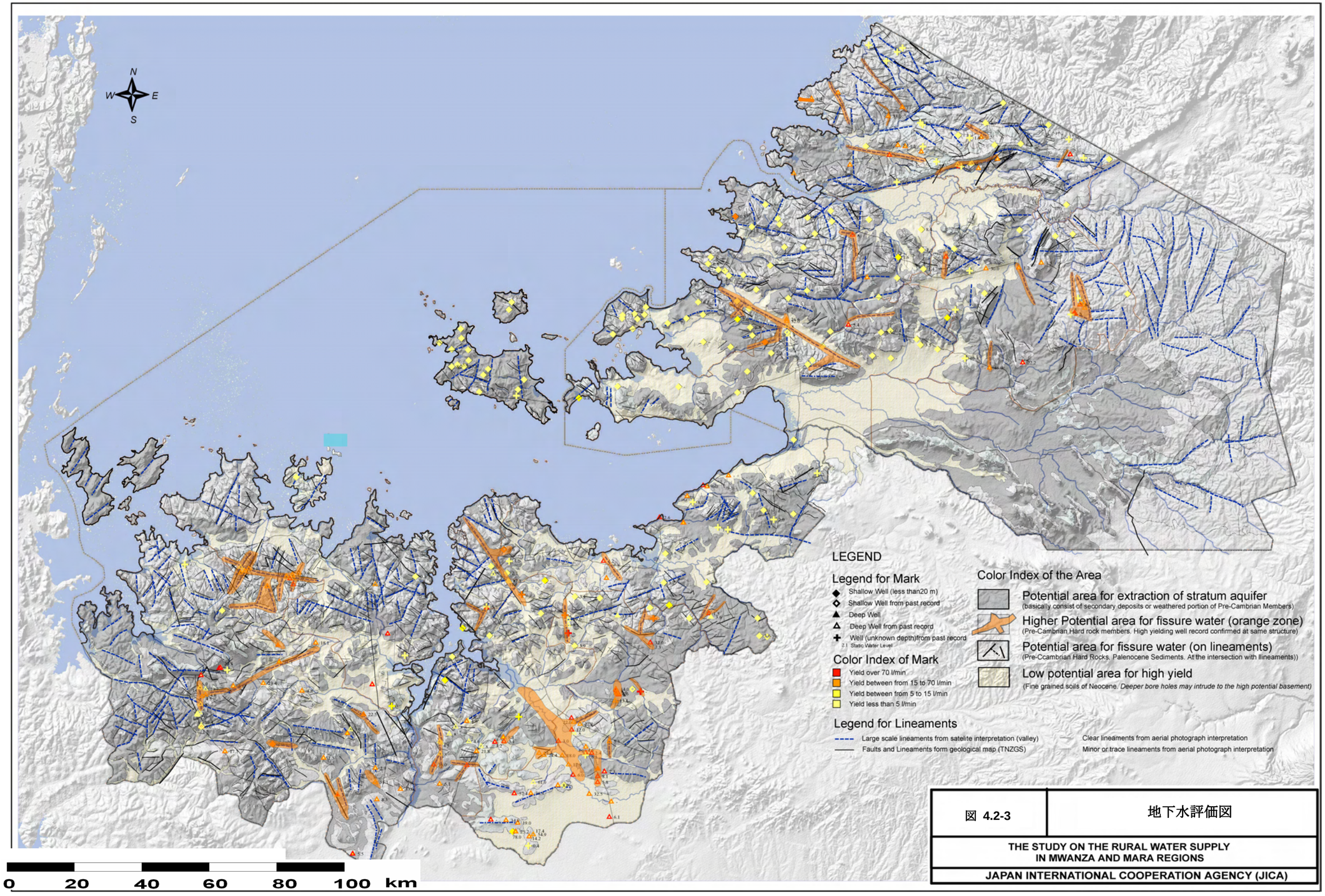
新期堆積物は揚水量を得るにはポテンシャルは低いとしているが、Kwimba 県など実際に基盤岩まで到達すれば開発の可能性は高くなる。

4.2.6 地下水開発可能性の高い地域

地下水開発可能性の高い地域を図中オレンジ色で示した。これらのゾーンは以下の特徴を持って定義する事ができる。

1. リニアメント高密集地域.
2. 揚水量が確保された中深度、深井戸が分布する地域
3. 地質的な不連続線、断層や地層境界の近傍

しかしながら、過去に実施された調査結果から良好な層状水や裂か水を点源（ジャストポイント）で把握するのは困難である。従って掘削地点の選定に当たっては電気探査等の追加調査が必要である。


N
W
E
S
LEGEND
Legend for Mark
Shallow Well (less than20 m)
Shallow Well from past record
Deep Well
Deep Well from past record
Well (unknown depth)from past record
Static Water Level
Color Index of Mark
Yield over 70 l/min
Yield between from 15 to 70 l/min
Yield between from 5 to 15 l/min
Yield less than 5 l/min
Color Index of the Area
Potential area for extraction of stratum aquifer
(basically consist of secondary deposits or weathered portion of Pre-Cambrian Members)
Higher Potential area for fissure water (orange zone)
(Pre-Cambrian Hard rock members. High yielding well record confirmed at same structure)
Potential area for fissure water (on lineaments)
(Pre-Ccambrian Hard Rocks, Palenocene Sediments. At the intersection with lineaments))
Low potential area for high yield
(Fine grained soils of Neocene. Deeper bore holes may intrude to the high potential basement)
Legend for Lineaments
Large scale lineaments from satelite interpretation (valley)
Faults and Lineaments form geological map (TNZGS)
Clear lineaments from aerial photograph interpretation
Minor or trace lineaments from aerial photograph interpretation
0 20 40 60 80 100 km
図 4.2-3
地下水評価図
THE STUDY ON THE RURAL WATER SUPPLY
IN MWANZA AND MARA REGIONS
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)