

表 5.4 サントーマス川流過能力算定値

Section	流過能力			
	現在(2002年)		20年後(2022年)	
	流量 (m <sup>3</sup> /s)	再現期間	流量 (m <sup>3</sup> /s)	再現期間
河口～マクルコル橋	>2,000	100年以上	1,400	30年
マクルコル橋	1,100	10年～20年	0	なし
マクルコル橋～Paete Hill	700	5年	0	なし
Paete-Hill - Vega Hill	600	2年～5年	0	なし
Vega Hill - Mt. Bagang	>2,000	100年以上	>2,000	100年以上

**破堤地点の設定：** 破堤地点については、上記で設定した各氾濫ブロックで最大の氾濫被害を与える破堤地点を設定した（各氾濫ブロックの上流端地点とした）。各流域の破堤地点を図 5.3 に示す。

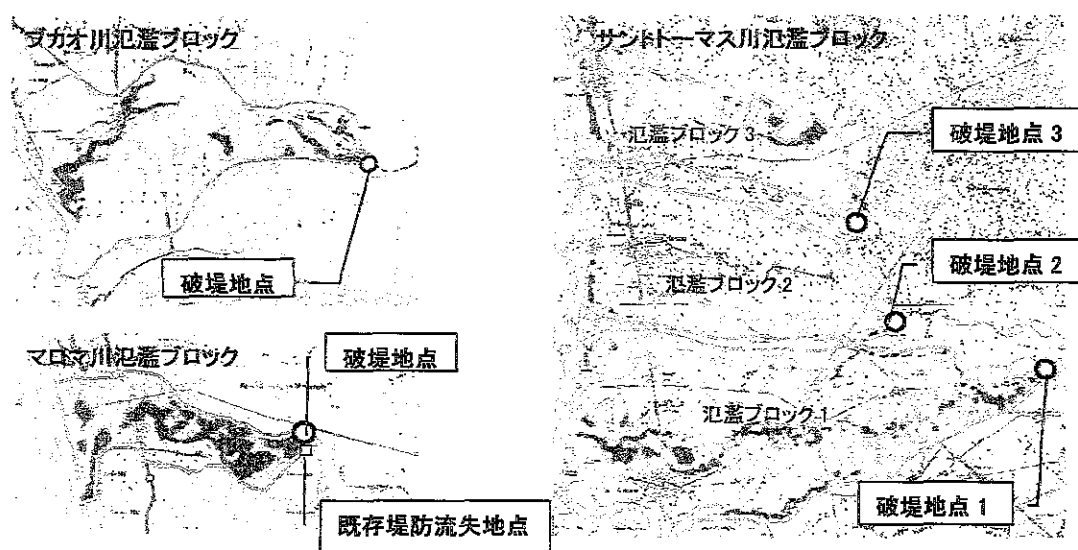


図 5.3 対象3河川における氾濫条件の設定

## 2次元泥流氾濫解析結果

設定した氾濫条件のもとで2次元泥流氾濫解析を各確率洪水年のもとで実施した。解析モデルでは氾濫域全域は 40m x 40m のメッシュに区切り、それぞれのメッシュに地形、土地利用、家屋数、インフラ施設、人口などの情報を GIS データとして与えた。この GIS データベースと氾濫解析結果により各確率年での氾濫被害を算出した。結果は表 5.5 に示す。

表 5.5 氾濫シミュレーション結果のまとめ

確率年	ブガオ川			マロマ川			サントーマス川		
	氾濫面積 (ha)	浸水家屋数 (Nos)	浸水農地 (ha)	氾濫面積 (ha)	浸水家屋数 (Nos)	浸水農地 (ha)	氾濫面積 (ha)	浸水家屋数 (Nos)	浸水農地 (ha)
2年	767	1,276	330	480	128	207	3,985	3,782	2,387
5年	869	1,460	378	514	144	226	4,849	5,045	2,862
10年	956	1,591	417	529	150	234	5,395	5,762	3,175
20年	1,112	1,908	508	545	154	242	5,894	6,444	3,465
30年	1,185	2,040	547	555	161	248	6,220	6,832	3,656
50年	1,292	2,191	609	571	253	255	6,589	7,296	3,868
100年	1,443	2,406	670	586	292	261	7,140	8,079	4,168

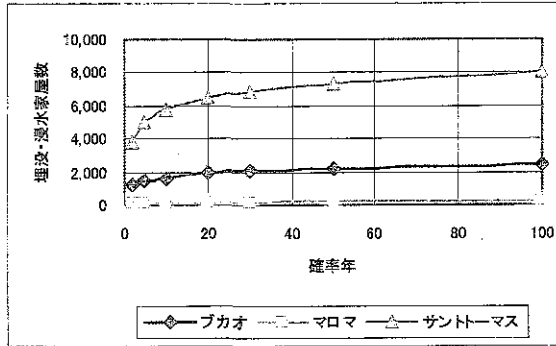


図 5.4 被害家屋被害曲線

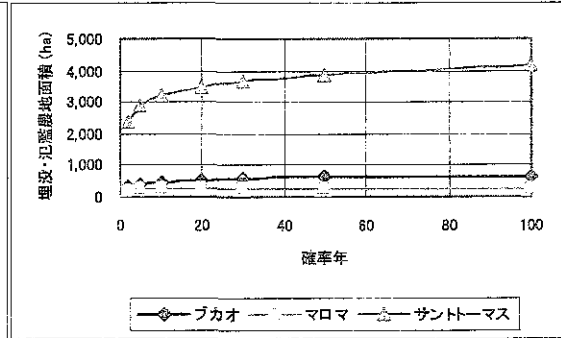


図 5.5 氾濫・埋没農地被害曲線

図 5.4 及び図 5.5 に各河川の家屋、農地の被害曲線を示す。氾濫被害は特にサントマス川において顕著である。また被害曲線の変曲点は 10～20 年確率洪水程度にあることがわかり、これを超える規模の洪水による被害の増大は顕著ではないことがわかる。ピナツポ流域の他の河川流域の基本計画対象洪水は 20 年洪水に設定されていることもあり、本計画立案の対象洪水は 20 年確率洪水に設定することとした。

各対象河川流域におけるハザードマップ（100 年確率洪水氾濫図）を図 5.6 から図 5.8 に示す。

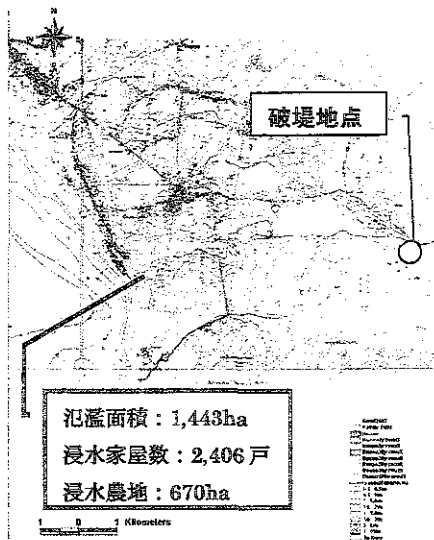


図 5.6 ブカオ川 100 年確率洪水氾濫図

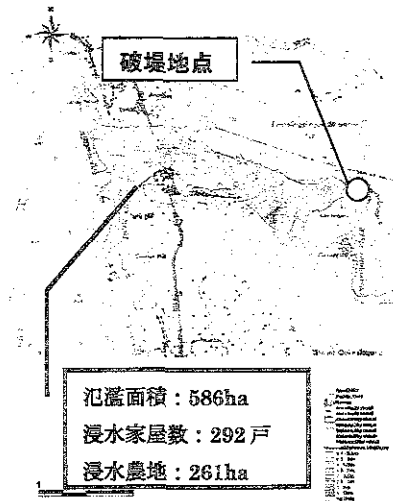


図 5.7 マロマ川 100 年確率洪水氾濫図

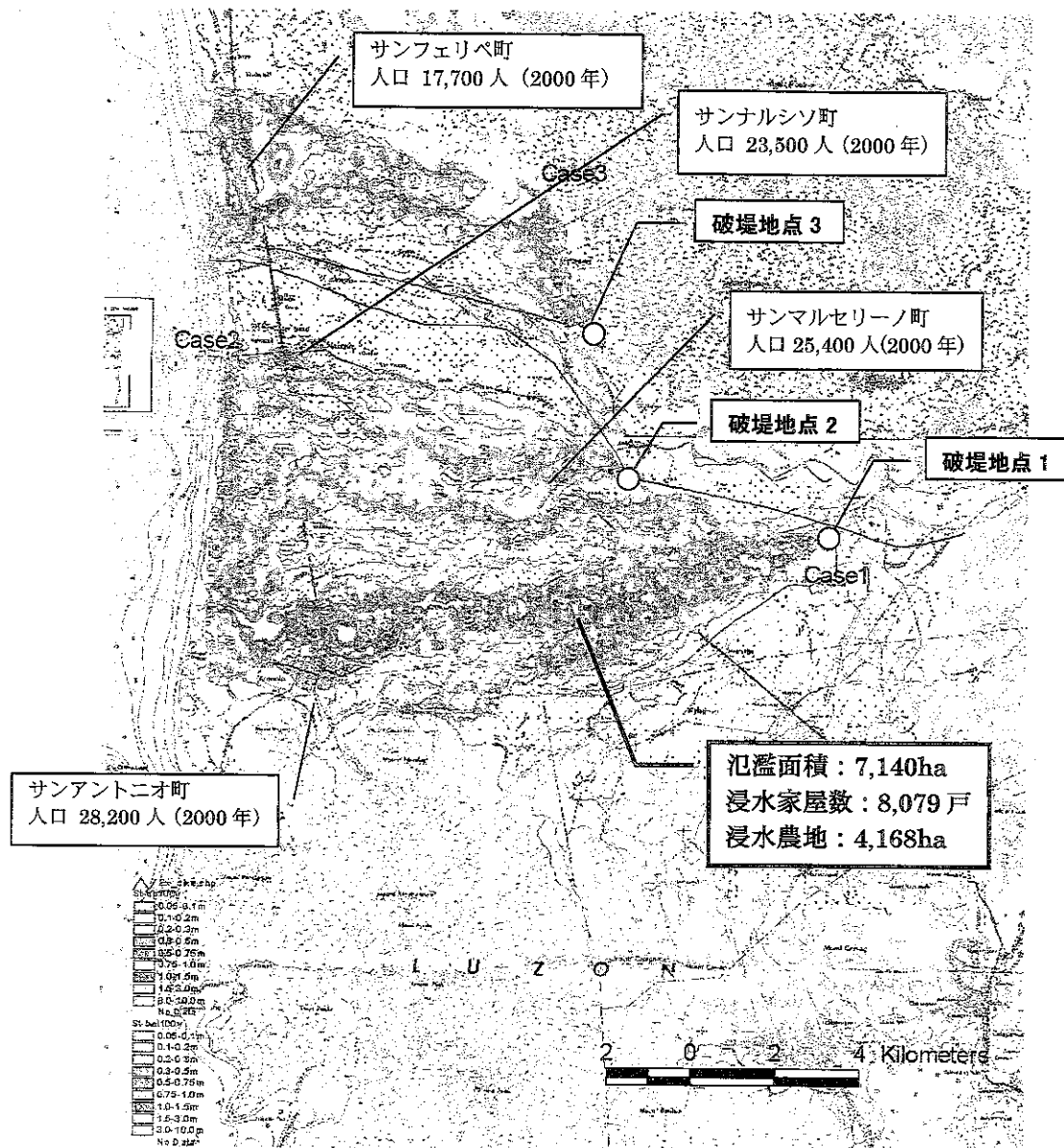


図 5.8 サントーマス川 100 年確率洪水氾濫図

## 6. 構造物対策マスタープラン

### 6.1 ブカオ川流域マスタープラン

#### マスタープランの構成

ブカオ川流域の考え得る構造物対策は1) ピナツボ火口湖対策、2) 砂防ダム計画、3) 中流域床固め及びサンドポケット計画、4) 下流域堤防嵩上げ・強化計画、5) ブカオ橋架け替え計画、及び6) 下流域流路工計画によって構成される。これら構造物対策の最終的目標は、土砂供給が激しく河床上昇が著しいブカオ川における河道安定化を促進するような対策の立案を通じて、下流氾濫域及び国道7号線の安全性を確保することにある。これら考え得る構造物対策の中からマスタープランに含める対策を選定した。マスタープランを含む考え得る構造物対策概要図を図6.1に示す。また各構造物の役割を表6.1に示す。

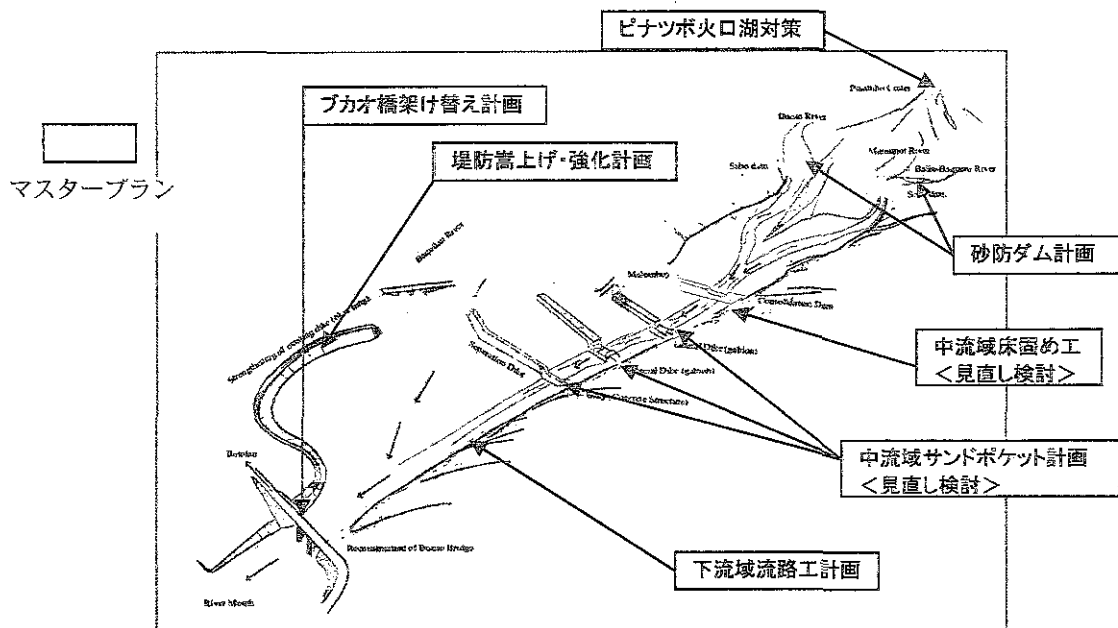


図 6.1 マスタープランを含むブカオ川構造物対策の概要

表 6.1 治水・砂防構造物の役割

構造物	役割
砂防ダム	河道堆積土砂を捕捉し、不安定なラハール堆積物を安定化させる。
流路工	縦断勾配を規制して河床堆積物の侵食を防止する。
サンドポケット	2次侵食を受けたラハール堆積物を捕捉する。
床固め工	縦侵食を防止して溪床を安定させる。
堤防	洪水・泥流から堤内地を守る。

#### ピナツボ火口湖対策

ピナツボ火口湖は1991年6月の噴火により形成され、その後雨水をためることで水位を年々上昇させてきたが、2001年9月に火口湖周辺で最も標高の低いマラオノットノッチより越流を開始した。越流の開始に伴い鞍部の崩壊による火口湖の決壊が懸念されていたが、2002年7月10日に鞍部が洗掘され、洪水流が流出し火口湖水位は一気に23m低下し、下流ブカオ川においては1995年以来のラハールが観測された。

崩壊後の地質状況を調査した結果、マラウノットノッチ表面に見られた未固結層はほとんど全て流失し、越流部には岩盤が露出していることが明らかとなった。また越流部付近において電気探査及びシュミットハンマーにより地質調査をした結果、下層部においてもパイピングを起こすような未固結層は見られず、岩盤強度も比較的良好であるとの結果が得られた。

この調査結果より、マラオノットノッチ崩壊部においては洗掘防止対策の実施は現時点では必要なしとの結論となった。一方、火口湖の安全性の継続的確保は、ブカオ川下流地域住民の安全確保の上で極めて重要な事項であることから、火口湖における降雨、水位及び地下水位を継続的にモニタリングすることが重要と判断され、このモニタリングワークをマスタープランに取り入れた。

## 上流域砂防ダム計画

噴火後 11 年が経過した 2001 年時点でのブカオ川流域の生産土砂量は 20.1 百万  $m^3$  と推定された。今後生産土砂量は年々減少してゆくことが予想されているものの、土砂生産区域の末端部に土砂生産の抑制と上流からの流下土砂の調節を目的とした砂防ダム群を図 6.2 に示す。

各砂防ダム地点における最適ダム高、土砂捕捉量、ダム開発効率率は表 6.2 に示す通りである。ダム開発効率を開発優先度決定の基準とした。

しかしながら、各砂防ダム地点における土砂捕捉量は最大でも 5 百万  $m^3$  程度であり、年間生産土砂量の 25% 程度である。比較代替案を全て実施した場合でも、合計の土砂捕捉量は 14.2 百万  $m^3$  であり 2001 年の生産土砂量の 70% にすぎないことから、砂防ダムによる土砂流出調節は時期尚早との結論となった。上流域の砂防ダム及び床固め工群による生産土砂抑制対策については、自然の回復力により上流域の安定化がさらに進んだ段階で実施することが望ましい。

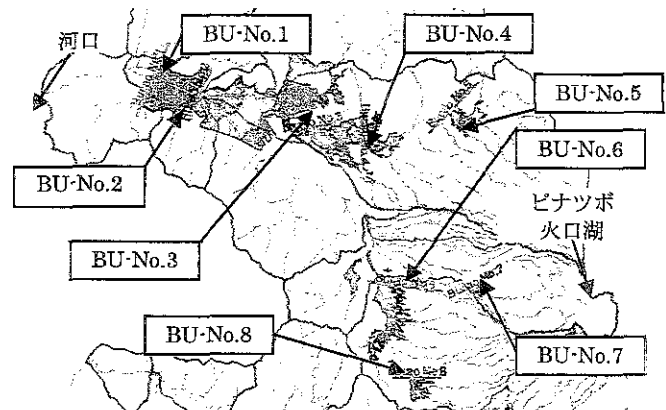


図 6.2 ブカオ川流域砂防ダム候補地点位置図

表 6.2 砂防ダム貯砂効率比較検討結果

優先順位	ダムサイト	最適ダム高 (m)	(C) ダム体積 ( $10^6 m^3$ )	(B) 貯砂容量 ( $10^6 m^3$ )	開発効率 (B)/(C)	不安定土砂 扞止量 ( $10^6 m^3$ )
1	No.6	5.0	0.007	3.895	556.4	22.1
2	No.3	5.0	0.021	5.040	240.0	32.6
3	No.4	5.0	0.022	3.250	147.7	11.4
4	No.5	22.0	0.011	1.157	108.2	2.8
5	No.8	5.0	0.006	0.528	88.0	3.1
6	No.7	5.0	0.006	0.307	51.2	0.2

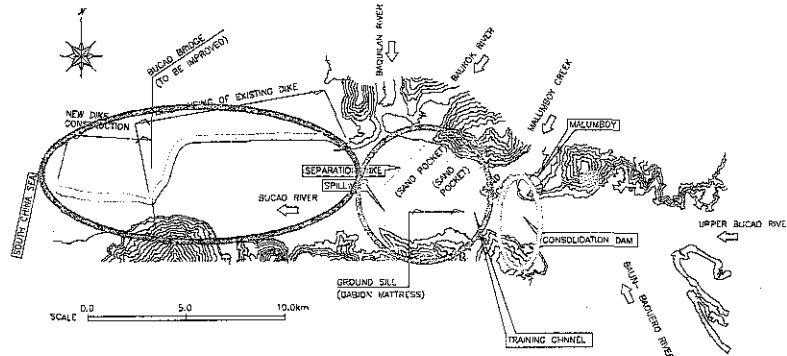
注：No.1 及び No.2 は床固め工であり、上記リストには含まれない。

## 中流域床固め工、サンドポケット及び下流域堤防嵩上げ・強化計画

ブカオ川洪水及び泥流制御全体計画の保全対象は、下流右岸側に広がる氾濫域と最下流区間で河川と交差する国道 7 号線である。これら保全対象の安全性を脅かす河川現象は今後の河床上昇とそれに伴う泥流の発生である。したがって保全対象の位置する下流域においては今後の河床上昇に対応した 1) 堤防嵩上げ・強化対策を提案し、直上流の中流域においては、2) 床固め工による不安定土砂の抑止、及び 3) サンドポケットによる超過土砂量の捕捉を目的とした対策を提案した。これらの対策の下流域における河床上昇緩和効果を分析することにより、事業の妥当性を検討した。

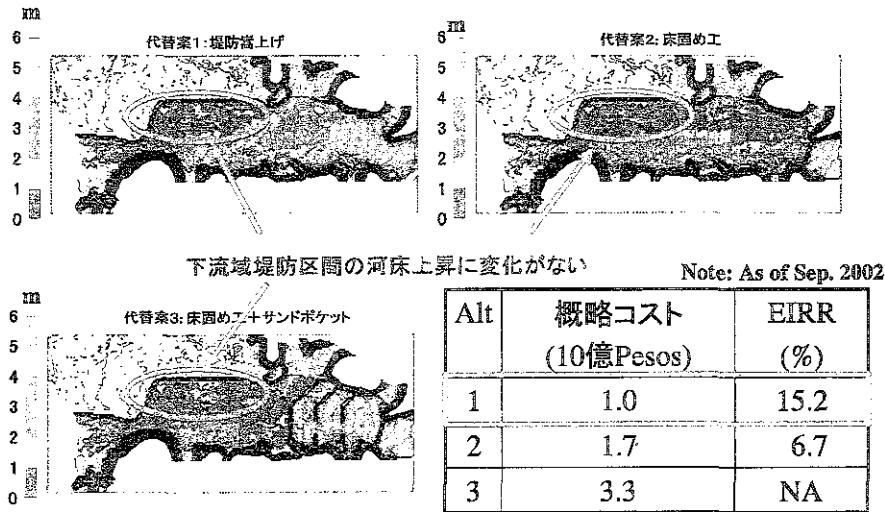
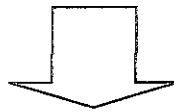
図 6.3 及び図 6.4 に示すように、現状の河川流況においては中流域の両案による下流域河床上昇緩和の効果は 2) 床固め工案, 3) 床固め+サンドポケットでほとんど見られないことが判明した。これは床固

め工及びその下流のサンドポケット地点では今後とも土砂堆積傾向が続き、現時点では主たる土砂供給源はさらに上流域の土砂堆積域であるためと考えられる。将来、上流域堆積土砂の2次移動現象が沈静化し、中流域堆積土砂の浸食、2次移動が活発化することが考えられるが、その段階でこれらの対策は下流域河床上昇抑制への効果を発揮すると思われる。したがって2) 床固め工及び3) サンドポケットの実施は上流域の安定化がさらに進んだ段階で再検討することが望ましい。したがって今後20年間の河床上昇を見込んだ1)下流堤防の嵩上げ・強化対策を実施することが最適との結論となった。



代替案	対策名	対策位置
1	下流堤防嵩上げ・強化	○
2	堤防嵩上げ + 中流域天置工	○ ○
3	堤防嵩上げ + 天置工 + サンドポケット	○ ○ ○

図 6.3 ブカオ川下流域河床上昇対策の代替案



**対策費用の観点から代替案1が最適**

図 6.4 2次元泥流解析による河床上昇緩和効果の比較検討結果

## ブカオ橋架け替え計画

第4章に示したように、河床変動解析の結果今後20年間で最大約4mの河床上昇が見込まれている。一方、現時点でのブカオ川の洪水流下能力は第2章の図2.8の写真でも示すように5年確率洪水(2002年7月)に対しても十分なクリアランスが確保されていない状況である。現状でのクリアランスは左岸側のポニートラス橋で約2.5m、右岸側のコンクリートガーダー橋で約1.5m程度であり、今後の河床上昇を考えた場合早急な嵩上げ対策が必要となる。国道7号線の安全性確保は、その代替ルートが存在しないことからサンパレス州の防災上、極めて重要な対策と判断され、堤防嵩上げ・強化対策とともに、早急に実施すべき対策との結論となった。

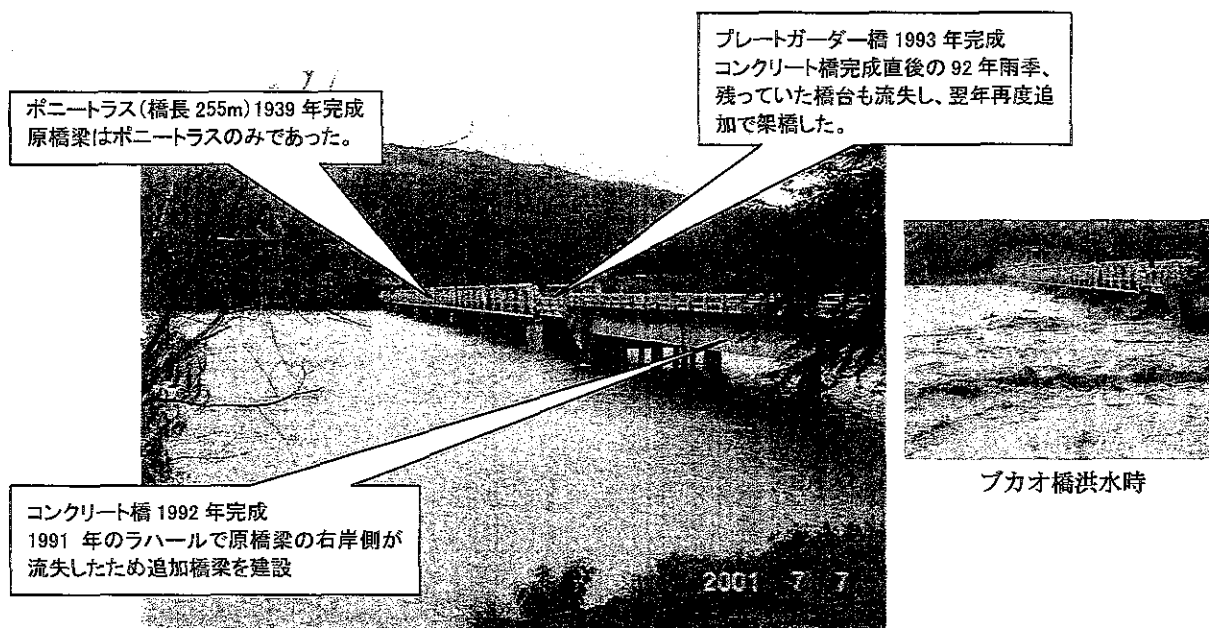


図 6.5 ブカオ橋の1991年以降の主な被災履歴

## 下流域流路工計画

下流域における流路工については、上流域からの生産土砂量、上中流域からの2次浸食流送土砂量が過剰な状況においては、対策の維持管理の観点から実施すべきものでない。下流域河道区間における土砂流送能力を上回る土砂供給が今後20年は継続することが、河床変動解析の結果予測されている。従って流路工の建設、浚渫による河道形成を行っても、上流からの土砂供給で河道の維持が不可能である。しかしながら、将来上流域での生産土砂対策、中流域での土砂流下調整対策が実施され、下流流下土砂量を下流区間土砂流送能力より小さくすることが出来れば、理論上、河床低下の促進、河道の維持も可能となり、この段階で流路工を再検討することが望ましい。

## 6.2 マロマ川流域マスタープラン

### マスタープランの構成

マロマ川流域では 1991 年には噴火降灰による泥流が発生したが、1992 年以降は泥流の発生は観測されていない。また、上流域に顕著な土砂供給源となる地点も見られず、下流域における河床上昇現象も見られない。したがって、マロマ川流域における構造物対策全体計画では土砂対策は含めず、洪水対策に的を絞った計画を立案する。

マロマ川流域における保全対象は、本流と左支川であるゴロンゴロ川との合流点から下流の右左岸氾濫域、及び河口から約 2 km 上流地点でマロマ川と交差する国道 7 号線である。したがって全体計画は、1) 下流域河道拡幅及び築堤計画、2) マロマ橋架け替え計画により構成される。

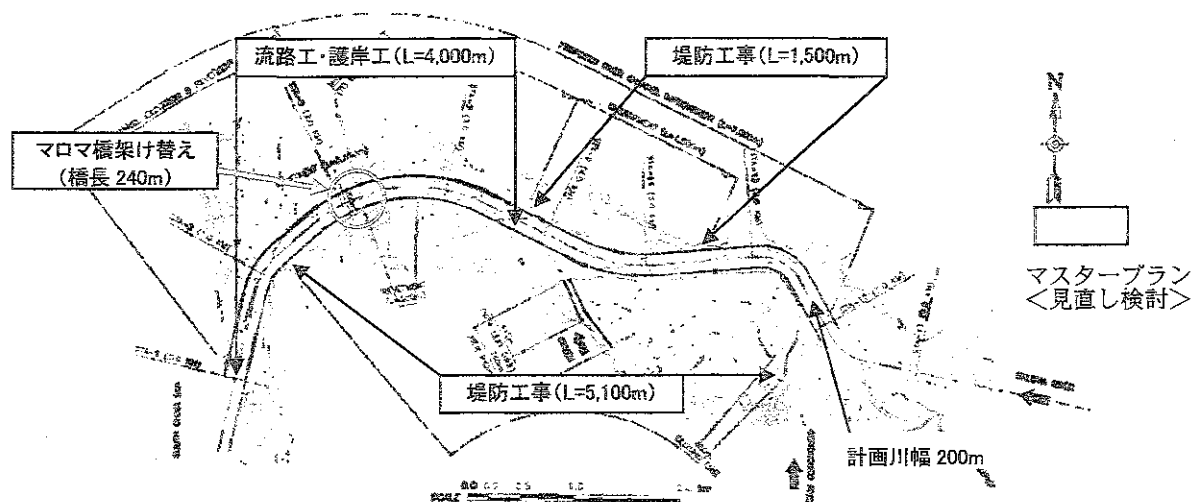


図 6.6 マロマ川構造物対策マスタープランの概要

### 下流域河道拡幅及び築堤計画

現況河川調査の結果、マロマ川下流域は、マロマ橋がボトルネックとなり下流への洪水流下を妨げていることが明らかとなった。このため橋の直上流では土砂の堆積が進行し、上流側の蛇行を促進させている。マロマ橋地点から上流の洪水堰上げにより右岸堤防を溢水し、さらには上流の激しい蛇行現象により洪水流が堤防に直撃し破堤を招くという災害メカニズムが見られる。

この問題に対処すべく、マロマ橋地点の拡幅と蛇行是正を図るべく河道計画を立案した。20 年洪水を対象として河幅を 200m とし、橋梁地点及び下流区間の流下能力の増強をはかり、橋梁上流の 6 km 区間においては、蛇行の是正（河道の直線化）による堤防の保護と土砂流送能力の向上を図るものとする。

### マロマ橋架け替え計画

マロマ橋は現在橋長が約 80m であり、上述の通り河道のボトルネックとなっている。河川計画において 200m の河幅が必要と結論づけられているため、河道改修事業に伴って橋梁の架け替えが必須となる。国道 7 号線保全を優先させるべく橋梁架け替え事業を先行させることも考えられるが、この場合は橋梁より下流側の河道拡幅工事を一緒に実施することが必要となる。



## 6.3 サントトーマス川流域マスタープラン

### マスタープランの構成

サントトーマス川流域の考え得る構造物対策は 1) マレラ上流砂防ダム、2) マレラ川流路工及びサンドポケット計画、3) マパヌエベ湖洪水調節計画、4) 中流域堤防強化計画、5) 下流域堤防嵩上げ・強化計画、6) マクルコル橋架け替え計画、及び 7) 中下流域流路工計画、8) ガボール川排水改善計画によって構成される。これら構造物対策の最終的目標は、中流域左岸側及び下流域両岸に広がる氾濫域と国道 7 号線の泥流及び洪水に対する安全性を確保することにある。これら考え得る構造物からマスタープランに含める構造物を選定した。マスタープランを含む考え得る構造物対策の概要図を図 6.7 に示す。なお、計画対象洪水は 20 年確率洪水とした。

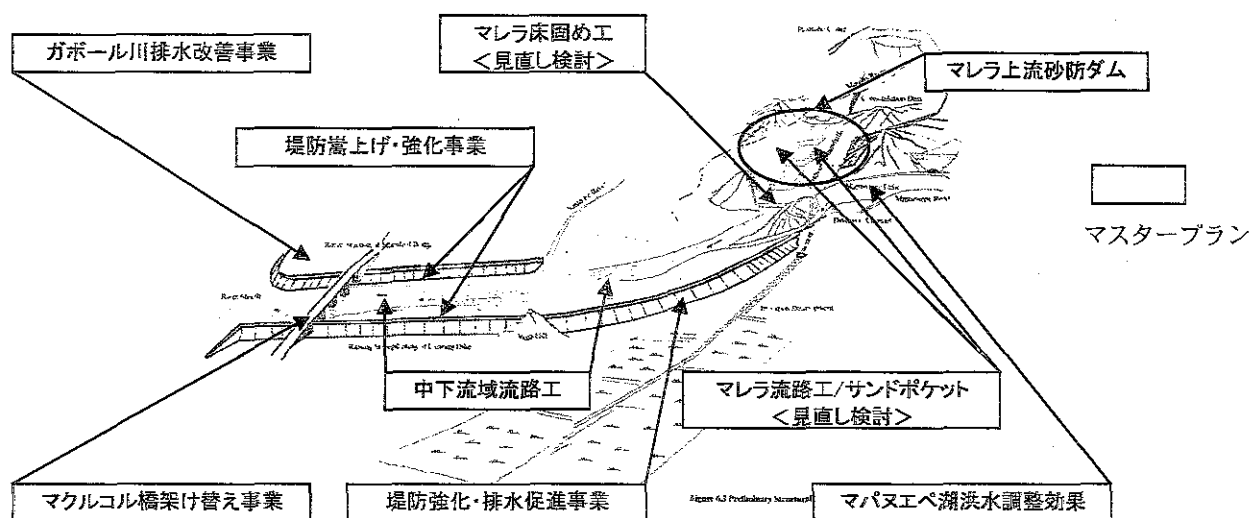


図 6.7 マスタープランを含むサントトーマス川構造物対策概要

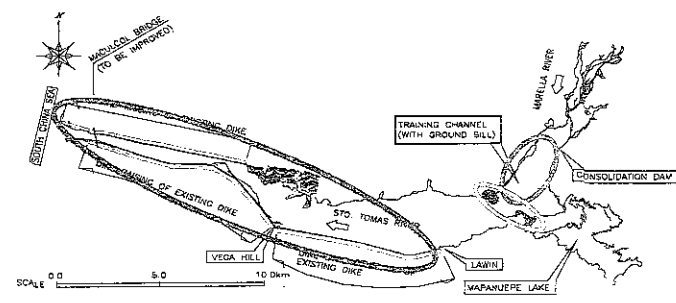
### マレラ川流路工、サンドポケット計画及び中下流堤防嵩上げ・強化計画

中下流域氾濫域を保全するためには、今後の河床上昇を抑制することが必要である。そのためには土砂供給源であるマレラ川における生産土砂・2次浸食及び土砂流送の抑制、または中下流における今後の河床上昇を見込んだ築堤計画が必要となる。この対策として図 6.8 に示すように、1) 中下流域堤防強化・嵩上げ計画、2) マレラ川流路工計画、3) マレラ川サンドポケット計画の3つのアプローチについて比較検討し、最適対策案の検討を行った。

図 6.9 及び図 6.10 に示すように、マレラ川における流路工及びサンドポケット工はいずれも上流側の2次浸食抑制にはそれほど貢献しないことが明らかとなった。その理由は、マレラ川における対策工は最下流の4 km 区間に限定されており、最下流でも 1/60 と急勾配のマレラ川全区間（合流点から上流 25km）の生産土砂の抑制には効果を発揮出来ないためである。

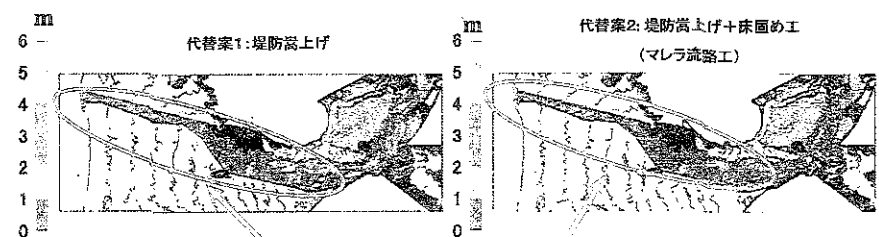
マレラ川における生産土砂を抑制し、中下流域の河床低下を促進させるためには、1) 流路工は土砂堆積区間全域（25km）に施すか、2) 最下流域に流下する全ての土砂を捕捉するような巨大な沈砂施設を設けることが必要となる。このような対策を講じた場合、初めて中流域においては河床低下を促進させることが可能となる。またさらに中下流域に流路工を施せば下流域での河床低下の促進が可能となる。

しかしながら、河川区間全域に亘って流路工を施し、マレラ川最下流端に上流からの生産土砂を全て沈砂可能な巨大な砂防ダムを建設することは費用及び環境の観点からも妥当ではない。今後 20 年間の河床上昇に鑑み、中流域における堤防強化と下流域における堤防嵩上げ・強化による対策が最も経済的であり、自然環境に対する影響も少ない方策である。

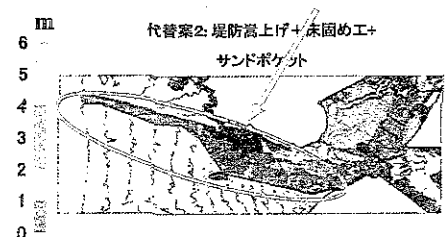


代替案	対策名	対策位置
1	堤防嵩上げ・強化	○
2	堤防嵩上げ + マレラ流路工 + 床固め工	○ ○ ○
3	堤防嵩上げ + 床固め工 (サンドポケット)	○ ○

図 6.8 サントーマス川中下流域河床上昇対策の代替案



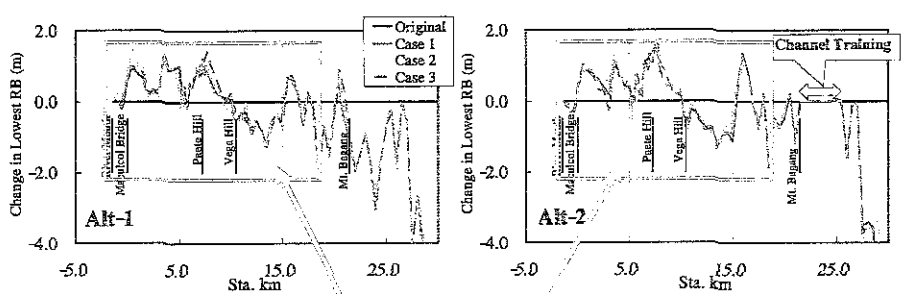
中下流堤防区間の河床上昇に変化がない



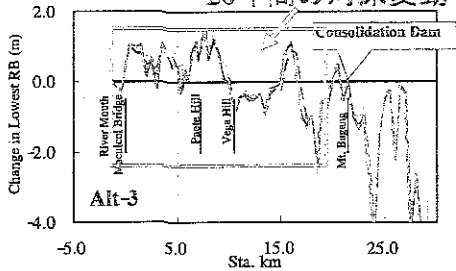
Alt	概略コスト (10億Pesos)	EIRR (%)
1	1.5	48.2
2	5.5	17.1
3	3.6	25.5

2次元泥流解析による20年確率洪水(ラハール)による土砂堆積予測

図 6.9 20年確率規模のラハールによる泥流堆積現象比較



20年間の河床変動予測の結果も変化はない



1次元長期河床変動解析による効果の比較

図 6.10 20年間の長期河床変動解析による効果の比較

## マバナエペ湖洪水調節計画

マバナエペ湖の流域面積は  $90\text{km}^2$  であり、サントトーマス川全流域の約 35% を占める。湖の洪水調節効果は 20 年確率洪水ピーク流量で  $700\text{m}^3/\text{s}$  ( $1,900\text{m}^3/\text{s} \rightarrow 1,200\text{m}^3/\text{s}$ ) と算定される。この湖はマレラ川からのラハールがマバナエペ川との合流点に堆積したために形成され、現在堆積厚は合流点で 30m 程度である。湖の水位が 15m 程度であるため、今後上流域の安定化が進み、マレラ川の堆積土砂の浸食が進行すると、湖が決壊することが懸念される。今後 20 年間の河床変動計算により、合流点の浸食深の検討を行ったところ浸食深は最大で 3m 程度と推定された。したがってマレラ川の堆積土砂浸食によるマバナエペ湖決壊については本調査におけるマスタープランでは対象とせず、湖の洪水調節効果を見込んだ計画とすることが妥当であるとの結論に達した。

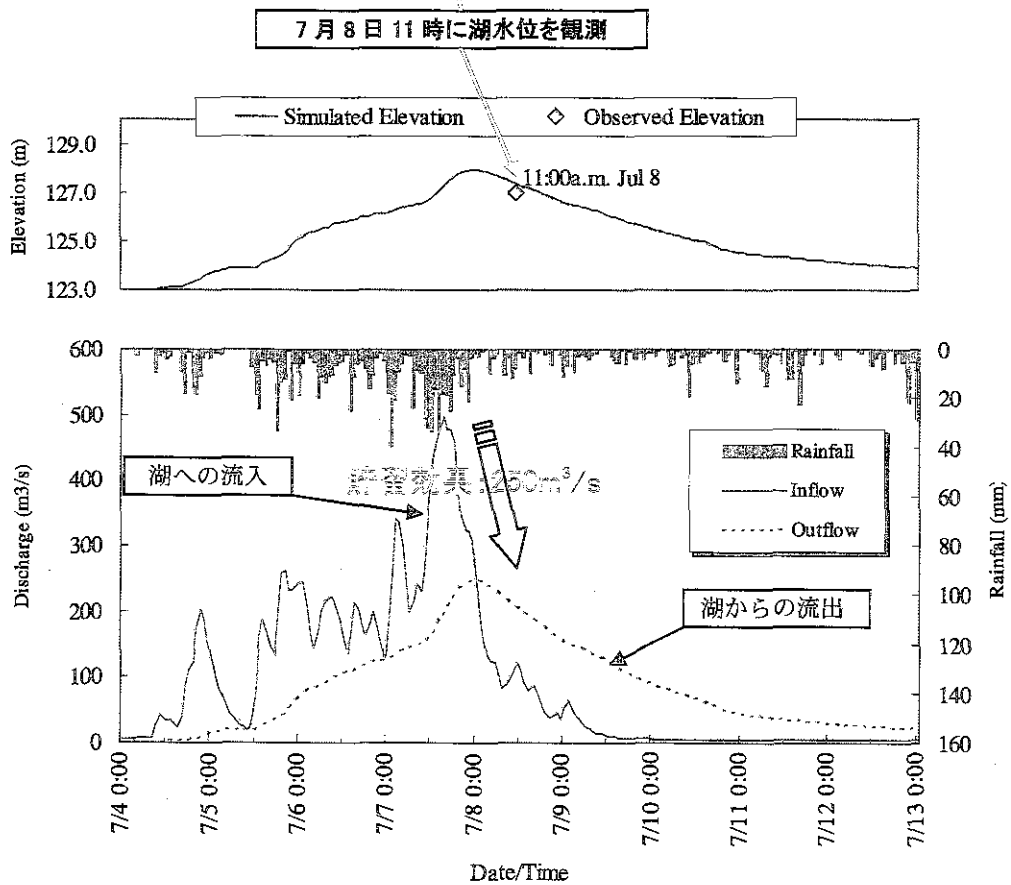
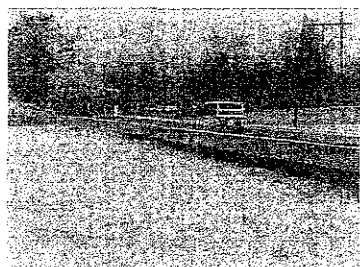


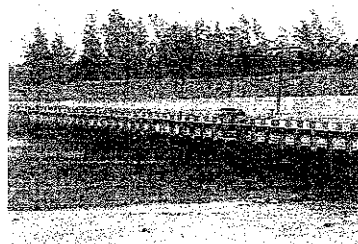
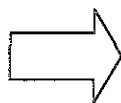
図 6.11 2002 年 7 月洪水時のマバナエペ湖の実測貯留効果

## マクルコル橋架け替え計画

サントトーマス川の最下流を交差するマクルコル橋は、継続的な河床上昇によりクリアランスが全くとれない状況となっている。現状での通水能力はゼロであり、洪水時には流水が橋桁に直撃し、河床を洗掘しつつ流下するという現象が見られる。国道7号線沿いの橋梁のうち最も危機的な状況と判断され、国道の信頼性向上と安全性確保のためにも早急な架け替えが必要である。また、治水計画上障害になり、築堤事業実施の際には計画堤防高に合わせて嵩上げが必要である。



洪水時のマクルコル橋 2002/7/7



洪水後のマクルコル橋 2002/7/8

## 中・下流域流路工計画

中下流域における流路工については、マレラ川流域からの生産土砂量が過剰な状況においては、対策の維持管理の観点から実施すべきものでない。河床変動解析結果によれば今後20年で中流域においては上流域からの供給土砂量と河道掃流能力とがバランスし、顕著な河床上昇は起こらないと考えられる。この区間において流路工対策は可能であるが、現河床を維持するよりもむしろ河床の低下を促進させて天井川現象を緩和させることが重要である。本全体計画の期間では対処不能であるが、長期的には河床低下を促進すべく対策を提案すべきである。下流域河道区間においては土砂流送能力を上回る土砂供給が今後20年は継続することが、河床変動解析の結果予測されている。従って流路工の建設、浚渫による河道形成を行っても、上流からの土砂供給で河道の維持が不可能である。しかしながら、将来上流域での生産土砂対策、中流域での堆積土砂浸食対策が実施された段階で、下流河道区間の河床低下を促進させる流路工対策を再検討することが望ましい。

## 7. 非構造物対策マスタープラン

### マスタープランにおける非構造物対策の役割及びマスタープランの構成

第3章に示したように非構造物対策の本マスタープランにおける役割を以下のように定義した。

- 1) 洪水泥流被害の軽減（特に人的被害）に即効的に効果をもたらす対策であること。
- 2) 構造物対策の対象外となる超過洪水・泥流に対応可能な対策であること。
- 3) 自然的・社会的観点から、流域の災害ポテンシャルの軽減に効果を発揮する対策であること。

上記に示した3つの役割に共通する項目として、特に人命被害の軽減を目的とした対策であることが強調される。このような役割に鑑み、非構造物対策全体計画を1) 洪水・泥流モニタリング警報システム計画、2) 避難システム計画、3) 流域管理計画の3つの計画により構成した。それぞれの計画のマスタープランにおける役割を表7.1に示すものとする。

表 7.1 マスタープランにおける非構造物対策の役割

番号	非構造物対策	マスタープランにおける役割		
		洪水泥流被害軽減の即効的効果	超過洪水・泥流への対応	流域の災害ポテンシャル軽減
1	洪水・泥流モニタリング警報システム	○	○	×
2	避難システム	○	○	○
3	流域管理	×	×	○

注：○：対策の主な役割，○：適用可能，×：適用不可能

### 洪水・泥流モニタリング警報システム

効果的な洪水・泥流モニタリング警報システムを構築するために、最も大切なことは「効果的な警報発令のタイミングと信頼性の高い基準を設定すること」と、「警報を即時により多くの住民に知らせること」である。一方、調査対象地域における既存の警報システムの問題点は対象地域に蓄積されたデータが存在しないため警報発令の基準が曖昧であることである。したがって本調査対象地域で洪水・泥流モニタリングシステム構築の上で最も大切なことは、災害に関連した降雨・流量などのデータを蓄積し、信頼性の高い警報発令基準を設定することである。また、警報発令基準の信頼性を高めると同時に効率的な警報伝達手段を構築することが必要となる。

上記に示したニーズと問題点に鑑み、図7.1に示したようなモニタリング警報システムを提案した。システムは洪水モニタリングのための雨量観測所7地点、水位観測所6地点により構成され、それらのデータをシステム構築及び維持費用が通常の専用回線よりも格段に安価な GSM (Global System for Mobile Communication) システム (携帯電話通信網) を利用してリアルタイムに中央監視センター

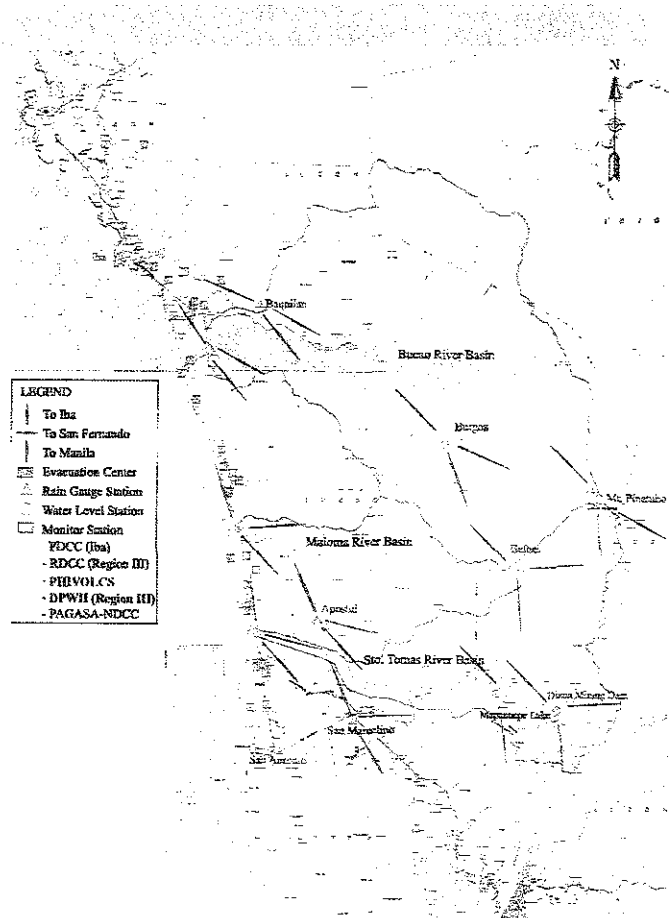


図 7.1 モニタリング警報システム

に送るものとした。なお中央監視センターはサンバレス州災害調整委員会とし、このセンターのホームページを通じて関係各町の災害調整委員会が情報を入手するシステムとした。また、警報発令は州災害調整委員会が州政府内にあるラジオ局から直接住民に対しても情報伝達するシステムとした。

## 避難システム

調査対象地域には現在 36 カ所の緊急避難所がある。これらは全て小学校などの既存公共施設であるが、本調査においては既存避難所の位置及び規模をベースに避難システムの改善策の計画立案を行った。検討は泥流氾濫解析で策定したハザードマップにより実施し、既存避難所の位置より、ハザード地域内のどこからでも 2km 以内で避難所に到達可能な避難所ネットワークを構築した。2km の設定は、洪水到達時間が 3 時間程度であることから、ピーク洪水到達前に余裕をもって避難出来る時間を鑑み、準備を含めて 1 時間と避難時間を設定し、求めたものである。

この結果、調査対象地域内には新たに 10 カ所の避難所が必要との結論になった。また既存避難所 36 カ所のうち 32 カ所が氾濫・浸水の危険があることが判明した。これらの避難所については土地の嵩上げなどの改善策を提案した。これらの対策については優先事業として早急に着手すべく提言した。

次の段階では、避難人口に見合ったキャパシティを各避難所に持たせるべく計画立案を行った。この結果、対象避難民全てを収容可能にするためには、さらに 50 の避難所を設ける必要がある。これについては長期的に順次整備を進めるべく提言した。

## 流域管理計画

本調査対象地域において、将来の災害ポテンシャル軽減に貢献する流域管理の項目として 1) 森林管理、2) 先住民であるアエタ族の領地である山麓管理、3) 流域土砂管理、4) ピナツボ火口湖管理、及び 5) マパヌエペ湖上流域の鉱山管理の 5 つがあげられる。この 5 つの管理項目の相互関連を図 7.2 に示す。

このうち 3) 流域土砂管理については構造物対策実施の際に直接影響する項目であり、詳細設計段階、施工段階を通じて継続的に土砂移動をモニタリングすべく提案している。また 4) ピナツボ火口湖管理については、これまで効果的なモニタリングを続け、下流住民の安全確保に多大な貢献をしている PHIVOLCS を中心にモニタリングを継続することを提案した。5) 鉱山管理については責任省庁である DENR が鉱山開発会社を適切に指導しつつ、下流住民の安全確保に努めることが大切である。現時点では、鉱山会社が所有するダム高 126m のアースダムが洪水吐きの崩壊により、その安全性が強く懸念されており、早急な安全対策が求められている。また、鉱山地域における水質管理強化の必要性も本調査において示唆したところである。

一方、1) 森林管理及び 2) 山麓管理については、山岳森林地域に居住する住民の行動にその効果が大きく左右するところである。これについてはコミュニティ防災事業の一環として行動計画を立案する。

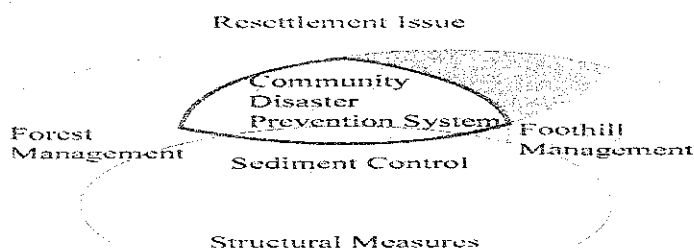


図 7.2 5 つの流域管理項目

## 8. コミュニティ防災マスタープラン

### コミュニティ防災計画の背景と目的

コミュニティ防災とは一般的には「コミュニティが主体となって災害に対処すること」であり、例えば洪水時の水防活動や避難行動、さらには災害時の相互扶助や防災教育への積極的参加などが挙げられる。一方、本調査対象地域においては既に大災害に見舞われ、生活の基盤が失われ、被災後10年以上が経過した現時点においても、被災前の生活レベルを取り戻せない村落を対象にしたコミュニティ防災計画を立案することが求められている。

このような場合、通常行われているコミュニティ防災組織の強化や防災啓蒙活動が必ずしもコミュニティの脆弱性軽減に効果があるかどうかは疑問が残る。大切なことは地元のニーズにあったコミュニティ防災対策を講じることであり、それが防災に直結するものでなくとも、長期的観点から地域の災害に対する脆弱性の軽減につながるプロセスを考え、計画立案をすることである。

本調査においては第2章で述べたように、コミュニティ防災の対象となる地域は、どこも被災前の生活レベルを取り戻していない。またいまだに食べていけるだけの生計手段を確保していない住民も多い。このような状況に鑑み、本調査におけるコミュニティ防災計画の目標を以下のように設定した。

- 1) コミュニティ住民の生計手段の開発を通じた防災計画とすること。
- 2) コミュニティの復興、開発に必要な基礎インフラの整備を重視すること。

### 対象地域における問題点とニーズの抽出

住民のニーズに合ったコミュニティ防災計画を立案すべく、1) インタビューによる聞き込み調査（調査地域のうち特に被害の大きい地区を対象に320世帯を対象とした）、2) 各コミュニティにおけるPCMワークショップを開催（対象地域内5地区で開催、参加者合計：309名）し、ニーズの確認を行った。その結果、本調査におけるコミュニティ防災計画のニーズとして以下の項目が抽出された。

- a) 被災したコミュニティの住民にとって最も深刻な問題は、生計手段の不在である。特に被災前は農業に従事していた人々がラハールにより農地を失い、生活手段をいまだに確保出来ずに苦しんでいる。
- b) 再定住地へ移住を余儀なくされた多くの住民にとっても問題点は生計手段の不在である。そのため再定住地の住民の40%は既に上流域の元のバランガイへ戻っており、また残りの多くの住民も元のバランガイと再定住地での二重生活を送っている。
- c) 先住民であるアエタ族の人々は被災直後には再定住地に移住したが、低地での生活に馴染めずすぐに元のバランガイへ戻っている。政府は先住民の権利を保護すべく1997年にピナツボ山麓地域の土地所有権をアエタ族に認めるべくAncestral Domain Claim制度を発足させたが、手続きの煩雑さや土地区画測量のための資金不足が理由でアエタ族の土地所有がスムーズに進んでいない。
- d) 上流域のコミュニティに対しては、アクセス道路の復旧が行われていないため、ほとんどの公共サービスが施されていない。また、市場へのアクセスがないために上流域での農業活動は限られているばかりでなく、適切な斜面農業の指導がなされないため、焼き畑や無秩序な森林伐採などが行われ、流域の土壌保全、生産土砂管理が危ぶまれる状況である。

上記にまとめた地元住民のニーズや問題点を基にコミュニティ防災の計画立案をすることが重要である。

## コミュニティ防災マスタープランの提案

上述したコミュニティにおける問題点とニーズに鑑み、コミュニティ防災全体計画を 1) NGO により設立された再定住地の統合によるコミュニティインフラ整備事業、2) コミュニティ森林管理プログラムの展開、3) ラハール河川敷における農業開発事業、4) マバナエペ湖周辺におけるコミュニティ開発事業、5) コミュニティ道路復旧事業、及び 6) アエタ族支援センターの設立、の 6 つの計画による構成とした。各プロジェクトの位置図、目的及び事業概要については図 8.1 及び表 8.1 にまとめるものとする。

コミュニティ防災プログラムの実施にあたっては、生計開発事業を通じて特に防災教育やコミュニティ組織の強化を実施してゆくことが求められる。例えば、コミュニティ森林管理事業においては、森林の流域における役割を住民が熟知し、土壌保全や森林の維持に努めることが土砂災害の軽減に直接貢献することを知ることが大切である。またラハール河川敷における農業開発においても、河川敷の洪水に対するリスクを農民に教育し、その上で農業を営むという概念の理解が求められる。

事業を通じたコミュニティ組織の強化は、組織の防災対応力の強化に直接繋がることが期待される。防災に必要なある程度の資金力と住民が防災に対して協力しあえる体制の構築を意識しつつ組織強化を行うことが必要となる。

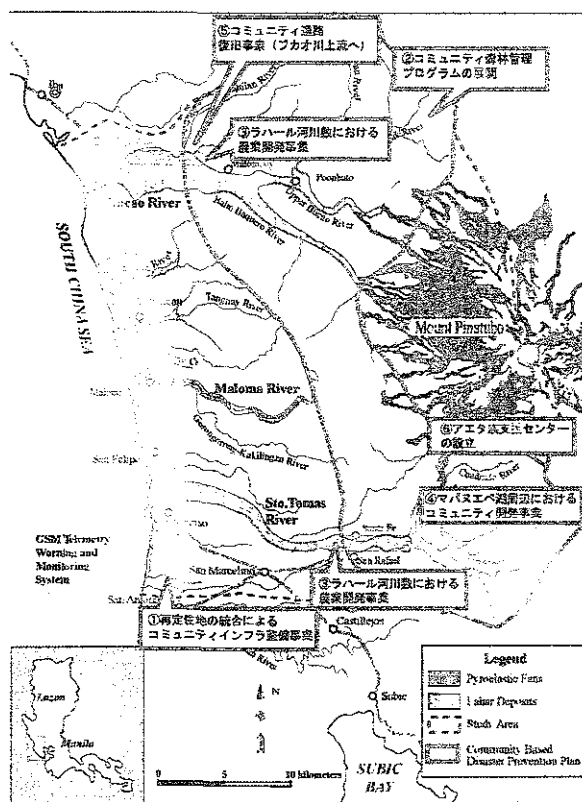


図 8.1 コミュニティ防災マスタープラン位置図

表 8.1 コミュニティ防災マスタープラン概要

番号	計画	目的及び概要
①	再定住地センター改善	NGO により設立された再定住地の統合によりコミュニティインフラを整備し、政府により設立された再定住地との生活レベルの差を改善する。
②	コミュニティ森林管理プログラム展開	CBFM (コミュニティ森林管理) による 25,000ha の植林 (果樹含む) を展開し、流域の管理及び生計手段の創出を図る。
③	ラハール河川敷農業開発	河川敷のラハール上での農業開発により生計手段の創出を図る。
④	マバナエペ湖周辺コミュニティ開発	灌漑用水供給、観光開発、養魚、マバナエペ湖周辺の農業開発により、湖周辺のコミュニティを開発する。
⑤	コミュニティ道路復旧	ブカオ川上流域 48km 延長、サントトーマス川上流域 60km 長の生活道路を復旧し、上流域部のコミュニティ復興を図る。
⑥	アエタ族支援センター設立	アエタ族コミュニティ復興を目的とし、アエタ族博物館の設立、アエタ族への財政支援、農業・林業技術指導を行う。

注：10 章から 12 章で述べられているフィージビリティ調査の結果、①再定住地センター改善及び④マバナエペ湖周辺コミュニティ開発は実施可能ではないことが明らかになった。したがって、これらの事業の実施前に、さらなる住民との話し合い、水質モニタリング及びそれらを基にした追加の調査検討を行うことを提案する。



## 9. マスタープランの経済評価、優先事業の選定及び実施計画

### 全体計画の経済評価と優先事業の選定

全体計画を構成するそれぞれの計画について経済評価を行った。優先事業の選定は経済評価の結果をベースに経済性の高い事業及び社会的に緊急なニーズが認められるものを中心し選定した。経済評価及び優先事業の選定結果を表 9.1 に示す。

表 9.1 マスタープランの経済評価及び優先事業の選定

代替案	プロジェクト費用 (百万ペソ)	EIRR	選定 結果*	選定理由
<b>構造物対策**</b>				
ブカオ川-(1) 下流域堤防嵩上げ・強化	981 (19.4 百万 US ドル)	15.2%	○	ブカオ川における 3 つの代替案中最も EIRR が大きい
ブカオ川-(2) (1)+中流域床固工	1,710 (33.9 百万 US ドル)	6.7%	×	
ブカオ川-(3) (2)+ サンドポケット	3,301 (65.4 百万 US ドル)	負値	×	
マロマ川 下流域河道拡幅、堤防嵩上げ・強化	1,298 (25.7 百万 US ドル)	負値	×	
サントトーマス川-(1) 中下流域堤防嵩上げ・強化	1,505 (29.8 百万 US ドル)	48.2%	○	高い経済性により
サントトーマス川-(2) (1)+マレラ川流路工	5,473 (108.4 百万 US ドル)	17.1%	×	
サントトーマス川-(3) (1)+マレラ川床固工+サンドポケット	3,556 (70.4 百万 US ドル)	25.5%	×	
<b>非構造物対策</b>				
洪水泥流警報避難システム	115 (2.3 百万 US ドル)	15.1%	○	人命被害軽減に不可欠なため
<b>コミュニティ防災</b>				
再定住地センター改善	35 (0.69 百万 US ドル)	14.6%	△	経済性は低い、社会的ニーズが高い
コミュニティ森林管理プログラム展開	80 (1.6 百万 US ドル)	60.8%	○	高い経済性により
ラハール河川敷農業開発	30 (0.59 百万 US ドル)	12.3%	○	経済性は低い、社会的ニーズが高い
マバナエ湖周辺コミュニティ開発	70 (1.4 百万 US ドル)	N.A.	△	流域全体を対象にした総合的アプローチの重要性により
コミュニティ道路復旧	326 (6.5 百万 US ドル)	1.5%	○	経済性は低い、社会的ニーズが高い
アエタ族支援センター設立	15 (0.3 百万 US ドル)	N.A.	○	少数民族への配慮の重要性により

注\* ○：優先事業として選定された。×：優先事業として選定されなかった。△：マスタープラン時に優先事業として選定されたが、フィージビリティ調査により除外され、今後見直し検討が提案されているもの。

注\*\* : ブカオ川、マロマ川、サントトーマス川のそれぞれに橋梁架替え事業が含まれる。

構造物対策については、サントトーマス川中下流域、及びブカオ川下流域における堤防強化・嵩上げ事業を優先事業として選定した。なおブカオ橋架け替え事業については堤防事業に含めて実施する提案をしたが、サントトーマス川、マクルコル橋については既に公共事業道路省により詳細設計が実施されているため優先事業には含めていない。一方、マロマ川の河道改修事業については現時点では経済性が確保されないため、優先事業からはずした。

一方、非構造物対策及びコミュニティ防災対策については、一部事業に経済性が認められないもののどれも社会的に高いニーズが認められていることと、マスタープランの基本方針で示した流域全体を対象にした総合的アプローチの重要性に鑑み、全ての事業を優先事業として提案した。

しかしながら、コミュニティ防災対策のうち、再定住地センター改善及びマバナエベ湖周辺コミュニティ開発は実施可能ではないことがフィージビリティ調査により明らかになった。したがって、これらの事業の実施前に、再度見直し検討を行うことを提案する。

## マスタープランの実実施計画

全体計画の実実施計画については、1)上流域と下流域、2) 構造物と非構造物、3) 経済開発と貧困削減の各々の観点からの包括的なアプローチが必要であるため、マルチセクターに対応可能な実施機関（PMO）の設立を提案した。しかしながら、現行政府の体制では事業予算の分配及び実施は各セクター省庁に委ねられるため提案した実施体制の早期実現には多くのプロセスを必要とする。したがって提案した実施体制の構築は長期的な課題とし、まずは現行の実施体制をベースにマルチセクターの包括的アプローチに対応可能な体制作りを目指した実施体制を構築することを提案する。具体的な体制については第 11 章に述べる。

全体事業の実実施スケジュールについては、20 年の計画対象期間を 1) 短期開発（6 年、2003-2008）、2) 中期（8 年、2009-2016）、及び長期（6 年、2017-2022）の 3 段階に分けて立案した。実施スケジュールは優先事業選定プロセスと同様に、経済評価結果をベースとし、社会的な緊急性に鑑み計画立案を行った。表 9.2 にマスタープランの実実施スケジュールを示す。

表 9.2 マスタープラン事業実施スケジュール

Planning Scale	SHORT TERM DEVELOPMENT						MID TERM DEVELOPMENT						LONG TERM DEVELOPMENT						REMARKS			
	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18	19	20
	Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		2020	2021	2022
<b>Structural Measures</b>																						
Bucaco River	1) Urgent Dike Repair Works	■																				
	2) Maraunot Notch						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	*Monitoring of Pinaubo Crater Lake is to be continued
	3) Dike Heightening/Strengthening			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	4) Malonboy Consolidation Dam <Review>									■	■											* Depend on further sediment delivery
	5) Sandpocket / Channel works <Review>											■	■	■								* Depend on further sediment delivery
	6) Re-construction of Bucaco Bridge			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Malorna River	1) Urgent Dike Repair Works	■																				
	2) Permanent Channel Works <Review>																	■	■			* Small scale urgent remedial measure is required.
	3) Re-construction of Malorna Bridge <Review>																	■				
Sto. Tomas River	1) Urgent Dike Repair Works	■																				
	2) Dike Heightening (Vega Hill to D/S) including Gabor improvement			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	3) Dike Strengthening (Vega Hill - Mt. Bagang)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	4) Consolidation Dam <Review>																		■	■		* Depend on further sediment delivery
	5) Channel works / Sand Pocket <Review>																			■	■	* Depend on further sediment delivery
	6) Re-construction of Maculcol Bridge		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	*D/D completed by DPWH.
<b>Non-Structural Measures</b>																						
Monitoring / Warning	1) Telemeter / Warning through Cell-phone networks		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Evacuation System	1) Hazard Map Dissemination		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	2) Increase Evacuation Center		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	3) Upgrade Evacuation Center				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	4) Continuous Update Disaster Management Disseminations							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<b>Community Based Disaster Prevention</b>																						
	1) Community Infra. Development for NGO Resettlement Centers		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	* Required continuous discussion with people
	2) Lahar-Agriculture Development								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	3) Rehabilitation of Community Road to Mountain Areas				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	4) Extension of CBFM									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	5) Mapanuepe Lake Basin Development																	■	■	■	■	* water quality monitorin to be continued prior to project imp. location.
	6) Establishment of Aeta Assistance Station				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

- Notes: 1) ■ : Proposed priority projects  
 2) Measures proposed in 2003 are those scheduled to be initiated by GOP.  
 3) □ means the projects for which reviews and/or further studies are recommended based on the monitoring results of sediment, sociological conditions, and so forth  
 4) ■ ■ ■ ■ means the programs for which discussion with people, monitoring of water quality and studies are required.

## 10. 優先事業の概略計画（フィージビリティ・スタディ）

### 10.1 ブカオ川堤防嵩上げ・強化及びブカオ橋架け替え事業

#### 事業概要

ブカオ川流域の構造物対策優先事業として、「下流域堤防嵩上げ・強化事業」及び「ブカオ橋架け替え事業」が選定された。これらの事業は今後 20 年間の下流域における河床上昇を予測し、それに見合った堤防及び橋梁を建設するものである。事業の概要を図 10.1 に示す。

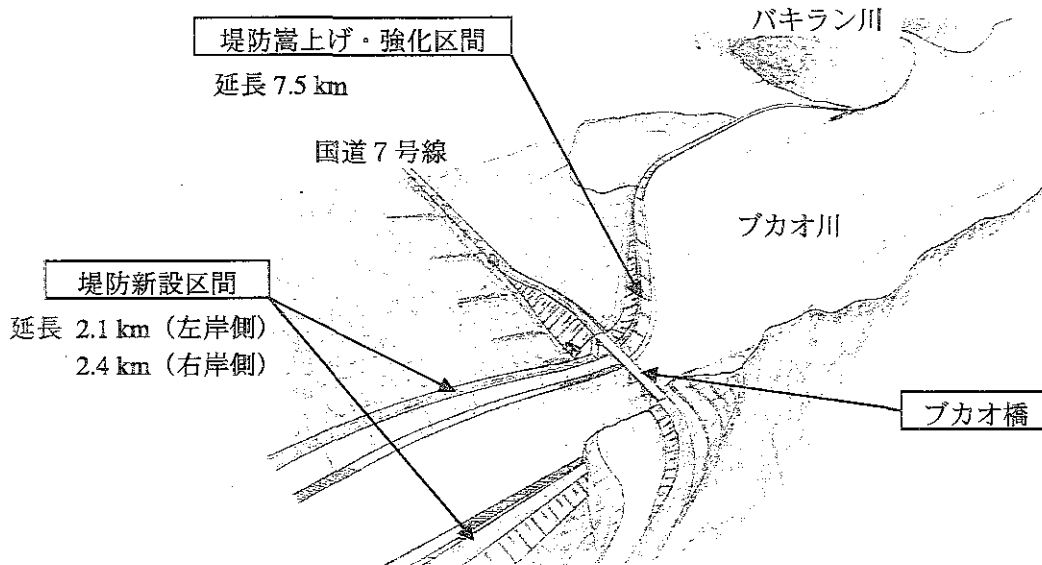


図 10.1 ブカオ川優先事業概要図

#### 計画高水位及び堤防高の設定

対象となる計画洪水規模は、堤防工事に対しては 20 年洪水 ( $3,800\text{m}^3/\text{s}$ )、橋梁に対しては 50 年洪水 ( $4,900\text{m}^3/\text{s}$ ) である。堤防高および橋梁桁下高の設定は図 10.2 に示したプロセスで行った。その結果、堤防においてはブカオ橋下流の 2.35km の区間では堤防高は平均 5.6m (現況河床高より) となり、ブカオ橋より上流の 7.4km の区間の堤防高は平均 7.7m となった。堤防設計縦断を図 10.3 に示すまた橋梁桁下高は、現況河床高よりも 10.55m 高い標高 16.95m に設定した。これは既存橋梁よりも 6.27m 嵩上げすることとなる。

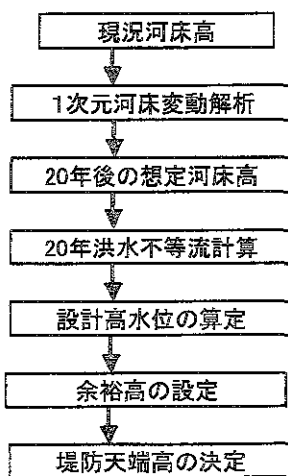


図 10.2 堤防高設定のプロセス

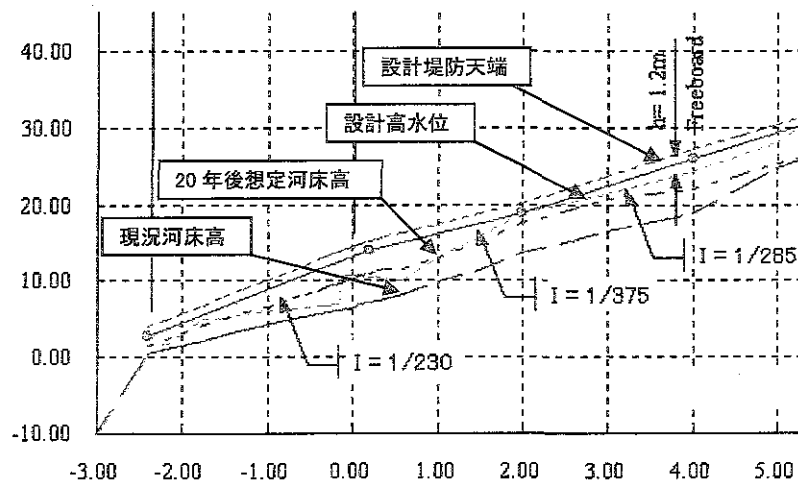


図 10.3 堤防設計縦断面図

## 堤防の概略設計

堤防の主要諸元を表 10.1 に示す。また標準断面を図 10.4 に示す。川裏側法面勾配の設定は、想定河床高（20 年後の予想河床）をベースにした設計洪水水位より、堤内地地盤高を考慮した堤防浸透線より滑りに対して所要の安全度を確保すべく設定した。構造物の設計に際しては DPWH の設計基準に従った。また、材料の性質から液状化は発生しないであろうと推定した。

表 10.1 ブカオ川堤防設計諸元

設計項目	設計概要
堤防天端幅	8m (既存堤防の天端幅と同様とした)
堤防高	ブカオ橋下流平均 5.6m、上流平均 7.7m
川表側法面勾配	H:V = 2.0 : 1 (護岸工あり)
川裏側法面勾配	H:V = 3.5 ~ 4.5 : 1 (護岸工なし)
盛土材料	ラハール材(河床材) 一部山土を利用
川表側護岸工	練り石護岸
川裏側護岸工	山土及び芝張り工
堤防道路	グラベル道路(堤防天端)

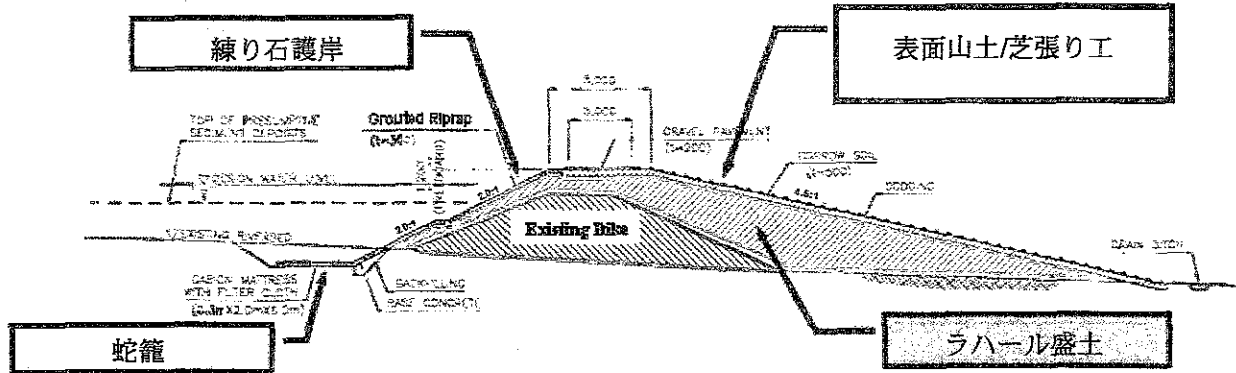


図 10.4 ブカオ川堤防嵩上げ・強化標準断面

堤防断面の代替案検討を土地収用面積を少なくする目的でおこなった。一案として川表側にシートパイルを利用する案が考えられるが工量の点から採用しなかった。

## ブカオ橋の概略設計

ブカオ橋の概略主要諸元を表 10.2 に示す。また既存橋梁との位置関係を図 10.5 に示す。新橋梁のタイプは RC 橋、PC 橋、鋼橋とでコスト比較を行った結果、鋼橋が最も経済的との結論となった。また架け替え位置は、現在位置、下流側、上流側で比較検討を行った。通常、新橋の位置は洪水時の旧橋の影響を避けるべく上流側に架けるのが普通であるが、ブカオ橋の場合、上流側左岸側アクセスの大量の切土が発生すること、また橋長が下流側に比べ約 40m 長くなり、コスト増となるため下流側へ架け替えることとした。

表 10.2 ブカオ橋概略設計諸元

設計項目	設計概要
設計洪水流量	4,900 m <sup>3</sup> /s (50年確率洪水流量)
設計高水位	El.13.50m
現況河床高	El.6.40m
20年後想定河床高	El.10.16m
橋梁桁下標高	El.16.95m
設計速度	50 km/時
橋長	321m
橋梁タイプ	鋼製プレートガーダー
スパン	46m, 50m x 2, 50m, 72m, 53m
橋梁幅	9.54m

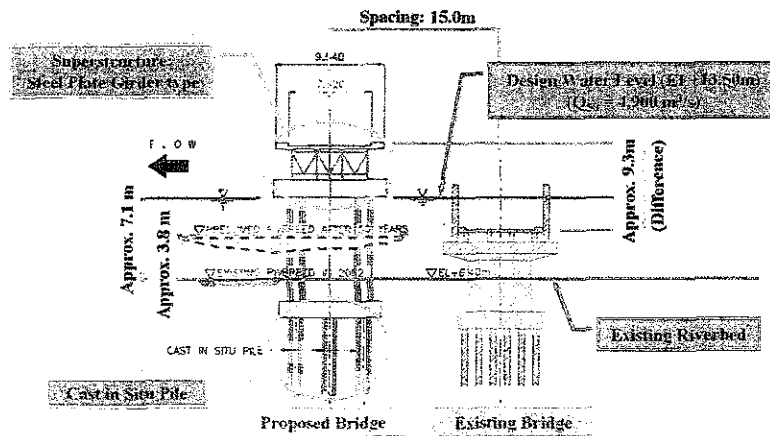


図 10.5 ブカオ橋断面図

## 施工計画

施工計画については、プカオ川堤防工事とプカオ橋架け替え工事それぞれについて立案した。堤防工事のクリティカルワークは盛り土工事であり、約 180 万 m<sup>3</sup>の土工量が見込まれている。これを 3 乾季（のべ 18 ヶ月）で実施する計画となっており、月当たり 10 万 m<sup>3</sup>の盛り土工事の進捗が必要である。これに見合うべく、工事区間を細分化し、平行して工事を進めることが求められる。なお、当調査地域は特に雨季の降雨量が大きいため雨季中の 5 月から 10 月までは工事を行わない計画とした。堤防工事の工期は 35 ヶ月に設定した。

一方、橋梁工事については工事期間を 2 乾季 24 ヶ月と設定した。最初の乾季に下部工を完了させ、次の乾季の上部工の工事を実施するスケジュールとなっている。橋梁工事についても基本的に雨季中は工事を行わない計画とした。

## 事業費

事業費積算は調査地域近隣で実施中の国際入札大規模治水工事の入札価格を参考に、単価設定を行い、それぞれの工事数量を積み上げて費用を算定した。プカオ川堤防工事及びプカオ橋架け替え工事の土木工事費は 1,035 百万ペソと見積もられた。内訳は堤防工事費：691 百万ペソ、橋架け替え費：341 百万ペソ、堤防管理道路：3 百万ペソである。総事業費は 1,678 百万ペソであり、その内訳は表 10.3 に示す。

表 10.3 プカオ川堤防及び橋梁工事総事業費

単位:千ペソ				
番号	項目	内貨	外貨	合計
1	土木工事費	551,281	483,219	1,034,500
2	土地収用・補償費	44,878	0	44,878
3	一般管理費	31,035	0	31,035
4	エンジニアリングサービス費	88,205	77,315	165,520
5	小計	715,399	560,534	1,275,933
6	物価上昇予備費	182,428	67,101	249,529
7	数量調整予備費	89,783	62,763	152,546
8	合計	987,610	690,398	1,678,008

## 事業の経済評価

事業の経済評価は表 10.4 のような前提で行った。

事業便益については、洪水防御によりもたらされる直接的便益及び間接便益のうち換算可能な項目だけに絞って評価した。具体的項目及び見積もった年間便益は表 10.5 の経済評価のまとめに示すものとする。評価の結果 EIRR は 15.7%と算定され、フィリピン国家経済開発庁の開発実施基準である EIRR15%を上回るという結果を得た。

表 10.4 経済評価の条件設定

設定項目	設定内容
評価対象期間	事業完成後30年間とした。
経済費用	財務費用の82.8%とした(土地収用費は見込んでいない)。
初期投資配分	4年間(20%, 30%, 30%, 20%)とした。
維持管理費	事業完成後から毎年財務費用の15%を見込んだ。
年間割引率	15%を適用した。
便益の算定	表10.5参照のこと。
便益の経済費用	市場価格便益の85%とした。
高度化便益	見込んでいない。

表 10.5 経済評価結果のまとめ

項目	単位	結果
総事業費	百万ペソ	1,678
経済費用	百万ペソ	1,182
年間維持管理費	百万ペソ/年	17.74
直接便益(建物、農地、インフラ)	百万ペソ/年	131.63
間接便益		
・橋梁落下による迂回費用	百万ペソ/年	150.28
・Non-agriculture GRDPの損失軽減	百万ペソ/年	0.79
・避難費用の軽減	百万ペソ/年	0.02
・緊急清掃費用の軽減	百万ペソ/年	0.90
年間総便益	百万ペソ/年	283.62
B-C(年間割引率15%)	百万ペソ	35.8
EIRR	%	15.7

## 10.2 サントトーマス川堤防嵩上げ・強化事業

### 事業概要

サントトーマス川流域においても、ブカオ川と同様「中流域の堤防強化及び下流域の堤防嵩上げ・強化事業」が優先計画として選定された。上流域からの生産土砂ならびに2次侵食土砂の供給が依然大きく、たとえ中流域で堆積土砂の扞止を行ってもさらに上流域からの土砂供給が多ければ下流側の河床上昇抑制には効果がない、という結論であった。結果として、既存堤防強化・嵩上げ、新規築堤、そしてガポール川の排水改善が中下流域の優先事業に選定された。中流域における堤防強化地点の鳥瞰図を図 10.6 に示す。

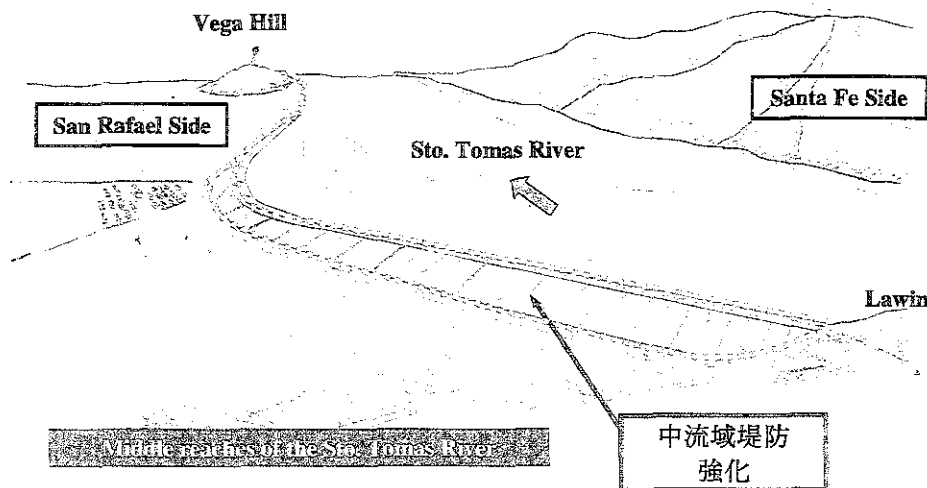


図 10.6 サントトーマス川中流域堤防強化事業の鳥瞰図

### 計画高水位及び堤防高の設定

設計洪水位についてもブカオ川で示した方法と同様に算定した。即ち1次元河床変動解析により20年後の河床高を推定し、想定河床高をベースに水理計算を行うという方法である。各区間における平均堤防嵩上げ高を図 10.7 に示す。

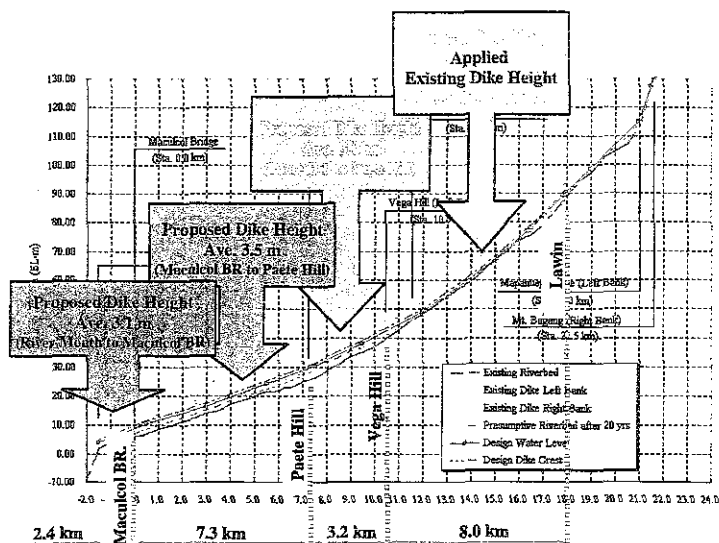


図 10.7 サントトーマス川における設計堤防嵩上げ高

## 下流域堤防嵩上げ・強化事業の概略設計

下流域における工事は堤防の新設、嵩上げ、強化が主なものである。この区間は特に左岸側の堤防は2000年、2002年、2003年と相次いで破堤しており、周辺農地・居住地に被害を与えていることから、早急な対応が求められる。また、雨季中はクリアランスが全くないマコルコル橋についても既にDPWHにより詳細設計が終了していることから、緊急に架け替えることが望ましい。

右岸側マコルコル橋下流におけるガポール川との合流点処理は、本川の河床が著しく上昇し、右支川の排水が不能となり、合流点上流で排水不良による氾濫を抑えるための対策である。この工事についてはワークショップにおいてサンフェリペ町エンジニアより提案があったもので、調査団が現地にてそのニーズを確認したものである。対策としては、もはやサントトマスとの合流はあきらめ、新しく計画中の堤防の堤内地側に沿って排水路を設け、直接海に排水する方法を提案した。

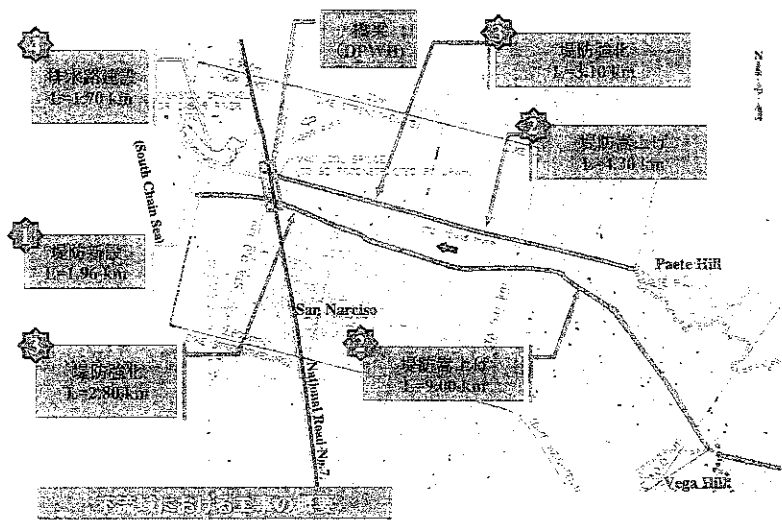


図 10.8 サントトマス川下流域における工事概要

## 中流域堤防強化事業の概略設計

中流域においては著しい天井川地形を形成しているため、特に雨季中は長期に亘り堤防の表裏にかなり大きな水位差が観測される。そのため堤防を浸透する地下水の水圧が高く、浸透水により堤防材料のパイピングによる材料流出が懸念される。川裏側の法面には深く大規模なガリ侵食の後が無数にある。これらは全て地下浸透水の出口となる法面末端で斜面が崩壊し、それを起点に法面上側に侵食が起こる現象である。図 10.9 に河床と堤内地側の標高差をプロットした縦断面図を示す。

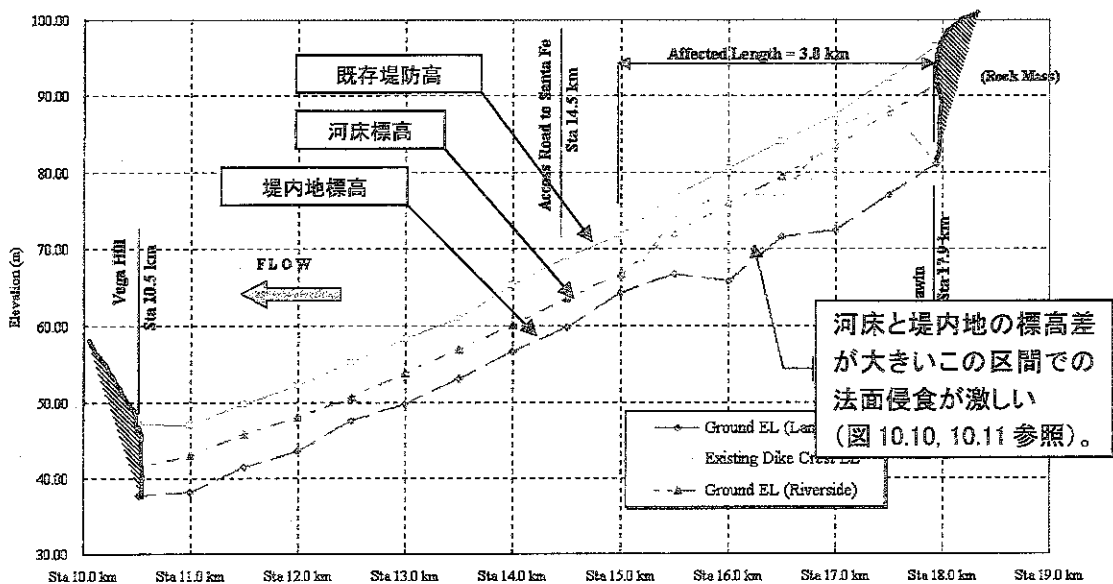


図 10.9 サントトマス川中流域左岸側既存堤防付近での天井川地形縦断面図





図 10.10 Sta.17.0km 地点でのガリ浸食の様子



図 10.11 Sta.17.5km 地点でのガリ浸食の様子

上記に示すように、既存堤防に恒常的に河川より水圧がかかっており、堤防の安定性を脅かしている。地元住民の話では、「雨季には堤防から水が噴き出してくる」という表現をするほどであり、このような地下水のポイリング現象に対する安全策を講ずる緊急性は高いと判断される。

対策として川裏側の法面勾配を既存の H:V=3.0:1 から H:V=4.5:1 ~ 5.0:1 まで緩めて浸透長を延長させる方法を採用した。堤防強化対策の標準断面を図 10.12 に示す。

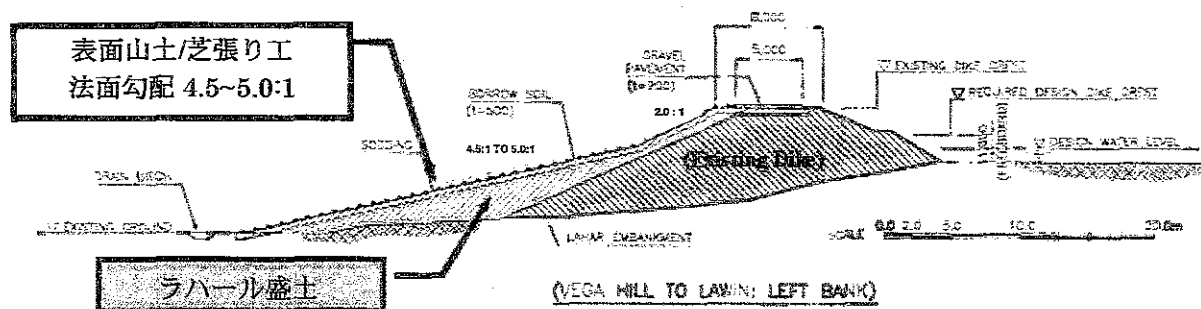


図 10.12 サントトーマス川中流域における既存堤防の強化対策

### 施工計画

サントトーマス川の堤防嵩上げ・強化事業においても、クリティカルとなる工事は盛り土である。土工量もブカオ川の場合とほぼ同じ 180 万 m<sup>3</sup> である。従って工期についても同様の 35 ヶ月とした。雨季中の堤防工事は、その品質の悪化が避けられないため土工事の実施は乾季に限定するスケジュールとした。

### 事業費

工事内容がブカオ川優先事業とほとんど同一のためブカオ川と同じ工事単価を使い、事業費を見積もった。サントトーマス川優先事業の土木工事費は 1,192 百万ペソと見積もられた。総事業費は 1,960 百万ペソであり、その内訳は表 10.6 に示す。

表 10.6 サントトーマス川堤防工事総事業費

単位:千ペソ

番号	項目	内貨	外貨	合計
1	土木工事費	687,044	505,085	1,192,129
2	土地収用・補償費	37,988	0	37,988
3	一般管理費	35,764	0	35,764
4	エンジニアリングサービス費	109,927	80,814	190,741
5	小計	870,723	585,899	1,456,622
6	物価上昇予備費	245,391	79,459	324,850
7	数量調整予備費	111,611	66,536	178,147
8	合計	1,227,725	731,894	1,959,619

## 事業の経済評価

サントトーマス川においてもブカオ川と同様の手法により経済評価を実施した。直接便益及び間接便益も同様に算出した。結果は表 10.7 に示す通りである。

表 10.7 サントトーマス川堤防事業の経済評価結果のまとめ

項目	単位	結果
総事業費	百万ペソ	1,960
経済費用(*)	百万ペソ	1,624
年間維持管理費	百万ペソ/年	24.4
直接便益(建物、農地、インフラ)	百万ペソ/年	479.43
間接便益		
・橋梁落下による迂回費用	百万ペソ/年	185.56
・Non-agriculture GRDPの損失軽減	百万ペソ/年	2.6
・避難費用の軽減	百万ペソ/年	0.1
・緊急清掃費用の軽減	百万ペソ/年	1.40
年間総便益	百万ペソ/年	660.09
B-C(年間割引率15%)	百万ペソ	815.4
EIRR	%	26.3

注(\*) マクルコル橋建設経済費用を含む

## 段階開発の可能性

サントトーマス川の堤防工事はブカオ川と異なり、複数の氾濫ブロックにより構成されている。これは、サントトーマス川の場合、全ての区間に同時に手をつけずとも、それぞれの氾濫ブロック毎の比較検討を行い、優先順位を決定すれば段階的开发をすることも可能となる。上記に鑑み、各氾濫ブロックの経済評価を実施し比較検討するものとする。なお、3つの氾濫ブロックの位置は、第5章の図 5.3 に示す通りである。

氾濫解析結果は以下に示す通りである。

表 10.8 サントトーマス川段階開発比較検討

確率年	中流域左岸			下流域左岸			下流域右岸		
	氾濫面積 (ha)	浸水家屋数 (Nos)	浸水農地 (ha)	氾濫面積 (ha)	浸水家屋数 (Nos)	浸水農地 (ha)	氾濫面積 (ha)	浸水家屋数 (Nos)	浸水農地 (ha)
2年	2,570	2,973	1,610	1,200	765	805	870	295	395
5年	3,140	3,974	1,908	1,456	968	979	1,087	505	500
10年	3,490	4,555	2,100	1,599	1,082	1,076	1,196	589	549
20年	3,840	5,103	2,312	1,756	1,251	1,181	1,277	658	582
30年	4,060	5,348	2,445	1,842	1,350	1,239	1,336	736	602
50年	4,330	5,744	2,598	1,952	1,490	1,308	1,407	811	626
100年	4,660	6,258	2,805	2,081	1,634	1,391	1,497	974	655

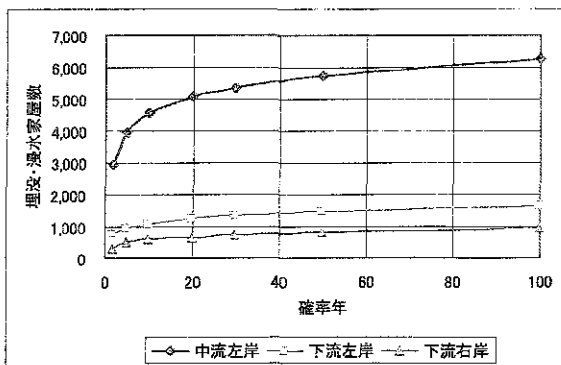


図 10.13 サントトーマス段階開発案被害家屋曲線

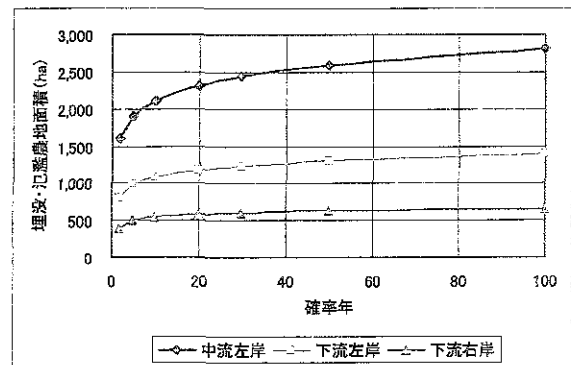


図 10.14 サントトーマス段階開発案被害農地曲線

上記より裨益効果の観点からは、中流左岸における堤防事業が最も高いことが伺える。これらの便益データより、経済評価を実施すると結果は、表 10.9 に示す通りとなる。

表 10.9 段階開発経済評価比較結果

項目	単位	中流左岸側	下流左岸側	下流右岸側
総事業費	百万ペソ	334	730	651
経済費用(*)	百万ペソ	273.94	598.66	533.95
年間維持管理費	百万ペソ/年	4.1	9.3	8.3
直接便益(建物、農地、インフラ)	百万ペソ/年	446.18	117.21	79.4
間接便益(*)	百万ペソ/年	20	10	5
年間総便益	百万ペソ/年	466.18	127.21	84.4
B-C(年間割引率15%)	百万ペソ	1520	-5	-112
EIRR	%	67.7	14.9	10.9

注: (\*) 落橋に対する迂回費用は含まれていない。また、橋の建設費用も含まれていない。

上記の比較検討の結果、サントトーマス川堤防工事を各氾濫ブロックに分割した場合、中流左岸の堤防強化事業が最も経済性が高いことが明らかになった。これは左岸に広がる氾濫域の大部分が中流左岸ブロックに含まれ、氾濫域内に多くの人口と資産を有するためである。一方、中流左岸の堤防は著しい天井川地形により、その安全性が大いに懸念される場所である。費用対効果の割合も EIRR=67.7% と格段に高い値を示している。

一方、下流左右岸とも経済性は 15% を下回るという結果が出た。しかしながらこれらの評価にはマクルコル橋の架け替え効果の便益を含んでおらず、マクルコル橋架け替えと統合した評価を行えば、これら下流開発案も経済性が高まると思われる。

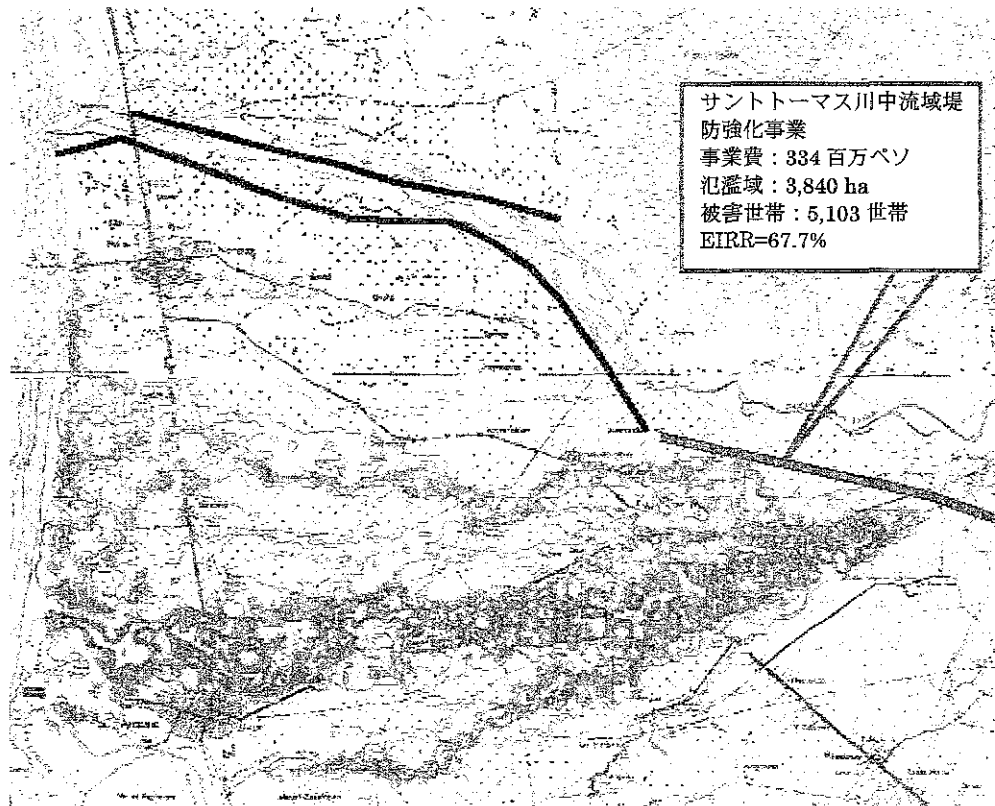


図 10.15 サントトーマス川中流域左岸堤防優先開発事業の氾濫域

### 10.3 洪水/泥流警報・避難システム

#### 事業概要

警報避難システム全体計画においては、地方政府の主導で事業実施をすることを基本に、初期投資が安価で維持管理可能なシステムの提案を試みた。その結果、誰でもアクセス可能で初期投資が少ない携帯電話網を使ったシステムを優先事業として提案した。提案された警報システムを図 10.16 に示す。また避難システムについては既存システムをベースにすぐに機能させるべくハザードマップを作り、後は地方の予算に応じて全体計画に示した避難所整備を行うことを提言した。

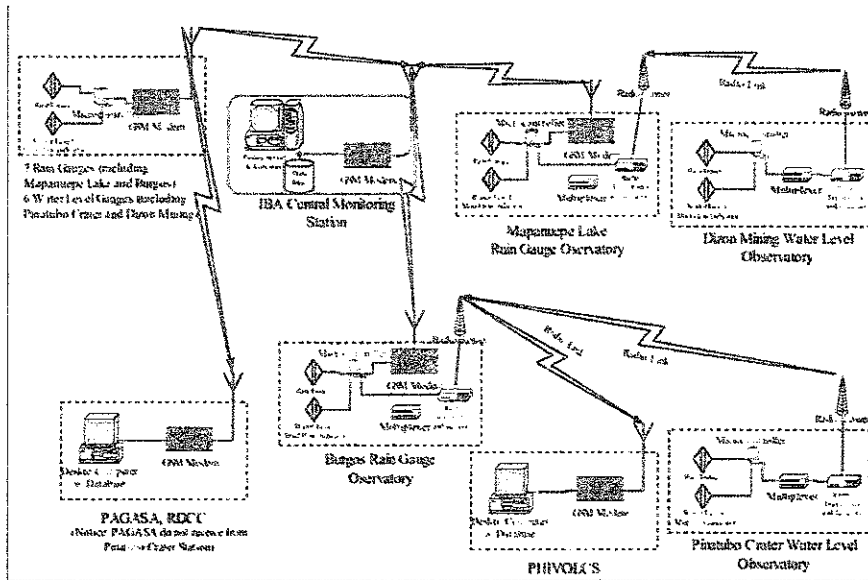


図 10.16 提案警報システム

#### 警報システムの詳細調査

携帯電話網を利用したテレメーター警報システムであるため、対象地域内の携帯電話通信可能地域の調査を実施した。警報システムを図 10.17 に示した。警報避難システムの対象地域は主として人口の多い沿岸及び対象 3 河川の河川沿いである。一方、水文観測地点においては、提案した 7 カ所の雨量観測所、6 カ所の水位観測所のうち、ピナツボ火口湖とディソンダムサイトにおいて携帯電話網が使用不能であることが明らかとなった。これら 2 つの観測所は警報避難システムの信頼性を確保する上で欠かせない観測所であることから、専用無線を設置し、近傍の観測所（ピナツボ火口湖からブルゴス村観測所、ディソンダムからマバナエペ湖観測所）へ送信し、そこから携帯電話ネットワークを通じて、イバのセンターへ情報を送るシステムとした。

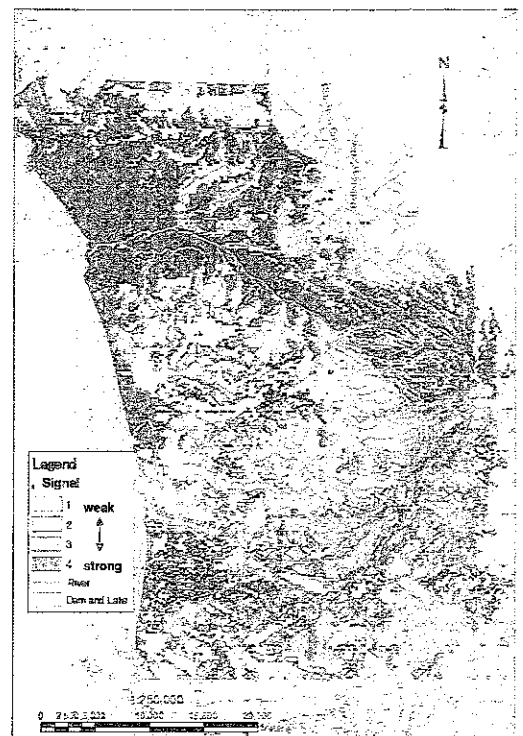


図 10.17 調査対象地域における携帯電話受信可能地域

## 避難システムの効果的利用を図るハザードマップ

避難システムについては全体計画で今後の避難所の改善、拡充計画について示した。しかしながら追加で必要な避難所は合計で 60 施設にものぼり、これらを全て新設した場合、総開発費用は 14 億ペソとなる。このようなシステム開発案は、年間総開発予算が 62 百万ペソで災害準備予算が年間 18 百万ペソのサンバレス州では実現は難しいと考えられる。

そのため避難所の拡充については、新設地点付近の公共建物、あるいは比較的容量の大きい私有建物を避難所として登録する努力を続け、出来るだけマスタープランに近づける努力を続けつつ、既存避難所を利用した効率的な避難行動を実現するために、ハザードマップを作成し、これを一般住民に広報、啓蒙することを提案する。

ハザードマップには避難所の位置と浸水深さ、及び避難の際に通ると危険な地点（例えば洪水が頻発する河川の橋梁など）を示し、住民がその地図のルートに従って避難がスムーズに出来るような情報を盛り込んでいる。図 10.18 にサンプルとしてサントトーマス下流右岸側のサンフェリペ町のハザードマップを示す。なお、本調査において対象地域全域をカバーするハザードマップを作成し、メインレポートの図 9.3.5 から図 9.3.9 に示してある。

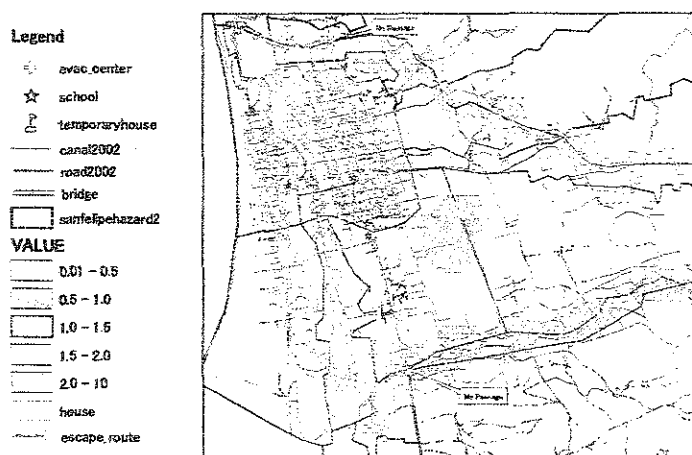


図 10.18 サンフェリペ町ハザードマップ(サントトーマス右岸下流)例

## 事業費積算と段階的開発

事業費について、GSM テレメーター警報システムは 82 百万ペソ、避難システム（新規避難所建設なし）は初期投資なしと算定された。

GSM テレメーター警報システムは初期投資が 82 百万ペソとサンバレス州年間災害準備資金の 4 倍以上にもなり、何らかの資金協力なしでの実現は難しいと判断される。一方、警報システムの信頼性向上のためにはデータの蓄積が重要であり、この作業は必ずしも GSM システムがなくとも既存水文観測所の記録を継続的にモニタリングし、データの蓄積を行うことで、将来の警報基準策定が期待出来る。従って、GSM システムが導入されるまでは、既存水文観測所データのモニタリング及び蓄積を行い、なおかつ既存警報システムとして認知されているウォッチポイントへの人員の派遣とトランシーバーによる情報伝達、なおかつディソングダム管理事務所との連携を強化し、ダムに関する安全情報を電話等で交信することで、既存警報システムの活性化が図れるであろう。

## 事業実施のための組織調整

サンバレス州災害調整委員会（PDCC）が事業実施に対して責任を持つべきであり、新システムは既存の泥流モニタリング警報システムに基づくべきである。現在、第三開発地域の市民防衛局（OCD）が泥流モニタリングを管轄している。しかしながら、近年泥流はほとんど起こっておらず危機的な状況ではないと判断されているために、市民防衛局による泥流モニタリング活動は行われていない。州災害調整委員会は、OCD、PAGASA、PHIVOLCS、DPWH による技術支援の下、既存の監視施設を利用して事業を実施に移すことを提案する。

避難システムに関しては、現在、PDCC、MDCC、BDCC が運用責任を負っている。OCD の技術支援の下、MDCC・BDCC と協力して PDCC が既存の避難システムを改善すべきである。システム改善のためには、ハザードマップの公開がまず必要である。

## 10.4 テクテク再定住地統合及びコミュニティインフラ整備事業

---

### 事業概要

マスタープランにおいて、調査対象地域内で特に整備状況が悪いと判断された、1) バンタイカルメン、2) ラレック及び 3) テクテクの3つの NGO 再定住地の統合及び整備事業が優先事業として提案された。3地区のうち、テクテク再定住地が最も広く、しかも土地所有権の問題もないことから、統合先として最適であると判断し、テクテク再定住地への統合及びインフラ整備のための調査を実施した。

### 詳細現地調査

再定住地住民の統合・開発に関する意見聴取を行うべく、対象3再定住地の全世帯（207世帯）に聞き込みを行った。有効回答数は105でそのうちの90%の住民が統合・移転に強く反対した。主な反対の理由は以下の通りであった。

- ・自分の現在居住している地域を統合先とするならよいが、それ以外は反対、
- ・テクテク地区には利用可能な農地がない、
- ・家族と共に暮らしたい、テクテクには生計手段がなく、大人は外へでないと稼げない、
- ・現在の居住地（バンタイカルメン）は国道沿いでアクセスもよいためここを離れたくない、
- ・現居住地で既に家を作り生計手段を開発した、問題は土地の所有権だけ。

現地調査の結果では、現状の生活環境に必ずしも満足している訳ではないが、生計手段（特に農地）が確保されない限り、ほかの土地に移住する意志のない住民がほとんどであった。一方、バンタイカルメン及びラレックの両移転地は、土地所有者と移住者との間で問題があり、今後移転地として継続的に利用出来るのかどうか、極めて微妙な状況である。

### フィージビリティの検討

本優先事業については、対象となる地元住民のほとんどから同意を得られなかった。このことより本事業を推進することは困難であり、優先事業よりはまずこととした。一方、1) バンタイカルメン及び2) ラレックの移転住民は、今後の居住権に関して LGU や土地所有者と十分に話し合いを行う必要がある。

## 10.5 コミュニティ森林管理事業

### 事業概要

コミュニティ森林管理プログラム (CBFM) は、環境天然資源省(DENR)により全国的に実施されている、コミュニティが主体となって森林管理を行う主旨のプログラムである。"Peoples first and sustainable forestry will follow"のスローガンの通り、地元住民が森林資源の恩恵に預かることが、よりよい森林管理を可能とするというものである。本調査におけるコミュニティ防災においても、山岳地域住民の生計手段の開発と上流域の安定化は防災上重要な項目であるため、優先事業として選定された。

### 優先開発地域の選定

CBFM の優先開発地域は次のようなプロセスで選定した。

- 1) 調査対象地域内の 124 のバラングイの貧困ランキングより、下位のバラングイを優先させて優先地区として選定する。これは、コミュニティ防災事業を通じて貧困緩和に貢献するという目的に基づいたものである。
- 2) 選定されたバラングイの森林地域を対象に、傾斜が 30%未満の土地を優先開発地域として選定する。これは山岳コミュニティ住民の生計手段の開発のために、植林のみならずアグロフォレストリー及び斜面農業を平行して実施するためである。CBFM のガイドラインでは CBFM エリアの 20%まではアグロフォレストリー及び斜面農業用に開発することが許されている。

上記の選定基準により図 10.19 に示した 14 のバラングイの合計 22,044ha を CBFM の優先地域として選定した。

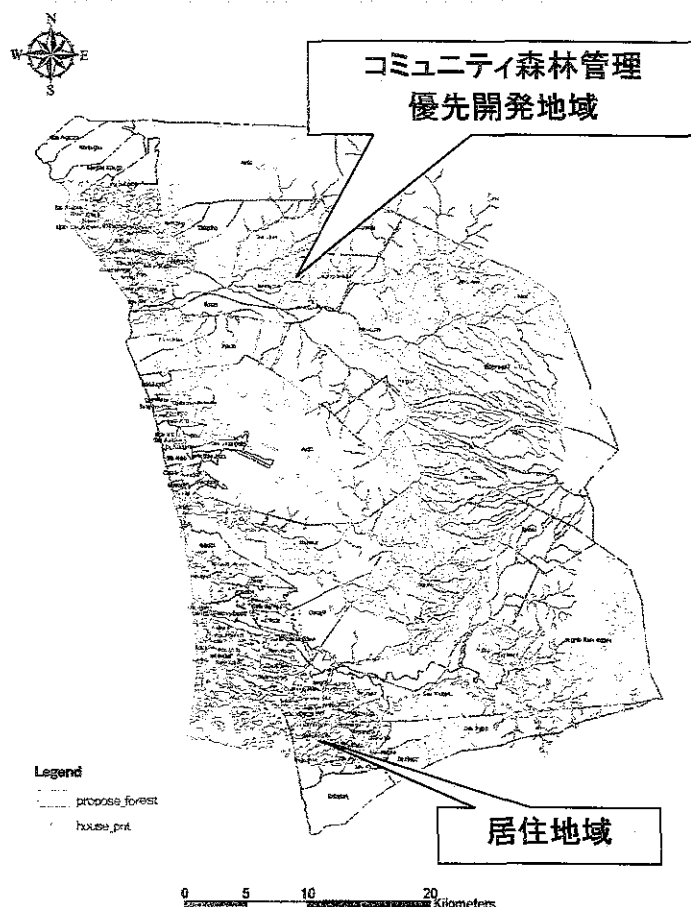


図 10.19 コミュニティ森林管理優先地域(緑色の地域)

### 開発費用

ヘクタール当たりの土地開発コストは、JBIC の資金協力で DENR が実施中の森林セクタープロジェクトで算定したものを利用した。表 10.10 にそれを利用して積算した本調査優先地域における開発コストを示す。開発費用は 755 百万ペソと見積もられた。

表 10.10 CBFM 優先事業開発コスト

番号	CBFM の構成要素	開発費用 (1,000 ペソ)
1	植林費	576,895
2	一般管理費	17,307
3	エンジニアリングサービス費用	92,303
	小計	686,505
4	予備費	68,651
合計		755,156

## 事業効果の検討

森林管理による便益は森林資源の利用に止まらず、例えば洪水ピーク流量の低減、低水流量の増大、二酸化炭素の削減、燃料の確保、土壌の保全など多岐に渡るが、本調査では次の3つの便益のみを考慮した。

- ・木材売却による便益：森林セクタープロジェクトより P119,144/ha を採用。植林後 10 年後に伐採し、さらに継続的植林のための追加費用を見込む、
- ・アグロフォレストリー生産物売却による便益：マンゴー (P188,721/ha/年)、カシュー (P31,793/ha)、とうもろこし (P36,226/ha) をそれぞれ 40%, 30%, 30% を作付けすると仮定した (便益単価は森林セクタープロジェクトより引用)。
- ・生産土砂抑制便益：各流域の植林面積より算定、植林により生産土砂量が現在の半分になると仮定した。生産土砂軽減効果はプカオ川流域で 661,576 m<sup>3</sup>/年、サントトーマス川流域で 390,339 m<sup>3</sup>/年と見積もり、年間便益は全体で 46 百万ペソ/年とした。ただし、便益は植林 10 年後より発生すると仮定した。

## 事業の貧困削減効果の検討

貧困に関連する 15 の指標を統計処理し、数値化した貧困指標の数値が CBFM を実施することでどの程度改善されるかを対象のバラングイ毎に再計算を行った。15 の貧困指標のうち、CBFM の導入で農地面積が増大するため、各バラングイにおいてある程度貧困インディケーターが改善される。その結果を図 10.20 に示す。

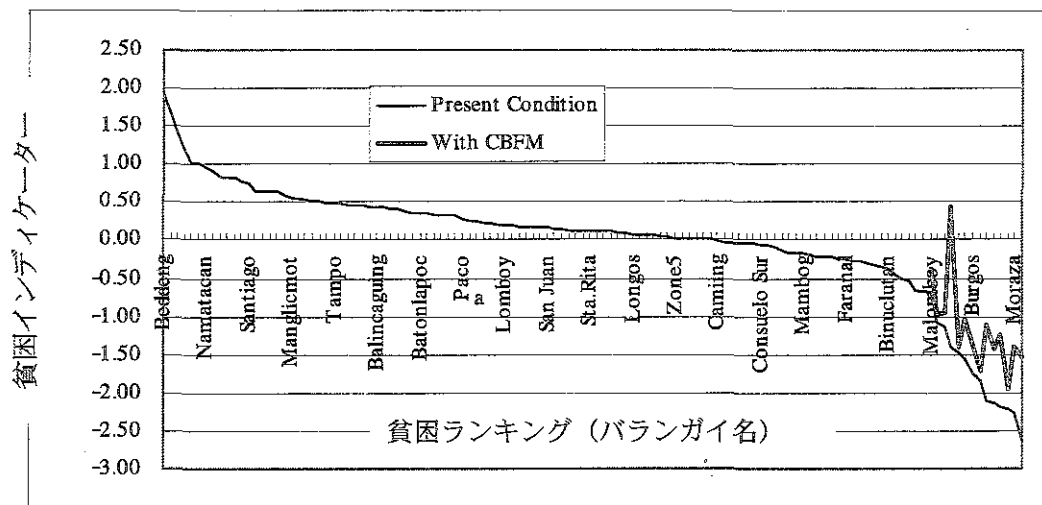


図 10.20 CBFM実施による貧困緩和効果の測定

上記に示すように、貧困インディケーターの低いバラングイを対象地域に選定しているため、地域全体としてボトムアップが図られているという結果になっている。ただし、貧困インディケーターを決める要素の選定は難しく、この結果に縛られるべきではない。参考情報として示すものとする。

## 事業評価

経済評価の結果、優先事業の IRR は 21.5% と算定され、本優先事業は経済的にもフィージブルであるとの結論となった。しかしながら優先事業のコストは 755 百万ペソに及び、地元サンバレス州の年間開発予算の 9 年以上となり、財務的には実施困難と考えられる。したがって、とりあえずは優先地域の 10% に相当する 2,200ha をパイロット事業として実施し、実証を積んだ後に、国や海外政府機関、民間融資機関などに資金融資を申請するのが適当と考えられる。