

第5章 地下水ポテンシャル評価

第5章 地下水ポテンシャル評価

5.1 はじめに

水理地質図は、地域の地形および地質を基礎として、それに地下水資源に関する情報を記載した図面である。必要に応じて表流水の情報も記載される場合もある。水理地質図は、水理地質技術者や地下水技術者はもちろん、行政担当者や経済専門家、都市計画技術者、農業や工業用水・家庭給水技師、農民、実業家、個人等の専門外の人たちにとっても有用である。(International Legend for Hydrogeological Maps; UNESCO (1970))

とはいえ、一般の関係者がその使用目的に応じて水理地質図を活用するのは現実にはかなり難しい。そのために内部収束流域の水理地質図作成に使用したデータおよび水収支解析結果を使用して、より理解しやすい実用的な地下水ポテンシャル評価を行った。

5.2 概略水収支と地下水涵養量

気象・水文データおよびリモート・センシング技術を活用して概略の水収支解析を行った。解析の目的は、内部収束流域内の地下水涵養能（浸透能）の高い地域を把握することにある。そのために次の3種類の水収支解析を実施した。

- 1) サブ流域単位で月別および年間浸透能を把握するための概略水収支、
- 2) サブ流域毎の雨期の地下水浸透能分布把握のための水収支、
- 3) 河川流出を考慮したサブ流域 G（図 5-1 参照）内の詳細水収支解析。

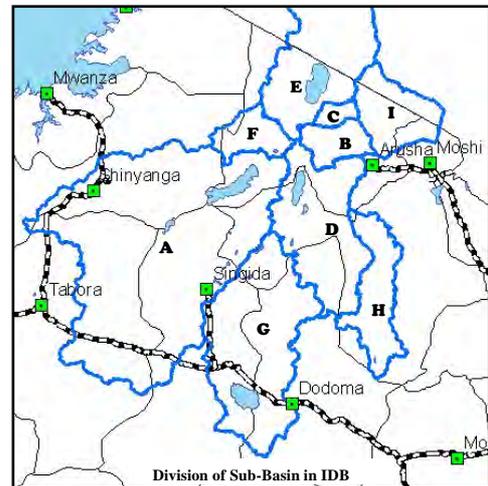


図 5-1 内部収束流域のサブ流域

5.2.1 サブ流域単位の概略月別水収支

内部収束流域事務所管轄内の全ての小流域を対象に月別の水収支解析を実施した。水収支の基本式は下記の通りである。

$$\text{降雨量 (P)} = \text{蒸発散量 (ET)} + \text{河川流出量 (R)} \pm \text{浸透量 (I)} \quad \dots\dots (1)$$

内部収束流域内の各小流域では表流水は流域外には流出しないため、小流域全体の月別概略水収支の検討では河川流出は検討の対象外とした。

(1) サブ流域単位の降雨量評価

広大な調査地内に、長期間にわたってデータ観測を続けているタンザニア気象局の気象観測所はほとんどない。そのため、長期間にわたる平均月雨量の評価には下記の文献のデータを整理して解析に使用した。

“Summary of rainfall in Tanzania” (1975: East Africa Community, Nairobi)

降雨量評価は、最初に平均降雨量分布を評価し、その結果を用いて各流域毎の平均降雨量を計算した。

(2) 蒸発散量評価

可能蒸発散量 ET (mm/day)の評価には以下に示すマッキンク式 (Makkink, 1957) を使用した。

$$ET_{\text{mak}} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{Rs}{\lambda} \dots\dots (2)$$

また各サブ流域の土地被覆状況を考慮した地域可能蒸発散量の評価には、下記の修正 Makkink 式 (ERSDAC, 2005, Nagai, 1993) を使用した。

$$ET = \alpha [(a - A) \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{Rs}{\lambda} + b] \dots\dots (3)$$

- Rs (cal/cm²/day) : 全天日射量、
- Δ (mbar/°C) : 飽和蒸気圧曲線の傾き
- γ (mbar/°C) : 乾湿計定数
- λ (cal/g) : 潜熱
- a および b : 地域によって決まる係数
- A : アルベド
- α : 変換係数 (0<α<1.0).

ただし、全天日射量 Rs は次の式を用いて計算した。

$$Rs = Ra (0.18 + 0.55n/N)$$

- Ra : 大気圏外日照量
- n : 観測日照時間
- N : 可照時間

{Δ / (Δ + γ)} は無次元パラメーターであり、次式で近似される。

$$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} = 1 / [1.05 + 1.4 \exp (-0.0604T)]$$

また、潜熱 λ は下記の式で計算した。

$$\lambda = 2.5 - 0.0025T$$

- T (°C) : 気温

これらの計算に必要な情報を整理すると以下のようなになる。

マッキンク式の項	使用したデータあるいは処理方法
アルベド	1) 衛星画像解析による土地被覆図の作成. 2) 土地被覆別アルベド値の設定・変換
天日射量	日照時間観測データ
飽和蒸気圧曲線の傾き	気温観測データ

乾湿計定数	気温観測データ
潜熱	気温観測データ
地域係数 (a , b)	パン蒸発計データと ET _{mak} 計算値の比較から決定

地域係数の決定にはタンザニア気象局による観測データ（1974 - 2004）を使用した。
 その結果、内部収束流域の地域可能蒸発散量評価式として以下の式(4) が得られた。

$$ET = \alpha \left[(1.28 + 0.05 - A) \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_s}{\lambda} - 1.452 \right] \dots\dots (4)$$

ただし、これはあくまで地域可能蒸発散量であり、実際に蒸発する量はそのときどきの土壌の水分、降雨量に依存する。

(3) 解析結果

上記の方法を用いて降雨量、可能蒸発散量および可能浸透量を評価した。

1) 降雨量

北部に位置するサブ流域では月平均降雨量は 4 月が最大である。一方、南部のサブ流域では月降雨量の年変化は特にピークを持たず、むしろ雨期の間は一定である。

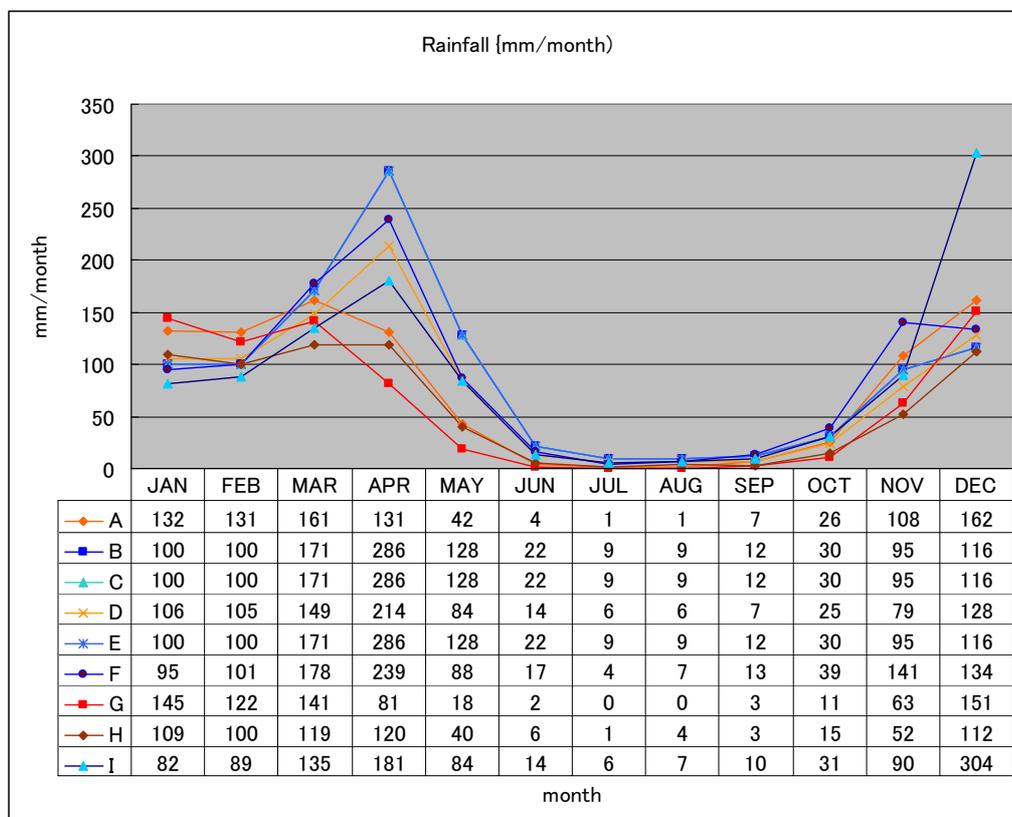


図 5-2 サブ流域別月降雨量

2) 可能蒸発散量

サブ流域毎の可能蒸発散量の評価結果を図 5-3 に示す。

月別地域可能蒸発散量は南部のサブ流域で多く、北部で少ない。各サブ流域では 10 月に地域可能蒸発散量が一番大きくなる。

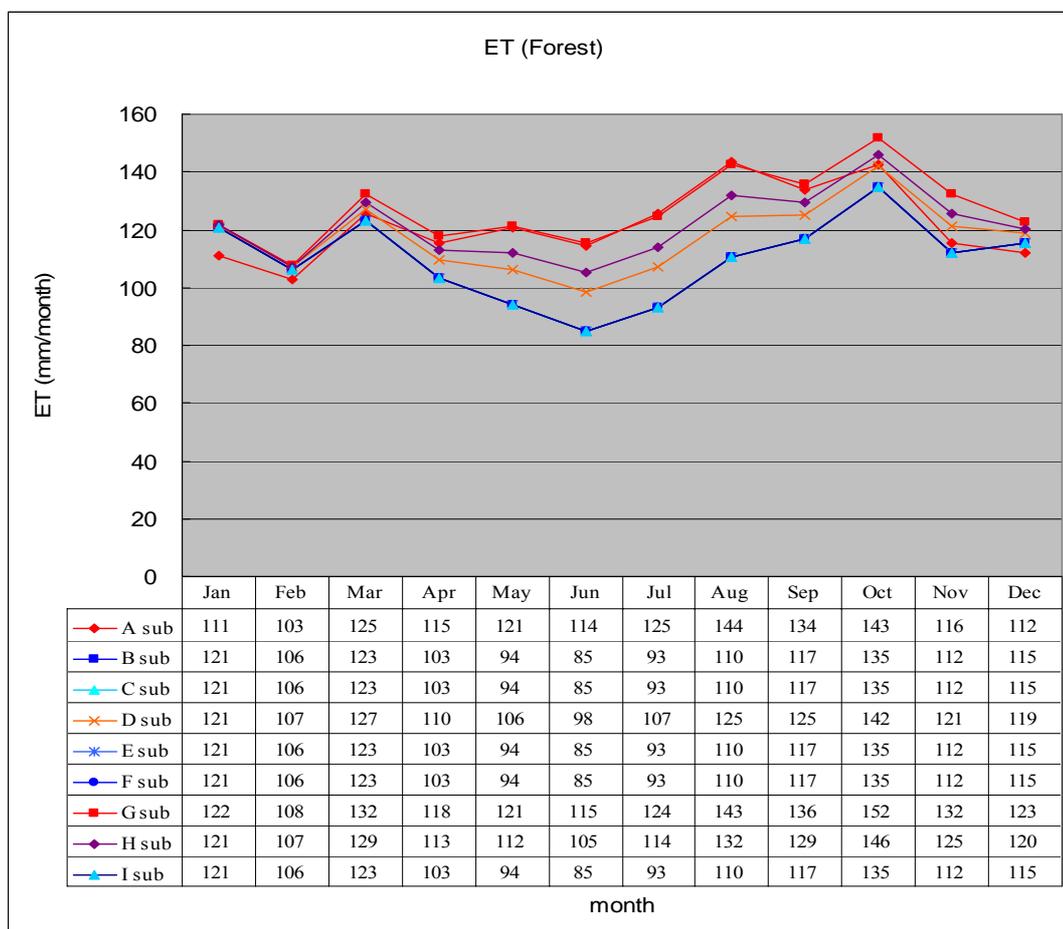


図 5-3 サブ流域別月可能蒸発散量

3) 可能浸透量（地下水涵養可能量）

各サブ流域の可能浸透量を評価した結果を図 5-4～図 5-7 に示す。ここでいう可能浸透量とは、実質的には表面流出成分を含んだものであり、雨期だけに起こる。内部収束流域全体での年間可能浸透量は平均 155 mm/年であり、サブ流域の中ではサブ流域 F（オールドバイ流域）でもっと大きく、サブ流域 H（マサイ・ステップ流域）でもっとも小さい。これらの可能浸透量は降雨量分布に強く影響されている。

ただし、年間降雨量から年間可能蒸発散量を引いた値がマイナスになる場合でも、実際には雨期に浸透があるので注意が必要である。すなわち、乾期には蒸発散に必要な水がないため、計算で求められた蒸発散量は蒸発できず、実際には乾期は蒸発散量ゼロ、浸透量もゼロという状態になると想定される。一方、雨期に蒸発散量を超える雨が降った場合にはその差し引

きで残った分が可能浸透量となる。そのため、月別等、細かい時間スケールで評価すれば、前記のような状態でも雨期の浸透は起きることがわかる。

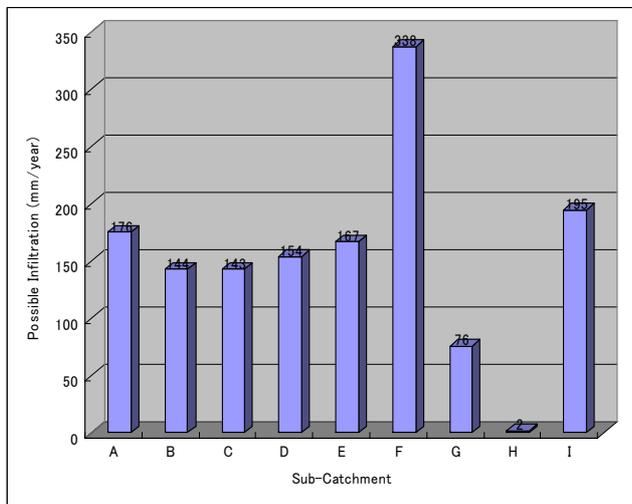


図 5-4 サブ流域別年間可能浸透量 (高さ)
 (単位: mm/年)

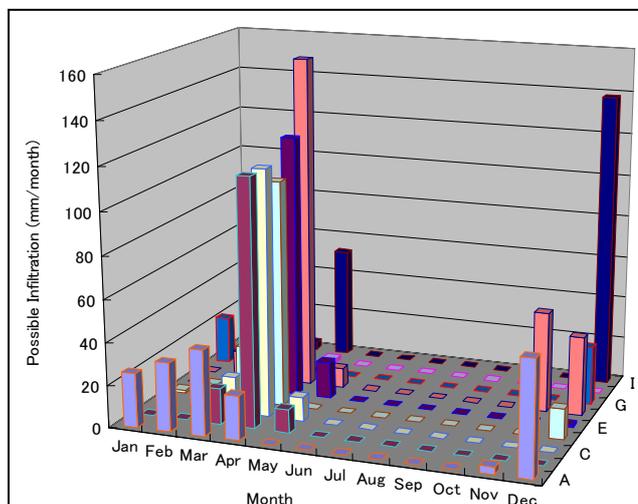


図 5-5 サブ流域別月可能浸透量(高さ)
 (単位: mm/月)

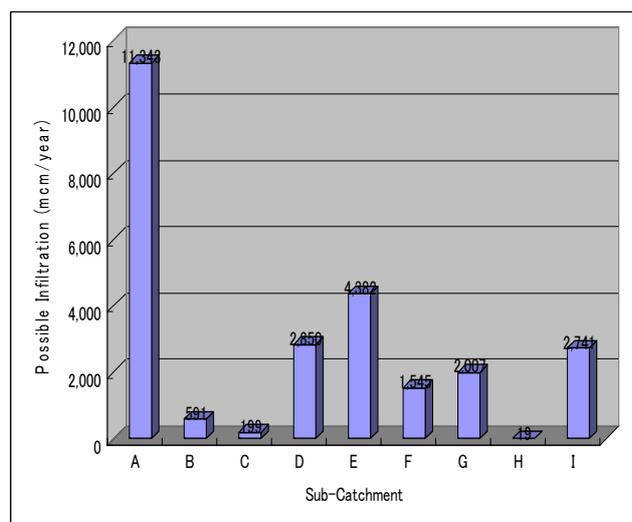


図 5-6 サブ流域別年間可能浸透量 (体積)
 (単位: mcm/年)

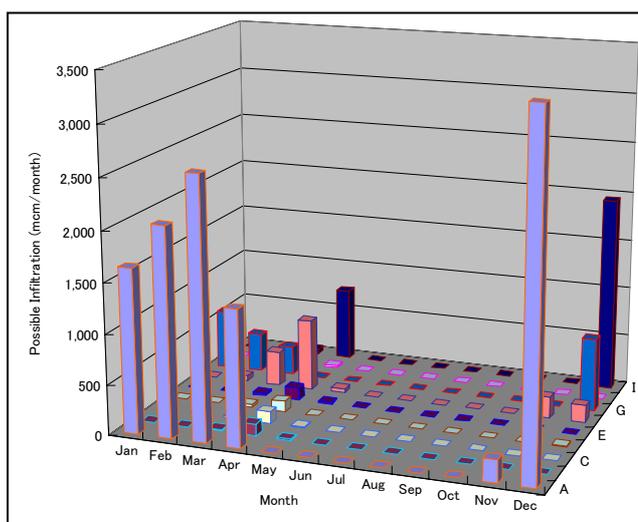


図 5-7 サブ流域別月可能浸透量 (体積)
 (単位: mcm/月)

5.2.2 雨期における各サブ流域内部の可能浸透量評価

雨期における地下水涵養ポテンシャルの高い地域を把握するために、サブ流域毎に簡易水収支解析を実施した。2000年2月のLANDSAT/ETM衛星画像を雨期の代表と見做し、この時期の水収支解析を実施した。利用した衛星画像の原画の空間解像度は30m/画素であるが、解析のための画像の空間解像度は最近接点補完法を適用して75m/画素とした。

(1) 評価方法

適用した水収支式は前出の(1)式である。この解析は、以下の点が 5.2.1 節の解析と異なっている。

1) 降雨量

降雨量は“Summary of rainfall in Tanzania” (1975: East Africa Community, Nairobi)における 2 月の平均降雨量を用いて IDB 全体の降雨量分布図を作成・評価した。この計算は LANDSAT 画像の画素毎に行った。

2) 可能蒸発散量

可能蒸発散量は、前出のマッキンク式(3)と日照時間分布図・気温分布図・土地被服図を用い、LANDSAT 画像のピクセル毎に計算した。内部収束流域内の日照時間分布図、気温分布図作成には、タンザニア気象局の観測データ (1975 年～2004 年) を用いた。

気温分布図の評価に当っては、SRTM DEM を利用して気温の標高補正を行った。標高補正には、タンザニアのデータを分析した結果得られた $0.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を使用した。また、アルベド値は土地被覆に強く影響されるため、LANDSAT ETM+のバンド 1 ～バンド 5 のデータを利用して各画素の土地被覆を判別し、それに対応するアルベド値を割り当てた。

(2) 評価結果

評価の結果は、図 5-8 降雨量分布図、図 5-9 蒸発散量図、図 5-10 可能浸透量図に示した。

1) 降雨量図

降雨量図から、ンゴロンゴロ・クレーター南部地域 (エヤシ湖およびマニャラ湖の北側) およびタボラ州周辺は比較的雨量が多い。一方、マサイ・ステップ (サブ流域 I) は降雨量が非常に少ない。

2) 可能蒸発散量図

地域蒸発散量は南部のサブ流域で大きく、北部のサブ流域では小さい。地域可能蒸発散量の大きさは日照時間に大きく左右されること、キリマンジャロ山やハナン山のような標高の極端に高い地域ではその気温に左右されることが原因である。

3) 可能浸透量(地下水涵養量)図

雨期(2 月)の各サブ流域の可能浸透量の検討結果を表 5-1 にまとめた。可能浸透量 (mm/月) および浸透率 (%) 共にサブ流域 A (エヤシ流域) が最大で、サブ流域 D (マニャラ湖流域)、E (ナトロン湖流域)、F (オールドヴァイ流域) と G (バヒ流域) がそれに続く。最小グループは、サブ流域 B (モンドリ(1)流域)、C (モンドリ(2)流域)、H (マサイ・ステップ流域)、I (ナマンガ流域) である。

表 5-1 雨期（2月）におけるサブ流域別簡易水収支結果のまとめ

Sub-basin		Area (Km ²)	Rainfall (million m ³ /month)	Evapo- transpiration (million m ³ /month)	Possible Infiltration		
					(million m ³ /month)	(%)	(mm/month)
A	Lake Eyasi	64,545	8,068	3,550	4,518	56	70
B	Monduli (1)	4,115	296	214	82	28	20
C	Monduli (2)	1,385	100	72	28	28	20
D	Lake Manyara	18,491	1,886	1,072	814	43	44
E	Lake Natron	26,224	2,229	1,180	1,049	47	40
F	Olduvai	4,577	476	220	256	54	56
G	Bahi (Manyoni)	26,445	2,962	1,613	1,349	46	51
H	Masai Steppe	9,313	764	596	168	22	18
I	Namanga	14,080	986	704	282	29	20

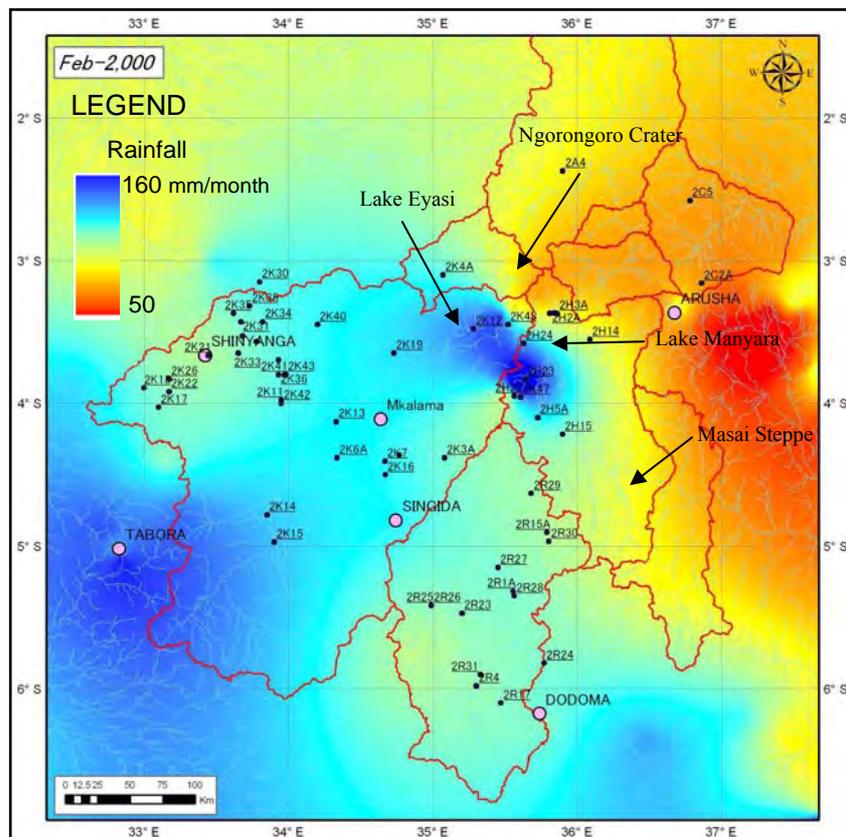


図 5-8 降雨量分布図（2月）

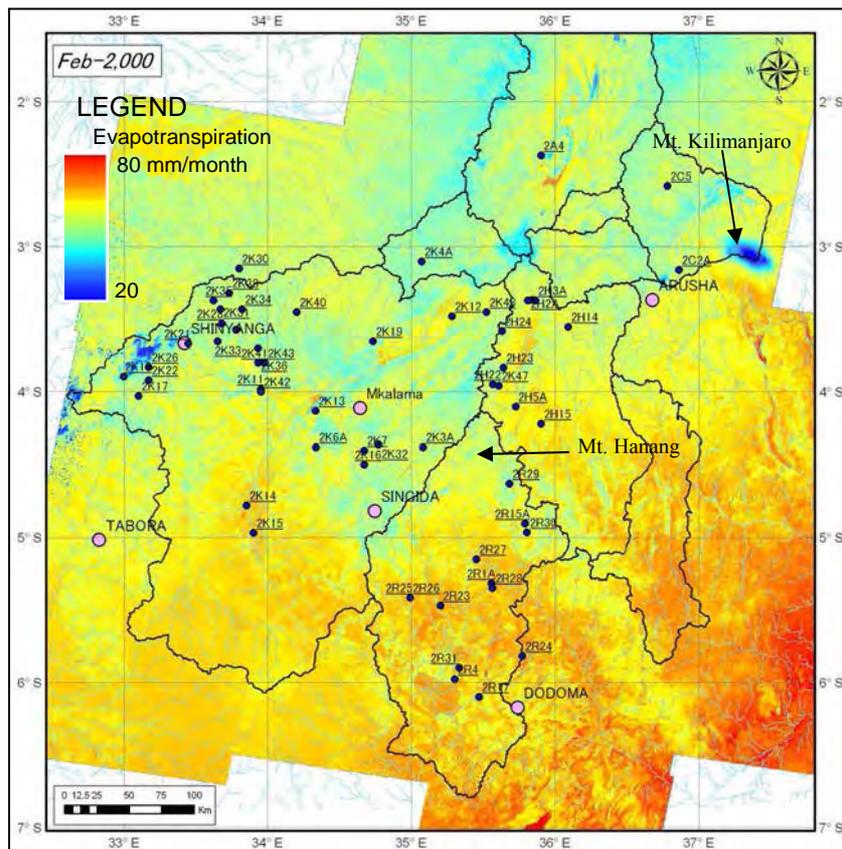


図 5-9 蒸発散量分布図（2月）

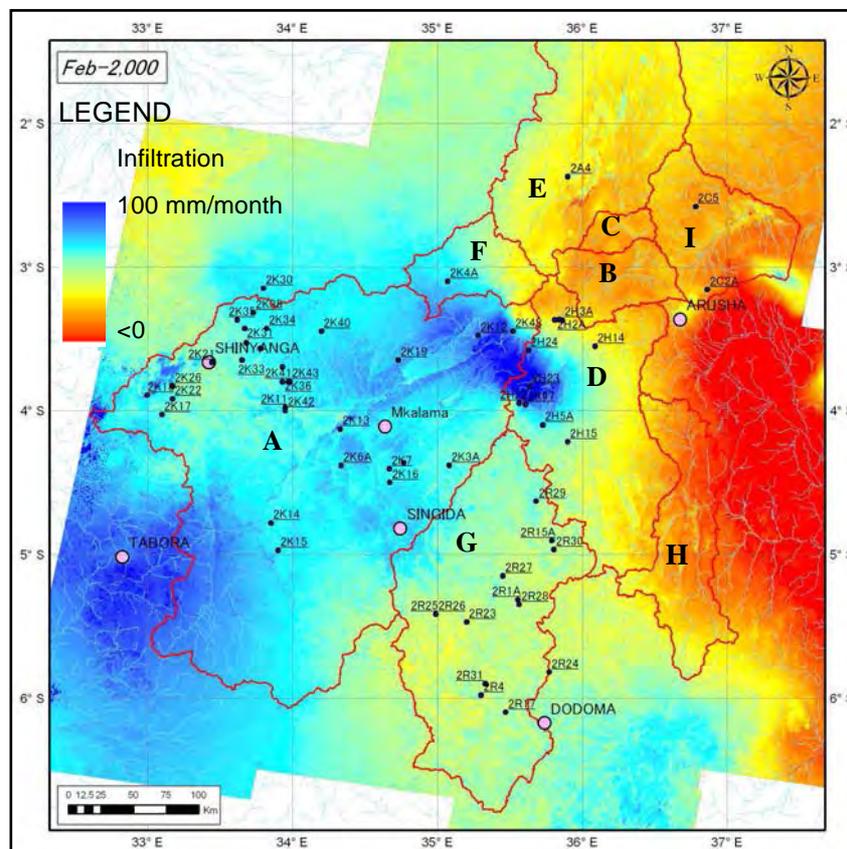


図 5-10 可能浸透量図 (P-ET)（2月）

5.2.3 サブ流域 G における可能浸透量（地下水涵養）の詳細解析

地下水のフッ素汚染の状況が深刻でなく、人口も比較的多いサブ流域 G（バヒ流域）を対象に、雨期（2月）および乾期（9月）の水収支を検討した。解析の目的は、サブ流域 G 内において高い可能浸透量を有する地域を把握することにある。この解析においては河川流量観測データのある地域については河川流出を考慮している。

サブ流域 G は IDB の南東部に位置している。地形上は東北東－西南西方向の断層により 2 つの地域に大別される。すなわち、サブ流域北部に分布する標高 1,000～1,800m 程度の山岳あるいは高標高地域と、南部に広がるバヒ湿地・緩傾斜の丘陵地に代表される標高 800～1,000m の低平地に区分される。バヒ湿地にはこのサブ流域に発達する河川のすべてが収斂している。

(1) 解析方法

詳細水収支解析に適用した基本式は 5.2.1 あるいは 5.2.2 に記したものと同様である。詳細水収支解析は以下の点がこれまでの解析と異なっている。

1) 雨期および乾期の解析

2000 年 2 月（雨期）および 2000 年 9 月（乾期）の衛星画像を利用して水収支解析を実施している。

2) 河川流出

以下の水文観測所の河川流量観測データを利用して、河川流出量を考慮した水収支解析を実施している。

表 5-2 解析に使用した水文観測所および観測期間

水文観測所		算定平均河川流量 (m ³ /月)		観測期間
		2 月	9 月	
2R1A	Bubu at Farkwa	51.7	0	1957 - 1989
2R23	Mponde	5.6	0	1969 - 1985
2R25	Msemembo	6.3	0	1970 - 1991
2R26	Madumu at Makuru	4.7	0	1970 - 1990
2R29	Bubu at Thawi	14.2	0	1972 - 1985

上記の水文観測所位置はその河川流域とともに図 5-14 に示した。流出係数の計算には下記の (5) 式を適用した。

$$Ra = \frac{R}{P} \quad \dots\dots (5)$$

R : 月流出量 (m³)、P : 月降雨量 (m³)

(2) 解析結果

1) 降雨量

雨期（2月）および乾期（9月）の降雨量分布図を図 5-11 に示した。サブ流域Gの2月（雨期）の降雨量は概略 110mm/月、9月（乾期）の降雨量はほぼゼロであった。2月の降雨量はサブ流域の北部で大きく南部で小さい。

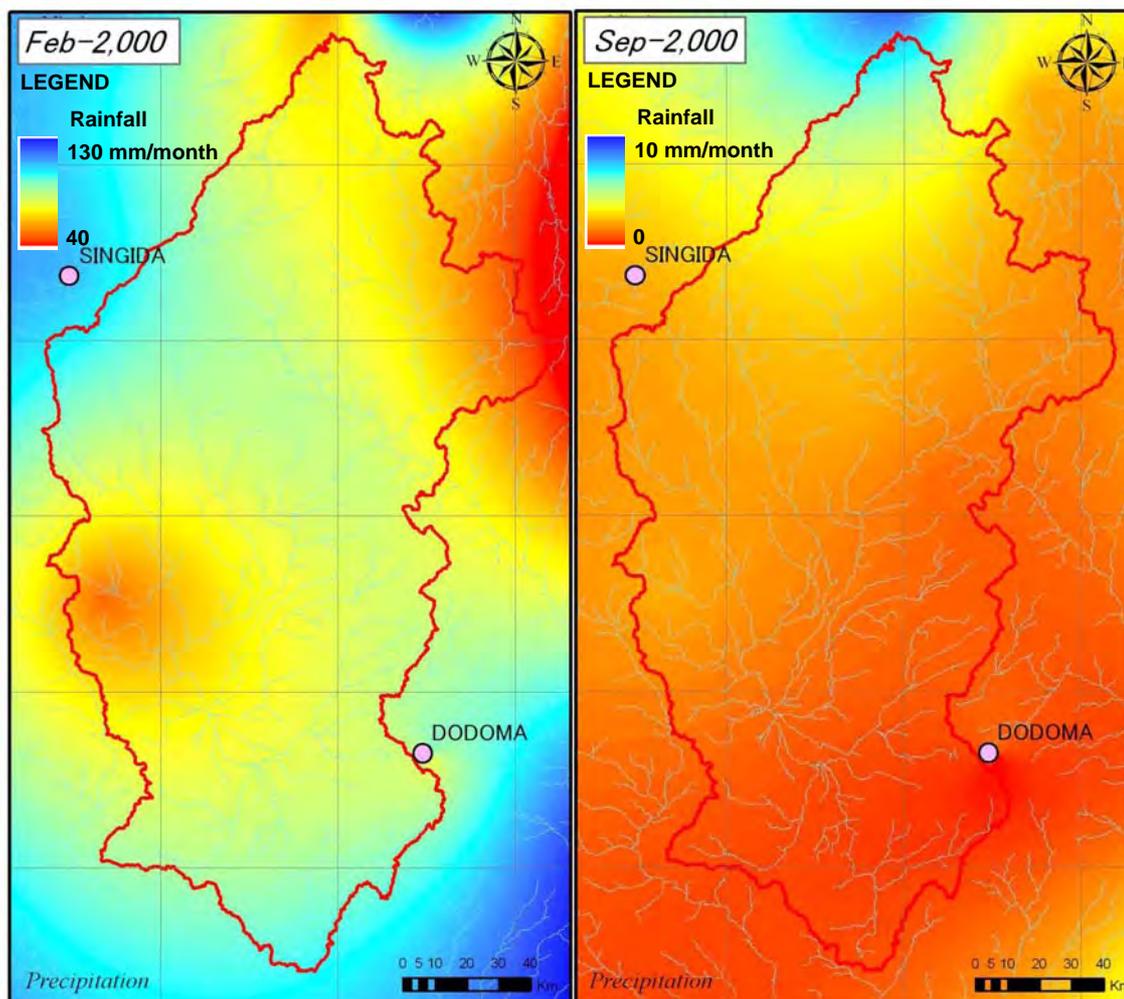


図 5-11 サブ流域Gの降雨量分布図

2) 蒸発散量

雨期（2月）および乾期（9月）の蒸発散量分布図を図 5-11 に示した。2月の地域可能蒸発散量はサブ流域内で 40 ～ 80 mm/月となった。一方、9月の地域可能蒸発散量は 60 ～ 105 mm/月である。蒸発散量はサブ流域Gの南部で大きく北部で小さい。

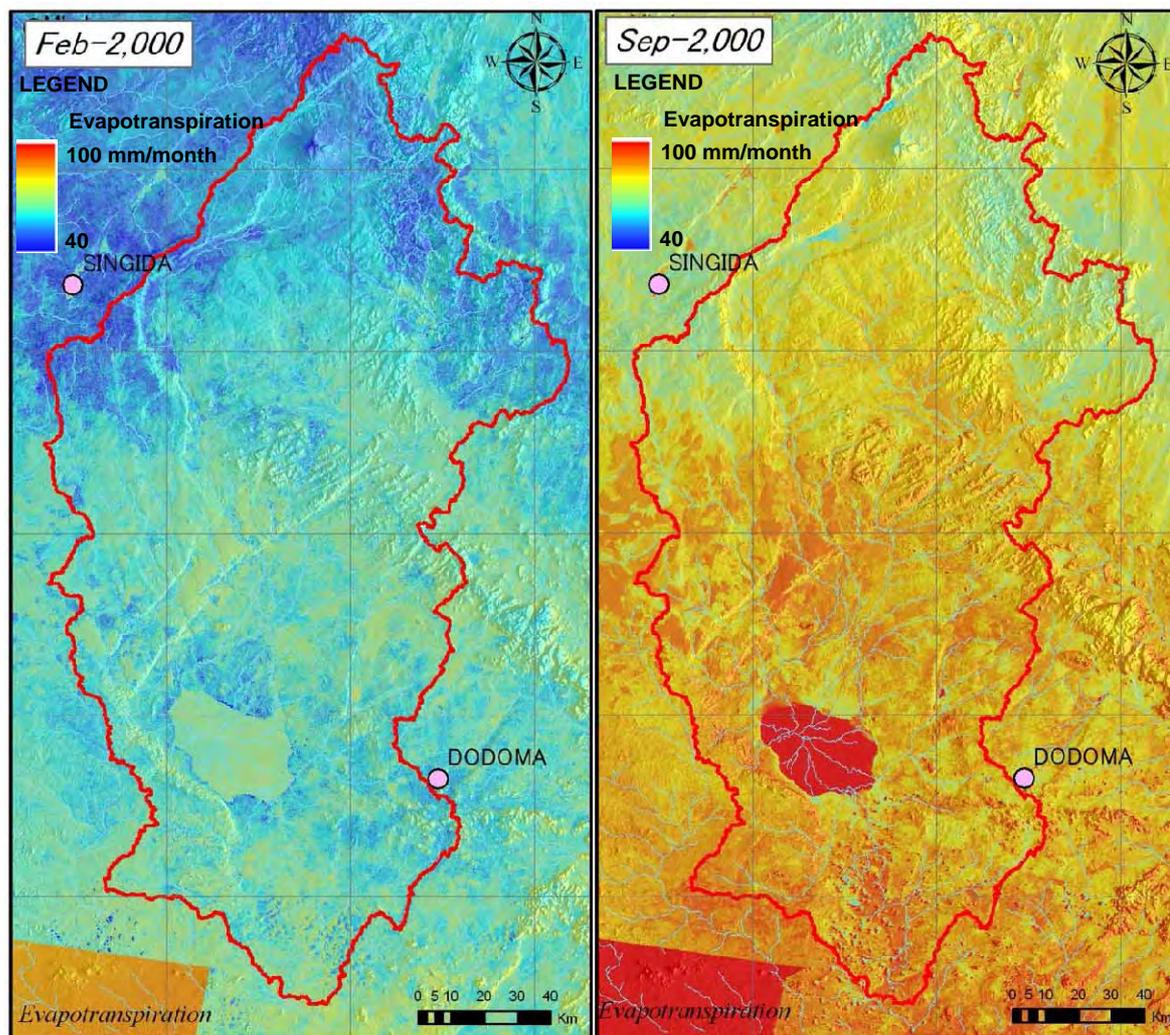


図 5-12 サブ流域 G の蒸発散量分布図

3) 可能浸透量

2月と9月の浸透量を表5-3と表5-4に示した。表5-4および表5-5中の最下段は、域外への河川流出がないため、サブ流域G全体の可能浸透量を意味する。また表中の両括弧でくくられたマイナス値は、可能浸透量がゼロであることを意味する。

表 5-3 サブ流域 G の詳細水収支解析結果 (2月)

水文観測所	流域面積 (Km ²)	降雨量 (million m ³ /month)	蒸発散量 (million m ³ /month)	河川流出 (million m ³ /month)	浸透量 (million m ³ /month)	浸透率 (%)
2R1A	7,121	783.3	420.1	51.7	311.5	40
2R23	3,374	384.7	192.3	5.6	186.7	49
2R25	811	94.0	45.4	6,292.9	42.3	45
2R26	811	94.0	45.4	4,684.2	43.1	46
2R29	1,220	133.0	64.7	14,215.7	54.1	41
Whole G	26,445	2,961.8	1,613.1	0	1,348.7	46

表 5-4 サブ流域 G の詳細水収支解析結果 (9月)

水文観測所	流域面積 (Km ²)	降雨量 (million m ³ /month)	蒸発散量 (million m ³ /month)	河川流出 (million m ³ /month)	浸透量 (million m ³ /month)	浸透率 (%)
2R1A	7,121	16.4	555.4	0	(-539.0)	0
2R23	3,374	10.5	263.2	0	(-252.7)	0
2R25	811	1.54	62.4	0	(-60,883.3)	0
2R26	811	1.54	63.2	0	(-61.7)	0
2R29	1,220	4.9	89.0	0	(-84.2)	0
Whole G	26,445	45.0	2,194.9	0	(-2,150.0)	0

図5-13に2月および9月の可能浸透能分布図を示す。ただし、右図と左図では凡例のカラー・スケールが異なる点、注意を要する。9月の浸透能はマイナスとなり、これは実質上可能浸透量がゼロであることを意味する。2月の可能浸透量は Katesh および Mgori 等のサブ流域の北部で大きい。

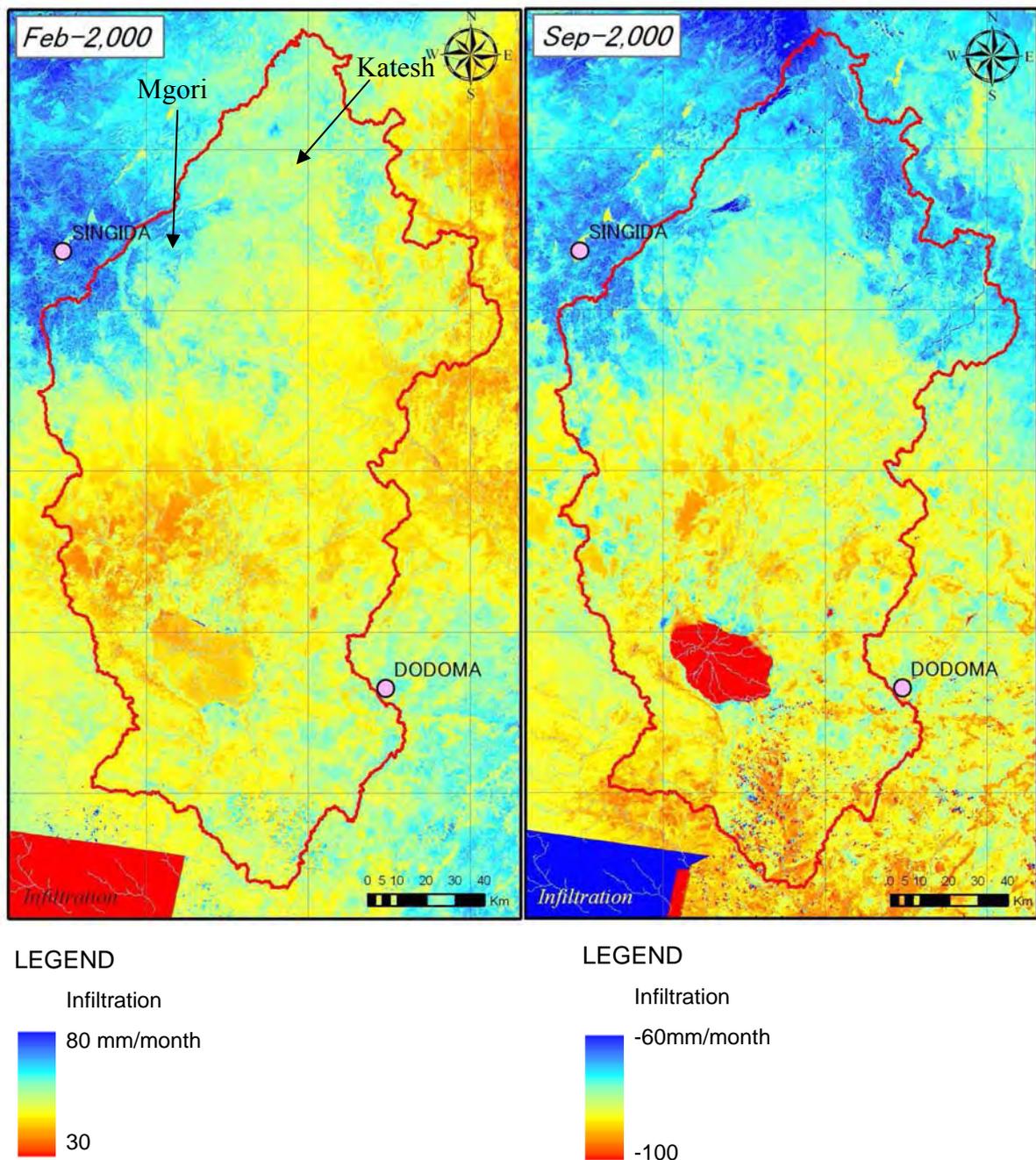


図 5-13 サブ流域Gの可能浸透量分布図 (I=P-ET)

4) 河川流出

表 5-5 に水文観測所毎の河川流出量および流出係数を示した。2月の流出係数は各水文観測所により異なり、1.5% ~ 10.7%程度であり、平均は6%である。これらの値は、その水文観測所の置かれた流域の水文条件、気象条件に依存している。一方、乾期の河川にはほとんど水が流れていない。

図 5-14 には浸透能分布図を示す。これは河川流出を考慮した(1)式により求めたものである。

河川流出は各水文観測所の小流域毎に計算しているため、浸透能の分布はその小流域でのみ評価されている。9月は乾期のため、河川流出はゼロである。そのため、9月の浸透量分布図は図 5-13 の可能浸透量図と同じになる。

表 5-5 サブ流域 G 内の水文観測所別流出係数 (2 月)

水文観測所		2月の河川流出量 (R) (million m ³)	2月の降雨量 (P) (million m ³)	流出係数 (Ra=R/P)
2R1A	Bubu at Farkwa	51.7	731.4	0.071
2R23	Mponde	5.6	384.	0.015
2R25	Msemembo	6.3	94.0	0.067
2R26	Madumu at Makuru	4.7	94.0	0.050
2R29	Bubu at Thawi	14.2	133.0	0.107
平均				0.062

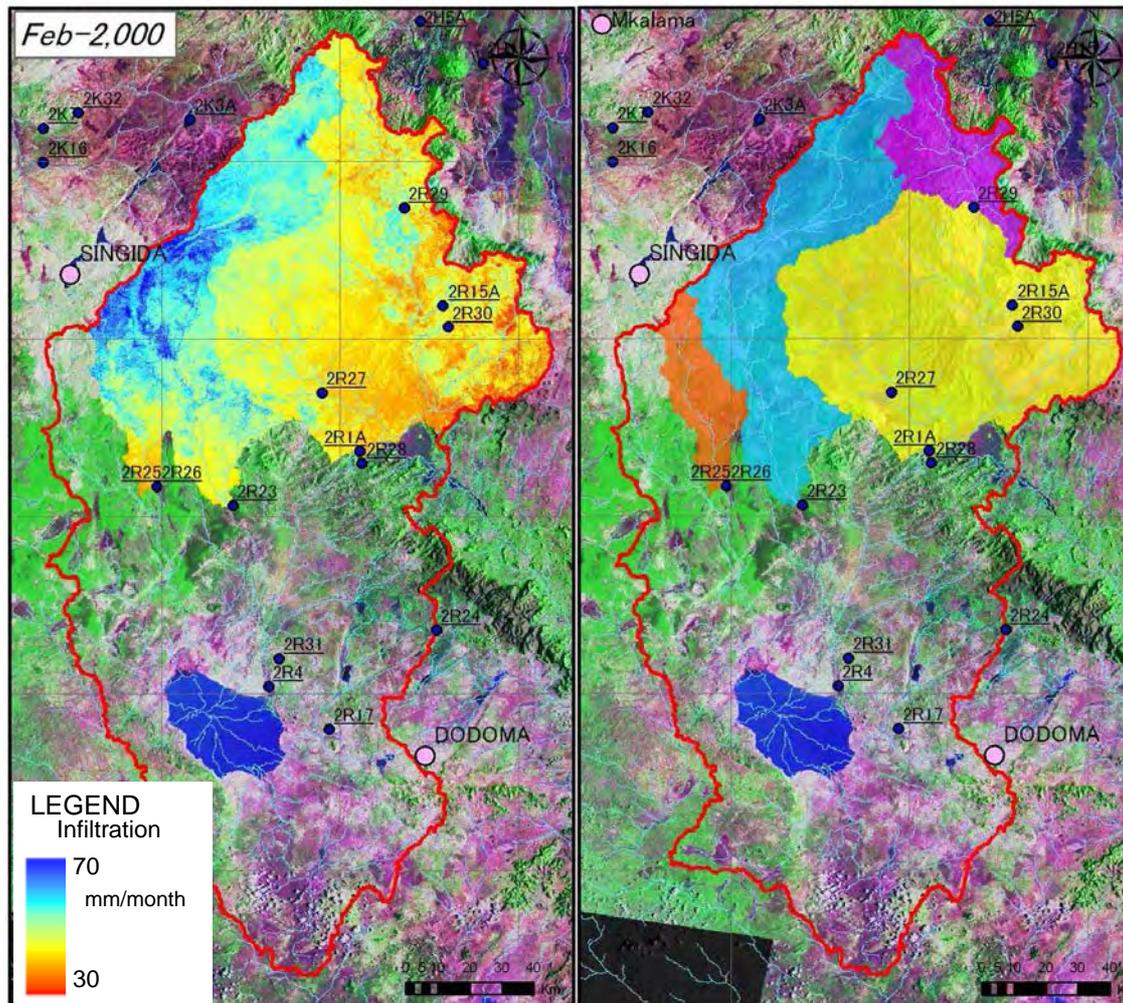


図 5-14 水文観測所 (2R1A, 2R23, 2R25, 2R26 and 2R29) 流域の浸透量分布
 (右図は乾期には河川流出がないため、単に各水文観測所の流域を示している)

5.3 地下水ポテンシャル評価

第4章に記した水理地質解析結果および5-2節に記した水収支解析結果を利用して、地下水開発を目的とした地下水ポテンシャル評価を実施した。水理地質の観点から地下水ポテンシャルを評価するために、5つの評価指標（井戸産出率、井戸掘削深度、静的地下水位、地下水の電気伝導度およびフッ素濃度）を選定した。また水文学的見地から地下水ポテンシャルを評価するために、可能浸透量を指標として選定した。

実際の地方給水を目的とした地下水開発に際しては、これら6つの自然系の指標とは別に、地域の社会条件も考慮する必要がある。そのため、ここでは内部収束流域内の県の人口密度および地方給水率の2つを社会条件指標として選定した。

5.3.1 地下水ポテンシャル評価指標

(1) 井戸産出率

井戸産出率は給水施設設計に必要な基礎データである。そのため、地方給水施設の規模とそれに必要な井戸産出率との関係を図5-6のように整理し、井戸産出率を評価した。この暫定的な評価では次の事項を仮定している。

- 平均家族構成：1家族6人（サポーティング・レポート10章中の「世帯調査」の項を参照のこと。）
- 目標単位水使用量：25リットル/日/人（Water Policy）
- 給水施設運転時間：12時間
- 稼働率：0.75

内部収束流域収束流域内の井戸産出率は、最大48.0 m³/h、最小0.05 m³/hであり、平均では6.3 l m³/h（標準偏差 3.24 m³/h）である。

表 5-6 井戸産出率による評価

Village Scale No. of Household	Population	Demand (m ³ /day)	Necessary Yield (m ³ /h)	Target Yield (m ³ /h)	Evaluation
0	0	0	0	0	Poor
50	300	7.5	0.8	1	Fair
100	600	15	1.7	2	Good
500	3,000	75	8.3	10	Very Good
1,000	6,000	150	16.7	20	Excellent
5,000	30,000	750	83.3	100	
>	>	>	>	>	

(2) 静水位

揚水ポンプに要求される性能は、揚水量が同じ場合には地下水位の深さで決まる。地下水位深度は生産井の運転コストにも関係する。内部収束流域の静水位データでは、最大深度は148.1 m、最小深度は-0.06 m、平均では13.9 m（標準偏差 13.8m）である。

(3) 掘削深度

掘削深度は生産井の初期コストにもっとも影響する要素である。そのためこれを地下水ポテンシャル評価の指標のひとつとした。内部収束流域内のデータでは、最大掘削深度 268.2 m、最小掘削深度 2.6 m、平均掘削深度 79.5 m（標準偏差 36.9 m）である。深度 20 m 以上の井戸掘削で

は、通常、掘削コストはその掘削深度に直接比例する（タンザニア井戸掘削会社の見積り資料による）。そのため、データの分布を考慮して表 5-8 のように評価点を配分した。

(4) 水質 (EC)

地下水中の塩分の指標である全蒸発残留物 (TDS) はその電気伝導度 (EC) と強い相関がある。TDS は水質基準項目としても重要なものであり、飲料水、家畜や農産物の生産性にかかわる水処理コストにも関係する。表 5-7 は TDS が人間も含めた動物や農産物へ与える影響を示している。図 5-15 に示した TDS と EC との関係性を直線近似し、かつ TDS の人間への影響を基にして、表 5-8 のようにその評価点を配分した。電気伝導度の最大値は 1,173.3 mS/m (TDS で 8,232mg/L 相当)、最小値は 4.39 mS/m (TDS で 30.8 mg/L 相当) である。

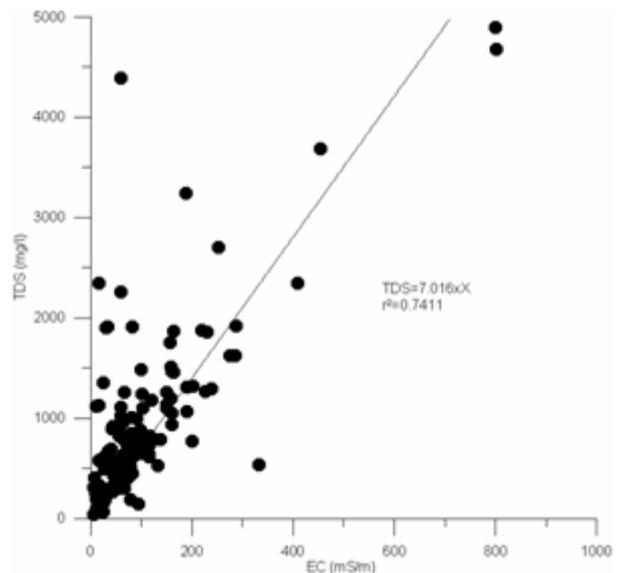


図 5-15 EC と TDS の相関

平均値は 126.0 mS/m (TDS 884 mg/L) で、標準偏差は 74.89 mS/m であった。

表 5-7 動物および農産物への TDS の影響

TDS (mg/l)	0	800	1,000	1,600	2,000	2,500	3,000	4,000	5,000	6,000	10,000	15,000
Human*	Excellent		Good		Fair		Poor		Very Poor to Limit			
Cattle	Excellent		Good		Fair				Poor		Very Poor to Limit	
Sheep	Excellent		Good		Fair						Poor	
Chicken & Poultry	Excellent		Good		Fair		Poor		Very Poor to Limit			
Cotton**	←		←		←		←		→			
Wheat	←		←		←		←		→			
Sunflower	←		←		←		←		→			
Rice	←		←		←		←		→			
Corn Grain Sweet	←		←		←		←		→			
Sugar Cane	←		←		←		←		→			
Orange	←		←		←		←		→			
Potato	←		←		←		←		→			
Onion	←		←		←		←		→			
TDS (mg/l)	0	800	1,000	1,600	2,000	2,500	3,000	4,000	5,000	6,000	10,000	15,000

(Source: * "Analysis of Water Quality for Livestock", Utah State University, 1997
 ** Lenntech Water Treatment & Air Purification Holding B.V. Home Page)

(5) 水質 (フッ素)

フッ素濃度は内部収束流域内での地下水開発において最も重要な指標である。フッ素濃度指標の評価配点は WHO 基準(1.5mg/L)、タンザニア基準“TZS 789:2003 Drinking (potable) Water

Specification (4.0mg/L)”、タンザニア暫定基準“The Tanzanian Temporary Standards of Quality of Domestic Water (upper limit 8mg/L)”を考慮して、表 5-8 のように決定した。

内部収束流域内のデータでは、フッ素濃度の最大値は 34.9 mg/L、最小値は 0.05 mg/L、平均値は 2.48 mg/L、標準偏差は 3.02 mg/L であった。

(6) 平均月可能浸透量 (涵養量)

内部収束流域内の月別平均可能浸透量については 5.2.2 節水収支解析で既に述べた。月別平均可能浸透量の最大値は 201.4 mm/月、最小値は-36.5mm/月、平均値は 57.0 mm/月、その標準偏差は 33.0 mm/月であった。評価配点はデータ分布を考慮して表 5-8 のように決めた。

(7) 地方給水率

内部収束流域内の地方給水率は“Water and Sanitation in Tanzania” (Water Aid (2005))から引用した (4.1.2 節参照)。この引用文献における給水率の定義は、「改善された水源」(パイプ給水あるいは保護管理水源) にアクセス可能な世帯数、である。

地方給水率は、最大 81.8 % (アルメル県)、最小 4 % (シコンゲ県)、平均 23.6 %、標準偏差 20.1 % であった。評価配点はデータ分布を考慮して表 5-8 のように決めた。

(8) 人口密度

地下水資源開発、とりわけ地方給水においては、人口密度は投資効率の観点からもっとも重要な因子のひとつである。評価配点はデータ分布を考慮して表 5-8 のように決めた。

表 5-8 インデックス別評価配点表

Score	Natural Condition										Social Condition	
	Basic Condition					Recharge					(7)Water Supply Ratio (%)	(8) Population Density (person/km ²)
	(1)Yield (m ³ /h)	(2)Static Water Level (m)	(3)Drilling Depth (m)	(4)Water Quality [EC] (mS/m)	(5)Water Quality [Fluoride] (mg/L)	(6)Infiltration (mm)	(7)Water Supply Ratio (%)	(8) Population Density (person/km ²)				
10	60 <	< 5	< 10	-	-	100 <	< 5	150 <	Exl	Exl	Exl	Exl
9	20 - 60	5 - 10	10 - 20	< 25	< 0.5	80 - 100	5 - 10	100 - 150	Exl	Exl	Exl	Exl
8	15 - 20	10 - 15	20 - 30	25 - 50	0.5 - 1.0	60 - 80	10 - 15	80 - 100	Very good	Very good	Very good	Very good
7	10 - 15	15 - 20	30 - 40	50 - 75	1.0 - 1.5	50 - 60	15 - 20	65 - 80	Very good	Very good	Very good	Very good
6	6 - 10	20 - 30	40 - 50	75 - 100	1.5 - 2.0	40 - 50	20 - 25	55 - 65	Good	Good	Good	Good
5	2 - 6	30 - 40	50 - 70	100 - 125	2.0 - 2.5	30 - 40	25 - 30	40 - 55	Good	Good	Good	Good
4	1.5 - 2	40 - 50	70 - 100	125 - 150	2.5 - 3.0	20 - 30	30 - 40	30 - 40	Fair	Fair	Fair	Fair
3	1 - 1.5	50 - 70	100 - 150	150 - 200	3.0 - 3.5	10 - 20	40 - 50	20 - 30	Fair	Fair	Fair	Fair
2	0.5 - 1	70 - 100	150 - 200	200 - 250	3.5 - 4.0	0 - 10	50 - 70	10 - 20	Poor	Poor	Poor	Poor
1	< 0.5	100 <	200 <	250 - 300	4.0 - 8.0	< 0	70 <	< 10	Poor	Poor	Poor	Poor
0	-	-	-	300 <	8.0 <	-	-	-	Poor	Poor	Poor	Poor

5.3.2 地下水ポテンシャル評価

内部収束流域内の地下水ポテンシャル評価として、以下に記す5ケースについて検討した。

(1) ケース-1: 自然条件だけを加味した基礎的5指標による評価

自然条件を基に地下水開発ポテンシャル評価を行う際の指標として、井戸産出率、静水位、掘削深度、電気伝導度およびフッ素濃度の5つの指標を選定した。そして、内部収束流域を1kmグリッドに分割し、それぞれのグリッドにおいて指標評価値を合算して総合的評価値とした。そのグリッド毎の評価結果を総合し図5-16に示した。

(1) ケース-2: 基礎5指標に可能浸透量を加えた場合

基礎となる5指標に可能浸透量を加え、ケース-1と同様の評価を行った。その結果を図5-17に示す。

(2) ケース-3: ケース1においてフッ素濃度配点を2倍にした場合

本ケースでは、ケース1と同様に5指標を用いたが、その中でフッ素濃度への評価配点を2倍にした。図5-18にその結果を示す。このケースでは、シニャンガ地域、シンギダ南部およびハナン地域が、地下水開発ポテンシャルの低い地域となる。

(3) ケース-4: ケース2に人口密度を加えた場合

図5-19はケース2に人口密度指標を加えて地下水開発ポテンシャルを評価した結果を示す。このケースでは、シニャンガ地域、シンギダ南部およびハナン地域が、地下水開発ポテンシャルの低い地域となる。

(4) ケース-5: ケース4に給水率を加えた場合

最後に、ケース4に給水率を指標に加え、地下水開発ポテンシャルを評価した結果を図5-20に示す。すなわち、用意した全ての指標を用いて地下水開発ポテンシャル評価したものである。その結果、タボラ州が給水率の低い県を沢山抱えているために、内部収束流域南部の地下水開発ポテンシャルが増加する結果となった。

5.3.3 地下水開発ポテンシャル評価の結論

本調査の主目的のひとつは内部収束流域内の地下水開発ポテンシャルを水理地質的見地および水文学的見地から評価することであり、この見地からは容易に地下水開発ポテンシャルの高い地域を判別できる。ケース5の場合、指標のひとつである給水率の精度は県単位であり、そのためにこの指標を加味した解析(図5-20参照)の精度は決して高いとはいえないが、現時点では、内部収束流域においてもっとも望ましい開発計画策定の基礎資料になるものと思われる。自然条件からの地下水ポテンシャル評価に人口密度や地方給水率を加味したこの解析結果から、次の5地域

が地方給水開発に関して相対的に高いポテンシャルを有している、といえる。すなわち、1) コンドア／ババチ地域、 2) カラツ／ムブル地域、 3) シンギダ南部、 4) イグンガ地域、 5) シニャンガ南部地域、が相対的に高い地方給水計画地下水開発ポテンシャルを有している。

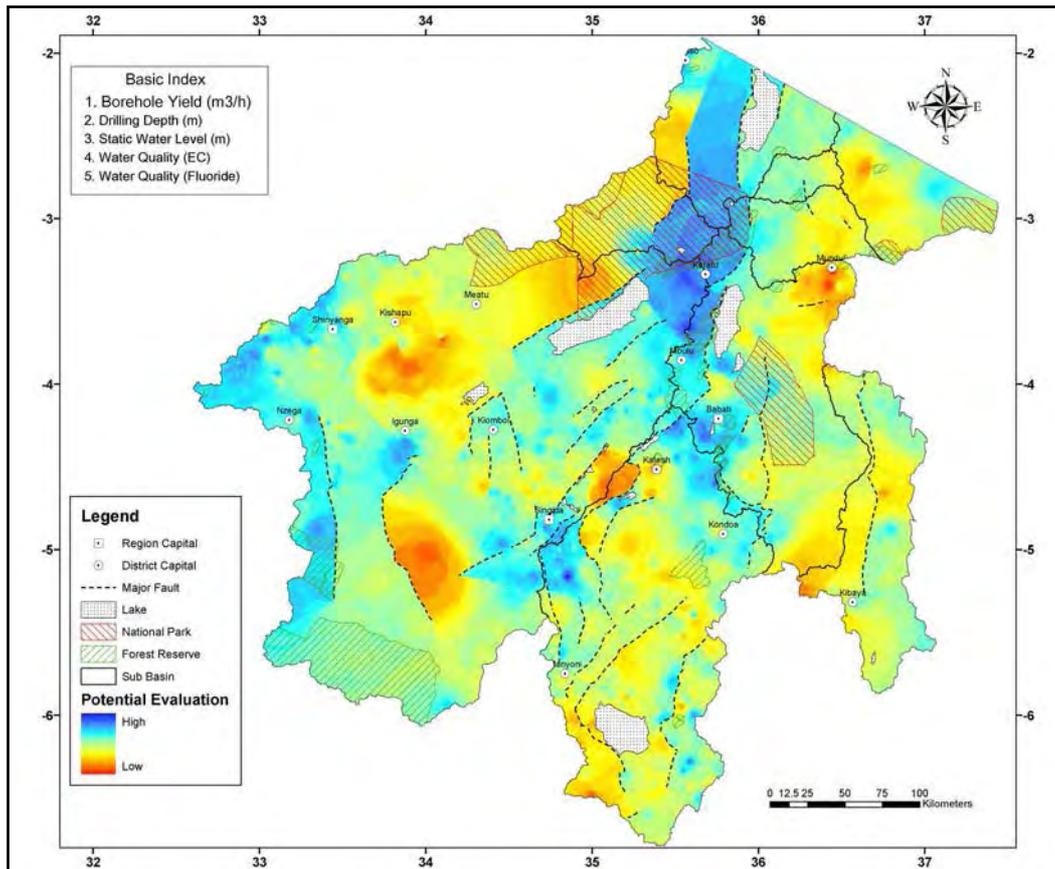


図 5-16 ケース 1: 地下水ポテンシャル評価 (自然条件のみの基礎的5指標)

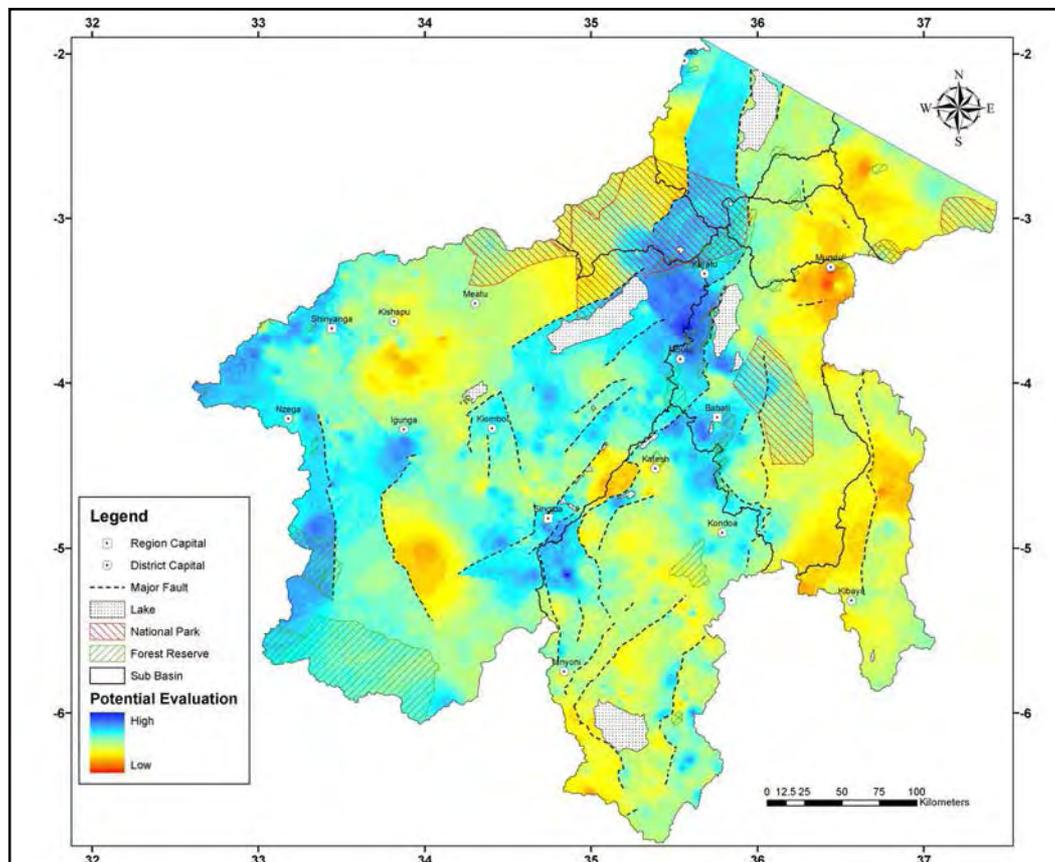


図 5-17 ケース 2: 基礎的5指標に可能浸透量を加えた場合

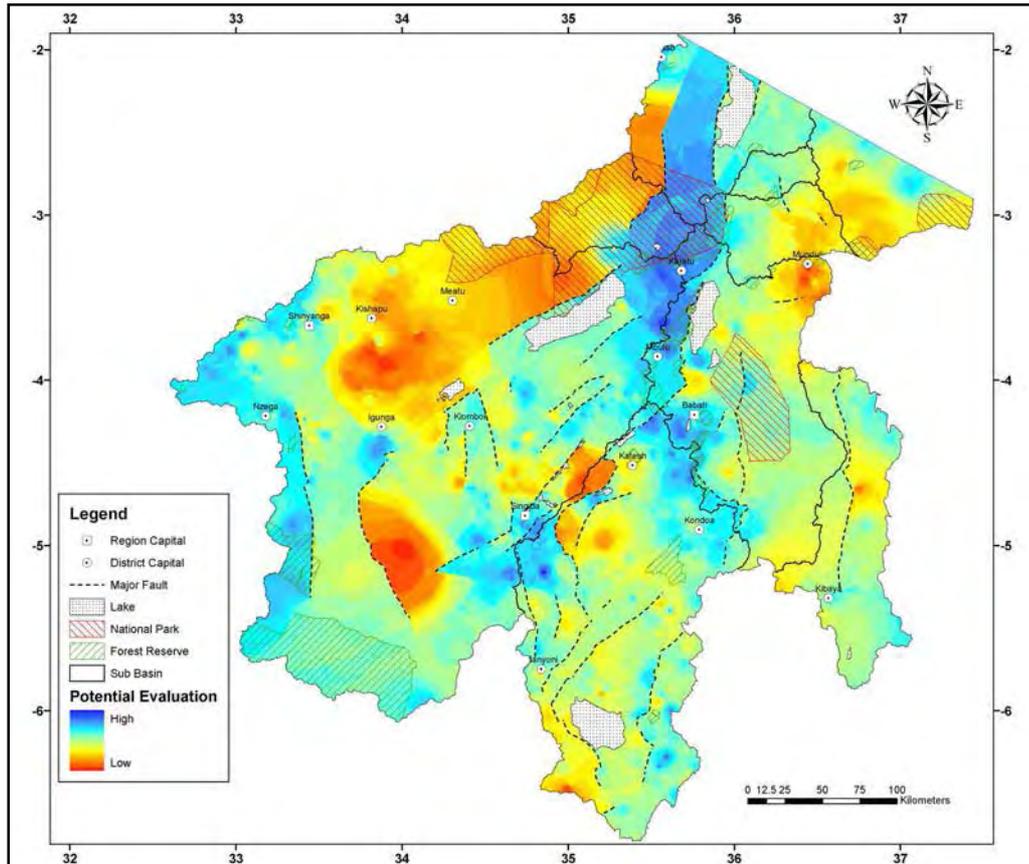


図 5-18 ケース 3: ケース 1においてフッ素濃度配点を 2 倍にした場合

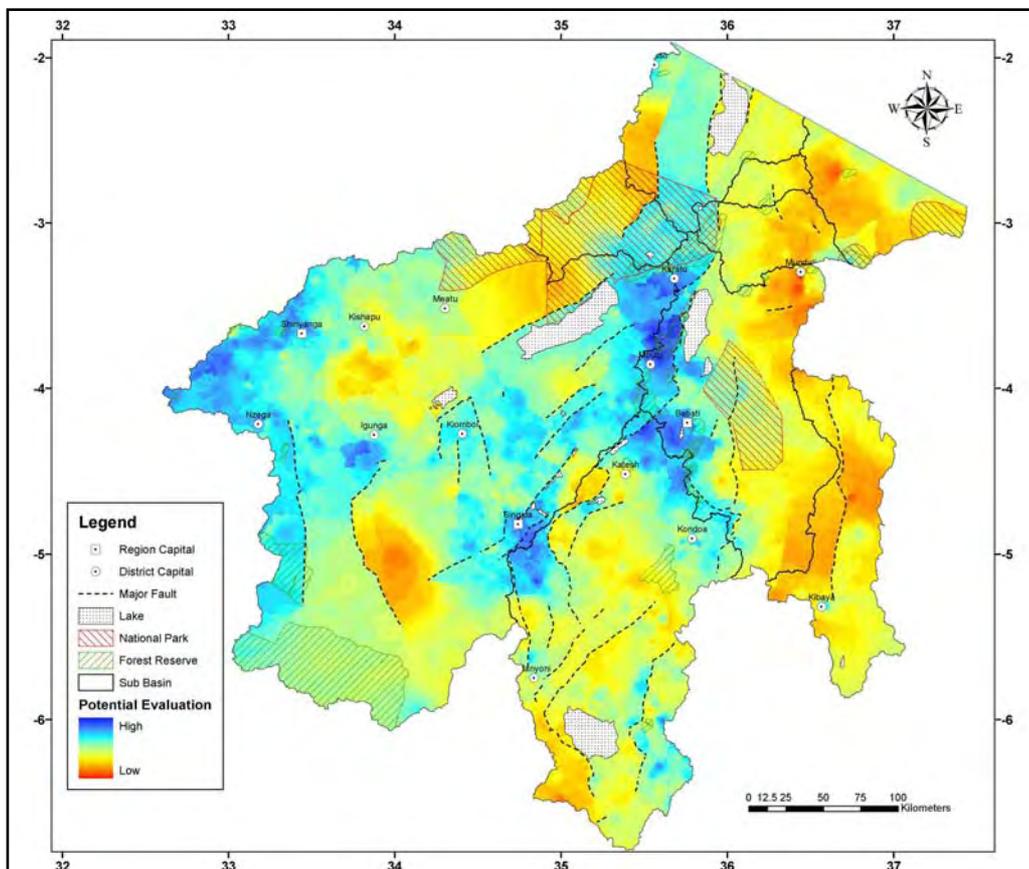


図 5-19 ケース 4: ケース 2に人口密度を加えた場合

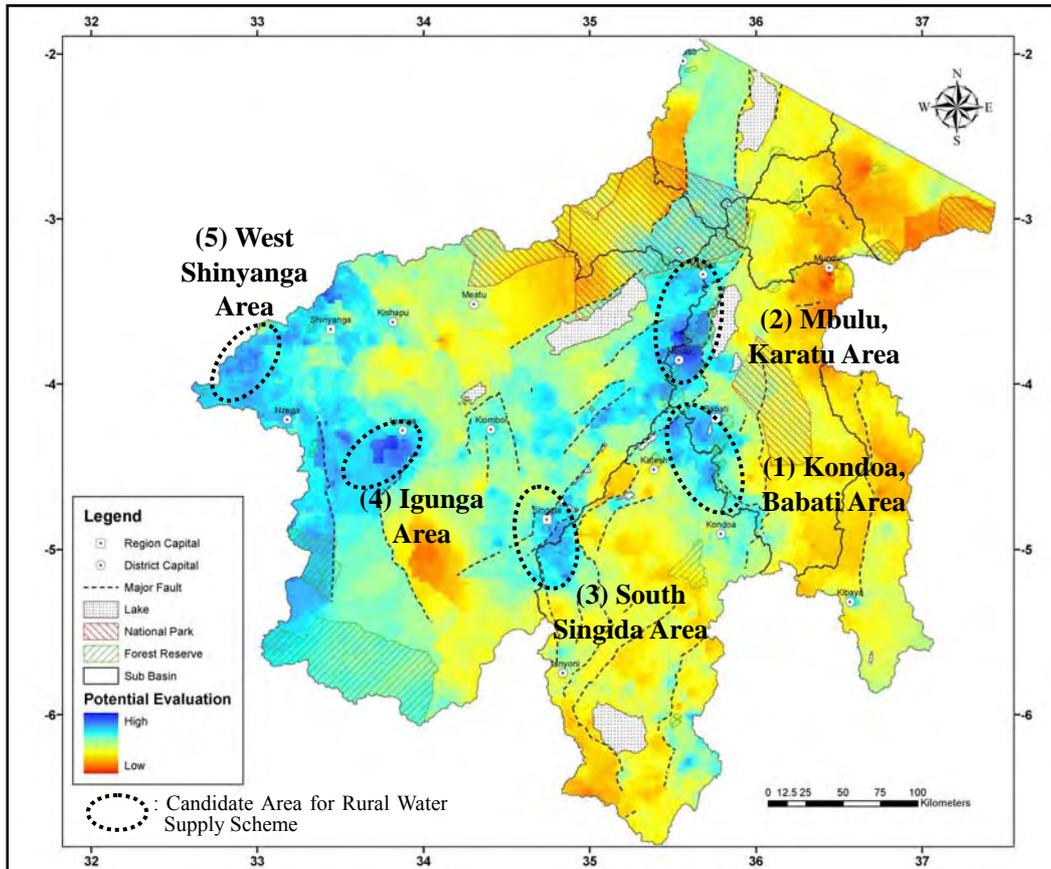


図 5-20 ケース 5: ケース 4 に給水率を加えた場合

第6章 水セクターの組織制度

第6章 水セクターの組織制度

6.1 水資源開発・管理の組織制度

6.1.1 水セクターにおける国家開発計画

「タ」国では、国家水政策（NAWAPO, 2002年）に基づいて水資源開発・管理がなされている。この政策は、国家開発構想 2025（Vision2025）および貧困削減政策（PRSP）（現在は貧困削減と経済成長国家政策（NSGRP）、通称 WAKUKUTA）に基づいて国家水政策 1991 を改訂したものである。

Vision2025 では、水・衛生セクターの目標として、民間業者の参加、地方行政やコミュニティの強化、草の根レベルでの参加による人的資源、知識、経験を通じた普及を通して 2025 年までに安全な水を提供することを目標としている。また、貧困削減と経済成長国家政策の中で、安全な水のアクセス率について地方では 2003 年の 53% から 2010 年までに取水に要する時間 30 分以内で 65%、都市部では同じく 73% を 90% にすることを目標に掲げている。

国家水政策（第二版）の主な目標は、経済性の向上と水供給・衛生事業の可能性を高めるための国の水資源の持続的な開発・管理を幅広く提供することにある。国家水政策（第二版）はまた、地方行政改革の中での公共サービス提供の地方分権化とも連携している。

国家水政策（第二版）の主な目標は以下の通りである。

- 水資源開発・管理計画にあたって、流域管理や一般参加型の総合的なアプローチにおける分野横断的な利点を提唱すること。
- 持続的な水資源開発・管理のために政府の役割をサービス提供者からそのための政策、ガイドライン、規則を制定、調整する役目へと変えることを基本とすること。
- 都市部において、ライフラインの料金を含めて様々な手段を通じて社会的弱者に配慮しつつ全原価回収を確立すること。
- 地方におけるコミュニティ単位の生活用水給水施設の計画、建設、維持管理における受益者の完全参加を確立すること。

国家水政策を受けて、水省は国家水セクター開発戦略を 2004 年に策定し、2006 年に改訂版を策定している。国家水セクター開発戦略では、水資源開発計画と水資源環境管理を統合した新しい水資源管理の枠組みを導入し、そのチャレンジのために、関係機関・組織の各役割分担を示している。また、この中で様々な組織・関係者が水資源開発・管理に参加し、流域レベルで独立採算によって持続的に運営させていくことが示されている。

6.1.2 水セクターに関わる組織体制

(1) 水省の組織体制

2005年12月に発足した「タ」国現政府の下、水省は2006年1月に水資源・畜産開発省から水省と畜産開発省に分割された。これに伴い、2006年2月に水省の新組織体制および組織図の改訂がなされた。水省の新体制の組織図（暫定版）を図-1に示す。流域管理業務の管理を行っているのは水資源局であり本件調査の責任機関となっている。

水・畜産開発省の管轄下で実際に水資源開発・村落給水事業を担当してきたのは、州政府の水理官（RWE）とその管轄下にあるコンサルタンシーユニット(RCU)の技術者および県・市レベルの水理官(DWE/MWE)であった。コンサルタンシーユニットには、水資源管理・給水開発事業を司る大きく2種類のタイプの職員が在籍していた。一つが水資源局の管轄下で河川流量観測や地下水探査等の水資源調査・管理を行う職員で、もう一方は地方給水局の管轄下で給水施設的设计・建設、施設の維持管理・メンテナンス等を担当する職員である。また、水省の水質ラボも各州のコンサルタンシーユニットに併設されていた。

(2) 流域管理事務所

「タ」国では1980年代から「流域管理」という水資源管理の考えが適用され、1974年のACT No.42（1981年改訂 ACT. No.10）に基づいて9つの流域に分けられた。1991年にPangani流域に、1993年Rufiji流域そして2000年にLake Victoria流域に流域管理事務所が設置された。さらに、2002年の国家水政策（第二版）の中にも「統合水資源管理」のコンセプトが取り入れられるとともに、9つの流域毎に流域管理委員会(BWB)および流域管理事務所(BWO)が設置された。

これに加え、地方分権化政策により州の水理官は、首相府 地域行政・地方政府庁(PMO-RALG)の管轄下にある州政府(RAS)の社会サービスセクターの一給水担当となり、技術的アドバイザー(TWA)と称せられている。TWAは現在、県/市の政府が実施する給水事業計画の承認、給水事業費の調達、給水事業の評価・モニタリング等の事業の管理業務の他、県/市の給水分野を担当する職員の能力開発支援などを担当している。県/市の政府の給水開発計画と必要な事業費の申請は州政府を通じて財務省に提出され、県/市政府へ直接配分されることになった。同時に水省から任命されたコンサルタンシーユニットの職員あるいはその他機関の職員は、新たに設置された流域管理事務所へ配属され、州のコンサルタンシーユニットの業務も徐々に移管されることとなった。現在移行段階にある水資源開発・給水事業に関する関係者の組織体制は図6-2に示す通りである。

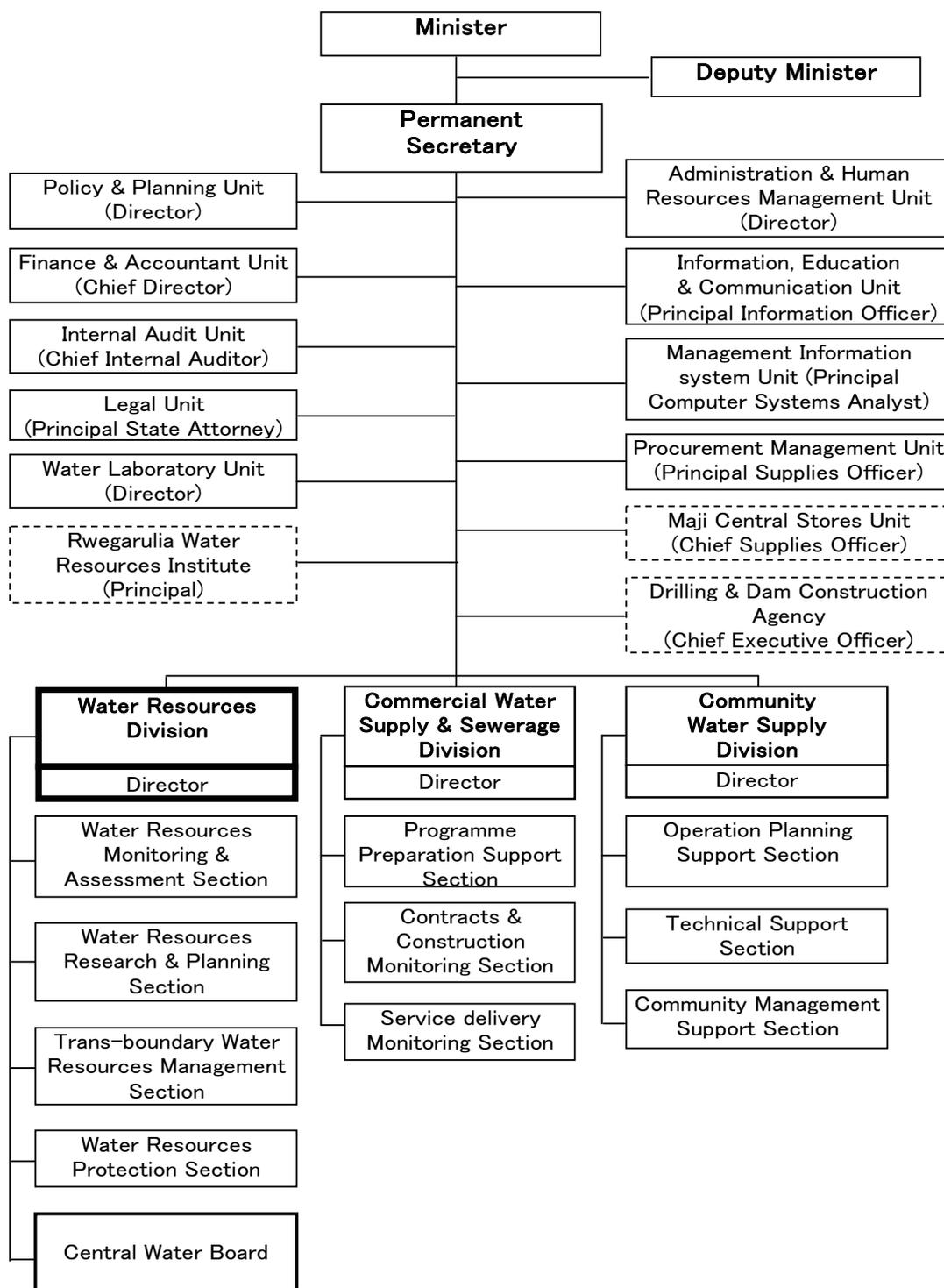


図 6-1 水省の新体制の組織図

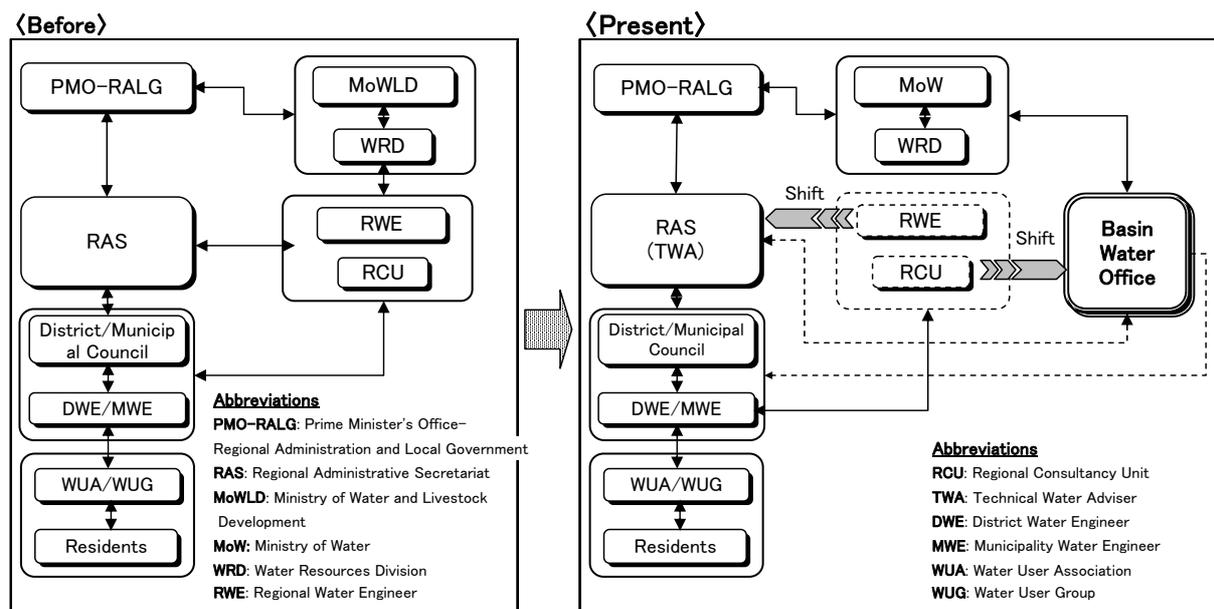


図 6-2 タンザニアにおける現在の水資源管理組織体制

6.2 内部収束流域管理事務所 (IDBWO)

本調査は、内部収束流域管理事務所 (IDBWO) がシンギダに 2004 年 10 月 29 日に設立されてからちょうど 1 年後に開始された。第 1 現地調査(2005 年 10 月～翌年 3 月)の間、調査団は当事務所が良く機能しておらず発展途上であることを認識した。調査団は、IDBWO の機能について以下のような問題点に気付いていた。

➤ IDBWO の職員

IDBWO の設置時、その職員として要請された技術者は 27 名であったにもかかわらず、職員は合計 13 名 (技術者 4 名、土木職員 5 名、事務職員 4 名) であった。要請された 27 名の技術者のうち 2/3 の職員は現在もなおこれまで所属していたアルーシャ、シニャンガ、ドドマにある職場に明確な理由もないままサブオフス職員として残留している。

➤ IDBWO 内の会議

事務所内での会議がその発足以来殆ど開かれてこなかった。それで、新しい事務所の役割についての十分な情報交換及び合意が本部でも、ましてサブ流域事務所はなおさら得られないままである。

➤ 水セクターにおける組織改編下における不十分な機能移転

国家水セクター戦略 (NWSDS) によると、流域管理事務所の主要業務となる水資源管理・開発業務は、州の水コンサルタンシーユニットから移管され、給水開発事業と運営維持管理に係る業務は各県・市政府が担当することになっていた。しかしながら、関係機関の各

業務内容、役割・責任分担、連携体制が不明確なため、その移管は十分に行われていない。例えば、給水開発事業と運営維持管理に係る業務を担当してきた職員も RCU から流域管理事務所に異動に戸惑っていた。それで、彼らは専門技術を有する職員が不足している各県・市から時より依頼のある業務を行っている状況にある。

- 広大な内部収束流域（IDB）における業務遂行の困難さ
IDBWO は、その広大さが主な原因の一つとなっていて、水資源に関するデータ収集、その情報提供、水利用料金徴収、水質汚染対策、水質調査などの事務所としての基本的な業務を適正にこなして行くシステムの構築がなされていない。
- 事務所間の業務分担とコミュニケーションシステム
IDBWO は本部事務所と地方事務所（サブ流域事務所）間の適切なコミュニケーションシステムを持たず、事務所間の明確な業務分担の合意がなされていないので、スムーズな業務実施が実現されていない。IDBWO は、このような事態を改善するためにシンギダの本部の職員増、ババチに新たにサブ流域事務所の設立を計画したが、実現しなかった。

上記のような IDBWO の現状に基づき、調査団は解決すべき緊急の課題として以下の事柄を挙げた。

- 流域管理と IDBWO の認識
流域管理の概念と IDBWO の役割が各関係機関、特に IDB で実際に水資源開発や給水を行っている職員に良く理解されていないので、このことは重要である。
- 関係機関との連携と役割分担
IDB は広大で関連機関との連絡は困難であるが、流域管理を行うために全ての関係機関、特に RAS、県、市議会との連携と役割分担が非常に重要である。
- IDBWO 職員の能力開発
IDBWO 職員の流域管理の新しい体制とその具体的な活動に関する再教育を含む能力開発が必要である。

6.3 キャパシティ・デベロプメント(CD)

6.3.1 内部収束流域管理事務所の現状

(1) 事務所の場合と職員の配置状況

IDBWO はシンギダのヘッドオフィスとシニャンガ、アルーシャ(ババチ)、ドドマの3ヶ所のサブ流域事務所から構成されている。職員の人数は表 6-1 に示した通りであり、合計 48 名でゲージリーダーや気象観測職員もあわせると総勢 70 名の職員が所属している。

表 6-1 内部収束流域管理事務所の職員配置

Office Section	Singida Head Office	Shinyanga Sub-office	Arusha (Babati) Sub-Office	Dodoma Sub-Office	IDBWO
Hydrology	2 (4)	3 (7)	0 (6)	0 (5)	5 (22)
Hydrogeology	3	4	3	1	11
O&M	9	7	0	0	16
Supporting Staff	8	3	0	0	11
Water Laboratory	2	3	0	0	5
Total	24 (4)	20 (7)	3 (6)	1 (5)	48 (22)

Note: () shows Number of Gauge reader and Meteorological Observer.

Sources: IDBWO Staff Equipments, Tools and Activities Guidelines Manual (Draft2)

RCU から移籍された職員の中は大きく水資源管理業務の担当者、給水開発業務の担当者、水質担当者の3種類に分類することができる。水質担当者については流域事務所設置後も州の水質ラボの職員として IDB 内外の業務にかかる活動を行っている。

水省で確認したところ、IDBWO の職員として水省の流域コーディネーターから正式に異動命令を受けた技術者は合計 18 名で水資源管理業務を行ってきた職員のみである。給水開発業務を担当してきた職員には正式な通知がないまま流域管理事務所（シンギダ・シニャンガ）に在籍するという形となっている。

(2) 建物と所有機材

IDBWO の建物は、RCU の建物の一部を使っている。数人の職員がアルーシャサブ流域事務所として水事務所内の 1 室を仮事務所として利用している。ドドマ事務所も利用する職員が 1 名であるため仮事務所としてドドマ市の給水事務所内の 1 室を利用している。

表 6-2 は、事務所ごとに所有している機材の状況を示したものである。シンギダ本部事務所にはコンピュータ、コピー機、電話、FAX といった事務機器配備されているが、サブ流域事務所には何も配備されていない。IDBWO の業務用には項目、数量ともに不足している。シンギダ事務所やシニャンガ事務所にはいくつかの調査用機材も有しているようであるが、業務実施上、種類、数ともに不十分である。こうした状況のため、流域管理事務所間との定期的な連絡が取れない上に業務実施も難しい状況にある。インターネットに関しては、調査団が使用していたものを引き継ぐ予定である。

表 6-2 内部収束流域管理事務所の機材リスト

Office Items	Singida Head Office	Shinyanga Sub-office	Arusha (Babati) Sub-Office	Dodoma Sub-Office	IDBWO Total
Computer	3	0	0	0	3
Photocopy Machine	1	0	0	0	1
Fax	1	0	0	0	1
Telephone	1	0	0	0	1
Vehicle (Double Cabin)	2	0	0	0	2
Vehicle (Lorry)	1	0	0	0	1
Current Meter Large	1	1	0	0	2
Leveling Instrument	1	1	0	0	2
Tripod	1	1	0	0	2
Leveling Staff	1	1	0	0	2
Analytical Equipment	1	1	0	0	2
Glassware	1	1	0	0	2
Field Test Kit	1	1	0	0	2
Microbiological Equipment	1	1	0	0	2
Internet Network *1	1	0	0	0	1

Note: *1 Internet Connection share with SUWASA's Office in Singida and JICA Study Team's Office.
 Sources: IDBWO Staff Equipments, Tools and Activities Guidelines Manual (Draft2)

(3) 組織の現状と流域管理業務の整理

組織強化プログラムの活動の中では、所長が作成した組織図と「流域管理」の業務内容を職員全員で確認し、その内容の適正、必要性、不足点などを検討した。まず組織図については実際の在籍職員の専門性を考慮しながら組織図を整理し直し、所長が示した業務分担のうち実際に存在していないセクションの分担業務の必要性を確認し、必要な業務内容を現状の職員で対応可能であるか、あるいは他に追加すべきセクションが必要なのかについても検討した。さらに、RCUから移籍した形となっている給水開発担当の職員も含めた現状を踏まえた上での業務内容についても検討し、水省がその配属先を決定するまで流域管理事務所が窓口となって業務を請け負う方向で現状の IDBWO の組織図が整理された。整理された組織図を図 6-3 に、セクションごとの業務内容を表 6-3 に示す。

整理された「流域管理」の業務を踏まえて、IDBWO には水利権やコンフリクトの問題を解決および啓発活動のために法律関係とコミュニティ開発の職員やセクションが必要であり、将来的に要請していく方向性がまとまった。

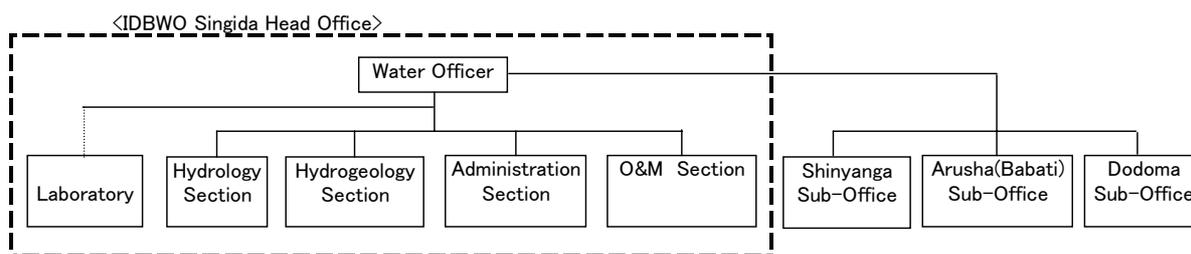


図 6-3 組織強化チームによる内部収束流域管理事務所の組織図

表 6-3 組織強化チームによる内部収束流域管理事務所の業務内容

Section	JOB Description
Administration Section	<ul style="list-style-type: none"> *Establish/update personnel database. *Capacity building for the Basin staff. *Dealing with employment issues. *Communication with other Institutions. *Keeping reports and office documents. *Preparing meetings/workshops/seminars etc. *Training. *Information dissemination. *Prepare Basin Annual Work Plans. *Coordinate and utilize different research activities and results. *Prepare project write-ups.
Hydrology Section (Surface Water Resources Section)	<ul style="list-style-type: none"> *Operation and maintenance of data collection network. *Data collection (Hydro meteorological/Hydrometric.) *Data processing and analysis (Hydro meteorological/Hydrometric.). *To liaise with other institution collecting data. *Routine inspection of data collecting stations. *Establishing/updating hydrological database. *Involving communities in O&M of the network. *Assessing adequacy of data collecting stations in the network. *Preparing water balance for different streams/rivers. *Demarcation of water sources. *Receive water permit applications. *Submission of processed water permits application to Basin Water Board (BWB).
Hydrogeology Section (Ground Water Resources)	<ul style="list-style-type: none"> *Operating and maintaining ground water monitoring stations. *Collecting data on groundwater. *Groundwater data processing and analysis. *Establish/update groundwater database. *Ground water exploration. *Identifying and listing potential aquifers. *Identifying and demarcating potential groundwater areas that can be affected by human activities. *Monitoring of drilling activities. *Preparation of Hydro-geological maps. *Preparation of borehole location maps. *Demarcation of water sources. *Water use inspection for complications. *Receive discharge permit applications. *Supervision of borehole drilling and pumping test. *Investigation and construction of shallow wells.
Laboratory Section	<ul style="list-style-type: none"> *Water sources protection in collaboration with other stakeholders. *Awareness creation to protect environmental degradation. *Water quality monitoring and pollution control. *To prosecute defaulters.
Operation and Maintenance Section	<ul style="list-style-type: none"> *Designing water facilities. *Construction of water facilities (dam, wind mill etc...) *Rehabilitation of water facilities. *Water facilities data collection.

(4) 内部収束流域事務所の問題分析

IDBWO の業務運営を妨げる問題点について、全職員による討議が行われた。討議は職員を 3 チームに分け、PCM 手法の問題分析の方法を活用しながら話し合いを行った。話し合いの結果、6.2 で挙げられた課題に加えて以下の 3 点が加えられた。

1) リーダーシップの問題

「タ」国の組織は一般にトップダウン方式である。組織の長が業務上の権限、決定権、責任を有しており、職員はその指示の下で業務を遂行する方式である。IDBWOの所長は、日常業務で多忙であるのみならず、対象流域が広大かつ交通インフラが不十分でアクセスが悪いため不利な立場に立たされている。そのため、定期的な会議の開催もままならず、活動計画を策定し、職員に的確な指示を出し、適宜その進捗を把握し、問題点があればその解決策を検討するなどの舵取り役を十分に果たして来られなかった。さらに、本人の健康上の問題も出てきて、十分なリーダーシップを発揮することが困難となっている。

2) 責任者代行システム

内部収束事務所における責任者代行システムを公式に儲けるべきである。すなわち、所長が不在時の通常職員の中から代行者を決める。しかし、現行の形だけの代行システムはトップダウン方式の欠点か、旨く機能していない。

3) 水使用料と予算不足

IDBWO の運営予算は水省から配分される予算と対象地域内の水使用料から成っている。近い将来、流域管理事務所は水省からの予算を受けられなくなり、水使用料のみによる独立採算で運営が行われることを強く求められている。

これまで水利権費用は各県から中央流域管理事務所に支払いが行われていた。各流域管理事務所がこの回収を行うことになった点については各県レベルでもまだ十分な情報伝達が行われていないため、ユーザーレベルにも説明が行われていない。

IDBWO でもユーザーに関する正確な情報を把握できてはいない。そのため、事務所ではずっと以前に水利権登録を行っているいくつかのユーザーからのみ水利権費用の徴収を行っている。料金徴収は IDBWO の幾人かの職員が交代で直接利用者を訪ねて行っているため、移動費、宿泊費、日当等のコストが掛かって非常に効率が悪い。それで、IDBWO が常に予算不足である主な原因の一つである。また、アカウントが長期その任に当たっている場合、事務所職員が業務運営上の費用を用立てることができない理由である。

6.3.2 CD の目的

IDBWO の機能と管理能力について、特に 2006 年 3 月のステアリングコミッティーで討議された。

IDBWO が本件調査結果を引き継ぎ、さらに独自にその業務を実行して行けるかどうか心配された。水省と JICA との合意に基づき、IDBWO の能力強化のために調査期間を延長し、CD プログラムを追加することが決定された。CD プログラムは、技術強化プログラムと組織強化プログラムから成っており、前述したように第1年次調査で明らかになった問題点を改善するために調査団が支援可能なものとして計画、実施された。このプログラムは、IDBWO 職員の技術力強化アップとその組織強化するために用意された。

6.3.3 CD の内容

CD プログラムは、表 6-4、5 に示すように 2006 年 10 月から 2007 年 11 月まで実施された。(詳細はサポーティングレポートの 12 章参照)

表 6-4 技術力強化プログラム

Theme	Overall goal	Target	Method	Schedule
Hydrology / Meteorology	Acquire technology on investigation and data analysis	IDBWO staff	Lecture & Practice	October 2006
GIS / Database	Acquire Basic Knowledge of GIS/DB and Understand Outline of Application in Groundwater Development /Management	IDBWO staff/ Other Basin Water Office staff	Lecture & Practice	March 2007
Remote Sensing	Acquire Basic Knowledge and Techniques of Remote Sensing	IDBWO staff/ Other Basin Water Office staff	Lecture & Practice	August 2007
Geophysical Survey/Drilling supervision	Acquire technique and knowledge for implementation and data analysis	IDBWO staff	Lecture & Practice	August and September 2007
Hydrogeology	Acquire technique and knowledge for utilization of Hydrogeological map	IDBWO staff	Lecture & Practice	October and November 2007

6.3.4 組織強化プログラム

IDBWO 職員からなる組織強化チームが事務所内に設置された。主な活動は、IDBWO の実態を理解すること、収束流域事務所と関係機関との協調と業務分担を考慮しながら流域の水資源管理のための業務内容の整理、IDBWO の問題分析等であった。最終的に、将来の活動に向けて管理マニュアルとアクションプランが彼らの手によって作成された。このプログラムを通じて、IDBWO の職員は IDBWO の一般的な情報と問題点あるいは彼ら自身による流域管理の中身について理解することが出来た。

表 6-5 組織強化プログラム (OSP)

Theme	Main Item	Person in Charge	Method	Schedule
Fixing organizaion structure in IDBWO	Checking present conditions of IDBWO	All Staff of IDBWO	PCM Workshop	October, 2006
	Checking scivities for watershed management by IDBWO			
	Formulation of Operation & Management Manual for IDBWO	Organization Strengthening Team	Discussion	
Clarification of role demarcation among IDBWO and other related organizations and formulation of cooperation system	Confirmation of cooperative tasks among IDBWO and major related organizations	Organization Strengthening Team	Discussion	November, 2006
	Meetings with DWE and TWA in related six regions			
	Confirmation of practical methods to cooperate with related organizations			
Formulation of Operation and Management Plan	Explanation of IDBWO's tasks for basin water resources development & management to IDBWO's staffs	All Staff of IDBWO	Workshop	March, 2007
	Formulation of improvement plan for IDBWO's organization system	Organization Strengthening Team	Discussion	
	Formulation of action plan for IDBWO's staff	Section Leaders of IDBWO		

6.3.5 キャパシティデベロプメントの評価

キャパシティデベロプメント・プログラムは、調査結果の継承と発展のために IDBWO の能力をアップするために実施された。プログラムは、IDBWO の能力の底上げにかなり成功したけれども、その業務を適正にそして自立して遂行出来る様にするためには水省並びにドナーの継続的な支援が必要である。

6.4 組織強化プログラム後の内部収束流域管理事務所に対する提案

水省では図 6-1 に示した組織体制への再編成が 2007 年に行われ、現在各部の業務内容の整理が行われている。これにあわせて流域管理事務所の組織体制についても統一されることとなった。図 6-4 は、組織強化プログラムを通じて組織強化チームによって見直された IDBWO 所の組織体制図である。流域管理事務所の責務に変更はないが、各部の業務内容については水省同様に整理が行われているところである。

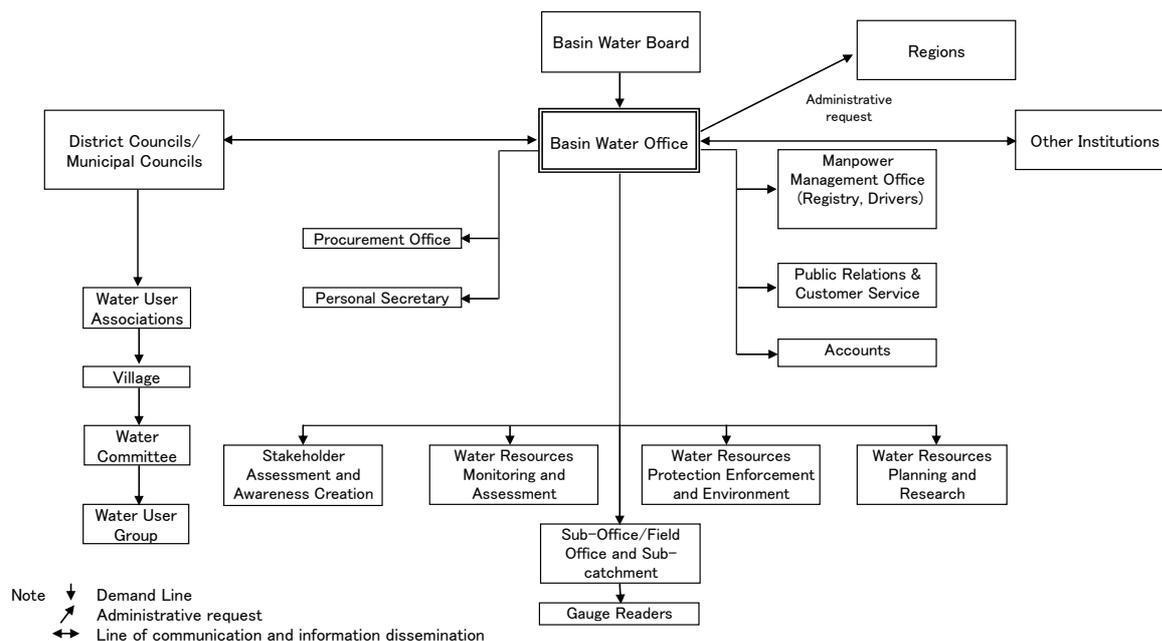


図 6-4 組織強化チームによる内部収束流域管理事務所の組織体制

(1) マネジメント会議の開催

IDBWO は、以下の目的のために定期的なマネジメント会議を開く必要がある。

- 流域管理業務の計画立案と実施
- 事務所の日常業務運営管理
- 組織体制整備
- 所長不在時の業務上のバックアップ体制

組織強化 CD 活動の中で職員が立案し計画によると、i) 日常業務についての話し合いのための会議を各事務所で毎週 1 回、ii) ヘッドオフィスとサブオフィスの全職員を集めた会議を月に 1 回、iii) 業務計画に関する話し合いは 4 ヶ月に 1 回各事務所の代表者が集まって協議を行うことになっている。

(2) 水利用料に関する討議

水利用料は、IDBWO の重要な予算の一部であり、今後の事務所の独立採算運営にとってより重要なものとなる。IDB は、面積は広大で表流水が少なく、地下水に依存しているため、大口のユーザーが少ない。そこで、多くの小口のユーザーから水利権費用を徴収することが必要となる。討議内容は以下の通りである。

- 流域管理事務所が水利権費用を徴収所轄事務所であることを広報する。
- 水利用料に関する住民理解を得るために、各県や市の行政機関と連携する。
- 水利権ユーザー台帳を各県や市の行政機関の協力を得て整備する。
- 徴収方法を効率的に行うためのシステムを確立する。例えば、給水施設の O&M 費用と同じように定期的に徴収し、図 6-5 に示すように銀行口座間の振込みシステムを使ってユーザーから IDBWO に支払うといったことも考えられる。

(3) データ収集・モニタリングシステム

本調査の中で、IDB 内の水資源関連データの収集および解析が行われてきた。この結果と活動は IDBWO および水省に引き継がれ、今後の水資源開発のために地域内の関係するステークホルダーに提供されていくことになるが、同時に IDBWO は今後もデータの収集とデータベースの更新を継続していかなければならない。

IDBWO の回収すべきデータは、i) 関係機関の所有するデータ（例：既存および新規設置の給水施設のデータ）と ii) 事務所が直接管理するデータ（例：河川流量、JICA 調査の中で設置したモニタリング井戸データ等）である。IDBWO は、組織強化活動の中である図 6-6,7 に示す様な計画を立てた。出来るだけ早く実際に機能するようにこれらのシステムを確立しなければならない。

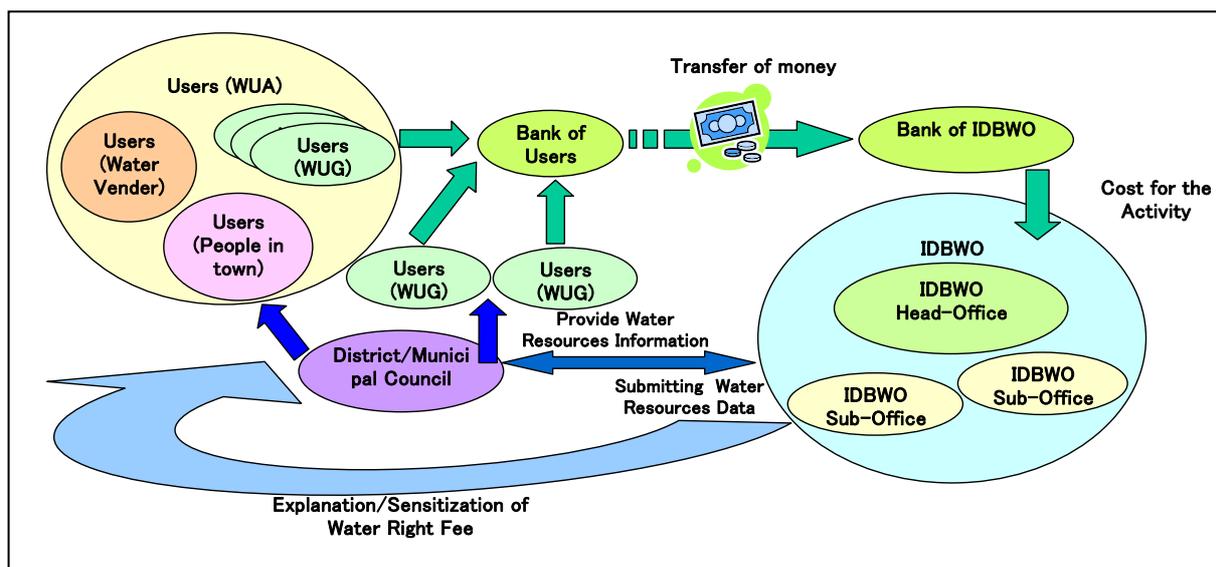


図 6-5 銀行振り込を利用した水料金徴収システム案

(4) 水省からのサポート

IDBWO はまだ旨く機能していない。IDBWO の職員は、他の関連機関と連携して最大限努力しなければならないが、水省の継続的な支援も不可欠である。例えば、IDBWO のスムーズな業務遂行のために運営上の協力関係機関となる州、県、市は首相府管轄であるため、中央省庁間での話し合いも必要である。

さらに、職員、施設・資機材の補充等についても適宜支援を行う必要がある。水省は各流域事務所を定期的に訪問し、事務所の運営管理体制や業務実施状況、職員の活動状況等を確認し、適宜改善するための指導・補充を行うべきである。

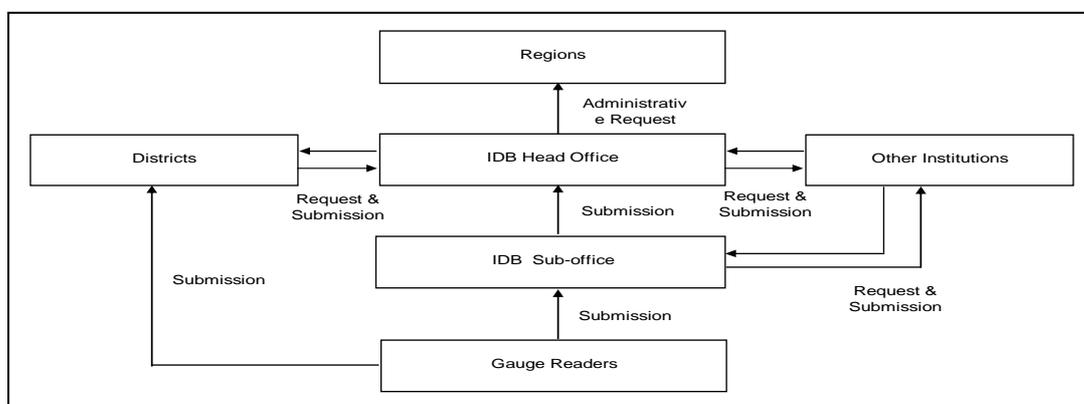


図 6-6 関係機関からのデータ収集フロー案

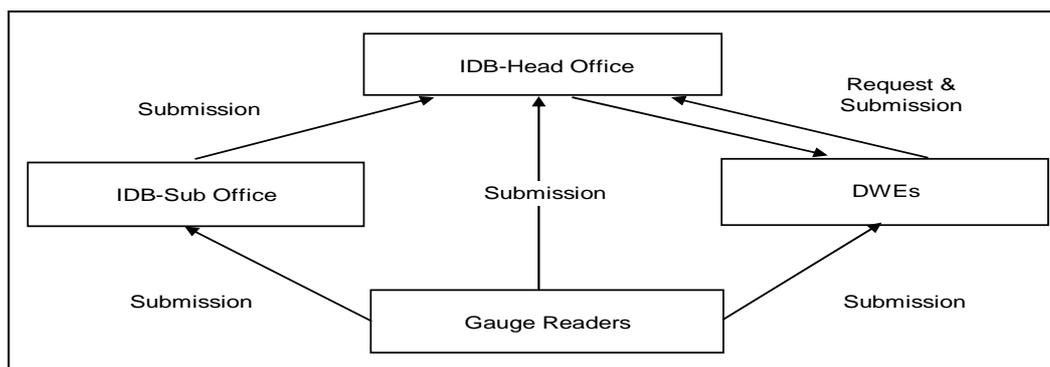


図 6-7 モニタリング井戸データ収集フロー案

第7章 結論と提言

第7章 結論と提言

7.1 結論

本調査は、2005年9月より約2年半に渡って実施されて来た。水資源管理の為の広範な関連データ、並びに本調査によって得られた調査結果は、集積され水資源管理データベースとして新たに構築された。

このデータベースを用いて、項目毎の解析用図面がGISによって作成され、GIS Figure Bookとしても取り纏められた。本調査の主目的の一つである水理地質図、並びに地下水ポテンシャル評価図はこれらの最終成果として作成された。前者は、内部収束流域(IDB)全域(約14.3万km²)をカバーする本格的な水理地質図の初版となるもので、水資源に乏しい本地域に於ける今後の水資源開発及び管理に必須の基本情報を提供するものとして重要な役割を演じて行くものと期待される。しかしながら、水理地質図は、一般の人々は言うに及ばずその専門以外の技術者等にとっても決して使い勝手の良いものではない。そこで、それを補うものとして後者の地下水ポテンシャル評価図が作成された。

この評価図は、GIS空間解析機能を用いてIDB内の地下水資源に関する自然条件6要素を総合評価し、その開発ポテンシャルを1kmグリッドの精度で評価している。また、IDBにおける地下水開発として、最も可能性の高いと思われる村落給水計画を想定した場合の候補地域を見出すために、社会条件2要素を加えて総合評価した結果、IDB内に5ヶ所の候補地(i) Kondo/Babati 地域と ii) Karatu/Mbulu 地域、iii) South Singida town 地域、iv) Igunga 地域、v) West Shinyanga 地域)を選定することが出来た。

一方、タンザニア側のC/Pへの技術移転並びにキャパシティデベロプメントが実施された。オンザジョブトレーニングは言うに及ばず、3名のC/Pの日本国内での技術研修、更に5項目の技術力強化プログラム、IDB組織強化プログラムから成るCDプログラムが実施された。これらは、本調査完了後、直接のC/P機関である内部収束流域管理事務所(IDBWO)が調査結果を引き継ぎ、活用し、さらに発展させることが出来るようにIDBWOのパフォーマンス向上を目的として実施された。その結果、まだまだ完全とは言えない迄もかなりの底上げを行うことが出来たので、今後の水省並びにドナーの支援等を受けつつ自立出来るようになってゆくことが期待される。

本調査はタンザニア国内にある9流域の中で初めてその正確な流域範囲の確定から始まって、本格的な地下水資源評価を実施したものであり、タンザニア政府が目指している統合水資源管理(IWRM)の為の重要な1ステップとして位置付けられる。タンザニア国内第2位の流域面

積を有する IDB で実施された本調査の経験・結果が、今後他の流域で実施されるであろう地下水資源アセスメントの参考モデルとしても活用されることが期待される

7.2 提言

7.2.1 水資源開発と水質

(1) 水資源開発

IDB での表流水の開発はその水文特性から困難であり、特に村落給水計画の場合、地下水依存は避けられない。本調査の結果、地下水開発ポテンシャルの高い地域が特定された。そこで、i) ババチ／コンドア地域、ii) カラツ／ムブル地域、iii) シンギダ南部地域、iv) イグンガ地域、そして v) 西部シヤンガ地域を対象にして M/P、F/S をすみやかに実施することを提言する。

(2) 水質の問題

IDB における水質の問題は、地下水中のフッ素と塩分に集約される。フッ素の人に与える影響は、飲料水経由と Magadi の利用による食事からのインパクトが想定されるが、その疫学的な調査を実施し、その具体的な対策を立てることが望まれる。塩分については、浄化がイオン交換や逆浸透膜の様なコストの掛かる処理法しかまだ開発されていないため、本調査で得られたような水質分布図を利用して、なるべくリスクの少ない地域での水源開発を行うことが必要である。

(3) フッ素病の本格疫学調査の必要性

IDB におけるフッ素の健康への被害は今回の調査でも認められるが、例えばそのインパクトが飲料水中のフッ素と住民が日常料理に使っている Magadi 中の高濃度のフッ素がどの程度なのかは分かっていない。その結果によっては、Magadi の利用規制を奨励するなどの対策を行う必要がある。本格的なフッ素病の疫学調査が望まれる。

7.2.2 モニタリングシステムと本調査の更新

(1) 地下水モニタリング

地下水資源管理のために長期の地下水モニタリングは必須である。少なくとも本調査において IDB 内に設置されたモニタリング井戸のモニタリング体制を早急に整備し、モニタリングを開始、継続する必要がある。

(2) 水資源管理へ向けての基礎データ観測態勢の整備

水資源管理をするためには、自然条件のみならず、社会経済条件に関する広範なデータを必要とする。最も基本的な降雨量、河川流量、地下水位、水質のデータでさえ不足し、その質も悪いものが多い。Village あるいは Ward 単位での社会経済条件データ等の取得体制を整えるべきである。IDBWO では、水資源管理の為に必要な水資源量的把握とそのアロケーションまではま

だ行き付ける状況ではない。調査団は不足するデータを補うために衛星データを活用したが、これとてオールマイティではない。地道なデータの集積を必要とする。いわゆる、水資源アセスメントの必要性とその必要データ提供先の啓蒙も同時に必要である。

(3) 本調査の継続と更新

本調査において、IDB の水資源管理を行うための多方面にわたる関連データを各方面から出来るだけ収集整理し、データベースを構築した。そのデータベースを元に、各種解析を実施して本調査としての成果をまとめた。その成果の精度を高め、改訂して行くために IDBWO は、継続して関連データの収集を図り、調査結果の更新を行っていかなければならない。

(4) GIS データの活用

GIS Figure Book に示された各種地図は、本調査で整備した他分野に跨るデータベースを元にして今回の調査目的に沿ったアウトプットに過ぎない。GIS は単なる地図作製ソフトではなく、ユーザーの様々な目的に柔軟に内応出来るユーザーフレンドリーなツールとして広範囲な目的に利用出来るものである。IDBWO のみならず関係機関を含めて活用されるべきである。そのためには各機関のハード、ソフト両面の GIS 環境の充実を図るべきである。

7.2.3 組織強化

本調査の組織強化プログラムを通じて IDBWO の職員自身によって明らかになった解決すべき課題に基づいて上記の提言を達成するために、IDBWO の組織強化を継続する必要がある。その際、IDBWO の自助努力だけでは困難と判断されるので、水省の継続的な支援を続けることが強く望まれる。