

一
二
三
四
五
六
七
八
九
十
十一
十二
十三
十四
十五
十六
十七
十八
十九
二十

フリンジー共和国

レウ島北部地下水開発計画調査

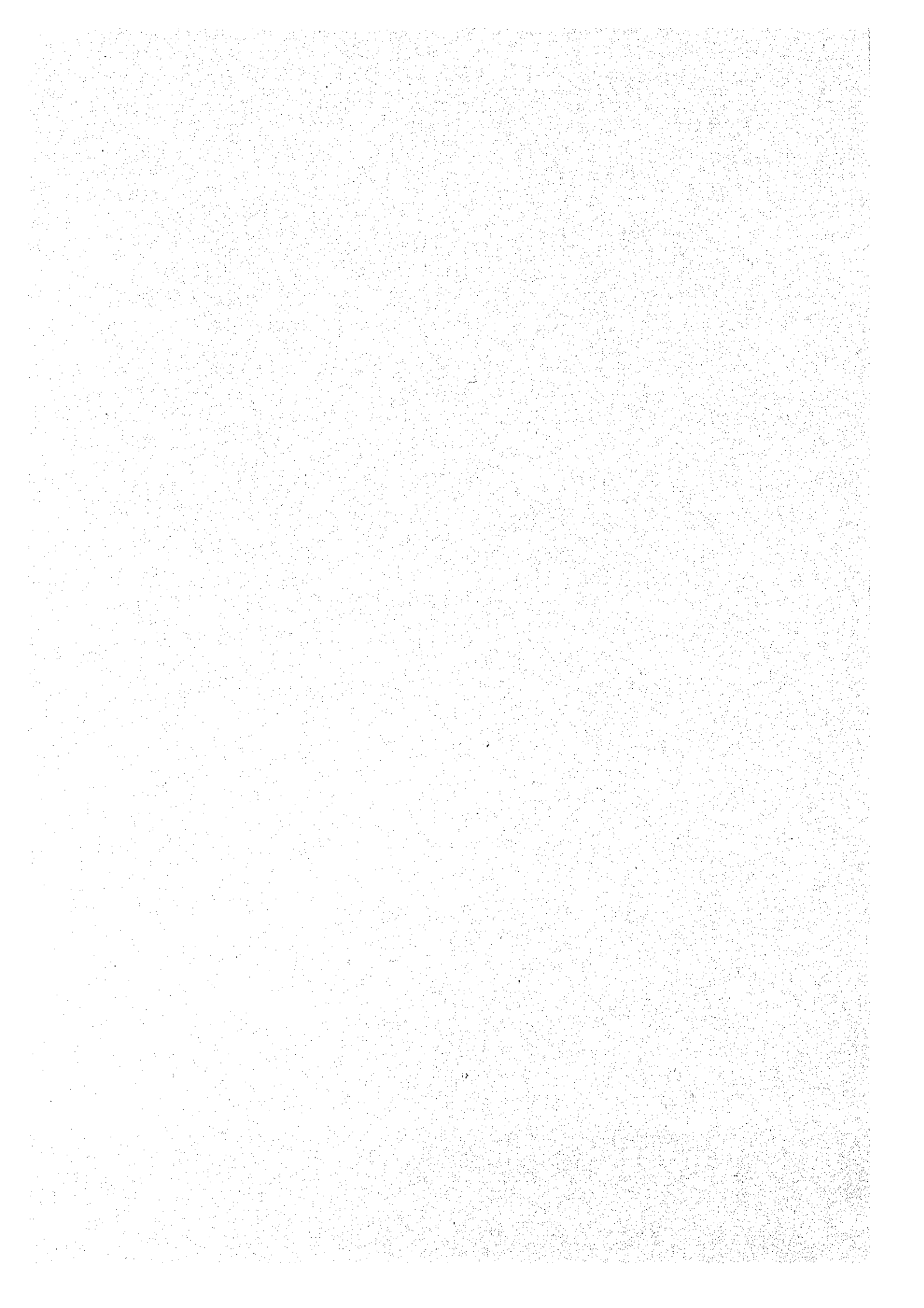
最終報告書

要約

1995年3月

日本工業株式会社
日本建設株式会社

社団法人
J R
95-065



国際協力事業団

フィジー共和国
土地・鉱物資源省

フィジー共和国

ヴィティ・レヴ島北部地下水開発計画調査

最終報告書

要約

JICA LIBRARY



1120248181

1995年5月

日本工営株式会社
日鉱探開株式会社

英文最終報告書の構成

VOLUME I EXECUTIVE SUMMARY

VOLUME II MAIN REPORT

VOLUME III SUPPORTING REPORT

APPENDIX - A	GEOLOGY
APPENDIX - B	GEOPHYSICAL PROSPECTING
APPENDIX - C	TEST WELL DRILLING AND PUMPING TEST
APPENDIX - D	WATER SUPPLY SYSTEM AND WATER USE
APPENDIX - E	SOCIO-ECONOMY
APPENDIX - F	POPULATION PROJECTION

VOLUME IV DATA BOOK

DATA BOOK - A	SUMMARY OF WELL INVENTORY SURVEY
DATA BOOK - B	METEORO-HYDROLOGY
DATA BOOK - C	WATER QUALITY
DATA BOOK - D	GROUNDWATER SIMULATION
DATA BOOK - E	LIST OF SURVEY EQUIPMENT BROUGHT BY JICA STUDY TEAM

和文最終報告書の構成

1. 要約



序 文

日本国政府は、フィジー共和国政府の要請に基づき、同国のヴィティ・レヴ島北部地下水開発計画にかかるマスタープラン策定及びフィジービリティ調査を行うことを決定し、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5年6月から平成7年5月までの間、5回にわたり、日本工営株式会社の宮本昇氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、フィジー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・親善の発展に役立つことを願うものです。

終りに、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7年5月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎

伝達状

国際協力事業団
総裁 藤田公郎 殿

今般、フィジー国ヴィティ・レヴ島北部地下水開発計画調査を完了しましたので、最終報告書を提出します。この調査はフィジー国最大の島ヴィティ・レヴ島北部地域の地下水を開発して地域住民への給水計画を樹立する目的でヴィティ・レヴ島北部地下水開発計画調査共同企業体（代表者：日本工営株式会社、構成員：日鉱探開株式会社）が平成5年6月から平成7年5月までの24ヵ月にわたり実施してまいりました。

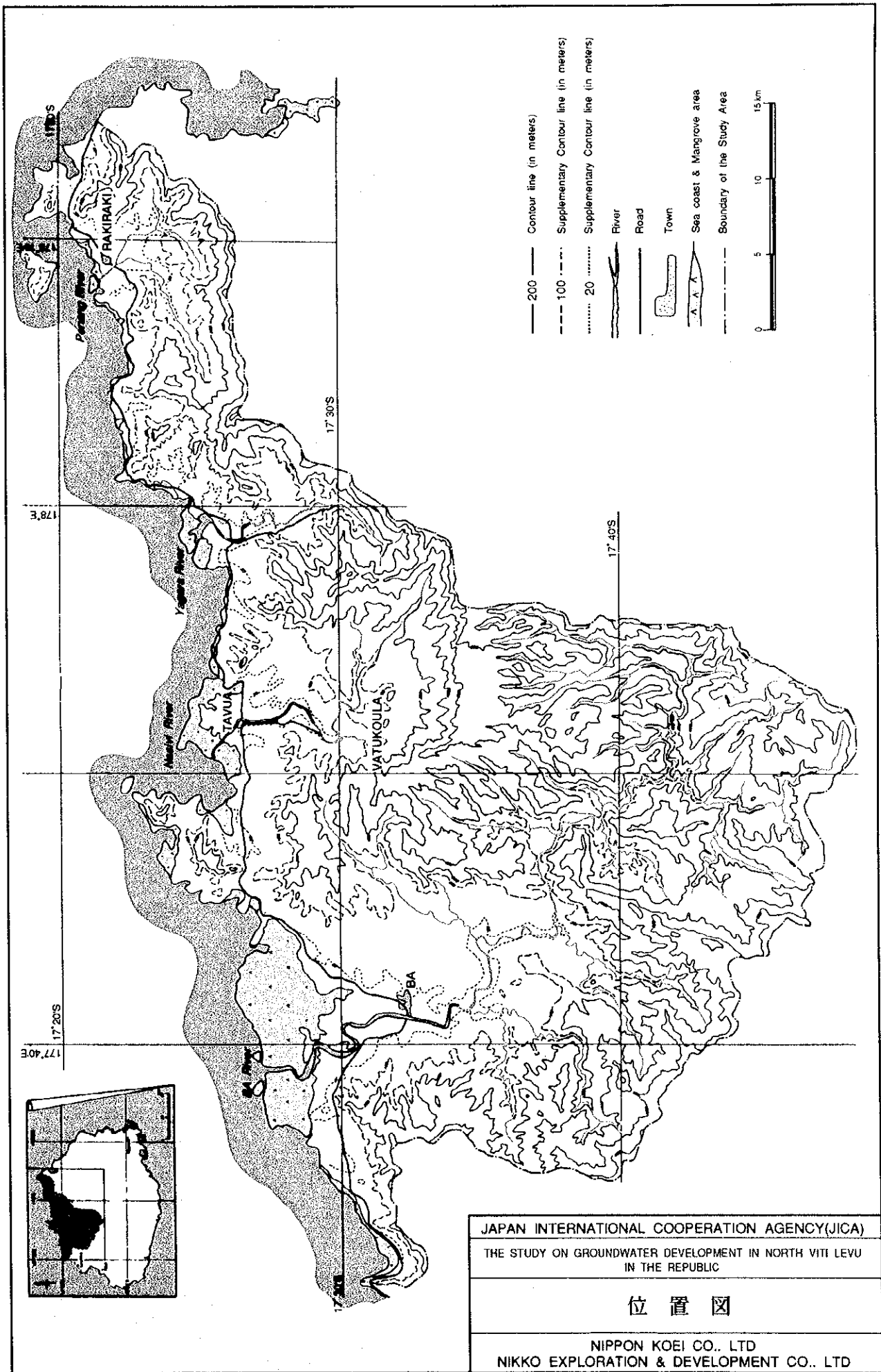
本報告書は四部からなり、第一冊は調査結果の要旨をまとめたもの、第二冊は主報告書で地下水資源の評価および給水計画を示したもの、第三冊はサポーターングレポートで主報告書の裏付けとなる水文地質、水利用、人口予測、水需要の各分野の成果をふくみ、第四冊は調査データをあつめたものとなっています。

この調査の結果、地下水資源については科学的な調査方法をもって開発可能量を評価してきましたが、この地域は堅い岩盤で構成されているため地下水資源は乏しく、また、偏在しており、地域住民のすべてに給水するには十分ではありません。しかしながら、地下水による給水計画の可能な地域につきましては住民の生活水準の向上を目的として給水計画を策定しております。本調査結果がヴィティ・レヴ島北部の給水計画に活用されるならば幸いと存じます。

本調査期間中貴事業団社会開発調査部およびフィジー事務所の関係各位には多大の御協力と御指導をいただきましたこと、御礼申しあげます。また、在フィジー国日本大使館およびフィジー国の関係各位にも御礼申しあげます。

1995年5月

ヴィティ・レヴ島北部地下水開発計画調査団
調査団長
宮本 昇



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY(JICA)

THE STUDY ON GROUNDWATER DEVELOPMENT IN NORTH VITI LEVU
IN THE REPUBLIC

位置図

NIPPON KOEI CO., LTD
NIKKO EXPLORATION & DEVELOPMENT CO., LTD

フィジー共和国

ヴィティ・レヴ島北部地下水開発計画調査

調査期間：1993年6月－1995年5月

受入機関：土地・鉱物資源省鉱物資源局

概 要

1. 背 景

ヴィティ・レヴ島北部の都市部の水道水源は主に表流水に依存しているため、毎年乾期の終には深刻な水不足に見舞われており、給水施設の普及がおこなわれている村落部と合わせて地下水開発は急務となっている。一方火山岩や火山堆積物でできた山地が海岸線までせまっているため降った雨が直ぐに海へ流出してしまう率が高いなど水文地質的にも制約があり、現在の同国の技術レベルでの対応は難しく、地下水開発調査の技術協力が必要である。

2. 目 的

フィジー共和国ヴィティ・レヴ島北部（約1,567 km²）における地下水賦存量の評価及び地下水による安全で信頼のできる給水計画の策定。

3. 調査結果

[地下水資源評価]

調査地区は水理地質的性質から、13の地下水地域に区分されそれぞれの地域における透水量係数、井戸の揚水量、それに水質によって地下水資源の開発ポテンシャルを評価した（要約の図3参照）。小の地域は開発の可能性がほとんどなく、中もしくは高の地域において開発の可能性がある。

地下水地域	透水量係数 (m ² /day)	井戸揚水量 (l/sec)	電気伝導度 (MS/cm)	開発ポテンシャル
1.山岳地域	<40	<3	115	小、所により中
2.タバノウ・ラビラビ海岸平野	1-285	0.1-5.4	180-1,793	小、所により中
3.バ川低地平野	<20	<2	138	中、所により小
4.モト台地	0.1-0.3	<0.7	30-740	小
5.コロヌンブ台地	1-50	<2	500-1,400	小、所により中
6.バ台地	5-140	0.3-4.8	30-650	中
7.ヴァティアルウサ海岸平野	1-96	0.2-8.0	240-920	小、所により中
8.マタレブ台地	1-122	0.1-3.0	200-500	中
9.タブア流域	0.1-5	0.1-0.8	130-1,200	小
10.ランブル海岸平野	0.1-5	0.1-1.8	80-860	小
11.ヤンガラ川流域	800-2,600	<15	130-330	大
12.ワイレブーナレワ海岸平野	0.5-1	0.4-0.8	320-630	小
13.ベナン川流域	0.1-7	0.2-1.2	150-530	小

調査地区はよく固結した第三紀の玄武質火山岩と堆積岩よりなり、破碎部が帯水層となっていて透水量係数は非常に小さく、中ないし高ポテンシャルの地域でも代表的な試験井戸の揚水量は1~5 l/sec程度であり調査地域全体を見ると、地下水資源は安定した水資源として評価されず限られた地域での利用となろう。

[水収支解析]

上記の地下水地域より開発の可能性がある、今後の水需要も大きいバ台地を地下水水収支解析地として選定して地下水シミュレーションを行った。最適化分析の結果は次のとおりである。

第一案：既存3試験井戸による最適揚水量 第二案：既存3試験井戸と新設井戸による最適揚水量

TW004	70 m ³ /day	TW004	70 m ³ /day
TW005	102 m ³ /day	TW005	77 m ³ /day
GW035	115 m ³ /day	GW035	115 m ³ /day
合計	287 m ³ /day	新設井戸	150 m ³ /day
		合計	412 m ³ /day

4. 給水計画

[方針]

- 1) 給水対象地区は、現在水供給が逼迫し、かつ地下水開発ポテンシャルが確認されている地区を選定した。
- 2) 計画規模(生産井の揚水量)決定には、地下水開発によって環境問題を引き起こさないことを配慮した。
- 3) 計画の生産井には、試験井としてJICA及びMRDによって掘削され、十分な水量が確認されたものを選定した。

[水需要予測]

- 1) 現在の生活用水の水供給量：1991年の調査地域におけるPWD3地域水道（バ、タブア、ラキラキ）による水供給量の合計は6,510 m³/day、給水人口は49,122人で調査地域の人口（98,000人）の50%に相当する。現在の水供給地域における原単位水量はバで140 lpcd、他の2地域で120 lpcdである。
- 2) 計画給水量：2011年における一日の計画給水量はPWDの設計基準を参考に地域水道のある地域では農村部も含めて160 lpcdとし、バの都市部のみを200 lpcdとした。地域水道のない地域では、インタビューサーベイによる80 lpcdを用いた。

3) 調査対象地域の1991年と2011年の水需要量を以下に示す。

	1991年	2011年
生活用水		
地域水道給水地域	6,510m ³ /day	10,170m ³ /day
地域水道非給水地域	3,990m ³ /day	6,290m ³ /day
商業用水	1,740m ³ /day	2,720m ³ /day

[優先給水計画]

3つの優先給水計画の緒元および建設費（試験井戸掘削費を含まず）を以下に示す。

計画名	ブツニ・クリーク 村落給水計画	バツヤカ 拡張給水計画	ランブル 拡張給水計画
計画給水人口(2011年);(人)	314	561	930
計画給水量(2011年);(m ³ /day)	50	90	149
水源井（試験井戸番号）	TW001	GW025	GW254
揚水量;(l/sec)	0.84	1.50	2.50
ポンプ運転時間;(時間/日)	20	20	20
送水管口径;(mm)	75	75	100
配水池容量;(m ³)	75	135	230
建設費(F\$)	320,700	464,300	756,900

5. 事業評価

3つの優先給水計画の経済評価指標は以下のとおりである。

計画名	ブツニ・クリーク 村落給水計画	バツヤカ 拡張給水計画	ランブル 拡張給水計画
経済的内部収益率	2.61%	1.25%	13.83%

3つの優先給水計画の内ランブル計画はEIRRが13.83%と高く、経済的に実現可能である。ブツニ計画とバツヤカ計画のEIRRは各2.61%と1.25%で非常に低く、経済的に実現性は困難であるが、両計画を実施することにより、計量化されていない便益として現在の深刻な水不足の解消、安全な水の安定供給の実現、住民のよりよい健康の確保が実現可能となる。

地域水道としてPWDが運営することになるバツヤカ計画とランブル計画について財務分析を実施したが結果はマイナスであった。これは水道料金の絶対値（6人家族で原単位水量を120 ipcdとして1ヶ月で約2.6フィジードル）がきわめて低いということに原因がある。しかしながら、世帯毎の月平均収入は約124フィジードル（約8,680円）と非常に低く、水道料金の世帯収入に占める割合は約2.0%と決して低くない。従って、財務的には水道料金を上げることは妥当でなく、今次調査で計画された3つの給水計画の実施に当たって、建設はPWDの予算によって進めて行くことが望ましい。施設完成後は、バツヤカとランブルは既存のPWDの地域水道に含めてPWDが直轄で運営・管理し、また、小規模なブツニ・クリークは村落のコミュニティによる運営・管理方式をとることが望ましい。

6. 勧告

- 1) 3つの給水計画地区では、慢性的な水不足のため毎日水汲に多くの時間が費やされており、たとえEIRRが低く、財務分析的にも成り立たなくともこれらの計画を実施する事で国家開発戦略の中で目指す「安全な水の安定供給」が実現し社会的環境の向上が期待されるので3計画は実行することが望ましい。
- 2) 調査地区全体を見ると、地下水資源は安定した水資源として評価されない。一方水文解析及び地質概査より調査地区最大のバ川の中流域のトンゲ付近において取水堰等により表流水取水が可能と判断され、将来的にバ地域を含めた北西ヴィティ・レヴ地域の水資源として重要であり、そのための開発調査を実施することが望ましい。

フィジー共和国
ヴィティ・レヴ島北部地下水開発計画調査
要 約

目 次

	頁
序文 伝達状 位置図 概要	
第1章 序 論	1
1.1 計画の背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査業務	1
第2章 調査地区	8
2.1 位置・地形	8
2.2 気 候	8
2.3 土地利用	9
2.4 社会経済	9
2.5 水利用	9
第3章 水理地質	11
3.1 地質と構造	11
3.2 試験井戸と揚水試験	12
3.3 帯水層	13
3.4 気象・水文	13
3.5 地下水流動	14
3.6 水 質	14
第4章 地下水資源評価	16
4.1 概 要	16
4.2 地下水資源ポテンシャル	16

4.3	地下水シミュレーション	16
第5章	水需要	20
5.1	国家の方針	20
5.2	人口予測	20
5.3	現在の水消費量	21
5.4	生活用水水需要予測	21
5.5	商業用水水需要予測	21
第6章	全体給水開発計画	23
6.1	開発方針	23
6.2	給水開発計画	23
6.3	事業費積算	24
6.4	社会経済評価	25
6.5	環境への影響	26
第7章	優先給水開発計画	27
7.1	優先給水計画の選定	27
7.2	設計基準	27
7.3	給水開発計画	27
7.4	事業実施計画	28
7.5	維持・管理計画	28
7.6	事業費積算	29
第8章	事業評価	30
8.1	経済評価	30
8.2	財務分析	30
8.3	事業評価	30
第9章	環境評価	32
第10章	結論と勧告	33

附 表

	頁
表- 1 管井戸推定揚水量 -----	35
表- 2 バ地域水道の水源別配水量 -----	35
表- 3 試験井戸水質分析表(1)~(2) -----	36
表- 4 調査地区の地下水資源ポテンシャル -----	38
表- 5 開発計画の給水施設の主緒元 -----	39
表- 6 年毎の経済的便益・費用比較表(1)~(9) -----	40
表- 7 ブツニ・クリーク村落給水計画建設費 -----	45
表- 8 バツヤカ拡張給水計画建設費 -----	46
表- 9 ランプル拡張給水計画建設費 -----	47
表-10 優先開発計画運営維持管理費 -----	48
表-11 優先開発計画の年毎の経済的便益・費用比較表(1)~(3) -----	49
表-12 バツヤカ拡張給水計画の年毎の収入・費用比較表(1)~(2) -----	51
表-13 ランプル拡張給水計画の年毎の収入・費用比較表(1)~(2) -----	52

附 図

	頁
図- 1 年平均降水量、気温、蒸発量 -----	53
図- 2 水理地質図 -----	54
図- 3 地下水地域区分図 -----	55
図- 4 流域区分図 -----	56
図- 5 MRD観測井戸ハイドログラフ -----	57
図- 6 浅井戸ハイドログラフ -----	58
図- 7 トリリニア・ダイヤグラム -----	59
図- 8 タンク・モデル概念図 -----	60
図- 9 開発計画位置図 -----	61
図-10 優先開発計画概略図(1)~(3) -----	62
図-11 事業実施計画(ブツニ・クリーク村落給水計画) -----	65
図-12 事業実施計画(バツヤカ拡張給水計画) -----	66
図-13 事業実施計画(ランブル拡張給水計画) -----	67

地名対比表

Ba	バ
Koronubu	コロヌンブ
Koroolou	コロロウ
Kukunirewa	ククニレワ
Lousa	ロウサ
Matalevu	マタレブ
Moto	モト
Nakauvadra	ナカウバドラ
Narewa	ナレワ
Nasivi	ナシビ
Navala	ナバラ
Penang	ペナン
Ra	ラ
Rabulu	ランブル
Rakiraki	ラキラキ
Raviravi	ラビラビ
Tavarou	タバノウ
Tavua	タブア
Toge	トンゲ
Vaileka	バイレカ
Vaqia	バンギア
Varadoli	バランドリ
Vatia	バティア
Vatukoula	バツコウラ
Vatusekiyasawa	バツセキヤサワ
Vatuyaka	バツヤカ
Veisaru	ベイサル
Vutuni	ブツニ
Wailevu	ワイレブ
Wailoa	ワイロア
Waisai	ワイサイ
Yaqara	ヤンガラ

略 語

AES	Agricultural Experimental Station
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
EPA	Environmental Protection Agency (United States)
FEA	Fiji Electricity Authority
FMS	Fiji Meteorological Service
FSC	Fiji Sugar Corporation
GDP	Gross Domestic Product
GNP	Gross National Product
GOF	Government of Fiji
GOJ	Government of Japan
JICA	Japan International Cooperation Agency
MFARD	Ministry of Fijian Affairs and Regional Development
MLMRE	Ministry of Lands, Mineral Resources and Energy
MOH	Ministry of Health
MRD	Mineral Resources Department
PWD	Public Works Department
WEF	Water Environment Federation (United States)
WHO	World Health Organization
EIRR	Economic Internal Rate of Return
FIRR	Financial Internal Rate of Return
O&M	Operation and Maintenance
EI	Elevation
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
WL	Water Level

单 位

Length

cm	=	Centimeter
m	=	Meter
km	=	Kilometer
ft	=	Foot
yd	=	Yard
mm	=	Milimeter
inch	=	Inch

Area

cm ²	=	sq.cm	=	Square centimeter
m ²	=	sq.m	=	Square meter
ha	=		=	Hectare
km ²	=	sq.km	=	Square kilometer

Volume

cm ³	=	cu.cm	=	Cubic centimeter
l	=	lit	=	liter
kl	=		=	Kiloliter
m ³	=	cu.m	=	Cubic meter
gal.	=		=	Gallon
MCM	=		=	Million Cubic Meters

Weight

mg	=	Milligram
g	=	Gram
kg	=	Kilogram
ton	=	Metric ton
lb	=	Pound

Time

min	=	Minute
sec	=	Second
hr	=	Hour
d	=	Day
yr	=	Year

Electrical Measures

V	=	Volt
A	=	Ampere
Hz	=	Hertz (cycle)
W	=	Watt
kW	=	Kilowatt
MW	=	Megawatt

Other Measures

%	=	Percent
PS	=	Horsepower
°	=	Degree
'	=	Minute
"	=	Second
°C	=	Degree centigrade
10 ³	=	Thousand
10 ⁶	=	Million

Derived Measures

m ³ /s	=	m ³ /sec = Cubic meter per second
cusec	=	Cubic feet per second
mgd	=	Million gallon per day
kWh	=	Kilowatt hour
MWh	=	Megawatt hour
kVA	=	Kilovolt ampere
mg/l	=	Milligram per liter
meg/l	=	Milliequivalent per liter
MS/cm	=	Micro Siemens per centimeter
ppm	=	Part per million
NTU	=	Nephelometric turbidity unit
lpcd	=	Liter per capita per day

Money

F\$	=	Fijian Dollar
US\$	=	US dollar
J.Yen	=	Japanese Yen

第1章 序 論

1.1 計画の背景

本報告書は、フィジー共和国のヴィティ・レヴ島北部における地下水開発の調査結果を記述したものである。調査地区は、ヴィティ・レヴ島の北部海岸に位置し、面積1,567km²を有し人口は約98,000人である。バ、タブア、ラキラキの3つの町を中心に3つの地域水道が既設されている。これらの水道は調査地域の住民の約50%に給水されており、残りの50%は村落給水施設や個別の井戸や雨水等に頼っており、山地では湧水やクリークの水が利用されている。調査地区の都市部では、飲料水源の大部分が表流水のために、乾期にはくり返し深刻な水不足が生じている。農村部でも乾期にはクリークや湧水から取水不能となる場合が見られる。そのため現在、水道施設が貧弱で、表流水源の水量が不十分で、取水が不確実な地域において都市及び農村部においても緊急な地下水開発が必要とされている。

調査地区における飲料水源としての地下水の開発は地形的・地質的制約から容易ではない。そのため、技術的に進んだ国々からの地下水開発の技術協力が強く要求される。また、フィジー政府は2000年を目標年次とする国家開発戦略の中で「安全な水の安定供給」を最重要課題のひとつとして位置付けている。このような状況の中で、鉱物資源局（MRD）はヴィティ・レヴ島北部の地下水開発調査への我が国の協力を1989年より要請し続け、日本政府は1992年7月の正式要請をもって調査実施を決定し、事前調査団を派遣した。業務実施細則（S/W）は、土地鉱物資源省とJICA事前調査団長との間で1992年12月14日に調印された。

1.2 調査の目的

調査の目的はヴィティ・レヴ島北部における安全で信頼のできる飲料水のため地下水開発ポテンシャルの評価とその地下水開発計画の作成である。

1.3 調査業務

調査期間は24ヶ月で、以下の3つのフェーズに区分される。

(1) フェーズ1 基礎調査 (1993年6月-11月)

基礎調査は、鉱物資源局 (MRD)、公共事業局 (PWD) 及びその他関連機関の水資源事業の全体を把握し、その中での地下水事業の現在及び将来の位置付けの明確化、既往地下水調査のレビュー、現地踏査及び物理探査等による掘削地点の選定及び調査全体の方向づけを目的として実施した。フェーズ1における作業内容の概要は以下のとおりである。

1) 国内事前準備作業 (1993年6月)

- 関連資料・情報の収集・整理
- 調査の基本方針、調査方針、手段等の検討
- インセプション・レポートの作成

2) 第一次現地調査作業 (1993年7月~10月)

- 関連資料・情報の収集・整理 (全作業分野)
- インセプション・レポートの説明・協議
- 航空写真判読
 - 地質分類、地形分類、土地利用分類
- 地表・地質踏査
 - 現地踏査による航空写真判読の照合、検証
- 水文調査・水質調査

- a. 地下水位長期観測：時期水位計 (7台) の既存井戸 (MRD試掘井戸7井) への据え付け及び観測開始。ただし、1箇所 (ラビラビ) は悪質ないたずらにより設置後3日で観測不能になったので再度据え付けたが再びいたずらをされたので恒久的対策がなされるまで自記水位計を撤去した。
- b. 地下水位一斉観測：乾期における地下水位を手掘井戸を中心に40箇所にて観測。
- c. 河川・湧水流量測定：乾期の終は大部分の河川で水の流れが不連続 (不十分な流量) となり、正確なデータがとれないため測定せず、乾期の流量は改めて乾期の初めに測定することになった。
- d. 水質調査：乾期における既存井戸及び地表水の60試料について30項目の一般水質分析 (現地分析機関)、農業汚染の有無確認のために乾期における井戸水及び地表水の10試料を採水、日本国内で分析。

一村落実態調査

極度に水の不足している59村においてアンケート用紙による面談調査

一水利用実態調査

井戸調査票を用いて聞き込み、実測による井戸調査（509井）

一組織・法制度調査

MRDやPWDなどにおける各種資料収集整理

一社会・経済調査

統計局などの各種資料調査収集整理

一物理探査地点の選定

地表踏査、航空写真判読、水理地質資料により選定

一物理探査

a. 電気探査：探査深度（150m）、測点数（134点）

b. 電磁探査：測線数（100）、測点間隔（20m）

一地下水賦存量の把握

既存井戸資料の収集と整理、地下水利用実態調査

一調査対象地域の分類

水供給の困窮度により3段階に分類

一試掘調査地域選定

第二次現地調査における掘削地点3箇所、第三次現地調査における掘削候補地域8箇所選定。

3) 第一次国内作業（1993年10月～11月）

一現地調査のとりまとめ

一ボーリング計画策定

一インテリム・レポート(1)の作成

(2) フェーズ2 詳細調査・解析（1993年11月～1994年8月）

詳細調査・解析は、基礎調査の結果を策定されたボーリング計画を基に、試掘調査、物理検層、揚水試験等を実施し、水理地質構造を解析すること、また、基礎調査より継続されている地下水位観測、水文調査結果等を踏まえ、水収支解析、地下水モデル作成及び水需要予測結果を加えたシミュレーション解析を目的として実施した。

フェーズ2における作業内容の概要は以下のとおりである。

1) 第二次現地調査作業（1993年11月～1994年3月）

- インタリム・レポート(1)の説明及び協議
- 関連資料の補足収集及び検討
- 地表・地質踏査（精査）
 - 試掘井戸の掘削候補地点の踏査
- 物理探査（精査）
 - a. 電気探査：探査深度（150m）、測点数（73点）
 - b. 電磁探査：測線数（14）、測点間隔（10m）
- 試掘調査（物理検層、揚水試験）
 - a. 試掘井戸：（70m、3井）
 - b. 物理検層：（比抵抗、SP、温度、ガンマ線）
 - c. 揚水試験：揚水試験用ポンプ未着のため実施できず6年度作業の予定
- 観測機器の据え付け：新規試掘井戸3箇所を観測小屋を設置し、自記水位計を据え付けた。
- 水文調査・水質調査
 - a. 地下水位長期観測：第一次現地調査で据え付けた自記水位計（7台）による観測。ただし1箇所（ラビラビ）は悪質ないたずらにより観測を見合わせていたが3月9日より観測再開。新規観測自記水位計（3台）については3月中旬より観測開始。
 - b. 地下水位一斉観測：雨期における地下水位を手掘井戸を中心に40箇所にて2回観測
 - c. 河川・湧水流量測定：雨期における流量を11地点で2回観測
 - d. 水質調査：雨期における既存井戸及び地表水の60試料について30項目の一般水質分析（現地分析機関）、農薬汚染の有無確認のために雨期における井戸水及び地表水の10試料を採水、日本国内で分析。
- 水理地質構造解析
 - 水理地質図、水資源評価図の素図の作成

2) 第三次現地調査作業（1994年5月～8月）

- 試掘調査（物理検層、揚水試験）
 - a. 試掘井戸：（平均掘削深度70m、8井）

b. 物理検層：（比抵抗、SP、温度、ガンマ線）

c. 揚水試験：今年度掘削した試験井戸（8井）に加えて平成6年度に掘削した試験井戸（3井）とMRDの既存井戸（2井）について実施した。

－水文調査・水質調査

a. 地下水位長期観測：第一次現地調査でMRDの既存井戸に据え付けた自記水位計（7台）及び第二次現地調査でJICA試験井戸に据え付けた自記水位計（3台）による水位観測を昨年度に引き続き行った。そのうち2箇所（ラビラビとロウサ）は何者かによつて水位計を破損されたためにそれぞれ1994年4月及び1994年8月以降自記観測を中止した。

b. 水質分析：試験井戸から採水した12サンプルについて30項目の水質分析を行った。

c. 河川・湧水流量測定：乾期における流量を11地点で観測した。

－水収支解析

調査地域の水収支について降雨量、流出量などのデータから流域別に解析を行った。

－地下水モデルシミュレーション解析

水収支解析の結果と水理地質調査の結果をもとに、地下水モデルを設定してシミュレーション解析を行った。

－水需要予測

調査地区における2011年までの人口予測と一人当たりの水消費量を算定した。

(3) フェーズ3 計画策定（1994年9月～1995年5月）

計画策定は、詳細調査及び解析の結果を基に、地下水開発計画及び最適揚水計画を策定し、給水計画策定優先地域として選定された地域における、給水計画、実施計画及び維持管理計画の策定。更に、それらの計画の評価、水理地質図及び地下水資源評価図の完成をその内容とした。

フェーズ3における作業内容の概要は以下のとおりである。

1) 第二次国内作業（1994年9月～10月）

－現地調査のとりまとめ

－水理地質図作成

－地下水賦存量評価

－地下水開発計画策定

－最適揚水量策定

－プロジェクト評価

－インテリム・レポート(2)の作成

2) 第四次現地調査作業（1994年11月～12月）

－インテリム・レポート(2)の説明及び協議

第二次国内作業によって作成されたインテリム・レポート(2)をMRDとPWDに説明、協議した。

－優先給水計画選定

インテリム・レポート(2)で提案された給水計画の中より経済評価等を考慮して3つの優先給水計画を選定した。

－関連資料の補足収集

優先給水計画についての現地調査及び積算資料の収集を行った。

3) 第三次国内作業（1995年1月～3月）

－優先給水計画策定

－実施計画策定

－維持管理計画策定

－費用、便益効果算定

－社会経済評価

－環境影響評価

－地下水調査マニュアル作成

－ドラフト・ファイナル・レポート作成

4) 第五次現地調査（1995年3月）

－ドラフト・ファイナル・レポートの説明・協議

第三次国内作業によって作成されたドラフト・ファイナル・レポートをMRDとPWDに説明、協議した。

5) 第四次国内作業（1995年5月）

－ファイナル・レポートの作成・提出

フィジー国側からのドラフト・ファイナル・レポートに対するコメントを受け、ファイナル・レポートを作成した。

上記の業務を遂行するために、JICAは日本工営（株）の宮本昇を総括とした日本工営（株）日鉱探開（株）共同企業体と契約し、下記に示す調査団を現地に派遣した。調査団は鉱物資源局（MRD）及び公共事業局（PWD）のカウンターパートの協力を得て業務を実施した。

担 当	氏 名	所 属
総括／地下水開発	宮 本 昇	日本工営
副総括／水理地質	藤 波 正 人	日本工営
地 形 ・ 地 質	谷古宇 光治	日本工営
水 収 支 解 析	高 橋 昌 弘	日本工営
水 文	荻 野 正 之	日本工営
水質分析・環境	和 田 俊 行	日本工営
物 理 探 査	石 橋 利 久	日鉱探開
給 水 計 画	蛭 田 隆 司	日本工営
施設設計・積算	石 井 豊	日本工営（クリエイト設計）
社 会 ・ 経 済	大 野 欽 一	日本工営（プロジェクト経済）
ボーリング A	岡 崎 溥	日鉱探開
ボーリング B	熊 野 初 雄	日鉱探開
ボーリング C	芳 賀 政 藏	日鉱探開
ボーリング D	遠 藤 文 男	日鉱探開
業 務 調 査 員	青 木 新 二 朗	日本工営

第2章 調査地区

2.1 位置地形

調査地区は位置図に示すようにヴィテイ・レヴ島の北部に位置し、南は山地、東はベナン川流域、西はラウトカ市の東端に接し北は海岸に面する。その面積は1,567km²である。バ、タブア、ラキラキの3つの町を含み行政的には西部州のバ・プロビンスとラ・プロビンスに属する。調査地区の約70%は山地で南の山地と北の海岸の間には低い丘陵地が広がり、主な河川沿いに沖積低地がある。山地の一部には高原があり、崖錐堆積物が山麓部に見られる。住民の大部分は、調査地区の約23%を占める低地丘陵地もしくは平坦地に居住している。

2.2 気候

調査地区は、ヴィテイ・レヴ島の乾燥地帯に位置し、年平均降水量は1,800~3,000mmである。顕著な雨期が10月から4月に見られ、特に1月から3月までの月雨量は300~500mmで、この期間に年間の50%の降雨がある。平均気温は24℃から27℃で日最高気温は32.4℃、日最低平均気温は17℃である（図-1参照）。

2.3 土地利用

調査地区の大部分（約67%）は、森林や草地で占められた急斜面や山地から成る。また、主産業であるサトウキビ畑が丘陵地を中心に約30%を占める。土地利用は地形区分とよく合致し、今回の調査の結果、調査地区の土地利用は以下の様に区分された。

土地利用分類		面積 (km ²)	%
森	林	554.5	35.4
草	地	496.9	31.7
サトウキビ	畑	447.4	28.5
牧	場	31.4	2.0
岩露出	地	17.3	1.1
都市	町	7.7	0.5
河床	部	12.4	0.8
計		1,567.6	100.0

2.4 社会経済

フィジー全体の1991年の人口は1986年のセンサスより749,481人と推定された。GDPは1987年に1,329百万フィジードルで、1991年には1,995百万フィジードルとなっており、1987年より1991年までの単純平均成長率は約8.2%である。国民一人当たりのGDPは1991年に2,365フィジードルとなっている。フィジーの主産業はサトウキビ、林業、漁業等である。調査地区の全人口は約98,000人で、その内訳及び家族数は下記の通りである。

プロビンス	人口	家族数	平均家族数
バ	76,032	12,960	5.9
ラ	22,434	3,853	5.8
計	98,466	16,813	5.9

2.5 水利用

フィジー政府の水道事業担当部門であるPWDは調査地区内のバ、タブア、バツコウラ、ラキラキの3つの町を中心とした3つの地域水道を運営しており、これらの町及び周辺の全人口の約50%にあたる49,118人に水道水を給水している。

バ地域水道では、3つの表流水源と4本の深井戸より給水している。表流水はバ川の左岸の支流で取水され、一日に約6,910m³がワイワイ浄水場において浄水され、バ川の右岸にあるバンギア配水池等を経てバの町及び周辺に配水されている。これに加えてバの郊外に4本の深井戸があるが、これらの井戸からの地下水は地域水道の給水量の約4%を負担しているにすぎない。

タブア地域水道は、以前ナシビ川下流において取水されていたが、ナシビ川中流に開発されたバツコウラ金鉱山の排水による原水への影響が問題視されていた。この鉱山排水の汚染を避けるために1989年に同じナシビ川のキングス道路より約10 km上流の地点に新取水口を設け、また浄水場も新設し現在日最大5,500m³の浄化した水をタブアとバツコウラの町及びその周辺に配水している。

ラキラキの地域水道は、流域面積わずか3.56km²の2つの小さなクリークからの自然流下水とバイレ

カの南1kmのナカウバドラ川のポンプ場からの取水した水を水源としている。平均配水量は自然流下水が日量約652m³、ポンプでのくみあげ量が日量約920m³である。これらの水は、浄水されることなく塩素滅菌のみで配水されている。このため、安定した信頼性のある水道施設とはなっていない。

これらに加えて村落単位の小規模水道があり、また、バとラキラキにフィジー砂糖公社 (FSC) の専用水道とバの南部モト近くにM.R.DAYALが経営する私営水道がある。水道施設のない地域では、丸井戸、管井戸、雨水、クリークの水等が利用されている。乾期には、多くの村落で水不足が生じ、これに対処するため緊急水供給がMFARD及びPWDによって行われている。

井戸調査の結果、調査地区で472本の管井戸が確認された。しかしこれらの内約100本は空井戸やポンプのメンテナンス等の問題点等で使用されていない。標準的な井戸の能力は0.3 l/sec～0.8 l/secで数時間揚水可能である。全地区の推定年間揚水量は約340,000m³である (表-1 参照)。この内バにおけるPWDによる地下水の揚水量は約117,365m³と推定されるが、これはバの地域水道の給水量のわずか4%である (表-2 参照)。

第3章 水理地質

3.1 地質と構造

調査地区は図-2の水理地質図に示す如く、第三紀の中新世から鮮新世の火砕岩や火山岩よりなり、部分的に砂岩・泥岩・凝灰岩を含む。これらの火山岩を覆うように河川沿、海岸地帯に沖積層がある。火山岩は中新世～鮮新世の火山活動により形成され、よく固まった岩で主に玄武岩、安山岩とそれらの角礫岩よりなる。パ川の中流域を中心に凝灰質砂岩・泥岩・凝灰岩が広く分布している。砂岩の層序は薄いシルト岩・泥岩を伴い、地層の傾斜は10度位で走向は多方向を示している。風化した砂岩の露頭ではクラックが発達しており、長方形を示す。未固結堆積物は主に河床と海岸平野に見られる。段丘堆積物と沖積堆積物は、未固結の砂礫よりなるが、マトリックスは一般的に粘土質である。海岸沿いの沖積堆積物は浅い湾の未固結の軟らかい粘土よりなる。

航空写真の判定による地層のリニアメントによると大断層は確認できなかった。構造的には北西-南東もしくは北東-南西のリニアメントが代表的である。これらのリニアメントは断層や破碎帯を反映したものである。中新世～鮮新世に形成させた火砕岩はよく固結しており、地下水はこれらのリニアメントに現れる破碎帯にしか存在しない。ナシビ川の上流、金鉱山のあるバツコウラでは、カルデラ構造が確認されている。

物理探査は、電気探査比抵抗法とVLFによる電磁探査法によって深度150mまでの比抵抗の分布状況と水理地質構造の関係を調査した。探査点数は基礎調査で電磁探査134点、VLF探査2,530点に及んだ。これに詳細調査として電気探査77点、VLF探査180点を追加した。物理探査の結果、よく固結した火山岩体は比抵抗が高く、一方堆積岩、風化岩や破碎帯は低く、30 ohm-m以下を示した。10 ohm-m以下の地点は、粘土風化層もしくは塩水帯を示し、帯水層とはならない。低丘陵地や平坦地は厚い低比抵抗値の風化帯に覆われていて、一般には深くなるほど比抵抗値は高くなるが、高比抵抗値帯に挟まれ深い深度での低比抵抗帯は破碎帯の存在の可能清和示した。試験井戸の掘削地点はこのような低比抵抗帯の特異点に一般的水理地質情報、それに住民の水不足の状況を考慮して決めた。

3.2 試験井戸と揚水試験

地下水評価のために、11本の試験井戸の掘削位置が選定された（図-3参照）。平均掘削深度は70mで、原則として150mmのケーシングパイプを挿入してその周囲に砂利を充填した。但し、沖積層を対象とした井戸の深度は36mであった。岩盤は固結して地下水は破碎帯だけに存在するため、11本の内3本は第三紀の堆積岩である砂岩と泥岩に掘削され、7本は玄武岩等の火山岩に、そして浅い1本は河床の砂礫粘土層に掘削された。

揚水試験をこれらの井戸で実施したが、この内4本は揚水量が小さく段階試験ができなかった。更に2本のMRDの試験井戸においても、透水量係数を得るために試験を行った。これらの試験結果の比湧出量は0.005～0.44 l/sec/mであった。MRDのGW254井戸は最大の揚水量をしめしたが、揚水開始後5時間後から水位降下の割合が急激に大きくなった。これは良好な帯水層の分布が限定されていることを示している。TW006掘削中に深度31m以深で1,400MS/cm以上の高い電気伝導度が示された。このため、76mまで掘削、地質確認後18.8mまで砂利とセメントで埋めもどして揚水試験は浅い部分の帯水層を対象とした。

試験井戸の結果を以下に示す。

井戸番号	深 度 (m)	揚水量 (l/sec)	静水位 (m)	水位降下量 (m)	揚水時間 (時間)	水 質*1
TW001	76	3.2	23.03	11.20	48	良
TW002	36	2.8	3.27	10.45	48	Fe,Mn
TW003	74	0.05	41.19	3.76	0.8	Fe,Mn,Al
TW004	75	2.9	8.12	10.25	48	良
TW005	72	2.4	9.81	13.64	48	Fe,Mn,Al
TW006*2	76	2.0	+0.26	4.81	48	濁度
TW008	75	1.3	0.92	7.00	48	良
TW009	71	0.08	7.52	10.91	2	濁度,Fe,Mn
TW010	70	0.05	1.07	13.04	2	良
TW011	75	0.23	6.79	8.15	2	Al
TW012	75	1.0	5.68	18.23	48	良
GW035	45	4.8	7.52	10.91	24	良
GW254*3	38	15.1	7.9	0.79	24	良

注記： *1 WHO規準値を越えた項目。
*2 完成深度は18.8 m。
*3 揚水開始後5時間で急激な水位降下を示した。

3.3 帯水層

丘陵地や平坦地の表面は風化物や未固結堆積物よりなっており、これらの地層が不圧帯水層を形成して雨水や表流水からの浸透水が自由地下水として貯留される。多くの浅井戸がこの不圧帯水層を対象としている。不圧帯水層の下にある第三紀の新鮮な岩は、低透水性のため自由地下水の不透水層となっている。堆積岩と火山岩の新鮮な岩は非常に厚くかつよく固結しているために、地下水は破碎部のみを流れる。これら破碎部から取水している井戸の水位変動は、降雨量に対応している。また、海岸近くのGW013、GW014、GW042では、潮位に感応して一日に2~4cmの水位変動がみられる。これらの事実から固結岩の破碎部は広く網状構造を暗示していると思われる。これらの破碎部の地下水は、上部帯水層から涵養され、被圧状態で海へ排出される。そのため、これら固結岩の破碎部では被圧帯水層が形成されている。被圧帯水層の透水量係数は830から1 m²/day未満までで、一般に200から20 m²/dayの間である。

3.4 気象・水文

調査地区の気象と水収支解析のために降水量、気温、蒸発量等の気象データが集められた。流出データはバ川のトンゲとナバラ、ナシビ川のバツコウラ、そしてナカウバドラ川のバツセキヤサワの4ヶ所について集めた。流量データの分布が限られているため、未観測の川で追加の流量測定を行った。調査地区(1,567km²)は図-4に示すように9つの流域に分けられる。各流域の面積、流域平均降水量と開発可能量を以下に示す。

流域番号	河川名	流域面積 (km ²)	流域平均降水量 (mm)	開発可能量 MCM/年
1	—	38	2,118	0.638
2	バ	957	2,517	19.107
3	—	55	1,839	0.624
4	ナシビ	191	2,311	2.723
5	ワイサリ	32	1,807	0.357
6	ヤンガラ	112	2,193	1.515
7	コロログ/ワイロア	49	2,203	0.557
8	ベナン	102	2,360	1.241
9	—	27	1,990	0.277

調査地区最大の流域平均降水量はバ川流域 (957km²) で2,517mm、最小の降水量はワイサリ川流域 (32km²) の1,807mmである。流域平均降水量は上流程増加する。一般に、上流程山地は急で、植生は森林となっている。中下流域はサトウキビ畑となっている。このため流出は短時間で行われ、特に上流域では貯留効果は期待できない。一次流出解析は既存観測地点で流出記録と流域平均降水量についてタンクモデル解析で行った。流域全体の流量は、上記から理論的に推定した。表流水の開発可能量は10年渇水確率年における90%保障流量から河川維持流量をさし引いたものである。これら9流域の開発可能量は、前表に示したとおりで、バ川流域が最大の値を示した。

3.5 地下水流動

一斉水位観測は選定された39の既存井戸で、乾期と雨期の双方で行った。1993年9月の乾期における地下水位は0.25mから13.17mであった。不圧地下水のコンターの形態は地形に類似している。乾期と雨期の水位差は0.19mから4.89mである。自記水位計による管井戸の水位図は2つのタイプの変動を示した (図-5 参照)。第一のタイプは、雨期開始後徐々に上昇し、乾期の終わりに向かって降下する。もうひとつの水位変動は雨期の開始直後に降雨に反応して急速に水位が上昇するもので、その後乾期の終わり向かってゆっくり降下する。年間の水位変動幅は後者の方が前者より大きい。海岸から0.3~2kmにあるいくつかの井戸で2cmないし4cmの潮位による水位変動が観測された。これは管井戸の地下水が海水に接している破碎帯の被圧帯水層に起因していることを示している。一方、浅井戸の日本水位観測記録 (図-6参照) によると、浅井戸では降雨後に急激に水位が上昇して、降雨の停止とともに水位がすぐに低下し、表流水の水位と同じような動きをする。これは浅層地下水がほとんど貯留せずに直に河川等へ流出することを示している。

3.6 水質

水質分析は、表流水と地下水の飲料適否と地球化学的性質による地下水の循環の解析のために行った。飲料水としての可否の判定はWHO及び米国環境庁の規準によった。水文的環境や既存井戸の位置を考慮して乾期に61、雨期に64のサンプルを既存井戸から採水分析した。

分析の結果、ほとんどのサンプルは飲料適であった。しかし、いくつかの水サンプルは、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、アルミニウム (Al)、色度、濁度の項目でWHOの飲料水規準を越えている。こ

れらは一般的に熱帯地方の風化岩帯から特に生産される項目である。限られた地域で電気伝導度が750MS/cmを越えるところがあるが、これは化石水、鉱山性起源の水もしくは海水である。参考のために試験井戸の分析結果を表-3に示す。これからTW002、TW003、TW005、TW009等でも鉄、マンガンが検出されている。重金属の障害的項目であるカドニウム (cd)、ヒ素 (AS)、クローム (cr) がバツコウラ付近のいくつかのサンプルでWHOの水質基準値を越えている。この付近の近く及び下流側の表流水・地下水を飲料水として使用する場合には十分注意する必要がある。

トリリニア・ダイヤグラムで地下水と表流水の地球科学的性格を5つに区分した。大部分の地下水サンプルはアルカリ土類炭酸塩もしくは典型的自然水に分類される。深井戸と浅井戸もしくは地域による規則的な特別な差異はなかった。これは雨水が早く地下水として浸透した後、すぐに表流水として流出することを意味している。いくつかの限られた地域では、地下水はアルカリ土類非炭酸塩タイプもしくはアルカリ非炭酸塩タイプに分類される。これらのタイプは深い所の停滞水か海水を意味する。また、試験井戸の水質分析結果によるトリリニア・ダイヤグラム (図-7参照) は、ほとんどのサンプルが非アルカリ土類に属していることを示した。

これに加えて農業汚染の分析のために乾期と雨期で各10サンプル採水した。乾期・雨期ともに全てのサンプルにおいて農業は発見されなかった。サトウキビ畑では、農業として硫酸アンモニア、磷酸二アンモニウム、三過磷酸肥料が使用されている。これらは一般に窒素、磷と硫黄に分解される。水質分析の結果、硝酸塩と硫黄塩の濃度はWHOの規準未満であった。これは現在この地域では農業による汚染がないことを意味している。

第4章 地下水資源評価

4.1 概 要

地下水開発可能量は、一般にいかなる環境問題も生じないで継続的に揚水できる水量とされている。調査地区全域の地下水評価は、実際には低い透水量係数や複雑な地形のため困難であるため、地下水モデルシミュレーションによる地下水収支は、水需要の高いバ川の下流域の右岸の限定された地区で行った。しかしながら、地域別の評価は代表的な井戸の能力を地下水開発の一要素として透水量係数も考慮しつつ試験井戸等の井戸の揚水能力によって地下水開発の可能性を判断した。

4.2 地下水資源ポテンシャル

調査地区を表-4に示したように、水理地質的性質から13の地下水地域に区分した(図-3参照)。地下水開発ポテンシャルが高い地域は5 l/sec以上の揚水量を示したMRDの試験井戸のあるヤングラ川流域地域である。バ川低地平野、バ台地、コロヌンブ台地、バティアーロウサ海岸平野、それにマタレブ台地の5地域は、一般的に井戸の能力が1~5 l/secの中ポテンシャル地域に分類される。調査地区の70%を占める山岳地域は標高が高くなるほど水位が深くなっている。地下水を利用できるのは地下水位が揚水可能な範囲にある場合で、地下水開発は標高100m以下の山地の裾野地域に限られる。試験井戸TW001の結果によれば、山地の裾野における地下水開発ポテンシャルは中位である。タバラウーラピラビ地域の一般的に井戸の能力は1~5 l/secであり、地下水開発ポテンシャルは中位であるが、海岸沿いのいくつかの管井戸の水質は海水侵入によって汚染されており、特に海岸地帯では新規の地下水開発は期待できない。残りのモト台地、タブア流域、ランブル海岸平野、ワイレブーナレワ海岸平野、そしてベナン川流域の5地域は、一般的に井戸の揚水能力が1 l/sec以下であり、一部の井戸では水道水源として適さない水質分析結果を示している。

4.3 地下水シミュレーション

上記の地下水地域の中から、人口や高い水需要を考慮して、バ川の右岸に位置する広さ75km²のバ台地を地下水収支の解析対象地域として選定した。第3章で述べたように、この地域の帯水層システムは地表から順に不圧帯水層、加圧層、そして被圧帯水層となっている。不圧地下水は本質的に雨水あ

るいは表流水の浸透によって涵養され、被圧水頭が自由地下水面より低い場合に直方向に加圧層あるいは不透水層を通過して被圧帯水層に移動する。被圧地下水は、水理勾配により帯水層を水平方向に流れる。

以上の水理地質構造を考慮して地下水涵養量の算定をタンクモデルによって行った。

地下水涵養量

タンクモデルは直列の2段目の底孔よりの流出を帯水層への涵養量として第3段目を帯水層とした。第3段目の横孔からの流出を他の地下水盆もしくは地表面からの流出とした（図-8参照）。

タンクモデルのシミュレーションのための入力条件は次表の通りである。

データ	入力条件
降水量	テイーセン・ポリゴンシステムによる推定値
蒸発量	蒸発パンの実測データ
検定域	バ台地 (75km ²)
検定データ	GW003 (浅井戸) の水位曲線図
検定期間	1993年1月1日より1994年5月31日まで

検定の結果、再現期間1年半の間における全降水量は2,750mmで蒸発量990mm、直接流出1,030mm、地下水への涵養730mmと推定される。前項までに検定されたモデルに水文基準年の降水量を入力し、各基準年における地下水涵養量を算定した。検定の結果1/2平水年における年間涵養量は554mm、10年確率渇水年の涵養量は296mmとなった。

地下水シミュレーション

解析モデルは、水理地質調査結果等を踏まえて準三次元モデルを用いることとし、解析プログラムは世界的に使用されている米国地質調査所製のMODFLOW/EMを使用した。

モデルの検定では、解析対象地域を一辺500mのメッシュで分割し、既往調査結果に基づき地

表面の高さ、透水量係数、透水係数、貯留係数等の数値を各メッシュにふり分けた。プログラムへの入力条件は次表の通りである。

地 表 面	1/50,000地図より読みとり
加 圧 層 上 面	浅井戸の掘削深度より推定
加 圧 層 下 面	深井戸のスクリーン上端深度より推定
基 盤	深井戸の掘削深度より推定
浅層地下水水位	浅井戸調査より推定
深層地下水水位	深井戸掘削時の測水記録より推定
揚 水 量	井戸調査（1993～1994）より算定
涵 養 量	タンクモデルの結果を入力
検 定 期 間	1993/1/1 ～ 1994/5/31
検 定 水 位	GW003（浅層地下水） TW004、TYW005、GW035（深層地下水）

この検定結果によると本地域の1993年1月～1994年5月における水収支状況は次のように推定された。

地下水涵養量	756mm
河川・海への流出量	710mm
地下水揚水量	3mm
貯留量変化	+44mm

解析領域では、河川・海への流出量が多く、その割合は涵養量の約94%を占める。一方、地下水揚水量の同割合は0.4%と低く、また浅層地下水から深層地下水への漏水量も涵養量の3.5%と低い。

予測解析と最適化

検定されたモデルに数パターンの揚水量を入力して地下水予測解析を実施した。また、簡易的な手法を用いて揚水量の最適化を行い、地下水開発可能量を算定した。検定されたモデルを用いて、以下の条件で予測解析を行い10のケースについて地下水開発可能量を推定した。

- 1 新規揚水井としては調査井TW004、TW005およびTW035* (MRD 所有) を活用する。
- 2 水文基準年は1/10渇水年 (1992年) とする。
- 3 深層地下水の地下水位低下で内陸に向かったの塩水化を生じないようにする。
- 4 井戸内の地下水位低下はスクリーン設置区間の50%までにおさえる。

* 井戸聞き取り調査の結果によると、解析領域内ではGW035付近で水需要が逼迫している。

解析を行った10ケースを以下に示す。

ケース	TW004	TW005	TW000	GW035	備 考
0	0	0	0	0	新規揚水量なし、現況平水年
1	0	0	0	0	新規揚水量なし、現況渇水年
2	209	166	0	346	揚水試験時の揚水量を入力
3	104	83	0	173	揚水試験時の1/2揚水量を入力
4	70	83	0	115	TW004、GW035の揚水量を揚水試験時の1/3として入力
5	70	126	0	115	TW005の揚水量を揚水試験時の3/4として入力
6	70	83	209	115	ケース4にTW000を追加
7	70	83	83	115	TW000の揚水量をケース6の2/5として入力
8	70	102	0	115	新規井戸3本における最適値
9	70	77	150	115	新規井戸4本における最適値

以上の予測解析の結果、本地域の新規開発可能量は新規開発井戸3本としたときには287m³/日、4本としたときには412m³/日と推定された。したがって、地下水シミュレーション結果より次の地下水開発計画が示された。

第一案：既存3試験井戸による最適揚水量

TW004	70m ³ /day
TW005	102m ³ /day
GW035	115m ³ /day
合 計	287m ³ /day

第二案：既存3試験井戸と新設井戸による最適揚水量

TW004	70m ³ /day
TW005	77m ³ /day
GW035	115m ³ /day
新設井戸	150m ³ /day
合 計	412m ³ /day

第5章 水需要

5.1 国家の方針

フィジー共和国の第9次開発計画では、水供給分野における最重要課題としてくり返される水不足を解消し、満足すべき安全で安定した水供給の確保を位置づけている。しかしながら具体的な水供給計画目標値（普及率：一日一人当たり給水計画量等）は設定されていない。フィジー政府の水供給実施機関であるPWDは国内における水供給の設計と計画のためにマニュアルを作成しており、その中で以下の原単位を提案している。

農村水道設計基準

160 lpcd	家庭専用栓
115 lpcd	共同栓（洗濯、料理、飲料、風呂用水量）
45 lpcd	共同栓（飲料、風呂用水量）

水道設計基準（案）

200 lpcd	市（スバ、ラウトカ）
150 lpcd	町

5.2 人口予測

人口予測は、1986年のセンサスを規準に1991年から2011年まで5年毎に行った。年間成長率は1976年と1986年のセンサスから推定した。この時期、調査地区の主要地であるバ・プロビンス、ラ・プロビンスは、他のプロビンスと比較して低い成長率である。調査地区の人口予測は第一にプロビンスを構成する行政単位であるテイキナ別に、更に都市部と農村部に分けて行った。次に、初期人口予測から得られた成長率を用い、都市部と農村部を含んだコミュニティの人口を算定した。調査地区の人口増加率は高中低の3シナリオを想定し、フィジー国の1976年から2011年までの推定自然増加率に調査地区の1976年から1986年までの人口移動率を加えたものを中シナリオとし、これの上下各20%をそれぞれ高シナリオ、低シナリオと設定した。ちなみにフィジー国の1986年から1991年までの人口増加率の中シナリオは0.94%、調査地区の1976年から1986年までの期間に対する平均人口増加率は1.14%である。調査地区の人口予測の結果は、以下のように要約される。

シナリオ	1991年	2011年
高	98,936	138,852
中	96,838	104,248
低	95,042	85,707

高シナリオの場合、都市部と農村部の人口は以下の如くに推定される。

地 域	1991年	2011年
都 市	19,673	21,161
農 村	79,263	117,691
計	98,936	138,852

5.3 現在の水消費量

PWDによる既存地域水道における生活用水の水消費量は、年毎に変化が大きく、1988年から1993年におけるその最大及び最小給水量は下記のように推計される。

町 名	給水量 (m ³ /day)	
	最 小	最 大
バ	1,986	4,394
タブア	1,220	1,311
ラキラキ	668	874

現在の水供給地域における生活用水の一日一人当りの給水量は、最大給水量を参考にして下記のように推定される。

バ	140 lpcd (都市部180lpcd、農村120lpcd)
タブア	120 lpcd
ラキラキ	120 lpcd

5.4 生活用水水需要予測

生活用水の水需要は、年毎の推計人口にそれぞれの年の原単位目標水量を乗じて1991年を現在として2011年まで5年毎に求められた。2011年における原単位水量はPWDの設計基準を参考に地域水道のある地域では、農村部も含めて160 lpcdとし、バの都市部のみを200 lpcdとした。地域水道のない地域では、インタビューサーベイによる80 lpcdを用いた。現在（1991年）の原単位水量は、第5.3章に示した数値を用い、1991年より2011年までの間は1991年と2011年の値を直線的に結び5年毎に配分した。この結果、2011年の生活用水需要はPWDの地域水道のある地域では、2011年の推計人口60,189人に対して生活用水需要量は10,170m³/day、また、1991年時点の人口は49,122人、水需要量は6,510m³/dayと推定される。PWDの地域水道のない地域での2011年の水需要量は、推計人口78,664人に対して6,290m³/day、1991年時点の人口49,814人に対して水需要量は3,990m³/dayと推計される。

5.5 商業用水需要予測

調査地区の商業用水の有効水量に対する比率は20～30%である。生活用水に対する商業用水の比率はバで20%、タブアで25%、ラキラキで43%である。現在の商業用水の推定需要水量は1,740m³/dayで、2011年には2,720m³/dayになると推定される。

第6章 全体給水開発計画

6.1 開発方針

前述の地下水資源評価、地下水シミュレーション結果より、本計画地域では限られた地域でしか地下水開発ポテンシャルが存在しないと判断される。よって、水不足問題が生じているすべての地域、村落に対して給水計画を立案することは不可能であるため、本計画での全体給水計画は以下の条件のもとに立案された。

- 1) 給水計画は、現在水供給計画が逼迫し、かつ地下水開発ポテンシャルが確認されている地区を選定した。
- 2) 計画規模（生産井の揚水量）決定には、地下水開発によって環境問題を引き起こさないことを配慮した。
- 3) 計画の生産井には、試験井としてJICA及びMRDによって掘削され、十分な水量が確認されたものを選定した。

各給水タイプは、給水対象地域の現況を考慮し、以下の4種類に区分される。

- － 村落給水計画（PWDの地域水道から独立した計画で井戸と配水池よりなり、村落だけを対象とし運営、継続、管理は村落が自主的に行う。）
- － 拡張給水計画（PWDの地域水道の一部を分担するもので、現在地域水道がない地域を対象として計画され、建設後の運営、継続、管理はPWDが行う。）
- － 拡充給水計画（特定の村落を対象とするものでなく、既存のPWDの配水池に新たな水源井より送水してPWDの現在の配水システムの量的拡充を行う。）
- － 緊急給水計画（困窮度が大きい村落へのPWDによる水タンカーでの緊急給水を上記3計画に含まれないJICA試験井を使用して乾期の半年間に行う。）

6.2 給水開発計画

上記条件を踏まえ、図-9に示した9給水計画が提案された。提案された9給水計画の概要を以下に示す。

計 画	型 式	給水人口 (人) *1	水源井	給水量 (m ³ /day)	建設費 (F\$) *2
ブツニ・クリーク	村落給水	314	TW001	60.0	384,567
ククレニワ	村落給水	230	TW008	45.0	284,629
バツヤカ	拡張給水	561	GW035	108.0	489,162
ハラント・リベ・イム(1)	拡充給水	*3	TW004 TW005	158.4	396,111
ハラント・リベ・イム(2)*4	拡充給水	*3	新井戸 TW004 TW005	273.6	579,236
ランブル	拡張給水	930	GW254	180.0	799,038
バイレカ	緊急給水	882	TW012	15.0	81,137
ヤラレブ	緊急給水	1,141	TW002	20.0	86,643
コロヌンブ	緊急給水	1,115	TW006	20.0	128,308

注記；*1: 2011年、*2: 既設井戸建設費込み、*3: 特定せず、*4: ハラント・リベ・イム(1)の代替案

6.3 事業費積算

各計画に基づき、既存1/50,000地形図及び現地踏査を基に概略設計を行い、以下の条件で建設コストを算定した。

- 1) 価格は1994年12月を基準とする。
- 2) 交換レートは1.0米ドル=100円、1.0フィジードル=70円とする。
- 3) エンジニアリング、サービスは直接工事費の10%とした。
- 4) 物的数量に対する予備費は直接工事費の15%とした。
- 5) VATは建設資機材費の10%とした。
- 6) 輸入税はF/Cの建設資機材費の10%とした。
- 7) 価格予備費は諸経費を含めたL/C価格の5%とF/C価格の3%を見込んだ。
- 8) 用地収用費は土地局の標準価格による。

各計画の主要施設諸元を表-5 に、建設コストを6.2章の給水計画の表に示す。建設コストは、1994年12月の外資交換率から換算し外貨分・内貨分に分けられ、直接工事費、用地収用費、技術料、各種税

金、各種予備費等からなる。また、各計画の建設費は井戸建設費を含むものと含まないものの2ケースについて算定した6.2章の表の建設費には、各計画の対比のために井戸建設費を含む数字となっている。また、運営・管理費については、別途積算した。

6.4 社会経済評価

9給水計画について、優先順位を求めるために社会経済評価を行った。社会経済評価は、計画の建設以前と以後の差で対比した。

本計画の経済評価は、以下に示す条件で行った。

- 1) VAT、取得税等は経済コストや便益に含まない。
- 2) インフレ率は考慮しない。
- 3) 建設開始は1996年の初頭とする。
- 4) 評価分析の対象期間は工事完成後30年間とする。

経済便益は以下の3つの条件で行った。

1) 時間節約による便益

水道がないために水汲みに費やす時間を水道ができることによって節約可能となる。このことは水くみの時間に生産活動することが可能となる。これによって現金収入等の便益を得る。

2) 緊急給水コストの軽減による便益

水不足地域では水タンカーによる給水が実施されており、水道が完成すればこれらにかかる人件費、運搬コスト等が軽減される。

3) 供給量の増加による便益

これは拡充計画における評価手段とした現在の地域水道で水不足のときに減収する便益を補うことによって便益を得る。

9つの計画の経済内部収益率（EIRR）及び純現在価値は上記に示した経済便益及び費用より下記の通りである。

計 画	EIRR (%)	現在価値 (F\$) *		
		費	用 便 益	Net
1. プツニクリーク	2.51	343,101	162,102	-180,939
2. ククニレワ	-0.67	262,289	89,535	-172,753
3. バツヤカ	1.64	460,626	207,772	-252,854
4. バランドリーベイサル(1)	-1.00	422,855	56,073	-366,782
5. バランドリーベイサル(2)	-1.00	643,558	96,849	-546,710
6. ランプル	13.59	727,232	979,915	252,684
7. バイレカ	-1.00	646,086	428,385	-217,704
8. ヤラレブ	-1.00	938,603	719,445	-219,158
9. コロヌンブ	-1.00	972,707	470,677	-502,064

* 割引率：10%

分析の結果、ランブル計画の経済的內部収益率（EIRR）は13.59%で一番高い値を示した。これについてプツニ・クリーク計画の2.51%、バツヤカ計画の1.64%となった。これらの差は住民の収入や現状の水供給の状況による。

表-6 にしめした各計画の年ごとの経済的便益・費用比較表によれば、ククニレワのEIRRはマイナスであるが、建設後の毎年の経済的便益は毎年の経済的運営維持費を越えており、運営・維持は経済的に実現可能である。他の5の計画については、運営維持費が便益を上まわり、その実現性は経済的に困難と思われる。

6.5 環境への影響

給水水源として地下水開発実施による環境への影響として、地盤沈下、海水侵入、既設井戸への干渉、水質汚染、飲料水についての適否が評価された。その結果適正な地下水開発の範囲では問題は発生しないとされた。しかし、飲料水としては、一部の井戸（TW002、TW05、TW006S）でWHOの飲料水水質規準を越えており、若干の水処理を行う必要がある。

第7章 優先給水開発計画

7.1 優先給水計画の選定

6章で提案された9給水計画について行った評価・結果に基づき、評価の高い4計画を全体給水計画のうち順位の高いものとして先ず選定し、MRD、PWDと協議の上、以下の3計画を優先給水計画と位置づけ、より詳細に検討した。

- プツニ村落給水計画
- バツヤカ拡張給水計画
- ランプル拡張給水計画

7.2 設計基準

上記3計画の概略設計をPWDの設計基準を参考にして行った。送水管と配水管は原則としてUPVCパイプを使用し、河川の横断には亜鉛メッキ鉄管を使用した。パイプの口径は水理計算により50mm、75mm、100mm、150mm、の4種類を使用した。空気弁を配管ルートの各凸部に、仕切弁を各パイプの終点およびジョイント部分に設置した。配水池は、鉄筋コンクリート製で有効水深3mとし、塩素消毒装置を付設した。

7.3 給水開発計画

3給水計画の概念図を図-10に示す。各計画の概要を以下に記述する。

プツニ・クリーク村落給水計画

TW001水源井から揚水量0.84 l/secの地下水を運転時間20時間/日で水中モーターポンプによりくみあげ、口径75mmの送水管により井戸より約250m西に位置する容量75m³の配水池へ送水し、そこから自然流下によりプツニ道路沿いの配水管を通り計画給水人口314人（2011年時）に給水する。

バツヤカ拡張給水計画

GW035水源井から揚水量1.5 l/sec、の運転時間20時間/日で水中モーターポンプにより揚水した地下

水を口径75mmの送水管を通り村落の北西に位置する容量135m³の配水池へ圧送する。配水管は、給水区域内のダロ、ソロコンバ、カイザ道路沿いに敷設され、2011年時の計画給水人口563人に給水される。

ランブル拡張給水計画

ヤンガラにあるMRDの既設井戸からポンプ容量2.5 l/secで1日運転時間20時間/日の水中モーターポンプにより揚水された地下水を口径100mmの送水管で村落の北東部に位置する配水池（容量230m）へ送水する。配水管は口径150mm、100mm、75mmから成り、キングス道路沿いには送水管と並行して埋設される。2011年における計画給水人口は930人である。

7.4 事業実施計画

3給水計画の実施計画を次のように算定した。まず、1995年5月の調査完了後に財政的準備を開始し、1996年の1月までに土地収用を終了させ、1996年1月より詳細設計が開始される。水供給を1996年または1997年初に開始できるように詳細設計に引き続き工事を開始し、1996年の中に建設は完了される。

各計画の事業実施計画を図-11～図-13に示す。

7.5 維持・管理計画

給水施設建設後、水供給が円滑に行われるためには、通常の日、週、月単位の定期的な施設の点検、管理が必要となる。3つの計画について以下に維持・管理計画を示す。

ブツニ・クリーク村落給水計画

ブツニ・クリーク計画は、建設後6カ月間PWDによって維持・管理された後、施設全体がブツニ・クリーク村落に移管され、村落自体でその後維持・管理を行わなければならない。従ってPWDより村落に施設が移管後も水供給を円滑に行っていくためには、しっかりした維持・管理計画を立案し、実施していく必要がある。このためにブツニ・クリーク計画にはPWD維持・管理中の6カ月間に以下を実施するよう提案する。

- PWDによるセミナーの開催
- PWDによるO&Mマニュアルの作成
- 水組合の設立

バツヤカ拡張計画とランブル拡張計画

バツヤカ、ランブル両計画は、建設後PWD地域水道の一部として機能することとなり、水供給施設の維持・管理はPWDによって行われる。PWDにより現在実施されている維持管理には特に問題なく、現在の維持・管理方法が両計画に対して行われれば、水供給は支障なく機能されることが判断される。

7.6 事業費積算

3つの優先給水計画の建設コストは、概略設計によって決められた各水供給施設の数量、工事単価を基に算定した。積算基準は6.3章 事業費積算と同じとした（ただし、物的数量予備費は10%）。下に示した事業費にはすでに完成している井戸の建設費は含まれていない。

計 画	内 貨	外 貨	計
ブツニ・クリーク	206,728	43,983	320,711
バツヤカ	407,796	56,543	464,339
ランブル	669,247	87,703	756,950
計	1,353,771	188,139	1,541,910

建設費の詳細を表-7～表-9に示す。

1997年における運営管理費は以下の通りである。

計 画	内 貨	外 貨	計
ブツニ・クリーク	2,137	588	2,725
バツヤカ	5,636	612	6,248
ランブル	4,866	732	5,598

運営・管理費の詳細を表-10に示す。

第8章 事業評価

8.1 経済評価

3優先計画の内ランブル計画は表-11 (3) によればEIRRが13.83%と高く、経済的に実現可能である。これは時間費用節約の効果が大きいことによる。ブツニ計画とバツヤカ計画のEIRRは表-11 (1) と表-11 (2) によれば、各2.61%と1.25%で非常に低く、経済的に実現性は困難であるが、しかし、両計画を実施することにより、計量化されていない便益として現在の深刻な水不足の解消、安全な水の安定供給の実現、住民のよりよい健康の確保が実現可能となる。

8.2 財務分析

財務分析は、地域水道としてPWDが運営することになるバツヤカ計画とランブル計画についてのみ実施した。その結果、本計画を実施した場合、FIRRがマイナスになる主な原因は、表-12と表-13に示した様に水道事業による収入が現行の水道料金でも、また将来段階的に物価上昇に比例して上げたとしても非常に低いことにある。これは水道料金の絶対値（6人家族で原単位水量を120 lpcdとして1ヶ月で約2.6フィジードル）がきわめて低いということに原因がある。しかしながら、世帯毎の月平均収入は約124フィジードル（約8,680円）と非常に低く、水道料金の世帯収入に占める割合は約2.0%と決して低くない。従って、水道料金を表-13に示した以上に上げることは妥当でなく、水道料金徴収のみによる経営は成立しない。

8.3 事業評価

3優先計画地区は、本格的な水道施設が普及しておらず、特に乾期において生活用水の供給量が乏しく、飲料水の確保のために多くの時間を費やしている。これらの地区は、サトウキビを栽培している農業地域であり、世帯毎の月平均収入は、ランブル地区で46フィジードル、ブツニ・クリーク地区で64フィジードルとなっており、ランブル地区を除いて収入が非常に低い。このためバツヤカ計画とブツニ・クリーク計画ではEIRRが非常に低くなっている。

財務分析を行ったランブル計画とバツヤカ計画では、FIRRはマイナスを示したが、これは水道料金

が低いことによる。表-12と表-13に示した年ごとの収入費用比較表によれば、財務的実現性を期待するには、物価上昇を考慮しない場合で現行水道料金を約7倍以上に、段階的に物価上昇に比例して上げた場合には約5倍上げる必要となる。現行の水道料金が家庭収入に占める割合はランブル地区で約1%、パツヤカ地区で約5%であり、もし上げることになれば5倍でも世帯収入の約5~25%となる。これに世界銀行の設定する一世帯当りの収入に対する適正な水の価格の比率(3~5%)を考慮すると、世帯収入に対して適正な水道料金とはいえない。

しかしながら両計画を実施することで地域水道を拡張することが可能で、更に合せて約1,500人に水を供給することができる。このため、例え財務的に実現性が困難であっても、水の乏しい低所得層への給水は社会的に大きな意義がある。

第9章 環境評価

3つのスキームについては、地盤沈下、水質の汚染、海水の混入は地下水の適正な使用を行えば問題ない。ただし、ランブル・スキームについては、水源井戸（GW254）の水位回復状況が正常でないので、水位の観測をよく行う必要がある。

第10章 結論と勧告

調査地区はよく固結した第三紀の玄武岩質岩と堆積岩よりなり、破碎部が帯水層となっている。調査地区は水理地質的性質から13の地域に区分された。帯水層の透水量係数は非常に小さく、中ないし高ポテンシャルの地域でも代表的な試験井戸の揚水量は1~5 l/secである。既設の試験井戸を用いた9つの給水計画が全体給水開発計画として計画された。9つの内より3つが経済評価により優先給水計画として選定された。3つの給水計画、即ちブツニ・クリーク、バツヤカ、ランブルは、EIRRがプラスで、年間の経済的便益は事業期間中の年間の経済的運営・管理費を越えるが、FIRRはマイナスである。

プロジェクト評価の結果3つの給水計画は、ランブルを除いてEIRRも比較的低く、財務分析的にはまったく成り立たないが、計画地区における現在の飲料水の供給状況は本格的な水道施設がないために非常に貧弱で、飲料水源は個別の井戸や屋根による雨水集水とタンクでの貯留、小さなクリークからの取水等に頼っている。しかし、大部分の水源は乾期には雨水からの涵養量が減少して井戸では水位低下、クリークでは流量不足等毎年深刻な水不足が生じている。雨水貯留は乾期には当然期待できず、またクリークでは水質の汚染が問題となっている。これらの点から、優先的に選定された3つの地域について給水計画を実施することは保健衛生、民生向上の点からも意義がある。

また、フィジー国政府は2000年を目標とする国家開発戦略の中で「安全な水の安定供給」を最重要の課題として位置付けている。そのための水道事業はPWDが国レベルで実施している。PWDは調査地区でも地域水道の拡張を計画しており、更に村落給水の建設における財政補助をすでに実行している。従って、今次調査で計画された3つの給水計画の実施にあたって、建設はPWDの予算によって進めていくことが望ましい。施設完成後は、バツヤカとランブルは既存のPWDの地域水道に含めてPWDが直轄で運営・管理し、また、小規模なブツニ・クリークは村落のコミュニティによる運営・管理方式をとることが望ましい。

調査地区全体の水供給を満足する水源として、地下水開発は十分な安定した水源とはなり得ない。一方、地域内主要河川の表流水開発ポテンシャルは本調査での水文解析結果より高いと判断される。バ川の表流水は中流域のトンゲ付近で水文データ及び地質資料から河川維持流量に影響を与えず取水が可能で、将来的にバ地域を含めた北西ヴィティ・レヴの水資源として生活用、工業用、観光用、農業用等に開発可能と判断される。地下水を長期的に使用するためには、適正な開発量を守る必要がある。

附表

11

表.1 管井戸推定揚水量

No. Groundwater district	Number of pumping boreholes	Average yield (l/s)	Average pumping time (hour/day)	Daily abstraction amount (cu.m/day)	Average abstraction amount per borehole (cu.m/day/hole)
1 Mountainous Area	0	0	0	0	0.00
2 Tavarau-Raviravi Coastal Plain	125	0.55	1.25	199	1.59
3 Ba River Lower Plain	0	0	0	0	0.00
4 Moto Uplands	6	0.35	1.19	8	1.31
5 Koronubu Uplands	16	0.66	1.84	122	7.62
6 Ba Uplands	49	0.67	2.25	320	6.52
7 Vatia-Lousa Coastal Plain	41	0.48	2.03	109	2.66
8 Mataleveu Uplands	27	0.38	1.01	30	1.09
9 Tavua Basin	61	0.49	1.20	99	1.63
10 Rabulu Coastal Plain	15	0.52	1.04	21	1.40
11 Yaqara River Basin	0	0	0	0	0.00
12 Wailevu- Narewa Coastal Plain	4	0.55	0.39	3	0.71
13 Penang River Basin	10	0.76	0.84	23	2.28
Total	354			933	2.64

表-2 バ地域水道の水源別配水量

Month	From January to December 1993							
	Unit : cu.m							
	Yield of borehole* (GW034)	Yield of borehole* (GW036)	Yield of borehole* (GW004)	Yield of borehole* (GW181)	Total Yield of boreholes	Distribution amount of surface water**	Total distribution amount	Ratio of groundwater (%)
1	5,346	1,467	0	0	6,813	250,000	256,813	2.65
2	5,560	1,276	40	0	6,876	244,000	250,876	2.74
3	6,629	1,404	3,070	0	11,103	256,000	267,103	4.16
4	5,929	1,531	3,300	696	11,456	234,000	245,456	4.67
5	6,629	1,340	3,410	5,032	16,411	232,000	248,411	6.61
6	6,357	1,850	3,190	1,520	12,917	240,000	252,917	5.11
7	5,988	1,679	2,615	368	10,650	251,000	261,650	4.07
8	6,017	1,044	2,500	4,256	13,817	228,000	241,817	5.71
9	6,415	1,633	2,200	1,600	11,848	251,000	262,848	4.51
10	428	1,763	665	1,252	4,108	242,000	246,108	1.67
11	0	1,360	0	3,020	4,380	206,000	210,380	2.08
12	1,497	1,634	40	3,816	6,987	275,000	281,987	2.48
Total	56,794	17,981	21,030	21,560	117,365	2,909,000	3,026,365	3.88

Note: *; Estimated from pump operation records of Ba PWD
 **; Based on data of PWD western divisional office, Lautoka

表3 試験井戸水質分析表 (1)

Sampling date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sample No.	TW001	TW002	TW003	TW004	TW005	TW006	TW006A	TW006S	TW008	TW009
Sample Name										
Water Temperature	27.8	29.0	28.7	26.9	26.1	27.5	27.6	26.7	27.7	29.6
pH	8	7.11	9.08	6.68	5.88	8.1	7.87	7.8	7.03	7.12
Electric Conductivity	115	138	447	188	54	1400	784	590	320	548
Alkalinity	13	25	68	35	5	250	91	92	167	101
Ca. Hardness	19	24	68	40	6	215	141	115	165	136
Total Hardness	25	45	128	65	18	325	170	170	275	179
Mg. Hardness	6	21	60	25	12	110	29	55	110	43
Sodium (Na)	3.0	8.0	14.0	10.0	4.0	116.0	74.0	35.5	4.6	43.0
Potassium (K)	0.130	0.348	0.609	0.435	0.174	5.044	3.218	1.544	0.200	1.870
	0.7	1.3	2.1	1.8	0.9	1.1	2.3	2.1	0.7	3.7
	0.018	0.033	0.054	0.046	0.022	0.027	0.059	0.054	0.018	0.095
Calcium (Ca)	7.6	9.6	27.2	16.0	2.4	86.1	56.5	46.0	66.1	54.5
	0.380	0.480	1.359	0.799	0.120	4.296	2.817	2.298	3.297	2.717
Magnesium (Mg)	1.5	5.1	14.6	6.1	2.9	26.7	7.0	13.4	26.7	10.4
	0.120	0.420	1.199	0.500	0.240	2.198	0.579	1.099	2.198	0.859
Chloride (Cl) ⁻	5.0	6.0	65.0	6.0	6.0	170.0	110.0	53.0	7.0	70.0
	0.141	0.169	1.833	0.169	0.169	4.794	3.102	1.495	0.197	1.974
Bicarbonate (HCO ₃)	15.8	30.5	82.9	42.7	6.1	304.8	110.9	112.2	203.6	123.1
	0.260	0.500	1.359	0.699	0.100	4.995	1.818	1.838	3.337	2.018
Sulfate (SO ₄)	16	23	15	49	17	123	90	91	97	100
	0.333	0.479	0.312	1.020	0.354	2.561	1.874	1.895	2.020	2.082
Total Cations	0.648	1.280	3.220	1.780	0.555	11.564	6.673	4.994	5.712	5.541
Total Anions	0.734	1.148	3.504	1.889	0.623	12.350	6.794	5.227	5.554	6.074
Difference	-0.086	0.133	-0.284	-0.109	-0.068	-0.786	-0.121	-0.234	0.159	-0.533
Ionic Balance	6.23	5.46	4.22	2.98	5.75	3.29	0.90	2.28	1.41	4.59
Silica (SiO ₂)	4.90	28.00	10.60	46.00	4.90	21.60	42.80	49.40	77.60	33.40
TDS (Measured)	62	75	300	120	78	830	490	380	220	320
(Calculated)	50	83	221	132	39	828	451	353	406	405
Difference	12	-8	79	-12	39	2	-39	27	-186	-85
Na+K	22.9	29.8	20.6	27.0	35.2	43.8	49.1	32.0	3.8	35.5
Ca+Mg	77.1	70.2	79.4	73.0	64.8	56.2	50.9	68.0	96.2	64.5
Cl+SO ₄	64.6	56.5	61.2	63.0	84.0	59.6	73.2	64.8	39.9	66.8
Mg	18.5	32.8	37.2	28.1	43.2	19.0	8.7	22.0	38.5	15.5
Ca	58.6	37.5	42.2	44.9	21.6	37.1	42.2	46.0	57.7	49.0
pH4.8Bx	35.4	43.5	38.8	37.0	16.0	40.4	26.8	35.2	60.1	33.2
Cl	19.2	14.7	52.3	9.0	27.2	38.8	45.7	28.6	3.6	32.5
SO ₄	45.4	41.7	8.9	54.0	56.8	20.7	27.6	36.2	36.4	34.3

表3 試験井戸水質分析表 (2)

Sampling date	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sample No.	TW010	TW011	TW012							
Sample Name	A4									
Water Temperature	30.0	28.4	28.5							
pH	8.41	7.09	8.03							
Electric Conductivity	320	148	230							
Alkalinity	67	50	59							
Ca Hardness	77	70	54							
Total Hardness	119	140	77							
Mg Hardness	42	70	23							
Sodium (Na)	7.0	7.0	8.5							
Potassium (K)	0.304	0.304	0.370							
	0.8	0.2	0.3							
	0.020	0.005	0.008							
Calcium (Ca)	30.8	28.0	21.6							
	1.538	1.399	1.079							
Magnesium (Mg)	10.2	17.0	5.6							
	0.839	1.399	0.460							
Chloride (Cl)	9.5	10.0	11.0							
	0.268	0.282	0.310							
Bicarbonate (HCO3)	81.7	61.0	71.9							
	1.339	0.999	1.179							
Sulfate (SO4)	66	108	30							
	1.374	2.249	0.625							
Total Cations	2.702	3.107	1.916							
Total Anions	2.981	3.530	2.114							
Difference	-0.278	-0.423	-0.198							
Ionic Balance	4.90	6.37	4.91							
Silica (SiO2)	52.10	68.60	21.60							
TDS (Measured)	200	160	160							
(Calculated)	206	231	149							
Difference	-6	-71	11							
Na+K	12.0	10.0	19.7							
Ca+Mg	88.0	90.0	80.3							
Cl+SO4	55.1	71.7	44.2							
Mg	31.1	45.0	24.0							
Ca	56.9	45.0	56.3							
pH4.8Bx	44.9	28.3	55.8							
Cl	9.0	8.0	14.7							
SO4	46.1	63.7	29.6							

表一4 調査地区の地下水資源ポテンシャル

Region No.	Region	Geology	Straigraphic division	Aquifer	Transmissivity m ² /day	Specific capacity (l/s/m)	Well yield (l/sec.)	Electric conductivity (MS/cm)	JICA & MRD well	Groundwater development potential*
1.	Mountainous Area	Basalt, andesite, andesitic breccia sandstone, and conglomerate	Ba series Koroimavua and Suva series	Weathered fractured rock	<40	<0.49	<3	115	TW001	Poor, locally medium
2.	Tavara-Raviravi Coastal Plain	Augite and hornblende andesite	Ba series	Fractured rock	1-285	0.02-4.35	0.1-5.4	180-1,793	GW043 GW044	Poor, locally medium
3.	Ba River Lower Plain	Alluvial and terrace deposits	Quaternary	Sand and gravel deposits	<20	0.26-0.59	<2	138	TW002	Medium, locally poor
4.	Moto Uplands	Tuffaceous sandstone, mudstone, and tuff	Ba series	Fractured sandstone	0.1-0.3	0.01-0.03	<0.7	30-740	TW003	Poor
5.	Koronubu Uplands	Tuffaceous sandstone, mudstone, and tuff	Ba series	Fractured mudstone	1-50	0.05-0.63	<2	500-1,400	TW006	Poor, locally medium
6.	Ba Uplands	Basalt and basaltic breccia	Ba series	Fractured and weathered rock	5-140	0.11-0.44	0.3-4.8	30-650	TW004 TW005 GW035	Medium
7.	Vava-Lousa Coastal Plain	Basalt, hornblende andesite lava	Ba series, Vava series	Fractured rock and lava flow	1-96	0.67-2.25	0.2-8.0	240-920	GW042	Poor, locally medium
8.	Matalevu Uplands	Basalt and basaltic breccia	Ba series	Fractured rock and lava flow	1-122	0.16-3.0	0.1-3.0	200-500	TW008 GW030	Medium
9.	Tavua Basin	Basalt, biotite, and augite andesite, tuff	Ba series, Tavua series	Fractured rock	0.1-5	0.03-0.05	0.1-0.8	130-1,200	TW009	Poor
10.	Rabulu Coastal Plain	Basalt and basaltic breccia	Ba series	Fractured rock	0.1-5	0.005-0.05	0.1-1.8	80-860	TW010	Poor
11.	Yaqara River Basin	Basalt, agglomerate	Ba series	Fissured rock and lava flow	800-2,600	<19	<15	130-330	GW013 GW014 GW254	Excellent
12.	Wailevu-Narewa Coastal Plain	Chloritized tracky basaltic volcanic rocks	Ba series	Fractured rock	0.5-1	0.03-0.05	0.4-0.8	320-630	-	Poor
13.	Penang River Basin	Basalt, chloritized tracky basaltic volcanic rocks	Ba series	Weathered and fractured rock	0.1-7	0.05-0.07	0.2-1.2	150-530	TW011 TW012	Poor

*Note: Excellent: Potential yield of boreholes is more than 5.0 l/s, Transmissivity is more than 200 m²/day

Medium: Potential yield of boreholes is from 1.0 to 5.0 l/s, Transmissivity is from 20 to 200 m²/day

Poor: Potential yield of boreholes is less than 1.0 l/s, Transmissivity is less than 20 m²/day

Water quality is taken into consideration in the evaluation of the potential.

表5 開発計画の給水施設の主緒元

Item	Scheme No.		1		2		3		4		5		6		7		8		9			
	Yunani creek community	Kukunirewa community	Vanyaka expansion	Varadoli-Veisaru supplemental (1)	Varadoli-Veisaru supplemental (2)	Rabuhu expansion	Vaileka emergency	Yalalevu emergency	Koronubu emergency	TW001	TW008	GW035	TW004	TW005	TW004	TW005	TW000	GW254	TW012	TW002	TW006	
Well	No.																					
	Elevation(m)	62.2	57.76	35.1	40.92	17.76	40.92	17.76	40.92	38	15	20	7.2	7.2	35							
	Diameter(mm)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	150	150	150	150							
	Depth(m)	76	74.45	45	75.3	72	75.3	72	75.3	70	38.3	74.45	35	18.80								
Submersible pump	Diameter (inch or mm)	1 1/4" or 32	1 1/2" or 40	1 1/2" or 40	1 1/4" or 32	1 1/2" or 40	1 1/4" or 32	1 1/2" or 40	1 1/4" or 32	2" or 50	2" or 50	1 1/4" or 32	2" or 50	2" or 50	2" or 50							
	Pumping discharge (l/s)	0.84	1.3	1.5	0.8	1.4	0.8	1.0	1.0	2.0	2.5	1.0	2.0	2.0								
	Pumping head (m)	102	129	111	74	70	74	68	70	70	104	50	40	20								
	Pumping hours (hr)	20	9.62	20	20	20	20	20	20	20	20	4.2	2.8	2.8								
	Electric capacity (kw)	1.5	3.7	3.7	1.1	1.5	1.1	1.5	1.5	2.2	5.5	1.1	1.5	1.1								
Transmission pipe	Material	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC							
	Diameter (mm)	75	75	75	75	75	75	75	75	100/75	100	100	100	100								
	Length (m)	400	1,100	3,950	6,100	6,100	6,100	5,500/1,200	5,500/1,200	6,800	6,800	230	65	62								
Service reservoir	Storage volume (cu.m)	75	60	135																		
	HWL (m)	113	143	93																		
	LWL (m)	110	140	90																		
Distribution pipe	Material	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC	UPVC							
	Diameter (mm)	75	75/50	100/75/50																		
	Length (m)	4,600	1,600/1,500	1,550/3,250/400																		
Booster pump	Pumping discharge (l/s)				4.6					8.0												
	Pumping head (m)				22					22												
	Electric capacity (kw)				2.2					3.7												
Water Treatment Facility	Items of Water quality exceeded the drinking water standard	service reservoir chlorination	service reservoir chlorination	service reservoir chlorination	existing service reservoir mixing with reserved water & chlorination	existing service reservoir mixing with reserved water & chlorination	existing service reservoir mixing with reserved water & chlorination	existing service reservoir mixing with reserved water & chlorination	existing service reservoir mixing with reserved water & chlorination	existing service reservoir mixing with reserved water & chlorination	service reservoir chlorination	service reservoir chlorination	well chlorination	well chlorination	well pre-chlorination & direct filtration							
	Place to be treated																					
	Treatment method																					

Remarks: TW000 : proposed to be newly constructed

 : existing system


 : to be distributed by truck

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(1)

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(2)

Vutuni Creek(B-63)					Unit:F\$
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	347,100	0	347,100	0
2	1997	0	1,900	1,900	16,236
3	1998	0	2,037	2,037	16,548
4	1999	0	2,174	2,174	16,867
5	2000	0	2,311	2,311	17,191
6	2001	0	2,449	2,449	17,522
7	2002	0	2,586	2,586	17,859
8	2003	0	2,723	2,723	18,203
9	2004	0	2,860	2,860	18,553
10	2005	0	2,997	2,997	18,910
11	2006	0	3,134	3,134	19,274
12	2007	0	3,271	3,271	19,645
13	2008	0	3,409	3,409	20,023
14	2009	0	3,546	3,546	20,408
15	2010	0	3,683	3,683	20,801
16	2011	0	3,820	3,820	21,201
17	2012	0	19,430	19,430	21,434
18	2013	0	3,820	3,820	21,670
19	2014	0	3,820	3,820	21,908
20	2015	0	3,820	3,820	22,149
21	2016	0	3,820	3,820	22,393
22	2017	0	3,820	3,820	22,639
23	2018	0	3,820	3,820	22,888
24	2019	0	3,820	3,820	23,140
25	2020	0	3,820	3,820	23,395
26	2021	0	3,820	3,820	23,652
27	2022	0	3,820	3,820	23,912
28	2023	0	3,820	3,820	24,175
29	2024	0	3,820	3,820	24,441
30	2025	0	3,820	3,820	24,710
31	2026	0	3,820	3,820	24,982
Total		347,100	115,810	462,910	626,728
		EIRR(%) 2.51			
		PV(F\$) Cost		Benefit NPV	
for Dis.Rate of 10%		343,101	162,162	-180,939	

Kukunirewa(T-13)					Unit:F\$
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	256,511	0	256,511	0
2	1997	0	1,800	1,800	8,505
3	1998	0	1,974	1,974	8,729
4	1999	0	2,149	2,149	8,959
5	2000	0	2,323	2,323	9,194
6	2001	0	2,497	2,497	9,436
7	2002	0	2,671	2,671	9,685
8	2003	0	2,846	2,846	9,940
9	2004	0	3,020	3,020	10,201
10	2005	0	3,194	3,194	10,470
11	2006	0	3,369	3,369	10,745
12	2007	0	3,543	3,543	11,028
13	2008	0	3,717	3,717	11,319
14	2009	0	3,891	3,891	11,617
15	2010	0	4,066	4,066	11,922
16	2011	0	4,240	4,240	12,236
17	2012	0	20,770	20,770	12,368
18	2013	0	4,240	4,240	12,502
19	2014	0	4,240	4,240	12,637
20	2015	0	4,240	4,240	12,773
21	2016	0	4,240	4,240	12,911
22	2017	0	4,240	4,240	13,051
23	2018	0	4,240	4,240	13,192
24	2019	0	4,240	4,240	13,334
25	2020	0	4,240	4,240	13,478
26	2021	0	4,240	4,240	13,624
27	2022	0	4,240	4,240	13,771
28	2023	0	4,240	4,240	13,920
29	2024	0	4,240	4,240	14,070
30	2025	0	4,240	4,240	14,222
31	2026	0	4,240	4,240	14,375
Total		256,511	125,430	381,941	354,215
		EIRR(%) -0.67			
		PV(F\$) Cost		Benefit NPV	
for Dis.Rate of 10%		262,289	89,535	-172,753	

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(3)

Vatuyaka(B-57)		Unit:F\$			
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	442,300	0	442,300	0
2	1997	0	4,940	4,940	20,368
3	1998	0	5,158	5,158	20,825
4	1999	0	5,376	5,376	21,292
5	2000	0	5,594	5,594	21,770
6	2001	0	5,811	5,811	22,259
7	2002	0	6,029	6,029	22,758
8	2003	0	6,247	6,247	23,269
9	2004	0	6,465	6,465	23,791
10	2005	0	6,683	6,683	24,325
11	2006	0	6,901	6,901	24,871
12	2007	0	7,119	7,119	25,430
13	2008	0	7,336	7,336	26,000
14	2009	0	7,554	7,554	26,584
15	2010	0	7,772	7,772	27,180
16	2011	0	7,990	7,990	27,790
17	2012	0	24,160	24,160	28,046
18	2013	0	7,990	7,990	28,304
19	2014	0	7,990	7,990	28,564
20	2015	0	7,990	7,990	28,827
21	2016	0	7,990	7,990	29,092
22	2017	0	7,990	7,990	29,360
23	2018	0	7,990	7,990	29,630
24	2019	0	7,990	7,990	29,903
25	2020	0	7,990	7,990	30,178
26	2021	0	7,990	7,990	30,456
27	2022	0	7,990	7,990	30,736
28	2023	0	7,990	7,990	31,019
29	2024	0	7,990	7,990	31,304
30	2025	0	7,990	7,990	31,592
31	2026	0	7,990	7,990	31,883
Total		442,300	232,995	675,295	807,409
EIRR(%)		1.64			
PV(F\$)		Cost	Benefit	NPV	
for Dis.Rate of 10%		460,626	207,772	-252,854	

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(4)

Varadori-Veisaru(1)		Unit:F\$			
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	353,903	0	353,903	0
2	1997	0	11,800	11,800	6,543
3	1998	0	11,800	11,800	6,543
4	1999	0	11,800	11,800	6,543
5	2000	0	11,800	11,800	6,543
6	2001	0	11,800	11,800	6,543
7	2002	0	11,800	11,800	6,543
8	2003	0	11,800	11,800	6,543
9	2004	0	11,800	11,800	6,543
10	2005	0	11,800	11,800	6,543
11	2006	0	11,800	11,800	6,543
12	2007	0	11,800	11,800	6,543
13	2008	0	11,800	11,800	6,543
14	2009	0	11,800	11,800	6,543
15	2010	0	11,800	11,800	6,543
16	2011	0	11,800	11,800	6,543
17	2012	0	11,800	11,800	6,543
18	2013	0	11,800	11,800	6,543
19	2014	0	11,800	11,800	6,543
20	2015	0	11,800	11,800	6,543
21	2016	0	11,800	11,800	6,543
22	2017	0	11,800	11,800	6,543
23	2018	0	11,800	11,800	6,543
24	2019	0	11,800	11,800	6,543
25	2020	0	11,800	11,800	6,543
26	2021	0	11,800	11,800	6,543
27	2022	0	11,800	11,800	6,543
28	2023	0	11,800	11,800	6,543
29	2024	0	11,800	11,800	6,543
30	2025	0	11,800	11,800	6,543
31	2026	0	11,800	11,800	6,543
Total		353,903	354,000	707,903	196,290
EIRR(%)		Negative			
PV(F\$)		Cost	Benefit	NPV	
for Dis.Rate of 10%		422,855	56,073	-366,782	

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(5)

Varadori-Veisaru(2)		Unit:F\$			
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	517,679	0	517,679	0
2	1997	0	20,180	20,180	11,301
3	1998	0	20,180	20,180	11,301
4	1999	0	20,180	20,180	11,301
5	2000	0	20,180	20,180	11,301
6	2001	0	20,180	20,180	11,301
7	2002	0	20,180	20,180	11,301
8	2003	0	20,180	20,180	11,301
9	2004	0	20,180	20,180	11,301
10	2005	0	20,180	20,180	11,301
11	2006	0	20,180	20,180	11,301
12	2007	0	20,180	20,180	11,301
13	2008	0	20,180	20,180	11,301
14	2009	0	20,180	20,180	11,301
15	2010	0	20,180	20,180	11,301
16	2011	0	20,180	20,180	11,301
17	2012	0	20,180	20,180	11,301
18	2013	0	20,180	20,180	11,301
19	2014	0	20,180	20,180	11,301
20	2015	0	20,180	20,180	11,301
21	2016	0	20,180	20,180	11,301
22	2017	0	20,180	20,180	11,301
23	2018	0	20,180	20,180	11,301
24	2019	0	20,180	20,180	11,301
25	2020	0	20,180	20,180	11,301
26	2021	0	20,180	20,180	11,301
27	2022	0	20,180	20,180	11,301
28	2023	0	20,180	20,180	11,301
29	2024	0	20,180	20,180	11,301
30	2025	0	20,180	20,180	11,301
31	2026	0	20,180	20,180	11,301
Total		517,679	605,400	1,123,079	339,030
EIRR(%)		Negative			
PV(F\$)		Cost	Benefit	NPV	
for Dis.Rate of 10%		643,558	96,849	-546,710	

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(6)

Rabulu(R-19)		Unit:F\$			
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	722,674	0	722,674	0
2	1997	0	3,830	3,830	79,598
3	1998	0	4,395	4,395	83,179
4	1999	0	4,960	4,960	86,922
5	2000	0	5,525	5,525	90,832
6	2001	0	6,090	6,090	94,919
7	2002	0	6,655	6,655	99,189
8	2003	0	7,220	7,220	103,652
9	2004	0	7,785	7,785	108,315
10	2005	0	8,350	8,350	113,189
11	2006	0	8,915	8,915	118,281
12	2007	0	9,480	9,480	123,603
13	2008	0	10,045	10,045	129,164
14	2009	0	10,610	10,610	134,975
15	2010	0	11,175	11,175	141,048
16	2011	0	11,740	11,740	147,393
17	2012	0	30,520	30,520	150,061
18	2013	0	11,740	11,740	152,777
19	2014	0	11,740	11,740	155,543
20	2015	0	11,740	11,740	158,358
21	2016	0	11,740	11,740	161,224
22	2017	0	11,740	11,740	164,142
23	2018	0	11,740	11,740	167,113
24	2019	0	11,740	11,740	170,138
25	2020	0	11,740	11,740	173,218
26	2021	0	11,740	11,740	176,353
27	2022	0	11,740	11,740	179,545
28	2023	0	11,740	11,740	182,795
29	2024	0	11,740	11,740	186,103
30	2025	0	11,740	11,740	189,472
31	2026	0	11,740	11,740	192,901
Total		722,674	311,655	1,034,329	4,214,003
EIRR(%)		13.59			
PV(F\$)		Cost	Benefit	NPV	
for Dis.Rate of 10%		727,232	979,915	252,684	

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(7)

Vaileka(R-16,R-26 & R-31)					Unit:F\$
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	72,730	0	72,730	0
2	1997	0	63,240	63,240	45,052
3	1998	0	63,761	63,761	45,606
4	1999	0	64,283	64,283	46,167
5	2000	0	64,804	64,804	46,735
6	2001	0	65,326	65,326	47,310
7	2002	0	65,847	65,847	47,892
8	2003	0	66,369	66,369	48,481
9	2004	0	66,890	66,890	49,077
10	2005	0	67,411	67,411	49,681
11	2006	0	67,933	67,933	50,292
12	2007	0	68,454	68,454	50,910
13	2008	0	68,976	68,976	51,537
14	2009	0	69,497	69,497	52,170
15	2010	0	70,019	70,019	52,812
16	2011	0	70,540	70,540	53,462
17	2012	0	83,023	83,023	54,119
18	2013	0	71,389	71,389	54,785
19	2014	0	71,817	71,817	55,459
20	2015	0	72,248	72,248	56,141
21	2016	0	72,682	72,682	56,832
22	2017	0	73,118	73,118	57,531
23	2018	0	73,557	73,557	58,238
24	2019	0	73,998	73,998	58,955
25	2020	0	74,442	74,442	59,680
26	2021	0	74,889	74,889	60,414
27	2022	0	75,338	75,338	61,157
28	2023	0	75,790	75,790	61,909
29	2024	0	76,245	76,245	62,671
30	2025	0	76,702	76,702	63,441
31	2026	0	77,162	77,162	64,222
Total		72,730	2,125,749	2,198,479	1,622,736
		EIRR(%)	Negative		
		PV(F\$)	Cost	Benefit	NPV
for Dis.Rate of 10%			646,089	428,385	-217,704

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(8)

Yalalevu(T-34 & T-45)					Unit:F\$
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	77,405	0	77,405	0
2	1997	0	94,770	94,770	75,111
3	1998	0	95,549	95,549	76,110
4	1999	0	96,327	96,327	77,122
5	2000	0	97,106	97,106	78,148
6	2001	0	97,884	97,884	79,187
7	2002	0	98,663	98,663	80,241
8	2003	0	99,441	99,441	81,308
9	2004	0	100,220	100,220	82,389
10	2005	0	100,999	100,999	83,485
11	2006	0	101,777	101,777	84,595
12	2007	0	102,556	102,556	85,720
13	2008	0	103,334	103,334	86,860
14	2009	0	104,113	104,113	88,016
15	2010	0	104,891	104,891	89,186
16	2011	0	105,670	105,670	90,372
17	2012	0	120,714	120,714	91,484
18	2013	0	106,942	106,942	92,609
19	2014	0	107,583	107,583	93,748
20	2015	0	108,229	108,229	94,902
21	2016	0	108,878	108,878	96,069
22	2017	0	109,532	109,532	97,250
23	2018	0	110,189	110,189	98,447
24	2019	0	110,850	110,850	99,658
25	2020	0	111,515	111,515	100,883
26	2021	0	112,184	112,184	102,124
27	2022	0	112,857	112,857	103,380
28	2023	0	113,534	113,534	104,652
29	2024	0	114,216	114,216	105,939
30	2025	0	114,901	114,901	107,242
31	2026	0	115,590	115,590	108,561
Total		77,405	3,181,015	3,258,420	2,734,800
		EIRR(%)	Negative		
		PV(F\$)	Cost	Benefit	NPV
for Dis.Rate of 10%			938,603	719,445	-219,158

表-6 年毎の経済的便益・費用比較表(9)

		Koronubu(B-19,B-32 & B-58)			Unit:F\$
Year		Economic Cost			Economic Benefit
		Const.	OM	Total	
1	1996	116,830	0	116,830	0
2	1997	0	94,630	94,630	50,003
3	1998	0	95,409	95,409	50,548
4	1999	0	96,187	96,187	51,099
5	2000	0	96,966	96,966	51,656
6	2001	0	97,744	97,744	52,219
7	2002	0	98,523	98,523	52,788
8	2003	0	99,301	99,301	53,364
9	2004	0	100,080	100,080	53,945
10	2005	0	100,859	100,859	54,533
11	2006	0	101,637	101,637	55,128
12	2007	0	102,416	102,416	55,729
13	2008	0	103,194	103,194	56,336
14	2009	0	103,973	103,973	56,950
15	2010	0	104,751	104,751	57,571
16	2011	0	105,530	105,530	58,198
17	2012	0	117,873	117,873	58,914
18	2013	0	106,800	106,800	59,639
19	2014	0	107,441	107,441	60,372
20	2015	0	108,086	108,086	61,115
21	2016	0	108,734	108,734	61,867
22	2017	0	109,387	109,387	62,628
23	2018	0	110,043	110,043	63,398
24	2019	0	110,703	110,703	64,178
25	2020	0	111,367	111,367	64,967
26	2021	0	112,036	112,036	65,766
27	2022	0	112,708	112,708	66,575
28	2023	0	113,384	113,384	67,394
29	2024	0	114,064	114,064	68,223
30	2025	0	114,749	114,749	69,062
31	2026	0	115,437	115,437	69,912
Total		116,830	3,174,011	3,290,841	1,774,077
		EIRR(%)	Negative		
		PV(F\$)	Cost	Benefit	NPV
for Dis.Rate of 10%			972,701	470,637	-502,064

表-7 ブツニ・クリーク村落給水計画建設費

Description	with const. cost for the existing well (Unit : F\$)			without const. cost for the existing well (Unit : F\$)		
	L/C	F/C	Total	L/C	F/C	Total
1. Direct Construction Cost						
(1) Well	15,412	15,952	31,364			0
(2) Submersible pump	5,000	12,114	17,114	5,000	12,114	17,114
(3) Electrical works	61,000	0	61,000	61,000	0	61,000
(4) Chlorination facility	205	0	205	205	0	205
(5) Transmission pipes	11,204	1,433	12,637	11,204	1,433	12,637
(6) Service reservoir	24,435	4,143	28,578	24,435	4,143	28,578
(7) Distribution pipes	97,699	6,928	104,627	97,699	6,928	104,627
(8) Service pipes	5,745	7,019	12,764	5,745	7,019	12,764
(9) Spare parts	110	1,211	1,321	110	1,211	1,321
Total of 1.	220,810	48,800	269,610	205,398	32,848	238,246
2. Indirect Construction Cost						
(1) Land acquisition	110	0	110	110	0	110
(2) Engineering service	26,961	0	26,961	23,825	0	23,825
Total of 2.	27,071	0	27,071	23,935	0	23,935
3. Contingency						
(1) Physical contingency	24,777	4,880	29,657	22,922	3,285	26,207
(2) Price escalation	14,198	1,903	16,101	13,178	1,281	14,459
Total of 3.	38,975	6,783	45,758	36,100	4,566	40,666
4. Tax & Duty						
(1) Value-added tax	11,296	4,880	16,176	11,296	3,285	14,581
(2) Import duty	0	4,880	4,880	0	3,285	3,285
Total of 4.	11,296	9,760	21,056	11,296	6,570	17,866
Grand Total	298,152	65,343	363,495	276,728	43,983	320,712

表-8 バツヤカ拡張給水計画建設費

Description	with const. cost for the existing well			without const. cost for the existing well		
	L/C	F/C	(Unit : F\$) Total	L/C	F/C	(Unit : F\$) Total
1. Direct Construction Cost						
(1) Well	11,483	4,775	16,258			0
(2) Submersible pump	5,000	12,672	17,672	5,000	12,672	17,672
(3) Electrical works	12,600	0	12,600	12,600	0	12,600
(4) Chlorination facility	297	0	297	297	0	297
(5) Transmission pipes	103,495	3,233	106,728	103,495	3,233	106,728
(6) Service reservoir	35,890	4,637	40,527	35,890	4,637	40,527
(7) Distribution pipes	137,212	8,048	145,260	137,212	8,048	145,260
(8) Service pipes	10,125	12,371	22,496	10,125	12,371	22,496
(9) Spare parts	198	1,267	1,465	198	1,267	1,465
Total of 1.	316,300	47,003	363,303	304,817	42,228	347,045
2. Indirect Construction Cost						
(1) Land acquisition	110	0	110	110	0	110
(2) Engineering service	36,330	0	36,330	34,705	0	34,705
Total of 2.	36,440	0	36,440	34,815	0	34,815
3. Contingency						
(1) Physical contingency	35,263	4,700	39,963	33,952	4,223	38,175
(2) Price escalation	20,140	1,833	21,973	19,419	1,647	21,066
Total of 3.	55,403	6,533	61,936	53,371	5,870	59,241
4. Tax & Duty						
(1) Value-added tax	14,794	4,700	19,494	14,794	4,223	19,016
(2) Import duty	0	4,700	4,700	0	4,223	4,223
Total of 4.	14,794	9,401	24,194	14,794	8,446	23,239
Grand Total	422,937	62,937	485,874	407,796	56,543	464,339

表-9 ランプル拡張給水計画建設費

Description	with const. cost for the existing well			without const. cost for the existing well		
	L/C	F/C	(Unit : F\$) Total	L/C	F/C	(Unit : F\$) Total
1. Direct Construction Cost						
(1) Well	10,426	450	10,876			0
(2) Submersible pump	5,000	15,282	20,282	5,000	15,282	20,282
(3) Electrical works	39,000	0	39,000	39,000	0	39,000
(4) Chlorination facility	375	0	375	375	0	375
(5) Transmission pipes	199,143	7,297	206,440	199,143	7,297	206,440
(6) Service reservoir	51,854	7,203	59,057	51,854	7,203	59,057
(7) Distribution pipes	187,291	13,746	201,037	187,291	13,746	201,037
(8) Service pipes	16,732	20,443	37,175	16,732	20,443	37,175
(9) Spare parts	330	1,528	1,858	330	1,528	1,858
Total of 1.	510,151	65,949	576,100	499,725	65,499	565,224
2. Indirect Construction Cost						
(1) Land acquisition	110	0	110	110	0	110
(2) Engineering service	57,610	0	57,610	56,522	0	56,522
Total of 2.	57,720	0	57,720	56,632	0	56,632
3. Contingency						
(1) Physical contingency	56,776	6,595	63,371	55,625	6,550	62,175
(2) Price escalation	32,502	2,572	35,074	31,869	2,554	34,423
Total of 3.	89,278	9,167	98,445	87,494	9,104	96,598
4. Tax & Duty						
(1) Value-added tax	25,396	6,595	31,991	25,396	6,550	31,946
(2) Import duty	0	6,595	6,595	0	6,550	6,550
Total of 4.	25,396	13,190	38,586	25,396	13,100	38,496
Grand Total	682,545	88,306	770,851	669,247	87,703	756,950

表-1.0 優先開發計畫運營維持管理費

YEAR 1997

(Unit : F\$)

Scheme	Personnel Expense		Electric Charge		Chemical Cost		Repairing Expense for Pumps		Value-added Tax & Import Duty		Total		
	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	
1. Vutuni Creek Community	910	0	1,040	0	170	0	0	490	17	98	2,137	588	2,725
3. Vatuyaka Expansion	1,360	0	3,770	0	460	0	0	510	46	102	5,636	612	6,248
6. Rabulu Expansion	1,810	0	2,660	0	360	0	0	610	36	122	4,866	732	5,598

YEAR 2011

(Unit : F\$)

Scheme	Personnel Expense		Electric Charge		Chemical Cost		Repairing Expense for Pumps		Value-added Tax & Import Duty		Total		
	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	
1. Vutuni Creek Community	910	0	2,690	0	440	0	0	490	44	98	4,084	588	4,672
3. Vatuyaka Expansion	1,360	0	6,490	0	790	0	0	510	79	102	8,719	612	9,331
6. Rabulu Expansion	1,810	0	9,610	0	1,320	0	0	610	132	122	12,872	732	13,604

表-1 1 優先開発計画の年毎の
経済的便益・費用比較表(1)

Vutuni Creek(B-63)					Unit:F\$
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	326,338	0	326,338	0
2	1997	0	2,610	2,610	16,236
3	1998	0	2,747	2,747	16,548
4	1999	0	2,884	2,884	16,867
5	2000	0	3,021	3,021	17,191
6	2001	0	3,159	3,159	17,522
7	2002	0	3,296	3,296	17,859
8	2003	0	3,433	3,433	18,203
9	2004	0	3,570	3,570	18,553
10	2005	0	3,707	3,707	18,910
11	2006	0	3,844	3,844	19,274
12	2007	0	3,981	3,981	19,645
13	2008	0	4,119	4,119	20,023
14	2009	0	4,256	4,256	20,408
15	2010	0	4,393	4,393	20,801
16	2011	0	4,530	4,530	21,201
17	2012	0	21,644	21,644	21,434
18	2013	0	4,530	4,530	21,670
19	2014	0	4,530	4,530	21,908
20	2015	0	4,530	4,530	22,149
21	2016	0	4,530	4,530	22,393
22	2017	0	4,530	4,530	22,639
23	2018	0	4,530	4,530	22,888
24	2019	0	4,530	4,530	23,140
25	2020	0	4,530	4,530	23,395
26	2021	0	4,530	4,530	23,652
27	2022	0	4,530	4,530	23,912
28	2023	0	4,530	4,530	24,175
29	2024	0	4,530	4,530	24,441
30	2025	0	4,530	4,530	24,710
31	2026	0	4,530	4,530	24,982
Total		326,338	138,614	464,952	626,728
EIRR(%)		2.62			
PV(F\$)		Cost	Benefit	NPV	
for Dis.Rate of 10%		330,608	162,162	-168,447	

表-1 1 優先開発計画の年毎の
経済的便益・費用比較表(2)

Vatuyaka(B-57)					Unit:F\$
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	439,707	0	439,707	0
2	1997	0	6,100	6,100	20,368
3	1998	0	6,318	6,318	20,825
4	1999	0	6,536	6,536	21,292
5	2000	0	6,754	6,754	21,770
6	2001	0	6,971	6,971	22,259
7	2002	0	7,189	7,189	22,758
8	2003	0	7,407	7,407	23,269
9	2004	0	7,625	7,625	23,791
10	2005	0	7,843	7,843	24,325
11	2006	0	8,061	8,061	24,871
12	2007	0	8,279	8,279	25,430
13	2008	0	8,496	8,496	26,000
14	2009	0	8,714	8,714	26,584
15	2010	0	8,932	8,932	27,180
16	2011	0	9,150	9,150	27,790
17	2012	0	26,822	26,822	28,046
18	2013	0	9,150	9,150	28,304
19	2014	0	9,150	9,150	28,564
20	2015	0	9,150	9,150	28,827
21	2016	0	9,150	9,150	29,092
22	2017	0	9,150	9,150	29,360
23	2018	0	9,150	9,150	29,630
24	2019	0	9,150	9,150	29,903
25	2020	0	9,150	9,150	30,178
26	2021	0	9,150	9,150	30,456
27	2022	0	9,150	9,150	30,736
28	2023	0	9,150	9,150	31,019
29	2024	0	9,150	9,150	31,304
30	2025	0	9,150	9,150	31,592
31	2026	0	9,150	9,150	31,883
Total		439,707	269,297	709,004	807,409
EIRR(%)		1.25			
PV(F\$)		Cost	Benefit	NPV	
for Dis.Rate of 10%		468,507	207,772	-260,735	

表-11 優先開発計画の年毎の
経済的便益・費用比較表(3)

Rabulu(R-19)		Unit:F\$			
Year	Economic Cost			Economic Benefit	
	Const.	OM	Total		
1	1996	697,191	0	697,191	0
2	1997	0	5,440	5,440	79,598
3	1998	0	6,005	6,005	83,179
4	1999	0	6,570	6,570	86,922
5	2000	0	7,135	7,135	90,832
6	2001	0	7,700	7,700	94,919
7	2002	0	8,265	8,265	99,189
8	2003	0	8,830	8,830	103,652
9	2004	0	9,395	9,395	108,315
10	2005	0	9,960	9,960	113,189
11	2006	0	10,525	10,525	118,281
12	2007	0	11,090	11,090	123,603
13	2008	0	11,655	11,655	129,164
14	2009	0	12,220	12,220	134,975
15	2010	0	12,785	12,785	141,048
16	2011	0	13,350	13,350	147,393
17	2012	0	33,632	33,632	150,061
18	2013	0	13,350	13,350	152,777
19	2014	0	13,350	13,350	155,543
20	2015	0	13,350	13,350	158,358
21	2016	0	13,350	13,350	161,224
22	2017	0	13,350	13,350	164,142
23	2018	0	13,350	13,350	167,113
24	2019	0	13,350	13,350	170,138
25	2020	0	13,350	13,350	173,218
26	2021	0	13,350	13,350	176,353
27	2022	0	13,350	13,350	179,545
28	2023	0	13,350	13,350	182,795
29	2024	0	13,350	13,350	186,103
30	2025	0	13,350	13,350	189,472
31	2026	0	13,350	13,350	192,901
Total		697,191	361,457	1,058,648	4,214,003
EIRR(%)		13.83			
PV(F\$)		Cost	Benefit	NPV	
for Dis.Rate of 10%		718,160	979,915	261,755	

表-1 2 バツヤカ拡張給水計画の
年毎の収入・費用比較表 (1)

Year		Project Cost			Revenue
		Const.	OM	Total	
					2337
1	1996	485,874	0	485,874	0
2	1997	0	6,248	6,248	2,337
3	1998	0	6,468	6,468	2,448
4	1999	0	6,688	6,688	2,560
5	2000	0	6,909	6,909	2,671
6	2001	0	7,129	7,129	2,782
7	2002	0	7,349	7,349	2,893
8	2003	0	7,569	7,569	3,005
9	2004	0	7,789	7,789	3,116
10	2005	0	8,010	8,010	3,227
11	2006	0	8,230	8,230	3,339
12	2007	0	8,450	8,450	3,450
13	2008	0	8,670	8,670	3,561
14	2009	0	8,891	8,891	3,672
15	2010	0	9,111	9,111	3,784
16	2011	0	9,331	9,331	3,895
17	2012	0	29,537	29,537	3,895
18	2013	0	9,331	9,331	3,895
19	2014	0	9,331	9,331	3,895
20	2015	0	9,331	9,331	3,895
21	2016	0	9,331	9,331	3,895
22	2017	0	9,331	9,331	3,895
23	2018	0	9,331	9,331	3,895
24	2019	0	9,331	9,331	3,895
25	2020	0	9,331	9,331	3,895
26	2021	0	9,331	9,331	3,895
27	2022	0	9,331	9,331	3,895
28	2023	0	9,331	9,331	3,895
29	2024	0	9,331	9,331	3,895
30	2025	0	9,331	9,331	3,895
31	2026	0	9,331	9,331	3,895
Total		485,874	277,014	762,888	105,165
		FIRR(%) Negative			
		PV(F\$) Cost		Benefit	NPV
for Dis.Rate of 10%		512,388		26,669	-485,718

表-1 2 バツヤカ拡張給水計画の
年毎の収入・費用比較表 (2)

Year		Project Cost			Revenue
		Const.	OM	Total	
					2337
1	1996	485,874	0	485,874	0
2	1997	0	6,862	6,862	2,572
3	1998	0	7,445	7,445	2,823
4	1999	0	8,068	8,068	3,093
5	2000	0	8,734	8,734	3,383
6	2001	0	9,445	9,445	3,693
7	2002	0	10,204	10,204	4,025
8	2003	0	11,014	11,014	4,380
9	2004	0	11,878	11,878	4,761
10	2005	0	12,801	12,801	5,167
11	2006	0	13,784	13,784	5,602
12	2007	0	14,832	14,832	6,067
13	2008	0	15,949	15,949	6,563
14	2009	0	17,139	17,139	7,093
15	2010	0	18,407	18,407	7,659
16	2011	0	19,756	19,756	8,263
17	2012	0	65,540	65,540	8,859
18	2013	0	21,699	21,699	9,075
19	2014	0	22,740	22,740	9,510
20	2015	0	23,832	23,832	9,967
21	2016	0	24,976	24,976	10,445
22	2017	0	26,174	26,174	10,947
23	2018	0	27,431	27,431	11,472
24	2019	0	28,747	28,747	12,023
25	2020	0	30,127	30,127	12,600
26	2021	0	31,573	31,573	13,205
27	2022	0	33,089	33,089	13,839
28	2023	0	34,677	34,677	14,503
29	2024	0	36,342	36,342	15,199
30	2025	0	38,086	38,086	15,928
31	2026	0	39,914	39,914	16,693
Total		485,874	671,265	1,157,139	259,210
		FIRR(%) Negative			
		PV(F\$) Cost		Benefit	NPV
for Dis.Rate of 10%		570,591		48,675	-521,916

表-13 ランブル拡張給水計画の
年毎の収入・費用比較表(1)

(Exclu. Price escalation)

Rabulu(R-19) Unit : F\$

Year	Project Cost			Revenue	
	Const.	OM	Total		
				1774	
1	1996	770,851	0	770,851	0
2	1997	0	5,598	5,598	1,774
3	1998	0	6,170	6,170	2,108
4	1999	0	6,742	6,742	2,442
5	2000	0	7,314	7,314	2,776
6	2001	0	7,885	7,885	3,109
7	2002	0	8,457	8,457	3,443
8	2003	0	9,029	9,029	3,777
9	2004	0	9,601	9,601	4,111
10	2005	0	10,173	10,173	4,445
11	2006	0	10,745	10,745	4,779
12	2007	0	11,317	11,317	5,113
13	2008	0	11,888	11,888	5,446
14	2009	0	12,460	12,460	5,780
15	2010	0	13,032	13,032	6,114
16	2011	0	13,604	13,604	6,448
17	2012	0	36,942	36,942	6,448
18	2013	0	13,604	13,604	6,448
19	2014	0	13,604	13,604	6,448
20	2015	0	13,604	13,604	6,448
21	2016	0	13,604	13,604	6,448
22	2017	0	13,604	13,604	6,448
23	2018	0	13,604	13,604	6,448
24	2019	0	13,604	13,604	6,448
25	2020	0	13,604	13,604	6,448
26	2021	0	13,604	13,604	6,448
27	2022	0	13,604	13,604	6,448
28	2023	0	13,604	13,604	6,448
29	2024	0	13,604	13,604	6,448
30	2025	0	13,604	13,604	6,448
31	2026	0	13,604	13,604	6,448
Total		770,851	371,413	1,142,264	158,385
FIRR(%) Negative					
PV(F\$) Cost Benefit NPV					
for Dis. Rate of 10% 787,492 35,126 -752,365					

表-13 ランブル拡張給水計画の
年毎の収入・費用比較表(2)

(Incl. Price escalation)

Rabulu(R-19) Unit : F\$

Year	Project Cost			Revenue	
	Const.	OM	Total		
				1774	
1	1996	770,851	0	770,851	0
2	1997	0	6,148	6,148	1,952
3	1998	0	7,102	7,102	2,431
4	1999	0	8,132	8,132	2,951
5	2000	0	9,246	9,246	3,515
6	2001	0	10,447	10,447	4,127
7	2002	0	11,742	11,742	4,790
8	2003	0	13,138	13,138	5,507
9	2004	0	14,641	14,641	6,281
10	2005	0	16,258	16,258	7,117
11	2006	0	17,996	17,996	8,019
12	2007	0	19,863	19,863	8,991
13	2008	0	21,869	21,869	10,038
14	2009	0	24,021	24,021	11,164
15	2010	0	26,329	26,329	12,376
16	2011	0	28,804	28,804	13,678
17	2012	0	81,971	81,971	14,335
18	2013	0	31,635	31,635	15,023
19	2014	0	33,154	33,154	15,744
20	2015	0	34,745	34,745	16,500
21	2016	0	36,413	36,413	17,292
22	2017	0	38,161	38,161	18,122
23	2018	0	39,992	39,992	18,992
24	2019	0	41,912	41,912	19,903
25	2020	0	43,924	43,924	20,859
26	2021	0	46,032	46,032	21,860
27	2022	0	48,242	48,242	22,909
28	2023	0	50,557	50,557	24,009
29	2024	0	52,984	52,984	25,161
30	2025	0	55,527	55,527	26,369
31	2026	0	58,192	58,192	27,635
Total		770,851	929,176	1,700,027	407,649
FIRR(%) Negative					
PV(F\$) Cost Benefit NPV					
for Dis. Rate of 10% 787,492 35,126 -752,365					