

No.

タンザニア国
内部収束地域における
地下水開発・管理計画調査
事前調査報告書

平成19年12月
(2007年)

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部

環境
JR
07-074

タンザニア国内部収束地域における地下水開発・管理計画調査事前調査報告書

平成19年12月

独立行政法人国際協力機構



タンザニア国
内部収束地域における
地下水開発・管理計画調査
事前調査報告書

平成19年12月
(2007年)

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部

序 文

日本国政府は、タンザニア国政府の要請に基づき、タンザニア国中央高原北部のタボラ、シニヤンガ、シンギダ、ドドマ、マニヤラおよびアルーシャ各州の全域あるいは一部を含む内部収束流域（Central Internal Drainage Basin）において地下水開発・管理計画調査を行うことを決定し、国際協力機構がこの調査を実施することと致しました。

当機構は、本格調査に先立ち、本件調査を円滑かつ効果的に進めるため、平成 16 年 11 月 8 日より 12 月 22 日までの 45 日間にわたり、国際協力専門員山本敬子を団長とする事前調査団を現地に派遣しました。

調査団は要請内容を確認するとともに、タンザニア国政府の意見を聴取し、資料収集および現地踏査の結果を踏まえ、本件調査に関する実施細則（Scope of Work; S/W）について署名しました。

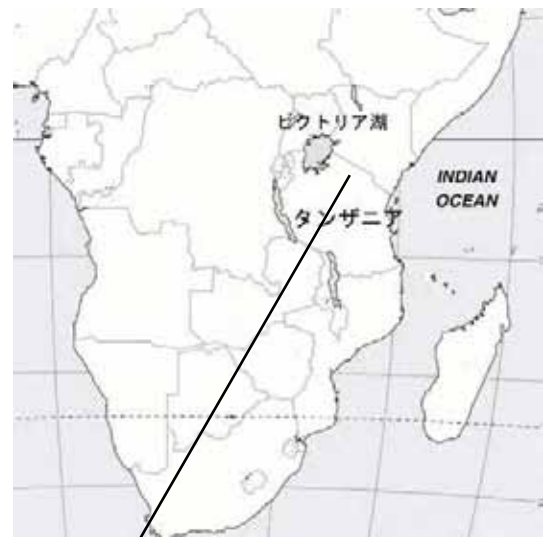
本報告書は、これら事前調査の結果を取りまとめるとともに、今後実施する本格調査の計画・立案に資するためのものです。

最後に、調査に多大なるご協力とご支援を賜った関係者各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 19 年 12 月

独立行政法人 国際協力機構

地球環境部 伊藤 隆文



調査対象位置図



地溝帯に位置する Wembere 低地の状況
(Arusha から Tabora に向かう飛行機より)



Wembere 低地より地溝帯沿いの断層崖(高さ約 300m)を望む
(Singida 州)



Bahi Swamp へ流入する Bubu 川 (流水なし 12月中旬)
(Dodoma 州 Bahi 付近)



Bahi Swamp へ流入する Mbamandwa 川(流水なし12月中旬)
(Dodoma 州 Bahi 付近)



基盤岩の露頭
(Singida 州 Shelui 付近)



生活用水水源として利用されている素掘井戸
地質は風化花崗岩 (マサ土)
(Shinyanga 州 Nyasamba 村)



生活用水水源として利用されている溜池(チャルコ)
視察時(12月初旬)は殆ど水なし
(Shinyanga州 Nyasamba村)



AIC(African Inland Church)援助による浅井戸
(Shinyanga州 Mwigumbi村)



地域住民掘削の浅井戸(深度12m)
乾季のフッ素濃度 5.8mg/l
(Manyara州 Mara村)



政府による深井戸(深度30m DDCA掘削)
Water User's Groupが管理、水料金は Tsh.1/L
(Tabora州 Nzega市 Nzega Market)



Babati都市給水用水源の深井戸(揚水量 15m³/hr.)
(Manyara州 Babati市 Maisaka Basin)



Water Aid援助の井戸掘削現場(DDCAによる掘削作業中)
(Tabora州 Maluzilo村)



無償中央高原地域水供給計画サイト内上水道施設



無償中央高原地域水供給計画サイト内上水道施設



Dodoma 都市給水区域内配水池



無償中央高原地域水供給計画サイト内高架水槽
(Ikinge)



無償中央高原地域水供給計画サイト内給水施設
(Ikinge)



給水管及び給水メータの状況
(Singida)

略 語 表

BTC	: Belgian Technical Cooperation	ベルギー国際技術協力機関
CIDA	: Canadian International Development Agency	カナダ国際開発事業団
DDCA	: Drilling & Dam Construction Agency	井戸・ダム建設公団
EIA	: Environmental Impact Assessment	環境影響評価
GDP	: Gross Domestic Product	国内総生産
GTZ	: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	ドイツ国際技術協力機関
IEE	: Initial Environmental Examination	初期環境調査
JICA	: Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
NEMC	: National Environmental Management Council	国家環境管理局
NWP	: National Water Policy	国家水政策
PRSP	: Poverty Reduction Strategy Paper	貧困削減戦略
RE	: Registration Form	環境影響審査登録票
RWSD	: Rural Water Supply Division	地方給水局
RWSSP	: Rural Water Supply and Sanitation Program	村落給水衛生プログラム
SR	: Scoping Report	環境影響スコーピング報告書
SWAP	: Sector Wide Approach to Planning	分野別の計画への取り組み
TOR	: Terms of Reference	要請書
S/W	: Scope of Work	実施細則
M/M	: Minutes of Meetings	協議議事録
MOL	: Ministry of Lands and Human Settlements Development	国土省
MOWLD	: Ministry of Water and Livestock Development	水・畜産開発省
UNICEF	: United Nations International Children's Fund	国連児童基金

通貨単位

1 タンザニア・シリング(T.shs)=約 0.099 円

1 ドル(US\$)=約 102.39 円(2005 年 1 月 1 日交換レート)

1 ドル(US\$)=約 Tsh1,014(2005 年 1 月 1 日交換レート)

タンザニア国内部収束地域における地下水開発・管理計画調査
事前調査報告書

目 次

序 文

調査対象地域位置図

写 真

略語表

第1章 事前調査の概要.....	1
1-1 要請の背景.....	1
1-2 事前調査の目的.....	1
1-3 調査団員の構成.....	2
1-4 調査日程.....	3
1-5 調査・協議結果概要.....	4
第2章 本格調査への提言.....	6
2-1 調査の基本方針.....	6
2-2 調査対象地域・範囲.....	6
2-3 調査項目および内容.....	6
2-4 調査工程と要員構成.....	16
2-5 調査用資機材.....	18
2-6 現地再委託業務.....	19
2-7 調査実施上の留意点.....	20

【付属資料】

1. TOR.....	1-1
2. S/W.....	2-1
3. M/M.....	3-1
4. 調査対象地域の概要.....	4-1
5. 地下水開発・管理および水供給の現状と課題.....	5-1
6. 環境予備調査.....	6-1
7. 主要面談者リスト.....	7-1
8. 打合せ議事録.....	8-1
9. 質問票及びそれに対する回答.....	9-1
10. 収集資料リスト.....	10-1
11. ローカルコンサルタントリスト.....	11-1

第1章 事前調査の概要

1-1 要請の背景

タンザニア国(人口 3,457 万人(2002 年)、面積 94.5 万 km²)は、1 人当たりの GDP が US\$270 (2001 年)と世界の最貧国の 1 つであり、また、安全な水へのアクセスに関する統計結果(2001 年)によると、地方都市部平均 88%、地方 46%である。タンザニア国政府は、1971 年に地方給水計画(RWSP)を開始し、1991 年までに全ての国民が、400m 圏内のアクセスで、安全で衛生的な水を確保できることを目標にあげたが、十分な成果をあげることができなかった。2002 年には「国家水政策」を打ち出し、給水率向上を喫緊の課題としている。

内部収束流域(Central Internal Drainage Basin: CIDB)はタンザニア国に 9 つある流域の一つで、アルーシャ、シニャンガ、マニヤラ、ドドマ、シンギダ、およびタボラ各州の全域あるいは一部を含む地域である。この流域は年間降雨量が 400 mm から 600 mm 程度と少なく、安定した地表水量が確保できる地域は一部に限られているため、農業牧畜、内水面漁業や飲料水供給を目的とした自然の湖沼、人工の溜池ないし手掘りの浅井戸の利用は盛んで、村民によって伝統的に守られてきた。

一方、水循環が海洋を経由せずに流域内で完結するというこの流域の特性上、無機塩類の蓄積が進んでおり、フッ素など健康上有害な物質が地表水、地下水を問わず広く分布している。このため、飲料水として不適な、または有害な水を用いざるを得ない地域も多く、近年になって安全な水を供給するための飲料水供給計画の普及を阻むものとなっている。さらに一部地域内では地表水量が限られているため、都市・地方給水計画ともに地下水を唯一の安定した飲料水源としており、地下水開発は優先課題とされている。しかし、上述の問題のため、一部ドナーによるものを除いてはこの地域の飲料水供給計画の進捗が阻まれている。

この内部収束流域の面積は、およそ 16 万 km²、落数は 1,300 程度と言われているが、詳しくは水畜産開発省(Ministry of Water and Livestock Development: MoWLD)の元に新設された内部収束流域管理事務所(Central Internal Drainage Basin Water Office: CIDBWO、在シンギダ)において鋭意調査中である。

このような背景から、2003 年 8 月にタンザニア国政府は我が国に対し、当該地域における水資源ポテンシャルおよび水質分布の解明及び水源管理手法の技術移転にかかる支援を要請した。これを受けて JICA は 2004 年 11 月に事前調査団を派遣することとした。

1-2 事前調査の目的

事前調査の目的は、本格調査の要請背景を確認し、調査範囲、内容、便宜供与等についてタンザニア国政府と協議し、S/W の署名・交換を行うこと、また、必要な情報収集、他ドナーの動向確認、ローカル業者の能力確認、予算検討に必要な単価調査を実施することである。

1-3 調査団員の構成

名前	担当	滞在期間	所属
山本 敬子	総括	2004/11/15-12/1	JICA 国際協力専門員
青木 英剛	調査企画/事前評価	2004/11/15-12/1	JICA 地球環境部第三グループ（水資源・防災）水資源・防災第二チーム
水上 博雅	村落給水計画/社会配慮	2004/11/8-12/21	(株) 東京設計事務所
藪田 卓哉	地下水開発	2004/11/8-12/21	(株) 地球システム科学
佐々木洋介	水質調査	2004/11/14-12/8	(株) ソーワコンサルタント

1-4 調査日程

日順	月日	官団員	役務団員(水上)	役務団員(数田)	役務団員(佐々木)
1	11月8日		東京発		
2	11月9日		Dar es Salaam到着		
3	11月10日		JICA事務所にて打合せ		
4	11月11日		DWRAE, DRWS		
5	11月12日		RWSSP		
6	11月13日		SIDA, KfW, GTZ		
7	11月14日	東京発	ITECO Consult		
8	11月15日	東京発	団内打ち合わせ、資料整理		東京発
9	11月16日		Dar es Salaam到着		Dar es Salaam到着
10	11月17日		資料整理		
11	11月18日		団内打ち合わせ		
12	11月19日		JICA打ち合わせ		
13	11月20日		大使館表敬		
14	11月21日		MoWLD(DRWS, DWRAE)表敬、協議		
15	11月22日		DWRAEと協議		Water Laboratory
16	11月23日		MoF表敬		
17	11月24日		DRWSと協議		
18	11月25日		DWRAEと協議		Water Laboratory
19	11月26日		Water Aidと協議		ムヘンベリ医科大学歯学部長
20	11月27日		コースト州及び首都圏周辺地域本格調査団員と打ち合わせ		ダル・エス・サラーム大学
21	11月28日		Dodoma DWRAEと協議		
22	11月29日		Dodoma Urban Water Supply and Sewerage Authorityと協議		
23	11月30日		Dodoma都市給水水源視察		
24	12月1日		無償中央高原地域水供給計画サイト視察(Manyoni)		
25	12月2日		Internal Drainage Basin Water Officeと協議		
26	12月3日		Singida給水サイト視察		
27	12月4日		Hanang District Water Engineer Office訪問		
28	12月5日		無償中央高原地域水供給計画サイト視察(ソフコン対象家庭)		
29	12月6日		Arusha着		
30	12月7日		Neurdoto Defluoridation Research Station視察、協議		
31	12月8日		Mwanza着		
32	12月9日		Regional Administrative Secretary Office表敬		Arusha RWE, DWEと協議
33	12月10日		Mwanza及びMara RWE,DWEと協議		
34	12月11日		Mwanza RWE Office, Water Lab.視察		Arushaサイト視察
35	12月12日		Magu DWE Office、サイト視察		Internal Drainage Basin Water Office
36	12月13日		Kwimba DWE Office、サイト視察、黒綿土		
37	12月14日		Misungwi DWE Office、サイト視察		Dodomaへ移動
38	12月15日		Mwanza発	サイト視察	DodomaにてDWRAE, RWE, DWEと協議
39	12月16日		Dar es Salaam着	Shinyangaへ移動	
40	12月17日		JICA事務所打ち合わせ		
41	12月18日		MoWLDと協議	Shinyanga	Local Consultants, NGO、サイト視察
42	12月19日		JICA事務所打ち合わせ		
43	12月20日		MoWLDと協議	Taboraへ移動	Tabora RWEと協議
44	12月21日		保健省歯科局表敬		
45	12月22日		MoWLDと協議		
46	12月23日		コースト州及び首都圏周辺地域本格調査試験井戸掘削地視	Tabora	Taboraサイト視察
47	12月24日		団内打ち合わせ	Singidaへ移動	移動
48	12月25日		オランダ大使館RWSSP事務所表敬、協議	Arushaへ移動	Shinyanga RWE協議、サイト視察
49	12月26日		S/W, M/M署名		
50	12月27日		大使館報告	Arusha	移動
51	12月28日		JICA報告		
52	12月29日	Dar es Salaam発	Tanzania Met. Agency	Dodomaへ移動	Igunga DWE
53	12月30日		Dodomaで団内打合せ		Singida RWE
54	12月31日	東京着	DWRAE, WaterAID		Dodoma医学施設等、DSMへ移動
55	1月1日		Maweni村, ID Basin Office	地質Database	Water Laboratory, ムヘンベリ医科大学
56	1月2日		Singida給水, Mgori, Iguguno		Dar es Salaam
57	1月3日		Nasari氏と打合せ、団内打合せ	Singidaへ移動、団内打合せ	Dar es Salaam
58	1月4日		Igunga, Nzega, Shinyanga着		JICA事務所
59	1月5日		Shinyanga RWE, DWE, Mwigumbi, Nyasamba, Mwamikshoni村給水		Dar es Salaam発
60	1月6日		Mwanza RWE, Mhonze, Umoja, Usagara給水		東京着
61	1月7日		Mwanza RPC, Musoma着		
62	1月8日		Mara RWE, RPC, Musoma DWE, Tarime DWE		
63	1月9日		Mugumu DWE, ダムサイト		
64	1月10日		Bunda DWE Office, Mwanza着		
65	1月11日		Mwanza RWE, DSMへ移動	Singidaへ移動	
66	1月12日		資料整理	Dodomaにて資料収集	
67	1月13日		DWRAE, DRWS, WaterAid	DodomaからDSMへ移動、打合せ	
68	1月14日		GTZ, FIDA	Dar es Salaam	
69	1月15日		JATA, JICA事務所、資料整理	Dar es Salaam	
70	1月16日		資料整理	Dar es Salaam	
71	1月17日		資料整理	Dar es Salaam	
72	1月18日		資料整理	Dar es Salaam	
73	1月19日		DRWS, DWRAEとWrapup meeting, DSM発		
74	1月20日		Amsterdam經由東京へ		

1-5 調査・協議結果概要

事前調査団は、本調査に係る先方実施機関である MoWLD や州・県の給水当局と協議を実施し、要請背景、実施体制を確認すると共に、本格調査の内容を議論した。また対象地域で活動しているオランダ等の国際協力機関を訪問し、援助動向の確認および協調の可能性について協議した。さらに、調査対象地域の現地踏査を行い、地下水開発・管理計画の現状と課題を把握した。

協議の結果、調査内容についてタンザニア国関係者と基本的に合意し、11月29日に山本団長と MoWLD 次官との間で、S/W の署名・交換を行った。

1-5-1 主要協議内容

主要協議内容は以下のとおりである。

(1) 調査名

“The Study on Groundwater Resources Development and Management in the Internal Drainage Basin in the United Republic of Tanzania” とする。

(2) 調査目的

調査の目的は以下の2項目とする。

- ・ 内部収束流域における地下水開発・管理計画および水供給計画策定に必要な水理地質図の作成
- ・ MoWLD および関係諸機関の職員に対する能力向上に係る技術移転の実施

(3) 調査対象地域

調査対象地域は、アルーシャ、シニャンガ、マニヤラ、ドドマ、シンギダ、およびタボラに広がる内部収束流域とする。

(4) 調査内容

調査内容は、下記の内容とする。

1) 既存情報の収集・分析

- ① 社会経済状況
- ② 自然状況（地形図、地質図、水文図、地形・地質・水文・気象データ、航空写真等）
- ③ 既存給水施設にかかる資料
 - a) 既存給水施設のタイプと稼動状況（季節ごとの水量、地下水位含む）
 - b) 取水、浄水及び送配水方法
 - c) 水質
 - d) 住民実態（水利用状況、フッ素汚染状況にかかる意識、水源までのアクセス、組

織、住民意識、給水実態調査・県別給水施設インベントリー作成)

e) 運営維持管理状況

f) 給水施設建設及び運営維持管理コスト（水料金と徴収体制、料金管理体制等）

④フッ素除去及びフッ素疾患にかかるレポート

⑤社会経済開発計画、他関連計画維持/管理/運営に関わる組織、制度

⑥水源開発・水供給・衛生に関する法体系

2) 既存情報に基づく暫定既存給水施設インベントリーの作成

3) 既存情報に基づく補足調査（既存給水施設インベントリー調査）

4) 地下水の水質分布概略図作成

①簡易水質調査（フッ素、pH、電気伝導度等）

②フッ素汚染の深刻度による地域分類

5) 上記分類に基づいた詳細調査

①フッ素汚染の深刻でない地域

a) 水質調査（タンザニア水質項目）

b) 地下水調査（物理探査、試験井掘削、地下水流動機構調査）

②フッ素汚染の深刻な地域

a) 健康被害調査

6) 調査結果の解析

7) 環境社会配慮に基づく初期環境調査（IEE）

8) 既存給水施設インベントリー、水理地質情報の GIS による視覚化

(5) 調査期間

調査期間は 1.5 ヶ年程度とする。

第2章 本格調査への提言

2-1 調査の基本方針

内部収束流域はタンザニア国に存在する9流域の一つで、アルーシャ、シニャンガ、マニヤラ、ドドマ、シンギダ、およびタボラ各州の全域あるいは一部を含む地域である。この流域は年間降雨量が400 mmから600 mm程度と少なく、安定した地表水量が確保できる地域は一部に限られている。このため、農業牧畜、内水面漁業や飲料水供給を目的とした自然の湖沼、人工の溜池ないし手掘りの浅井戸の利用は盛んで、村民によって伝統的に行われてきた。

一方、水循環が海洋を経由せずに流域内で完結するというこの流域の特性上無機塩類の蓄積が進んでおり、フッ素など健康上有害な物質が地表水、地下水を問わず広く分布している。このため、飲料水として不適な、または有害な水を用いざるを得ない地域も多く、安全な水の供給が立ち遅れている。さらに一部地域内では地表水量が限られているため、都市・地方給水計画ともに地下水を唯一の安定した飲料水源としており、地下水開発は優先課題とされている。しかし、上述の問題のため、一部ドナーによるものを除いてはこの地域の飲料水供給計画は進捗していない。

このような状況のもと、タンザニア国政府はわが国に対し、当該地域における水資源ポテンシャル及び水質分布の解明並びに水源管理手法の技術移転にかかる支援を要請した。これを受けて JICA は 2004 年 11 月に事前調査団を派遣し、S/W を締結した。

2-2 調査対象地域・範囲

対象地域は、タンザニア国中央高原北部のアルーシャ、シニャンガ、マニヤラ、ドドマ、シンギダ、およびタボラ各州の全域あるいは一部を含む内部収束流域である。面積およそ 16 万 km²、村落数は 1,300 程度と言われているが、詳しくは MOLWD の元に新設された CIDBWO において鋭意調査中である。

本件調査は、2004 年 11 月 29 日に合意された S/W および同協議に関する議事録に基づき実施するものであり、「2-3 調査項目および内容」に述べる内容の調査を実施し、調査の進捗に応じ報告書を作成して、先方政府へ説明・協議を行うものである。

2-3 調査項目および内容

2-3-1 調査項目

本件調査は、次の通り 8 段階に分けて実施する。

- (1) 既存情報の収集・分析
- (2) 既存情報に基づく暫定既存給水施設インベントリーの作成
- (3) 既存情報に基づく補足調査（既存給水施設インベントリー調査）
- (4) 地下水の水質分布概略図作成
- (5) 上記分類に基づいた詳細調査

- (6) 調査結果の解析
- (7) 環境社会配慮に基づく初期環境調査 (IEE)
- (8) 既存給水施設インベントリー、水理地質情報の GIS による視覚化

2-3-2 調査内容

調査の項目と具体的な内容は、次のとおりである。

(1) 国内準備作業

1) 既存資料の収集・分析

国内で入手可能な資料 (Tanzania On-Line などのインターネットサイトに掲げている資料及び Spot Vegetation, MODIS や ASTER などの衛星画像を含む)、事前調査団の収集した資料を含む既存資料並びにその後回収された質問書回答などを分析し、現地調査での作業内容、重点項目を把握する。

2) 調査の基本方針・内容・方針の検討

収集された既存データ類やその精度を整理し、調査基本方針を検討するとともに、調査の実施方針、方法、項目と内容、工程等の検討を行う。

3) インセプション・レポートの作成

上記検討結果を取りまとめたインセプション・レポートを作成する。レポートの内容は下記事項を含むものとする。

- ① 調査の背景、目的
- ② 調査の実施方針
- ③ 調査内容と実施方法 (作業項目、手法、結果および全体概念図)
- ④ 作業計画
- ⑤ 調査団構成、各団員の役割および作業期間
- ⑥ C/P の構成および役割
- ⑦ 便宜供与依頼事項
- ⑧ 報告書 (提出時期、部数等)
- ⑨ 技術移転計画
- ⑩ 付属資料

(2) 現地調査

1) インセプション・レポート (IC/R) の説明・協議

現地調査の当初にインセプション・レポートをタンザニア国政府関係者に提出して内容を説明し合意を得る。

2) 既存資料収集と分析

タンザニア国内外の既存資料を収集、評価して整理するとともに、現地調査の内容と調査方法を検討、整理する。

①社会経済状況

社会経済状況は、地域社会経済、および村落社会経済の両面から検討するものとし、先ず対象地域内の District および村落を確定の上、人口、世帯数および農産・畜産・物産などの域内産業の把握に努める。CIDBWO で進めつつある域内村落の確定作業の結果を入手の上、中央統計局、農業・食糧安全保障省、MoWLD などの中央省庁、6 州事務所 (Regional Secretariat Office)、および各県事務所などの既存データを収集・解析する。

②自然状況

既存自然状況資料として、主として気象、水文、地形、地質、水質等に関する資料を収集・整理し、内容を分析する。

a) 気象・水文データ解析

気象・水文データを収集し、解析する。解析は降雨特性解析、流出解析、基底流量推定、地下水涵養量の推定等について実施し、水収支解析のための基礎データとして利用する。

b) 地形・地質状況

収集した地形・地質資料をもとに地形・水理地質データを整理する。また縮尺 1:50,000 の航空写真による判読を行い、対象地域における地形・地質状況の把握に努める。

③水因性疾病の調査

調査対象地域における寄生虫、感染症を含む水因性疾病、特にフッ素による健康被害の状況について、研究論文及び報告書、既存資料に基づきとりまとめ、水質調査及び健康被害調査の計画策定、対象サイト数確定のための基礎資料とする。

④既存のデータベースからの給水に関する資料の収集、検討

水供給に関する既存資料として、地下水および表流水利用の給水施設資料を収集する。既存給水施設資料としては、MoWLD、州政府、州政府、DDCA 等が保有する給水施設台帳を収集・整理する。資料収集に際しては、井戸サイトにおける物理探査結果、水質試験結果もあわせて収集し、分析・検討に用いる。

併せて、3) で実施する既存給水施設インベントリー調査の対象サイト数の確定、調査計画の策定を行う。

a) 既存給水施設の方式とその稼動状況

既存給水施設の方式、稼動状況につき調査・検討する。季節ごとの水量・地下水位についても併せて情報を得る。

b) 取水、浄水、揚水、配水の方法

既存給水施設における取水、浄水、揚水、配水施設および設備につき調査・検討する。

c) 水質・水利用の状況

既存給水施設の水質及び利用状況、フッ素汚染状況にかかる意識、水源までのアクセス、組織、住民意識につき、調査・検討する。

d) 既存給水施設の運営維持・管理状況

既存給水施設の運営維持・管理の状況につき、調査・検討する。

e) 水料金、料金徴収システム、徴収率、徴収料金の管理、維持管理費用

既存給水サービス事業の状況について、水料金、料金徴収システム、徴収率、徴収料金の管理、維持管理費用等の資料の収集を行い、調査・検討する。

⑤フッ素被害に係る情報の収集と解析とフッ素除去技術等に関する既存報告書のレビュー

フッ素被害とフッ素除去技術等に関する既存報告書につき調査・検討する。

これに基づき、フッ素被害軽減方法および除去技術の手法をとりまとめ、各手法について、効果・性能、処理コスト、社会的な受容性、材料入手の容易性など、総合的な観点から比較、検討する。

⑥他ドナー、NGO、国際機関のフッ素汚染対策の調査

各国のドナーが実施した調査・研究に係る資料の収集を行い、フッ素汚染対策の現状を把握する。

⑦水源開発、給水、衛生、給水施設の運営に関する既存の組織体制の調査

水源開発、給水、衛生、給水施設の運営に関する現在の組織体制につき調査・検討する。

⑧既存の社会経済開発計画、他の開発政策や計画の調査

既存の社会経済開発計画、他の開発政策や計画につき調査・検討する。

⑨既存の給水計画の調査

既存の給水計画に係る情報として、国家的計画、地域計画を収集し、調査・検討する。

⑩上述の既存資料調査結果に基づく現地調査計画の策定と実施準備

収集・整理した既存資料の内容を確認し、それに基づき現地調査計画を策定すると共にその実施に向けて準備を行う。

3) 既存情報に基づく暫定既存給水施設インベントリーの作成

上記既存情報の収集・分析を踏まえ、暫定的な既存給水施設インベントリーを作成し、5) で実施する補足調査の詳細計画を策定する。

4) 進捗報告書作成、提出、説明・協議

これまでの既存情報解析の結果と、今後の調査計画のアウトラインを示した進捗報告

書を作成し、先方実施機関に説明し、合意を得る。

5) 既存情報に基づく補足調査

①既存給水施設インベントリー調査

収集・整理した既存給水施設資料の詳細を確認するために、既存給水施設インベントリー調査を実施する。調査項目は、井戸位置（GPSによる測定）、井戸仕様（掘削年月、孔径、深度、ケーシング長、スクリーン位置、周辺地質、帯水層等）、静水位、動水位、揚水量、水質（pH、フッ素、電気伝導度、水温、酸化還元電位（ORP））、利用状況（用途別使用量、使用頻度等）の現況、村落状況（人口、給水人口、給水率、村落形態、サブビレッジ、水利用組合の有無）等とする。

既存井戸の調査数量は 500 本を目処とするが、既存資料の収集・分析の結果に基づいて決定するものとする。また、調査にあたっては、掘削後、使用されていない井戸も対象とし、その不使用・遺棄の要因について水理地質的観点より分析する。本調査は現地再委託とする。

既存給水施設インベントリー調査において調査地域における地下水開発ポテンシャルを評価する上では、既存井戸の情報を収集し、解析することが重要となる。

MoWLD 所有のボアホールカタログによれば、調査対象地域の内部収束流域に関わる 6 州全体では、現在不使用のものも含めると 3,456 本の既存深井戸が記載されている。このカタログには、井戸の水位、揚水量、水質等の情報についても記載されている。また、その他に DDCA 州政府なども同様の井戸台帳を保有している。しかし、これらの台帳には基本的に Village レベルまでの位置情報しかなく、水位、揚水量、水質についての情報の記載が無い井戸も含まれている。

したがって、これらの既存井戸台帳をもとに、現地にて既存給水施設インベントリー調査を実施し、より正確かつ詳細な情報を取得するものとする。

6) 地下水の水質分布概略図作成

①簡易水質調査（カウンターパートが実施）

水質調査は、地域が広大であるため 2 段階で行う。ここで行う第 1 段階の簡易水質調査は、現場簡易測定器を用いて、現在生活用水として使用している河川水、ため池の水、地下水について次のような水質の基本項目を測定する。

- ・電気伝導度
- ・pH
- ・フッ素

簡易水質調査の数量は、調査対象地域内（内部収束流域内）には、1,200 から 1,300 もの村落が存在するものと想定されるため、全村落対象とはしない。既存資料解析の結果を基に、信頼できる既存の水質データがあればこれを活用し、調査対象とする村落を選定することとする。上記既存給水施設インベントリー調査と重複しない村落（ただし、上限 200 村落）を選定する。水源位置は GPS にて確認し、既存給水施設インベントリーに反映させる。

水質の現場測定は、調査対象地域の 6 州の水質分析分室の職員に必要な現場水質

測定器と調査車両を貸与し、JICA 調査団員の指導の下に、各州の水質分析分室の職員によって行なわれるものとする。

簡易水質調査の結果に基づき、電気伝導度やフッ素濃度の分布図を作成する。

②地形・地質調査

航空写真判読結果および既存資料分析結果をもとに実施計画を策定した上で、現地地質踏査を行い、対象地域の地形・地質および水文特性を把握するものとする。

③表流水調査（現地再委託）

MoWLD による流量観測を確認するために、河川流量測定を実施する。「2）-②-a) 気象・水文データ解析」、「6）-② 地形・地質調査」の結果等を踏まえて、観測点を選定する（10ヶ所程度と規定しないが目安としては10ヶ所上限）。対象地域には、Wembere、Bubu などの河川があるが、多くが季節河川であるため、観測は雨季の1回を基本とする（乾季にも河川が存在する場合には、雨季・乾季の2回とする）。観測は少なくとも上・下流2ヶ所の同時観測を実施する。観測方法は、プライス流速計等を用いた流速の測定と河川断面の計測により、流量を求める方法を原則とする。

④フッ素汚染の深刻度による地域分類

簡易水質調査及び既存給水施設インベントリー調査の結果により、フッ素濃度に基づき内部収束流域を地域分類する。

7) インテリム・レポート (IT/R) の作成、提出および説明・協議

現地調査の結果をとりまとめ、インテリム・レポートを作成する。インテリム・レポートを先方実施機関およびステアリング・コミッティに対して提出し、説明・協議を行い、合意を得る。

8) フッ素汚染の深刻度による分類に基づいた詳細調査

①フッ素汚染の深刻でない地域

a) 詳細水質検査

ここで行う第2段階の水質調査は、第1段階の現場測定結果に基づき、フッ素濃度の低い（WHO ガイドライン値以下）水源の中から、既存分析データより塩分濃度や硝酸性窒素などが高いなどフッ素以外の項目で水質に問題があると想定される、もしくは既存データが十分ではない水源を対象に行う。これらの水源から水質分析用試料を採水し、より詳しい水質検査を行う。詳細水質検査を行う水源の選定に際しては、水源の給水人口などの社会条件も考慮する。詳細水質検査の数量は、おおよそ150試料程度を目途とする。

水質検査項目は、タンザニア国の暫定飲料水水質基準に定められている項目の中から、必要と判断される項目、および水理地質解析に必要な項目を加えた次の項目とする。

ヒ素、塩素イオン、クロム、フッ素、マンガン、ナトリウム、硫酸塩、鉄、

鉛、カドミウム、シアン、総水銀、アンモニア、硝酸塩、濁度、マグネシウム、カルシウム、重炭酸イオン、
(計 18 項目)

水質試料の採水は、JICA 調査団員の指導の下、調査対象地域の 6 州の水質分析分室の職員がおこなう。また、詳細水質検査は、水質検査にかかる実績、設備、技術力等を見極めた上で、可能であれば各州の水質分析室、もしくはアルーシャ州及びシニヤンガ州の水質分析室にて行う。項目により各州等の分析室にて検査が不可能なもの、もしくは分析精度を上げる必要があるものはダルエスサラームにおいて検査をする。

b) 地下水資源調査

i) 物理探査（現地再委託）

対象地域に適した物理探査計画を立案し、比抵抗垂直探査ならびに比抵抗断面 2 次元探査の物理探査を実施する。試験実施箇所数は 100 箇所を目途とする。

比抵抗垂直探査は、現地において通常実施されている探査手法であるため、現地再委託により実施する。電極配置はシュランベルジャー法またはウェンナー法に従い、探査深度は 150m とする。

比抵抗断面 2 次元探査については、現地業者が探査用機材を保有していないため、日本より持ち込み、調査団員（水理地質Ⅱ）が現地エンジニア、ワーカーを雇用して実施する。測線延長は 300m 程度、探査深度は 150m 程度を計画する。

ii) 試掘調査（現地再委託）

内部収束流域を 4 小流域に分割し、それぞれの流域での地下地質状況及び地下水源状況（帯水層・基盤岩の分布状況、帯水層の能力など）を知るため、試掘調査を行う。数量は 30 箇所程度を目処とし、以下の留意点に考慮して行う。掘削終了後は、後日生産井として使用（ただし、水質に問題があれば観測井として利用する）できるように、地表部をキャップ、セメントで保護する。

- ・掘削深度：100m 程度（帯水層・基盤岩分布状況の確認）
- ・ケーシング孔径：5 インチ
- ・試験・検層：揚水試験（揚水 48 時間、回復 24 時間）、物理検層（比抵抗、SP）
- ・水質検査：上述の既存水供給システム調査の項目に準ずる
- ・試掘本数の割り当て
 - 東部 既存資料からの情報収集にとどめ、試掘は行わない。
 - 北部 人口密集地域を 5 箇所程度選定し、試掘を行う。ンゴロンゴロ県等、北部国立公園地域は除外する。
 - 南部 10 箇所程度。地下水流動機構を明らかにすべく、Bahi Basin から Makutapora Basin に向かう断層において数箇所試掘調査を行う。特に地下水移動の流向や流速の測定を行う。その際、深度 50m 程度をシールし、下層からの採水ができるようにする。

- 西部 15 本程度の試掘を行う。当該地域の南部は同時期の地質状況（同じ湖底堆積物により構成されている）と想定されるため、1 ヶ所の掘削で特徴を把握できる場所を選定する。その他のポイントは人口密集地を選定する。

iii) 地下水流動機構調査

「ii) 試掘調査」等の結果を踏まえ、地下水流動状況を把握する必要があると思われる地点においては、流向、流速等の測定を実施する（たとえば、孔内微流計などによる流向流速測定など）。なお、「ii) 試掘調査」において試掘を行ったポイントで測定を実施する場合には、上記試掘調査の行程にあわせて効率的に測定作業を行うこと。

②フッ素汚染の深刻な地域

a) フッ素による健康被害調査（現地再委託）

フッ素による健康被害調査の対象地域は、地域ごとに調査密度の偏りをなくするため、マルチクラスターサンプリング手法に基づき選定する。この手法に基づく調査対象村の選定手順を以下に示す。

- ・内部収束流域の 6 州 (Province) でそれぞれ 2 つの県 (District)、合計 12 県を選ぶ。
- ・選定された県ごとにそれぞれ 2 つの郡、合計 24 郡を選ぶ。
- ・選定された郡ごとに 2 つの区、合計 48 区を選ぶ。
- ・さらに選定された区ごとに 2 つの村、合計 96 村*を選び、この 96 村を健康被害調査対象村とする。

健康被害調査を行う村の選定基準は、簡易水質調査で水源のフッ素濃度が高いことが判明した村、住民の出入りが少ない村、多くの村民が一生をその村で過ごしている村、水源がここ 15 年以上変わっていない村等、フッ素の体内蓄積度が高いと想定される村落を選定する。

*内部収束流域には 1,200 から 1,300 の村が存在するものと想定され、96 村は全体の 7% から 8% に相当し、統計学上信頼できるサンプル数であるといえる。

フッ素による健康被害調査は、基本的に以下の 3 項目から構成される。

i) フッ素の摂取量と排出量調査

村落ごとに 10 名程度（合計 1,000 人程度）の 2 歳から 5 歳の幼児を対象に、以下の調査を行う。

- ・幼児の摂取している食物の詳細な記録（特に調査前 24 時間）を行う。
- ・幼児の尿中のフッ素濃度を定期的に 24 時間測定する。
- ・調理に使用した” magadi” *の試料の採取とフッ素濃度の測定を行う。

* trona と呼ばれるフッ素を多量に含む調味料、岩塩の 1 種

以上の調査は、水に起因するフッ素の健康被害調査ではなく、食物によるフッ素の健康被害調査である。内部収束流域では、飲料水によるフッ素疾患のほかに、上述の magadi によるフッ素疾患も多発しているとのことで、水に起因するフッ素疾患を特定する上でこの調査が必要となる。

ii) 斑状歯、骨フッ素症の検診

村落ごとに 30 名程度（合計 3,000 人程度）の 12 歳から 18 歳の少年、少女*を対象に、斑状歯および骨フッ素症の検診を行う。斑状歯の診断にあたっては、医学的に認められている”Thylstrup Fejerskov Index (TFI)”に基づくものとする。

*少年・少女を検診対象とするのは、フッ素疾患の発症時期がこの年代にほぼ限られるためである。また、成人の場合は色素沈着を起こした歯のエナメル質を削り落としている場合があり、視診が困難である場合があることもその理由である。

iii) 栄養状態とフッ素疾患との関係調査

フッ素の摂取量と排出量調査で対象とした約 1,000 人の幼児について、身長、体重、栄養状態の検診を行い、フッ素疾患の発病との関連性を調査する。

フッ素による健康被害調査は、医師資格を持った専門家の指導のもとに、医学知識をもった調査員（インターン医師や医学部あるいは歯学部の学部生）が行う。

9) 進捗報告書作成、提出、説明

上記詳細調査の結果概略を示した進捗報告書を作成し、先方実施機関に説明する。

10) 調査結果の解析

①水質調査結果の取りまとめと解析

簡易水質調査と詳細水質調査の結果に基づき、水質汚染地域、汚染帯水層を検討し、その分布を明らかにする。

②フッ素による健康被害調査結果の取りまとめと解析

フッ素による健康被害調査の結果に基づき、水と食物に起因するものに分けて、フッ素疾患患者の分布（罹患率の分布）、フッ素疾患の症状別の分布（軽症患者・重症患者の分布）、飲料水のフッ素濃度とフッ素疾患の罹患率の関係、フッ素疾患と栄養状態の関係、などにつき解析を行う。

③地下水涵養機構解析・水収支解析

ここまでに実施された調査結果をもとに、地下水涵養機構の解析、水収支解析を実施する。

11) 初期環境影響評価支援

JICA 環境社会配慮ガイドラインによるスクリーニングを実施した結果、本計画はカテゴリーC に分類される。しかしながら、事前調査の結果、本計画はタンザニア国の EIA 制度上で EIA 実施が必要とされる水供給プロジェクトの、”Abstraction or Utilization

of Ground/Surface Water for Bulk Supply”に相当するため、名目のカテゴリー分類を B と定める。

タンザニア国の EIA 実施ガイドラインで規定されている初期環境評価 (IEE) に基づき、必要に応じて先方実施機関によって実施される IEE について、実施手続きの係る支援を行う。

12) 既存給水施設インベントリー、水理地質情報の GIS による視覚化

①水理地質図の作成

ここまでの調査結果をもとに水理地質図を作成する。地下水位、水質、帯水層の状況、表流水の状況等、今後の地下水・表流水開発のために必要な項目を記載する。

②既存給水施設インベントリーの作成

上記で作成された水理地質図をベースマップとし、収集整理した既存給水施設データを GIS データベースとして整理・図化する。GIS データベース作成に用いるソフトウェアとしては汎用性のあるソフトを使用し、調査終了後も現地エンジニアによる追加・修正が可能で、継続して利用されるものとなるように配慮する。

③水質データ整理

既存資料・データの収集・分析で収集された水質データと、今回の一斉水質調査と詳細水質検査で得られた水質データを取りまとめ、データベースに入力する。データベースのソフトはタンザニア国で流通している汎用ソフトを使用する。

水質試料採水地点を、GIS ソフトを用いて図化する。GIS のソフトはタンザニア国でも流通している汎用ソフトを使用する。水質調査結果の取りまとめと解析の結果に基づき、塩分濃度分布図やフッ素濃度分布図などの水質分布図を作成し、GIS ソフトを用いて図化する。データ入力作業は、現地技術者を備上して行う。

シンギダの CIDBWO において、作成されたデータベースや GIS を管理できる体制を整える。

④フッ素による健康被害データ

健康被害調査結果を、データベースに入力する。健康被害調査結果の解析により作成されたフッ素疾患患者の分布図、フッ素疾患の症状別の分布図などを、GIS ソフトを用いて図化する。データ入力作業は、現地技術者を備上して行う。

13) ドラフト・ファイナル・レポート (DF/R) の作成

本調査の全ての成果を取りまとめ、ドラフト・ファイナル・レポートを作成する。

14) ドラフト・ファイナル・レポート (DF/R) の提出と説明・協議

ドラフト・ファイナル・レポートを先方実施機関およびステアリング・コミッテイに対して提出し、説明、協議を行う。

(3) 国内作業

1) ファイナル・レポート (F/R) の作成、提出

タンザニア側から出される、ドラフト・ファイナル・レポートに対するコメントを検討の上、必要な修正・加筆を行い、ファイナル・レポートとして取りまとめる。

2-4 調査工程と要員構成

2-4-1 調査工程

調査工程は、2005年10月上旬から開始し、約16ヶ月後の終了を目途とする。全体の調査工程は次のとおりである。

	2005												2006											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
今回実施計画分							■	■	■	■	■	■												
現地調査							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
国内作業																						■		
報告書提出							▲					▲								▲	▲			
							IC/R				IT/R								DF/R		F/R			

2-4-2 要員構成

本調査には、下記の分野を担当する団員を参加させることを基本とする。

- (1) 総括
- (2) 副総括/水理地質 1
- (3) 水理地質 2/GIS/データベース
- (4) 水質調査
- (5) 気象・水文
- (6) 物理探査/試掘調査
- (7) 組織・制度/社会経済調査
- (8) 健康被害調査
- (9) 環境社会配慮

(1) 総括

地下水開発・管理計画調査の策定および調査全体を統括する。

(2) 副総括/水理地質 1

副総括として総括を補助し、水理地質に関わる調査計画を立案し、調査実施に際して指導を行う。また調査結果の解析・検討を行い、調査地域における地下水評価を行う。

<担当業務>

- ・既存地形・地質資料の収集解析

- ・現地地質踏査の実施
- ・既存資料に基づく地形・地質解析
- ・既存給水施設インベントリー調査計画の策定、実施指導および調査結果解析
- ・地下水涵養機構、水収支解析
- ・水理地質図の作成

(3) 水理地質 2/GIS/データベース

水理地質 I の補助として、現地調査の実施、管理を担当する。また、空中写真の判読、井戸・地質データベースの作成を担当する。

<担当業務>

- ・既存地形・地質資料の収集解析
- ・現地地質踏査の実施
- ・空中写真入手、判読
- ・既存給水施設インベントリー調査の実施、監理、解析
- ・既存給水施設インベントリー、GIS による視覚化

(4) 水質調査

水質調査の計画を策定し、水質調査結果の取りまとめと解析を行うと共に、水質データのデータベース化を行う。また、カウンターパートに対し採水及び水質分析の技術移転を行う。

<担当業務>

- ・簡易水質調査
- ・詳細水質調査
- ・フッ素除去技術資料の収集
- ・水質データのデータベース化への情報提供
- ・水質に応じた水の安全性の取りまとめと解析

(5) 気象・水文

対象地域における気象・水文データを収集・整理し、内容について解析する。

<担当業務>

- ・既存気象・水文資料の収集整理および解析
- ・表流水調査の計画と実施

(6) 物理探査/試掘調査

物理探査及び試掘調査計画を策定し、再委託による調査の発注先調査及び発注作業、調査結果の取りまとめと解析を行うとともに、水理地質図への反映を行う。

<担当業務>

- ・物理探査の実施
- ・試掘調査の実施
- ・調査結果取りまとめと解析

(7) 組織・制度/社会経済調査

タンザニア国の水管理に係る法体系を含む組織と制度及び水利用状況についてデータを収集・整理し、内容について解析する。

(8) 健康被害調査

水の安全性に関する情報を収集し、その取りまとめと解析を行うと共に、フッ素による健康被害調査を行う。

<担当業務>

- ・水因性疾病の調査
- ・他ドナー、NGO、国際機関等のフッ素汚染対策の調査
- ・フッ素による健康被害調査

(9) 環境社会配慮

タンザニア国により実施される水供給計画の IEE に対し、内容や実施計画書の作成などについて、タンザニア国に対し技術的支援を行う。またタンザニア国ガイドライン検討し、JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づいて追加すべき点があればタンザニア国担当者に説明して理解を求める。その結果に基づき必要な環境関連情報を整理し、そのデータベース化を行う。

2-5 調査用資機材

2-5-1 現地で購入すべき調査用機材

以下の資機材は、現地調査に必要と判断されるもので、現地で調達可能なものである。

(1) 複写機：1台

A3 判対応、モノクロコピー機

(2) ファクシミリ：1台

通常の電話回線で使用でき、A4 判対応のファクシミリ機

(3) パーソナルコンピューター：1台

井戸・地質、水質、健康被害などの各種データのデータベース、および GIS を作成するために使用する、デスクトップタイプ

(4) カラープリンター：1台

井戸・地質、水質、健康被害などの各種データのデータベース、および GIS を作成するために使用する、A3 判対応が望ましい

(5) データベースソフト、GIS ソフト：1式

井戸・地質、水質、健康被害などの各種データのデータベース化、および GIS 化するために使用する。データベースや GIS のソフトは、現在実施中の開発調査案件との互換性を考慮し、同種のソフトを使用する。現在実施中の開発調査では Access 及び ArcView を使用している。

なお、GIS データベースの作成にプロッター（例えば A1 判対応のような）が必要であると判断された場合には、現地で購入が可能である。

2-5-2 本邦で購入する調査用資機材

以下の調査用資機材は現地での調達が困難であるので、本邦で購送する。

(1) 現場水質測定器：6器

内部収束流域の6州の Water Engineer Office の水質分析を担当するカウンターパートに現場水質分析測定器を貸与し、一斉水質測定を実施してもらう。測定項目は以下の3項目とする。

- ・電気伝導度
- ・pH
- ・フッ素濃度

(2) 携帯型 GPS 受信機：1台

(3) pH 計：1台

(4) 電気伝導度計：1台（水温も同時に計測でき、温度校正機能のあるもの）

(5) 孔内水位計：1台（深度 100m まで対応可能なもの）

(6) 微流速計：5台

2-6 現地再委託業務

現地調査で、現地業者あるいは機関に再委託する業務は以下のとおりとする。現地には、以下の業務を実施できる業者あるいは機関が存在する。

- ・詳細水質検査
- ・表流水調査
- ・物理探査
- ・試掘調査

- ・フッ素による健康被害調査
- ・既存給水施設インベントリー調査

2-7 調査実施上の留意点

2-7-1 フッ素による健康被害調査

フッ素疾患の調査・研究を行っているムヒンビリ大学の歯学部によると、疾病の調査であることから、住民が不安に陥る場合が多いとのことである。住民の不安を和らげるためには、現地語を話せる調査員による調査や、事前に住民説明を行い調査に対する同意書を取り付けることなどが必要である。

2-7-2 既存データの収集

MoWLD の職員によれば、多くの水質データが存在するとのことであるが、水質データが比較的良く管理されているのは、アルーシャ州、マニヤラ州、シニャンガ州だけであり、それ以外の3州では、水質データがほとんど管理されておらず、所在が明らかになっていない状況にある。このため、調査にあたっては、既存の水質データを可能な限り収集し、これを利用する必要がある。ただし、GTZ のシニャンガ州のデータベースには2,372 試料もの水質データが載っているが、有効数字の桁がばらばらであったり、0 が連続して記載してあったりと、信頼性に欠けるデータもあるので、注意を要する。

タンザニア側では、各種のデータを一元的に管理する体制が必ずしもきちんと整っていない状態にあるため、内容の確認・相手先への問い合わせ、諸元の確認等も含めて時間を要する場合が多い。

2-7-3 現地調査

対象地域内の道路は、一部を除いて殆どが未舗装の状態である。雨季（3-4月、11-12月）には道路事情が悪化し、自動車による移動時間は乾季と比べて大幅に増加することもある。調査対象範囲が広く、都市間の距離も離れているため、現地調査にあたっては、十分な時間的余裕を持って行動する必要があるものと考えている。