

国際協力事業団
フィジー国 農林水産省

フィジー国
河川流域管理及び洪水制御計画調査

最終報告書

要約

JICA LIBRARY



J 1146353 [6]

平成10年10月

八千代エンジニアリング株式会社

社調二

JR

98-118

国際協力事業団
フィジー国農林水産省
フィジー国河川流域管理及び洪水制御計画調査
最終報告書
要約

平成10年10月

八千代エンジニア



202

61.7

SSS

LIBRARY



1146353 [6]

国際協力事業団
フィジー国 農林水産省

フィジー国
河川流域管理及び洪水制御計画調査

最終報告書
要 約

平成10年10月

八千代エンジニアリング株式会社

外貨換算率

1US\$ = ¥115.80 = 1.408F\$
(as of July 1, 1997)

序 文

日本国政府は、フィジー国政府の要請に基づき、同国の河川流域管理及び洪水制御計画にかかる開発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8年8月から平成10年10月までの間、4回わたり八千代エンジニアリング株式会社の中川喜夫氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

また、平成8年7月から平成9年5月の間、建設省河川局防災・海岸課海洋開発官の坪香伸氏、平成9年5月から平成10年10月の間、建設省河川局防災・海岸課海洋開発官の青山俊行氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

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10年10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

フィジー国河川流域管理及び洪水制御計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書の取り纏めに当たっては日本の関係政府機関や貴事業団の御助言や御指示に従うとともに、フィジー国農林水産省の意見を十分反映して作成いたしました。

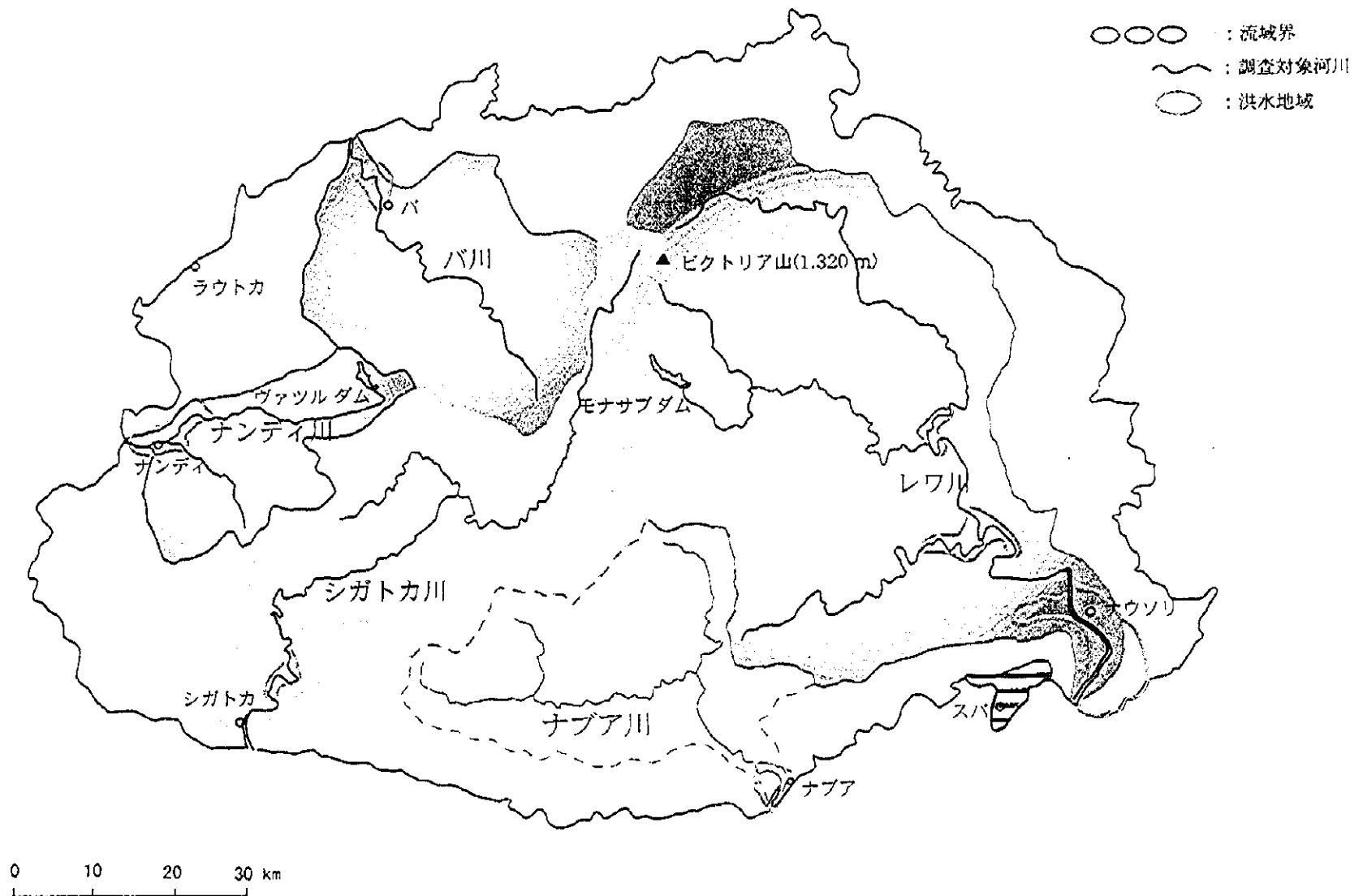
本報告書は 2015 年を目標年次として、ビチレブ島の四大河川、レワ川、シガトカ川、ナンディ川及びバ川について流域管理および洪水制御計画のマスタープランを提示し、最も優先度の高いプロジェクトとしてナンディ川の放水路プロジェクトを提案し、これについて行ったフィージビリティ調査の結果を述べています。

調査団は洪水制御の緊急的必要性およびフィジー国の経済発展の観点から、フィジー国政府が優先プロジェクトおよびマスタープランを速やかに実施することを心より望んでやみません。この調査がフィジー国の経済発展と国民の福祉に役立ち、フィジーと日本兩國の一層の親善と友好の一助となるならば、これに優る喜びはないと存じます。

最後に、多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在フィジー日本大使館ならびにフィジー国農林水産省および政府関係各位に対して心から感謝致します。

平成 10 年 10 月

調査団 総括
中川 喜夫



フィジー国河川流域管理及び洪水制御実施計画調査

ファイナル・レポート

最終報告書リスト

1. 要約報告書 (和文及び英文)

2. 主報告書 (英文)

I マスタープラン調査

II フィージビリティ調査

3. 分野別報告書 (英文)

第一巻

A. 社会経済

B. 地形・地質

C. 気象・水文

D. 洪水解析

E. 治水計画

第二巻

F. 水質 (表流水)

G. 土地利用／地域開発

H. 森林・土壌

I. 海岸

J. 環境

K. 組織・制度

4. データブック (英文)

調査概要書

フィジー国流域管理及び洪水制御実施計画調査

調査期間：1996 年 8 月～1998 年 10 月

受入機関：農林水産省

1. 背景

フィジー国は 300 以上の島々からなっており、面積は約 18,300km² 及び人口は約 773,000 人（1996 年）である。最も大きな島はビチレブ島（10,389km²）で全国土の 57%を占めている。ビチレブ島はフィジーの政治・経済の中心であり、首都のスバ、観光の中心のナンディ及び主要農作物である砂糖きび農地等がある。11 月から 4 月の雨期には暴風雨を伴ったサイクロンがしばしばビチレブ島を襲い、住民、家屋、農作物、公共施設に直接被害を与えるだけでなく、経済活動、観光産業、住民の福祉等に間接的な被害を与えている。このような背景のもとで、フィジー政府はサイクロンによる洪水被害の軽減を決意し、本調査の技術協力を日本政府に依頼した。

2. 目的

本調査の目的は次の通りである。

- 1) ビチレブ島のレワ川、シガトカ川、ナンディ川及びバ川流域について、目標年次を 2015 年とする流域管理及び洪水制御のマスタープランを策定する。
- 2) マスタープラン調査の中で選定された優先プロジェクトについてフィージビリティ調査を実施する。
- 3) 調査の過程を通じてフィジー側カウンターパートに技術移転を行う。

3. 調査対象地域

本調査の対象地域はビチレブ島の四大河川、レワ川、シガトカ川、ナンディ川及びバ川流域で、合計面積は約 6,000km²、流域内の総人口は約 210,000 人であり、ビチレブ島面積の 58%及びフィジーの全人口の 27%を占めている。

4. 流域管理及び洪水制御計画マスタープラン

(1) マスタープランの内容及び実施工程

マスタープランの内容及び実施工程は表-1 に示す通りである。レワ川流域における確率 20 年洪水量を対象とした洪水制御対策（放水路と堤防）は、経済効果が小さく実現

性が低いことがわかった。このプロジェクトのうち左岸堤防（延長 4.5km）のみを第一段階として施工すると対象洪水量は確率 11 年洪水量となるが、経済的に実現可能となるので段階施工の第一ステップとしてこの案をマスタープランとして採用する。

シガトカ川の浸漬案は経済効果が小さく採用できない。非構造的対策の上流域における植林も洪水制御のみでは経済効果は小さいが、土壌侵食防止、堆砂の軽減、水資源の保全、水質の保全等種々の計算できない効果があるのでマスタープランに採用した。

表-1 マスタープランの内容と実施工程

マスタープランの内容	費用 (千円)	実施スケジュール			
		～2000	2001～2005	2006～2010	2011～2015
Ⅰ. 構造的対策					
(1) レウ川 築堤(延長 4.5km)、(ステップ 1)	7,350				
(2) ナンディ川 放水路(延長 3.0km)及び 捷水路(延長 0.25km)	50,950				
(3) バ川 築堤(延長 13km)	13,170				
小 計	71,470				
Ⅱ. 非構造的対策					
(1) 土地利用規制の改善 - 居住地域の区分の制限 - 貯水・遊水効果のある地域の保全 - 耐水性の向上	N.A.				
(2) 洪水予警報システムの確立 - レウ川 - シガトカ川 - ナンディ川 - バ川	1,800 800 300 500				
小 計	3,400				
(3) 土壌侵食防止 - 防火 - 商業耕作地の改善 - 小規模農家の農村林整備 - 河川沿いの森林帯	N.A.				
(4) 植林 - シガトカ川 (232km ²) - ナンディ、バ、レウ川 (611km ²)	21,900 —				
(5) 制度改善 - 流域管理機構の明確化 - 管理区の決定と 流域管理委員会の設置 - 水文部の再編・強化 - 洪水制御対策企画・ 実施組織の強化 - 災害管理強化 (事後被害額算定制度構築) - 土地保全施策普及に係る 組織の強化 - 森林・林業管理に関する 組織・制度強化	N.A.				
年平均費用 (千円)	5,694		1,500	3,314	4,050
全事業費 (千円)	96,770		62,010 (64%)	14,594 (15%)	20,230 (21%)

性が低いことがわかった。このプロジェクトのうち左岸堤防（延長 4.5km）のみを第一段階として施工すると対象洪水量は確率 11 年洪水量となるが、経済的に実現可能となるので段階施工の第一ステップとしてこの案をマスタープランとして採用する。

シガトカ川の浸透案は経済効果が小さく採用できない。非構造的対策の上流域における植林も洪水制御のみでは経済効果は小さいが、土壌侵食防止、堆砂の軽減、水資源の保全、水質の保全等種々の計算できない効果があるのでマスタープランに採用した。

表-1 マスタープランの内容と実施工程

マスタープランの内容	費用 (千円)	実施スケジュール			
		～2000	2001～2005	2006～2010	2011～2015
I. 構造的対策					
(1) レウ川 築堤(延長 4.5km)、(ステップ 1)	7,350				
(2) ナンディ川 放水路(延長 3.0km)及び 捷水路(延長 0.25km)	50,950				
(3) パ川 築堤(延長 13km)	13,170				
小 計	71,470				
II. 非構造的対策					
(1) 土地利用規制の改善 - 居住地域の区分の制限 - 貯水・遊水効果のある地域の保全 - 耐水性の向上	N.A.				
(2) 洪水予警報システムの確立 - レウ川 - シガトカ川 - ナンディ川 - パ川	1,800 800 300 500				
小 計	3,400				
(3) 土壌侵食防止 - 防火 - 商業耕作地の改善 - 小規模農家の農村林整備 - 河川沿いの森林帯	N.A.				
(4) 植林 - シガトカ川 (232km ²) - ナンディ、パ、レウ川 (611km ²)	21,900 -				
(5) 制度改善 - 流域管理機構の明確化 - 管理区の決定と 流域管理委員会の設置 - 水文部の再編・強化 - 洪水制御対策企画・ 実施組織の強化 - 災害管理強化 (事後被害額算定制度構築) - 土地保全施策普及に係る 組織の強化 - 森林・林業管理に関する 組織・制度強化	N.A.				
年平均費用 (千円)	5,690		8,860	2,910	4,050
全事業費 (千円)	96,770		62,010 (64%)	14,530 (15%)	20,230 (21%)

(2) マスタープランの評価

1) 経済評価

a) 投資規模

公共事業に係る省庁の年平均資本支出、海外無償援助、海外借款は表-2 に示す通りである。

表-2 年平均資本支出と海外援助

単位：千フィート・ドル/年

	平均額 (1991-1995)
政府計	98,000
インフラストラクチャー	40,900
農林水産省	10,700
無償資金協力	5,900
有償資金協力	19,400

注: (1)上記は付加価値税を含まない
(2)インフラストラクチャー；公共事業省（海事局・道路交通局を含む）、民間航空局及び気象局
(3)農林水産省は林野局を含む

マスタープランの実施に必要な総事業費は F\$96.9 百万と推定され、年平均支出額は F\$5.7 百万で年最大平均支出額は 2005 年までの F\$8.9 百万である。

年平均支出額は政府投資支出の 6%、公共施設投資の 14%及び海外借款の 29%である。年最大平均支出額に対してはそれぞれ 9%、22%及び 46%となっている。マスタープランの重要性と緊急性を考慮すると、この程度の予算配分は十分妥当であり、可能であると思われる。

b) 経済効果

提案した構造的洪水制御対策の経済効果は表-3 に示す通りである。

表-3 構造的洪水制御対策の経済効果

流 域	レワ	ナンディ	バ
プロジェクト	堤防 (4.5 km) (Step I)	放水路 (3.0 km)と 捷水路 (0.25 km)	堤防 (13.0 km)
経済便益 (F\$ 1,000/年)	798	8,278	1,446
事業費 (F\$ 1,000)	6,039	43,794	11,358
維持費 (F\$ 1,000/年)	2	31	8
経済的内部収益率 (EIRR) (%)	13.2	15.1	10.7
便益／費用比 (B/C)	1.31	1.61	1.08
純現在価値 (NPV) (F\$ 1,000)	1,685	21,143	737

割引率：10%

フィジーの投資の機会費用は 10%と推定されるので、提案した 3 プロジェクトの EIRR はこれを上回っており、他の経済指標も総合勘案してすべて経済的に実施可能であり、推薦できる。

2) 社会・自然環境評価

マスタープランで提案した構造的対策及び非構造的対策は環境に対して、負の影響を与えるよりもはるかに大きい正の影響（環境改善効果）があるものと確信する。マスタープラン調査の段階では負の影響について詳細な検討は困難であるが、IEE (Initial Environmental Examination) を実施した結果、次の項目に影響を及ぼす可能性があり、これらについてはフィージビリティ調査において詳細に検討するものとする。

a) 無視できない影響が考えられる項目

- 土地取得、補償及び住民移転
- 交通や生活施設に及ぼす影響
- 土工事中の土砂汚染
- 海岸地域の堆砂及び生態系
- 水質汚染

b) 影響があるかも知れない項目

- 経済活動
- 水利権及び入会権
- 地形・地質
- 地下水
- 景観
- 工事中の騒音と振動

(3) 提言

マスタープラン調査における提言は次の通りである。

- マスタープランの着実な実施
- マスタープランの見直し：時間の経過と地域の発展に伴って5年毎の見直し
- 水力発電の開発：2015年にモナサブ発電所のみで不足する発電量の補完及びリスクの分散
- 河川水質の保全
- 水文観測と解析能力の強化
- 洪水被害データの蓄積
- 流域管理関連データの蓄積
- 土地所有制度の見直し

(4) 優先プロジェクトの選定

他の非構造的対策に比べて、提案した構造的対策は洪水被害の軽減について非常に大きな効果を持ち定量的にそれを把握することが可能であるので、優先プロジェクトはこれらより選定するものとする。優先度を判定する要素として、現河川疏通能力、受益地

の人口、事業費、年平均被害軽減額、経済効果、土地取得及び補償費、社会・自然環境への影響等を考慮した。これらの要素についてA～Dまで4段階に重要度を分類し、その結果を総合勘案して、優先プロジェクトとしてナンディ川放水路及び捷水路プロジェクトを選定した。

5. 優先プロジェクトのフィージビリティ調査

(1) プロジェクトの内容

優先プロジェクトに選定されたナンディ川の放水路及び捷水路プロジェクトの主要工種の概要は次の通りである。

放水路	延長 3.3km、	水路幅 100m	土工量 2.3 百万 m ³
捷水路	延長 0.25km	水路幅 60m	
クイーンズ道路橋	幅員 10.9m×長さ 120m		
トロッコ橋	幅員 4.5m×長さ 111m		
人道橋	幅員 2.8m×長さ 93m		
道路	幅員 8.0m×長さ 2.0km×2 本 (放水路左・右岸)		

(2) 実施工程

本プロジェクトの実施工程は表-4 に示す通りである。

表-4 優先プロジェクトの実施工程

項 目	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年
資 金 調 達	■				
コンサルタント契約	■				
詳 細 設 計		■			
工 事 発 注		■			
工 事			■	■	■
運用・維持・管理					→

(3) プロジェクトの評価

1) 経済評価

ナンディ放水路及び捷水路プロジェクトの事業費は F\$62.9 百万、年平均便益は F\$8.3 百万となり経済効果を示す指標 EIRR、B/C、NPV はそれぞれ 14.5%、1.46 及び F\$21.4 百万となっている。フィジー国における投資の機会費用である 10%と比較すると経済効果は十分に高い。また放水路の残土を利用して 49ha の土地造成が可能であり、これをホテルや高級住宅地として開発する事業も考えられる。この事業を放水路及び捷水路プロジェクトと組合せると総事業費は F\$71.3 百万となるが、土地の売却益 F\$22.4 百万を差し引くと実質的な事業費は F\$48.9 百万となる。一方経済効果は EIRR17.2%、B/C1.58、NPV F\$30.1 百万とさらに増加する。

2) 財務評価

本プロジェクトの事業費規模からみて資金の調達は大部分海外からの借款に頼らざるを得ない。事業費の 85%、F\$53.5 百万を借款により調達するとして、融資条件を金利 1.7%、返済期間 25 年（内据置期間 7 年）とすると、総返済金額、年最大返済額及び年平均返済額は F\$67.1 百万、F\$3.8 百万、F\$2.7 百万となる。ちなみに年最大返済額及び年平均返済額は政府予算見通し中（1996～2000）の海外借款返済年平均額 F\$32.8 百万のそれぞれ 12%、8%にすぎない。事業費の 15% F\$9.4 百万は借款とは別に政府予算で手当てする必要がある。1 年当りの支出 F\$4.7 百万は政府の年投資支出の 5%、公共施設投資支出の 11%（表-2 参照）となり予算手当ては可能と思われる。また土地開発により得られる売却益 F\$22.4 百万を考慮すると土地開発に必要な事業費 F\$8.3 百万を差し引いても、F\$14.1 百万が残り、政府予算の必要額 F\$9.4 百万を十分賄うことができる。

3) 社会・自然環境評価

放水路及び捷水路の建設により、洪水による氾濫区域や時間が大幅に減少するので、洪水による直接、間接の被害は著しく小さくなり、社会経済の発展や住民の福祉にとって多大な正の影響を及ぼす。社会、自然環境についての負の影響については EIA（Environmental Impact Assessment）を行い、本文中に必要な対策についても述べてあり、種々の負の影響に対して十分対処可能と思われる。中でも比較的重要な影響を与える項目は次の通りである。

- 住民移転 : 36 世帯の用地取得や補償につき十分協議する。
- 地形・景観 : 放水路の出現をカバーする公園、グリーンベルト、ホテル、高級住宅地を配置する。
- 海岸地域 : 放水路の土砂流出による影響は殆どなく、生態系にも大きな影響はない。
- 水質汚濁 : 本川の水質は現状とほぼ変わらず、放水路の塩水侵入については十分なモニタリングを行う。

(4) 提言

本プロジェクトの実施に当り次の提言を行う。

- 本プロジェクトの早急な実施
- 政府内及び住民とのプロジェクト実施についての合意形成
- 資金調達の手続き開始
- 用地取得・補償交渉の開始
- 水理模型実験及び環境モニタリングの実施
- 本プロジェクトに伴う土地開発事業の推進

目 次

ページ

序文	
伝達状	
調査対象地域	i
最終報告書リスト	ii
調査概要書	iii
目次	ix
図表目次	xii
略字リスト	xvi

第1編 流域管理及び洪水制御マスタープラン 1

第1章	まえがき	1
第2章	自然条件	3
第3章	社会経済	9
第4章	流域管理	11
4.1	流域管理の概念	11
4.2	土地利用及び地域開発	11
4.3	水資源	18
4.4	表流水の水質	22
4.5	土壌侵食と森林保全	26
第5章	洪水制御	29
5.1	現地調査	29
5.2	河川の疏通能力	29
5.3	流出解析	30
5.4	洪水被害解析	33
5.5	基本高水流量	34
5.6	構造的対策	36
5.7	非構造的対策	49
5.8	レワ川における洪水予警報の事例検討	51
第6章	環 境	52
第7章	組織法制	55

第8章	流域管理と洪水制御のマスタープラン	58
8.1	マスタープランの概要	58
8.2	実施工程	60
8.3	マスタープランの評価	61
8.4	提言	62
第9章	優先プロジェクトの選定	64
第2編	ナンディ放水路のフィージビリティ調査	65
第10章	現地調査	65
第11章	放水路規模の検討	67
第12章	放水路の予備設計	69
12.1	水理設計	69
12.2	構造物設計	73
12.3	工事数量及び施工計画	79
第13章	用地取得及び補償	80
第14章	事業費	81
第15章	経済・財務分析	83
第16章	プロジェクト実施の効果	85
16.1	氾濫区域における直接効果	85
16.2	間接的効果	85
16.3	海岸地域に及ぼす影響	88
第17章	環境影響評価	90
17.1	プロジェクト地域の現況	90
17.2	E I A (Environmental Impact Assessment)	90
17.3	環境管理	93
17.4	環境モニタリング	94
第18章	土地利用と土地開発	95
18.1	土地利用の現況	95
18.2	将来土地利用	97
18.3	放水路プロジェクトに伴う土地開発	97
第19章	組織と訓練	102

第 20 章	評価と提言	105
20.1	プロジェクトの評価	105
20.2	提言	106
付録－1	調査のフローチャート	
付録－2	調査団員名並びに人／月	
付録－3	委員会リスト	

図 表 目 次

第1編	流域管理及び洪水制御マスタープラン	1
第1章	まえがき	1
第2章	自然条件	3
図-2.1	ビチレブ島の地形	5
図-2.2	ビチレブ島の地質	6
図-2.3	等雨量線図 (mm/年)	7
表-2.1	確率流域平均日雨量 (ガンベル法)	4
表-2.2	流量観測所の流況表の1例	8
第3章	社会経済	9
表-3.1	年平均公共投資及び海外援助	10
第4章	流域管理	11
図-4.1	流域管理の概念	11
図-4.2	現況土地利用	13
図-4.3	現況土地利用の景観	14
図-4.4	将来の土地利用	16
図-4.5	伝統的社会構造及びリース料の配分	17
図-4.6	給水施設の位置	19
図-4.7	水質調査位置	23
図-4.8	四河川と河口部の水質	24
表-4.1	2015年の土地利用状況	15
表-4.2	給水施設	18
表-4.3	2015年における水需要	20
表-4.4	表流水の賦存量と水需要量	20
表-4.5	包蔵水力	21
表-4.6	10年に1回の平均渇水流量	21
表-4.7	各流域における土砂流出量	26
表-4.8	植林面積とコスト	28
第5章	洪水制御	29
図-5.1	流域の模式図	31
図-5.2	洪水波形の観測値と計算値の対比	32

図-5.3	基本高水流量配分	35
図-5.4	構造的対策の位置	37
図-5.5	放水路のルート（レワ川）	40
図-5.6	築堤区間（レワ川）	41
図-5.7	レワ川放水路の標準断面（河口から 3000m）	42
図-5.8	堤防の標準断面（レワ川）	42
図-5.9	放水路のルート（ナンディ川）	43
図-5.10	ナンディ川放水路の標準断面（河口から 1,000m）	44
図-5.11	捷水路の標準断面（ナンディ川）	44
図-5.12	堤防の標準断面（バ川）	44
図-5.13	築堤区間（バ川）	45
図-5.14	計画高水流量配分	46
図-5.15	洪水予警報システムの概念図	50
表-5.1	河川縦横断測量	29
表-5.2	現河道の疏通能力	29
表-5.3	確率洪水流量	33
表-5.4	基本高水流量と現河道疏通能力（河口）	34
表-5.5	洪水制御対策案の比較（1/2）	38
表-5.5	洪水制御対策案の比較（2/2）	39
表-5.6	工事数量	47
表-5.7	事業費	47
表-5.8	構造的対策の経済評価	49
表-5.9	洪水予警報に必要な機器・コスト	51
第6章	環 境	52
表-6.1	環境調査要素	52
表-6.2	環境調査マトリックス	54
第7章	組織法制	55
第8章	流域管理と洪水制御のマスタープラン	58
表-8.1	レワ川左岸堤の概要	58
表-8.2	マスタープランの実施スケジュール	60
表-8.3	年平均公共投資及び海外援助	61
表-8.4	構造的対策の経済評価	61
第9章	優先プロジェクトの選定	64
表-9.1	優先プロジェクトの選定	64

第10章 現地調査	65
表-10.1 地形測量の内容	65
表-10.2 地質・土質調査の試験項目	65
第11章 放水路規模の検討	67
図-11.1 各確率洪水流量に対する流量配分（放水路建設実施後）	67
図-11.2 各確率洪水流量に対する放水路の標準断面	68
表-11.1 財務並びに経済事業費	68
表-11.2 ナンディ放水路並びに捷水路の経済評価	68
第12章 放水路の予備設計	69
図-12.1 ナンディ川の縦断形状（プロジェクト実施後）	71
図-12.2 放水路の縦断形状	72
図-12.3 放水路の平面形状	74
図-12.4 放水路の縦断形状	75
図-12.5 放水路の横断形状	77
図-12.6 クイーンズ道路橋	78
表-12.1 放水路並びに捷水路の水理諸元	70
表-12.2 主要工種と工事数量	79
表-12.3 概略工事工程	79
第13章 用地取得及び補償	80
表-13.1 用地取得及び補償の数量とコスト	80
第14章 事業費	81
表-14.1 20年確率洪水流量の場合の工事費	81
表-14.2 確率洪水流量と事業費	82
第15章 経済・財務分析	83
表-15.1 プロジェクトの経済評価	83
表-15.2 経済便益及び経済費用の感度分析	83
表-15.3 借入条件と返済額	84
第16章 プロジェクト実施の効果	85
図-16.1 氾濫区域の比較（確率20年洪水流量）	86
図-16.2 氾濫区域の比較（確率50年洪水流量）	87
表-16.1 プロジェクト実施の直接効果	85
表-16.2 洪水後の土砂堆積状況	89

第 17 章	環境影響評価	90
表-17.1	EIA のための環境要素.....	90
第 18 章	土地利用と土地開発	95
図-18.1	ナンディ市周辺土地利用模式図	95
図-18.2	放水路周辺の現況土地利用	96
図-18.3	プロジェクト周辺の土地利用計画	99
図-18.4	プロジェクト周辺の土地利用	100
図-18.5	土地開発の状況	101
表-18.1	土地開発計画	97
表-18.2	洪水制御と土地開発を組合せた場合の経済評価	98
第 19 章	組織と訓練	102
図-19.1	プロジェクト実施組織	102
図-19.2	詳細設計段階のプロジェクト事務所組織	102
図-19.3	建設段階のプロジェクト事務所組織	103
図-19.4	西部排水委員会組織	103
第 20 章	評価と提言	105

略字リスト

B/C	: 便益／費用比 Benefit Cost Ratio
BOD	: 生物化学的酸素要求量 Biological Oxygen Demand
COD	: 化学的酸素要求量 Chemical Oxygen Demand
D&I	: 灌漑排水局 Drainage and Irrigation Division, MAFFA
DO	: 溶存酸素 Dissolved Oxygen
DOE	: 環境局 Department of Environment, MUDHE
DOF	: 森林局 Department of Forest, MAFFA
EIA	: 環境影響評価 Environmental Impact Assessment
EIRR	: 内部収益率 Economic Internal Rate of Return
FAO	: 国際連合食糧農業機関 Food and Agriculture Organization of the United Nations
FEA	: フィジー電力公社 Fiji Electricity Authority
FMS	: フィジー気象局 Fiji Meteorological Service, MTCA
FSC	: フィジー砂糖公社 Fiji Sugar Corporation
GDP	: 国内総生産 Gross Domestic Product
GIS	: 地理情報システム Geographical Information System
IEE	: 初期環境評価 Initial Environmental Examination
INR	: 自然資源庁 Institute of Natural Resources
JICA	: 国際協力事業団 Japan International Cooperation Agency

MAFFA	:	農業・水産・森林省 Ministry of Agriculture, Fisheries, Forests and ALTA
MAFF	:	農業・水産・森林省 Ministry of Agriculture, Fisheries, and Forests
MPWIT	:	公共事業省 Ministry of Public Works, Infrastructure and Transport
MRD	:	鉱物資源局 Mineral Resources Department
MTCA	:	観光・航空省 Ministry of Tourism and Civil Aviation
MUDHE	:	都市開発・住宅・環境省 Ministry of Urban Development, Housing and Environment
NLTB	:	原住民所有地信託委員会 Native Land Trust Board
NPV	:	純現在価値 Net Present Value
PWD	:	公共事業局 Public Works Department, MPWIT
SOPAC	:	南太平洋地質科学委員会 South Pacific Applied Geoscience Commission
SPC	:	南太平洋委員会 South Pacific Commission
SS	:	浮遊土砂 Suspended Solids
TH	:	硬度 Total Hardness
TN	:	全窒素 Total Nitrogen
TOR	:	同意書 Terms of Reference
TP	:	全リン Total Phosphorus
UNDP	:	国連開発計画 United Nation Development Programme
USP	:	南太平洋大学 University of the South Pacific
WHO	:	世界保健機構 World Health Organization

第1編 流域管理及び洪水制御マスタープラン

第1章 まえがき

フィジー国は 300 以上の島々から成っておりその国土面積は約 18,300km²、総人口は約 773,000 人である（1996 年推定）。最大の島はビチレブ島でその面積は 10,389km²で全面積の 57%を占めている。ビチレブ島はフィジー国の政治経済の中心で首都のスパや観光の中心地であるナンディが有り、主要農作物である砂糖きびの農地が広く分布している。

ビチレブ島は島の中央部に位置する山地により東西に分けられるが、年降雨量は島の東側では 2,500mm～4,000mm の範囲で変化し、西側では 1,500mm～3,000mm に変化する。11 月から 4 月までの雨期は 5 月から 10 月までの乾期に比べて降雨量が多い。また雨期には強風と豪雨を伴うサイクロンがしばしば襲来する。サイクロンは住民、家屋、財産、農作物、公共施設等に直接被害を及ぼすだけでなく、経済活動、観光産業、住民福祉等に間接的にも多大な被害を与えている。主要都市は河口部に位置しておりこれらの都市において人口が増大している。更に政府は農業生産の拡大及び観光産業の育成に努力しており、従って洪水制御のための対策が緊急に必要となっている。

このような背景のもとに 1994 年 12 月フィジー国政府は日本政府に対し、ビチレブ島の四大河川における流域管理及び洪水制御実施調査に係わる技術協力を要請した。この要請に応じて国際協力事業団は 1996 年 2 月 坪香 伸 を団長とする事前調査団を派遣してフィジー国農林水産省との間で調査内容に関する協定を締結し、これに基づいて 1996 年 8 月より本格調査団により本調査が開始された。

本調査の主な目的は次の通りである。

- 1) ビチレブ島のレワ川、シガトカ川、ナンディ川及びバ川について 2015 年を目標年次とする流域管理と洪水制御のマスタープランを策定する。
- 2) マスタープランの中から最優先プロジェクトを選定し、フィージビリティ調査を実施する。
- 3) 調査を通じてフィジー側カウンターパートに技術移転を行う。

調査は付録-1 に示す調査フローに従い、1996 年 8 月より 1998 年 10 月までの 27 ヶ月に渡って実施された。調査団の人員編成及び工程は付録-2 に示す通りである。フィジー国政府は調査の円滑な進捗を計るために運営委員会、技術委員会を組織し、国際協力事業団は作業監理委員会を設置した。これら委員会の名簿は付録-3 に示す通りである。

技術移転は調査期間中における調査団とフィジー側カウンターパートとの共同作業、2 回に渡る技術セミナー及び 3 名のフィジー側カウンターパートの日本における研修を通じて実施された。

調査の成果は最終報告書として受入機関のフィジー国農林水産省へ提出された。最終報告書は要約報告書、主報告書、2 巻の分野別報告書及び資料集から成っている。

調査団は調査の全期間を通じて運営委員会、技術委員会、作業監理委員会より多大の支援と助言を受けた。調査団は各種委員会の委員の方々、フィジー側カウンターパート及び政府機関、関連諸機関、現地コンサルタントの人々よりデータや情報の収集に当たり大いなる便宜を得ている。ここに心から感謝する次第である。

第2章 自然条件

(1) 地形

ビチレブ島はフィジー群島の中で最も大きな島でその面積は 10,389km² であり、東西 146km、南北 106km の楕円形をしている。この島はナンドラウ高地と呼ばれる中央山脈により図-2.1 に示すように東西に分けられている。中央山脈の最高峰ビクトリア山は海拔 1,323m に達している。山脈の東西には標高 300m~600m の台地が広く分布しているが、東側では密な熱帯雨林で覆われているのに対して西側では草や灌木に覆われた乾燥地帯の様相を呈している。沖積平野や海岸平野は狭く直ちに低丘陵地帯に連なっている。主要河川のデルタ地帯では人口も密集しており、砂糖きびや野菜の栽培が行われているがこれらの地域は洪水常襲地域となっており洪水被害に苦しめられている。ビチレブ島の水系はレワ川、シガトカ川、ナンディ川、バ川及びナブア川の五大河川により形成されておりこのうち前 4 者が調査対象となっている。これらの河川の際だった特徴は河口より中流部までの河床勾配が非常に緩くそれより上流にかけて突然急勾配になっていることである。この現象は突然の山地の隆起や海面の後退によって生ずると言われている。

(2) 地質

ビチレブ島は図-2.2 に示すように新生代初期（4 千万から 5 千万年前）から現在までに形成された色々な種類の火成岩及び火山岩から形成された堆積岩より成っている。島の北部は全体的にバ玄武岩グループと呼ばれる比較的若い火山岩に覆われているが、南部では深成岩を含んだ比較的古い岩盤が露出している。島の南部では断層が卓越するが、北部では主要な断層は見当たらない。断層は NW-SW 及び NW-SE 方向が卓越している。

(3) 気象及び水文

ビチレブ島には 21 の気象観測所、112 の降雨観測所、及び 34 の流量観測所があり、フィジー気象庁（FMS）、公共事業局（PWD）等によって観測されている。

月平均気温は季節によって変化し、7 月に最低の約 22℃となり 2 月に最高の 27℃となるが、一年を通じて 20℃から 30℃のあいだでその変化は小さい。

相対湿度は島の東側では 75%から 85%の間にあるが、西側では 60%から 80%の間であり東側では高くなっている。これは降雨量が西側より東側で多いためと考えられる。相対湿度の季節変化は西側では明瞭であり、9 月から 11 月にかけて低くなる。年降雨量の分布については 34 の観測所について 1976 年から 1995 年までの 20 年間のデータを解析したところ図-2.3 に示す通りとなる。年平均降雨量は場所により 1,500mm から 4,300mm に変化する。中央山脈の東側のレワ川では 2,500mm から 4,000mm に達するのに対し、西側のナンディ側では 1,500mm から 2,500mm 以下と小さくなっている。月平均降雨量は 11 月から 4 月にかけては他の季節より大きくなる。この傾向は特に島の西側で顕著である。サイクロンの襲来が 1 月から 3 月にかけて多いのでこの時期の降雨量は特に大きくなっている。降雨量の季節変化により 11 月から 4 月の雨期と 5 月から 10 月の乾期に分類できる。

確率流域平均日雨量については 27 の観測所について 1971 年から 1994 年まで 24 年間のデータを解析した。ティーンセン法により観測所雨量を流域雨量に変換し、確率処理した結果を表-2.1 に示す。

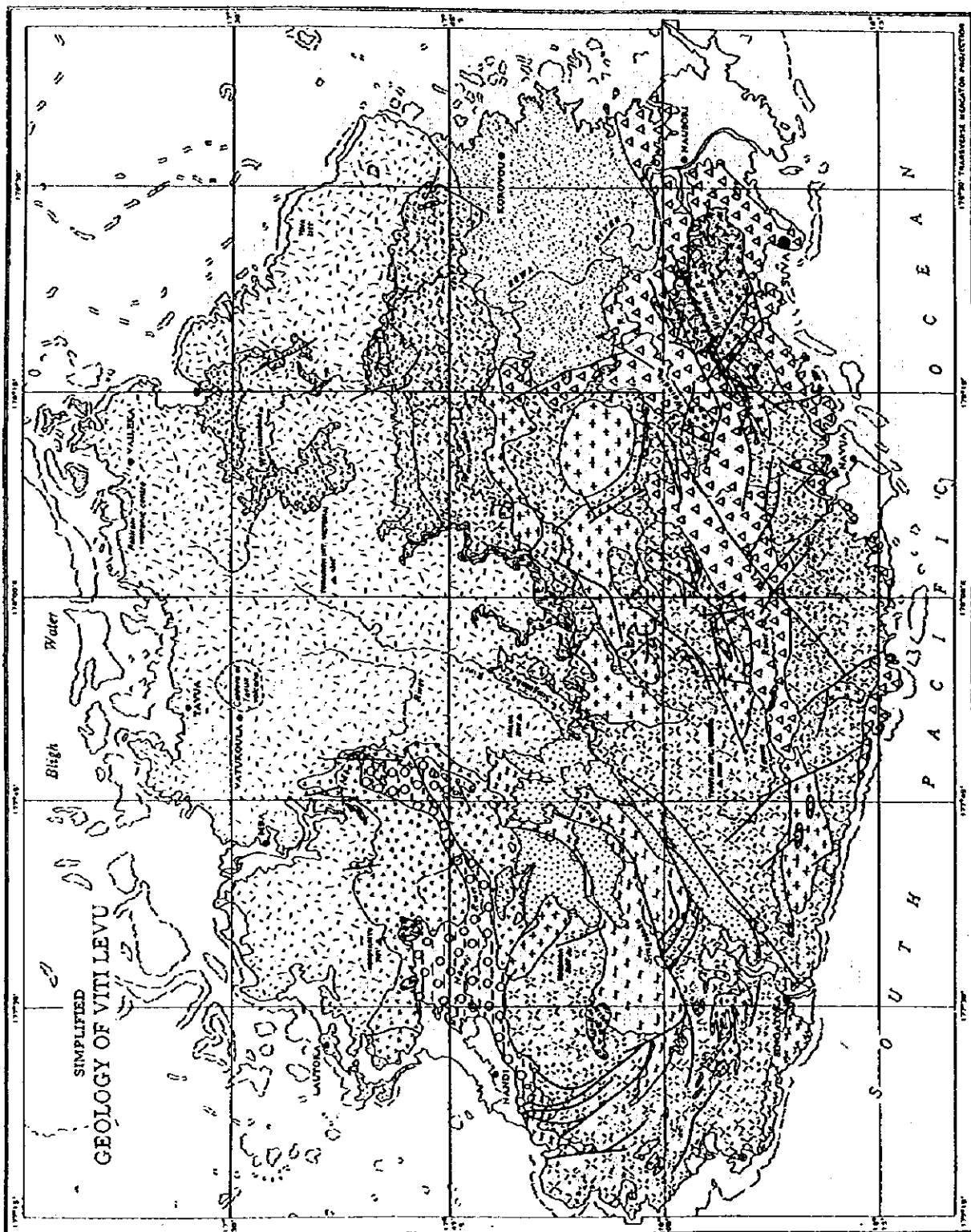
表-2.1 確率流域平均日雨量（ガンベル法）

確率年	レワ流域 (mm/日)	シガトカ流域 (mm/日)	ナンディ流域 (mm/日)	バ流域 (mm/日)
100	450	375	430	440
50	395	330	385	390
30	355	300	350	360
20	325	275	320	330
10	270	235	270	280
5	215	190	215	235
2	130	120	140	160

ビチレブ島には 7 の量水標観測所と 27 の自記水位観測所がある。このうち 14 の自記水位観測所の日流量データを用いて低水解析を行い各観測所について流況表を作成した。流量観測所の流況表の 1 例を表-2.2 に示す。ビチレブ島の流況の特徴は日流量が最大日流量から急激に低下することで、これは地下水の流出や貯留及び流域の保水能力が小さいためと思われる。年流出量と年降雨量より流出係数を求めると観測所により 0.45 から 0.88 に変化する。島の東側にあるレワ川では 0.6 から 0.9 と比較的高く、西側のナンディ川及びバ川では 0.4 から 0.6 と小さくなっている。

凡例

- 第四紀
 - 沖積層
 - スズ地層群
 - ベラタ地層群
 - ハズ武岩類
- 第三紀
 - コロイマグア安山岩類
 - ナボサ地層群
 - ナディ地層群
 - メンドラウスト安山岩類
 - ラ地層群
 - サブラ火山岩類
 - シガトカ地層群
 - ワニマラ地層群
- 第二紀
 - 新規貫入岩類 (閃緑岩)
 - ノロ深成岩類
 - バレイ岩
- 地質境界
- 断層
- 町
- 河川
- 三角点
- 珊瑚礁



Note: Compiled and simplified based on 1:250,000 Geological Map, 1966

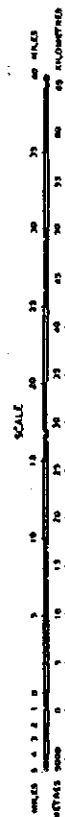


図-2.2 ビチレブ島の地質

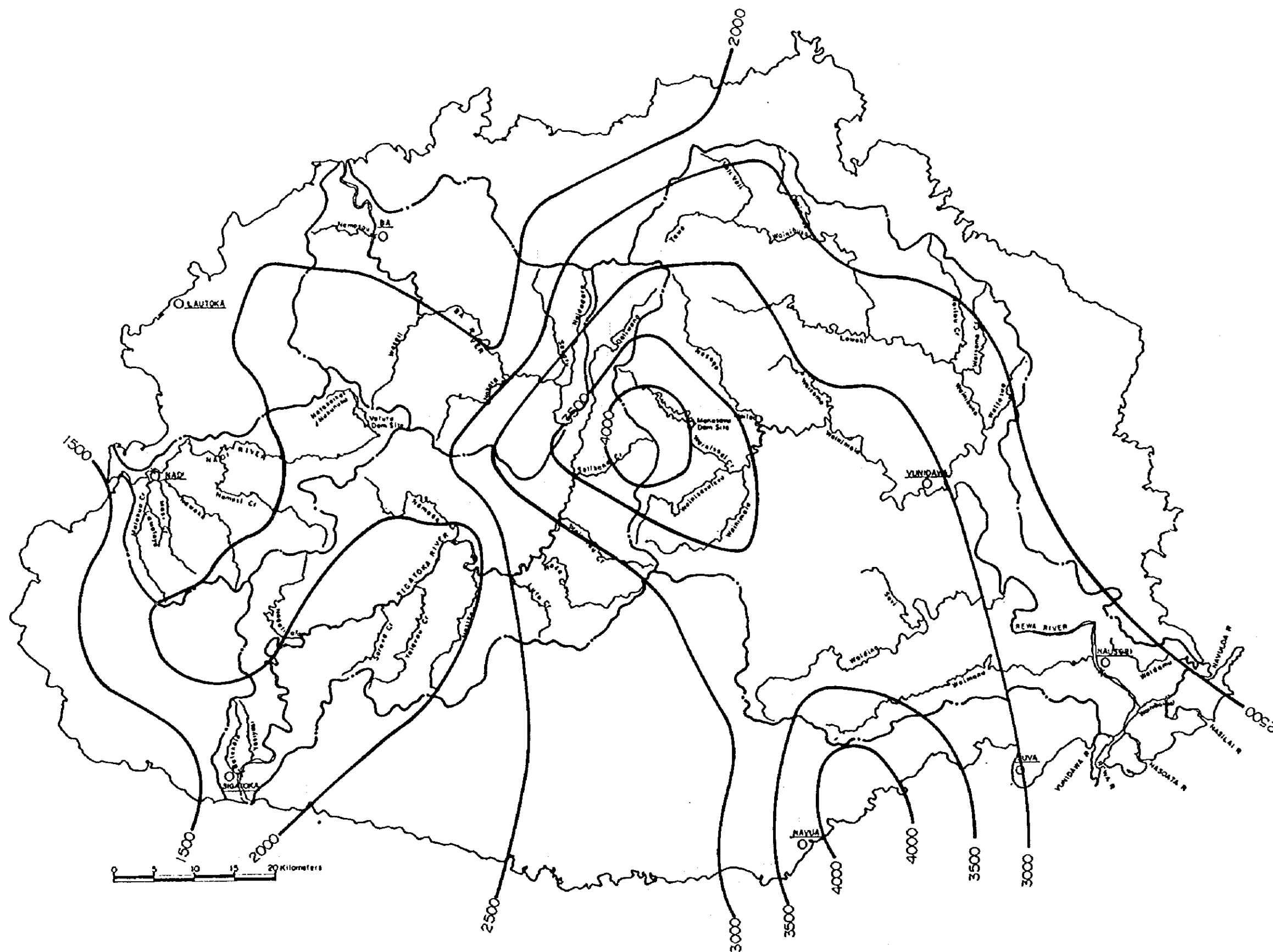
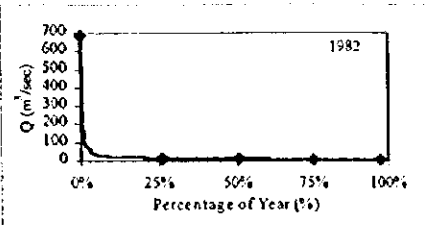
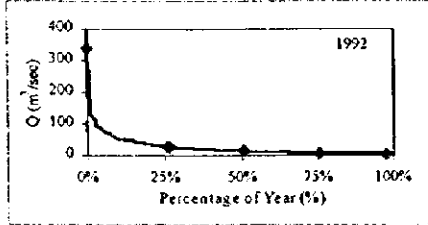
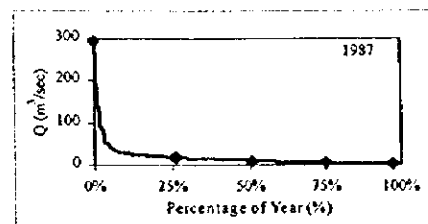
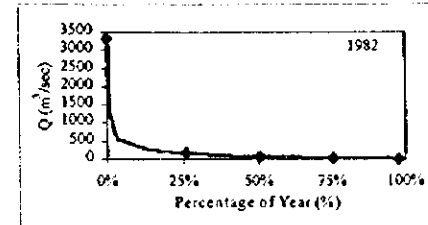


图-2.3 等雨量线图 (mm/年)

表-2.2 流量観測所の流況表の1例

Watershed & Station Information		Year	Max	Q26%	Q50%	Q75%	Q97%	Min
Rewa Tributary	Waimanu (HA010) Ref. No.: 3 Catchment Area: 165 km ²							
		1972	994.0	18.0	11.0	9.0	5.0	5.0
		1973	291.0	10.0	8.0	6.0	1.0	1.0
		1977	394.0	12.0	7.0	4.0	3.0	2.0
		1978	247.0	14.0	8.0	5.0	3.0	2.0
		1979	1771.0	15.0	9.0	5.0	3.0	3.0
		1980	4041.0	13.0	8.0	5.0	3.0	2.0
		1981	128.0	12.0	9.0	6.0	4.0	4.0
		1982	689.0	15.0	17.0	9.0	7.0	7.0
		1983	309.0	14.0	10.0	8.0	6.0	5.0
		1984	527.0	18.0	15.0	14.0	10.0	9.0
		1985	540.0	12.0	7.0	4.0	1.0	1.0
		1987	2334.0	11.0	7.0	4.0	3.0	3.0
		1988	192.0	18.0	10.0	7.0	5.0	4.0
		1989	154.0	12.0	9.0	7.0	5.0	3.0
		1990	515.0	16.0	8.0	6.0	4.0	3.0
		1991	398.0	14.0	7.0	5.0	3.0	3.0
		1992	443.0	14.0	6.0	4.0	1.0	1.0
		1993	2755.0	21.0	13.0	7.0	4.0	4.0
		1994	181.0	17.0	8.0	5.0	4.0	3.0
		1995	237.0	19.0	11.0	7.0	5.0	5.0
		Average	857.0	15.0	9.0	6.0	4.0	4.0
Rewa Tributary	Nabukaluka (HA006) Station No.: 4 Catchment Area: 253 km ²							
		1970	234.0	23.0	8.0	4.0	3.0	2.0
		1971	373.0	20.0	9.0	5.0	3.0	3.0
		1972	583.0	35.0	16.0	7.0	3.0	2.0
		1973	293.0	42.0	25.0	14.0	5.0	4.0
		1974	224.0	29.0	16.0	7.0	3.0	3.0
		1975	298.0	26.0	11.0	4.0	2.0	1.0
		1976	134.0	34.0	20.0	13.0	8.0	6.0
		1977	406.0	27.0	8.0	2.0	1.0	1.0
		1978	296.0	28.0	16.0	9.0	3.0	2.0
		1979	283.0	23.0	13.0	8.0	3.0	3.0
		1980	893.0	28.0	18.0	10.0	7.0	6.0
		1981	120.0	20.0	10.0	6.0	4.0	2.0
		1982	353.0	24.0	13.0	10.0	7.0	4.0
		1983	196.0	15.0	9.0	6.0	4.0	4.0
		1984	126.0	20.0	13.0	7.0	4.0	4.0
		1985	240.0	22.0	14.0	9.0	5.0	4.0
		1986	536.0	23.0	10.0	5.0	2.0	2.0
		1989	102.0	24.0	17.0	11.0	3.0	2.0
		1991	209.0	28.0	11.0	5.0	2.0	1.0
		1992	339.0	28.0	25.0	9.0	7.0	5.0
		1994	255.0	50.0	36.0	26.0	19.0	18.0
		1995	250.0	59.0	45.0	36.0	28.0	26.0
		Average	307.0	29.0	16.0	10.0	6.0	5.0
Rewa Tributary	Natuva (HA149) Station No.: 5 Catchment Area: 146 km ²							
		1980	1255.0	20.0	12.0	6.0	3.0	2.0
		1981	281.0	17.0	10.0	5.0	3.0	3.0
		1982	292.0	17.0	10.0	7.0	5.0	5.0
		1983	366.0	16.0	9.0	5.0	3.0	3.0
		1984	392.0	20.0	13.0	7.0	3.0	3.0
		1985	301.0	17.0	9.0	5.0	3.0	2.0
		1986	647.0	15.0	7.0	4.0	3.0	3.0
		1987	294.0	18.0	10.0	5.0	3.0	2.0
		1988	97.0	26.0	17.0	12.0	8.0	7.0
		1989	182.0	19.0	13.0	7.0	3.0	3.0
		1991	50.0	17.0	9.0	5.0	3.0	3.0
		1992	154.0	24.0	15.0	9.0	5.0	4.0
		Average	359.0	19.0	11.0	6.0	4.0	3.0
Rewa Main	Navolau (HA009) Station No.: 6 Catchment Area: 1961 km ²							
		1971	1345.0	169.0	73.0	34.0	18.0	15.0
		1972	6711.0	199.0	122.0	71.0	33.0	29.0
		1977	655.0	57.0	26.0	17.0	10.0	9.0
		1978	2057.0	165.0	53.0	24.0	8.0	6.0
		1979	2259.0	124.0	68.0	40.0	23.0	22.0
		1980	4218.0	152.0	77.0	39.0	20.0	16.0
		1981	1362.0	116.0	48.0	15.0	2.0	1.0
		1982	3377.0	163.0	73.0	38.0	17.0	17.0
		1984	2703.0	171.0	97.0	68.0	32.0	31.0
		1985	3960.0	128.0	81.0	60.0	48.0	45.0
		1988	2054.0	230.0	130.0	90.0	73.0	68.0
		1991	2221.0	132.0	40.0	24.0	16.0	13.0
		1993	6925.0	132.0	65.0	46.0	32.0	28.0
		1994	1112.0	153.0	69.0	49.0	34.0	34.0
		1995	1305.0	159.0	88.0	51.0	29.0	20.0
		Average	2813.0	150.0	74.0	44.0	26.0	24.0

第3章 社会経済

(1) 人口

フィジーの国勢調査は 1881 年より実施されているが、1956 年からは 10 年おきに実施されており、最近では 1996 年に行われている。この結果の取り纏めはまだ完了しておらず主要なデータが速報として公表されている。本調査では可能な限りこの速報値を利用した。

1996 年の総人口は 773,000 人で 1986 年からの人口増加率は 0.8%となっており、それ以前 10 年の人口増加率 2.1%に対して著しく低下している。フィジーの人口は二つの主要グループから成っており、メラネシア人である土着のフィジー人とイギリスの植民地政策により砂糖きびの栽培の為にインドから連れて来られたインド人の子孫であるインド系フィジー人である。それぞれのグループの人口は 395,000 人 (51%) 及び 337,000 (44%) となっている。1986 年の調査ではそれぞれ 329,000 (46%) 及び 349,000 (49%) となっておりインド系フィジー人の減少が著しい。これは 1987 年の政変に伴うインド系フィジー人の国外流出が主な原因と考えられる。都市と地方の人口は 1986 年ではそれぞれ 277,000 (39%) 及び 438,000 (61%) であったが、1996 年では 358,000 (46%) 及び 415,000 (54%) となっており人口の都市集中が進んでいる。本調査の対象となった四大河川流域には約 228,000 人が居住していると推定され、これは総人口の 30%に相当する。

目標年 2015 年における総人口は統計局により 936,000 人と推定されており、1996 年人口の約 1.2 倍となっている。この間の人口増加率は 0.9%~1.2%に設定されている。対象流域の 2015 年における人口は 279,000 人と予測され、流域毎の人口はレワ川 141,000 (50%)、シガトカ川 32,000 (11%)、ナンディ川 50,000 (18%) 及びバ川 57,000 (21%) と推定される。

(2) 産業

1994 年におけるフィジーの国内総生産 (GDP) は F\$2,338 百万で、1990 年からの年平均成長率は 7.1%である。また一人当たりの国民総生産は F\$3,002 で年平均成長率は 5.5% であるが、実質年平均成長率はそれぞれ 2.7%及び 1.2%となっている。農林水産業は GDP の 20%を占め主要な産業となっている。主な生産物は砂糖きび、コブラ、水稲、鶏、卵等である。農産工業製品としては砂糖、ココナツ油、澱粉、バター、タバコ等がある。砂糖きび及び砂糖はフィジーの農産物の中で最も重要である。製造業は GDP の 10%を占め、主な製品は金、銀、セメント、塗料、石炭、清涼飲料等である。観光産業は砂糖産業と並んで外貨獲得のための重要な産業となっている。観光産業を含む商業部門は GDP の 19%を占め、この内ホテル、レストラン、カフェ部門は 3.3%を占めている。

1995 年における輸出総額は F\$870 百万、輸入総額は F\$1,219 百万となっており、F\$349 百万の輸入超過となっているが、この差額は観光その他のサービスによって補われている。主な輸出品は砂糖 (38%)、衣類 (25%)、金 (8%)、魚類、糖蜜、コルク、木材等であり、主な輸入品は工場製品 (28%)、機械類 (23%)、食品 (15%)、鉱物燃料 (11%) 等である。

目標年 2015 年における GDP は年平均成長率を 3.5%と仮定して、F\$4,815 百万と推定した。これは 1994 年の値の 2.1 倍となる。また一人当たり GDP は、GDP と人口の予測値から F\$5,145 と推定した。これは 1994 年の値の 1.7 倍となる。

(3) 財政

1995 年における中央政府の歳入及び歳出はそれぞれ F\$719 百万及び F\$809 百万となっており、1991 年から 1995 年までの年平均増加率はそれぞれ 5.7%及び 5.3%である。フィジー政府の省庁における公共投資、海外援助及び海外借款の 1991 年から 1995 年までの年平均値は表-3.1 に示す通りとなっている。

表-3.1 年平均公共投資及び海外援助

単位：千フィート/年	
	平均額 (1991-1995)
政府計	98,000
インフラストラクチャー	40,900
農林水産省	10,700
無償資金協力	5,900
有償資金協力	19,400

注: (1)上記は付加価値税を含まない

(2)インフラストラクチャー；公共事業省（海事局・道路交通局を含む）、民間航空局及び気象局

(3)農林水産省は林野局を含む

第4章 流域管理

4.1 流域管理の概念

この調査における流域管理の概念は図-4.1 のように示される。流域管理は(1)水文循環-河川管理システムと(2)人間活動-生態系システムの二つの相互に関連し合うシステムからなっている。また流域管理は 1) 表流水と地下水から成る水資源管理、2) 洪水制御、3) 環境保全及び生態系、土壌侵食、水質等の改善から成っている。洪水制御と水資源管理は流域管理の中で人々の福祉の為に主要な要素であり、環境保全及び改善は人間活動と自然環境の共生を目指すものである。これら三つの要素を示すサークルは図-4.1 に示すように互いに交錯しており、社会経済活動の増大に連れて交わりの程度は大きく成るものと思われる。従って自然及び社会環境の保全及び改善の為には総合的な流域管理が是非とも必要になってくる。しかしながら、流域管理計画を策定するのに必要なデータや情報の蓄積には非常に長い時間を必要とすることも事実であり、フィジーの場合この様なデータの収集は緒に就いたばかりであると言えよう。調査団は限られたデータと時間の範囲で各種の流域管理の要素について出来るだけ検討を行い、その結果をこの章で述べている。第1章まえがきにも述べたように洪水制御はフィジーにおいては最も重要な流域管理の要素であるのでこれについては第5章で詳述する。

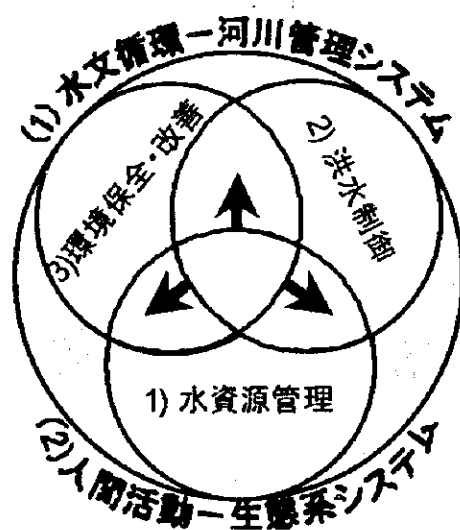


図-4.1 流域管理の概念

4.2 土地利用及び地域開発

(1) 土地利用の現況

ビチレブ島の土地利用の現況は 59%が森林、26%が牧草地及び草地、13%が農地、2%が市街地となっている。森林の分布は島の東西で異なっており、東側のレワ川流域では流域の 70%を占めるが、西側のナンディ川、バ川ではそれぞれ 48%及び 42%となって

いる。農地の内8%が砂糖きび畑で、残りの5%は根菜、野菜その他である。砂糖きび畑、牧草地、草地等は気象と地形条件を反映して西側のシガトカ川、ナンディ川、バ川流域に占める比率が大きい。土地利用の現況及びそれらの景観は図-4.2 及び図-4.3 に示すとおりである。

(2) 将来の土地利用

将来の地域開発の基本方針は次の通りである。

- 環境保全：適正な土地利用、森林の保全
- 土地利用規制の強化：市街地氾濫地域、傾斜耕作地、森林伐採
- 効果的かつ効率的土地利用：単位収穫量の増加、草地や氾濫地域の牧草地等への変換
- 経済・社会・環境の面で持続可能な開発
- 住民の為の土地利用

将来の土地利用の具体的な方針は次の通りである。

- 森林の保全及び拡大（既存の森林の保全、草地や荒地の植林、侵食性の大きい牧草地や乱伐された地域の再植林）
- 牧草地や耕地の増加
- 市街地や都市域の拡大
- ナンディ川及びバ川流域における耕作地の拡大防止（土壌侵食を誘発しないため）

将来のより良い土地利用のために次のような開発プロジェクトを提案する。

1) 森林保全及び植林

森林は降雨を貯留し、土壌侵食の可能性を軽減すると共に美しい景観を作り出し、多様な生態系を維持する。モナサブダム流域やナウソリ高原のような重要な森林は保全されているが、更にバツルダム流域等のように重要な森林を保護対象とすべきである。植林についても単に松やマホガニーだけではなく、樹種を選定して、混合林としての植林を促進すべきである。調査対象流域の森林面積を1996年の3,530km²（58%）から将来的には4,373km²（73%）に増加させる。このためには牧草地や草地を森林に変換する必要がある。

2) 農業開発

砂糖きびの耕作は現況にとどめるべきである。農地はレワ川やシガトカ川流域では拡大可能であるが、ナンディ川、バ川流域では開発の限界に達していると思われるので、次のような施策が必要である。

- 適正かつ集約的な耕作による単位収量の増加や輪作
- 傾斜地における生垣植栽のような耕作法や農村林の設置
- 家畜の飼育改善と普及
- 土地の特徴や市場の状況に合致した農業管理

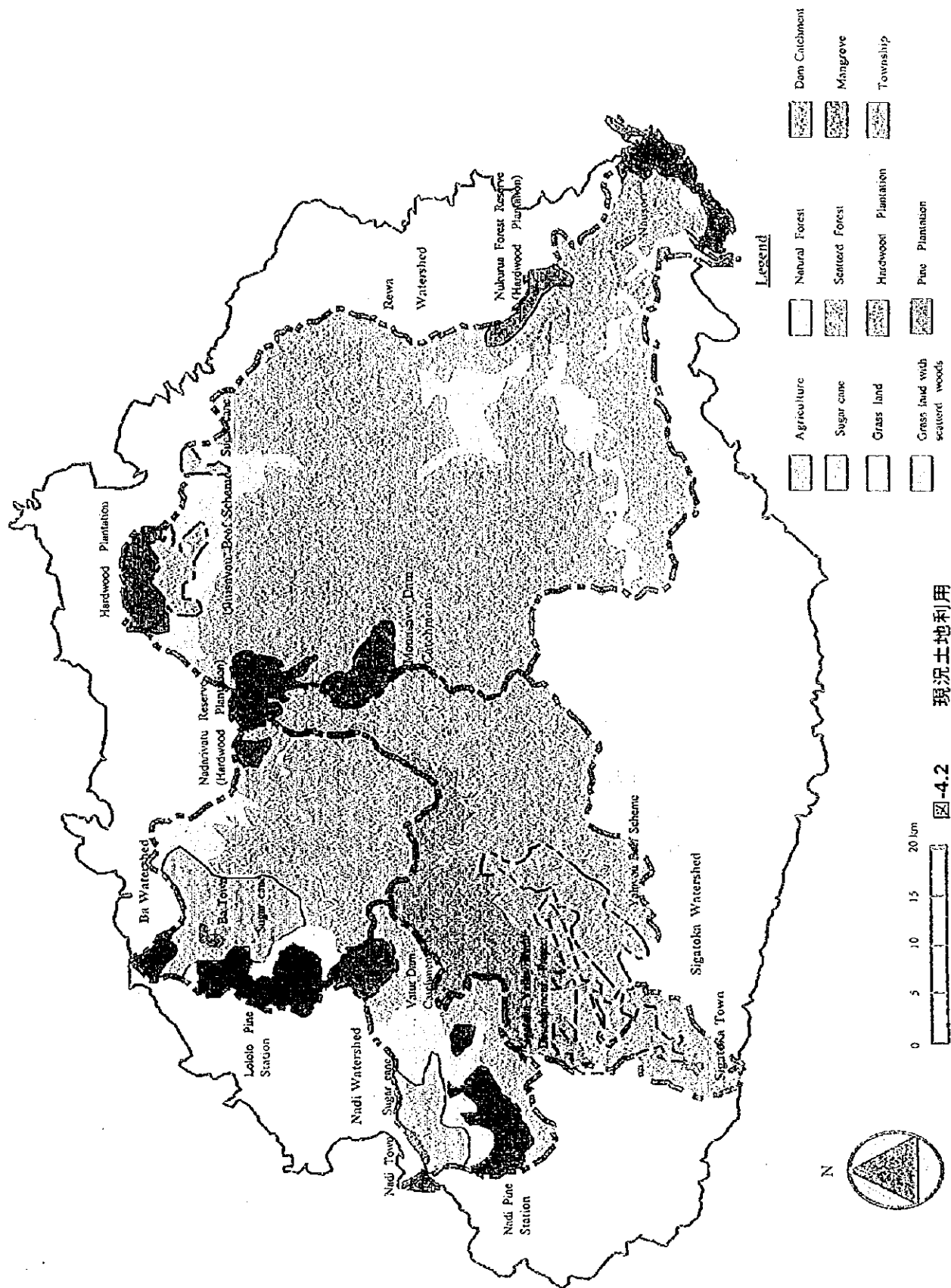


図-4.2 現況土地利用

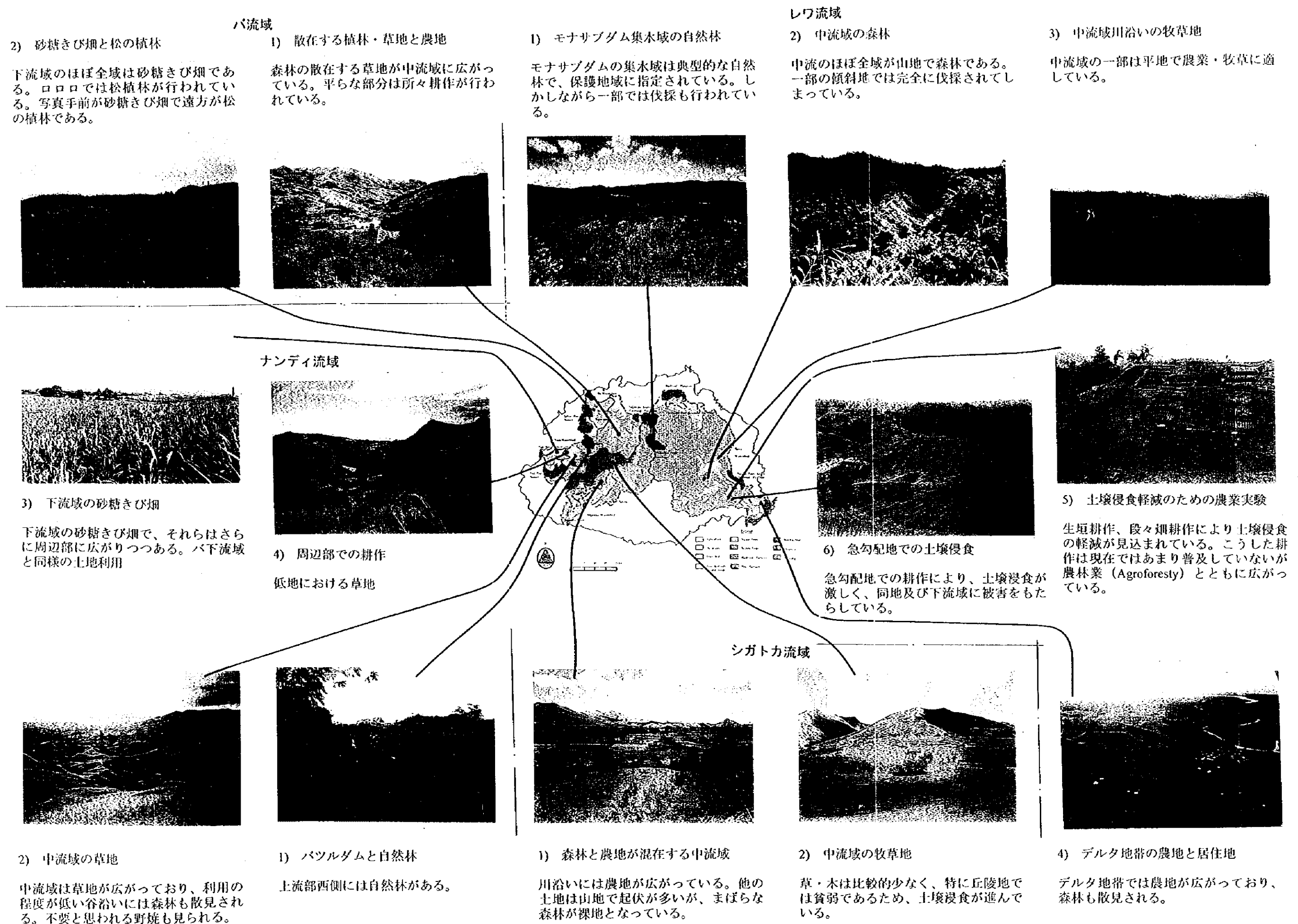


図-4.3 現況土地利用の景観

3) 都市開発

都市部の面積は流域に比べて小さいが、多くの人口と産業を吸収でき、経済成長に寄与すること大である。観光産業は最も重要な役割を果たすと思われる。ナンディ市周辺ではデナラウ島、ブラニ島、ナンディ湾岸の観光開発が進められているが、この地の観光産業は更に開発すべきである。免税地域に設けた軽工業やコンピューター関連のハイテク産業の開発も促進されるべきである。

目標年の2015年における土地利用は表-4.1及び図-4.4に示す通りとなる。

表-4.1 2015年の土地利用状況

土地利用	面積 (km ²)	比率 (%)
森 林	4,374	73 %
保 全	3,530	59 %
植 林	844 ⁽¹⁾	14 %
農 地	731	12 %
牧草地	828	14 %
都市その他	65	1 %
合 計	5,998	100 %

(1) 2015年以降実施分も含む

(3) 土地所有

フィジーの土地は原住民所有地、国有地及び自由保有地に分類され、それぞれの比率は84%、9%、7%である。原住民所有地は土着のフィジー人のみが所有しており、インド系フィジー人その他には所有権がなく、売買は法律で禁止されているので、リースによってのみ使用可能である。原住民所有地は図-4.5に示す伝統的な社会構造のグループが所有している。その構造はバヌア、ヤブサ、マタンカリ、トカトカに分類され、全ての土着のフィジー人はそれぞれの社会単位に属している。また原住民所有地の内36%は原住民保留地となっており、原住民のみが使用可能で構成員の75%以上の同意なしにはリースできない。原住民所有地信託委員会(NLTB; Native Land Trust Board)が1946年に設立され、すべてのリースはここを通して行われ、リース料の各グループへの配分は図-4.5に示す比率で行われる。リースされている土地は原住民所有地の51%に達しており、その目的は農業、居住、商業、牧草地等となっているが、木材伐採地が最も広く25%となっている。リース期間は目的により異なっており、数年から99年となっている。この土地所有制度は土着のフィジー人にとっては生活や相続財産の基盤となり、大地主の独占禁止、土地投機の防止等の利点を持つ反面、次のような欠点を有している。

- 使用者は短期利益を追求しがちで、長期にわたる土地の維持管理や価値の低下について無関心となる。
- 新規のリースは土地所有者の合意を得るのに時間がかかり困難である。
- 政府が公共の福祉の為に土地を使用する場合、しばしば土地所有者の説得が難しい。
- インド系フィジー人の不満が大きく、社会的な不平等が生じている。

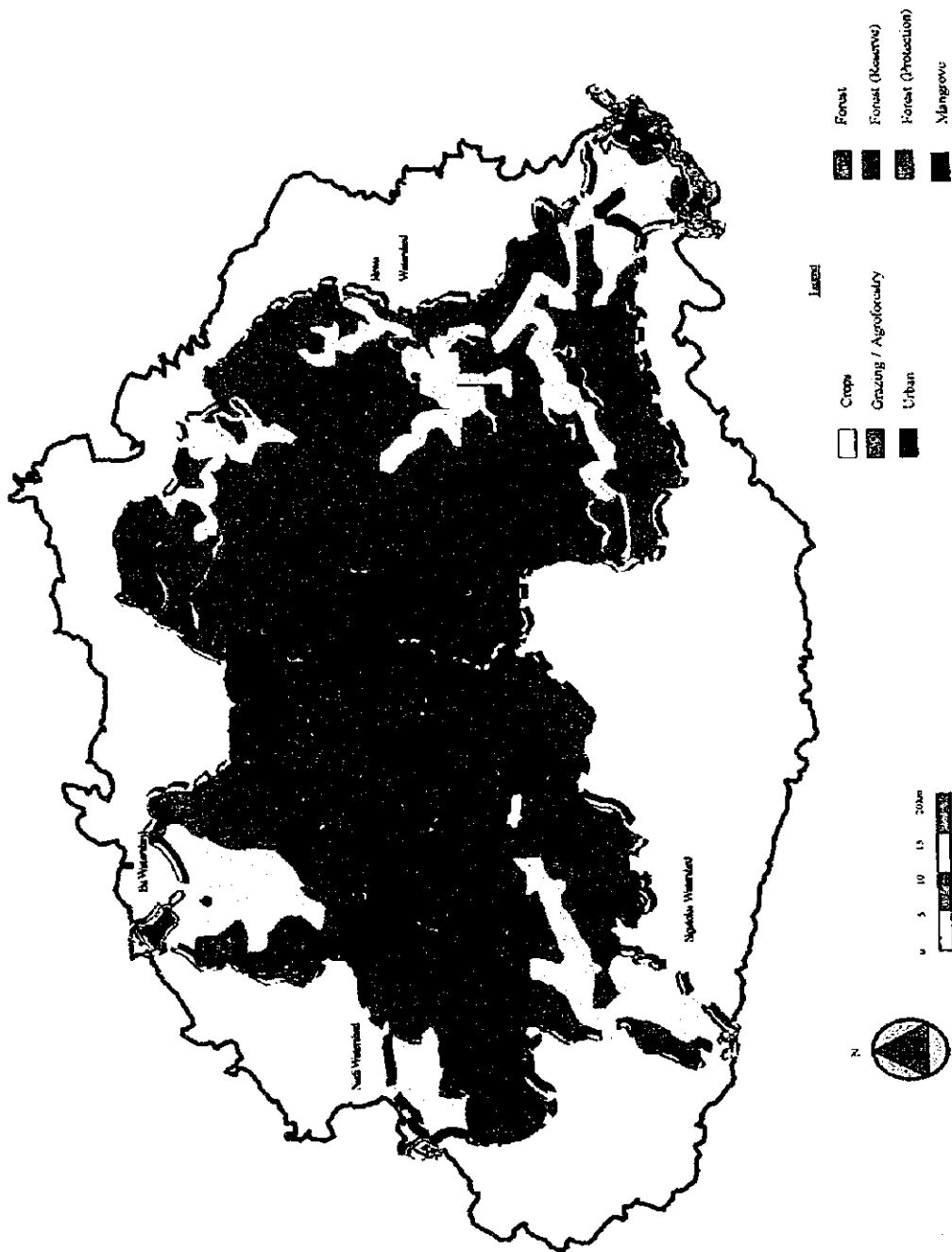
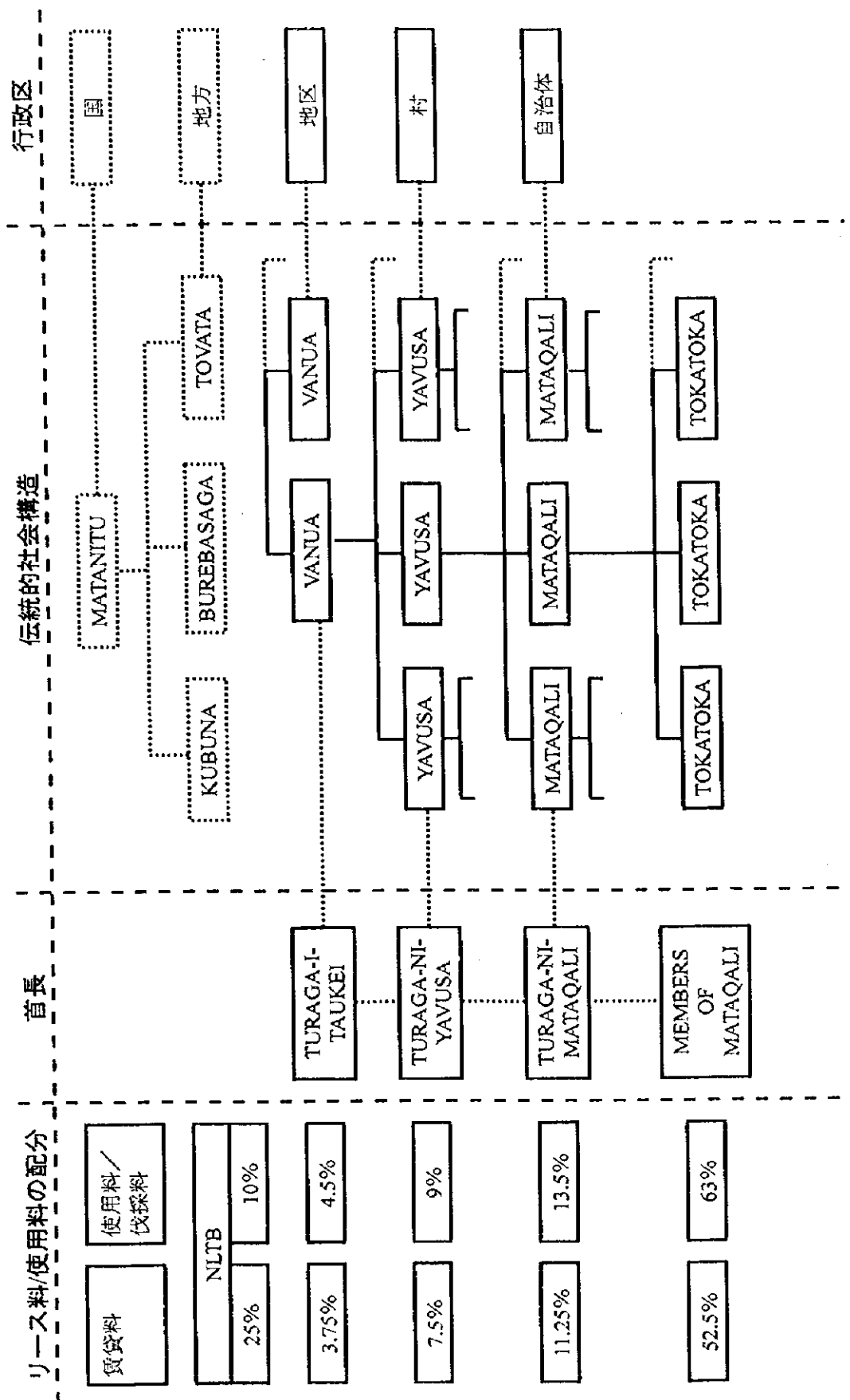


図 4.4 将来の土地利用



賃貸料：土地リース料
 使用料/伐採料：木材や砂利等として土地から採集、伐採することに伴うもの

図4.5 伝統的社会構造及びリース料の配分

4.3 水資源

(1) 水利用の現況

1) 都市用水

ビチレブ島の四大河川流域における給水施設の現状は、表-4.2 及び図-4.6 に示す通りである。それぞれの流域における日給水量はそれぞれレワ川 11,000m³/日、シガトカ川 5,500m³/日、ナンディ川 2,900m³/日、バ川 6,700m³/日で合計 26,000m³/日と推定される。

一方水の消費量はデータの収集が困難で正確ではないが、約 30,000m³/日と推定される。ナンディ地区の水消費量には流域外のラウトカ市、サル浄水場の給水量が含まれている。

表-4.2 給水施設

流域	流域面積 (km ²)	浄水施設	取水地	給水地域
レワ流域	3,092	タマプア	ワイマヌ川	スバ
		ワイラ	ワイマヌ川	ナウソリ
		ナウソリ	レワ川	ナウソリ
シガトカ流域	1,453	ナトボ	シガトカ川	シガトカ
		ラワンガ	パレケロ川	シガトカ
		コロトゴ*	2 井戸	コロトゴ
ナンディ流域	516	ナガンド	バツールダム	ナンディ・サル
		サル	ナガンド	ラウトカ
バ流域	937	ワイワイ	ナウェタブニ川 バラシバ	バ

*：停止中

出典：地域基本計画、公共事業局

2) 農業用水

主要農産物の砂糖きびは灌漑を必要とせず、水稻も最近の市況の悪化により栽培が中止されているので灌漑用水の需要は極めて小さく、シガトカ川流域の野菜の栽培にわずかに用いられている程度である。牧畜は鶏、豚、牛、山羊、羊等が飼育されており、これらの消費水量は約 900m³/日程度である。

3) 工業用水

工業用水の主要な消費者としては、フィジー砂糖会社 (FSC : Fiji Sugar Corporation) 及びエンペラー金鉱山 (EGM : Emperor Gold Mines) があり、それ以外の工業用水消費は非常に小さい。FSC は独自の給水施設を所有しており、自己消費分を賄っている。その給水量は、対象流域外のラウトカ市の設備を含めて約 5,200m³/日である。

浄水場

①	WAILA
②	TAMAVUA
③	NAUSORI
④	MATOVO
⑤	NAGADO
⑥	SARU
⑦	WAIWAI

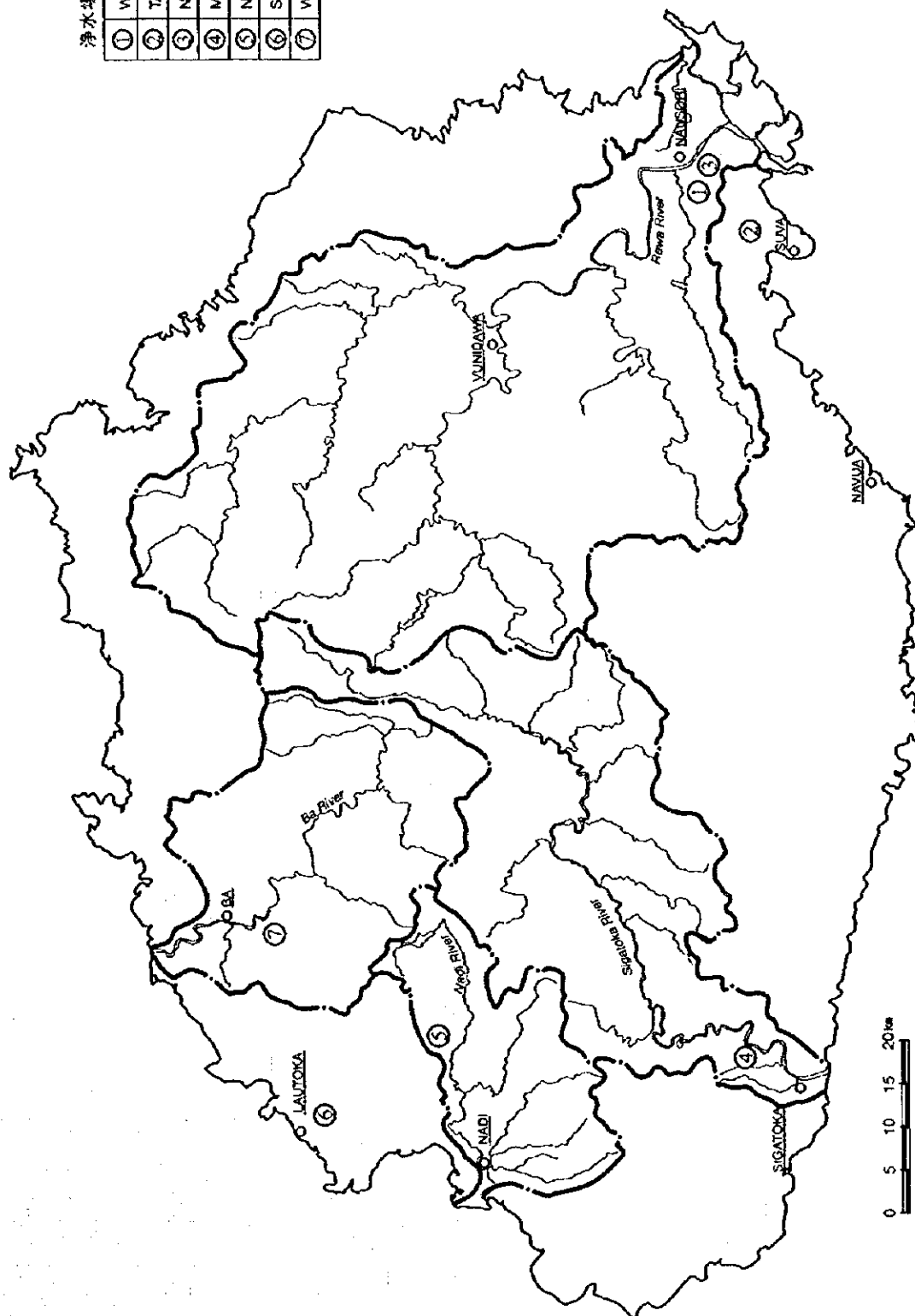


図-4.6 給水施設的位置

4) 水力発電

水力発電はモナサブダム発電所 (83,200kW) 及びいくつかの小規模発電所 (800kW) で行われている。ディーゼル発電も含めた年間電力消費量は 430,000MWh となっているが、モナサブダム発電所より約 90% が供給されている。

(2) 将来の水需要

目標年 2015 年には、人口は 1996 年の約 1.2 倍となり、国内総生産 (GDP) は 3.5%/年の成長率を仮定して約 2.1 倍となるものと推定されている (第 3 章参照)。これらの将来予測に基づき 2015 年における水需要を推定すると表-4.3 に示す通りとなる。

表-4.3 2015 年における水需要

流 域	流域面積 (km ²)	都市用水 (m ³ /日)		農業用水 (m ³ /日)	工業用水 (m ³ /日)	合 計 (m ³ /日) () m ³ /sec	流域面積当りの 水需要 (m ³ /day/km ²)
		需要量	供給量				
レワ	3,092	93,000	140,000	1,240		141,240 (1.63)	48.0
シガトカ	1,453	7,000	10,000	2,300		12,300 (0.14)	8.5
ナンディ	516	18,000	20,000	140		20,140 (0.23)	41.1
バ	937	12,000	24,000	240	6,400	24,240 (0.28)	26.1
合 計	5,998	130,000	194,000	3,920	6,400	197,920 (2.29)	123.7

(3) 表流水の賦存量

表流水の賦存量は、水資源開発が直接取水により行われるものとし、計画の安全性を確保するために、10 年に 1 回の確率で生起する渇水流量により推定した。各流域の河口における 10 年に 1 回の渇水流量と水需要を比較すると表-4.4 に示す通りとなる。レワ川、シガトカ川、バ川の 3 流域については水需要より表流水賦存量 (10 年に 1 回の渇水流量) がはるかに大きいので、表流水の開発は直接取水により十分可能と思われるが、ナンディ川についてはその差があまり大きくないので、取水地点によっては直接取水が困難となる可能性も考えられる。この場合は、ダムによる貯留や流域間の導水等詳細な検討が必要になるかもしれない。結論としてはナンディ川流域を除いて表流水賦存量は、水需要量を賄うのに十分であるといえよう。

表-4.4 表流水の賦存量と水需要量

流 域	流域面積 (km ²)	流量観測所		10 年に 1 回の渇水		表流水賦存量 (m ³ /sec)	水需要量 (m ³ /sec)
		名 前	集水面積 (km ²)	年	100km ² 当りの流量 (m ³ /sec/100 km ²)		
レワ	3,092	ナボラウ	1,961	1991	0.82	25.4	1.63
シガトカ	1,453	ナモカ	1,333	1983	0.68	9.9	0.14
ナンディ	516	ナツアセレ	70	1992	0.14	0.7	0.23
バ	937	トゲ	579	1987	0.36	3.4	0.28
合 計	5,998					27.9	2.29

(4) 包蔵水力

四大河川流域について包蔵水力をごく大まかに推定すると表-4.5 示す通りとなる。目標年 2015 年における電力需要は 860GWh と推定されており、これに対して 4 流域の合計包蔵水力は 1,100GWh となり需要を上回っている。包蔵水力の大部分がレウ川流域に集中していることがわかる。

表-4.5 包蔵水力

流 域	平均発電量 (MW)	年平均発電力量 (MWh)
レウ	103	900,000
シガトカ	14	127,000
ナンディ	4	35,000
バ	6	49,000
合 計	127	1,111,000

(5) 維持流量

水利用に加えて、河川の水質・清流の保持、景観や生態系の維持、内陸舟運や漁業のために河道に維持流量を確保する必要がある。維持流量としては 10 年間平均渇水流量程度が必要と思われる。必要維持流量と 2015 年における水需要を比較すると表-4.6 に示す通りとなる。ナンディ川流域を除いて水需要量は必要維持流量に比べて十分小さく需要水量の取水後も十分な維持流量を確保できるものと思われる。

表-4.6 10 年に 1 回の平均渇水流量

流 域	流域面積 (km ²)	平均渇水流量		水需要量 (m ³ /sec)
		100km ² 当りの流量 (m ³ /sec/100 km ²)	河口の流量 (m ³ /sec)	
レウ	3,092	1.73	53.5	1.63
シガトカ	1,453	1.43	20.8	0.14
ナンディ	516	0.14	0.7	0.23
バ	937	0.52	4.9	0.28
合 計				2.29

(6) バツルダム再開発

ナンディ川上流域にあり、ラウトカ市とナンディ市の上水道の水源となっているバツルダムの再開発を行い、都市用水と発電を行う場合について概略検討すると次のようになる。

都市用水については、流域面積 38.6km²、年間降雨量 2,300mm、流出係数 0.7、貯水池容量 27.0 百万 m³ を考慮すると最大約 85,000m³/日の開発が可能と推定され、現供給水量 20,000 m³/日に比べてかなり大きい。発電については、平均流量約 1.0m³/sec、落差約 220m を考慮すると、発電力 1,600kW、年間電力量 14,000kWh となり、規模はあまり大きくない。

(7) 水資源開発の基本方針

- ナンディ、ラウトカ地区の都市用水需要は観光産業の拡大と人口の都市集中により今後増大するものと思われるが、現存する水道専用ダムのバツルダムは再開発により 60,000m³/日の新規供給が可能となるのでこれにより対処する。
- レワ川、シガトカ川、バ川では水需要に比べて表流水賦存量が豊富なので本川または支川からの直接取水を行う。
- 農業用水及び工業用水について需要の増加は殆どないと思われるので都市用水の給水システムを用いる。
- 電力需要は 2015 年までに約 2 倍に増加するのでモナサブダム発電所のみでは到底不十分であり、豊富な包蔵水力を有するレワ川の水力開発を行う。

4.4 表流水の水質

(1) 水質調査

調査団は、図-4.7 に示す 26 ヶ所について 1996 年の乾期（10 月初旬）及び雨期（11 月下旬）の 2 回、溶存酸素（DO）、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（TN）、全磷（TP）を含む 14 項目について水質調査を行った。その結果は図-4.8 に示す通りである。

(2) 水質基準

フィジーでは必要な水質基準を海水と淡水について各項目毎に用途別に次の 3 つのクラスに分類している。

【海水】

- クラス AA : 海洋学研究、海洋生物保全
- クラス A : レクリエーション、景観
- クラス B : 港湾

【淡水】

- クラス 1 : 飲料水
- クラス 2 : 水泳
- クラス 3 : 工業活動

(3) 河口部の水質

河口部の水質は次のように要約される。

- PH は大旨許容範囲に入っているがいくつかの場所では基準値の PH7.7-8.5 よりわずかに低い
- DO はすべての地点でクラス AA の基準を満たしている。
- TN 及び TP はすべての地点でクラス AA もクラス A の基準も満たしていない。

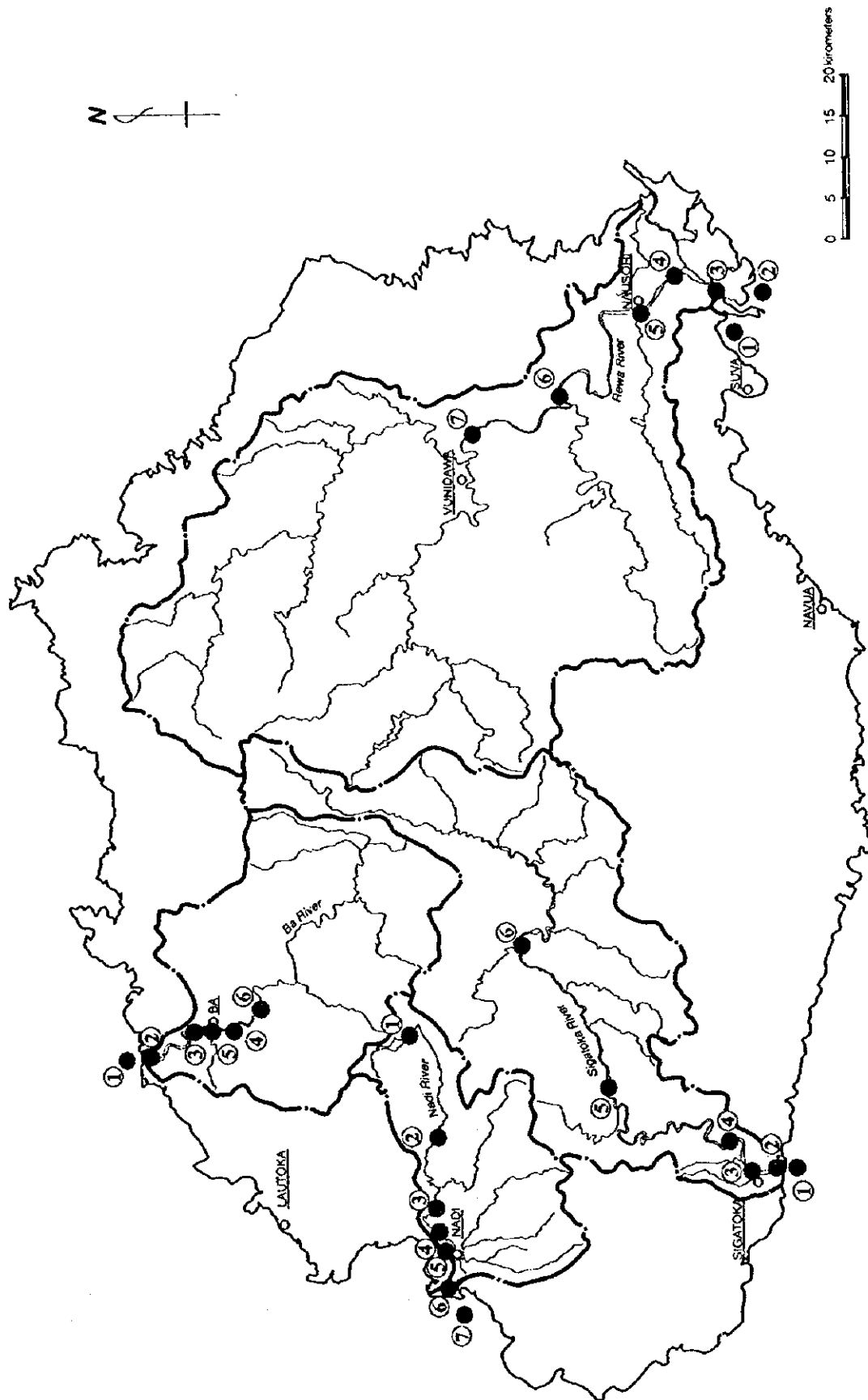


图 4.7 水质调查位置

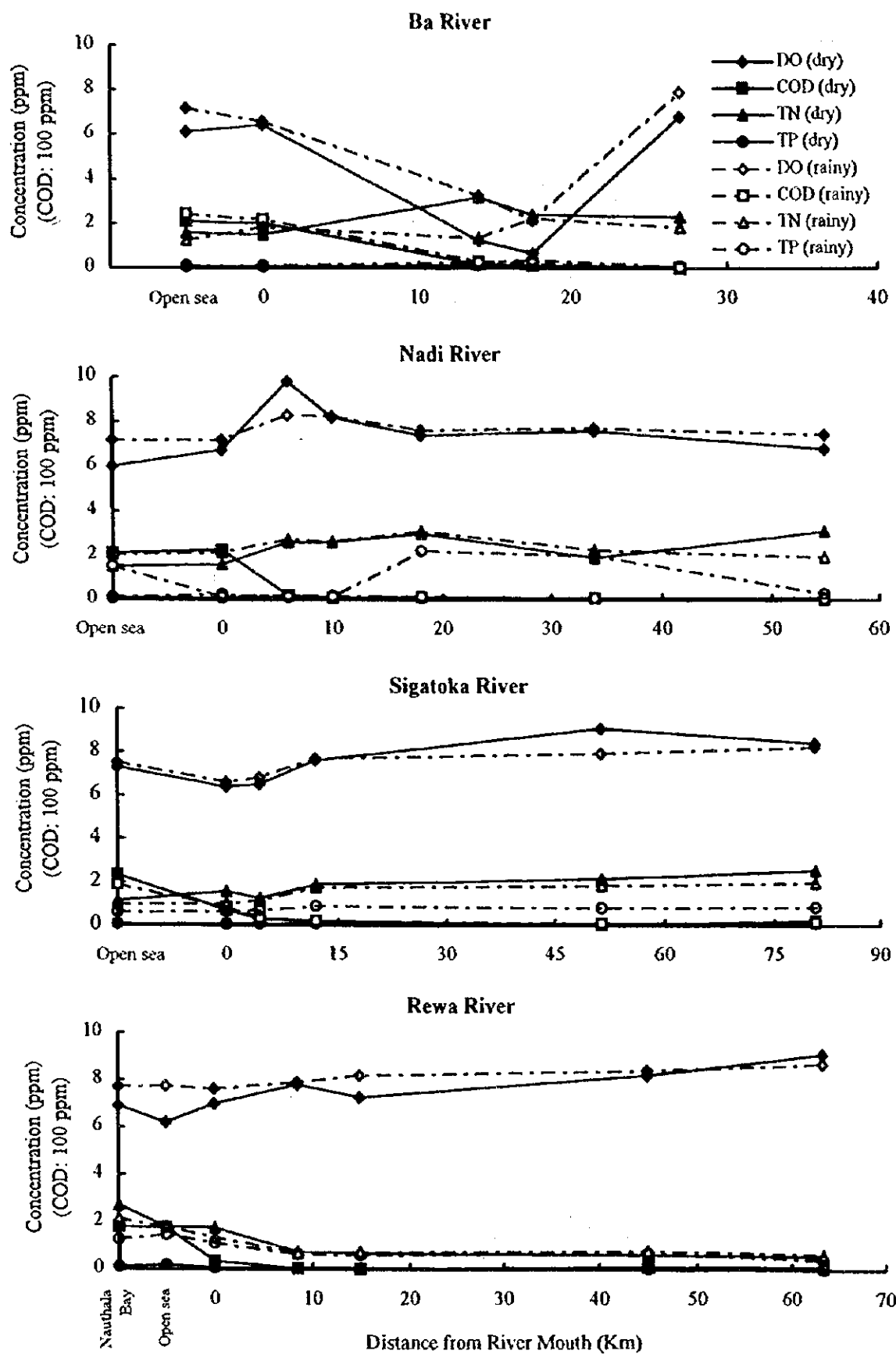


図-4.8 四河川と河口部の水質

したがって、4 河川の河口部における富栄養化が問題である。富栄養化は、藻類の繁茂を促進し、海岸地域の生物の条件を劣化させるので、富栄養化の原因をつきとめ、海岸地域の環境を保護するために包括的な調査と対策の立案が必要である。

(4) 河川の水質

河川の水質は次のように要約される。

- PH については殆ど問題はない。
- DO はレウ川、シガトカ川、ナンディ川ではクラス 1 を満たすが、バ川の中流域ではクラス 3 より悪い。
- ナンディ川及びバ川の上流部ならびにレウ川では COD は日本の河川水質の規準を満たすが、シガトカ川では高い COD 値を示している。
- 河口部の水質と同様に、TN 及び TP は、レウ川を除くすべての川で規準を超えている。

水質規準と比べていくつかの河川では問題があるが、取水地点を選定し、浄水を適に行えば、飲料水として用いるのに差し支えはないと思われる。しかし下水や工業用水の排水の流入を規制する等の河川水質を保全するアクションを早急にとる必要がある。

(5) 水質管理

水質管理のために次の手段をとる必要がある。

- 各水域における必要水質規準の選定
- 定期的な水質のモニタリングとデータベースの整備
- 工業排水の規制
- 未処理下水の流入防止
- 衛生教育の普及

4.5 土壌侵食と森林保全

(1) 土壌侵食の要因

土壌侵食は、地形の傾斜、降雨量、土壌の性質、土地利用の方法、森林の分布等種々の要因によって左右される。土砂流出の直接的な原因としては地すべり、地表侵食、河岸侵食等があげられる。このうち地表侵食については自然の侵食と人為による侵食があり、後者の主要な原因は次の通りである。

- 農作業や牧畜の方法
- 森林の伐採
- 農業、牧畜、狩猟のための野焼き

これらにより次の様な弊害が生ずる。

- 河道内堆積による河床の上昇とこれに伴う洪水の頻発
- 流域の保水能力の減少に伴うピーク流量の増加と地下水の減少
- 土地の生産性及び肥沃さの減少

(2) 土砂流出量の推定

ネルソンがレワ川及びバ川のそれぞれの土地利用単位について行った土砂流出量調査の結果に基づいて各流域の土砂流出量を推定すると表-4.7 に示す通りとなる。森林のカバー率が小さく、農地や牧草地が多く、降雨量の小さい島の西側に位置するナンディ、シガトカ、バ川の各流域で単位面積あたり土砂流出量が大きく、これと反対のレワ川では1/2以下と小さくなっている。

表-4.7 各流域における土砂流出量

流 域	単位面積あたり土砂流出量 (t/ha/年)	土壌侵食深 (mm/年)	土砂流出量 (百万t/年)
レワ	32.3	2.2	9.3
バ	69.0	4.6	6.4
シガトカ	76.9	5.1	1.1
ナンディ	81.4	5.4	4.2

(3) 土壌侵食対策

土壌侵食を抑制して河川の下流域における堆砂を減少させ、土壌の肥沃さと土地の生産性を維持・改善するために次のような対策を提案する。

- 1) 森林、草地、農地等における野焼きの防止（教育や啓蒙による）
- 2) 商業農作物地域における対策

砂糖きび畑については、はじめに等高線沿植付と砂糖きびの茎や葉による地表の被覆を実施し、続いてベチベル草の生け垣栽培を導入する。ダロ、キャッサバ、生姜畑等では機械耕作がないので後者をただちに普及させる。

- 3) 小規模農業におけるアグロフォレストリーの普及
- 4) 森林伐採地、草地、牧草地における森林保全及び植林 (5)参照)

(4) 森林の現況

森林のカバー率はビチレブ島全体では 59%であるが、その内訳は自然林 48%、広葉樹林 3%、松植林地 5%、マングローブ林 2%となっている。島の東側のレワ川流域では降雨量が多く湿潤な気候のため森林は全流域の 70%を占めているが、島の西側では、降雨量が少なく乾燥気候のため森林の比率はシガトカ川 49%、ナンディ川 48%及びバ川 43%となっている。商品としての木材需要を満たすために森林の伐採も行われており、伐採面積は、レワ川及びバ川で流域面積の約 9%、シガトカ川及びナンディ川で約 14%となっている。

植林もマホガニー等の広葉樹及び松等の針葉樹について商業活動として行われているが、その規模は大きくない。薄い不安定な土壌からなり、傾斜が 30° を超える森林は防護林に分類されており、森林の伐採は禁止されている。森林法により保護地域が指定されており、自然保留地、保安林、保護林、国立公園等が含まれている。森林面積は 4 流域のすべてで減少しているが、特にバとシガトカ川の流域界付近において減少率が著しく 1982 年から 1989 年の 7 年間に 40%も減少している。森林の消失の原因としては大規模開発、小規模な伝統的農業、意図的または意図しない山火事、居住地化、市街化、その他公共施設の建設等があげられる。

(5) 森林の保全と植林

森林は洪水の軽減や土壌浸食の防止、水資源の開発等に効果があるので次のような対策により森林の保全と植林を行うものとする。

1) 森林の保全

- 不法な伐採や野焼から森林を守るための管理の強化と監視
- 保護林における生活に必要な伐採に対する規則の制定
- 洪水の軽減、水資源開発、土壌侵食防止のために新規保護地域の制定

2) 持続的な森林生産の維持

- 国家的木材生産管理
- 伐採者による伐採地の強制的植林
- フィジー伐採法の修正・改善

3) 森林の復旧及び植林

- 土地利用の低い草地の全てと、傾斜が 20° 以上の牧草地（全体の牧草地の 15%）を植林する。
- 非商業林と荒廃した保護林を復旧する。
- 植林された森林は基本的には保護林とする。

流域毎の必要植林面積及びコストは表-4.8 に示す通りとなる。

表-4.8 植林面積とコスト

流 域	植林面積 (km ²)	コスト (F\$ 1,000)
レワ	409	38,446
シガトカ	233	21,902
ナンディ	47	4,418
バ	155	14,570
合 計	844	79,336

植林の優先順位は、①シガトカ川とバ川の分水界地域 ②シガトカ川とバ川の残部 ③ナンディ川流域 ④レワ川流域とする。 フィジー国における植林の実施能力（速度と投資金額）を考慮して①を 2015 年までに実施し、各ヶ所その後②、③、④を順次実施して 2063 年までに完了するものとする。

(6) 植林による洪水軽減効果の検討

シガトカ川における 233km² を植林した場合の洪水軽減効果を、流出率の低域と貯留効果の増加を考慮して確率 20 年洪水について検討すると、シガトカ川の洪水流出量 2,900m³/sec が 270m³/sec 減少して 2,630m³/sec となる。

第5章 洪水制御

5.1 現地調査

対象地域における洪水制御計画の立案に当たって、各種のデータや情報の収集とともに、次の現地調査を行った。

(1) 河川縦横断測量

各河川流域について表-5.1 に示す河川縦横断測量を実施した。横断測量の間隔は原則として 500m である。

表-5.1 河川縦横断測量

流域名	河川名	測量区間
レワ	レワ	河口より 50km
シガトカ	シガトカ	河口より 50km
ナンディ	ナンディ	河口より 25km
	マラクア	合流点より 3km
	ナワカ	合流点より 7km
バ	バ	河口より 35km

(2) 洪水被害調査

経済効果の判定に必要な洪水被害に関するデータを得るために、対象地域の 7 ヶ所を選んでそれぞれの場所で洪水痕跡の標高を測量し、各ヶ所 50 人の被災者についてアンケート調査を行った。

5.2 河川の疏通能力

河川の縦横断測量結果を用いて各河川の疏通能力を不等流計算により求めた。結果は表-5.2 に示す通りである。疏通能力の比流量はナンディ川が最も小さく、次いでレワ川、シガトカ川、及びバ川の順になっている。

表-5.2 現河道の疏通能力

河川	最小疏通能力地点 河口からの距離(km)	疏通能力 (m ³ /sec)	流域面積 (km ²)	比流量 (m ³ /sec/km ²)	河口換算流量 (m ³ /sec)
レワ	35.0	4,000	2,594	1.54	4,800
シガトカ	10.0	2,500	1,405	1.78	2,600
ナンディ	7.5 (合流点の直下流)	300	506	0.59	300
	8.2 (合流点の直上流)	250	317	0.79	400
バ	15.0	1,900	891	2.13	2,000

5.3 流出解析

(1) 適用モデル

降雨量から流出量を算出するに当たり、ビチレブ島の地形的特徴が日本のそれと類似していること、モデルの検証のための流量観測所数が少なくても流域や河道の特徴を表現できることを考慮して、貯留関数法（木村，1962）を採用した。

(2) 流域分割

4 河川流域の合流点や支川を考慮してモデルの流域分割を行った。モデルの構成図は図-5.1 に示す通りである。

(3) 流域平均雨量

時間雨量の記録が有る雨量観測所にティーセン分割法を適用して流域平均雨量を計算した。流出解析には次のサイクロンの降雨記録を用いた。

1) サイクロン アーサー	1981 年 1 月
2) サイクロン オスカー	1983 年 2 月
3) サイクロン ニジエール	1985 年 1 月
4) サイクロン ジョニ	1992 年 12 月
5) サイクロン キナ	1993 年 1 月

(4) モデルの検証

モデルの検証のためには過去の洪水についての降雨波形と流出波形が必要である。両方の記録が利用可能なのはレワ川のみであるので、レワ川でモデルの検証を行った後、得られた定数で他流域のモデルを決定する。モデルの検証に当たっては、実際の観測記録についての計算結果が、洪水の最大流量、最大流量の発生時間、洪水波形の 3 項目についてほぼ合致するまで定数を変えて試算した。最終的な計算結果と実際の観測記録を対比して図-5.2 に例を示す。

(5) 確率洪水流量

確率洪水流量の求め方は、実際に生じた洪水時の降雨波形を第 2 章(3)で求めたそれぞれの確率日雨量となるように実際の日雨量を拡大し、拡大後の降雨波形を用いて洪水のピーク流量を当該確率洪水量とするものである。実際に発生した 5 つのサイクロンの降雨量を検討した結果、拡大率が 2.0 を超えると拡大後の単時間の降雨量が過大になる可能性があるため、拡大率が 2.0 以下となるサイクロン キナの降雨波形を用いることとした。サイクロン キナの降雨波形を用いて各流域の河口における確率洪水流量を計算すると表-5.3 に示す通りとなる。

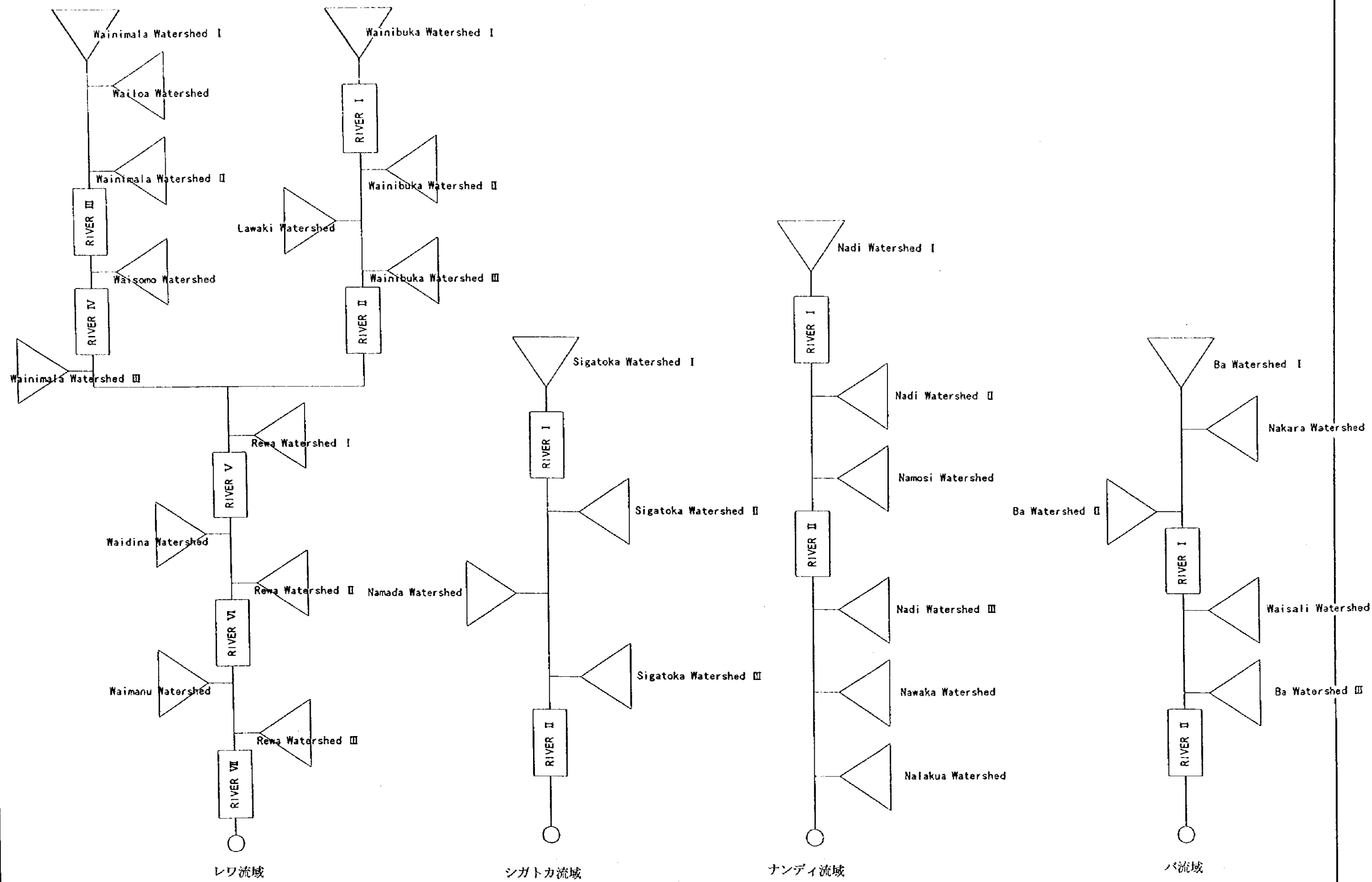


図-5.1 流域の模式図

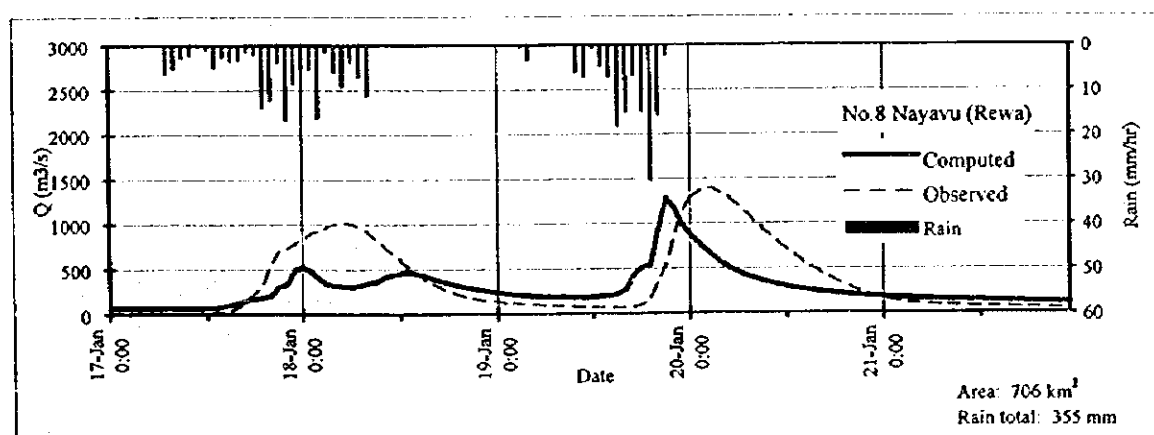
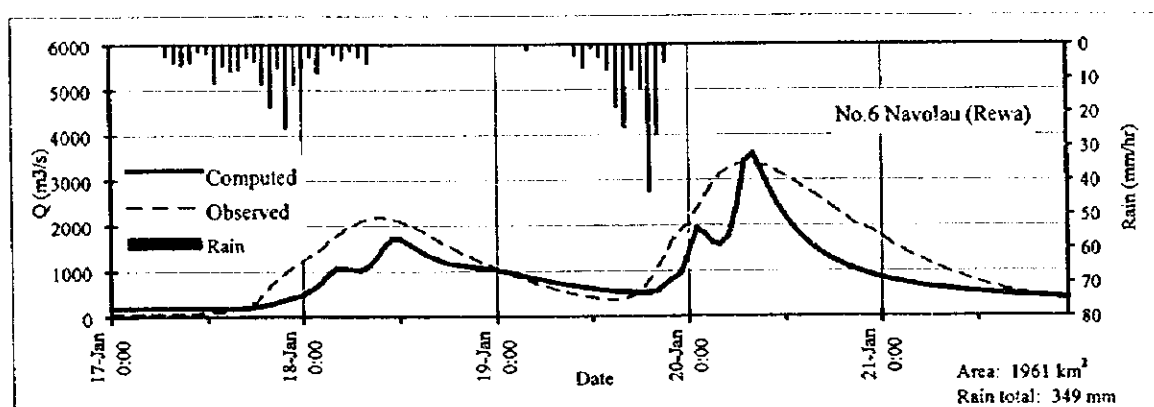
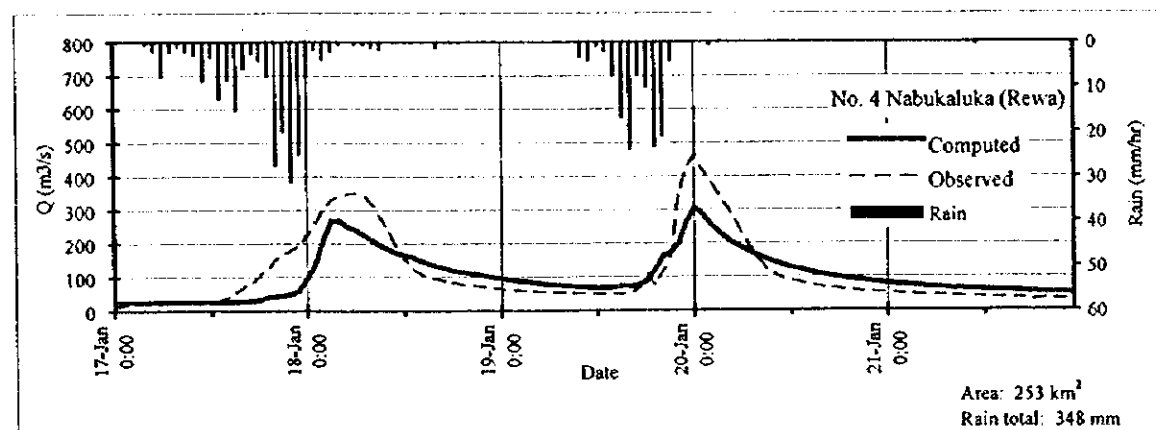
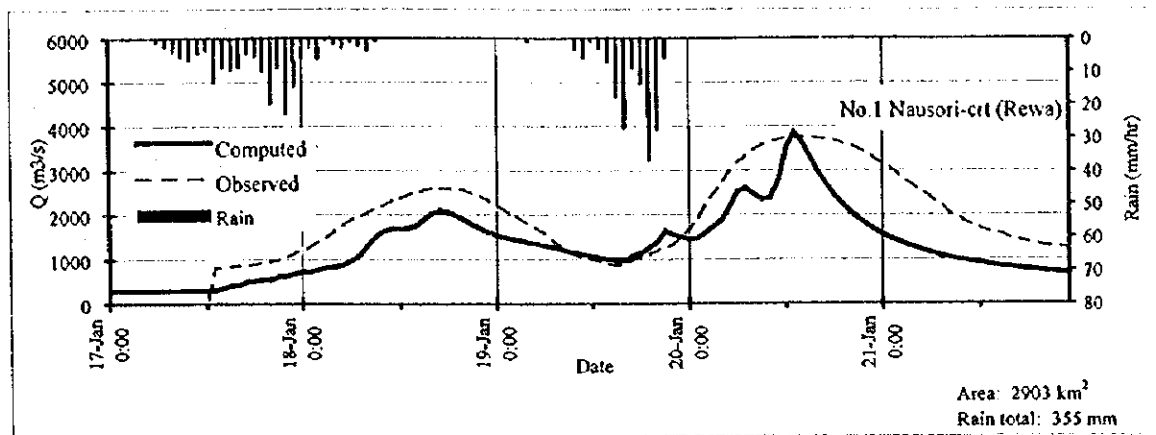


図-5.2 洪水波形の観測値と計算値の対比

表-5.3 確率洪水流量

流域	流域面積 (km ²)	確率洪水流量 (m ³ /sec)						
		生起確率年						
		1/100	1/50	1/30	1/20	1/10	1/5	1/2
レワ川	3,092	14,800	11,500	9,200	7,800	5,500	3,800	1,700
シガトカ川	1,453	5,600	4,200	3,500	2,900	2,200	1,500	680
ナンディ川	516	3,700	3,100	2,500	2,100	1,400	960	530
バ川	937	7,000	5,200	4,500	3,900	3,000	2,300	1,300

5.4 洪水被害解析

洪水により農作物、住居・商店等の資産、交通、電気、水道等の公共施設等に直接の被害を及ぼす他、経済活動の中断により個人収入や事業利益の減少等間接的な被害も生ずる。洪水制御対策の経済効果を予測するためには、これらの対策による被害軽減額を推定しなければならない。洪水被害解析を次の手順で行い、対策実施前後の被害額より対策実施による被害軽減額を推定した。

- 1) 4 流域において最も顕著な被害のあったサイクロン キナによる被災地を 7 ヶ所選定し、1 ヶ所当たり 50 人の被災者につき被害状況の聞き取り調査を行った。同時に氾濫水位を測定し、サイクロン キナによるそれぞれの流域における氾濫区域を特定した。
- 2) 上記調査の結果に基づき調査地域の被害額を推定し、人口、産業等の統計により各流域におけるサイクロン キナによる被害額を次のように推計した。

レワ川流域	F\$ 88.6 百万
シガトカ川流域	F\$ 17.9 百万
ナンディ川流域	F\$ 25.3 百万
バ川流域	F\$ 26.7 百万

- 3) 洪水対策の実施により上記の被害がすべて軽減されるわけではないので各流域において洪水対策（5.6 参照）の実施により保護される地域について、サイクロン キナ時の被害額を推定した。
- 4) 各流域におけるサイクロン キナの時のピーク流量を流出モデルにより推定した。
- 5) 各河川の疏通能力（表-5.2 参照）より洪水被害の生じない無害流量を設定すると、この流量における洪水被害額は 0 である。
- 6) 3)、4)及び 5)より、その地域の洪水流量と被害額の関係が推定できる。
- 7) 6)の関係より、洪水対策が実施された場合の実施以前の流量に対する被害額と実施後の軽減された流量に対する被害額の差より被害軽減額が推定できる。
- 8) 洪水制御対策の対象流量以下の流量に対しても被害は軽減されるので、各確率流量に対する被害軽減額とその流量の発生確率を考慮して年平均被害軽減額を推定した。

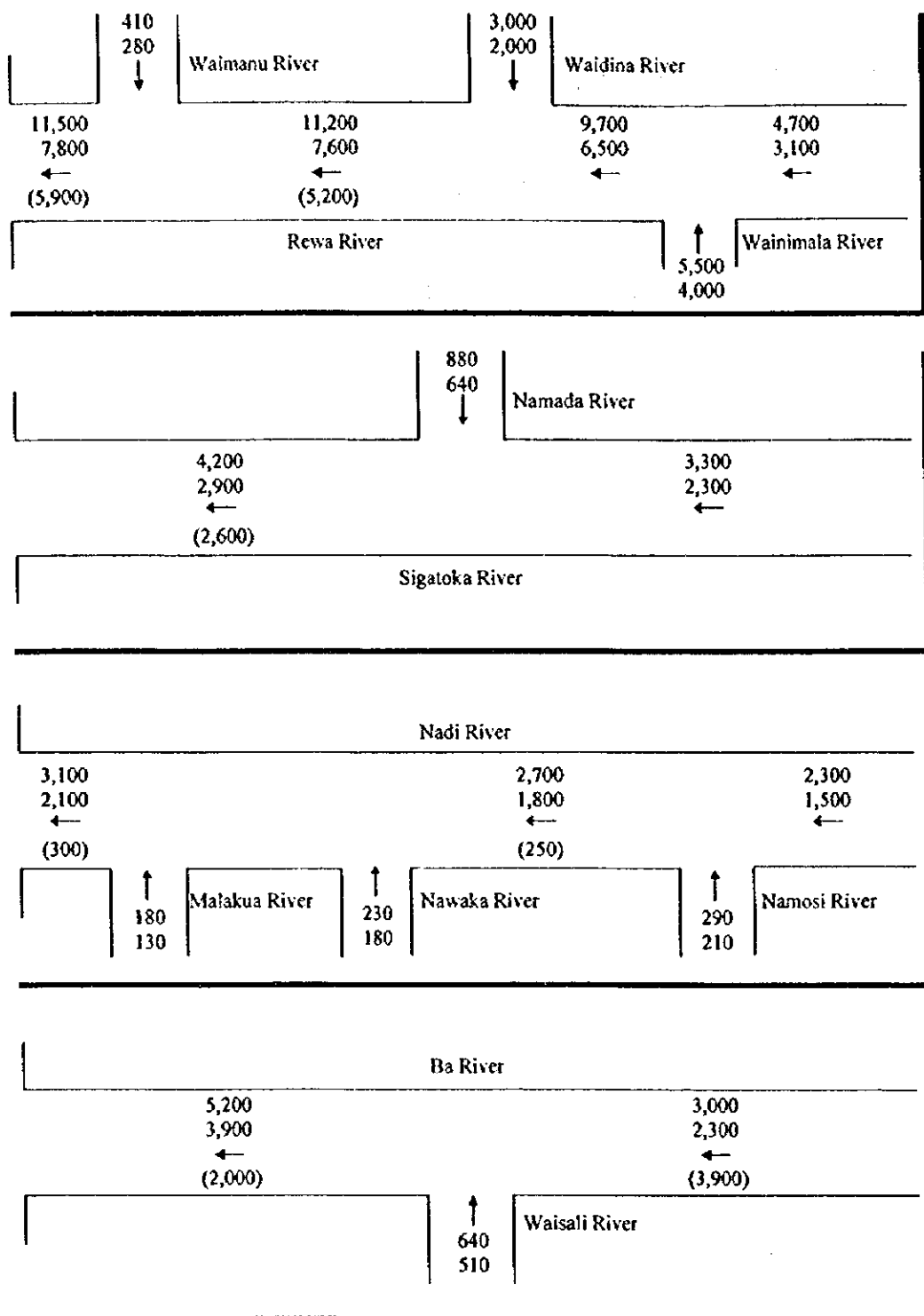
5.5 基本高水流量

基本高水流量は一般に確率洪水流量によって表現されることが多い。計画対象洪水の生起確率年是一般に流域の面積、氾濫区域の人口、資産、産業、公共施設等を考慮して定められる。日本の基準では4流域の基本高水流量は確率50年流量が妥当と思われるが、これは現況の河道疏通能力に比べて非常に大きく、洪水制御計画が非常に大規模なものとなり、フィジー国の投資能力を考慮すると実現は困難と思われる。そこで基本高水流量の最終目標は確率50年流量とするが、目標年2015年までのマスタープランにおける基本高水流量は確率20年流量とした。基本高水流量と現河道疏通能力は表-5.4に示す通りとなる。

表-5.4 基本高水流量と現河道疏通能力（河口）

河 川	ステップ1 (2015年) 確率20年流量 (m ³ /sec)	ステップ2 (最終目標) 確率50年流量 (m ³ /sec)	現河道疏通能力	
			(m ³ /sec)	生起確率
レワ川	7,800	11,500	5,900	1/7
シガトカ川	2,900	4,200	2,600	1/16
ナンディ川	2,100	3,100	300	1/1
バ川	3,900	5,200	2,000	1/5

図-5.3に基本高水流量の配分を示す。



凡例

50 年確率流量 (最終目標)

20 年確率流量 (2015 年目標)



(現河道疏通能力)

図-5.3 基本高水流量配分

5.6 構造的対策

(1) 構造的対策の比較検討

構造的対策はそれぞれの流域における地形、地質、流域面積、洪水流量、氾濫区域、洪水防御地域、貯水容量等の条件により様々な形式が考えられる。はじめに、地形図、地質図、航空写真、水文資料、現地踏査等により各流域で考えられる構造的対策をあげ、これらについて比較検討を行った。その結果は図-5.4 及び表-5.5 に示す通りである。

比較検討の結果、各流域における洪水制御対策として次の構造物を選定した。

- 1) レワ川 : 放水路及び築堤
- 2) シガトカ川 : 河床浚渫
- 3) ナンディ川 : 放水路及び支川合流点処理
- 4) バ川 : 築堤

(2) 各流域の構造的対策

1) レワ川

河口より 20.5km の位置から左岸側に放水路を設けるとともにレワ川の左右岸に築堤をして、河口における設計洪水流量 $7,800\text{m}^3/\text{sec}$ を現河道疏通能力の $5,900\text{m}^3/\text{sec}$ に減少させる。このため $1,900\text{m}^3/\text{sec}$ の能力を有する放水路を建設するとともに、放水路下流の現河道疏通能力 $5,200\text{m}^3/\text{sec}$ を更に $500\text{m}^3/\text{sec}$ 増加させるために築堤を行うものとする。

放水路のルートは図-5.5 に示す 2 ケースを比較した結果、ルート 1 を採用した。ルート延長は 8.9km となる。築堤の位置は図-5.6 に示すように左岸の 12.0km から 16.0km 及び 20.0km から 20.5km の範囲及び右岸の 12.0km から 16.0km の範囲とし、築堤の延長は 8.5km となる。また放水路及び堤防の断面はそれぞれ図-5.7 及び図-5.8 に示す通りである。

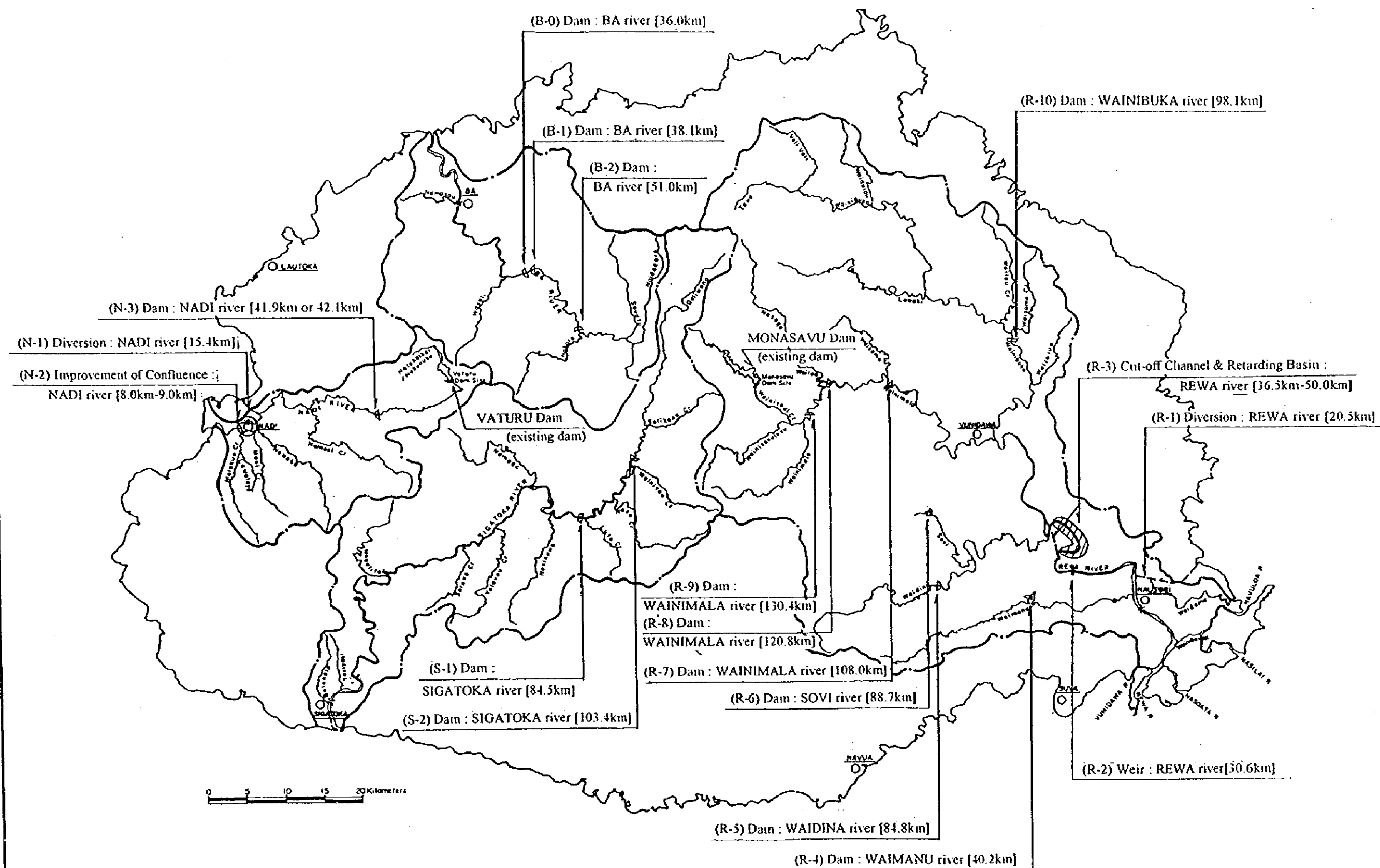


図-5.4 構造的対策の位置

表-5.5 洪水制御対策案の比較 (1/2)

洪水制御対策案		河 川			
		レウ川	シガトカ川	ナンディ川	バ川
a) 放水路	長 所	20km 付近では直接海に流下する河川の近傍を通過するため、これを利用した放水路の建設は可能である。	下流部の流下能力が小さいため、分流により直接海に放流するような放水路は効果的である。	下流部に隘路が存在し、この上流で放水路により分流する対策は効果的であり、地理的にも15.4km 地点よりナンディ空港の横を抜けるルートは有望である。	下流部の流下能力が小さいため、分流により直接海に放流するような放水路は効果的である。
	短 所	新たな用地確保が必要となる。	放水路の建設に適した地形条件ではない。	新たな用地確保が必要となる。	放水路の建設に適した地形条件ではない。
	評 価	○ 新たな用地確保が必要となるが、治水効果は大きく、掘削残土を利用して放水路に築堤を行えば効果はさらに大きくなる。	× 放水路の建設に適した地形条件にない。	○ 新たな用地確保が必要となるが、治水効果は大きく、掘削残土を利用して放水路に築堤を行えば効果はさらに大きくなる。	× 放水路の建設に適した地形条件にない。
b) 堰&遊水区域	長 所	30km 付近に堰を設けることにより、この上流を遊水池として利用することが可能となる。	_____	_____	_____
	短 所	遊水池として利用するためのスペース（用地）が必要となり、確保可能なスペースでしか効果が得られない。	遊水池として利用可能なスペースがない。	遊水池として利用可能なスペースがない。	遊水池として利用可能なスペースがない。
	評 価	△ 洪水調節効果次第では有望な対策である。	× 遊水池として利用可能な地形条件にない。	× 遊水池として利用可能な地形条件にない。	× 遊水池として利用可能な地形条件にない。
c) カットオフ水路&遊水区域	長 所	36km~50km の間を、カットオフして河道の付替えを行うことにより、旧河道を遊水池として利用することが可能となる。	_____	_____	_____
	短 所	捷水路建設に対する新たな用地確保が必要となり、必要な貯水量が得られない可能性もある。	_____	_____	_____
	評 価	△ 洪水調節効果次第では有望な対策である。	× 本体策が実現可能な地形条件にない。	× 本体策が実現可能な地形条件にない。	× 本体策が実現可能な地形条件にない。
d) 支川処理	長 所	_____	_____	ナンディ川は下流部のナワカクリークの合流点前後付近の流下能力が最も小さく、さらに合流形態が悪いため、支川の合流点処理は効果的な対策である。	_____
	短 所	_____	_____	合流地点での流下能力が最も不足していることから、平面形状等の処理のみでなく河積拡大も伴うこととなる。	_____
	評 価	× 支川処理が治水対策となるような状況にはない。	× 支川処理が治水対策となるような状況にはない。	○ 現況流下能力の最も小さい地点に対する対策であり、効果が期待できる。	× 支川処理が治水対策となるような状況にはない。
e) ダム	長 所	用地の取得は資産の殆どない山間部に限られる。都市用水の供給、発電等の他目的と併せた他目的ダムとすれば、個々の事業の費用負担の軽減を図ることが可能となる。	用地の取得は資産の殆どない山間部に限られる。都市用水の供給、発電等の他目的と併せた他目的ダムとすれば、個々の事業の費用負担の軽減を図ることが可能となる。	用地の取得は資産の殆どない山間部に限られる。都市用水の供給、発電等の他目的と併せた他目的ダムとすれば、個々の事業の費用負担の軽減を図ることが可能となる。	用地の取得は資産の殆どない山間部に限られる。都市用水の供給、発電等の他目的と併せた他目的ダムとすれば、個々の事業の費用負担の軽減を図ることが可能となる。
	短 所	50 年確率洪水流量を考慮すれば少なくとも 2 つのダム建設が必要であり、治水単独事業での治水対策としては、治水効果に比べて建設事業費が高価となることが懸念される。	治水単独事業での治水対策としては、治水効果に比べて建設事業費が高価となることが懸念される。	治水単独事業での治水対策としては、治水効果に比べて建設事業費が高価となることが懸念される。	治水単独事業での治水対策としては、治水効果に比べて建設事業費が高価となることが懸念される。
	評 価	△ 他目的ダムとしてダム建設を行えば、治水事業としてのコスト負担は軽減されることから、電力、給水の需要次第では有望である。	× 給水需要は将来の大きな伸びが期待できず、大きな治水効果の得られるような建設用地がない。	△ ナンディでの電力・給水需要が高く、他目的ダムとしてダム建設を行えば、治水事業としてのコスト負担は軽減されることから、電力、給水の需要次第では有望である。他の河川と異なり必要貯水量の少ないことも利点である。	△ 他目的ダムとしてダム建設を行えば、治水事業としてのコスト負担は軽減されることから、電力、給水の需要次第では有望である。

表-5.5 洪水制御対策案の比較 (2/2)

洪水制御対策案		河 川			
		レウ川	シガトカ川	ナンディ川	バ川
①河積拡大 ①引き堤 (河道拡張)	長 所	部分的なネックポイントが流下能力の低下の原因となっている場合には、限定された箇所での対応で大きな効果が得られる。 全川にわたっての河道拡張は、確実な流下能力の向上となる。	部分的なネックポイントが流下能力の低下の原因となっている場合には、限定された箇所での対応で大きな効果が得られる。 全川にわたっての河道拡張は、確実な流下能力の向上となる。	部分的なネックポイントが流下能力の低下の原因となっている場合には、限定された箇所での対応で大きな効果が得られる。 全川にわたっての河道拡張は、確実な流下能力の向上となる。	部分的なネックポイントが流下能力の低下の原因となっている場合には、限定された箇所での対応で大きな効果が得られる。 全川にわたっての河道拡張は、確実な流下能力の向上となる。
	短 所	長区間での流下能力不足に対しては、新たな用地取得が必要となる。	長区間での流下能力不足に対しては、新たな用地取得が必要となる。	長区間での流下能力不足に対しては、新たな用地取得が必要となる。	長区間での流下能力不足に対しては、新たな用地取得が必要となる。
	評 価	△ 部分的なネックポイントの解消策としては有望である。	△ 部分的なネックポイントの解消策としては有望である。	△ 部分的なネックポイントの解消策としては有望である。	△ 部分的なネックポイントの解消策としては有望である。
②築堤	長 所	長区間にわたっての築堤により、確実に流下能力が確保される。	長区間にわたっての築堤により、確実に流下能力が確保される。	長区間にわたっての築堤により、確実に流下能力が確保される。	長区間にわたっての築堤により、確実に流下能力が確保される。
	短 所	新たな用地取得が必要となり、河川沿いに資産が集中している際は困難である。 洪水時に河川水位が堤内地より高くなることもあるため、洪水被害のポテンシャルは高いままであり、内水氾濫の懸念も生じる。	資産が集中していたり原住民の村落がある際は困難である。	新たな用地取得が必要となり、河川沿いに資産が集中している際は困難である。 洪水時に河川水位が堤内地より高くなることもあるため、洪水被害のポテンシャルは高いままであり、内水氾濫の懸念も生じる。	新たな用地取得が必要となり、河川沿いに資産が集中している際は困難である。 洪水時に河川水位が堤内地より高くなることもあるため、洪水被害のポテンシャルは高いままであり、内水氾濫の懸念も生じる。
	評 価	△ 資産の集中するナウソリ市街地では洪水被害ポテンシャルが高いこと、内水問題が生じることから効果的な対策とはなり難い。 ナウソリよりも下流においては河道疏通能力を増加させるのに効果的である。	× 築堤は現河道内のみで可能であり、現河道幅の減少と、洪水時の水位の上昇を招く。その結果洪水被害ポテンシャルが上がり、高い治水効果は望めない。	× 現河道疏通能力が設計洪水流量に比べ非常に低いため、築堤の規模が大きくなる。また現河道での築堤は、内水問題を生じさせることから、洪水被害ポテンシャルを高める。したがって採用されない。	○ 砂糖工場以外は河川沿いに主だった資産は存在しない。また用地取得も可能である。したがって河道幅を減少させることなしに築堤が可能である。一定規模内の洪水においては被害ポテンシャルは増加せず、有効な治水対策である。
③河床掘削	長 所	堤内地に影響を与えないで流下能力の向上を図ることができる。	堤内地に影響を与えないで流下能力の向上を図ることができる。	堤内地に影響を与えないで流下能力の向上を図ることができる。	堤内地に影響を与えないで流下能力の向上を図ることができる。
	短 所	洪水流量を必要量減少させるためには、多量の浚渫が必要である。 長区間にわたり実施しないと効果が得られにくい。新たな土砂の堆積が生じると考えられることから、定期的な浚渫が必要である。	洪水流量を必要量減少させるためには、多量の浚渫が必要である。 長区間にわたり実施しないと効果が得られにくい。新たな土砂の堆積が生じると考えられることから、定期的な浚渫が必要である。	洪水流量を必要量減少させるためには、多量の浚渫が必要である。 長区間にわたり実施しないと効果が得られにくい。新たな土砂の堆積が生じると考えられることから、定期的な浚渫が必要である。	洪水流量を必要量減少させるためには、多量の浚渫が必要である。 長区間にわたり実施しないと効果が得られにくい。新たな土砂の堆積が生じると考えられることから、定期的な浚渫が必要である。
	評 価	△ 治水効果は小さく現河道断面の維持に留まる。	△ 現河道疏通能力と設計洪水流量の差が小さいことから、第1ステップとしては適当であるが、第2ステップでは有効でない。	× 河道が狭く大型浚渫船は航行できないため、第1ステップで必要とされる浚渫量にも対応できない。	△ 治水効果は小さく現河道断面の維持に留まる。
④市街地周囲の築堤	長 所		対象流域が限られた場合は市街地での洪水流量軽減に効果がある。		
	短 所		新たな用地取得が必要である。洪水時の河川水位が堤防に囲まれる土地よりも高くなることから、洪水被害ポテンシャルが増加する可能性がある。適用可能性は地形条件次第である。		
	評 価		△ 地形条件と堤内湛水が許容されれば、可能な対策である。		

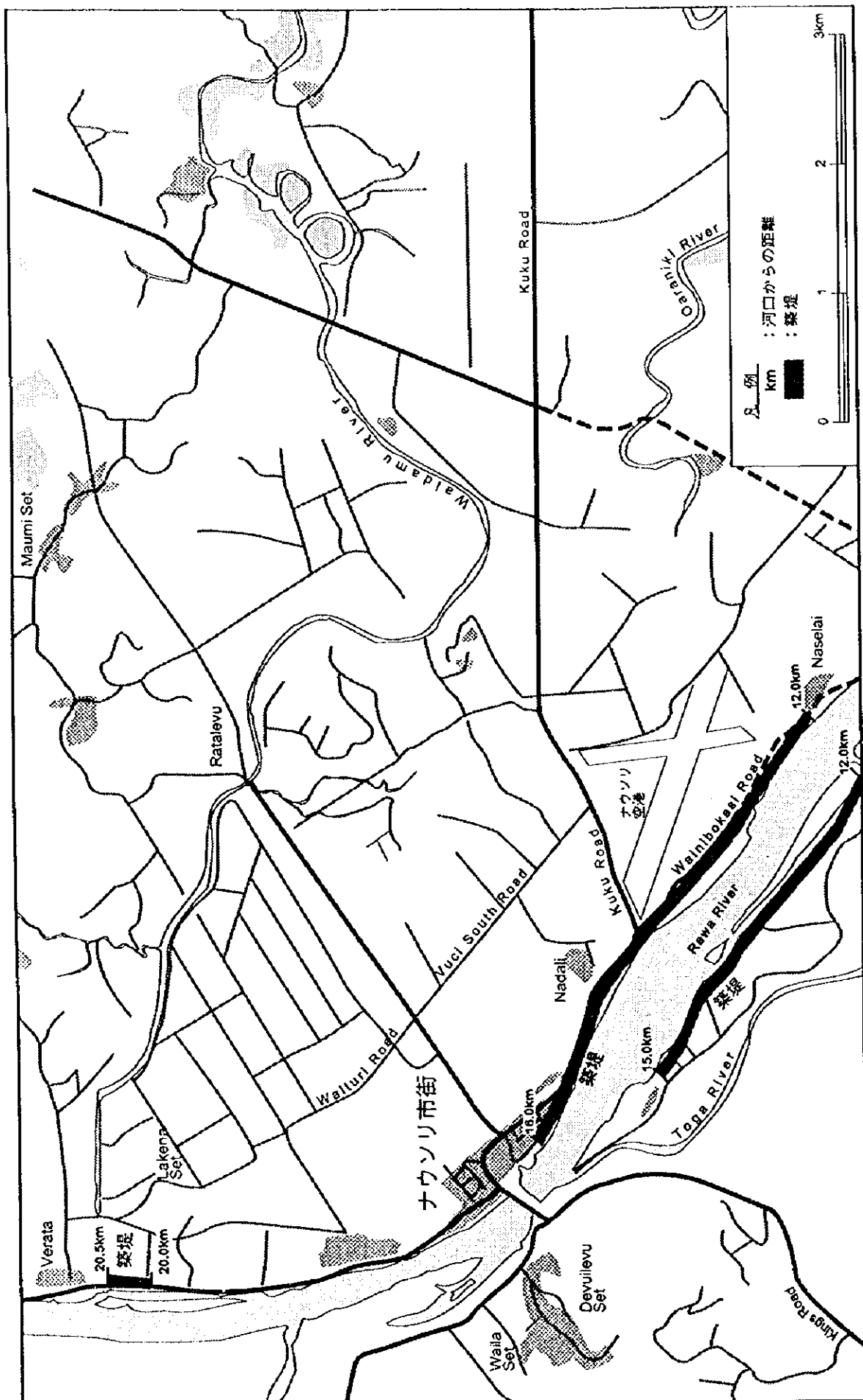


図-5.6 築堤区間（レフ川）

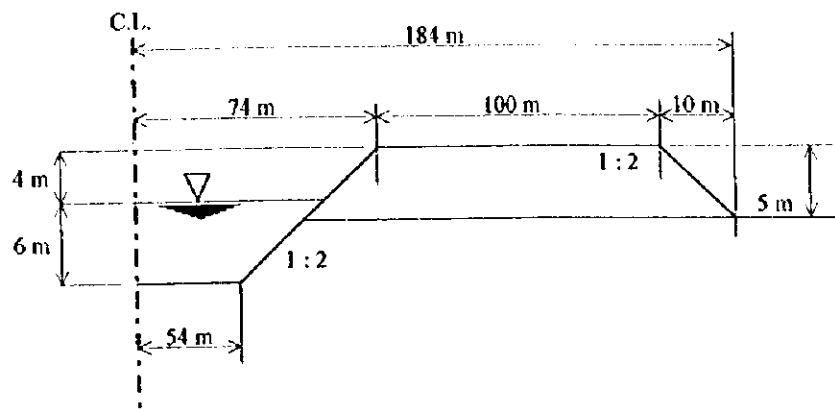


図-5.7 レウ川放水路の標準断面
(河口から 3,000m)

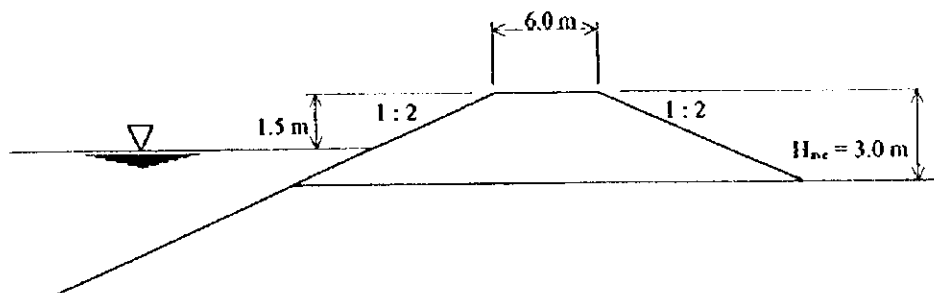


図-5.8 堤防の標準断面 (レウ川)

2) シガトカ川

基本高水流量 $2,900\text{m}^3/\text{sec}$ に対して、現河道疏通能力は $2,600\text{m}^3/\text{sec}$ でその差は $300\text{m}^3/\text{sec}$ と小さい。河口より 10km 上流まで幅 100m、深さ 2.0m の河床浚渫を行って、現河道疏通能力を設計洪水流量まで増加させる。

3) ナンディ川

ナンディ市街地直上流における基本高水流量 $1,800\text{m}^3/\text{sec}$ に対して現河道疏通能力は $250\text{m}^3/\text{sec}$ である。 $1,500\text{m}^3/\text{sec}$ の能力を有する放水路を右岸側に設けるとともに、ナンディ市街地下流におけるナワカ川との合流点をショートカットすることにより、合流点上流の疏通能力を $50\text{m}^3/\text{sec}$ 増加させることにより洪水を処理するものとする。放水路のルートは図-5.9 に示す 4 ケースを比較し、ルート 2 を採用した。放水路延長は約 3.0km、捷水路の延長は 250m で、それぞれの断面は図-5.10 及び図-5.11 に示す通りである。

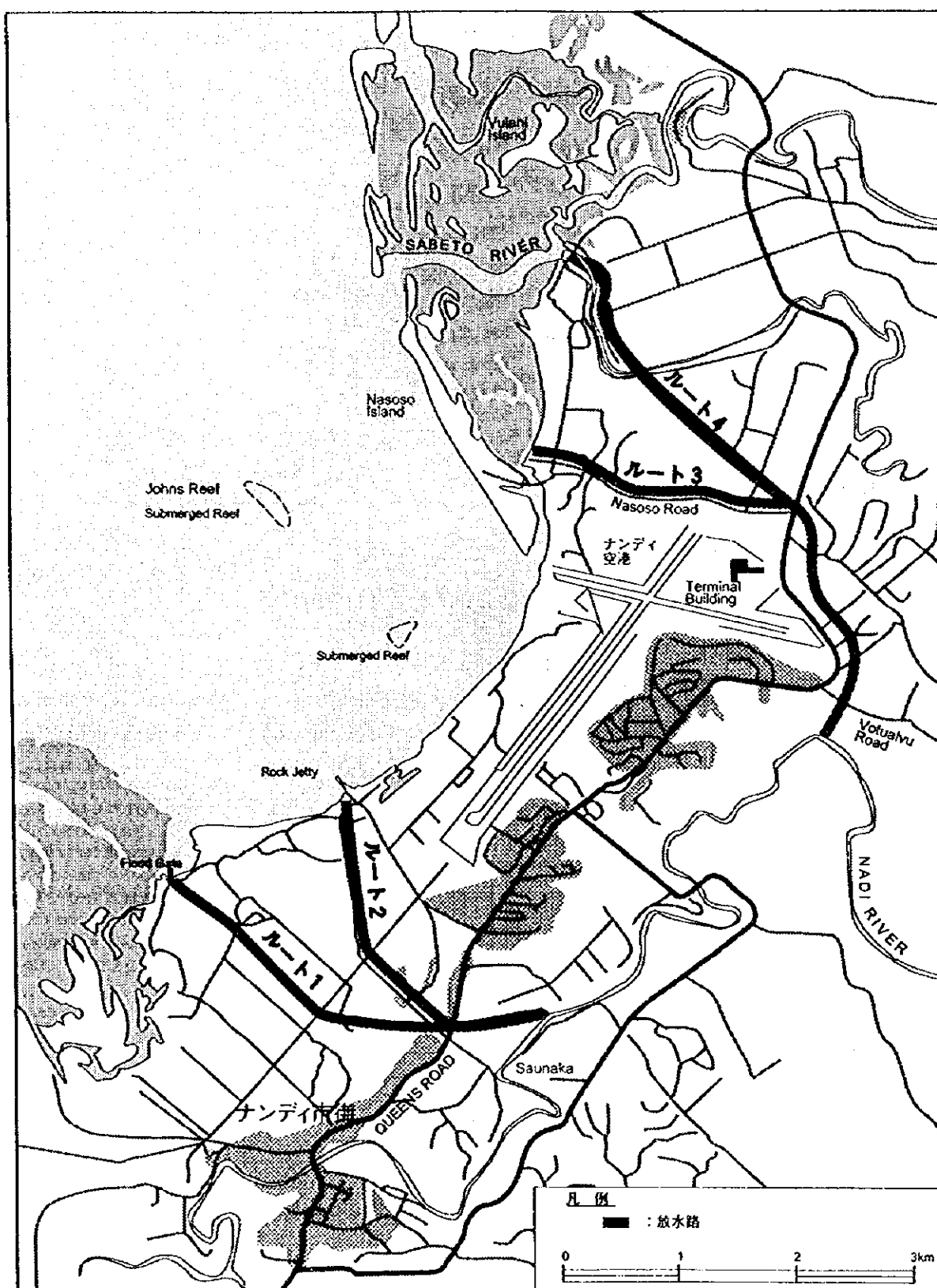


図-5.9 放水路のルート（ナンディ川）

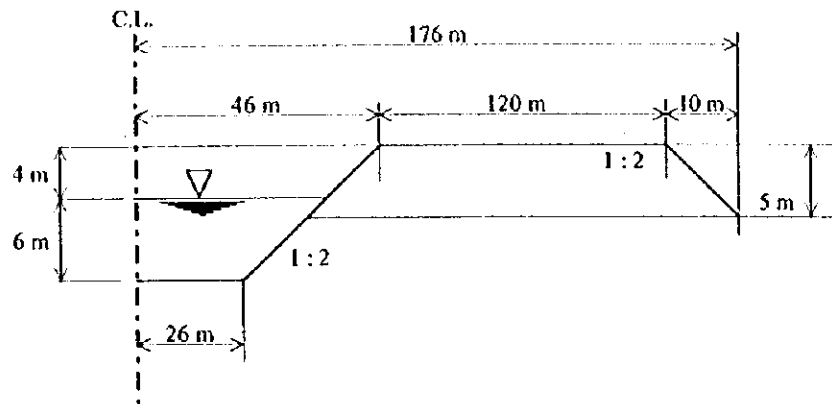


図-5.10 ナンディ川放水路の標準断面
(河口から 1,000m)

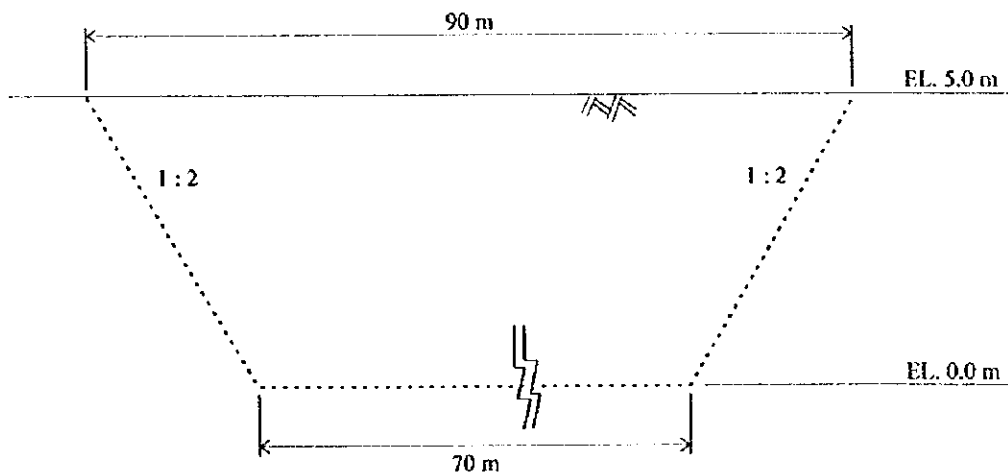


図-5.11 捷水路の標準断面 (ナンディ川)

4) バ川

基本高水流量 $3,900 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して現河道疏通能力は $2,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるので、両岸に築堤をして疏通能力を基本高水流量まで増加させる。築堤の範囲は図-5.12 に示す通りであり、左岸 11.0km から 16.0km、右岸 10.0km から 18.0km の範囲とし、築堤の後延長は 13.0km となる。また築堤の断面は図-5.13 に示す通りである。

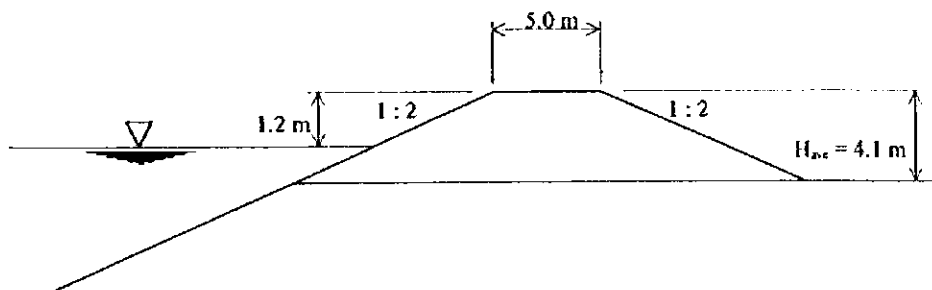


図-5.12 堤防の標準断面 (バ川)

5) 計画高水流量配分

上記の構造的対策を実施することにより、4 流域における計画高水流量の配分は図-5.14 に示す通りとなる。

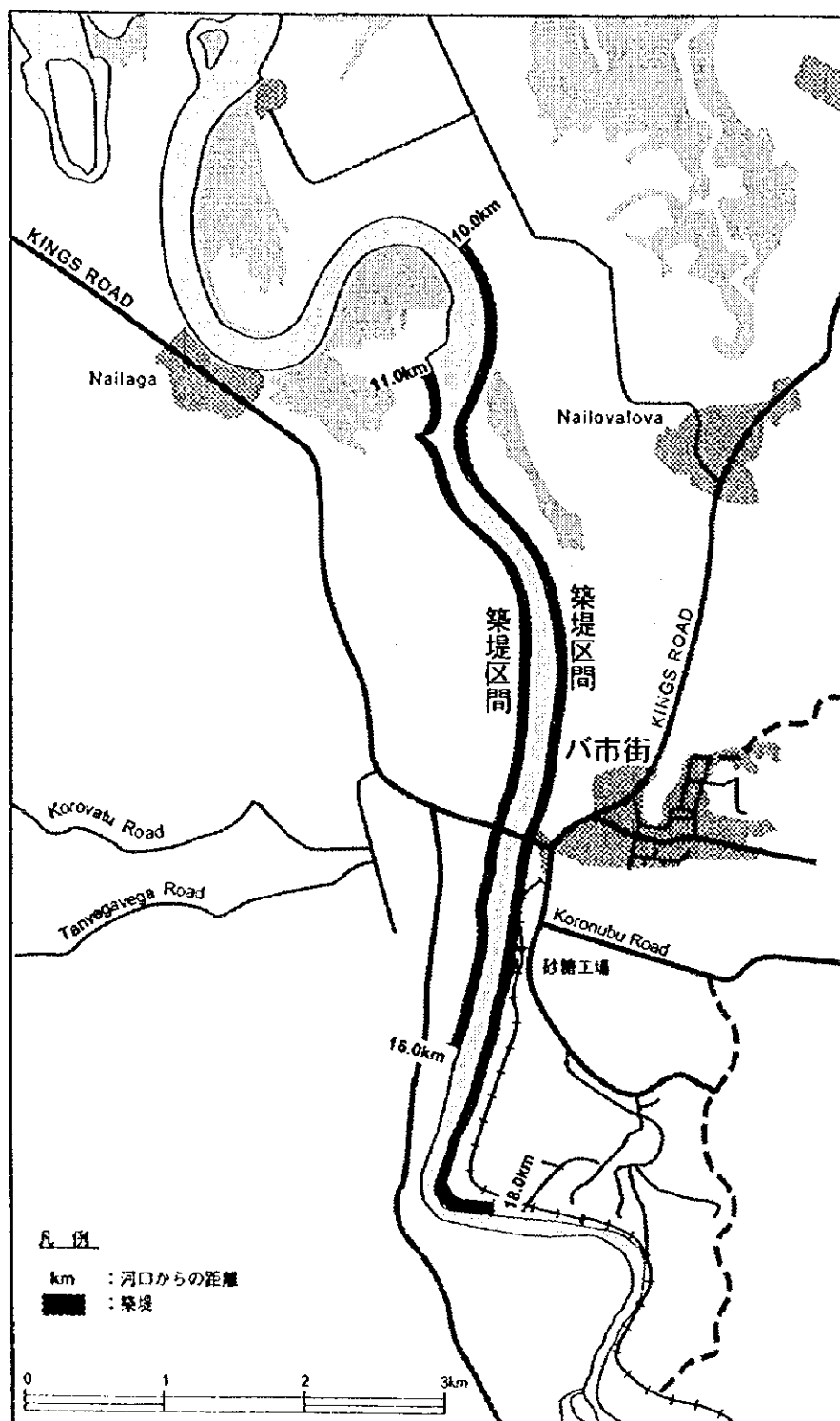


図-5.13 築堤区間 (バ川)

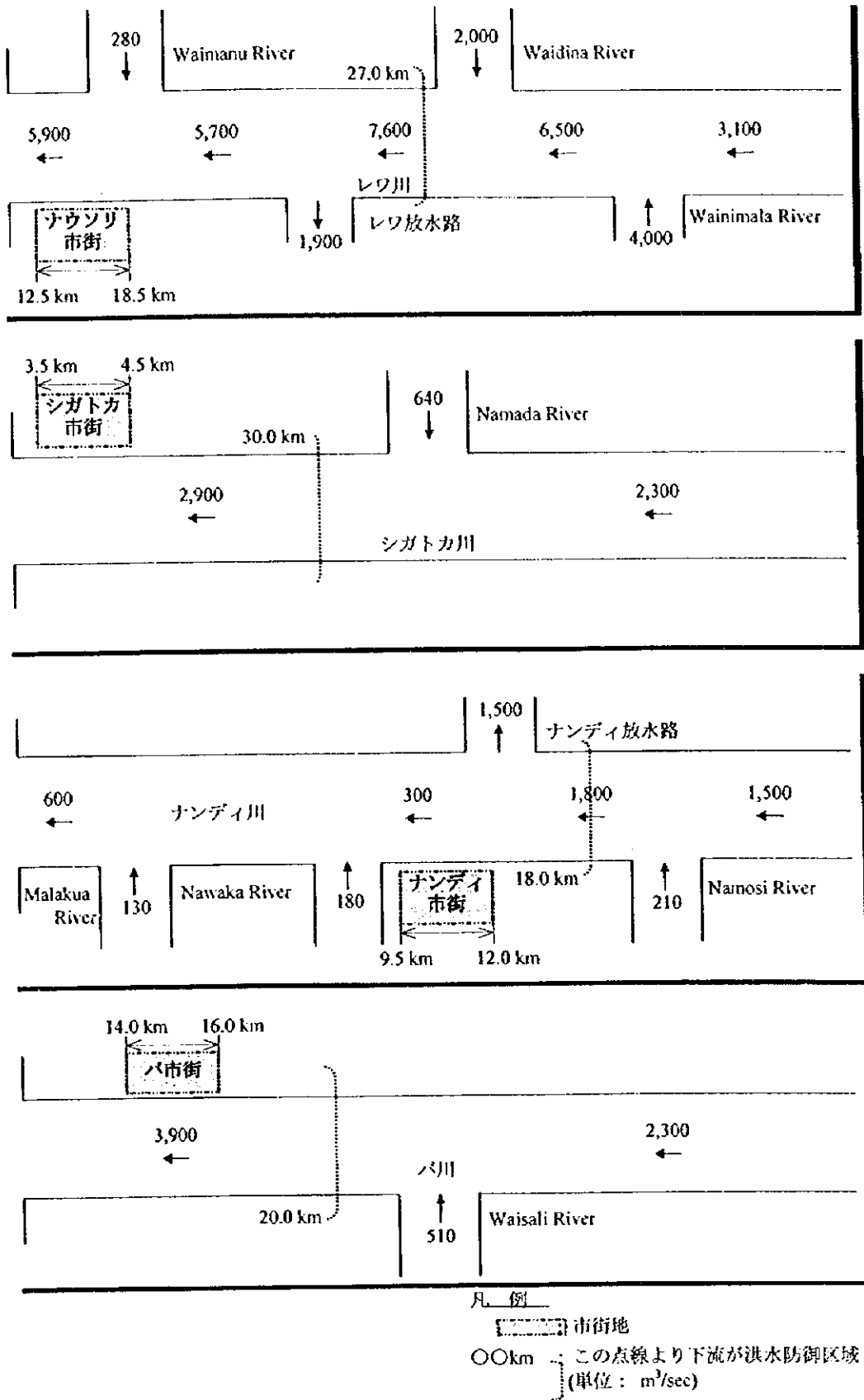


図-5.14 計画高水流量配分

(3) 工事数量及び事業費

1) 工事数量

4 流域における構造的対策の工事数量は表-5.6 に示す通りである。

表-5.6 工事数量

河 川 項 目			レワ	シガトカ	ナンディ	バ
			放水路+築堤	浚 渫	放水路+捷水路	築 堤
本 工 事	掘削土量 (m ³)	土 砂	5,970,000	—	1,645,000 ²⁾	826,600
		岩	450,000	—	—	—
		小 計	6,420,000	—	1,645,000 ²⁾	826,600
	築堤土量 (m ³)	積込・運搬	6,420,000 ¹⁾	—	1,645,000 ²⁾	413,300
		敷 均 し	6,420,000 ¹⁾	—	1,645,000 ²⁾	826,600
		締 固 め	6,420,000 ¹⁾	—	1,645,000 ²⁾	826,600
	浚 渫 (m ³)		—	1,816,500	—	—
補 償 工 事	橋 梁 (m)		960 (160 x 6)	—	300 (100 x 3)	—
	道 路 (m)		2,000	—	1,000	—
	フラッド・ゲート (m)		—	—	76 (x 1)	—

1): ナウソリにおける築堤の 330,000m³を含む

2): 捷水路建設の 100,000m³を含む

2) 事業費

事業費の構成は次の通りとする。

- ① 建設費
- ② 用地・補償費
- ③ 事務費 (①の 5%)
- ④ 技術費 (①の 15%)
- ⑤ 予備費 (①～④の 10%)
- ⑥ 物価上昇予備費 (物価上昇率を内貨については年 5%、外貨については 3%として、建設期間を 4 年とする)
- ⑦ 税金 (①～⑥の 10%)

4 流域の構造的対策について事業費を推定すると表-5.7 に示す通りとなる。

表-5.7 事業費

単位：円 1,000

プロジェクト	項目	事業費	内貨	外貨
レ 放水路・築堤	1. 建設費	95,800	36,400	59,400
	1) 資機材費	67,100	13,400	53,700
	2) 労務費	28,700	23,000	5,700
	2. 用地・補償費	5,000	5,000	-
	3. 事務費	4,800	4,800	-
	4. 技術費	14,400	2,900	11,500
	5. 予備費	12,000	4,800	7,200
	小計	132,000	54,000	78,000
	6. 物価上昇予備費	7,800	4,200	3,600
シ ガ ト カ 深	7. 税金	14,000	14,000	0
	合計	153,800	72,200	81,600
	1. 建設費	8,000	3,040	4,960
	1) 資機材費	5,600	1,120	4,480
	2) 労務費	2,400	1,920	480
	2. 用地・補償費	-	-	-
	3. 事務費	400	400	-
	4. 技術費	1,200	240	960
	5. 予備費	1,000	400	600
ナ ン デ イ 放水路・捷水路	小計	10,600	4,080	6,520
	6. 物価上昇予備費	620	320	300
	7. 税金	1,120	1,120	0
	合計	12,340	5,520	6,820
	1. 建設費	29,700	11,280	18,420
	1) 資機材費	20,800	4,160	16,640
	2) 労務費	8,900	7,120	1,780
	2. 用地・補償費	4,000	4,000	-
	3. 事務費	1,500	1,500	-
築 バ 堤	4. 技術費	4,500	900	3,600
	5. 予備費	4,000	1,600	2,400
	小計	43,700	19,280	24,420
	6. 物価上昇予備費	2,620	1,500	1,120
	7. 税金	4,630	4,630	0
	合計	50,950	25,410	25,540
	1. 建設費	7,700	2,920	4,780
	1) 資機材費	5,400	1,080	4,320
	2) 労務費	2,300	1,840	460
築 バ 堤	2. 用地・補償費	1,000	1,000	-
	3. 事務費	400	400	-
	4. 技術費	1,200	240	960
	5. 予備費	1,000	400	600
	小計	11,300	4,960	6,340
	6. 物価上昇予備費	670	380	290
	7. 税金	1,200	1,200	0
	合計	13,170	6,540	6,630

注) : 1) 税金 : 付加価値税
 2) 資機材費 = 建設費 × 70%
 3) 労務費 = 建設費 × 30%

(4) 経済評価

洪水制御対策による洪水被害軽減額を経済便益と考慮して経済評価を行い、EIRR (Economic Internal Rate of Return; 内部収益率)、B/C (Benefit-Cost Ratio; 便益比) 及び NPV (Net Present Value; 純現在価値) を求めると表-5.8 に示す通りとなる。ナンディ川における洪水制御対策は EIRR が 15.1、B/C が 1.6 と経済効果が大きく、実現性が高いが、フィジーの投資の機会費用を 10% とすると、バ川の EIRR はこれを若干上回るにすぎない。レワ川とシガトカ川は経済効果が著しく小さくなっている。

表-5.8 構造的対策の経済評価

単位 : F\$ 1,000

洪水制御対策	項目	レワ	シガトカ	ナンディ	バ
構造的対策	経済便益	1,966	381	8,278	1,446
	事業費	134,467	10,854	43,794	11,358
	維持運営費 (年額)	98	8	31	8
	EIRR (%)	マ付ス	2.00	15.06	10.73
	便益/費用比 (割引率: 10%)	0.12	0.30	1.61	1.08
	NPV (割引率: 10%)	-93,911	-6,075	21,143	737

5.7 非構造的対策

洪水制御のために次のような非構造的対策の提案を行う。

(1) 流域からの洪水流出量の軽減

- 1) 森林の復旧や植林により森林面積を増加させ、流出量のピークを下げる。
- 2) 土地利用を規制して大規模開発を抑制し、仮に大規模開発を行う場合には調節池や公園の設置を義務づけるなどして、流域の貯水機能を損なわないようにする。
- 3) 湖、池、沼、湿地、自然の氾濫地域等を維持して、洪水の流出を遅らせる効果のある土地利用を促進する。
- 4) 河道への流入土砂を軽減し、河道の断面の縮小を防ぎ、現状の河道疏通能力を維持する。

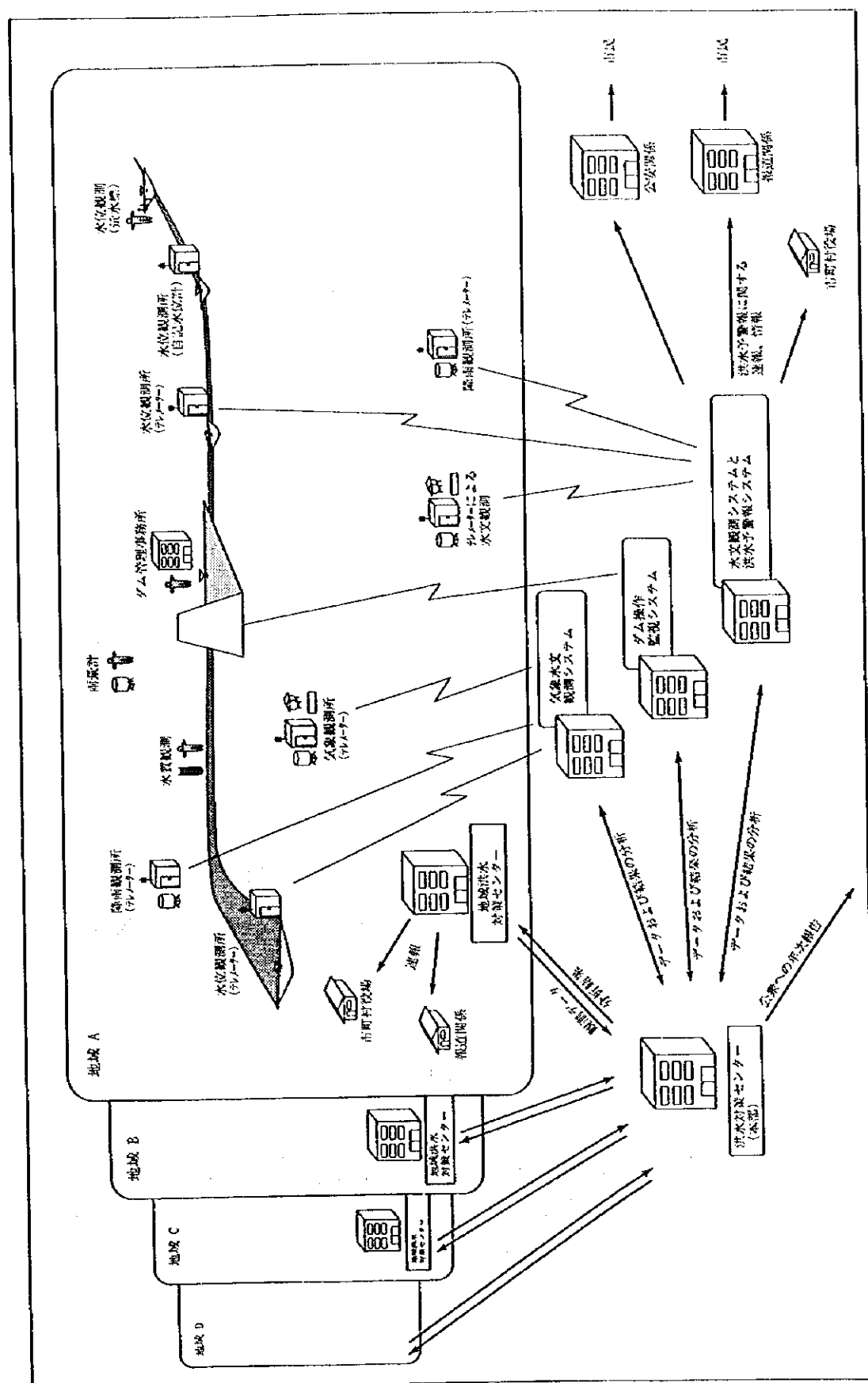
(2) 洪水被害可能性の減少

洪水氾濫が生じやすい地域を公示し、土地利用の規制を行って、居住地域を制限する。また、洪水耐力のあるピロティ方式や防水構造の家屋を普及させる。

(3) 洪水管理の強化

- 1) 降雨や流量観測所網の強化
- 2) 洪水情報の公示及び洪水予報システムの設置
- 3) 洪水警報システムの設置

洪水警報システムを模式的に示すと図-5.15 の通りとなる。



5.8 レワ川における洪水予警報の事例検討

(1) 既存水文観測所を利用する場合

洪水予警報には次の各項が必要となる。

- 1) 降雨記録の収集
- 2) 流量データの収集
- 3) 降雨量の予測
- 4) 流出モデルによる洪水の予測
- 5) 情報の関係機関への伝達
- 6) 洪水警報の発令

1)～3)はフィジー気象台及び公共事業局水文部により行われる。4)は水文部、5)、6)は洪水管理センター、水防組織、マスメディアによって行われる。レワ川は流域も広く、洪水到達時間も12時間程度と長い、警報範囲も広い。この流域の予警報に必要な機器及びコストは表-5.9に示す通りである。この他に住民が避難するための場所、例えば適当な高さにある学校や公共建物等を準備し、住民に周知しておく必要がある。

表-5.9 洪水予警報に必要な機器・コスト

項 目	必要数	設立時要求数	単位	単価 F\$ 1,000	費用 F\$ 1,000
雨量観測所	12	5	観測所	5	25
水位観測所	9	1	観測所	10	10
テレメーター機器	1	1	lump sum	1,000	1,000
コンピュータ	10	10	1 式	10	100
事務所	8	8	ビル	政府の既存建物を使用する (本社1 支社7)	
警報用車輛	10	10	車輛	40	400
システム開発	1	1	lump sum	100	100
予備費	1	1	lump sum	165	165

(2) 気象レーダーを用いる場合

フィジー気象台はナンディ空港とナウソリ空港にそれぞれ気象レーダーを設置しており、ビチレブ全島の5km×5km範囲の雲の降雨強度を測定することができる。雲の降雨強度と実際の降雨量は異なるので両者の関係を実際の降雨について検証しておけば、レーダーによる精度の高い降雨予測が可能となり、洪水予警報にも有用である。多くの作業や解析が必要であるが、最終的には雲の移動から降雨量の分布を予測することにより洪水量や水位の予測も可能となる。これには気象レーダーを有するフィジー気象台と水文解析を行う公共事業局水文部の協力が必要となろう。

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1033-1038.

表 6-5 不同地区、不同性别、不同年龄的发病率

		18. 1960	18. 1960
40		2	2
41		16	10
42		100	100
43		10	10
44		100	100
45		100	100
46		100	100
47		100	100
48		100	100
49		100	100
50		100	100
51		100	100
52		100	100
53		100	100
54		100	100
55		100	100
56		100	100
57		100	100
58		100	100
59		100	100
60		100	100
61		100	100
62		100	100
63		100	100
64		100	100
65		100	100
66		100	100
67		100	100
68		100	100
69		100	100
70		100	100
71		100	100
72		100	100
73		100	100
74		100	100
75		100	100
76		100	100
77		100	100
78		100	100
79		100	100
80		100	100
81		100	100
82		100	100
83		100	100
84		100	100
85		100	100
86		100	100
87		100	100
88		100	100
89		100	100
90		100	100
91		100	100
92		100	100
93		100	100
94		100	100
95		100	100
96		100	100
97		100	100
98		100	100
99		100	100
100		100	100
合計		1,800	1,800