

第2章 要請内容の確認

2.1 要請の経緯

2001年台風 Nanang 災害：対象地域であるカミギン島は、ミンダナオ島北部のカガヤン・デ・オロの北約70kmにある人口約7.4万人、面積約290km²の火山島で、農業及び漁業を主要産業としている。2001年11月ミンダナオ北部を通過した台風 Nanang は記録的な豪雨をもたらした。この豪雨により、島の多くの山地斜面が崩壊し土石流や鉄砲水を引き起こした。この災害による死者・行方不明者は約250名、さらに、インフラ、家屋、農業施設の被害総額は約5億円に上った。

在外基礎調査：2001年災害の直後、州政府は災害再発防止のための技術協力をJICAへ要請した。要請を受け、JICAは「カミギン島防災復興基礎調査(在外基礎調査)」を2003年に実施し、主に、防災・復旧計画およびその行動計画の策定を行った。防災・復旧計画では島内の28河川流域を対象に災害リスクを評価し、最も危険度の高いAA-河川として、バイラオ川、トゥブサン川、フバンゴン川、ポントド川の4河川を指定した。さらに、防災行動計画では、AA-河川のうち、フバンゴン川とポントド川が緊急施設対策河川に選定され、ポントド川の2基の砂防ダムと2001年災害で破損したフバンゴン川橋梁の改築が提案された。行動計画では併せて全島を対象に非施設的な対策(ソフト対策)を早急に実施するよう勧告がなされた。

在外基礎調査フェーズ2：在外基礎調査の勧告を受け、JICAはフェーズ-2調査として、「非施設的な対策のための防災基礎調査(在外基礎調査-2)」を2004/2005年に実施した。在外基礎調査-2で策定された非施設的な防災計画に基づき、州、町、村の各レベルにおける災害調整委員会(PDCC, MDCC, BDCC)が整備され、避難訓練も実施された。また、学校のカリキュラムの中にも防災教育や訓練が取り入れられるなど、ソフト対策は着実に根を下ろし始めている。

無償資金協力の要請：このようにカミギン島ではJICAの技術的支援を受け非施設的な対策(ソフト対策)による防災体制の強化を図ってきている。今般、ソフト対策では対応できない必要最小限の施設的な対策(ハード対策)として、在外基礎調査の行動計画で施設的な対策として提案している砂防ダムの建設と橋梁の改築を我が国へ要請してきた。

要請内容：要請書では砂防ダム(2基)の建設および橋梁(1橋)の改築を要請しており、これらの基礎施設を導入することにより、カミギン州の社会経済状況が下記の通り改善されると期待している。

- 1) 地域の主たる動脈である道路の安全性と信頼性を向上。
- 2) 砂防施設によって保全された土地の有効利用。
- 3) 災害発生地域の生活条件の改善。
- 4) 農業を基盤とする経済及び観光の改善。

これらの事業は、カミギン島の土石流及び洪水被災地住民の貧困を緩和し、さらにカミギン島の生活水準を改善し、持続的な経済成長を確保するという全体目標に貢献するものとしている。

2.2 要請の背景

公共事業道路省(DPWH)によると、カミギン島で防災事業が求められている背景には、下記のようなカミギン島の防災上の課題がある。

- 1) **2001 年台風で死者 250 人余に及ぶ未曾有の災害を経験**：カミギン島は 2001 年の台風 Nanang により、未曾有の災害に見舞われた。原因は相次いで発生した土石流、鉄砲水によるもので、全島で250人の死者・行方不明者を出した。中でもマヒノグでは224人の死者・行方不明者を出している。そのほとんどは、ポントド川とフバンゴン川の間に位置するカパゴン村がポントド川の土石流によって壊滅されたことによるものである。ミンダナオ北部の台風通過は頻度的にまれで、幸い近年大災害に見舞われていないが、フバンゴン川とポントド川流域では、その後ほとんど防災工事が実施されておらず、大きな台風が周辺を通過する事態が発生すれば、再び大災害に見舞われる可能性が高い。再発防止の対策が待たれている。カミギン島は観光開発等の高い開発ポテンシャルを持っており、近年観光客の来訪が増加傾向にあるが、観光等の開発の前提として、防災が不可欠である。
- 2) **ソフト対策を補完する施設対策の実施**：カミギン島では 2001 年災害後、JICA の支援で防災計画とその行動計画が策定され、ソフト対策を中心に防災体制が整備されつつある。これを補完するための施設の対策の実施が求められている。ソフト対策は、災害時の「被災する資産量」を少なくし、被害の程度を軽減しようとする努力である。しかし、土石流や鉄砲水は偶発性が高く、しかも対象流域(フバンゴン川およびポントド川)はいずれも流域面積が小さく急峻なため、土石流の被災地への到達が早い。避難などのソフト対策に費やせる時間と手段におのずと限度がある。また、2001 年災害では公共土木施設の被害が大きかったが、避難移動のできないこれら施設にはソフト対策の効果はほとんど期待できない。砂防ダム等の施設の対策を実施して、土石流の破壊力を低減させると共に、土石流到達の遅延をはかり、ソフト対策の実施をより確実にすることが望まれる。
- 3) **他の類似河川の防災モデル**：「フィ」国は火山を多く持つ島国で、地震、火山噴火、台風等に起因する多様な自然災害に見舞われている。この観点から、「フィ」国政府は中期開発計画においても防災分野へ高い優先度を与えている。防災が地域開発、貧困削減の欠かせない要素になっているからである。しかし、防災予算の確保が難しく、中小河川流域の対策にまでなかなか手を付けられずにいるのが現状である。このような状況下で、被災地住民が、自衛の立場から人命損失回避を含む防災活動にソフト対策を以って取組み、政府が必要最小限の施設の支援を実施するというカミギン島の防災モデルを、DPWH 関係者は、同国の類似河川へも適用できる対策として、その実施を期待している。カミギン州知事も、同島が多くの観光資源と多様な災害を併せ持ち、しかも島の規模が小さくまとまっていることから、開発と防災の“ショーケース”にしたいと、本案件の実現に強い期待を寄せている。

2.3 サイト状況と問題点

2.3.1 防災の現状と課題

(1) カミギン島の自然社会条件

地形と地質:カミギン島は火山活動により形成された長径 37km、短径 14km のほぼ楕円形の島である。大略北西から南東へ島の中央を走る長径に沿って、Mt. Vulcan (約 500m)、Mt. Hibok-Hibok (約 1240m)、Mt. Mambajao (約 1600m)、Mt. Butay (約 680m)、Guinsiliban Peak (約 580m)などの火山が存在し、平地は海岸付近の小さな河口部平野があるにすぎない。火山活動を成因とするため、ほぼ全島が火山堆積物で覆われ、硫黄泉や地熱噴出孔が存する。

気候と降雨:カミギン島はコロナ気候分類のタイプ IV に属し、年平均気温は 23.6℃である。カミギン島唯一の Hibok-Hibok 観測所の降雨記録によると、平均年雨量は 2984mm で、10 月から翌年 2 月までの 5 ヶ月間の降雨量が比較的多いが、年間を通じて明確な乾期はない。

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
平均(mm)	398	307	167	117	119	197	204	165	262	291	408	349	2,984
最大(mm)	842	773	349	337	293	383	294	392	510	471	1530	722	1,530
最小(mm)	197	38	1	2	5	49	83	24	67	102	98	101	1

台風:地理的にフィリピンは多くの台風の来襲を受けるが、その多くはルソン島とビサヤス北部地域で、カミギン島のあるミンダナオ北部やミンダナオ南部への来襲は稀である。1990 年以降、ビサヤス、ミンダナオ地域で人災を生じた台風は下記のとおりで、いずれも 10 月から 12 月の期間に来襲している。

台風・サイクロン名	来襲地域	来襲時期
Ruping	ビサヤス中部	1990 年 11 月 10-14 日
Uring	ビサヤス中部	1991 年 11 月 02-06 日
Puring	ビサヤスおよびミンダナオ	1993 年 12 月 24-29 日
Pepang	ビサヤス中部	1995 年 10 月 26-30 日
Nanang	ビサヤス中部およびミンダナオ	2001 年 11 月 06-10 日

社会経済:カミギン州は 1968 年に Region-X の中の新しい州として発足した。カミギン島の産業は圧倒的に農業・漁業で、これに観光産業が進展しつつある状況である。カミギン島は人口 74,000 人であるが、同島を訪れる観光客はフィリピン人を中心に、2000 年に約 195,000 人、2005 年には約 241,000 人と報告されている。行政的に州都のマンバハオ、マヒノグ、カタルマン、サガイ、およびギンシリバンの 5 町で構成されており、2000 年センサスによると町毎の人口、世帯数下記のとおりである。

町	マンバハオ	マヒノグ	カタルマン	サガイ	ギンシリバン	合計
人口(人)	30,806	12,592	5,092	10,356	15,386	74,232
世帯数	5,978	2,488	1,066	2,058	3,236	14,826

(2) 台風 Nanang (2001 年) による被災状況

2001年11月台風Nanangの接近により、カミギン島では、5日から8日にかけて総雨量695mmを記録した(同島唯一のヒボックヒボック観測所記録)。中でも7日には日雨量517mmを記録した。

日付	11月5日	11月6日	11月7日	11月8日	11月9日
日雨量(mm/d)	3	56	517	124	0

カミギン島では6日深夜の22時ころから7日4時ころにかけて、相次いで土石流、鉄砲水の災害が発生した。この災害により、全島で250人の死者・行方不明者を出した。中でもマヒノグでは224人の死者・行方不明者を出している。そのほとんどは、ポントド川とフバンゴン川の間位置するカパゴン村がポントド川の土石流によって壊滅されたことによるものである(図-2.3.1 参照)。さらに、インフラ、家屋、農業施設の被害総額は約5億円に上った。これは約500人の犠牲者を出した1951年のHibok-Hibok火山の噴火以来最大の災害であった。



図-2.3.1 土石流災害の実態

この災害によるカミギン州の被害状況を次表に取りまとめる。

町		マンバハオ	マヒノグ	カタルマン	サガイ	ギンシリバン	合計
被災家族数		3,041	849	864	145	0	4,899
死者	死者(人)	7	154	4	1	0	166
	行方不明(人)	9	70	3	2	0	84
	負傷者(人)	32	73	40	1	0	146
家屋 損壊	全壊(戸)	69	213	40	3	0	325
	半壊(戸)	45	250	70	4	0	369
	被害額(千ペソ)	2,407	8,265	1,725	120	0	12,518
公共 施設 被害	道路(km)	64.40	2.44	2.50	3.46	0	72.80
	橋梁(橋)	2	1	0	2	0	5
	被害額(千ペソ)	26,867	1,013	833	1,553	0	25,267
農作 物	面積(ha)	150.38	186.61	93.30	49.12	35.50	514.91
	被害額(千ペソ)	4,510	31,241	2,911	1,666	1,493	41,821

(出典：2003年在外基礎調査報告書)

(3) JICA 在外基礎調査の概要

在外基礎調査：2001年災害の直後、公共事業道路省の Region-X 事務所がカミギン防災マスタープランの策定を要請し、州政府は災害再発防止のための技術協力を JICA へ要請した。要請を受け、JICA は「カミギン島防災復興基礎調査(在外基礎調査)」を 2003 年に実施した。在外基礎調査は 2003 年 6 月に開始し、同年 12 月に完了したが、その調査内容は次の通りである。

- 1) 資料収集および測量・調査
- 2) 航空写真図化、地上測量および地質調査
- 3) 洪水土砂調査
- 4) 防災・復旧計画の策定
- 5) 防災行動計画の策定

災害リスク評価：防災・復旧計画では島内の主要 28 河川流域(図-2.3.2 参照)に対して州政府関係者および住民への聞き取り調査、ならびに現場での地形・地質調査を実施し、その結果に基づき各河川のハザードマップ(1/50,000)を作成した。さらに、防災対策の観点から河川流域毎の災害リスクを評価した。災害リスクは①土石流発生の危険性(比土砂生産量)、②災害危険地の社会経済状況(人口および重要施設数)、および③台風 Nanang 時の被災状況(死者数および損壊建物数)の多寡によって評価した。結果は次のとおりである(表-2.3.1 参照)。

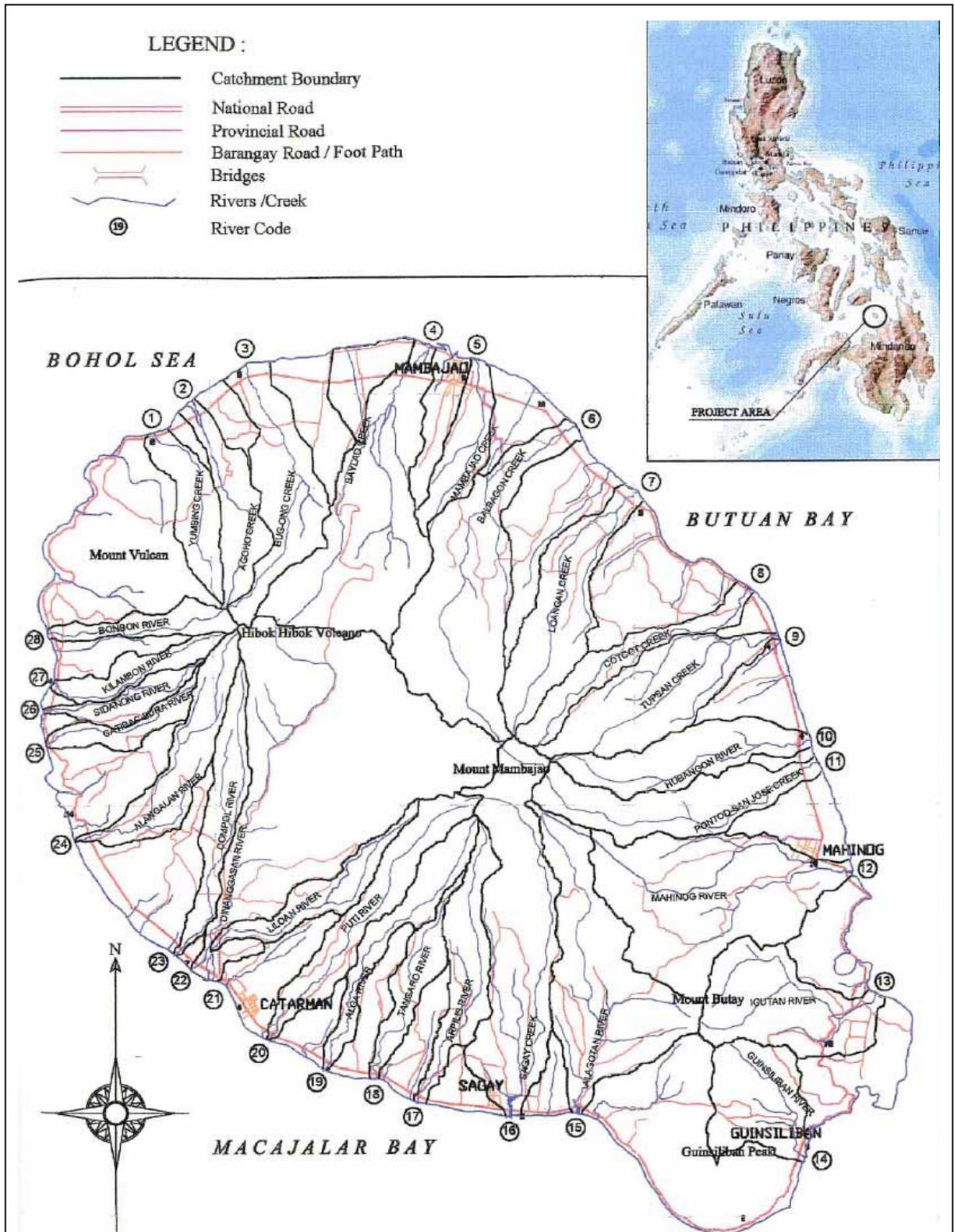


图-2.3.2 カミギン島主要 28 河川流域位置

表-2.3.1 カミギン島主要 28 河川のリスク評価

河川 番号	土石流の可能性		被災地の社会条件			台風 Nanang の被害			総合 評価
	Sm	評価	Po	Fa	評価	Ca	Ho	評価	
1	1,408	L	10	3	H	0	6	M	B
2	22,795	M	15	3	H	0	4	M	B
3	11,803	M	0	1	M	0	0	L	B
4	117,568	H	180	16	H	1	34	H	AA
5	645	L	193	3	H	2	22	M	B
6	14,515	M	43	7	H	0	6	M	B
7	21,397	M	19	2	M	0	0	L	B
8	18,534	M	7	3	H	0	0	L	B
9	54,132	H	13	4	H	22	48	H	AA
10	81,704	H	10	3	H	194	165	H	AA
11	84,714	H	906	2	H	19	249	H	AA
12	12,922	M	549	4	H	0	38	H	A
13	4,837	L	11	7	H	0	0	L	B
14	4,966	L	787	2	H	0	0	L	B
15	9,119	L	11	1	M	3	7	M	B
16	18,018	M	990	5	H	0	0	L	B
17	37,917	H	10	3	H	0	0	L	B
18	14,353	M	2	1	M	0	0	L	B
19	17,854	M	173	2	H	0	36	H	A
20	11,569	M	7	2	M	0	10	M	B
21	28,017	M	3	0	L	6	16	M	B
22	48,082	H	124	4	H	1	13	M	A
23	25,428	M	219	2	H	0	24	M	B
24	21,883	M	46	1	M	0	1	M	B
25	14,699	M	128	0	H	0	10	M	B
26	29,760	M	3	0	L	0	0	L	C
27	17,914	M	110	0	H	0	0	L	B
28	16,406	M	4	0	L	0	0	L	C

注：「評価項目」および「総合評価」に関する記号については下記評価基準表参照 (出典：2003 年在外基礎調査)
流域番号：図-2.3.2 参照

評価の基準(1)

評価項目	H：高い	M：中位	L：低い
土石流発生の可能性： Sm：比移動可能土砂量 (M ³ /km ²)	Sm ≥ 30,000	Between H & L	10,000 > Sm
被災地の社会状況： Po：人口(人) Fa：重要施設数	Po ≥ 100 or Fa ≥ 3	Between H & L	Po > 10 and Fa = 0
台風 Nanang の被害 Ca：死者・行方不明者数(人) Ho：被災家屋数	Ca ≥ 10 or Ho ≥ 30	Between H & L	Ca = 0 and Ho = 0

総合評価の基準(2)

評価	リスク	リスクの構成数
AA	非常に高い	H=3
A	高い	H=2 and M=1
B	中位	H=2 and L=1, or M=2 and L=1 H=1 and M=2 or M=1 and L=1, or H=1 and L=2
C	低い	L=3, or L=2 and M=1

- 1) AA-河川(土石流および鉄砲水の被害を受ける危険性が最も高く、緊急に施設の、非施設の対策が必要な河川)：4河川(④バイラオ川、⑨トゥプサン川、⑩フバンゴン川、⑪ポントド川)
- 2) A-河川(土砂を伴った鉄砲水の被害を受ける可能性が高く、施設の、非施設の対策を組み合わせる必要がある河川)：3河川(⑫マヒノグ川、⑬アルガ川、⑭ディナンガサン川)
- 3) B-河川(土砂を伴った鉄砲水の被害を受ける可能性があるが、被害はあまり大きくないと思われ、一部施設の対策を伴う非施設の対策を推奨する河川)：19河川
- 4) C-河川(保全対象も土砂生産量もほとんどなく、今後河川流域の変化、特に土砂の活動をモニターすることを推奨する河川)：2河川

防災行動計画：防災・復旧計画に基づき、さらに防災行動計画が策定された。行動計画の中で AA-河川のうち、2001 年災害で人命損失を伴う土石流被害が最も大きく、今後も人命損傷を伴う災害の予想されるフバンゴン川とポントド川が緊急施設対策河川に選定された。施設の対策としては、ポントド川の 2 基の砂防ダムと 2001 年災害で破損したフバンゴン川の橋梁改築が提案された。

(4) 非施設の対策の進展と課題

非施設の防災計画の策定：2003 年に実施された在外基礎調査では施設の対策と併せて全島を対象に非施設の対策(ソフト対策)を早急に実施するよう勧告している。これを受け JICA はフェーズ-2 調査として、「非施設の対策のための防災基礎調査(在外基礎調査-2)」を 2004 年から 2005 年にわたり実施した。在外基礎調査-2 の主な調査内容は次のとおりである。

- 1) 危険地域の線引き
- 2) 雨量計の設置と観測の指導：雨量計は、平易な観測法を用意し、少なくとも各町に設置する。
- 3) 警報基準の設定：簡潔で地域住民が理解しやすいものにする。
- 4) 防災マニュアルの作成：既存の計画やマニュアルは災害後の活動を中心にしたものである。
- 5) 防災訓練プログラムの実施：この訓練は洪水危険地図、雨量計、警報システムについて確認するばかりで無く、参加者に災害に対する事前の備えの重要性を啓発するものでもある。

非施設の防災計画の実施：非施設の防災計画に基づき、州、町、村の各レベルにおける災害調整委員会(PDCC, MDCC, BDCC)が整備され(図-2.3.3 参照)、避難訓練も実施された。また、学校のカリキュラムの中にも防災教育や訓練が取り入れられるなど、ソフト対策は着実に根を下ろし始めている。2006 年 7 月にはソフト対策の発表を行い、国家災害調整委員会(NDCC)から表彰を受けたとのことである。

一方、2005 年の JICA 事業終了以降、避難訓練等の被災地住民を動員した防災活動・訓練が実施されていないことが懸念される。被災地住民の一人々が災害時に取るべき行動を体得すると共に、災害時の備えを怠ることの無いよう、地域住民を動員した防災活動・訓練を定期的かつ継続的に実施してゆく必要がある。災害からの時間経過と共にソフト対策が形骸化することの無いよう、PDCC がこの面で指導的役割を果たすことが期待される。

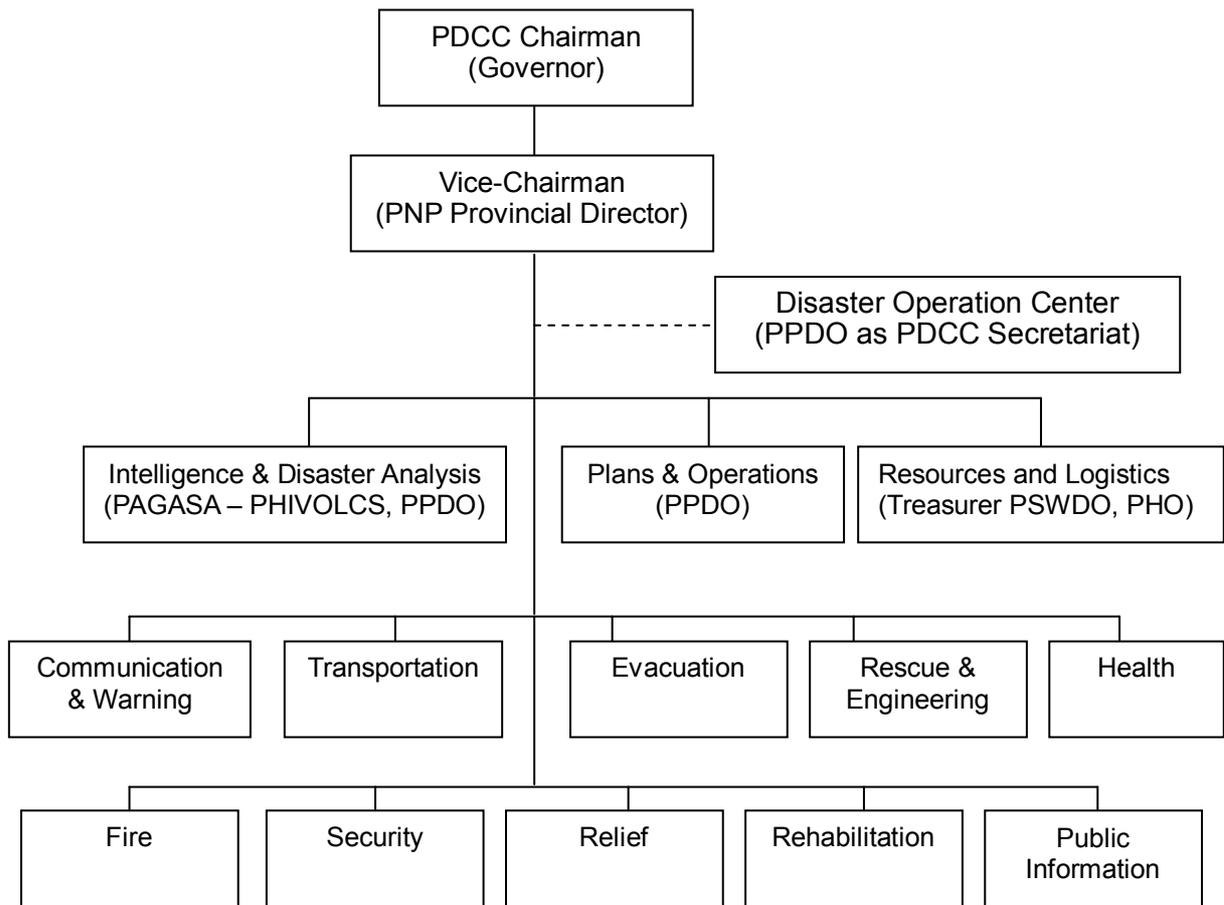


図-2.3.3 州災害調整委員会 (PDCC) の組織構成

施設の対策の必要性：災害の程度が「自然の破壊力」と「被災対象資産量」の大きさによって決まるとするならば、ソフト対策は、災害時の「被災対象資産量」を少なくし、被害の程度を軽減しようとする努力である。しかし、土石流や鉄砲水は偶発性が高く、しかも保全対象のフバンゴン川およびポントド川はいずれも流域面積が小さく(5～6km²程度)急峻なため、土石流の被災地への到達が早い。ソフト対策に費やせる時間と対策法方法におのずと限度がある。また、2001年災害では公共土木施設の被害が大きかったが、避難移動のできないこれら施設にはソフト対策の効果はほとんど期待できない。砂防ダム等の施設の対策を実施して、土石流の量と頻度を減らしその勢力を殺ぐことにより破壊力の低下を図ると共に、土石流到達の遅延をはかり、ソフト対策の実施をより確実にすることが望まれる。

(5) フバンゴン地区防災の課題

フバンゴン地区を流れるフバンゴン川とポントド川は、同島の他の河川同様、通常は下流部の一部区間を除き、表流水のほとんどない河川であるが、豪雨が連続すると増水し土石流や洪水となって流下する。この地区は土石流と洪水氾濫という2つの防災上の課題を抱えている。

航空写真を注意深く観察すると、ポントド川は洪水時に幾筋もの流路を通過してフバンゴン川へ流入していることがわかる(図-2.3.1参照)。2001年の災害では、ポントド川の土石流と洪水がフバンゴン川

へ向けて流下し、この流路上にあったカパゴン集落を直撃し壊滅した。ポントド川に沿いの巨礫の堆積がカパゴン集落に達しており、巨礫を伴った土石流が集落を直撃したことを物語っている。

一方、ポントド川とフバンゴン川に挟まれた国道付近一帯では洪水が氾濫する。ポントド川が、国道を横断する地点には、ボックスカルバート(4.0m幅 x 2.5m 高 x 2 連)が設けられているが、ポントド川の流域規模に比して通水断面が小さい。しかも、洪水時にこのカルバートは流木やその他の浮流物でほとんど閉塞してしまうとのことである。そのため、排水先を失ったポントド川洪水が周辺地域に氾濫していると考えられる。

以下、フバンゴン地区の防災上の課題である土石流と洪水の対策について、その取り組み方針を述べる。

(6) 土石流対策

フバンゴン川の山地部からの出口には河道の屈曲部と滝がある。この屈曲と滝が自然の砂防効果を発揮し、上流の河道および河岸斜面の安定に寄与し、下流部の土石流災害の軽減に貢献していると思われる。図-2.3.3 は 1/50,000 地形図に基づいて作成したポントド川(5.96km²)とフバンゴン川(4.82km²)の縦断図である。もし、この屈曲と滝が無かったならば、フバンゴン川はポントド川のような縦断勾配で上流山地へ侵食が進行し、下流部へ多くの土砂を流出していたと推測される。

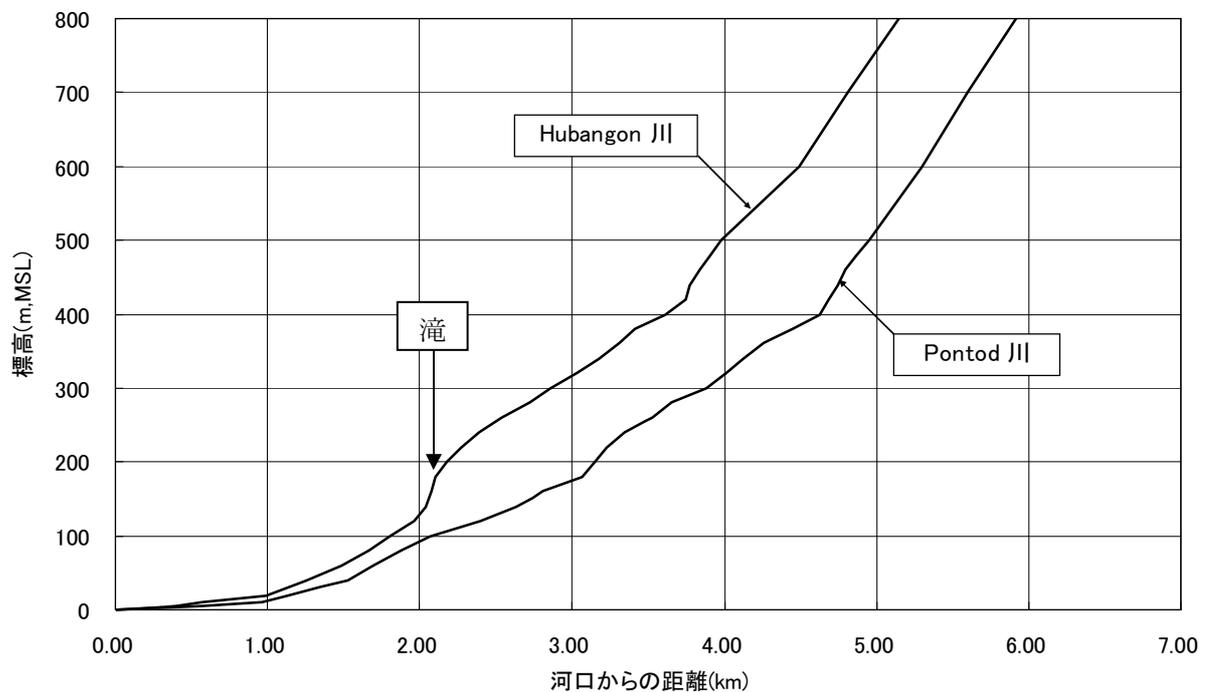


図-2.3.3 ポントド川とフバンゴン川の縦断図比較

さらに、両川の航空写真からも、ポントド川がフバンゴン川に比べ溪床の裸地幅が広く、土砂流出の活発な川であることがわかる(図-2 参照)。ポントド川は崩壊しやすい山地流域を擁し、中下流部河道

にも大量の巨大転石や河岸堆積物がある。連続豪雨によりこれらが土石流となって下流のフバンゴン集落や国道(カミギン島周回道)のフバンゴン橋を襲い、人命損傷や島の交通に重大な支障をもたらすことが予想される。2001 年のような大災害の再発を防止するため、ポントド川に早急に土石流対策を講じる必要がある。

ポントド川の土石流対策については、協力要請事業であるので、2.4 節で詳述する。

(7) 洪水対策

現状の排水系統: ポントド川およびフバンゴン川の通常流量はきわめて小さく、ポントド川はボックスカルバートで、フバンゴン川はフバンゴン橋で国道を横断して、それぞれに海へ注いでいる。しかし、台風などによる豪雨で洪水が発生すると、ポントド川洪水はフバンゴン村の西(山側)を直進してフバンゴン川の洪水と共にフバンゴン橋を通過して海へ排水される。台風 Nanang 災害時にもポントド川洪水はこの流路を取った(図-2.3.1 参照)。

ポントド川の現状水路は小さく、国道の横断施設も小規模(4.0m幅 x 2.5m 高 x 2 連)である。一方、フバンゴン橋梁はポントド川より僅かに小さなフバンゴン川流域の橋梁であるにもかかわらず、大きな通水断面(橋長 35.6m)を持っている。これらの事実は、現フバンゴン橋がフバンゴン川とポントド川の洪水流下を前提に建設されていることを示している。

計画高水流量: ポントド川とフバンゴン川の洪水対策の基礎となる計画高水流量を、①フバンゴン川、②ポントド川、および③両川統合後の3ケースについて推算した。計画高水流量の規模は、フィリピンにおける計画実績から判断し、ポントド川とフバンゴン川程度の河川流域の場合、せいぜい 25 年確率あるいはそれ以下と判断されるので、25 年確率を仮定した。一方、橋梁の安全上からはさらに高い安全度が求められ、在外基礎調査における安全度を採用し、50 年確率流量を想定した。計算は合理式により、ミンダナオ地域における確率降雨強度式を用いておこなった(表-2.3.2 参照)。各ケースの計算結果は下記のとおりである。

検討ケース	流域面積	河川計画(25年確率)	橋梁計画(50年確率)
①フバンゴン川	4.82km ²	67 m ³ /s	73 m ³ /s
②ポントド川	5.96km ²	77 m ³ /s	83 m ³ /s
③両川統合後	10.78km ²	139 m ³ /s	150 m ³ /s

上記の計画流量をミンダナオ地域およびビサヤス地域の標準的な確率比流量と比較・照査した。ミンダナオ地域の計画流量は一般に他地域より小さいと言われているが、上記結果は、ビサヤス地域の標準値と比べても、それより大きな値になっており、上記計画流量は概ね妥当な計画値と判断される。

表-2.3.2 計画高水流量と所要川幅の試算

項目	単位	フバンゴン川	ポントド川	両川統合後
流域面積 (A)	km ²	4.82	5.96	10.78
河川延長 (L)	km	6.64	8.60	8.60
平均流域勾配 (Ib)	deg.	2.16	5.50	5.50
Ib=H/L		0.0377	0.0962	0.0962
1/Ib		26.5	10.4	10.4
流速 (v:Kraven's)	m/sec	3.5	3.5	3.5
流入時間 (ti:仮定)	min	30.0	30.0	30.0
流達時間 (tf=L/v・(1000/60))	min	31.6	41.0	41.0
到達時間 (tc=ti+tf)	min	61.6	71.0	71.0
降雨強度 (Ri) *1 25年確率	mm/hr	83.3	77.1	77.1
50年確率	mm/hr	90.0	83.4	83.4
流出係数 (c:仮定)		0.60	0.60	0.60
計画高水流量(Q) 25年確率	m ³ /sec	66.9	76.5	138.5
50年確率	m ³ /sec	72.3	82.8	149.8
比流量(Q ₅₀ /A)	m ³ /s/km ²	15.0	13.9	13.9
標準比流量 (ミンタナオ)*2	m ³ /s/km ²	11.4	11.1	9.9
標準比流量 (ビサヤス)*2	m ³ /s/km ²	14.1	12.7	12.7

【備考】

*1: 降雨強度式/カガヤン・デ・オロ (出典:技術基準・ガイドライン/FCSEC)

$Ri = a / (t^n + b)^m$ Ri:降雨強度(mm/hr)、t:降雨継続時間(min)、a, b, n, m-値:下表参照

*2: フィリピン標準比流量 (出典:技術基準・ガイドライン/FCSEC)

$qi = c \cdot A^{0.048} (A - 1)$ qi:確率比流量 (m³/s/km²)、A:流域面積(km²)、c-値:下表参照

確率(年)	降雨強度式関連定数・指数				標準比流量 c-値		
	a	b	n	m	ルソン	ビサヤス	ミンタナオ
2	1734	19.13	1	0.81	15.66	6.12	8.02
5	2359	9.97	0.80	1	17.48	7.77	9.15
10	2290	8.19	0.76	1	18.91	9.36	10.06
25	2254	6.80	0.73	1	21.51	11.81	11.60
50	2216	5.96	0.71	1	23.83	14.52	12.80
100	2185	5.31	0.69	1	25.37	17.47	14.00

将来のポントド川排水方式：ポントド川とフバンゴン川に挟まれた国道付近一帯の洪水氾濫は、主にポントド川の国道を横断するボックスカルバートとその導水路の流下能力不足が原因と考えられる。この氾濫問題を解決するポントド川の排水方式として、①独立排水案(ポントド川洪水をポントド川改修により独立して排水する案)と②統合排水案(ポントド川洪水をフバンゴン川洪水と統合してフバンゴン川で排水する案)が考えられる。両案の概要とその得失を表-2.3.3 に取りまとめた。

表 - 2.3.3 ポントド川排水方式

項目	独立排水案	統合排水案
排水案の概要		
概要	ポントド川洪水をポントド川改修により独立して排水する案	ポントド川洪水をフバンゴン川洪水と統合してフバンゴン川で排水する案
各案の得失	<ul style="list-style-type: none"> ①台風 Nanang で被災したカパゴン地区を防護でき、施設の簡潔で理解しやすい案である。 ②河道線形が右へ湾曲することになり、直進性の強い土石流が湾曲部で堆積し河道維持が困難になる恐れがある。 ③ポントド川下流部は椰子林と集落の間を流れており、ここへ土石流および泥流を誘導することになり、防災上の新たな問題を生じかねない。 	<ul style="list-style-type: none"> ①従来の洪水流路に沿った法線で、河川地形的に最も自然で合理的な排水案である。 ②計画を上回る大規模洪水・土石流の流出があった場合でも、両川合流部付近の低平地が、堆積地として機能し、集落への被害を軽減できる。 ③保全すべきカパゴン地区を水路化するため、住民の意思確認が必要。

上表から、独立排水案は台風 Nanang で被災したカパゴン地区を防護できるという利点はあるが、土石流・泥流が流入する水路としては線形的に問題がある。また、改修されたポントド川は土石流および泥流を椰子林および集落のある地域へ誘導することになり、防災上の新たな問題を生じかねない。カパゴン地区は防護できるが下流にある集落や椰子林を超過洪水の危機にさらすことになる。一方、統合排水案は、水路こそ整備されていないが現状の洪水時排水系統に沿う案で、河川地形的に最も自然で合理的な案である。計画を上回る大規模洪水・土石流の流出があった場合でも、両川合流部付近の低平地が堆積地として機能し集落への被害を軽減できるなど、超過洪水への備えもある。

以上の考察から、統合排水案が将来的にこの地域にとってより有益な対策であることがわかる。今後、この統合排水方式をフバンゴン村排水対策の基本方針として、DPWH-DEO およびカミギン州が排水施設を整備して行くよう提言する。

所要河道幅の試算：検討対象河川の河川測量成果が無いので、1/50,000 地形図から推定した河川勾配を用い、水深 1.50m を仮定して、マンニング式により所要河道幅の試算を試算した。計算で用いる粗度係数については、①平常時の現河状からは $n = 0.035 \sim 0.040$ 程度と判断されること、②土石

流対策指針(旧建設省)では自然河川における土石流の粗度を $n = 0.060$ (後続流)をとるよう推奨していること、さらに③対象河川の国道橋梁付近まで土石流が到達することは無いとしても泥流が流下することは考慮すべきであること、などを勘案して $n = 0.050$ を仮定した。

項目	単位	フバンゴン川	ポントド川	両川統合後
計画高水流量(Q_{25})	25年確率	66.9	76.5	138.5
	50年確率	72.3	82.8	149.8
水路勾配 (1/1)		100	90	100
水深 (H: 仮定)	m	1.500	1.500	1.500
粗度係数 (n: 仮定)		0.050	0.050	0.050
所要川幅*1 (B)	25年確率	17.0	18.4	35.3
	50年確率	18.4	20.0	38.1

【備考】 *1: 所要川幅: $B=n \cdot Q / (H^{5/3} \cdot I^{1/2})$

上記の所要河道幅は、大胆な仮定に基づき試算したものであるから、今後の測量成果等に基づき再確認すべきであるが、現橋梁(橋長 35.6m)は河川統合後の計画流量に対しても、概ね必要な流下能力を有し、架けかえ橋梁でも現橋長より短縮しない限り洪水流下能力上の問題は無いと判断される。

なお、仮にポントド川をフバンゴン川と切り離し独立して排水する(独立排水案)とすると、所要川幅は 18.4m と試算され、川幅を現河道の 2 倍程度に拡幅し、国道を横断する橋梁は 20.0m の川幅に対応する橋長にしなければならないことになる。

(8) DPWH-DEO の取組み

DPWH のカミギン地方技術事務所(DEO)では、フバンゴン川とポントド川下流部の河川改修事業に Congressman Fund (10 million ペソ)が割り当てられ、2008年1月下旬から工事を開始しているが、河川事業の基本となる対策の計画方針や安全度の設定が不明瞭である。しかし、下記の事業内容から考え、これらの事業は今後の無償資金協力事業の方向に影響を与えるものではなく、無償資金協力事業と一体になって防災効果を高めるものと判断される。主な事業内容は次の通りである。

- 1) ポントド川トレーニングダイク: 延長 340 m (うち本年度: 340 m; ポントド川土石流のフバンゴン川への流入を食い止める堤防)
- 2) ポントド川右岸トレーニングダイク: 延長 160 m (うち本年度: 80 m)
- 3) フバンゴン川左岸トレーニングダイク: 延長 160 m (うち本年度: 80 m)
- 4) フバンゴン川掘削: 延長 1,015 m

また、ポントド川橋梁についても、既存のボックスカルバートでは通水断面が不足することから、橋長 12m の橋梁を計画している。しかし、今のところ予算化の目処は立っていない。(7)項で述べた統合排水案では、既存カルバートはそのまま地域の排水施設として使用が可能である。

なお、Congressman Fund とは、国会議員の裁量で使用が認められている国費で、今期(2007/08 年度)は議員一人当たり 200 million ペソとのことである。カミギン州には 1 名の国会議員(現州知事の父親)がいる。

2.3.2 道路の現状と課題

(1) 道路施設の現状

カミギン島の道路は国道、州道、村道、市内道の4つの道路種別からなっている。同島内の海岸線を1周する環状道路(Camiguin Circumferential Road)だけがカミギン島の国道であり、島内を横断するような他の幹線道路はほとんどなく、環状道路のみが幹線道路として独立して機能している。すなわち、環状道路のみが島の経済活動、住民の生活活動を支える主要道路となっているため、いっそう環状道路は同島にとって重要な役割を果たしている。

環状道路は延長 64.085km、全線が 2 車線道路で 100%コンクリート舗装によって敷設されており、2001 年 11 月における大型台風直撃による道路被害の改修はほとんど完了したものと思われ、線形もよく走行性・安全性も良好な現状である。しかし一部の区間においては、斜面安定工事が実施中であり、その工事に伴って時間による交通遮断などの規制が行われている。

こうした一方、国道以外の州道、村道では一部コンクリート舗装が施されているが、砂利道または土道の未舗装も多く、カミギン島全体が火山島からなっているため、急勾配や急カーブなどの線形も悪く、走行性は著しく劣っている。州道はほとんど 2 車線道路となっているが、村道では1車線道路が多い。

島内には町が管轄する道路として市内道がある。同島では 5 つの町があり、町は北から時計周りにマンバハオ、マヒノグ、ギンシリバン、サガイ、カタルマンとなっており、市内道は 100%コンクリート舗装、2 車線道路となっている。

表-2.3.4 にカミギン島における道路の延長距離及び道路表層状態を示し、図-2.3.5 にカミギン島の道路網図を示す。ただし、村道、市内道の明確な図面が入手できなかったため道路網図には記載していない。また、図-2.3.6 には DPWH の Design Standards に基づく各道路種別毎の道路横断構成図を示し、さらに図-2.3.7 にはカミギン島の道路種別の現場写真を掲載する。

表-2.3.4 カミギン島の道路網の現状

道路表層状態	国道		州道		村道		市内道		合計	
	延長距離 (km)	%	延長距離 (km)	%	延長距離 (km)	%	延長距離 (km)	%	延長距離 (km)	%
コンクリート舗装	64.08	100	49.68	47	32.06	20	23.87	100	169.69	48
未舗装	0	0	55.57	53	128.25	80	0	0	183.82	52
合計	64.08	100	105.25	100	160.31	100	23.87	100	353.51	100

(出典: DPWH カミギン技術事務所及びカミギン州政府)

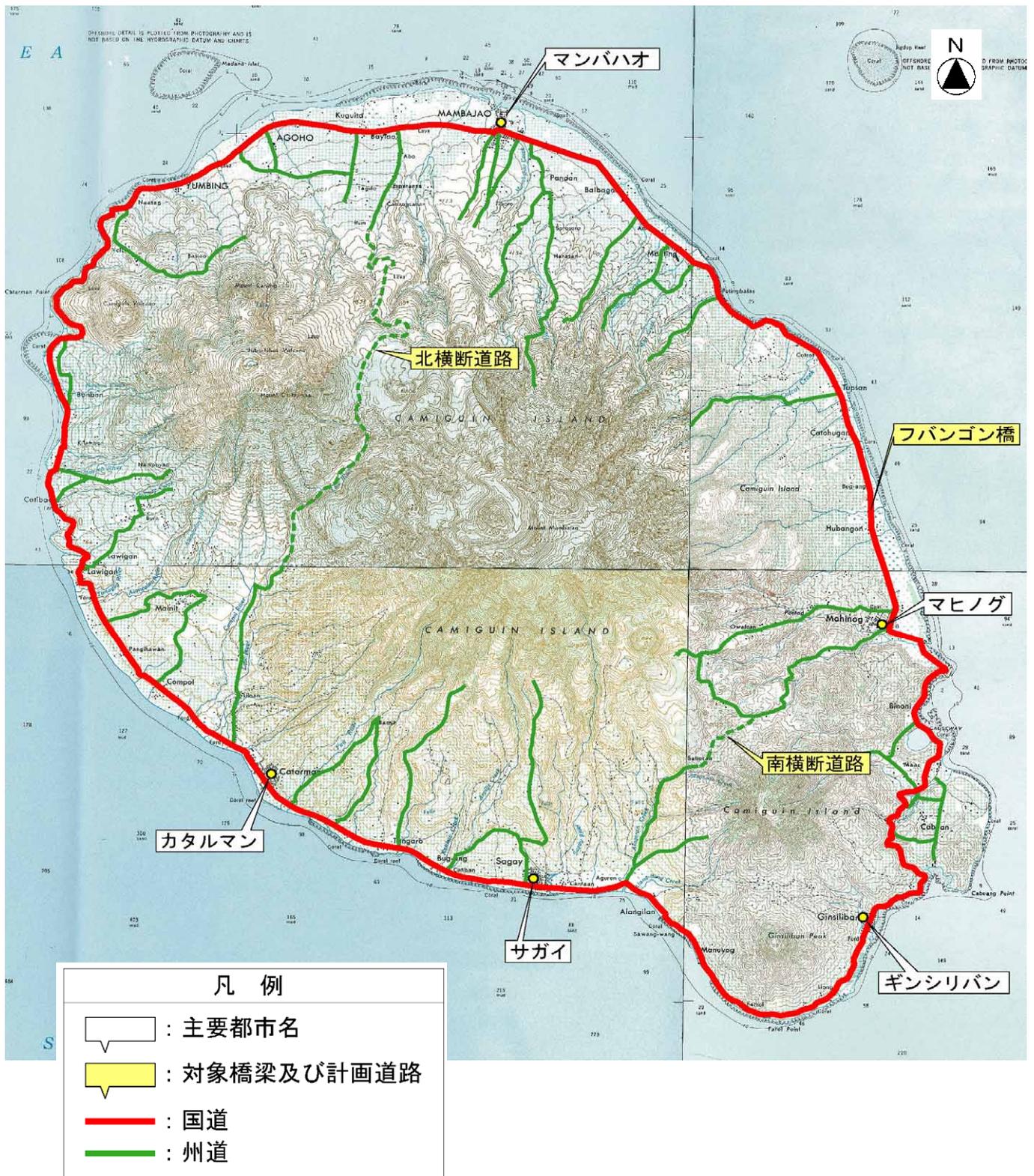
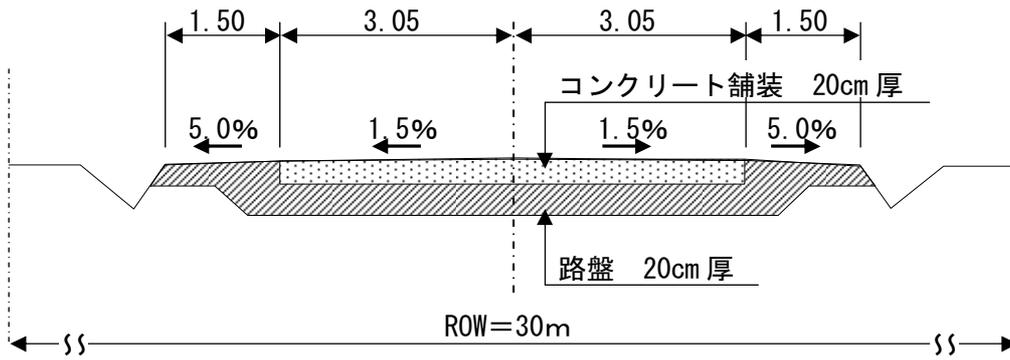
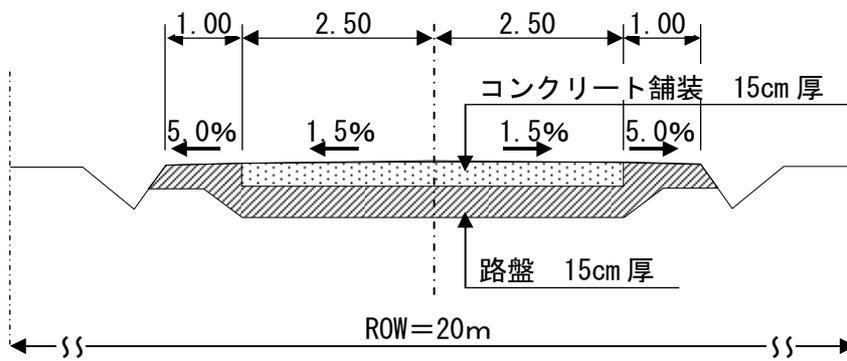


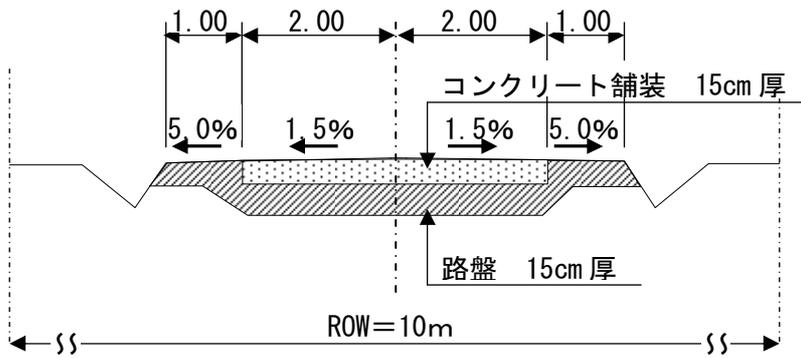
図-2.3.5 カミギン島道路網図



国道横断面図



州道横断面図



村道及び市内道横断面図

(出典： DPWH カミギン技術事務所)

図-2.3.6 道路種別毎の道路横断面構成図



図-2.3.7 カミギン島における道路種別の現場写真

(2) 道路交通の現状

島内における 2007 年 12 月時点の車両登録台数は表-2.3.5 に示すとおり、カミギン島における車両登録台数は 4,871 台となっており、そのうち二輪車(モーターバイク)が最も多く、全体の 63%を占めている。ここでジブニーというのはジープを改造した乗合い小型バスを指し、三輪車はモーターバイクを改造して乗合い小型タクシーを指す。

表-2.3.5 車両登録台数 (2007年)

単位：台数

所有者	乗用車	トラック	バス	ジプニー	三輪車	二輪車	その他	合計
個人	90	134	1	942	0	3,016	1	4,184
官公庁	1	15	2	64	0	49	1	132
営業車	0	11	7	130	407	0	0	555
合計	91	160	10	1,136	407	3,065	2	4,871

(出典:DPWH カミギン技術事務所)

2007 年末における交通量調査によれば、州都マンバハオ町及び今回の対象橋梁であるフバンゴン橋の位置する東海岸では1日平均約1,400台であるが、西海岸側では1日平均約610台となっている。したがって、交通面からみた場合、東海岸の方が西海岸より交通量は大きく、対象橋梁のフバンゴン橋は島内の交通において重要な施設であることを示している。

表-2.3.6に交通量観測地点(1)マンバハオ～マヒンゴ間における断面交通量を示し、表-2.3.7に交通量観測地点(2)マヒンゴ～カタルマン間における断面交通量を示す。また、図-2.3.8にカミギン島における主要交通発生・集中施設及び交通調査位置、交通量を示し、さらに図-2.3.9にカミギン島を走行する車両及び主要交通施設の現場写真を掲載する。

表-2.3.6 交通量観測地点(1)における断面交通量

(マンバハオ～マヒンゴ間：2007年11月19～22日の1日当たり平均台数)

	乗用車/三輪車	トラック	バス	ジプニー	二輪車	その他	合計
台数	292	282	2	306	517	1	1,400
割合(%)	21	20	0	22	37	0	100

(出典:DPWH カミギン技術事務所)

表-2.3.7 交通量観測地点(2)における断面交通量

(マヒンゴ～カタルマン間：2007年10月15～19日の1日当たり平均台数)

	乗用車/三輪車	トラック	バス	ジプニー	二輪車	その他	合計
台数	87	132	0	74	317	0	610
割合(%)	14	22	0	12	52	0	100

(出典:DPWH カミギン技術事務所)

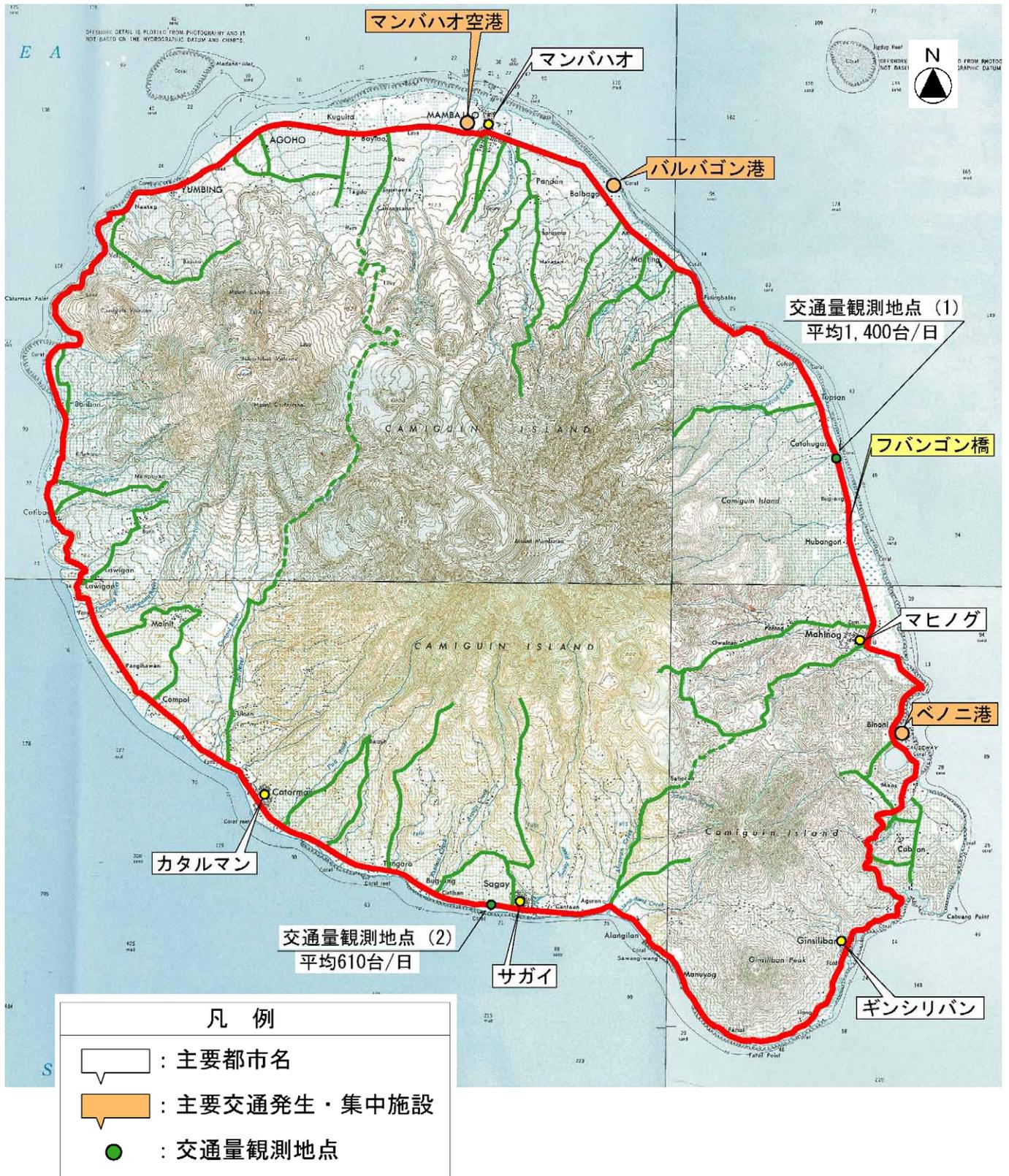


図-2.3.8 主要交通発生・集中施設と交通量



図-2.3.9 島内を走行する車両及び主要交通施設の現場写真

(3) 道路セクターの上位計画

カミギン島の道路・橋梁に関しては以下の上位計画がある。

- ① "Strategy Planning Matrices for the Medium-Term Philippine Development Plan (2004 - 2010)" National Economic and Development Authority, 2004年
- ② "Provincial Physical Framework Plan/Comprehensive Provincial Land Use Plan", Provincial of Camiguin (1993-2002)
- ③ "Province of Camiguin, Comprehensive Development Plan", Philippine Rural Reconstruction Movement, 1996年2月

上位計画①であるが、これは「フィ」国の全国における開発計画の基本開発計画となっており、国家の開発戦略が述べられている重要な上位計画である。この戦略に合わせ、全国の各地域においても

それぞれの地域ごとの開発計画が策定されており、カミギン島は同島が所属する北ミンダナオ開発計画、“Northern Mindanao Regional Development Plan (2004 - 2010)”に記載されている。その要点は以下のとおりである。

「政府は 2010 年までの 6 年間に、北ミンダナオ地域の国道に対する維持管理・改修・拡幅・新設などの 56 プロジェクトのために Php 8.7 Billion (約 235 億円)を投じる計画である」としている。その内、カミギン島では 1 プロジェクトが記載されており、それは、「カミギン島環状道路(カタルマン～マンバハオ間)の法面改修工事、構造物建設」となっている。

DPWH カミギン当局によれば、この工事はすでに工期を終えているが、実際はまだ工事中であり、車両の交通規制なども行っている。しかし、本年中には工事も完了するはずだとしている。このように、カミギン島における環状道路は政府にとっても重要な国道として位置付けしており、同じ環状道路沿線にあるフバンゴン橋の整備に対しても、「フィ」国の上位計画に則るものであり、日本政府が無償資金協力として取り上げることに整合しているといえる。

なお、上位計画②及び③であるが、両計画とも 10 年以上も古い時期に策定された上位計画のため、現状とかなりの相違が見られる。例えば、環状道路は 13km の未舗装区間があるので早急に舗装工事に着手することが望ましい、などの記述がある。2000 年には環状道路は全区間舗装されており、上位計画としてはもはや陳腐化したといえる。したがって、ここでは取り上げないものとする。

(4) 道路セクターの課題

カミギン島には 74,232 人(2000 年のセンサーによる)の人口が住んでいるが、同島は火山島のため、その多くが沿岸地域に住んでおり、同島の経済活動は沿岸地域に限られている。その沿岸地域には島内の周縁を一周している環状道路が走っており、全区間舗装された 2 車線の幹線道路として国道に指定され、DPWH カミギン技術事務所によって維持管理されている。

こうした現状から、環状道路はよく整備されており、走行性、安全性にも優れ、交通量の少ないカミギン島においては、現在の時点では整備が行き届いているといえる。しかし、道路セクターとしては以下のような課題も抱えている。

① 環状道路以外の道路網

カミギン島には国道以外に州道、村道、市内道などがあるが、州道や村道では砂利道や土道の未舗装道路が多く、国道との整備格差が極めて大きい。州道や村道では、災害時における避難経路や災害復旧のアクセス道路としての確保が困難な道路も多くみられ、今後の整備が望まれる。

② 交通量と重車両

現在、カミギン島では車両登録台数が 5 千台未満であり、交通量も 1 日平均 1,400 台程度でトレーラーのような大型車は見られない。しかし今後「フィ」国の経済発展とともに交通量も増加し、建

設機械などの大型車も走行するようになるものと思われる。その場合、現状の道路舗装、道路構造物に大きな影響を及ぼし、道路整備、維持管理にとって大きな負担がかかると予想される。

③ 自然災害の来襲

カミギン島は台風、洪水、火山などによる崖崩れ、護岸崩壊など自然災害の多発地となっている。年度末の雨期にはほとんど例外なく島内のどこかで道路施設が破壊されており、その災害復旧のために予算や経費が蝕まれている。こうした自然災害に対する防災施設、災害に対する強固な構造物の整備を強化していくことが望まれる。

④ 施設の老朽化と更新

2001年の大型台風来襲から6年以上も経ち、インフラの災害復旧整備も一段落したものといえる。しかし各所にあるボックスカルバートの老朽化、コンクリート舗装の劣化、斜面崩落の危険性が数多く見受けられる。今後は老朽化した施設の更新を行う必要があるものと考えられる。

(5) 道路網将来計画

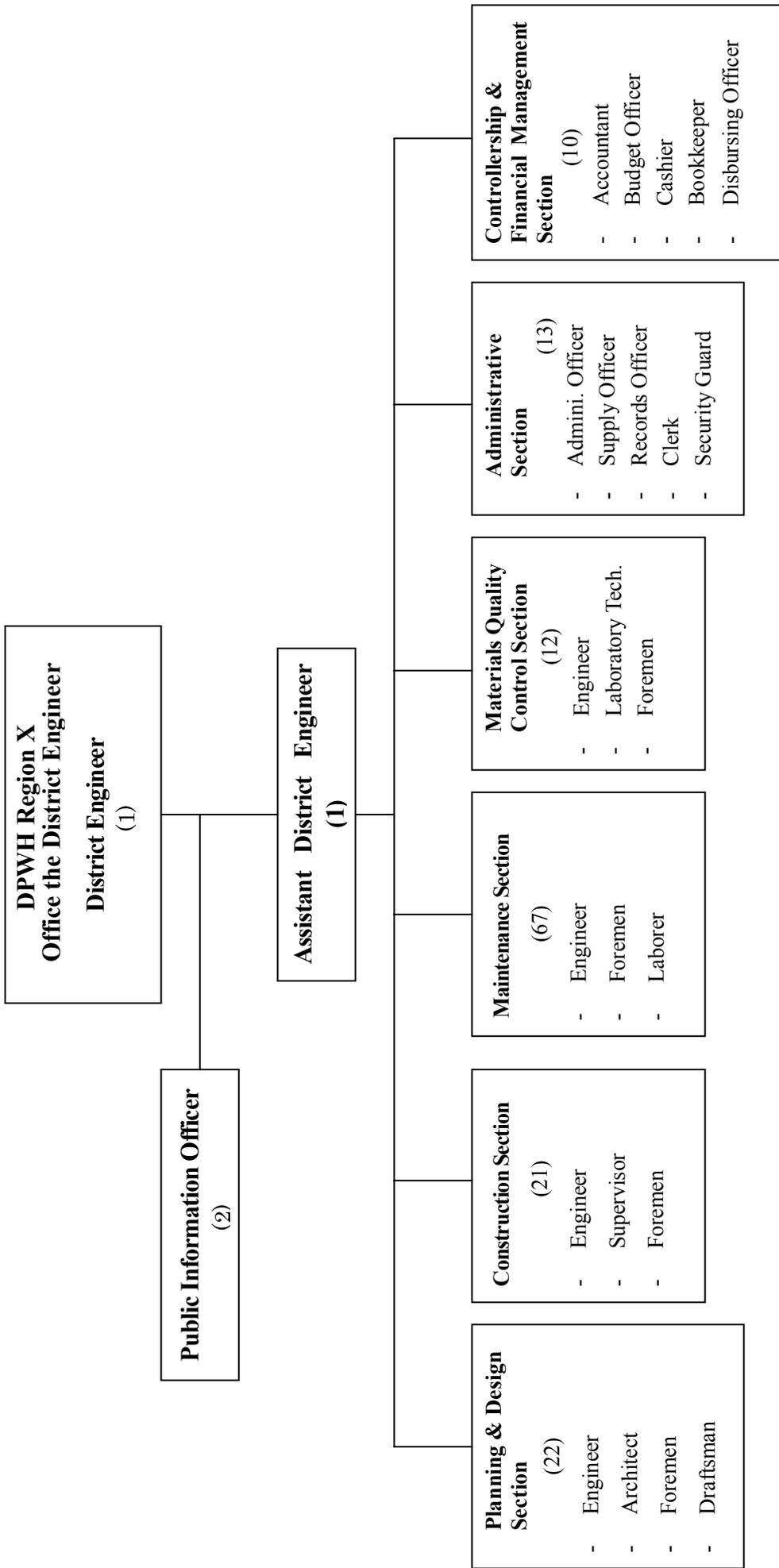
DPWH カミギン技術事務所、計画設計部の担当者との面談によれば、カミギン島における将来道路網計画としては、島を横断する北横断道路及び南横断道路の2つの道路建設が有力とのことである。既に測量も終えており、両道路の設計図面も完成していた。しかし高い山を切り開く道路建設のため建設費も高く、予算がおりないので未着工である。将来は州道から国道に昇格させ DPWH が維持管理をする予定であるとのこと。(図-2.3.5 参照のこと)

2.3.3 プロジェクト実施体制

カミギンの防災体制:「フィ」国では、火災、治安、救助、復旧、広報等の防災全般にわたり、大統領令(P.D. No. 1566/June 12, 1978)によって、国から村のそれぞれのレベルで災害調整委員会(DCC)を設け活動を行うことになっている。大統領令に準じてカミギンでは、州、町、村のそれぞれに災害調整委員会(PDCC, MDCCs, BDCCs)が組織されており、PDCCを要にして、それぞれのレベルで防災活動の拠点になっている。PDCC は州知事が委員長を、国家警察の州署長が副委員長を務めている。PDCC の事務局は州政府の州計画・開発事務所(PPDO)内に置かれている(図-2.3.3 参照)。

施設の建設:一方、砂防施設および国道における橋梁の建設は公共事業道路省(DPWH)が実施機関である。DPWH の管理監督のもと、施工会社が請負契約によって施設を建設することになる。要請書では、DPWH の治水砂防技術センター(PMO-FCSEC)が実施機関になっている。FCSEC は、砂防施設の建設等においては「フィ」国内で数少ない業務経験を有する機関であるが、現状では職員数が少なく、建設工事の管理監督業務の実施は難しいと思われる。PMO-FCSEC および PMO-MFCDP II の技術管理の下で、DPWH-DEO が施工管理業務を実施するのが、現実的であり、建設後の維持管理の観点からも実践的と思われる。

施設の維持管理:建設された砂防施設および橋梁の維持管理は、既存の国道等の管理同様、DPWH のカミギン地方技術事務所(DPWH-DEO)が行うことになろう。DPWH カミギン地方技術事務所およびカミギン州政府の組織を図-2.3.10 および図-2.3.11 に示す。建設された施設、特に砂防施設はフバンゴン地区の重要な防災施設として供用されるので、施設の維持管理機関であるカミギン地方技術事務所はその状態と機能を監視し、災害調整委員会(カミギン州、マヒノグ町、および関連村の DCC)との間で情報を共有し、必要に応じ対応を協議できるようにしておかなければならない。



注意： () 内の数字は所属の職員数（アルバイト職員も含む）。 総数 149 名

図 2.3.10 DPWH カミギン技術事務所組織
2-25

Functional Chart of the Provincial Government of Camiguin

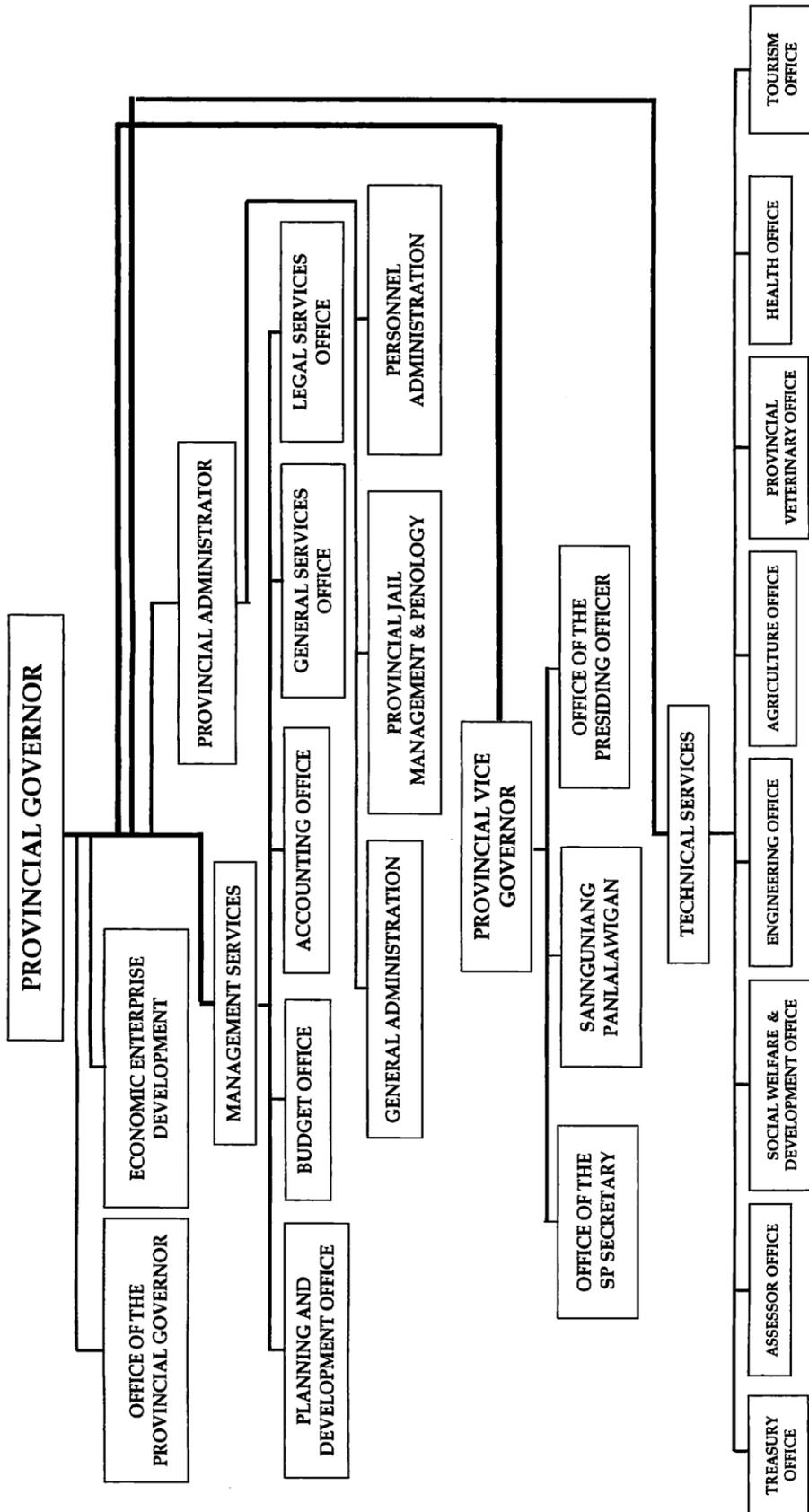


图-2.3.11 カミギン州政府組織

2.3.4 我が国および他ドナーの援助

カミギン島における国際的なドナー期間による防災関連の援助事業および計画は、我が国からは JICA による在外基礎調査(2003 年)、在外基礎調査-2(2004/05 年)の2案件であるが、その他ドナーによる被災後の水道・道路・灌漑などの改修案件が以下のとおり実施された。

他ドナーの援助による案件

ドナーの名称	実施期間	金額	案件概要
スペイン政府	2003 年	2 億ペソ	被災後の上水道整備
アジア開発銀行 (ADB)	2003 年	1,100 万ペソ	被災後の農道整備
国連食料農業機関 (FAO)	2003 年	1,400 万ペソ	被災後の灌漑整備