

ドミニカ共和国
上下水道庁

ドミニカ共和国

西部地下水開発計画調査

主報告書
要約

平成4年8月

国際協力事業団

社調二
CR(3)
92-082

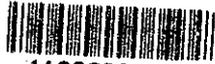
ドミニカ共和国上下水道庁
西部地下水開発計画調査

主報告書要約

平成四年八月

608
618
555

JICA LIBRARY



1100836(4)

24276

ドミニカ共和国
上下水道庁

ドミニカ共和国

西部地下水開発計画調査

主 報 告 書

要 約

平成4年8月

国際協力事業団

国際協力事業団

24276

序文

日本国政府はドミニカ共和国政府の要請に基づき、同国の西部地下水開発計画にかかる調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成2年10月から平成4年6月までの間、3回にわたり、国際航業株式会社の中山政一氏を団長とし、同社及び、住鉱コンサルタント株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ドミニカ共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成4年8月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

地下水開発計画調査団

伝達状

平成4年8月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

ドミニカ共和国西部地下水開発計画調査の最終報告書を提出します。本報告書は、平成2年8月1日、平成3年7月2日、および平成4年6月5日の3回にわたる国際協力事業団と国際航業株式会社および住鯨コンサルタント株式会社との間で締結された契約に基づいて結成された調査団によって、作成されました。

本報告書には、ドミニカ共和国西部4県の地下水賦存量と同県内の158村落を対象とした生活用水供給計画を含む地下水開発のマスタープランと、その中から選定された58村落に対する実施計画調査の調査結果が述べられています。

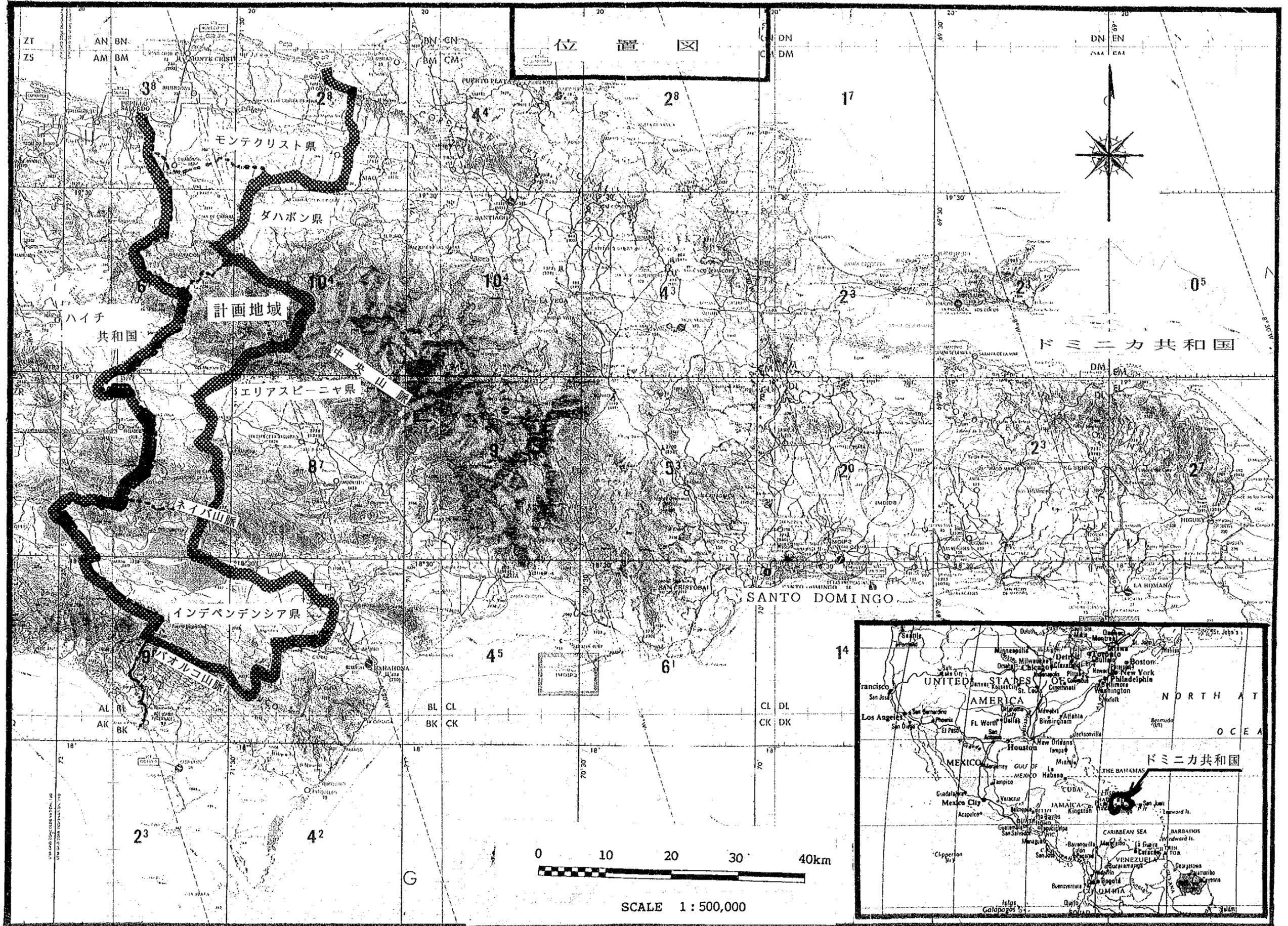
報告書は、要約、主報告書および付属報告書に分冊されております。要約は、調査結果全体を簡潔にまとめ、主報告書には調査の背景、社会・経済状況、地下水開発可能性、地下水開発計画および優先58村落に対する実施計画調査結果ならびに提言を記述しております。

付属報告書には、計画策定に用いた条件、調査の詳細、用水生産、供給、計画ならびに計画実施調査における計画施設システム図面集およびコスト積算資料を記載致しました。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間にわたって多大なご支援を賜った貴事業団、在ドミニカ日本国大使館の諸賢ならびにドミニカ共和国政府諸機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果が対象地域住民の用水安定、供給、生活条件の向上、衛生状態の改善ならびに経済発展の一助となることを切に希望する次第であります。

調査団長

中山政一



位置図

計画地域

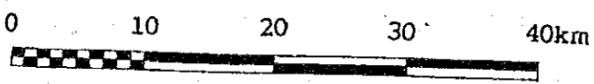
ハイチ
共和国

エリアスピーニャ県

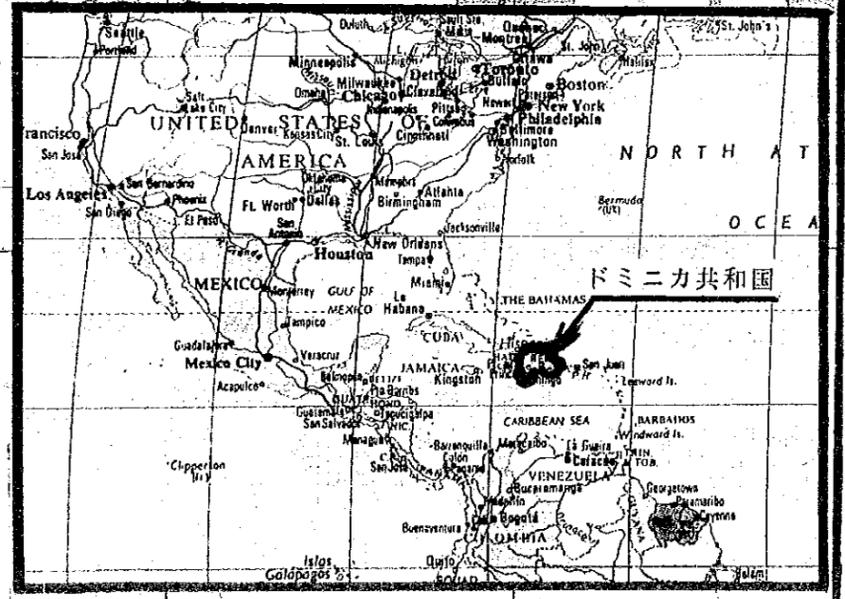
インデペンシヤ県

ドミニカ共和国

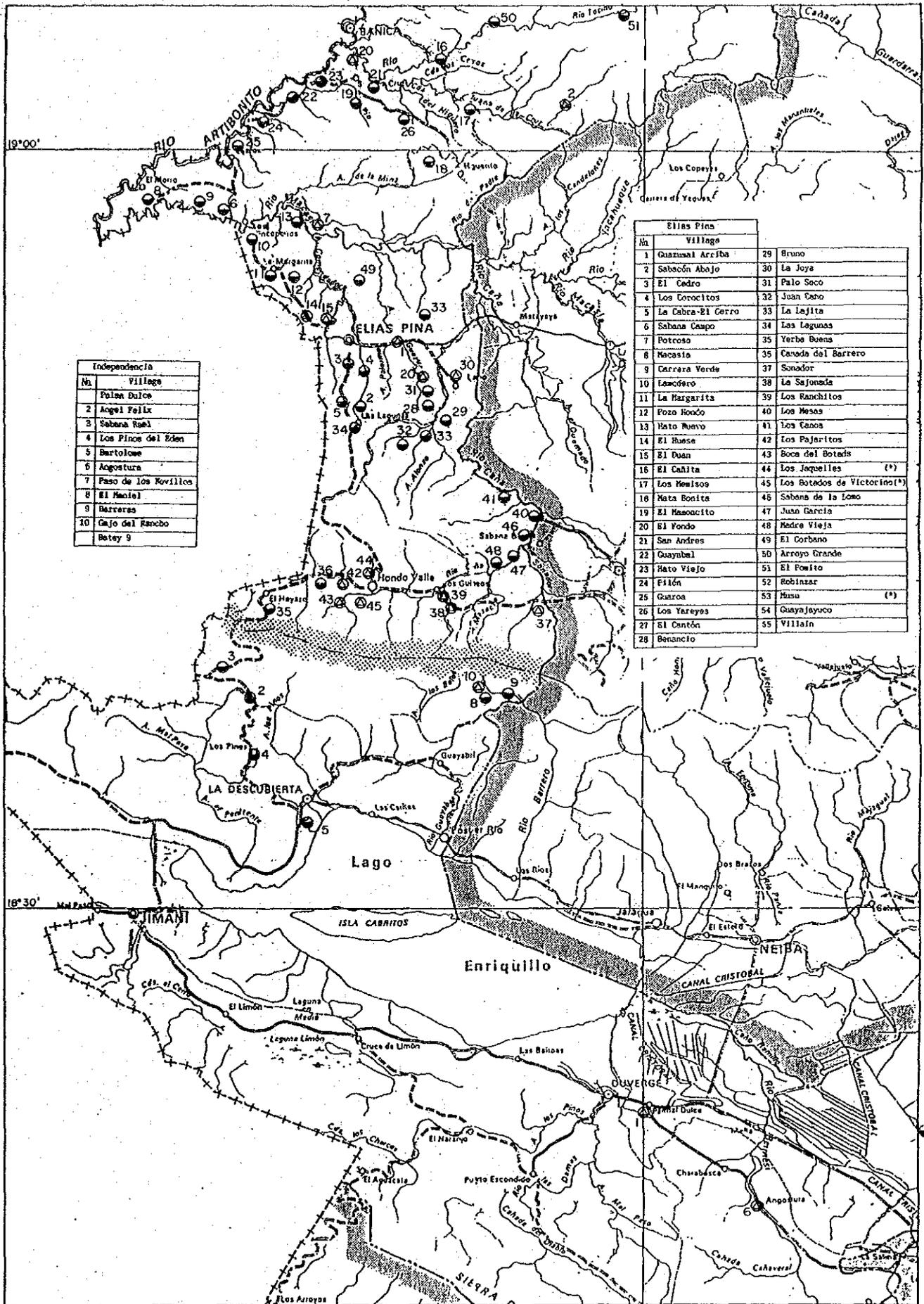
SANTO DOMINGO



SCALE 1 : 500,000



ドミニカ共和国

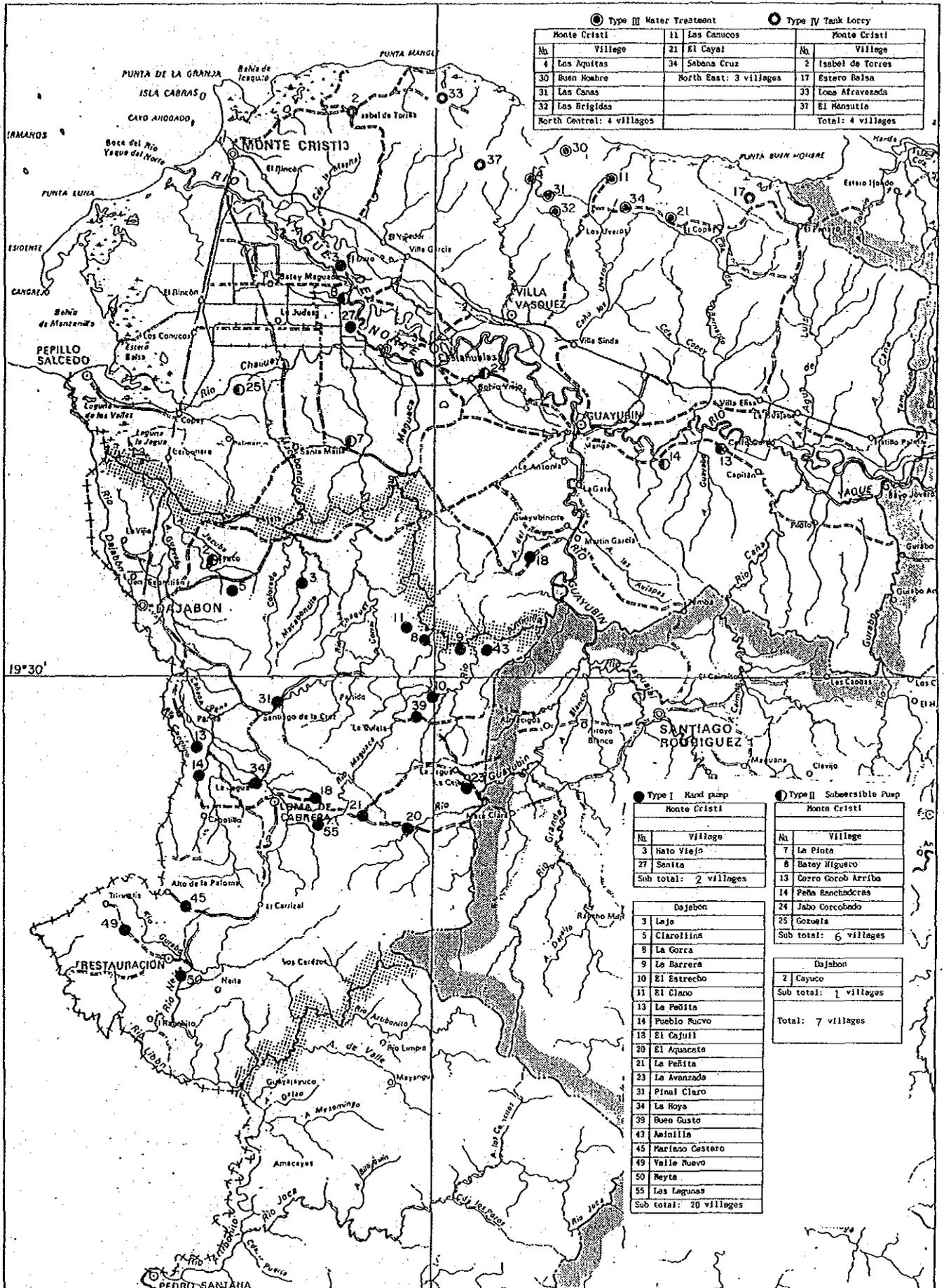


Independencia	
Nº	Village
1	Palma Dulce
2	Angel Felix
3	Sabana Roel
4	Los Pinos del Eden
5	Bartolome
6	Argostura
7	Paso de los Kovillos
8	El Naciel
9	Barreras
10	Cajal del Rancho
	Batey 9

Elías Pina		
Nº	Village	
1	Guamual Arriba	29 Bruno
2	Sabscón Abajo	30 La Joya
3	El Cedro	31 Palo Seco
4	Los Corocitos	32 Juan Cabo
5	La Cabeza-El Cerro	33 La Lajita
6	Sabana Campo	34 Las Legunas
7	Potroso	35 Yerbe Buena
8	Macasia	35 Cañada del Barrero
9	Carrera Verde	37 Sonodor
10	Lanófero	38 La Sajonada
11	La Margarita	39 Los Ranchitos
12	Pozo Hoocho	40 Los Mesas
13	Hato Nuevo	41 Los Caños
14	El Ruise	42 Los Pajaritos
15	El Duan	43 Soca del Botado
16	El Cañita	44 Los Jaquelles (*)
17	Los Neulises	45 Los Botados de Victoriano (*)
18	Mata Bonita	46 Sabana de la Loma
19	El Masoacito	47 Juan Garcia
20	El Fondo	48 Madce Vieja
21	San Andres	49 El Corbano
22	Guayabal	50 Arroyo Grande
23	Hato Viejo	51 El Posito
24	Filón	52 Roblnzar
25	Guazoa	53 Nasa (*)
26	Los Yareyes	54 Guayajayuco
27	El Cantón	55 Villalín
28	Benancio	

開発計画調査村落の位置図 1





Type III Water Treatment		Type IV Tank Lorry	
Monte Cristi	Las Canoas	Monte Cristi	
No. Village	11 El Cayal	No. Village	
4 Les Aquitas	34 Sabana Cruz	2 Isabel de Torres	
30 Buen Hombre	North East: 3 villages	17 Estero Balsa	
31 Las Canas		33 Loma Atravezada	
32 Las Brigidas		37 El Mansutin	
North Central: 4 villages		Total: 4 villages	

Type I Hand pump	
Monte Cristi	
No. Village	
3 Noto Viejo	
27 Sanita	
Sub total: 2 villages	

Type II Submersible Pump	
Monte Cristi	
No. Village	
7 La Pinta	
8 Batey Higuero	
13 Corro Corob Arriba	
14 Peña Ranchadras	
24 Jabo Corchoado	
25 Gozoela	
Sub total: 6 villages	

Dajabon	
3 Laja	
5 Clarollina	
8 La Corra	
9 La Barrera	
10 El Estrecho	
11 El Clano	
13 La Peñita	
14 Pueblo Nuevo	
18 El Cafull	
20 El Aguacate	
21 La Peñita	
23 La Avanzada	
31 Pinal Claro	
34 La Hoya	
38 Buen Gusto	
43 Amillia	
45 Mariano Costero	
49 Valle Nuevo	
50 Neyta	
55 Las Lagunas	
Sub total: 20 villages	

Dajabon	
2 Cayuco	
Sub total: 1 villages	
Total: 7 villages	

開発計画調査村落の位置図

目 次

序文	i
伝達状	ii
調査地域位置図	iii
開発計画調査村落の位置図(1,2)	iv
目次	vi
表題リスト	ix
図題リスト	x
略語	xi
度衡表	viii
第1章 序 章	1
1. 1 はじめに	1
1. 2 調査の経緯	1
1. 3 調査の目的	1
1. 4 調査の内容	2
1. 4. 1 調査対象地域	2
1. 4. 2 調査内容	2
1. 5 調査工程及び調査団員	3
1. 5. 1 調査工程	3
1. 5. 2 調査団員	3
第2章 計画の背景	6
2. 1 国家的背景	6
2. 1. 1 一般概況	6
2. 1. 2 社会状況	7
2. 1. 3 経済状況	8
2. 1. 4 国家開発計画及びセクター目標	9
2. 1. 5 ドミニカ共和国における生活用水サービスの現況	9
2. 2 地域的背景	11
2. 2. 1 国境地域西部4県	11
2. 2. 2 人 口	12
2. 2. 3 用水サービスの概況	12
2. 2. 4 用水開発の必要性	14

第3章 計画地域の現況	15
3.1 地形及び地質	15
3.1.1 計画対象地域の位置	15
3.1.2 リモートセンシング	15
3.1.3 地形	15
3.1.4 地質	16
3.2 水文気象	19
3.2.1 気象	19
3.2.2 水文	21
3.3 水理地質	23
3.3.1 物理探査	23
3.3.2 物理探査結果	23
3.3.3 テストボーリング	23
3.3.4 水文区分および地下水の水質	25
3.3.5 各水文区のポテンシャル	32
3.4 表流水	37
3.4.1 河川流水の開発利用状況	37
3.4.2 河川流水の開発可能性・可能量	38
3.5 既存の給水施設	41
3.5.1 計画対象村落	41
3.5.2 用水調達の現況	41
第4章 開発計画	43
4.1 開発計画の目的	43
4.2 開発の基本構想	43
4.3 計画の構成	44
4.4 地下水開発計画	45
4.4.1 基本方針	45
4.4.2 開発対象水文区・揚水可能量	45
4.4.3 削井計画	47
4.5 表流水開発計画	48
4.6 給水計画	50
4.6.1 基本方針	50
4.6.2 給水開発計画実施必要村落	51
4.6.3 計画対象村落	51
4.6.4 用水生産計画	52

第5章 施設計画	55
5.1 基本方針	55
5.2 施設計画	59
5.3 運転管理用施設	60
5.4 主要施設概要	61
第6章 事業費の積算	63
6.1 概 要	63
6.2 事業費	64
第7章 実施計画・実施組織	66
7.1 概 要	66
7.2 実施組織	67
7.3 実施計画	67
7.4 建設工事と資機材の調達・供給	68
7.5 年度別工事費計画	69
第8章 運営・管理計画	70
8.1 基本方針	70
8.2 生産管理	71
8.3 維持管理	71
8.4 年間の維持管理費と用水生産費	72
第9章 事業評価	75
9.1 はじめに	75
9.2 受益村落	75
9.3 支払い意志	75
9.4 保健衛生条件の改善効果	76
9.5 余暇発生効果	78
9.6 用水調達経費の低減	78
9.7 地域共同団体の育成	79
9.8 農山村用水開発セクターの強化	80
9.9 総合評価	80
第10章 結論と勧告	81
10.1 結 論	81
10.2 勧 告	86

表 題 リ ス ト

表 1.1 調査工程表

表 2.1 社会生活基盤の整備現況

表 3.1 地質層序表

表 3.2.(1)~(2) 河川流量観測所・観測期間

表 3.3.(1)~(2) 試掘井・揚水試験の結果一覧表

表 3.4.(1)~(3) 各水文区別地下水の水理特性

表 3.5 各水文地質区別地下水開発可能量総括表

表 3.6 水文地質区別水収支表

表 3.7.(1)~(2) 主要河川の80%確率年流量

表 3.8.(1)~(9) 計画対象村落の現況

表 4.1 水質基準

表 4.2.(1)~(7) 計画対象村落別開発実施必要性の評価

表 4.3.(1)~(2) 計画実施対象外村落の用水開発計画総括表

表 5.1.(1)~(4) 画対象村落別施設計画

図 題 リ ス ト

図 2.1 ドミニカ共和国の地勢

図 3.1.(1)~(2) 試験井掘削位置図

図 3.2.(1)~(2) 水文地質区の区分図

図 3.3 水文地質区別地下水の水質

図 3.4 Rio Masacre の日、月流量と流域地点雨量の相関図

図 3.5 地質断面位置図

図 3.6.(1)~(2) 地質断面図

図 4.1.(1)~(2) 開発計画調査実施村落の位置図

図 4.1 計画対象村落位置図

図 4.2 計画給水システム

図 5.1.(1)~(2) 計画井戸標準断面図

図 7.1 実施組織系統図

図 8.1 維持管理組織系統図

ABBREVIATIONS AND GLOSSARY

略語

CAASD	Santo Domingo Water Supply and Sewage Corporation
CCT	Computer Compatible Tape
CIDA	Canadian International Development Agency
CORAASAN	Santiago Water Supply on Sewage Corporation
FUDECO	Foundation for Community Development
GNP	Gross National Product
GTZ	German Technical Cooperation Agency
IDB	Interamerican Development Bank
IDSS	Dominica Institute of Social Insurance
IGU	Geographic Institute of Santo Domingo University
IICA	Inter-American Institute for Agricultural Cooperation
IMF	International Monetary Fund
INAPA	National Institute for Potable Water Supply and Sewerage
INDRHI	National Institute of Water Resources Development
JICA	Japan International Cooperation Agency
NGO	Non-Governmental Organization
OAS	Organization of American States
ONAPLAN	National Planification Office
PAHO/WHO	Pan American Health Organization /World Health Organization
PLANDZF	Border Zone Development Plan
PLANAR	Rural Waterway National Plan

PLANIACAS	National Plan for Groundwater Development and Control
SESPAS	Ministry of Public Health and Welfare
SSID	Dominican Churches Social Service
TM	Thematic Mapper
UNEPLAN	Executive Office for National Rural Waterway Plan
USAID	United States Agency for International Development

U N I T S

度衡表

Length

mm	: millimeter
cm	: centimeter
m	: meter
km	: kilometer
inch	: 25.4 mm
ft	: foot = 12 inch = 30.48cm
mille	: 5,280 feet = 1,629km

Area

cm ²	: square centimeter
m ²	: square meter
km ²	: square kilometer
ha	: hectare
Ta	: tarea = 625 m ²

Capacity

ℓ	: liter
m ³	: cubic meter
hm ³	: million cubic meter
gℓ	: gallon = 3,785 lit

Weigh

g	: gram
mg	: kilogram

Others

h	: hour
min	: minute
sec	: second
cm/sec	: centimeter per second
m ³ /sec	: cubic meter per second
ℓ/sec/km ²	: liter per second per square kilometer

第 1 章
序 章

第 1 章 序 章

1. 1 はじめに

本報告書は1990年2月13日に国際協力事業団とドミニカ共和国上下水道庁（I N A P A）との間で合意調印された“ドミニカ共和国西部地下水開発計画調査についての Scope of Work”に基づき、J I C A が派遣した調査団によって実施された全調査の成果をとりまとめたものである。

1. 2 調査の経緯

ドミニカ共和国政府は国家開発計画の目標の一部として、開発が遅れている西部国境地域の開発を優先的に推進している。そのため、1987年に米州機構の技術協力により「国境地域開発計画」を策定した。この開発計画の実施のため、I N A P A は1988年に国境地域の西部4県の農村給水開発事業に対する無償資金協力要請を日本国政府に行なった。

これを受けて1989年3月実施されたプロジェクト形成調査の結果、開発調査による地下水賦存量調査の必要性が指摘され、ドミニカ共和国政府は1989年11月にこの地下水賦存量調査及び農村給水計画調査にかかわる技術協力を日本政府に対して要請し、日本政府はこの要請を受け1990年2月にJ I C A 事前調査団をドミニカ共和国に派遣し、本調査のScope of Workを締結し、1990年10月に本調査を開始した。

1. 3 調査の目的

本件調査の目的は、下記の3点である。

- ① 西部4県（Monte Cristi, Dajabon, Elias Piña, Independencia）全域を対象とした地下水賦存量の評価。
- ② 西部4県の158村落を対象とした生活用水供給計画を含む地下水開発計画の策定。
- ③ 調査を通じてのカウンターパートへの技術移転。

1.4 調査の内容

1.4.1 調査対象地域

本件調査の対象地域は、ハイティ共和国と接する5県の内モンテクリステイ (Monte Cristi)、ダハボン (Dajabon)、 エリアスピニャ (Elias Piña)、 インデペンデンシア (Independencia) の4県であり、面積は6,527km²である。

1.4.2 調査内容

本調査は、計画対象地域における現地調査と、日本国内に於ける室内作業から成る。

(1) 現地調査

- 1) 本計画に係わる資料の収集、整備、解析、評価
- 2) 地下水及び表流水開発計画策定の基礎となる地形・地質・水文気象・水理地質の調査、水資源の開発・利用の現況調査および電気探査、井戸の試掘・検層・揚水試験等々
- 3) 給水計画策定の基礎となる社会経済の現況、用水の需要供給の現況、用水供給施設・制度・運営管理の現況調査
- 4) O/M計画策定の基礎となる用水生産・供給システムと運転管理の現況調査
- 5) 計画施設の計画・設計のための労務資材の価格、調達性、地形等の調査

(2) 室内作業

- 1) 計画対象地域の用水需給現況解析と用水需要の予測等用水供給計画の策定
- 2) 計画対象地域の地下水及び表流水特性、開発可能性の評価と地下水及び表流水開発計画の策定
- 3) 地下水開発計画施設・用水計画施設の設計および事業費の積算
- 4) 用水の生産・給水および計画施設の管理・運営計画の策定
- 5) 事業実施計画の草案策定
- 6) 評 価

1.5 調査工程及び調査団員

1.5.1 調査工程

本件調査は2段階に分けて実施した。

第1段階：地下水賦存量の概算及び開発可能地域の選定

全域を対象にランドサット画像解析、水文調査、地形・地質調査、物理探査等を実施し地質図、水理地質図の作成、地下水賦存量の概算を行い地下水開発可能地域を選定した。

また、全域を対象とする生活用水供給計画のマスタープランを策定すると共に、ドミニカ側より本件調査において地下水開発計画の策定が提案されている154村落の最適給水計画を考慮の上、第2段階で実施予定の試験井戸の掘削位置及び実施方法を検討した。

第2段階：地下水賦存量の確認と地下水開発計画の策定

開発可能地域に対し物理探査、ボーリング調査、社会条件等調査を実施し、地下水賦存量の確認を行うと共に、計画対象村落に対する給水施設計画を含む地下水開発計画を策定した。

調査工程は、表1.1に示すとおりである。

1.5.2 調査団員

本調査にかかわるINAPA及び調査団の名簿は次のとおりである。

INAPA

Mr. Manuel De La Cruz	長官
Mr. Eduardo Estrella	前長官
Mr. Marco Rodriguez	首席副長官
Mr. Jaime Valerio	前首席副長官
Mr. Carlos Leal	技術副長官
Mr. Jose Alberto Infante	長官補佐官
Mr. Carlos Barrientos	組織開発室長

Mr. Juan Garcia	エンジニアリング部長
Mrs. Mercedes Rodriguez	水質分析室長
Mrs. Martina Reyes	UNEPLAN室長

カウンターパート

Mr. Ramon Polanco	総括
Mr. Hector Dario Jimenez	地質
Mr. Pablo De La Mota	水文
Miss Magaly Garabito	"
Mr. Carlos Quesada	物理探査
Mr. Isaias Villa	"
Mr. Rosendo Ramirez	"
Mrs. Alexandra Oviedo	"
Miss Joselyn Rodriguez	"
Mr. Angel Monegro	施設設計
Miss Cesarina Nivar Senra	"
Mr. Manuel Aybar	"
Mr. Ramon Francisco	"
Mr. Jose Antonio	掘削指導
Mr. Cesar Sanchez	掘削
Mr. Pedro Sanchez	"
Mr. Basilio Pinares	"
Mr. Jose Ricardo Javier	"
Mr. Abraham Mercedes Bido	揚水試験
Mr. Marcos Willy Morel	"
Mr. Julio Tejera Perez	"
Mr. Daniel Felix Soriano	"
Mrs. Mari Dominguez	社会経済
Miss Xiomara Peralta	"

JICA

大井英臣	作業監理委員長
小池秀三	企画・調整
吉村政雄	分任監督

JICA調査団

中山政一
篠田晃一
稲森郁郎
高橋直良
汐川雄一
吉岡康宜
西本弘隆
神里勝也
田村孝利
田中正昭
直塚伸一
松永伸一
小原克

総括

水文地質

気象・水文・水質

電気探査A

” B

削井指導A

” B

” C

” D

” E

給水計画

施設設計／積算

社会経済／プロジェクト評価

第 2 章

計画の背景

第2章 計画の背景

2.1 国家的背景

2.1.1 一般概況

1) 地 勢

ドミニカ共和国は、カリブ海大アンティル諸島で2番目に大きいエスパニョーラ島 (Isla Española) の東部2/3を占め、面積は48,442km²で、西部はハイティ国境に接し、北部は大西洋、東部はプエルト・リコの間 Mona 海峡、南部はカリブ海にそれぞれ面している。

図2.1参照。

地勢は国土の中央部に北西から南東に走る中央山脈 (Cordillera Central) があり、その北側には北部山脈 (Cordillera Septentrional)、西部中間地帯にネイバ山脈 (Sierra de Neiba)、南西部にバオルコ山脈 (Sierra de Baoruco) が並行して走っている。中央山脈と北部山脈との間には穀倉地帯のシバオ盆地が広がり、その間をヤケ・デル・ノルテ川 (Rio Yaque del Norte) が東から西に流れている。南西部のバオルコ山脈とネイバ山脈の間には海拔以下 (-40m) の水面を有する塩水湖エンリキリヨ湖 (Lago Enriquillo) を擁するエンリキリヨ盆地がある。

河川は Yaque del Norte, Yuna, Yaque del Sur 等があり、これらの河川を中心にドミニカ全国は14の水系に分かれている。

気候は亜熱帯圏にあるため平地は年間を通し気温が高いが、熱帯性海洋気候と山岳の影響を受けて暑気は若干緩和される。

平均気温は26℃で、四季の区別は判然としなが、雨期 (5~10月) と乾期 (11月~4月) に分けられる。4月~10月は日中夜間とも相当暑く、11月~3月は北大西洋の寒気団の影響を受けてかなり涼しい。雨期には熱帯性低気圧やハリケーンが来襲することがある。

年間雨量はドミニカ国中部地区の Sanchez Ramirez, Samana, Monseñor Nouel 県の 2,100 mm 以上から、西部の Monte Cristi 県の 700mm 以下まであり、変化に富んだ気候になっている。

2) 行 政

国家行政機関は大統領府と12省からなり、その他に多数の庁がある。大統領は1966年に交付された憲法により広範な権限をもち、各省庁の大臣・長官の任命の外、県知事の任命、軍人・官吏の任命権等がある。

地方行政は29の県 (Provincia)、1特別区 (Distrito Nacional) と136の自治体 (Municipio) よりなっている。各県の知事は前述のとおり大統領が任命するが、市長や市議会議員は4年任期で公選される。市は一定の範囲で地方立法及び行政権を行使し、中央政府は国庫

税収の20%を自治体に再交付しているが、自治体としての財的・人的機能は乏しい。

1981年に中央政府は行政管理及び地域開発計画のために全国に3 Regionと7 Sub-regionを設立した。

本調査対象地域の Monte Cristi, Dajabon県は Cibao Occidental Sub-regionに入っており、Elias Piña県は San Juan Sub-region、 Independencia県は Enriquillo Sub-regionの管轄となっている。

2.1.2 社会状況

1) 人口

ドミニカの人口は710万人(1990年推定)で人口増加率は2.99%であるが、近年 Santo Domingo市や Santiago市などの大都市に人口が集中し、農村部や僻地の過疎化が進み、西部国境地帯や東部は過疎地区になっている。

2) 所帯及び住宅状況

最新のデータは1981年に実施された国勢調査である。その結果は次のとおりである。

項目	首都地区	サンティアゴ	その他	全国
人口	27.6%	9.6%	62.8%	100%
所帯数	29.0%	9.1%	61.9%	100%
戸数	29.0%	9.2%	61.8%	100%

上記調査によると、一戸当りの人数は4.7~5.2人である。

給電・給水等、生活基盤の整備状況は表2.1の通りである。

3) ドミニカ共和国の健康衛生状況

ドミニカ共和国での死亡原因は周産期に起因する何らかの疾患、肺循環器系疾患、心臓病などの循環器系の疾患および感染性腸疾患など消化器系疾患が上位を占めている。死亡率は1,000人中4.3人/年でその30%が0~4才児でなかでも1才未満が23%を占めている。

この様な状況下で政府は死亡原因の第1位を占める周産期に起因する疾患と幼児の死亡率に注目し、母子保護、公衆衛生改善など関連プログラムを推進し、その撲滅に努力している。

ドミニカ共和国の医療制度は、保健省の一般行政のもとに下記の5つから構成されているが、保健省の行う無料医療制度がその中心をなしている。

(1) 保健省の管轄する国立病院が行う無料医療制度

- (2) 社会保険庁が行う社会保険病院における医療
- (3) 軍人、軍の職員とその家族に対する軍の病院が行う医療
- (4) 民間の医療保険による私立病院による医療
- (5) 全くの私費による私立病院による医療

保健省は1971年より、首都圏と29県よりなる地方行政単位をⅠ～Ⅶの8地域に分け、一般医療行政と、低所得者に対する無料医療サービスを5段階の各医療機関が行い、国民の福祉と健康の増進に努力している。

2.1.3 経済状況

1) 経済構造

ドミニカ共和国は農業国で農産物が総輸出の半分以上を占め、農業人口が労働人口の約半分を占めている。また、砂糖、コーヒー、カカオなどの農産物と、フェロニッケルを主体とする鉱物資源が総輸出額の9割を占める典型的な一次産品輸出国で、国際市況の不安定性はそのままドミニカ経済に影響を与えている。また、輸入依存度の高い経済構造であり、国際収支は経常収支の大幅赤字を外国投資と借入金で埋めるパターンである。経済的に米国の比重が大きく、1985年における対米貿易は全貿易量の輸出で67%、輸入で40%を占めている。

産業別国内総生産でみると、農業の比重は1970年22.6%、1975年21.5%、1980年20.2%、1985年18.6%と漸減の傾向にあるが、労働人口の約40%を吸収し、総輸出額の60~70%を農産物が占めている。また、農産物の中でも砂糖キビが全作付面積の40%、砂糖の輸出が全輸出額の20~17% (1982~1989) を占めており、モノカルチャー的経済構造である。他に伝統的な農産物として、コーヒー、カカオとタバコがある。

製造業は1986年には国内生産の17.1%を占めていた。なかでも飲料以外の食料品製造業が全体の40%を占めており、そのほとんどが砂糖生産である。砂糖関連飲料品およびタバコ等の農産物加工産業以外の製造業では、フェロニッケルとボーキサイトの金属製品と繊維産業が主たるものである。その他の産業は主として国内市場を対象とした軽工業・消費財産業である。

1979年のハリケーン襲来以後、比較的高い経済成長を示したドミニカ共和国の経済は1986年にGDPは2.8%の伸びにとどまった。これは砂糖の国際価格の急落、その他の輸出産品価格の低迷及び石油をはじめとする輸入品の高騰による交易条件の悪化、それに伴う国際収支の赤字、ならびに輸出税収入の落込みによる財政収入減などによるものである。

2.1.4 国家開発計画及びセクター目標

1) 計画の目標

ドミニカ政府は国家地域開発計画の目標として次の項目を上げている。

- a) 最重点地域の集中的な開発振興
- b) 問題地域での経済・社会的不均衡の解消
- c) 全国的な観光開発振興
- d) 社会生活基盤のリハビリテーション

この開発構想及び憲法に基づいて、ドミニカ政府は1987年に国境地域開発計画を策定し西部7県の総合開発計画を具体化した。国連の水と衛生の10ヶ年計画の方針に沿った飲料水セクターの具体的な目標として1990年には都市部人口の85%、農村部人口の80%に安全な飲料水を提供する目標を提案した。

この計画実現には1981年から1990年の10年間に投資目標を都市に450百万ドル及び農村に85百万ドルと設定した。特に1980年代には独自の予算で都市部の上水道整備をほぼ完了している。

2) 国際機関の協力

ドミニカ共和国政府では衛生セクターが多くの国際機関あるいは二国家間援助機関から技術的、経済的協力を得ている。

財務的な支援はIDB, USAID, GTZ等から受けている。特にIDBの援助によって実施されたPLANAR I, II, IIIプロジェクトは農村地域の大規模水道整備を強力に推進した。その他二国間協力機関(USAID, CIDA)や欧米のNGOから種々の協力を受けている。

国連機関のWHO/PAHOは水道事業行政機関の技術的支援を常時行っている。

2.1.5 ドミニカ共和国における生活用水サービスの現況

1) 用水サービス機関

ドミニカ共和国における生活用水の開発・供給は、次のような5つの政府機関が管轄している。

名	称
厚生、社会福祉省	特定農村地域における給水事業の実施
SESPAS	INAPA, CAASD, CORAASANに対する監督

国家水資源庁 INDRHI	水資源開発及び特定給水計画事業の実施
上下水道庁 INAPA	サント・ドミンゴ及びサンチアゴ市都市圏を除く地域の生活用水の開発・供給及び下水道の整備
サント・ドミンゴ上下水道公社 CAASD	サント・ドミンゴ都市圏の上下水道の開発・整備、用水サービス
サンチアゴ上下水道公社 CORASAN	サンチアゴ都市圏の上下水道の開発・整備、用水サービス

2) INAPA

サントドミンゴ及びサンチアゴの2大都市圏を除く、地域住民の生活用水開発・供給計画事業の実施及びその運営管理は、原則として上下水道庁（INAPA）によって管轄されている。

INAPAは、1962年設立された政府機関で、企画・建設・維持管理・資材・業務・財務等の部局から成り、各都市には料金徴収、施設の運営管理を主業務とする出先機関を配置している。

INAPAの管轄責任地区は、都市地区130、地方地区8,615地区であり、うち、1988年現在用水サービス地区は都市地区128地区、地方地区671地区である。なお、給水責任対象人口は、全国総人口6,715,643人の64%、4,282,532人である。

2.2 地域的背景

2.2.1 国境地域西部4県

調査対象地域は国境開発計画地域の内、Monte Cristi, Dajabon, Elias Piña 及び Independenciaの西部4県である。

この対象地域は全国土面積の13.4%を占め、全国人口の4.4%を占める。

主な社会経済指数は次表のとおりである。

	単 位	調査地域	全 国	%
面 積	km ²	6,527	48,442	13.4
全 人 口	inhab.	252,425	5,647,977	4.4
都 市 人 口	"	89,809	2,935,860	3.1
農 村 人 口	"	162,616	2,712,117	6.0
耕 地 面 積	ha	76,052	1,134,150	6.7
草 地	ha	48,728	1,252,390	3.9
G D P	1,000 RD\$		7,226,500	
農 業	id		1,331,600	
鉱 業	id		272,400	
工 業	id		1,124,400	
建 設	id		563,500	
そ の 他	id		3,934,600	
1人当りPBI	RD\$		541	

産業は、他県と同様ほとんど農業に依存している。Cibao盆地の西部を占めるMonte Cristi県、Dajabon県、及びSan Juan盆地の西部に当るElias Piña県の南部などの大河川沿い低地では稲作、サトウキビの栽培が盛んであるが、山地ではキャッサバ、トウモロコシ、豆類などの畑作と放牧による牧畜業が行われている。

工業は軽工業のみ4県に存在し、INAPAの統計によるとMonte Cristi県には10件、Dajabon9件、Elias Piña6件あるが Independencia県には工業がない。

2.2.2 人口

対象地域の人口は全国人口の4.4%を占め、人口密度は39人/km²で、全国平均の3割の密度しかない過疎地帯で、農村部はこの地区の64%以上を占めている。

1983年に企画庁（ONAPLAN）が調査した結果、この地域の人口流出は高く、主にサンティアゴ市や首都サントドミンゴ市に流出している。この現象は段階的にあられ、最初は地方小都市から、その地区の中都市をへて大都市に流出するパターンとなっている。

西部4県には21の都市があり合計で89,809人である（1981年統計）。400人以上の農村は98村落で、200～400人は154村落あり、200人以下の村落は417ヶ所である。

400人以上の100の村落に約50%の農村人口が集中しており、154ヶ所の200人から400人以内の村落に約25%の農村人口が住居している。

この地区の1世帯当りの人数は4.5人であり、全国平均より0.5人少ない。

2.2.3 用水サービスの概況

1) 一般概要

対象地域は、ドミニカ共和国の西部地域であり、標高-40mの低地から2000mを超える山岳高原まで地形的変化に富んでおり、水文地質、気象水文条件等は局地的に異なった特性を呈している。また、村落の分布、産業の種類、構成、アクセス条件等々社会経済的にも地域的にも大きな差異が見られる。

このような自然条件、社会経済的条件に規制されて地域住民に対する生活用水供給のレベルは、地域的に大きな較差を生じている。

対象地域4県の各県別用水サービスの概況は下記のとおりである。

(1) Monte Cristi県

- a) 北部丘陵地域は、主要村落に手動ポンプ井戸または風車ポンプ井戸が点在しているが、地下水の塩分含有量が大きく飲料水としては不適で、雑用水として使用されている。飲料水は、天水またはタンクローリー車による配水に依存している。
- b) Yaque del Norte川流域中央低地地域は Yaque del Norte川及びGuayubin, La Caya等々の支川の表流水を水源とし、浄水施設をもった上水道システムによる用水サービスを受けている。一部村落では手動ポンプ井戸に依存している。
- c) Yaque del Norte左岸流域東部地区はGuayubin, Inaja, Cana川表流水を水源とする上水道システムによって、下流地区では手動ポンプによる地下水あるいは最寄りのかんが

い用水路から必要な用水を得ているが、Dajabon県境沿い各村落地域の地下水は塩分含有量が大きく飲料水としては不適である。

なお、Pepillo Salcedo地区はSalcedo湖を水源とする上水道システムによる用水サービスを受けている。

(2) Dajabon県

- a) Dajabon市及びその周辺地区は、Dajabon川表流水を水源とする近代的都市型上水道システムによって用水のサービスを受けている。
- b) 県中央及び南部地帯の丘陵高原地域に点在する小都市、大村落は、Maguaca, Capotillo, Neita 等々の河川表流水を水源とした上水道システムによって、良質な用水のサービスを受けている。

このほか、約150の手動あるいは風車ポンプ井戸が点在している。しかしながら、風車ポンプ井戸は老朽化が顕著で生産機能を喪失しているものが多い。

(3) Elias Piña県

- a) Elias Piña地区はCanal Las Carrerasを水源とする上水道システムによって用水が供給されているほか、手動ポンプ井戸も点在している。
- b) 県北部西端のPedro Santana地区はArtibonito川表流水をポンプ揚水し、上水道による用水サービスが実施されている。また近接するSabana CruzやHiguerito地区では、地下水を水源とする上水道システムにより各戸給水されている。
- c) 南部Neiba山脈の高原に位置するHondo Valle地区は、湧水、Jagueyes川を水源とする重力配水による水道システムが用水を供給している。

なお、県内には約40基の手動ポンプ井戸が点在している。

(4) Independencia県

- a) Enriquillo湖北岸地域は、Neiba山脈南側山麓の扇状地に湧出する豊富な湧水を直接あるいは流出河川を水源とする8つの上水道システムによって戸別配水されている。
- b) Enriquillo湖南岸流域は、Baoruco山脈の山岳多雨地域を涵養域とする豊富な地下水あるいは湧水を水源とする6の上水道システムがあり、用水を供給している。しかしながら、南岸西部のCanal de Jimaniを水源とするJimani上水道システムは、近年濁度が高く浄水費用の増大が問題となっている。

2) 対象地域の給水普及状況

西部4県の給水サービス人口は、約43%と推定される。

この数字には風車やハンドポンプによるサービス人口を含んでいない。

2.2.4 用水開発の必要性

計画対象地域は豊富な水資源に恵まれているが、地理的あるいは地形的条件に妨げられ、地域住民特に約700と云われる農山村地域住民のための生活用水の開発、その他の社会生活基盤の整備の遅れが顕著である。

すでに述べたように、INAPAによる組織的、計画的な地域住民に対する用水サービスは、主としてアクセスの容易な主要幹線道路沿いに偏在していると云っても過言ではなく、内陸農山村では、乾季用水の確保が困難なことから、離村、都市部への人口流出による人口の激減、村落の激減傾向が目立っている。

このような現況から、地域住民特に農山村地域住民のための生活用水を開発し、年間を通じて安全な生活用水を安定供給することは、地域住民の生活安定、安住にとって極めて緊急な重要課題であり、地域住民にとって古くからの強い要求でもある。

更に、このことは、農山村住民の流出、農山村破壊を防止し、地域産業の活性化を促進するとともに、国家的重要課題となっている人口の都市集中化を防止する効果もあり、本地域における住民の生活用水の開発は、地域的にも国家的にもその必要性は極めて大きいと云える。

第 3 章

計画地域の現況

第3章 計画地域の現況

3.1 地形及び地質

3.1.1 計画対象地域の位置

計画対象地域は北緯18°15'～20°00'、西経71°00'～71°45'の範囲にあり、南北200km、東西20～77kmで、面積6,527km²である。

3.1.2 リモート・センシング

地形、地質調査にあたり、衛星画像、空中写真等のリモート・センシングデータを用い、地質、地形、植生被覆、土地利用状況、含水比等の情報を得た。使用したデータは次の通りである。

i) ランドサット画像

使用したランドサット画像は次の通りである。

図番号 008/46～008/47 LANDSAT TM 5 1987.10.6

ii) 空中写真

空中写真はドミニカ共和国地理院撮影の縮尺1:50,000、1983-1984撮影のパンクロマチック325枚を購入し使用した。

iii) 地形図

1/10万地形図は、1/5万地形図の31シートから編集し、地質図等の基図とした。

ランドサット・セマティック・マップ情報を用いてコンピュータ解析し、フォールス・カラー画像を作成し、空中写真と併せて地形・地質・植生等の各種要素を判読し、主題図作成の基礎資料とした。

3.1.3 地形

計画地域は、北西-南東方向に伸長する山脈・平地が北から南へ交互に配列する。即ち北から北部山脈、Rio Yaque del Norte平野、中央山脈、西部 SanJuan盆地、Neiba山脈、Lago Enriquillo低地帯、Baoruco山脈である。

北部山脈は太西洋に面し、標高200～400mの細長い丘陵～山地地帯を形成している。調査地

付近は年間を通じ降雨量が少なく、山野はサボテンの多い疎林からなり、多くは牧場として、また一部は耕地として主にタバコの栽培が行われている。

中央山脈は、この国最大の山脈で、国内の最高峰 Pico Duarte (標高3175m) をはじめ2000m以上の高峰23峰を擁している。調査地付近は北流する Rio Bernar (下流でDajabon川となる) と南流するRio Artibonito (両河川共にハイティ国との国境となっている) の分水嶺にあたり、比較的低位となっていることから、ここには山脈を横断する道路が敷設され、道路沿いに小さな町や部落が点在する。

Neiba, Baoruco両山脈は、共に2000mを越える尾根からなる。断層活動に由来する構造谷やカルスト地形の発達著しい。

Rio Yaque del Norte平野は北部山脈と中央山脈の間に位置する。この平野の中央部をRio Yaque del Norteが西流し、その流域に広い平坦地 (標高50m前後) を形成している。中央山脈の北斜面に降った雨水は、年間を通じて Rio Yaque del Norteへ供給されるため、この流域では、大規模栽培農業 (Plantation) などが行われ、同国屈指の穀倉地帯となっている。

西部 San Juan盆地は中央山脈と Neiba山脈の間に位置する。盆地中央部には、南北山脈の水を集めた Rio Macasiaが西流し、Rio Artibonito に注ぐ。この流域は広い平坦地からなり、その外側には丘陵性地形が発達する。平坦地は標高200~300mで主に耕地あるいは牧場として、また丘陵は標高300~400mで主に牧場に利用されている。

両山脈の間には湖面標高マイナス40mの Lago Enriquilloがある。この地域は、構造運動により形成された地溝帯で、両山脈のこの地溝帯低地へ面する側は急斜面からなり、両山脈から流下する多くの河川は、この地溝帯低地への出口に大規模な扇状地を形成している。

3.1.4 地 質

計画地域の地質図、地質断面図、並びに水理地質図、水理地質断面図は、既往資料を基礎としてランドサット画像解析、空中写真判読、現地調査結果を加え、縮尺1/10万で作成した。

計画地域の地質は、主として中生代白亜紀、第三紀、第四紀の地層からなり、中央山脈には時代未詳の火成岩類が分布する。これらの地層の分布は、一般に主要山脈の伸長方向である北北西-南南東の方向性を示している。

計画地域はハイチ国境に接する西部地域4県からなり、南北に伸びる帯状の地域であるため、地層の伸長方向を横断する形となり、南北方向に変化に富む地質となっている。

地質的に大きくは次の3地域にまとめられる。

- i) 北部地域 北部山脈及びその南部 (Rio Yaque del Norte流域) で、第三紀~第四紀層が主で一部時代未詳中生層からなる。
- ii) 中部地域 中央山脈で、火成岩並びに白亜紀層とされる変成岩類からなる。

iii) 南部地域 西部 San Juan盆地及び Baoruco 山脈までの地域で、主に第三紀～第四紀層からなる。

一般的地質層序を表 3.1 に示す。

1) 北部地域

i) 北部地域の地質は、主に第三紀始新世～現世までの堆積岩からなり、第三紀層の分布地域は Rio Yaque del Norte流域を挟んで北部地区と南部地区に分けられる。また、現世の堆積物は Rio Yaque del Norte及びその支流流域に分布する。

ii) 第三紀層は、海岸に面する北部山脈から Rio Yaque del Norte流域へ向い、中新統の下位から上位の地層が順次分布する。Rio Yaque del Norte流域南部では、南へ向い逆に上位から下位の地層が分布する。

最北端に分布する Omce層は、漸新統あるいは中新統に対比される地層で、石灰岩・頁岩・石灰質砂岩の互層であり、以下順に Mice, Mmca, Mscm層と上位の地層となる。

Mice層は山脈の南斜面から山麓部に分布し、下部中新統に対比される。岩相は石灰質砂岩・頁岩の互層からなる。

Mmca層は調査地の東～中部に分布し、中部中新統に対比される。岩層は石灰岩、泥岩、砂岩並びに礫岩からなり部分的に多数の二枚貝化石を挟在する。また、厚い泥岩層あるいは石灰岩層の他に泥岩・砂岩の互層等場所的にかなり堆積相の変化が認められる。この地層は、他の地層に比べ泥岩層、石灰岩層等緻密な部分が多い。

Mscm層は Rio Yaque del Norteを挟む両側の低い丘陵地に分布し、上部中新統に対比されるが、より新しい時代の可能性がある。岩相は砂岩、頁岩、礫岩からなり、礫岩は淘汰作用が悪く、種々の礫径の礫と細粒の基質からなる。一般に地層の走向は不定で、傾斜角は小さくほぼ水平に近い細かいうねりをくり返している。

以上のように第三紀層は、礫岩、砂岩、泥岩などの浅海性堆積物を主とする。

各地層の一般走向は、山脈の伸長方向と同じ走向を示す場合が多く、一般傾斜は O' Mcc層は北東傾斜、Miceは分布地の北側で南傾斜、南側で北傾斜を示し、中央部に向斜の存在する可能性が高い。

iii) 第四紀層は、Rio Yaque del Norte流域沖積層の他に北部山脈の山間盆地をうめる崖錐性堆積物として分布する。崖錐性堆積物は、石灰岩礫と石灰岩の風化物である石灰質シルト・粘土等の細粒分からなり、細粒分は地表水と共に地下へ浸透し、間隙を密にうめている。

2) 中部地域

i) 中部地域は中央山脈の山地を主とし、北側斜面に丘陵性地形が発達する。

ii) 地質は花崗岩質岩や塩基性岩の貫入岩類と、これに接して分布する複合変成岩類、石灰

岩等からなり、時代は中生代後期から第三紀前期におよぶ。

花崗岩質岩は堅硬緻密な岩石で、部分的に片麻岩状を呈し、地表部は厚い風化帯に被われる。塩基性岩は暗青灰色塊状の堅硬緻密な岩石で、丘陵部に屹立して分布する。

白亜紀層は石英安山岩等の火山岩類及び同質の凝灰岩と粘板岩、千板岩、砂岩、石灰岩等の堆積岩及び低変成度の堆積岩からなり、一般に著しい褶曲構造や断層がみられる。

3) 南部地域

i) 南部地域は、地形的には西部San Juan盆地、Neiba山脈、Enriquillo低地帯及びBaoruco山脈に分けられる。

ii) 南部地域の地質は、主として第三紀始新世～現世までの堆積岩からなり、Enriquillo低地帯を除けば、第三紀層の分布が優勢であり、始新統に対比される Ec層、漸新統の Oc層、中新統の Mscy, Mc, Mg層等が分布する。

また、中新統～鮮新統の Mpg, Mpc層、鮮新統の Pcmg層が下部第三紀層を被って分布する。

第四紀層は、Enriquillo低地帯を被って、広く分布する。

iii) Ec層は石灰岩からなり、Neiba山脈、Baoruco山脈に広く分布して 2000mを超える山地を形成している。Oc層、Oce層は石灰岩、石灰質砂岩、頁岩からなり、Neiba, Baoruco山脈の山地を形成している。

iv) Mscy層は頁岩・砂岩の互層からなり、Baoruco山脈の東北部の丘陵地に分布する。岩塩、石膏の厚い層を挟在するのが特長である。

v) Mg層は Ec層の石灰岩を被って San Juan盆地丘陵部に広く分布する。礫岩、砂岩、頁岩等からなり、礫岩が優勢である。礫は大部分石灰岩からなり、砂岩と共に固結度は不良である。

Mc層は Neiba山脈の南側山麓に分布する礫岩、砂岩層である。調査地ではその分布は狭い。

vi) Mpg, Mpc層は Lago Enriquillo 南岸に分布する。半固結礫岩と石灰質砂岩からなる。

vii) Pcmg層は西部 San Juan 盆地の平地部に分布する。石灰岩、砂岩、頁岩、礫からなる。

また Pc層は Lago Enriquillo 低地帯の西端に分布する湖成堆積物からなる。

viii) 第四紀層は Lago Enriquilloの低地帯を広く被う湖成堆積物及び山麓部に形成された扇状地、山間盆地をうめる崖錐堆積物等の砂礫からなる。特に Neiba山脈、Baoruco山脈の Lago Enriquillo の低地帯側には扇状地の発達が著しく、湧泉が多い。

3.2 水文気象

3.2.1 気 象

計画地域の気象は、海拔2000mを超える山々を連ねて東西に走行する Sierra de Baoruco, Sierra de Neiba, Cordillera Central、300~400mの丘陵が連なる Cordillera Septentrional によって計画地区が分断されること、海拔0m~10m以下の低地から2000mを超える山岳高地まで起伏に富んだ地勢であることによって、地域的特性が顕著である。

計画地域は亜熱帯圏に位置するが、大陸から遠く離れた島国で海洋性気象の影響が強く、気候は比較的温和である。

計画地域は平均年降雨量によって3帯にわかれ、北部・南部の平地では500~700mmの乾燥あるいは半乾燥地帯で、山地部は2000mm以上の湿潤多雨地帯となり、中間の山地~丘陵部では1000~1500mmの半湿潤地帯となり、年降雨量はそれぞれ大きく異なっているが、何れの地帯も、乾季、雨季の区別は必ずしも明確ではない。

しかしながら、一般に7月を除く5月から11月までの夏から秋が雨季、12月から4月及び7月が乾季と区分している。但し、大西洋気象帯に属する北部地域は11月から3月の冬季降雨量が他地区に比べて多い。

計画地域内外には30ヶ所を超える気象観測所が設置されているけれども、総合的気象観測所は数ヶ所に過ぎず、殆どの観測所は雨量観測所である。

なお、観測所は都市に偏在し、山村地域の気象をカバーすることは不可能であるといえる。

収集資料によれば、各気象の概要は次のとおりである。

1) 降 水

計画地域の降水量は、地域、年によって異なっている。観測期間は50年から数年まで長短がある。収集資料による平均年降雨量は、南部の乾燥地帯で500~700mm、北部の半乾燥地帯で600~750mm、Sierra de Baoruco, Neiba 及び Cordillera Central の山岳地帯は1500~2000mm、上記山脈の裾野、丘陵台地地域は、地理的条件によって800mmから1500mmと大きく異なっている。

降雨日数はRio Yaque del Norteの河口地域で年50日前後、乾燥・半乾燥地帯は70日~100日、多雨地帯で150日前後である。一般に、1日当り降雨時間は1.2時間と極めて短く、降雨強度が極めて大きい。既往最大の時間雨量は89mmで、一般に35~50mm/hrの出現率が高い。既往最大の24時間雨量は445mm/day (於 Duverge) である。

年降雨量の60～70%は、4、5、6及び9、10、11月の6ヶ月間にもたらせられる。但し、北部地域では12、1、2、3月の総降雨量が年降雨量の約35%で、他の域の15～20%に比較して多い。

2) 気 温

内陸山岳部で冬季気温は10℃以下となるが、これらの地域を除く各地域の月平均温度は22～30℃の間で変動し、気温変動の巾は比較的小さい。

3) 湿度、蒸発散量

湿度は比較的高く、年平均相対湿度は、低地半乾燥地帯で74%前後、山間部で84%前後である。一般に雨季が高く、乾季は低い。

蒸発計による年間蒸発量は、多雨地帯は比較的少なく、乾燥地帯では多く、平均年降雨量の250～300%、2000mmである。

蒸発散量は、雨季の半ば降雨量が極端に減少する7月、植生が豊かであるうえ、気温も高く、地面蒸発も栽培されている作物からの蒸発散量も大きく、最高で2000mmを超える地域もある。

4) 風向、風力

計画地域は、南部及び北部の低地帯は年平均風力 10km/hrであるが、内陸部はその50%、5～6 km/hrと風力は小さい。

風向は、北部及び内陸地帯は北東、南部地域は東あるいは東南東の発生頻度が大きい。

5) 日照、日射量

一日の日照時間は12時間で、年平均日照時間は8時間である。日照時間は7月が最長で、12月が最短である。

月日射量は、3月から8月、450cal/km²/day以上である。7月が最大で、約500cal/km²/day、12月が最小で320cal/km²/dayで、年平均420～430cal/km²/dayである。

3.2.2 水 文

1) 河川及び水文域

計画地域の河川は、北部の平地～丘陵地域では東西あるいは南北に流れ大西洋に流入する Rio Yague del Norte 及び Rio Cana, Guayubin, Maguaca, 等の大小多くの各支川と、Rio Chacuey, Dajabon, Guyaboなどが主なものである。

中～南部の山地では Rio Tocino, Joca, Macasia, その他の各支川を合流し、北から南に貫流し、Haiti国を経て Caribe海に流入する国境河川 Rio Artibonito が大きくその他 Lago Enriquilloに流入する各小河川に分けられる。

計画地域は上記各河川の分水界に基づいて6つの水文域に分割される。各水文域の概要は下記のとおりである。

水文域名称	集排水面積 (km ²)			主要河川
	総面積	Haiti 領土域	Dominica 領土域	
Dajabon	380	150	230	Dajabon, Masacre
Guarabo/Lago.Saladilla	172	—	172	Guarabo
Chacuey	397	—	397	Chacuey
Yague del Norte	7,044	—	2,366	Yaque del Norte Mao, Cana, Maguaca Guayubin
Artibonito	9,000	6,386	2,614	Artibonito, Joca, Tocino Macasia, Teyamaco
Enriquillo	3,193	—	3,193	Majagual, Barrero Descubierta

2) 河川流量

計画地域主要河川の流量について、比較的長期の有効資料を INDRHI から収集した。収集資料の河川名、観測位置、観測期間は表 3.2 に示すとおりである。

各河川の流量は、それぞれの流域における降雨量、降雨分布の変動に相関し、年、月、地域によって大きく異なっている。

一般に主要河川の流出型は強雨短時間型で、ピーク流量に達した後は急速に減衰し、時間流量は大きく変動している。豊水期は雨季である 5, 6月及び 9, 10, 11月で、この期間の

累加流量は年総流量の60～70%に達する。高水量は5月または11月に出現する。低水期は1月から3月で、渇水期は2月または3月である。(河状係数、比流量、流出率、流量等 Appendix参照)。Rio Yaque del Norte, Rio Artibonito 本流を除く各支川は、渇水量が日流量(O)となるものが多い。

3) 河川流水の水質

計画地区各河川流水は、何れの水系においてもpHは8前後であるが、塩分含有容量、伝導度、濁度等々はそれぞれ異なった値を示している。

水質分析の結果によれば、概して Mg, HCO₃、及び Ca の含有度が大きかった。しかしながら、何れも飲用水としての最大許容値 (Mg, HCO₃, 150mg/ℓ、Ca 200mg/ℓ) 以下である。

4) 湧 水

計画地域の山岳地帯は、地形変化に富み基盤岩の露出した開谷も多いうえ、年降雨量2000mmを越す多雨地帯である。従って、この地帯には豊富な湧出量をもった多くの湧泉が点在している。

特に Sierra de Neibaの南側、Lago Enriquillo 流域北岸の扇状地には大量の地下水を湧出する泉が点在し、それを水源とする上水道、あるいはかんがい用水システムが開発されて広く利用されている。

3.3 水理地質

水理地質調査では、物理探査、テストボーリングおよびそれらの結果の解析を行った。

物理探査は、地質構造、帯水層の状態、特に岩相、深度、層厚などを予測し、ボーリングの掘削深度を決定する目的で実施した。テストボーリングは物理探査の解析方法と解析結果の妥当性を確認し、帯水層の水理地質的条件を確認する目的で実施した。

3.3.1 物理探査

物理探査は地下の比抵抗構造を把握する目的で、電気比抵抗法および電磁探査を行った。

電気比抵抗法については、以下垂直電気探査と記す。

垂直電気探査は、シュランベルジャー法で調査地域の大部分の地域（487測点）で実施し、電磁探査EM法で表層堆積物で薄く被覆された地区（996測点）で実施した。

調査地域と測点は衛星画像解析、空中写真解析、地表地質調査、水理地質調査の結果に基づき、特に地質構造と表層堆積物の状況に留意し、さらに、村落の分布、住民の水の需要などを勘案して決定した。

3.3.2 物理探査結果

物理探査の結果、計画対象地域の地層は全体的に比抵抗値が低く、大部分の第三紀層が1桁の比抵抗値を示す。この中で、10~40 $\Omega\cdot m$ の比抵抗値を呈する部分が砂、礫、砂岩などの岩相、すなわち帯水層を指示することが明らかになったほか、地表地質調査の結果、無限大の比抵抗値を呈する基盤岩の上面部分は比較的規模の大きい風化帯を伴うことも明らかになった。

この結果、地下の比抵抗値が10~40 $\Omega\cdot m$ の地区および無限大の地区の中から、テストボーリング候補地点を選定した。

全物理探査地点の中からテストボーリング候補地点として24地点を選定し、他に3地点を水理地質構造の解明のため加え、合計27地点をテストボーリング掘削地点とした。

3.3.3 テストボーリング

テストボーリングは掘削作業と揚水試験作業からなる。

1) 掘削作業

① 掘削地点

選定された27地点のうち、14地点をJICAからドミニカ共和国側に供与したロータリー方式およびエアハンマー方式の両機構を有するトラックマウントリグ（以後、JICA機と記す）で掘削し、残りの13地点の掘削をドミニカ共和国のボーリング会社に委託した。これらのボーリング地点を図3.1に、その他関係データを表3.3に示した。

② 掘削方法

JICA機ではウイングビット、トリコンビット、エアハンマービットを使用した。すなわち、掘削地点の口元に $\phi 14$ " ケーシングを挿入するために $\phi 16$ " ウイングビットを使用し、その下位は原則として $\phi 10 \cdot 5/8$ " トリコンビットで掘削した。孔壁が崩壊性である場合には、 $\phi 14$ " ケーシングより下位では $\phi 10$ " ワークケーシングを挿入するために $\phi 12 \cdot 1/4$ " トリコンビットを使用した。 $\phi 10$ " ワークケーシングより下位は $\phi 9 \cdot 5/8$ " トリコンビットあるいは $\phi 8 \cdot 1/2$ " エアハンマービット、現地で試作した $\phi 9$ " ウイングビットなどを使用した。

③ 電気検層および井戸の仕上げ作業

掘削作業終了後、スクリーンの挿入位置を決定するために電気検層を行い、引き続いてスクリーン、ケーシングを挿入し、さらにスクリーン、ケーシングとボーリング孔の孔壁の間に砂利充填を行った。井戸の仕上げ孔径は6" (150mm)である。

2) 揚水試験

揚水試験は野外作業と、比湧出率、透水量係数などの算出作業からなる。

① 野外作業

揚水試験の野外作業は、ボーリング孔の洗浄、段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験からなる。

② 比湧出率、透水量係数などの算出

地下水が得られたすべてのテストボーリング孔について揚水試験を実施した後、その結果から井戸の性能を検討するために3種類の方法（タイスの非平衡式、ヤコブ簡略法、回復試験法）で透水量係数を算出した。井戸からの揚水量を決定するための目安となる比湧出率を、連続揚水試験時の揚水量と最大水位降下量から求めた。表3.3参照。

3.3.4 水文区区分および地下水の水質

1) 計画対象地域の水文区区分

① 岩相による区分

計画対象地域の地質は、白亜紀から第四紀までの地層で構成される。これらの地層を、地質時代に注意しながら岩相区分を行い、次のようにまとめた。

- (L1) 泥岩、砂岩、石灰岩を伴うマールおよび小規模な砂礫の互層
- (L2) 砂礫が挟在する細粒砂、シルト、粘土
- (L3) シルト岩
- (L4) 石灰質砂岩およびマール
- (L5) 砂岩、シルト岩あるいはシルト質砂岩の互層
- (L6) 砂質シルト岩、シルト岩
- (L7) 風化花崗岩、トーナライト、花崗閃緑岩
- (L8) 粘板岩、安山岩、凝灰岩および凝灰角礫岩
- (L9) 石灰岩
- (L10) 石灰質礫岩、石灰質砂礫
- (L11) 泥岩
- (L12) 石灰質泥岩
- (L13) 砂礫
- (L14) 礫岩あるいは礫および砂岩の互層
- (L15) 石灰岩の互層

② テストボーリングと揚水試験の結果による区分

テストボーリングと揚水試験の結果に基づいて、計画対象地域の帯水層を13のタイプに区分した。この中にはデータが得られていない一部の地区および潮間帯沼沢地あるいはマングローブ帯も含まれている。

(単位: l/min/m)

- (D1) 深度60~120mに存在する、スーパーハイ帯水層 (Q=300, 局所的にQ>=500)
- (D2) 深度30~60mに存在する、ハイないしスーパーハイ帯水層
(200>Q>=100, 局所的にQ>=3000)
- (D3) 深度60~90mに存在する、ハイ帯水層 (Q>=100, 局所的にQ>=500)
- (D4) 深度60m以浅に存在する、インターミューディイットないしハイ帯水層
(Q=100, 局所的にQ>=500)
- (D5) 深度60~90mに存在する、インターミューディイット帯水層 (Q=100)
- (D6) 深度30~60mに存在する、ローないしインターミューディイット帯水層
(60>Q>=100)

- (D7) 深度30~60mに存在する、ロー帯水層 (20>Q>=5, 局所的にQ>=300~500)
- (D8) 深度60mに存在する基盤までに優秀な帯水層を欠く (5>Q)
- (D9) 深度90mに存在する基盤までに優秀な帯水層を欠く (5>Q)
- (D10) 深度120m以内に優秀な帯水層を欠く (5>Q)
- (D11) 深度150m以内に優秀な帯水層を欠く (5>Q)
- (D12) データを欠く
- (D13) 潮間帯沼沢地あるいはマングローブ帯

③ 水文区区分

前述の2種類の区分の組み合わせにより、計画対象地域をⅠ~Ⅷの8水文区に区分し、必要に応じてサブ水文区を設けた。これを図3.2に示す。

a) 水文区Ⅰ: Cordillera Septentrional

地質は第三紀の漸新統あるいは中新統である。地勢は、北部で急峻な山岳地形を呈し、南部で丘陵地形を呈している。山岳地形の地区には大小の山間平坦面が点在する。住宅地はこの山間平坦面にのみ見られるのに対して、丘陵地形の地区は放牧場として利用されている。

大部分の河川や沢は降雨の直後以外には流水を欠くため、生活用水と農業のための多数のため池が、雨期の流水によって削剥された凹地に建設されている。

- a: 標高 : 0~200~500m
- b: 年間平均降雨量 : 650~700mm、極端に雨期に限られている
- c: 表流水の資源としてのポテンシャル : 非常に低く、非常に季節的
- d: 地下水の資源としてのポテンシャル : 非常に低く、非常に塩分に富む
- e: 水文区区分との関係 : L1/D11

b) 水文区Ⅱ: Llano Rio Yaque del Norte

この水文区の地勢は Rio Yaque del Norteにより運搬、堆積された沖積平野で代表される。広大な沖積平野は水田あるいは農場として開発されている。地下水の主涵養地は Rio Yaque del Norte の上流域で調査地外にある。沖積平野には、調査地域の南部に位置する Cordillera Central から北流する大きな支流が分布している。

- a: 標高 : 50m以下
- b: 年間平均降雨量 : 700mm
- c: 表流水の資源としてのポテンシャル : 非常に高い、Rio Yaque del Norte
- d: 地下水の資源としてのポテンシャル : 非常に高いが、局所的に浮遊物質を含む
- e: 水文区区分との関係 : L2/D4

c) 水文区 III : Rio Yaque del Norte 南岸域

地質は、第三紀の砂岩ないし泥岩、石灰質泥岩、石灰質泥岩あるいは石灰岩、泥岩あるいは礫岩からなる。水文区IIの南側に位置する本水文区には、平坦地形および丘陵地形が広がり、大小の農場として開発されている。主要河川は本水文区の南に位置するCordillera Centralから北方へ流れるが、途中で流水が農業用ダムに貯水されるために、下流では僅かの表流水しかなかったり、まったく流水が見られないことがある。

岩相的に、この水文区は後述の地下水開発のポテンシャルが高い4サブ水文区に細分され、ともに将来の地下水開発のための有力候補地域となる。なかでも、III3サブ水文区が最もポテンシャルが高い。しかし、局所的に高い SO_4^{2-} を含有していることがある。

- a : 標 高 : 50~300m
- b : 年間平均降雨量 : 700~1000mm
- c : 表流水の資源としてのポテンシャル : 低く、非常に季節的
Rio Chacuey, Rio Maguaca, Rio Guayubin
- d : 地下水の資源としてのポテンシャル : 非常に高い、局所的に高い SO_4^{2-} を含有する。
- e : 水文区区分との関係 : III 1 → L 3 / D 5
: III 2 → L 4 / D 3
: III 3 → L 5 / D 1
: III 4 → L 6 / D 7

d) 水文区 IV : Cordillera Central

地質は白亜紀の堆積岩および海底火山噴出物、およびこれらの地層にやや遅れて進入した花崗岩質岩(トーナライト)からなる。従って、白亜紀層は変成作用を受けホルンフェルス、粘板岩、千枚岩などに変成している。

この水文区は3サブ水文区に細分される。

IV1サブ水文区の地質は花崗岩質岩からなり、風化作用を強く受けて、緩やかに起伏する不規則な形状の小丘が連なった地形を呈している。

IV1サブ水文区は Rio Yaque del Norteの支流の上流に当たり、典型的な樹枝状水系が発達し、周辺には多くの住宅が分布する。このサブ水文区には、南部の急峻な地形の部分を除いて、耕作地および牧場が点在している。

IV2サブ水文区は花崗岩質岩体の北と南に対称的に分布し、地質は両分布地区共に白亜紀の堆積岩あるいは火山岩であるが、北側の白亜紀層の分布地区は標高100~300mに位置するのに対して、南側の分布地区は標高500~1000mに位置する。

IV2サブ水文区では、緩傾斜の地区および局所的に耕作あるいは農場化された山間平野の地区には住宅が分布する。

南側のIV2サブ水文区は高山地帯に属し、住宅は小規模な山間平地にのみ分布する。

水系は深く下刻された谷を形成し、谷は多量の表流水があり、住民の用水にはこの表流水が利用されている。

IV 3 サブ水文区はIV 2 サブ水文区の南側に隣接して分布し、地質は塊状の石灰岩からなる。

IV 3 サブ水文区には、西部の丘陵部にのみ住宅が分布する。

- a : 標 高 : IV 1 → 300~500m
: IV 2 → 北 : 100~700m
南 : 500~1000m
: IV 3 → 200~1700m
- b : 年間平均降雨量 : 1000~2000mm
- c : 表流水の資源としてのポテンシャル : IV 1 → 中程度ないし高い
: IV 2 → 北 : 非常に低い、ないし中程度
南 : 急傾斜あるいは深い谷のため
に低い
: IV 3 → 高い
- d : 地下水の資源としてのポテンシャル : IV 1 → 中程度
: IV 2 → 北 : 低い
南 : 中程度
: IV 3 → 低い
- e : 水文区区分との関係 : IV 1 → L 7 / D 6
: IV 2 → 北 : L 8 / D 9
南 : L 8 / D 8
: IV 3 → L 9 / D -12

e) 水文区 V : Valle de San Juan

この水文区は標高300~400mに位置し、緩く起伏した丘陵ないし台地状の地形を呈する。この水文区はNNW側に沈むNNW-SSE方向の背斜軸を有し、このため、分布する地層の上部が露出するV 1 サブ水文区と、同下部が露出するV 2 サブ水文区に区分される。

V 1 サブ水文区の地質は上位に厚い未固結の石灰岩質礫層を伴う泥岩からなり、V 2 サブ水文区の地質は上位の石灰岩質礫層を欠く。

盆地の中央を西流する Rio Macasiaは、北方の Cordillera Centralと南方の Sierra de Neibaに源を有する規模の大きい多数の支流を伴い、両山脈の比較的多量の降雨のために、豊富な水量を有している。

大部分の住民は生活用水をV 1 サブ水文区に分布する石灰岩質礫層あるいは泥岩の表層の風化部から得ているものの、量的に小規模で、水質的にやや高塩濃度である。

a : 標 高	: V 1 → 300~500m V 2 → 300~500m
b : 年間平均降雨量	: 1500~1750mm
c : 表流水の資源としてのポテンシャル	: V 1 → 中程度ないし高い V 2 → 非常に低いないし中程度
d : 地下水の資源としてのポテンシャル	: V 1 → 中程度 V 2 → 低い
e : 水文区区分との関係	: V 1 → L10 / D 7 V 2 → L11 / D10

f) 水文区 VI : Sierra de Neiba

この水文区は V 2 サブ水文区と Lago Enriquillo の間を占める。東西方向の稜線を有する山岳地帯であるが、比較的なだらかな頂部をもつ台地状地形を示す。山脈の北側は比較的緩傾斜面を有し、南側は急傾斜を呈しており、比高 2000m に及ぶ。

山岳部の中央には稜線の方向と同じ東西方向の水系と山間低地帯が形成され、居住地となっている。台地頂部には、下流が消滅する小規模な間歇河川や、ドリーネが多数発達している。

地質は第三紀の石灰岩である。N70~80° W 方向の褶曲軸や、これと同系統および N-W 方向の大小の推定断層やリニアメントが多数発達し、このため Sierra de Neiba 山体は局所的にはブロック化されている。

降雨はこの国で最高量に相当する 750~2000mm に達し、豊富な表流水は上記稜線の北側の住民の生活用水として利用されている。南側では、表流水はカルスト地形のために地下に吸い込まれ、河川に流水は見られない。しかし、山麓に発達する多数の扇状地の扇端部では、各所に湧泉が見られる。

a : 標 高	: VI → 40~1700m
b : 年間平均降雨量	: 750~2000mm
c : 表流水の資源としてのポテンシャル	: 北 → 高い 南 → 扇端部で高い
d : 地下水の資源としてのポテンシャル	: 北部 中程度 南部 使用しない
e : 水文区区分との関係	: VI → L12 / D 7

g) 水文区 VII : Lago Enriquillo

この水文区は、北を Sierra de Neiba、南を Sierra de Baoruco に挟まれた、Lago Enriquillo を中心とする地溝状の地区である。同湖の北岸に相当する地区は Sierra de Neiba 山麓の合流扇状地であり、標高 -40~100m 程度 (VII 1 サブ水文区) である。

同湖の南岸に相当する地区は発達した NE-SW の方向性を有する断層線谷の部分であり、標高は一般に -20~20m 程度であるが、一部に強い削剥を免れて標高 100~400m に達する部分が点在している (VII 2 サブ水文区)。

地質は、石灰岩、石灰岩質礫、マールである。

Lago Enriquillo の北岸では、表流水は Sierra de Neiba 山麓の扇端部で湧出する規模の大きい湧泉を源とするもののみである。同湖の南岸では、背後に降雨量の多い Sierra de Baoruco を有するものの、降雨は山体の途中で地下に浸透し、表流水は恒常の河川としては見られない。

地下水は石灰岩体の下部で大量に得られる場合があるが、その位置の決定は容易ではない。さらに、一部の地区で湧泉が見られるが SO_4^{2-} の含有量が高いものがある。砕屑岩類に含まれる地下水は、地形的下位では塩濃度が高くなる傾向が見られる。特に、東部の La Salina には大規模な岩塩層を採掘する鉱山があり、この地区で掘削を行う場合、ボーリング地点はその地区のより南側に設定する必要がある。

a : 標高	: VII 1 → -40~100m VII 2 → -40~400m
b : 年間平均降雨量	: 500~750mm
c : 表流水の資源としてのポテンシャル	: VII 1 → 扇端部で高い VII 2 → 低い
d : 地下水の資源としてのポテンシャル	: VII 1 → 扇状地で高い VII 2 → 中程度
e : 水文区区分との関係	: VII 1 → L13 / D12 VII 2 → L14 / D2

h) 水文区 VIII : Sierra de Baoruco

この水文区は、VII 2 サブ水文区の南側に隣接し、Sierra de Baoruco の稜線を南限とする地域である。標高 100~2100m に位置し、 $\text{N}70^\circ \sim 80^\circ \text{W}$ 系の断層が発達してブロック化し、カルスト地形が発達するなど、地質、地形ともに VI 水文区に類似している。

本水文区は降雨量が多いものの、降雨は山体の途中で地下に浸透し、表流水は恒常の河川としては見られない。

地下水は石灰岩体の下部で大量に得られる可能性があるが、掘削の位置の決定は容易ではない。

- a : 標 高 : 100~2100m
 b : 年間平均降雨量 : 750~2000mm
 c : 表流水の資源としてのポテンシャル : 低い
 d : 地下水の資源としてのポテンシャル : 扇状地で高い
 e : 水文区分との関係 : L15/D12

以上の結果をまとめて表3.4(1~3)に示した。

(D1)~(D13)の区分は、原則として、数字が小さいほど優秀な帯水層であり、(D1)~(D7)に相当する帯水層からは水中ポンプによる揚水が可能で、(D8)~(D9)からは手押しポンプを使用する程度の揚水が可能である。これに対して(D10)~(D11)に相当する帯水層からの地下水開発は期待薄である。(D12)についてはデータが無く、(D13)からは海水の侵入あるいは海水そのものの揚水が予想される。

この図は揚水可能量の観点から、図中のより上位が優秀な帯水層、より左側が浅所に存在する帯水層であることを表す。

2) 地下水の水質

連続揚水試験の終了直前に、地下水を採取し、INAPAの分析室で水質分析を行った。

これらのうち、INAPAの水質基準値を上回る成分を有する試料を次表に示す。

これらの中で、No.3, 4の試料の値は、比較的低い値を示している。

INAPAの水質基準値を上回る試料とその成分

ボーリングNo.	水文区	total solid	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	total hardness
		基準値	1500	—	500	600	400	600
No. 1	I	3032	1331	—	—	850	1500	—
No. 2	I	6731	3213	—	—	4750	2500	771
No. 3	I	1859	—	—	—	883	—	510
No. 4	I	—	—	—	—	500	—	—
No.13	IV 2	—	1610	—	—	1400	—	—
No.25	VII 2	—	49151	3209	3668	18500	67250	6877

水質基準値を上回る試料は、キーマイアグラムのCa²⁺+Mg²⁺線に極近い位置にプロットされる。

全試料の分布は、同国の地下水は降雨量の多い山地を除いて、一般に海水寄りの成分を有することを示している。

これらを水文区毎に区分すると、水文区別に分布する領域をまとめることができ(図3.3)に示す如く、地下水開発対象地区の選定の目安とすることができるが、水文区VIIの試料は1カ所に集中せず、水文区III, IV, VIから水質的に良好な地下水が得られる確率が高いことを示している。

3.3.5 各水文区のポテンシャル

1) 地下水ポテンシャル

計画対象地域を8水文区に区分し、さらに同水文区の一部を細分してそれらの状況を表3.4に地下水開発可能推定量とともに示した。

地下水開発可能推定量とは、それぞれの水文区あるいはサブ水文区で実施されたテストボーリングの揚水試験結果から推定される1孔からの揚水可能な期待水量のことである。この水量は揚水試験で得られた比湧出量を参考に、一定の水量を24時間程度継続して揚水する時の水位降下を、15~20m程度まで許容するとして算出した。表中の掘削深度は、テストボーリングで確認された帯水層の深度と、主に揚水試験時の電気伝導度の変化の関係を考慮して設定し、さらにスクリーンを通して井戸内に侵入する細砂などの捨て孔用として20mを加えて決定されている。

2) 各水文区の地下水ポテンシャル

① 地下水ポテンシャル

水文区毎の地下水開発ポテンシャルを検討するために表3.5を作成した。この表の“Quality”は前出の図3.3に示されている成分について次のように区分されている。

- a : 主に水文区IVが占める領域である。水質的に良好な地下水が得られる。
- b : 主に水文区IIIが占める領域である。水質的に良好な地下水から、INAPAの水質基準値の上限付近の成分を有する地下水まで幅広い水質の領域を占める。水文区IおよびIVの地下水もこの領域に含まれる。
- c : 主に水文区VIが占める領域である。水質的に Na^+ 、 Cl^- に富むが、INAPAの水質基準値の上限を超えていない領域である。

a) 水文区 I : Cordillera Septentrional

深度150m以内に優秀な帯水層は無い。地下の地質は第三紀の泥岩、砂岩、泥灰岩の互層からなる。静水位は10~20m、10ℓ/min程度の湧水しか期待されず、このときの水位降下50~80m程度と推定される。 Cl^- 濃度が非常に高く、1500ppm以上に達し、 SO_4^{2-} 濃度も850~5000ppm程度の高い値を示す。地下水開発のポテンシャルは非常に低い。

b) 水文区 II : Llano de Yaque del Norte

帯水層は深度60m以浅にあり、第四紀の細粒砂、粘土およびこれらの中に挟在する砂および礫で構成される。地下水は不圧地下水であり、水質はINAPAの水質基準値の上限程度であるが、局所的に多量の浮遊物質を含むことがある。静水位は5m程度、100ℓ/minが期待でき、局所的に500ℓ/minの揚水で、水位降下10m程度の優秀な帯水層

も存在する。

c) 水文区 III 1 : Yaque del Norte 南岸域

帯水層は深度60~90m程度に存在する第三紀のシルト層と細粒砂の互層であり、地下水は弱被圧地下水である。一般的な静水位は不明であるが、本調査のテストボーリングでは数m程度の被圧地下水を確認している。水質的、水量的ともに水文区 I に類似し、水位降下も同程度である。

d) 水文区 III 2 : Yaque del Norte 南岸域

帯水層は深度60~90m程度に存在する第三紀の石灰岩砂岩および泥灰岩で構成される。地下水は被圧地下水であり、水質は水文区 I の地下水に類似するが、地質構造に規制されて局所的に非常に多量の湧泉が得られるものの、非常に高い値の SO_4^{2-} を含有することがある。一般的な井戸の静水位は20m程度、揚水可能量は100 ℓ/min以上と推定され、上記のような特殊な地質構造の部分では、1000 ℓ/min程度揚水時の水位降下が5m程度である。

e) 水文区 III 3 : Yaque del Norte 南岸域

帯水層は深度60~120m程度に存在する第三紀のアルコース質および石質の砂岩、シルト岩の互層で構成される。地下水は被圧地下水であり、水質は水文区 I の地下水に類似するが、Chacuey や Canderon 周辺のように水質のタイプが a に属するような良質の地下水が大量に得られる可能性があり、調査地域で最もポテンシャルの高い水文区である。静水位は15m程度であるが、Palo Blanco のように50mに達する地区も存在する。水量的には一般的に300 ℓ/minの揚水が可能と推定され、局所的に500 ℓ/minの揚水が可能である。

f) 水文区 III 4 : Yaque del Norte 南岸域

帯水層は深度30~60m程度に存在する第三紀の石灰質砂岩で構成され、被圧地下水である。水質は水文区 I の地下水に類似するが、これよりやや Cl^- に富む。静水位は数~10数m程度、揚水可能量は5~20 ℓ/min程度である。

g) 水文区 IV 1 : Cordillera Central

帯水層は深度30~60m程度に存在する風化した白亜紀の花崗岩質岩 (トーナライト) である。地下水は不圧地下水であり、水質は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型に属し調査地域で最も良好である。揚水可能量は、場所の条件によって帯水層となる花崗岩質岩体の風化部の厚さが変化するため、尾根沿いの地区では少なく、これと逆に緩く起伏する丘陵地区で多量である。静水位は5~15m程度、その揚水可能量は10~60 ℓ/min程度である。

h) 水文区 IV 2 : Cordillera Central

水文区IV1を挟んでその北と南に分布している。

南北の水文区IV2の帯水層は白亜紀の泥岩および石灰質砂岩、砂岩などで構成され、地下水の揚水可能量は、10ℓ/min程度である。

北側の水文区IV2の深度90m以内の岩盤までに優秀な帯水層は存在しない。地下水の静水位は8~50mの範囲で地区により大きく変化し、水質的には局所的に高い SO_4^{2-} ないし Cl^- を呈する可能性がある。

南側の水文区IV2深度60m以内の岩盤までに優秀な帯水層は存在しない。地下水の水質は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型に属し、静水位は14m程度である。

i) 水文区 IV 3 : Cordillera Central

本水文区の地質は石灰岩である。地下水に関する資料は入手していない。

j) 水文区 V 1 : Vall de San Juan

帯水層は深度30~60m程度に存在する第三紀の石灰質礫岩、泥質石灰質砂岩である。地下水は地表まで連続して分布する緩く固結した石灰質礫岩中の不圧地下水、および不透水性のシルト岩を介してその下位の石灰質砂礫層中に賦存する被圧地下水である。水質的には Cl^- に富むが、INAPAの水質基準の上限を超えていない。静水位は20m以下、揚水可能量は5~20ℓ/min程度である。

k) 水文区 V 2 : Vall de San Juan

深度120m以内に優秀な帯水層は存在しない。地下の地質は第三紀の石灰質泥岩中である。

l) 水文区 VI : Sierra de Neiba

帯水層は深度30~60m程度に存在する石灰岩泥岩中の石灰質砂岩である。水質は水文区Iあるいは水文区IIIに類似するが、静水位は20m程度、揚水可能量は5~20ℓ/min程度である。

水文区	帯水層の 深度 (m)	生産可能量 Q (l/min)		Potencial
I	-		局所的	Very Low
II	< 60	Q=100	≧ 500	High
III 1	60~90	Q=100		High
III 2	60~90	Q=100	≧ 1,000	High
III 3	60~120	Q=300	≧ 500	High
III 4	30~60	20 > Q ≧ 5	≧ 300~500	High
IV 1	30~60	60 > Q ≧ 10		Medium
IV 2N	30~60	-		Low
IV 2S	-	15 > Q ≧ 5		Low
IV 3	-	-		-
V 1	50~70	20 > Q ≧ 5	≧ 300~500	Medium
V 2	-	-		Low
VI	50~70	20 > Q ≧ 5	≧ 300~500	Medium
VII 1	-	-		Spring
VII 2	-	20 > Q ≧ 10	≧ 3,000	Medium
VIII	-	-		Spring

4) まとめ

表 3.4, 3.5 をもとに、水文区ごとの帯水層深度、生産可能量を次表に示す。

水文区	帯水層の 深度(m)	生産可能量 Q (ℓ/min)		potential
I	—		局部的	Very Low
II	<60	Q = 100	≥500	High
III 1	60~90	Q = 100		High
III 2	60~90	Q = 100	≥1,000	High
III 3	60~120	Q = 300	≥500	High
III 4	30~60	20 > Q ≥ 25	≥300~500	High
IV 1	30~60	60 > Q ≥ 10'		Medium
IV 2 N	—	—		Low
IV 2 S	—	15 > Q ≥ 5		High
IV 3	—	—		Medium
V 1	50~70	20 > Q ≥ 5'	≥300~500	Low
V 2	—	—		
VI	50~70	20 > Q ≥ 5	≥300~500	Medium
VII 1	—	—		Spring
VII 2	80	200 > Q ≥ 100	≥3,000	Spring
VIII	—	—		

これらをまとめると、対象地域の地下水は次のように分類出来る。

- ① 深度30m以浅の不圧地下水
- ② 深度60m以浅の不圧地下水 (水文地質区 II, VII)
- ③ 深度60~120mの被圧地下水 (III 1~4, V-1)
- ④ 基盤岩体の風化帯中の不圧地下水 (IV-1, IV-2)
- ⑤ 基盤岩体中の裂か水 (IV-2)
- ⑥ 石灰岩体を通過して湧泉となるもの (VI, VIII)

これらの中

①は従来各所でハンドポンプ、風車ポンプで採取対象としてきた地下水であるが、塩分、濁りなどのため飲料水として不適な場合が多い。

②は量的には期待出来るが、質的に問題がある場合がある。特にVIIは高塩分で飲料水とはならない。

- ③は量・質的にもっとも開発ポテンシャルが高い。
- ④は風化帯の厚さ・場所によってポテンシャルが変動する可能性があるが、量・質的に相当期待し得る。
- ⑤は可能性はあるが、場所を特定することが困難である。
- ⑥は井戸より湧泉として利用の方が有利であり、既に相当量開発利用されている。

広域のポテンシャルについては水収支計算が行われるが、計画対象地域は地形に対して交差する方向に長い長方形に設定されているため、既存の気象観測点はわずかしか入っておらず、上流涵養域での状況が把握し難いこと、河川の基底流量が上流域での貯水、かんがい用取水などのため不明であること、対象地域内では100m以深の既存井戸はごく少く、且つ地下水水位の変動記録は皆無であること、など基本的データが得られていない。

このため地下水の動水勾配・流量などを厳密には算定し得なかった。このため精度は悪いが、本調査のPhase I で示した広域の水収支計算結果を、水文区分に合わせて修正し、各水文区毎の年間地下水涵養量と1戸当たりの1日揚水可能量の概略を表3.6に示す。

以上の如き条件の下で、計画策定にあたっては、地域の用水緊急度からQが10ℓ/分以上期待し得るという条件に加え、有力な他種水源の存否、地形条件を考慮し、地下水開発対象水文区として、水文区Ⅱ，Ⅲ-1～4，Ⅳ-1～2，Ⅴ-1、及びⅥの北部地区の9水文区を選出した。

3.4 表流水

3.4.1 河川流水の開発利用状況

河川流水は、古くから地域住民によって生活用水あるいはかんがい用水として利用されてきた。近年 INDRHI を主として、INAPA その他関連政府機関によって計画的な大規模開発が進められている。

河川流水の開発利用の現況は、次のとおりである。

1) 生活用水

INAPA の資料によれば、計画対象地域各河川の流水を用水源とし、30ヶ所以上の上水道システムを通じて年間約10万人に対し、約34.6百万トンの用水が供給されている。

各水系別1990年現在の用水供給量は下記のとおりである。

	百万トン/年
Rio Dajabon	1.4
Rio Gurabo/Lago Saladilla	1.6
Rio Yaque del Norte	23.4
Rio Artibonito	3.3
Lago Enriquillo Basin's Spring/River	4.9
計	34.6

このほか、年々新規開発、溪流河川の共同開発が進んでいるが、その既開発量は明らかでない。

2) かんがい用水

INDRHI の資料による、1986年現在における水系別年間取水量は、次のとおりである。

	百万トン/年
Rio Yaque del Norte	660
Dajabon, Gurabo	
Rio Artibonito	50~ 80
Lago Enriquillo Basin	35~ 82
計	745~822

かんがい用水の開発は年々拡大しているうえ、多くの大プランテーションによって数多くのポンプ施設が設置されており、その数は年々増大している。このような現況を考慮すると、かんがい用水の開発量は、現在年9億トン前後と推定してさしつかえないと考えられる。

3.4.2 河川流水の開発可能性・可能量

計画対象地域各河川流水について、提案する用水供給計画の水資源としての開発可能性・可能量を、次のような順序、手法で検討し評価した。

$$D_p = D_T - D_e - M_M$$

ここに、 D_p ：開発可能量 $m^3/年$

D_T ：平均年流量 $m^3/年$

D_e ：既存開発利用量 $m^3/年$

D_M ：河川維持用水 $m^3/年$

1) 河川流水の開発可能性を評価するために、予備評価として、計画対象地域における降水・蒸発散量・流出特性等々を検討した。

① 面積雨量

収集資料に基づいて、単純平均法、Thiessen法、等雨量線法によって、各水文域毎に面積雨量を算定した。算定結果は単純平均法による値を100とすると、Thiessen法 95、等雨量線法 107であったが、水文域区分が容易で求積精度が高い点を考慮して、年計画面積雨量は単純平均法による10,356.9 m^3 を採用した。

② 蒸発散量

収集した蒸発計による蒸発量は、年降雨量の200~300%に達している。

またINDRHIからONAPLANによって積算された計画対象地域各観測所における可能蒸発散量(PET)を収集した。

これらの情報に基づいて、計画対象地域の降雨特性、植生、地形条件その他の自然条件、社会経済条件等々を考慮するとともに、多くの実験・調査によって報告された関連係数を検討して、計画対象地域の蒸発散量を次のとおり概定した。

乾燥・半乾燥地帯 年降雨量の85~90%

多湿・半多湿地帯 年降雨量の65~70%

③ 流出率、流出量

年ベースの年降雨量に対する流出率は、Rio Yaque del Norteの上流左岸の支川 Rio Mao, Aminaで80%、Rio Masacreで約50%、これら河川を除く他の河川は30%前後である。但し、Rio Artibonitoの支川 Rio Macasia, Cana では、10~12%と他に比べて小さい。

流出形態は強雨短時間型の降雨分布量に応じ、短時間にピーク流量に達するとともに、短時間に減衰する。流出量は季節的に大きく偏在し、雨季6ヶ月間の総流出量は、年流出量の約70%以上である。

計画対象地域各河川について低水量を解析するために Rio Masacre, Rio Guayubinについて収集した1985年から1988年の日流量、日雨量に基づいて流出解析を試みたが、降雨量に対する流出量の相関比が高く、乾季流出量を確定することはできなかった。

両者の相関比は、月ベースで最大 15.9から無限大、年ベースでは Rio Masacre 2.86～0.614、Rio Guayubin 5.62～1.6である。(図3.4参照)

一方、1973年から84年までの12ヶ年にかかる年ベースの流出比は、Max. 215.4%、Min. 12.7%、平均49.1%、月ベースでは流量(0)月もあり必ずしも正確でないが、平均1月は342%、3月137%である。

一般に年ベースでは多雨年ほど大きく、月ベースでは寡雨月が大きくなっている。

上記日ベースの流量解析が期待する結果を得ることが不可能であった原因は、主として次のような事由によるものと考えられる。

- 降雨分布が局地的で、収集資料は限定域を代表するに過ぎない。
- 多雨地帯である河川源流域の降雨資料が皆無である。
- 源流域では地下水の中間流出が多く、基底流量が大である。
- 収集流量資料は貯水池からの放水量が含まれていると推定できる。

2) 有効流量 (D_p)

計画有効流量は、再帰確率80%流量として、収集資料に基づいて、各水文域ごとに、次のとおり概定した(参照表3.7)。

水系名	計測地点	平均年流量(百万トン)
Yaque Del Norte	Ranchadero	1,064
Chacuey	La Expensa	150
Gurabo	Confulence	65※
Dajabon	Don Miguel	360
Artibonito	Pedro Santana	1,000
計		1,639

※ INDRHI 資料を転用

3) 既開発河川流量 (D_E)

計画対象地域各河川流水について、かんがい用水あるいは水道用水として利用されている量は、下記のとおりである。

	かんがい用水 (hm ³)	生活用水 (hm ³)	計 (hm ³)
Rio Yaque del Norte 水系) Dajabon, Gurabo, Chacuey)	700	30	730
Rio Artibonito 水系	80	4	84
計	784	34	814

※ Lago Enriquillo Basin は計画から除外した。

4) 河道維持用水 (D_m)

下流域住民の河川流水利用を妨げないこと、及び流量の極端な低下による河道荒廃を防ぐために、年流量の30%を河道維持用水とした。

① 開発可能量

本開発計画のもとで開発利用が可能な有効流量を次のとおり概定した。

	D _r (hm ³)	D _e (hm ³)	D _k (hm ³)	D _p (hm ³ /Annual)
Rio Yaque del Norte 水系 Dajabon, Gurabo	1,639	730	491.7	417.3
Rio Artibonito 水系	1,000	84	300.0	616.0
計	+2,639	-814	-791.7	1,033.0

② 開発可能性

上記のとおり、開発可能量は1,033hm³である。またONAPLANによれば、計画対象地域における各河川の開発可能量は、Lago Enriquillo流域の25hm³を含み、3,936hm³と推定されている。

上記数値は何れも年ベースの可能流量である。この可能流量の60~70%は4, 5, 6月及び9, 10, 11月の6ヶ月の間に流出すると考えられる。従って、地域住民の生活用水要求量を通年安定的に供給することが必要な生活用水の水源として、十分な条件をもっていると考えることはできない。

こうした観点から、上記流量が、本開発計画の有効水資源と評価し得る条件は、ダム・貯水池の建設であり、ダム、貯水池なしという条件のもとでは、その開発・利用の可能性は小さいと評価すべきである。

3.5 既存の給水施設

3.5.1 計画対象村落

1988年ドミニカ共和国政府から要請された村落は、西部4県の内、人口200人から400人の154村落（後日4村落が追加され158村落となる）であった。

これを図3.7表3.8に示し、次表にまとめた。

<u>Province</u>	<u>No of Village</u>
Monte Cristi	37
Dajabon	55
Eliás Piña	55
Independencia	11
計	158

3.5.2 用水調達の現況

本調査において上記158村落について用水調達の現況についての社会経済実態調査を行い、給水計画事業の緊急性と可能性を評価した。（詳細はデータ・ブックに示す）

この実態調査結果に基づき、生活用水調達条件、既存有効水源、村落形態と分散度、社会生活基盤等を検討し、給水開発計画立案の対象となるべき村落を選出した。

給水開発計画に関係する各種地域特性に基づいて選出された各県別村落数は次表の通り計95村落である。

<u>県</u>	<u>解消村落</u>	<u>既存施設による受益村落</u>	<u>給水計画を必要とする村落</u>	<u>計</u>
Monte Cristi	8	5	24	37
Dajabon	5	23	27	55
Elias Piña	3	13	39	55
Independencia	2	4	5	11
	18	45	95	158

上記95村落の中、Dajabon県で3、Elias Piña県で12、計15村落は車輦でのアクセス不能である。

各村落の各々の給水現況は次の如くまとめられる。

1) 既存給水施設

水 源	生産・給水システム
地下水	I. 井 戸 1) 手動ポンプ 2) モータ付ポンプ 3) 風車ポンプ
地表水	I. 雨 水 II. 湧 水 III. 溪 流 水 IV. 河 川 水 V. 農業用水路 VI. 貯 水 池 1) 原水を煮沸して飲料にする 2) 簡易な処理施設、滅菌はしない 3) 緩速ろ過施設 4) 浄水処理施設、滅菌をする 5) 急速ろ過施設

2) 既存施設の水源別分類

水 源	Monte Cristi	Dajabon	Elias Pina	Independencia	計
地下水	4	22	9	—	35
地表水	25	28	43	9	105
(村落分散)	8	5	3	2	18
計	37	55	55	11	158

第 4 章 開 発 計 画

第4章 開発計画

4.1 開発計画の目的

1) 本開発計画の社会経済的な主目的は、飲料水供給と公衆衛生にかかる国家政策と目標に則り、ドミニカ共和国西部4県の158村落のうち新しく用水供給の開発が必要な村落95の住民に対して、安全な飲料水を適正価格で安定供給するために新しい水資源を開発し、用水サービスの現状を改善、拡大することである。

更にまた、本開発計画は安全かつ十分な用水の供給によって、水不足と天然水利用を原因とする疾病発生を防止する等、農民の保健衛生的生活条件の改善、向上を図ろうとするものである。

2) 本開発計画は、年々深刻化する国境地域における用水不足を解決するために計画された用水基本計画のなかで、出来得る限り早期の実施が期待されている最優先計画である。

4.2 開発の基本構想

本開発は、前記目的を達成するために、次のような基本構想に則って各構成要素ごとに策定された最適計画に基づいて実施するものとする。

1) 計画は次のような各項目について開発が必要な95の各村落ごとに検討・評価して策定する。

- 社会経済的現況 : 人口及びその変動状況、集落の形態、分散度、産業構成
- 用水調達の現状 : 用水調達の方法、水源、既存用水の水質、用水不足の程度
- 水資源開発可能性 : 依存可能な水資源の有効性、安定性、開発可能性、経済性
代替水資源の開発の可能性、技術的健全性、アクセス、
その他の開発阻害要因

2) 事業実施計画村落

本事業のもとで計画を実施する村落は、次のような基準によって決定する。

- 基本的に次のような村落は、計画対象から除外する。
 - 既存都市型上水道システムの拡張によってそのサービスが容易なエリア内の村落
 - 車による往来が困難な村落
 - 溪流流水が唯一の用水源である村落
 - 地下水の開発可能性が小さいか困難な村落

- Independencia県の5ヶ村は、東部の3ヶ村と西部の2ヶ村に分かれている。何れの村落も Neiba山脈の標高800~1300の起伏に富んだ山岳斜面に形成された分散度の大きな村落である、何れの村落も年降雨量1500mmの多雨地帯で依存可能な湧泉、溪流に恵まれているが、落住民に対する効率的・経済的給水計画の策定は極めて難しいと考えられる。更に、東の3ヶ村は、四輪車による自由往来は不可能である。また、この5ヶ村は、他の計画農村90ヶ村と独立した遠隔地にあり、同一プロジェクトとして事業の実施、実施後のO/M管理は極めて難しいと考えられる。従って本地区の用水開発事業は、提案する本開発事業と分離独立して、道路その他社会インフラ改良事業の一構成要素として実施することが効率的かつ経済的であると考えて、本開発計画事業の実施対象農村から除外することにした。
- 但し、依存可能な用水源が雨水のみで、年間降雨量が少ないうえ降雨分が季節的に偏在し、用水不足が深刻なMonteCristi県北部の一部村落については、前項による評価如何にかかわらず、本開発事業のもとで計画の実施を図るものとする。

3) 計画策定の基本的検討事項

- 用水開発 : 開発水資源の量的・質的長期安定性
技術的健全性、経済的妥当性
- 用水生産・供給システム : 建設費・運転管理費の最低化
運営管理の単純性、容易性

4) 運営管理体制の改善、強化を図る。

5) 受益者共同体による自主的O/Mの育成、促進を図る。

4. 3 計画の構成

対象村落における用水供給にかかる主な阻害要因は、供給すべき用水がないことである。従って、計画は安定した水源開発を主構成要素とし、次のような諸計画からなる。

水資源開発計画

- 用水開発計画 : 有効水資源の選定・評価
開発可能性・可能量の評価
- 用水生産計画 : 計画目標年の設定
計画人口の予測
用水需要量、計画生産量の決定

- 生産の方法の決定
- 用水供給およびシステム計画 : 生産用水の配分、給水方式の決定
生産・給水システムの決定
- 施設計画 : 所要の施設計画
- 実施計画 : 実施工程、年度、実施組織の策定
- O/M計画 : 計画施設の運営管理計画、O/M組織の提案
- 事業費・O/M費の積算 : 建設費、年度別工事費
O/Mコスト、単位用水費用の積算

4.4 地下水開発計画

4.4.1 基本方針

地下水開発計画は、各水文区の地下水開発ポテンシャルに基づいて、各水文区ごとに、本開発計画のもとで生産可能な量を概定し、各水文区に位置する計画村落の自然地理的条件、衆落の形態、用水需要量等々に対応する削井計画として提案する。

削井計画は、各水文区ごとに地下水特性、生産可能量、地質、水質等々を検討して、適性深さ、適性掘削径、仕上げ径、開孔率を決定する。また、計画地区の地質特性を考慮して、経済的かつ効率的な削井の方法、所要作業を検討して提案することとする。

4.4.2 開発対象水文区・揚水可能量

第3章で述べた地下水開発ポテンシャルに基づいて選出した開発対象水文区は次の通りである。

水文区	帯水層の 深度(m)	生産可能量 Q (ℓ/min)		必要井戸 深度(m)	削井方法
			局所的		
II	<60	Q=100	≥500	60~90	CP
III-1	60~90	Q=100		70~80	CP(R)
III-2	60~90	Q=100	≥1,000	70~80	CP(R)
III-3	60~120	Q=300	≥500	80~150	R
III-4	30~60	20>Q≥5	≥300~500	70~80	CP(R)
IV-1	30~60	60>Q≥10		60	AH
IV-2	<60	15>Q≥5		70~90	AH
V-1	50~70	20>Q≥5	≥300~500	50~70	CP(R)
VI	20~30	20		50~70	CP

CP：ケーブル、パーカッション法、 R：ロータリー法

AH：エア、ハンマー法 ()の方法も有効

これらを対象として、地質条件等を考慮してボーリング掘削計画を策定した。

4.4.3 削井計画

1) 計画位置；計画深・口径

本開発計画での地下水の生産方法としては、建設コスト、維持管理、節水等の点からハンドポンプを採用するのが有利である。一村落内で同時に2～3本のハンドポンプを使用しても、適当な井戸間距離（200m以上）を保てば水位低下は防止し得るであろう。揚水効率の低下を防止するため、計画井の口径は6インチとした。

また、動力ポンプを用いる計画井についても、計画生産量が比較的小さいので経済性の点から口径は6インチとした。

井戸位置、深度および掘削法を決定するには、十分な水理地質的検討が必要である。位置の決定に際しては、付近の既存井戸の水質、揚水量、水位の季節的変動等の情報収集に努めると共に、必要に応じて電気探査等を実施し、計画位置の詳細な水理地質的構造を確認すべきである。

計画深度は、計画地域内の地下水水質が30m以浅では塩分や浮遊物のため飲料水として不適であるとの経験的事実や、一方深くなるほど Cl^- 、 SO_4^{2-} 濃度が上昇する傾向があるという調査結果、ハンドポンプの揚水限界深等を考慮して、60ないし120mとしたが、さらにスクリーンを通して井戸内に侵入する細砂などの捨て孔用として20mを加えるものとする。

2) 標準的計画掘削法

調査に用いられた掘削法はロータリー法 (Rotary mud drilling) , エア・ハンマー・パーカッション法およびケーブル・パーカッション法であった。テスト・ボーリングの結果からみて、計画井地点で予想される地質状況に応じて、掘削法と機種を選定する必要がある。ロータリー法とエア・ハンマー・パーカッション法は同一機種で併用出来るが、ケーブル・パーカッション法は掘削方法の変更は出来ない。

水文地質区Ⅱ (Llano de Yaque del Norte) では、未固結な地層が分布するため、ケーブル・パーカッション法の方が有効である。

一方、水文地質区Ⅳ-2 (Cordillera Central) では、比較的硬い花こう岩質岩が分布するので、エア・ハンマー・パーカッション法が有効である。

地下水位が深く、地下水面より上部の地層が多孔質な個所では、ロータリー法は余り有効ではない。

機種別掘削深度は、ロータリー法120m、エア・ハンマー・パーカッション法80～100m、ケーブル・パーカッション法60～80mが妥当である。

帯水層を確認し、スクリーン位置と長さを決定するため、少くとも掘削終了後すみやかに比抵抗、電位差等の検層を行なう必要がある。

掘削中、特にロータリー法で泥水を用いる場合には、スライムを注意深く観察し、正確な柱状図を作成する必要がある。

エア・ハンマー法は掘削中の地質状況、帯水層の存在を早期に判断出来る点で有効である。

2) 井戸仕上げ

仕上げ作業は、井戸用スクリーン、ケーシングの挿入と砂利充填からなる。スクリーン、ケーシングの挿入はボーリング・リグを使って行ない、引き続き砂利充填を行なう。ケーシング・パイプは、計画地域の地下水の水質を考慮し、耐塩、耐食性の強い材質を採用することを提案する。

スクリーンの開孔率は5%とし、スロットサイズ1mmの水平スロットタイプで、かつ耐食性の高い材質のスクリーンを提案する。

砂利充填では、計画地域の帯水層の多くが細粒砂であることを考慮し、フィルターとしての充填砂利の最大粒径は9mm以下を提案する。砂利充填後、スクリーンより上部の孔壁とケーシングの間の環状部を、スライム等で埋め戻す。更に汚水や浅層地下水による汚染防止のため、地表から数mの間はセメント・グラウトを行なうよう提案する。

対象水文区ごとの掘削計画を次表に表す。

水文区	帯水層の 岩層	帯水層 厚さ(m)	一孔当り 期待揚水量 ℓ/m	計画 深度m	孔径 インチ
II	細粒砂・不圧	20~30	100	60~90	6
III-1	極細粒砂・弱被圧	20	100	70~80	6
III-2	石灰質砂岩・被圧	20~30	100	70~80	6
III-3	砂岩・シルト岩互層・被圧	10~60	300	80~150	6
III-4	石灰質砂岩・弱被圧	5~20	5~20	70~80	6
IV-1	風化花こう岩質岩・不圧	20~40	10~60	60	6
IV-2	風化中生代砂岩・不圧	10~40	5~15	70~90	6
V-1	石灰質・礫岩・砂岩・不~被圧	20~30	5~20	50~70	6
V1	石灰質砂岩・不圧	20~30	5~20	50~70	6

4.5 表流水開発計画

表流水開発計画は、依存可能な用水が雨水だけであるMonte Cristi県北部の7ヶ村の用水開発として計画する。

用水源は雨水で、表層流出水を集水し貯水する。従って、集水可能量、水面蒸発を考慮して、最低計画貯水量を検討する。

1) 計画降雨量

提案地区には降雨観測所がなく、地域雨量積算に必要な有効資料は皆無である。従って、Monte Cristi 及び Villa Vasquezの降雨記録、JICAによって設置された Papayoの自記

雨量計による記録、更に“Servicio Meteorologico National”によって作成された月降雨量等雨量線図に基づいて、次のとおり月降雨量を概定した。

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
62	39	40	69	75	44	20	37	44	80	125	115	750 ^{mm}

しかしながら、月45mm以下の場合、流出率が小さく、流出水の集水効率も極めて小さいと考え、降雨量が月45mmを越す4, 5, 10, 11, 12月及び1月の累加降雨量 526mmを計画有効雨量とした。

2) 流出係数

流出量 (R) と降雨量 (P) との間には、次の様な関係が成立する。

$$R = K \cdot P$$

流出係数 K は、流出域の自然条件、植生、作付条件、降雨特性等々の条件を考慮し、合理式その他関連経験式によって与えられている色々な流出係数を検討して K=0.4を採用することとした。

3) 集水効率

流出コースが、住宅等によって人工的に妨げられるほか、道路横断部では表面貯留を生ずることも考えられるので、集水効率を70%と仮定した。

4) 集水可能量、計画貯水量

計画貯水量は、計画用水量に貯水面蒸発量年1,307mmを加算した。提案された用水計画による対象村落、貯水池の位置、その集水面積、集水可能量、所要貯水量は次のとおりである。

村落名	貯水地位置	集水面積 km ²	有効雨量 mm	集水可能量 m ³	計画用水量 m ³ /年	※ 最小	
						蒸発量 m ³ /年	計画貯水量 m ³
Sabana Cruz El Cayal Los Conucos	El Cayal	3.1	526	456,568	26,645	26,140	52,785
Las Canas La Brigada Las Aguitas Buen Hombre	La Brigada	2.5	526	368,200	25,185	26,140	51,325

※：貯水池の満水位表面積 200×100=20,000m²と仮定以上、収集可能量は、計画貯水量をはるかに上回っており、地域住民に対する生活用水供給の安定水源として開発が可能であると考えられる。

4. 6 給水計画

4.6.1 基本方針

給水計画は、用水生産及び供給計画から成り、提案された95村落について次の様な基準に則って策定した。

給水計画は、本開発事業計画の基本構想に基いて、各村落ごとに本計画の実施を促進すべき村落を選定して、各村落ごとに依存可能な水資源と用水需要に基いて、現実的な実施可能な用水生産・供給計画として策定する。

1) 計画策定の基準

a) 計画目標年

計画目標年は、計画地域の社会経済開発促進による人口の増加、経済活動の活生化に伴なう用水需要の増大に対応可能なるよう、2000年とする。

b) 計画給水人口

計画給水人口は、1981から1990年までの10年間の人口成長率を援用し、1990年人口をベースとした計画目標年、2000年の概定人口、逆に人口が減少している村落については1990年人口をそれぞれの村落の計画人口とする。

c) 計画給水量

INAPAの標準計画では、5000人以下の人口に対しては家庭内給水を対象として、1日1人当たり150ℓと定めているが、本プロジェクトでは、計画対象人口が200人～400人と少なく、主としてハンドポンプが使用されるため、1人1日当たりの給水量を下記の基準とする。

－ハンドポンプ	運搬距離が500m以上	— 40ℓ/c/d
－ハンドポンプ	運搬距離が500m以内	— 60ℓ/c/d
－モータ付ポンプ	共用水栓による500m以上の給水	— 60ℓ/c/d
－モータ付ポンプ	共用水栓による500m以下の給水	— 100ℓ/c/d
－家庭給水		— 150ℓ/c/d

一日最大給水量 = 1日平均給水量 × 1.2

時間内最大給水量 = 1日平均給水量 × 1.8

d) 水質基準

INAPAでは、略WHOの基準に準用した水質基準が定められている。表4.1参照。

4.6.2 給水開発計画実施必要村落

前章で明らかにしたように、要請された158村落のうち、提案するプロジェクトのもとで給水計画の策定が必要と評価した95村落について、本開発計画のもとで開発が現実的開発計画として実施可能か否かを評価した。

評価は、次の様な手順に従って行った。

1) 用水不足の現況と用水開発供給の緊急性、用水開発工事施工の難度等に応じ、対象の95村落を次のように3つのクラスに類別した。

A：用水不足が深刻で、用水開発計画実施の緊急性が大きい村落

B：開発計画実施要求の緊急度が上記各村落の比較して相対的に小さい村落

C：既存都市型給水サービス地域の拡張が容易な村落

車の乗入れが困難な村落

依存可能な水資源が溪流々水のみ

戸数20以下の村落

地下水開発可能性の小さい村落及び Independencia 県北部山岳の村落

2) 依存可能な水資源によって、2つに類別した。

G：用水を地下水に依存可能な村落

S：用水を表流水に依存する村落

各村落それぞれの類別評価は、表4.2に示すとおりである。

4.6.3 計画対象村落

評価対象村落95村落についての各類別の村落数は次のとおりである。

	Monte Cristi	Dajabon	Eliás Piña	Independencia	計
Class A 村落	14	6	12	—	32
Class B 村落	5	15	6	—	26
Class C 村落					
車乗入れ不能	—	3	12	—	15
既存給水サービス 地域拡張可能	3	2	—	—	5
地下水開発可能性小	2	1	9	5	17
計	24	27	39	5	95

以上の評価に基いて、本開発計画のもとで用水の生産・供給開発計画を実施すべき村落を Class A, B に属する58ヶ村落と決定した。これを図4.1に示す。

計画対象村落は、95村落の約61%、計画人口は25,627人である。

なお、Class C と評価して、本開発事業実施計画から除外した37ヶ村落にかかわる用水調達現況・地下水開発ポテンシャル及び将来実施を進めるべき用水開発計画は表4.3に示す通りである。うち、5ヶ村落は既存上水道システムのサービス地域に近接し、それらシステムの拡張による用水供給が望ましい。残りの村落については、溪流々水または湧水を水源として単独あるいは広域用水開発計画として実施することが好ましい。この計画を実施するために、水源の開発可能量、季節的変動量について調査解析することが必要である。従って、少なくとも1年以上にわたる流量観測を計画的に実施すべきである。

4.6.4 用水生産計画

計画水資源は、58ヶ村のうち47ヶ村落については地下水、残るMonti Cristi県の11ヶ村は、表流水とする。

1) 計画生産量

計画生産量は、計画給水基準に基づき、計画生産システムごとに概定した。また、計画生産量は、取・送配水損失を見込み、計画最大給水基準量の120%とした。

計画システム別計画生産量は次のとおりである。

手動ポンプシステム	48ℓ/日/人
動力ポンプシステム	72~120ℓ/日/人
貯水池・浄水圧送システム	48ℓ/日/人
用水搬送システム ※	15ℓ/日/人

※：飲料水搬送

2) 計画生産システム

a) 地下水生産システム

地下水の生産方法は、各計画村落地域における地下水帯水層特性、地下水水位・揚程の変動条件、所要削井深度、計画給水人口等々に基いて、手動ポンプ生産と動力ポンプ生産の2方式とした。

地下水を計画水資源とする47村落のうち、40ヶ村が手動ポンプ生産、7ヶ村が動力ポンプ生産方式である。

手動ポンプ生産方式40ヶ村については、各地区における地下水の安全揚水量と計画給水量に基いて、所要生産施設の数を次のとおり決定した。

各県別の計画対象村落数と計画生産施設数は次のとおりである。

	村落数	生産施設（井戸・手動ポンプ）数
Monte Cristi県	2	5
Dajabon県	20	72
Elias Pina県	18	54
計	40	131

なお、動力ポンプ生産施設は、1農村・1施設とし、Monte Cristi県6ヶ村落、Dajabon県1ヶ村である。

b) 表流水生産システム

計画対象村落をその地形条件、表層水流出機構条件等に基づいて、表層流出水の集水・貯留が容易な村落と比較的困難な村落に類別した。

計画対象村落は、何れもMonte Cristi県北部海岸及び丘陵台地に散在している11ヶ村である。うち、海岸に沿った3村落と丘陵地区西北端の1村落計4村落は表層流出水の集水・貯留に代って、浄水済み飲料水を搬送することを提案し、残る7村落について、貯水池計画を立案した。

用水は表層流出水を集水・貯留し、濾過・滅菌して生産する。用水生産システムは、建設費、維持管理費の低減を図るために給水対象村落をそれぞれ4及び3村落にまとめて2システムとした。

c) 用水給水システム

計画給水方式は、用水生産方式、対象村落の構成型態、計画人口に応じて決定した。

i) 自力生産・調達システム

手動ポンプによる自力生産・調達とし、支配世帯数を約20世帯として、運搬距離の最小化を図る。

ii) 動力ポンプ揚水・共同水栓・給水システム

動力ポンプによって、高架水槽に揚水・貯留し、最大搬送距離500mとして配置した共同水栓まで重力送水する。

iii) 貯水池、浄水プラント・圧送配水・共同水栓給水システム

表層流出水を貯留し、緩速濾過・塩素滅菌した用水を対象村落ごとに設置する貯水槽・共同水栓まで圧送して給水する。

iv) 搬送配水システム

INAPA所管の既存浄水プラントにおいて処理された清浄飲料水を各村落ごとに設

置した給水槽まで搬水車によって搬送し、各給水槽で簡易減菌して給水する。
各計画システムの給水計画系統図は、図4.2に示すとおりである。