

- 2) 火山噴出物の分布
- 3) 危険区域
- 4) 社会・経済問題
- 5) 水文、ラハールの防止対策
- 6) 防災対策の進め方
- 7) 提言

上記のうち、防災計画に関する事項について、以下に説明するものとする。

3.1.2 既存のBasic Planの内容

(1) 危険区域

危険区域は、1967年に火山調査所によって設定されたもので、ガルングン火山の噴火によって災害が予想される区域を示したものである。危険区域図を、図-3.3に示す。

この危険区域は、次の2つに分けられる。

1) 避難区域

火山の噴火並びにラハール(LAHAR)の直接的な被害が予想される区域で、緊急に避難すべき区域である。

2) 警戒区域

降雨によって発生する洪水(BANJIR)による被害が予想される区域で、緊急に避難すべき区域である。

ガルングン火山の噴火後、これらの危険区域は、さらに拡張された。

(2) 防災計画の基本方針

既存のBasic Planにおける防災計画の基本方針は、次のように要約される。

- 1) 土砂氾らんを防ぐため築堤、水制工、床固工によって河道を安定させる。
- 2) 床固工によって不安定土砂の堆積している河道の土砂流出を制御する。
- 3) サンドポケットと砂防ダムにより土砂流出を一時的に調節する。
- 4) 下流河道の土砂流送能力を利用することによって、土砂流出を調節する。
- 5) 砂防ダムによって、河道の浸食を防止する。

(3) 防災計画の実施計画

1982年4月の噴火以来、サンドポケット区域からの堆積土砂の掘削、ジャカルタ区域への輸送施設を含む、数々の防災施設が公共事業省によって建設されてきた。

公共事業省によって立案された防災計画は、次の4つのステージに分けて、実施される。

第1ステージ：緊急工事 (Emergency Works)

第1ステージでは、ラハール (LAHAR) による被害を未然に防ぐため、または、被害の軽減のための工事が緊急になされる。

第2ステージ：短期計画 (Short Term Programme)

第2ステージでは、1982年10月以降の雨期の前までに、終了すべきプロジェクトとする。

第3ステージ：中期計画 (Middle Term programme)

1982年11月から1983年5月までの噴火後の雨期に実施されるプロジェクトとする。

第4ステージ：長期計画 (Long Term programme)

このプランは、防災計画の最終ステージのプランであり、期間は、決定されていない。

上記の計画を考慮してBasic Planにおける防災計画は、次の2つから成る。

1) 既存の防災施設の改良・強化

2) 防災施設の建設

Basic Planにおいて計画された防災施設を、図-3.4にまとめて示す。

主な施設としてS. CilosehとS. Cikunirにおけるサンドポケット、S. Cisaruni, S. Cikupang, S. Cimerahにおける砂防ダムがある。

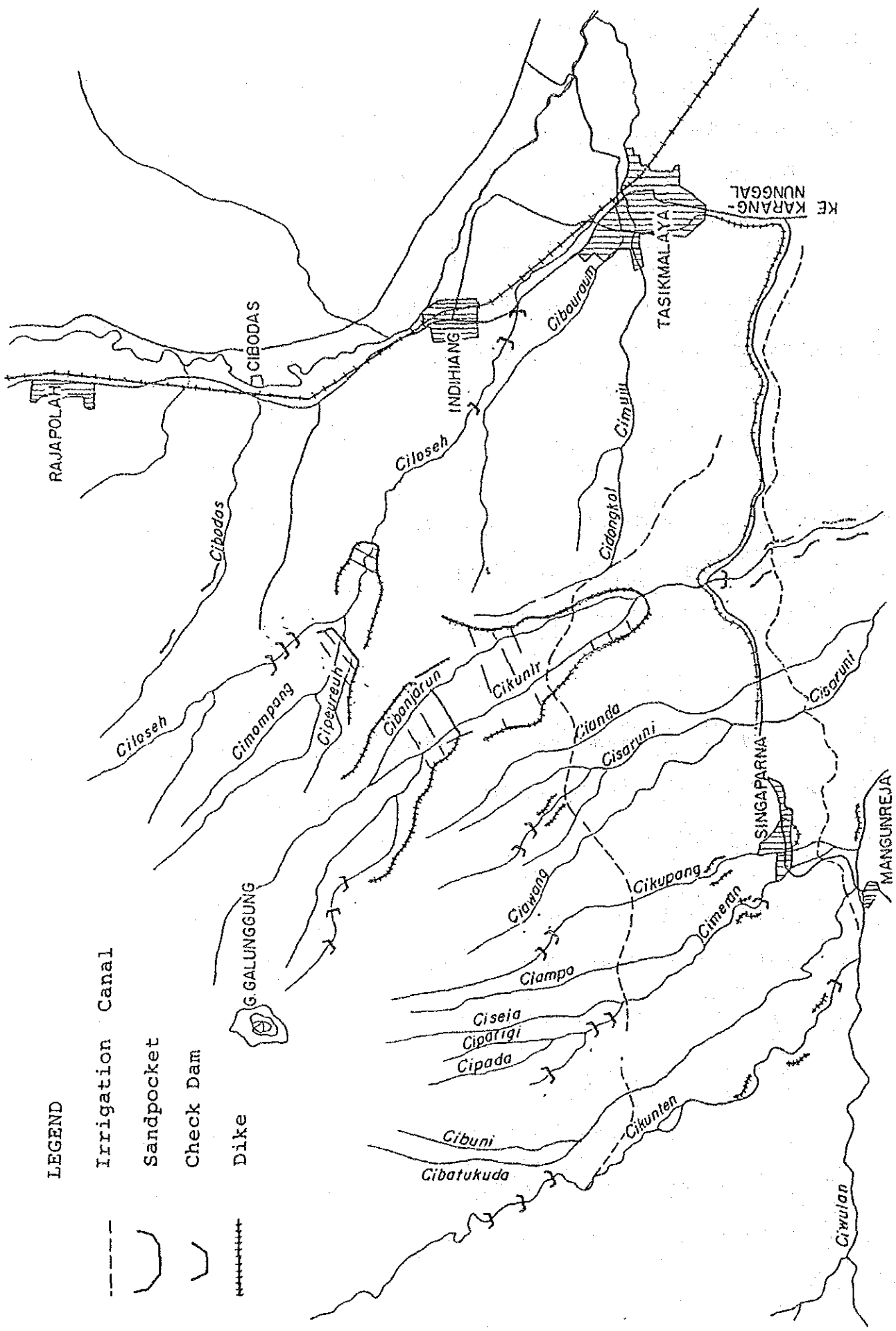


図-3.4 Basic Planにおいて計画された防災施設

(4) 警戒避難システムの確立

警戒避難システムとその情報伝達システムによって、泥流による住民の被害を未然に防ぐことが可能である。

今後、このシステムを使った情報周知システムを、地方自治体の責任において確立することが必要である。このため地方自治体は、公共事業省やその他関係機関と連携をとって、警戒避難情報を発令する組織を作ることが必要である。

(5) 防災計画におけるその他の対策工の検討結果

防災計画におけるその他の対策工の代替案と、これに対する検討結果は、以下のとおりである。

1) チロセ川とチタンデュイ川を結ぶ放水路の設置

このアイデアの目的は、チロセ川とチタンデュイ川を結ぶ放水路を開削することによって、タシクマラヤの町を防御することにある。

しかし、このアイデアには、建設コスト、チタンデュイ川の流入土砂の増加、用地取得面で、問題が多い。

2) 土砂輸送のための水路の設置

河道沿いに土砂輸送のための水路を新設するこのアイデアは、河道のもつ土砂流送能力を利用し、ガルングン火山区域の土砂を速やかに、搬送するために考えられたものである。

このアイデアは、下流域における土砂流送能力が小さいこと、水路沿いの氾らん区域の増大、建設コスト、用地取得面で問題がある。

3) サンドポケット内の土砂の搬出・骨材利用

このアイデアは、サンドポケットの調節容量の確保と骨材需用の増大が見込まれるジャカルタ地域の堆積物の骨材としての利用を考慮して、考えられたものである。

これを達成する条件として、次の条件が必要である。

- a. サンドポケット区域における、掘削と搬出・輸送が継続してなされること
- b. 道路の改良と建設
- c. 地方公共団体による道路交通の管理

3.1.3 既存のBasic Planのレビュー

防災計画の検討に当り、既存のBasic Planをレビューした。既存のBasic Planと当調査の防災計画の比較検討の結果は表-3.1に示すとおりである。

表-3.1に示すように、既存のBasic Planは、1982年の噴火に対する緊急的な計画であったため、施設計画に対する計画量（計画流出土砂量、計画調節土砂量 etc）が定められていないのに対し、当調査では、既存資料、現地踏査結果に基づき、これらの計画量を定めている点が基本的な相違点である。

この既存のBasic Planは、災害直後のデータが不十分な時点で作成されたものであるが、対策工としては、適切であったと判断する。

既存のBasic Planの内容把握を基に、土砂制御計画において、考慮すべき事項をまとめると、次のとおりとなる。

(1) 計画基本土砂量の設定の必要性

既存のBasic Planにおいては、防災施設の配置計画の基本となる計画流出土砂量、許容流砂量等の計画土砂量が検討されていない。土砂制御計画においては、これを、考慮する。

(2) 土砂制御計画における検討事項

土砂制御計画において、次の事項が検討される必要がある。

- a) 対象とする災害とその規模
- b) 土砂制御計画、施設計画のための基準点の設置
- c) 河川の変化を考慮した施設の建設計画
- d) 土砂堆積の経年変化を把握するための土砂収支の検討
- e) 許容流砂量算定のための土砂流送能力の検討
- f) プロジェクトの社会的、経済的な評価

表-3.1 既存のベーシックプランと本調査の防災計画との比較

Items		Existing Basic Plan			Proposed Disaster Prevention Plan			
Objectives		-;To protect the dangerous area from the Lahar disaster after the eruption in 1982			-;To protect the disaster prevention area from the Lahar disaster and Banjir disaster due to removing of the deposited sediment after the eruption in 1982 -;To protect the disaster prevention area from the Lahar disaster and Banjir disaster due to overflowing of the storage water in the crater lake			
Disaster Prevention Area		-;S. Ciloseh Area -;S. Cikunir Area -;S. Cisaruni Area -;S. Cikupang Area -;S. Cimerah Area } Southern slope Area			-;S. Ciloseh Area -;S. Cikunir Area included Crater Lake Area -;S. Cisaruni Area -;S. Cikupang Area } Southern Slope Area -;S. Cimerah Area			
Magnitude of Plan		Not discussed			-;50 years return period			
Reference Point		Not established			7 reference points and 4 sub reference points are established			
Sediment Volume dealt with the plan		Not discussed			S. Ciloseh Area 394,000 m ³ /10years (Design control sediment volume = 1,969,000 m ³ /flood) S. Cikunir Area 6,141,000 m ³ /10years S. Cisaruni Area 134,000 m ³ /flood S. Cikupang Area 46,000 m ³ /flood S. Cimerah Area 534,000 m ³ /flood			
Sediment Control System		S. Ciloseh Area; -; Storage of sediment by check dams and sand pockets -; Stabilization of riverbed by consolidation dams			S. Ciloseh Area; -; Storage of sediment by sandpockets with check dams			
		S. Cikunir Area; -; Storage of sediment by check dams and sandpockets -; Stabilization of river bed by consolidation dams			S. Cikunir Area; -; Storage of sediment by sandpockets with check dams -; Stabilization of river course by consolidation dams, groynes and revetment works			
		Southern Slope Area; -; Storage of sediment by check dams -; Prevention of sediment flooding by dikes			Southern Slope Area; -; Storage of sediment by check dams			
Facility	Name of Area Kind of Facility	S. Ciloseh Area	S. Cikunir Area	Southern Slope Area	S. Ciloseh Area	S. Cikunir Area	Southern Slope Area	Crater Lake Area
	Dike	5(5)sites	5(4)sites *1	3(3)sites	5(5)sites	4(4)sites	3(3)sites	-
	Check dam	5(4)units	3 units	7(1)units	5 units	6 units	21(1)units	-
	Overflow	-	1 unit	-	-	-	-	-
	Consolidation dam	1 unit	1 unit	1 unit	-	4 unit	-	-
	Groyne	2 sites	2 sites	-	2 sites	5 sites	-	-
	Revetment works	-	-	-	-	1 site (1.7km)	-	-
	Drainage tunnel	-	-	-	-	-	-	1 unit (665m)
Oters	-	-	-	Excavation works	Excavation works	-	-	
Construction cost		Not estimated			3,621×10 ⁶ Rp	39,314×10 ⁶ Rp*2	9,293×10 ⁶ R	5,379×10 ⁶ Rp
Construction period		Not discussed			10 years *3	10 years	10 years	10 years

Notes) () means the number of the existing facilities

*1; All of the existing facilities had been destroyed

*2; Construction cost of the alternative D

*3; Three (3) check dams in S. Ciloseh is excluded in this construction period 10 years

3.2 防災区域の土砂流出状況

3.2.1 土砂流出特性と施設計画対象土砂量

現地踏査並びに既往の資料を用いた土砂量解析結果によって、防災区域として設定した3区域の土砂流出特性は、ガルングン火山を土砂源に持つS. Cikunir 区域と持たない他の2区域に大別される。これらの区域の土砂流出特性は、以下のとおりである。

1) S. Cikunir 区域

本区域はガルングン火山を、直接の土砂源並びに水源に持つ区域であり、上流域の河道には1982年の噴火による堆積土砂が残存し、これらの再移動に伴う溪岸浸食等により多量の土砂生産・流出が頻繁に繰り返されている。

既存データの解析結果から、サンドポケットへ流入し、堆積した土砂量は、噴火後の1982年4月から1987年8月までの5年間で4,000万 m^3 （年間800万 m^3 、1 km^2 当たりで年間60万 m^3 ）にも達する。

2) S. Ciloseh 区域並びに南側斜面区域

本区域はガルングン火山を、直接の土砂源に持たない区域である。1982年の噴火によって、山腹斜面流域に火山灰等の噴火物が広く堆積したが、これらは噴火後、約2年間で降雨時に泥流となって流下し、その後は著しい土砂流出が見られない。これらの区域の山腹斜面は、広く植生に覆われている。

防災計画の施設計画検討においては、上記の区域の土砂流出特性を考慮して、S. Cikunir 区域では、年間流出土砂量を対象とし、S. Ciloseh 区域並びに南側斜面区域においては、一洪水による流出土砂量を対象とする。

3.2.2 防災区域の土砂流出状況

S. Cikunir 区域に今後、流入し堆積する土砂量を推定するために時期別の堆積土砂量を調査した。

1982年のガルングン火山の噴火による噴出土砂の堆積状況は、地質調査所 (V S I) とガルングン工事事務所及び J I C A 調査団によって調査された。その調査結果は下記のとおりである。

(1) VSI による噴出土砂量の調査結果

1982年8月に撮影された航空写真及び噴火活動中に実施した現地調査結果に基づいて、1982年のガルングン火山の噴出量は 370百万 m^3 以上と推算され、ガルングン火山南東斜面、北西斜面、S. Citanduy 上流域の噴出物の堆積量は 130百万 m^3 と推算された (図-3.5)。

この調査結果によれば、噴火活動中の噴出物の地域別平均厚は、S. Cikunir - S. Cibantaran Areaで 155cm, S. Ciloseh - S. Cimampang Areaで 30cm, S. Cimerah, S. Cikupang, S. Cisaruni を含む南側斜面区域で 20cm, S. Cisangkan - S. Cibeureumを含む北西斜面で 10cm, S. Citanduy 上流域で 5 cm以下であり、南東斜面区域、特に S. Cikunir - S. Cibantaran Area での噴出物の堆積が大きかった。

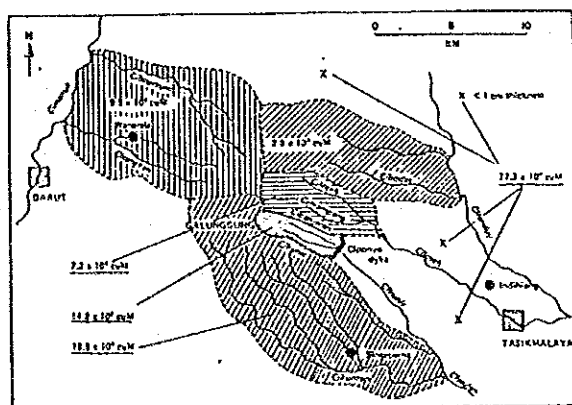


図-3.5 噴出土砂の分布と堆積量

source: j. a. katili & adjat sudradjat (1984) : galunggung-
the 1982-1983 eruption, volcanological Survey
of Indonesia

(2) サンドポケットにおける堆積土砂量

1982年からの一連の火山活動によって噴火し、ガルグンゲン火山の山腹並びに下流河道内に、1987年8月現在で堆積している噴火物の量は、4,000万 m^3 と見積られる。(表-3.5参照) これらの噴火物は、土砂の生産源となり、降雨等により下流へ流下し、その一部は、サンドポケットに堆積する。

土砂制御計画における今後の土砂流出状況を把握するため、サンドポケットへの土砂流入量を、次の資料により算出した。

- a) 1982年8月撮影の航空写真
- b) 測量成果(1984年4月, 1985年7月, 1987年8月)

a. 1982年4月から1982年8月までのS. Cikunir区域の堆積土砂量

S. Cikunir区域以外の地域における噴出堆積物の大部分は、粒径1mm以下のシルト質に近い細粒分である。それらは、噴火後の降雨時にウォッシュロード、浮遊砂として海まで流れ去ったり、土壌化して、現在は1982年の噴出堆積物の著しい土砂流出は見られない。

多量の噴出物が堆積したS. Cikunir区域では、噴火後の降雨時に細粒分はウォッシュロード、浮遊砂として流れ去ったが、粒径1mm-1,000mm(平均30mm)の土砂がS. CikunirとS. Cibangaranの合流点からKokoncong, Sinagarに至る範囲に堆積した。

1982年8月撮影の航空写真判読及び現地調査結果に基づいて調査団が計測したS. Cikunir区域のLahar堆積量は22,270千 m^3 である(図-3.6参照)。このうち1,740千 m^3 はS. CibangaranのSinagar地点からS. Ciloseh流域に越流して堆積した土砂量である。これらの土砂量は、1982年4月から1982年8月の5カ月間に堆積したものである。

表-3.2 航空写真の判読によるLahar Depositの堆積量
(1982年8月)

Flood Area	Thickness of Lahar Deposits(m)	Area ($\times 10^3 m^2$)	Volume ($\times 10^3 m^3$)
Lowerstream of S. Cibajaran and S. Cikunir	7	300	2.100
	6	1.270	7.620
	5	1.100	5.500
	4	790	3.160
	3	410	1.230
	2	460	920
Sub Total		4.330	20.530
Overflow Area at Sinagar	3	440	1.320
	2	210	420
Sub Total	—	650	1.740
Total	—	4.980	22.270

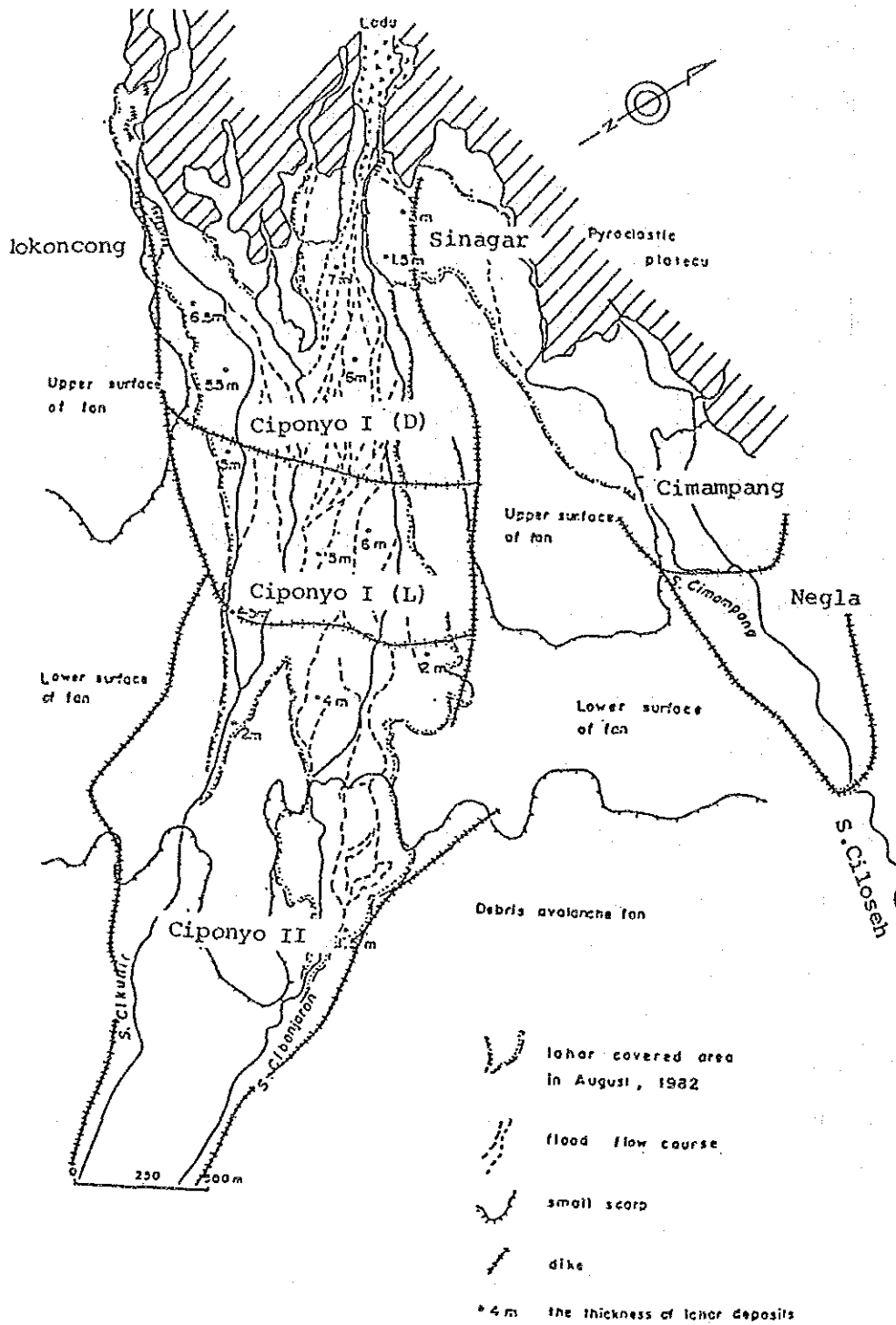


図-3.6 ラハール堆積物の分布と堆積厚

b. 1982年9月から1984年4月までのサンドポケットの堆積土砂量

1984年4月に測量されたサンドポケットの横断面に基づいて、ガルングン工事事務所によって計測された1982年9月から1984年4月までの20カ月間のサンドポケットの堆積土砂量は10,300千 m^3 である。(表-3.3参照)

c. 1984年5月から1985年7月までのサンドポケットの堆積土砂量

1985年7月に測量されたサンドポケットの横断面に基づいて、ガルングン工事事務所によって計測された1984年5月から1985年7月までの15カ月間のサンドポケットの堆積土砂量は4,900千 m^3 である。(表-3.3参照)

d. 1985年8月から1987年8月までのサンドポケットの堆積土砂量

1985年7月及び1987年8月に測量されたサンドポケットCiponyo Iの平面図、横断面に基づいて調査団によって計測された1985年から1987年8月の25カ月間のサンドポケットの堆積土砂量は2,576千 m^3 である。(表-3.4参照)

表-3.3 1984年5月から1985年7月までのサンドポケット区域の堆積土砂量

Sand Pocket	River	Capacity of Sand Pocket ($10^3 m^3$) (1)	Accumulated Sediment Volume		
			As of April, 1984 ($10^3 m^3$) (2)	As of July, 1985 ($10^3 m^3$) (3)	May, 1984 - July, 1985 ($10^3 m^3$) (4) = (3) - (2)
CIMAMPANG	S. Cimampang	1,760	1,000	1,650	650
NEGLA	S. Ciloseh	3,370	1,400	2,200	800
Sub Total		5,130	2,400	3,850	1,450
CIPONYO I DALAM	S. Cikunir	6,700	4,000	6,000	2,000
CIPONYO I LUAR	-S. Cibanjangan	2,500	1,000	2,250	1,250
CIPONYO II	S. Cikunir	4,700	2,900	3,100	200
	S. Cibanjangan				
Sub Total		13,900	7,900	11,350	3,450
Total		19,030	10,300	15,200	4,900

Note :

* 1 Source: "Disaster Preparedness And Rehabilitation In Indonesia Part(1)
...UNDP/ILO, Aug. 1987" Page 20

* 2 Source: "URAIAN SINGKAT PENGAMBILAN PASIR DARI SUNGAI DAN KANTONG
PASIR DI WILAYAH KERJA PROYBK GUNUNG GALUNGGUNG ...Dec. 1986"

表-3.4 1985年8月から1987年8月までの堆積土砂量

Accumulated Sediment Volume		2,576,000m ³
Period	Month	25 months
	Year	2.08 year
Intensity of Accumulated Sediment	m ³ /month	103,000
	m ³ /year	1,236,000

Note) Volume was calculated by using following map

- 1) topographic map (scale 1:500, Aug. 1985)
- 2) topographic map cross section (scale 1:100, 1:200; Aug. 1987)

e. S. Cikunir区域の年間堆積土砂量の解析

サンドポケットに流入し、堆積した土砂のうち、洪水によってサンドポケットの下流へ流れ去った土砂量は多量にあると考えられるが、ガルングン工事事務所、調査団の調査結果によれば、S. Cikunir区域では、現在でもサンドポケットに流入し、堆積する土砂が多量にある。

1982年8月、1984年4月、1985年7月及び1987年8月の4調査時期のS. Cikunir区域の調査結果に基づいて、次式によって定義される各調査時点の堆積土砂量強度を算定した。

各調査時点の堆積土砂量強度は表-3.5に示すとおりである。

$$\text{堆積土砂量強度 (m}^3/\text{year)} = \frac{\text{期間 T 内の堆積土砂量 (m}^3\text{)}}{\text{土砂堆積期間 T (years)}} \dots (3.1)$$

表-3.5 サンドポケットの期別堆積土砂量

Item		Apr. 1982 -Aug. 1982	Sep. 1982 -Apr. 1984	May. 1984 -Jul. 1985	Aug. 1985 -Aug. 1987	Total Volume ($10^3 m^3$)
Deposited period	Months	5	20	15	25	—
	Years	0.42	1.66	1.25	2.08	—
Deposit	Ciponyo	—	7,900	3,450	2,576	(13,926)
Sediment Volume ($10^3 m^3$)	Cimampang & Negla	—	2,400	1,450	—	(3,850)
	Total	22,270	10,300	4,900	2,576	(17,726) 40,046
Deposited Sediment Volume Per Year ($10^3 m^3$)		53.448	6.180	3,920	1,236	—

() : Total volume from Sep. 1982 in which the sandpocket construction started.

サンドポケット工事着手後の1982年9月から1987年8月までのサンドポケット内への堆積土砂量は、表-3.5に示すように、1,800万 m^3 であり、年間平均で、360万 m^3 /年となる

3.3 土砂制御計画

3.3.1 基本事項

(1) 計画の目標

南東斜面地域における土砂制御計画は、1982年のガルングン火山の爆発により、噴出し、山腹並びに河道に堆積した土砂の再移動による土砂災害、洪水流による浸水被害を防止することを目的とする。

(2) 保全対象区域

保全対象区域は、防災目的、氾濫形態、プロジェクト評価等を考慮して、各河川毎に設定する。保全区域の設定に当たっては、既往の災害による被害状況、資産分布を考慮した。図-3.7に保全対象区域を示す。

各保全対象区域とその対象面積、関連する河川名は、次のとおりである。

表-3.6 保全対象区域と関連河川名

ゾーン名	保全対象区域名	対象面積 (km ²)	関連河川名
I 区域	S. Ciloseh 区域	20.65	S. Ciloseh, S. Cibeureum
II 区域	S. Cikunir 区域	50.29	S. Cikunir, S. Cibanjangan, S. Cianda S. Ciloseh, S. Cimula, S. Cibeureum
III 区域	S. Cisaruni 区域	5.95	S. Cisaruni, S. Ciloseh, S. Cimula, S. Cibeureum,
IV 区域	S. Cikupang 区域	2.05	S. Cikupang
V 区域	S. Cimerah 区域	3.30	S. Cimerah

(3) 基準点

防災計画の基本となる流出土砂量、許容流砂量を定めるための基準点並びに補助基準点は、地形条件、社会経済条件、保全対象区域を考慮して、原則として、次のような箇所に設定した。

- 1) 保全対象区域の上流端
- 2) チラウン川、チクンデュイ川との合流点
- 3) Cikunten I のかんがい水路の横断地点

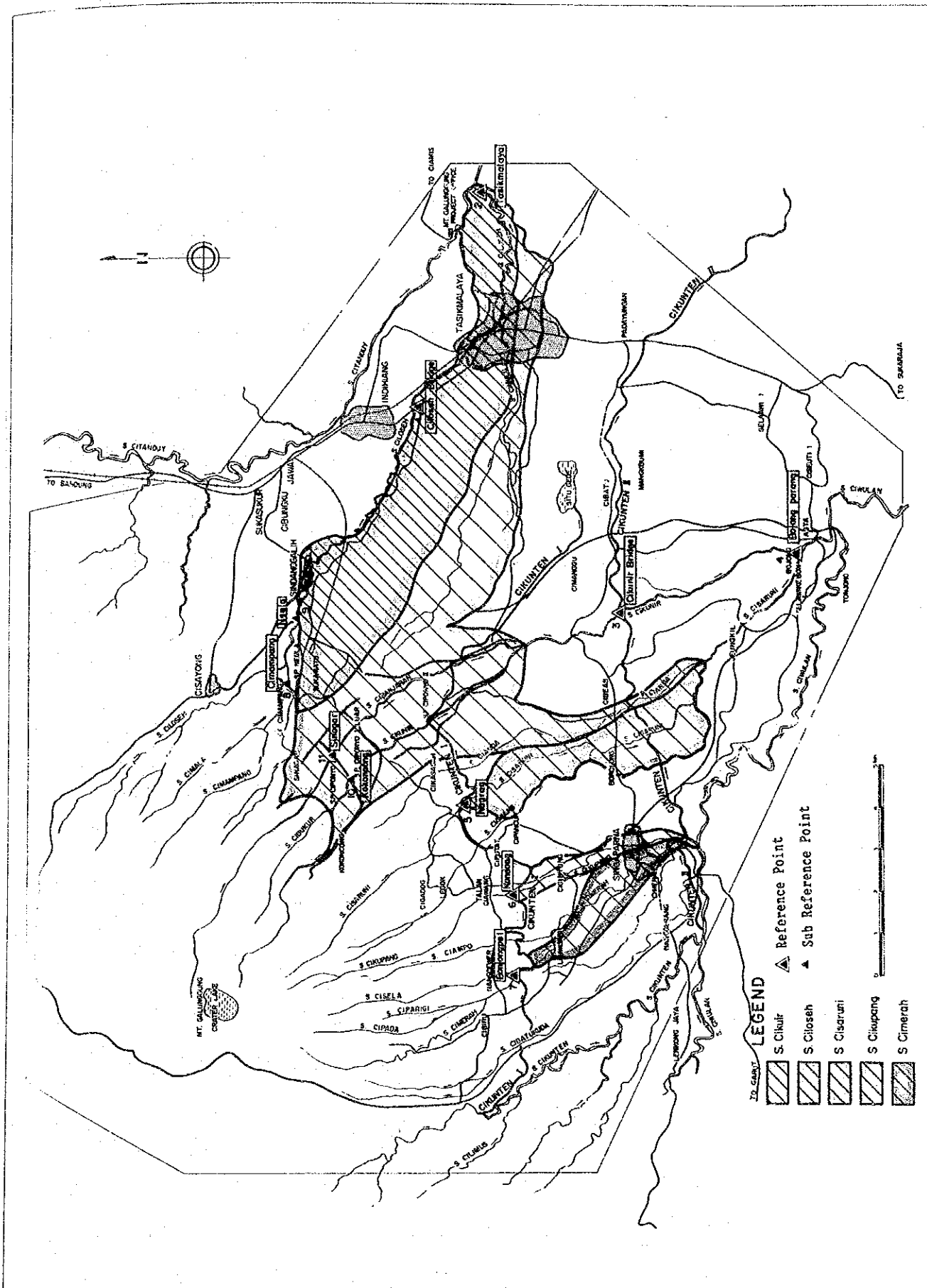


图-3.7 保全对象区域

基準点、補助基準点の諸元を表-3.7に示す。これらの位置は、図-3.6の保全対象区域に示してある。

表-3.7 基準点、補助基準点の諸元

Kind of Point	Number	Name of Point	Catchment Area	River
Reference Point	1	Ciloseh Bridge	38.46km ²	S. Ciloseh
	2	Tasikmalaya	63.64	S. Ciloseh
	3	Cikunir Bridge	24.66	S. Cikunir
	4	Bojongparang	84.42	S. Cikunir
	5	Nagrag	6.26	S. Cisaruni
	6	Kondong	3.40	S. Cikupang
	7	Bonjongpel	10.95	S. Cimerah
Sub Reference Point	8	Cimampang	14.56	S. Cimampang
	9	Negla	32.07	S. Ciloseh
	10	Kokoncong	7.11	S. Cikunir
	11	Sinagar	6.77	S. Cibanjuran

(4) 計画の規模

対象流域の確率日雨量は、表-2.7に示したように50年確率で250mm/dayである。

計画ハイエトグラフは、1986年9月27の実績ハイエトグラフの日雨量が、計画日雨量に等しくなるように拡大して作成した(図-3.8参照)。

河川の土砂流送能力を算定するために用いる計画ハイドログラフは、特性曲線法で算定した。S. CikunirのCikunir Bridge地点の計画ハイドログラフは、図-3.8に示すとおりである。

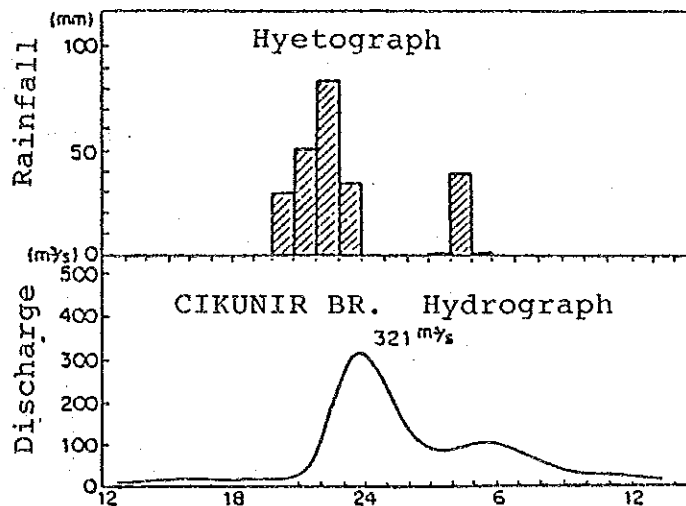


図-3.8 計画ハイエトグラフとハイドログラフ

砂防ダムと床固工の水通し、堤防、護岸工の設計に用いる計画ピーク洪水流量は、合理式により算定した。各河川の基準点等の計画ピーク洪水流量は、表-3.8に示すとおりである。

防災計画における計画規模は、土砂流出特性がS.Cikunir 区域では、年間流出型であるのに対し、S.Ciloseh 並びに南側斜面流域では、一洪水流出型であることを考慮して、次のように設定した。

1) S.Cikunir 区域

1988年以降の年平均流出土砂量を対象として、防災計画の規模を定める。保全対象区域は、表-3.6、図-3.7に示したⅡ区域である。

2) S.Ciloseh 区域および南側斜面区域

一洪水による流出土砂量を対象として、防災計画の規模を定める。

一洪水の規模は、降雨量の年超過確率で評価するものとし、再現年50年を、採用する。

再現年を、50年とした理由は、次のとおりである。

a) ガルングン火山流域と同様に、土砂流出の続く類似流域である東部ジャワ州スマル(Semeru)火山流域の防災計画における計画規模が50年であること。

b) インドネシアにおける河川施設の水通し断面が、50年確率流量を基準に定められていること。

保全対象区域は、S.Ciloseh 区域が、Ⅰ区域、南側斜面区域がⅢ、Ⅳ、Ⅴ区域である。(表-3.6、図-3.7参照)

以上から、水文解析並びに土砂解析結果を元に、施設配置計画決定に必要な基準点並びに補助基準点における基本事項を整理すると、次のとおりとなる。

Area	Kind of Sediment Runoff for Disaster Prevention Plan	Name of River	Name of Site and No. of Reference Point	*1 Catch- ment Area (Km ²)	Design Runoff Sediment Volume by Flood (10 ³ m ³)	Design Allowable Sediment Volume (10 ³ m ³)	Design Excess Sediment Volume (10 ³ m ³)	Design #2 Peak Flood Discharge (m ³ /s)
S. Cikunir		S. Cikunir	Kokoncong (10)	7.11	662	0	662	175
S. Cibanjara	Annual Sediment Runoff	S. Cibanjara	Sinagar (11)	6.77	718	0	718	169
S. Cikunir		S. Cikunir	Cikunir Bridge (3)	24.66	1,380	0	1,380	419
S. Cikunir		S. Cikunir	Bojongparang (4)	84.42	1,380	0	1,380	1,036
S. Ciloseh		S. Ciloseh	Ciloseh	16.93	1,149	-	-	324
Cimampang		Cimampang	Cimampang (8)	14.56	820	-	-	277
S. Ciloseh	Sediment Runoff by Flood	S. Ciloseh	Negla (9)	32.33	1,969	0	1,969	558
S. Ciloseh		S. Ciloseh	Ciloseh Bridge (1)	38.16	1,969	0	1,969	558
S. Ciloseh		S. Ciloseh	Tasikmalaya (2)	63.64	1,969	0	1,969	717
S. Cisaruni		S. Cisaruni	Nagrag (5)	6.26	169	35	134	176
S. Cikupang		S. Cikupang	Kondang (6)	3.40	63	17	46	85
S. Cimerah		S. Cimerah	Cimerah	4.71	272	-	-	124
S. Cipada		S. Cipada	Cipada	2.49	101	-	-	81
S. Cisela		S. Cisela	Cisela	3.21	220	-	-	90
S. Cimerah		S. Cimerah	Bojongpel (7)	10.95	593	59	534	225

Note) *1 () is No. of reference point in Disaster Prevention Plan.
*2 Include sediment discharge (sediment concentration Cs=5%).

3.3.2 チクニール川区域における土砂制御計画

S. Cikunir 区域における土砂制御計画で、最も重要なことは、サンドポケット区域に今後、流入し、堆積する土砂量を推定することと、サンドポケットにおける計画堆積土砂量に対する空容量を決定することである。

(1) サンドポケット区域に今後、堆積する土砂量

表-3.5の期別土砂量を基に、今後の堆積土砂量を推定するため、爆発後の経過年と堆積土砂量の間を、プロットしたものを、図-3.9に示す。

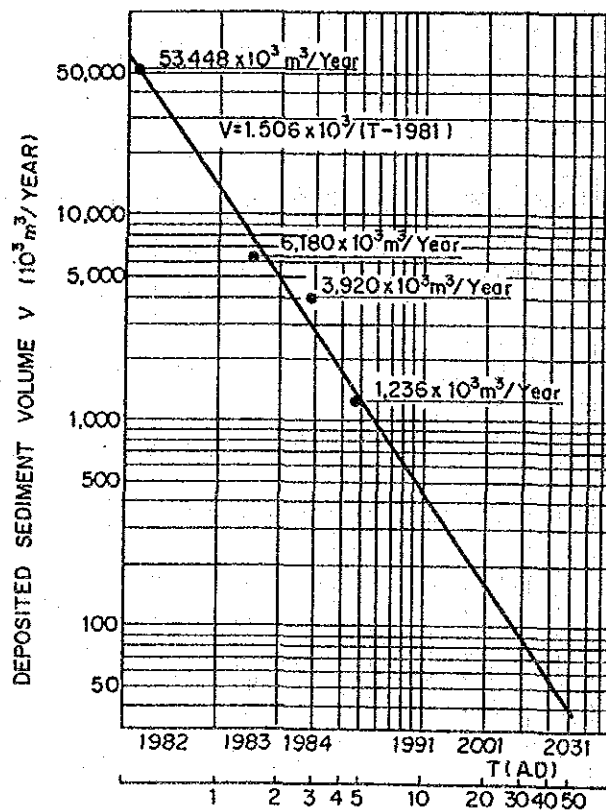


図-3.9 経過年と堆積土砂量との関係

図-3.9に示した経過年と堆積土砂量の間を、1988年以降の堆積土砂量を推定すると、次のとおりとなる。

表-3.9 各経過年における累計堆積土砂量

開始時点からの経過年数	歴 年	歴年における年間堆積土砂量	経過年における累計堆積量
5 年	1992	408 千 m ³	3,328 千 m ³
10 年	1997	223	4,741
20 年	2007	104	6,194
30 年	2017	62	6,976
40 年	2027	43	7,481
50 年	2037	31	7,839

注) 1. 開始時点; 1988年1月

2. 年間堆積土砂量の算定式は、次のとおりである。

$$V = 1.506 (T - 1981)^{-1.537} \text{ (千 m}^3\text{)}$$

V : 年間堆積土砂量 (千 m³)

T : 西歴 (年)

表-3.9より、今後の各年の堆積土砂量は、図-3.10のとおりとなる。

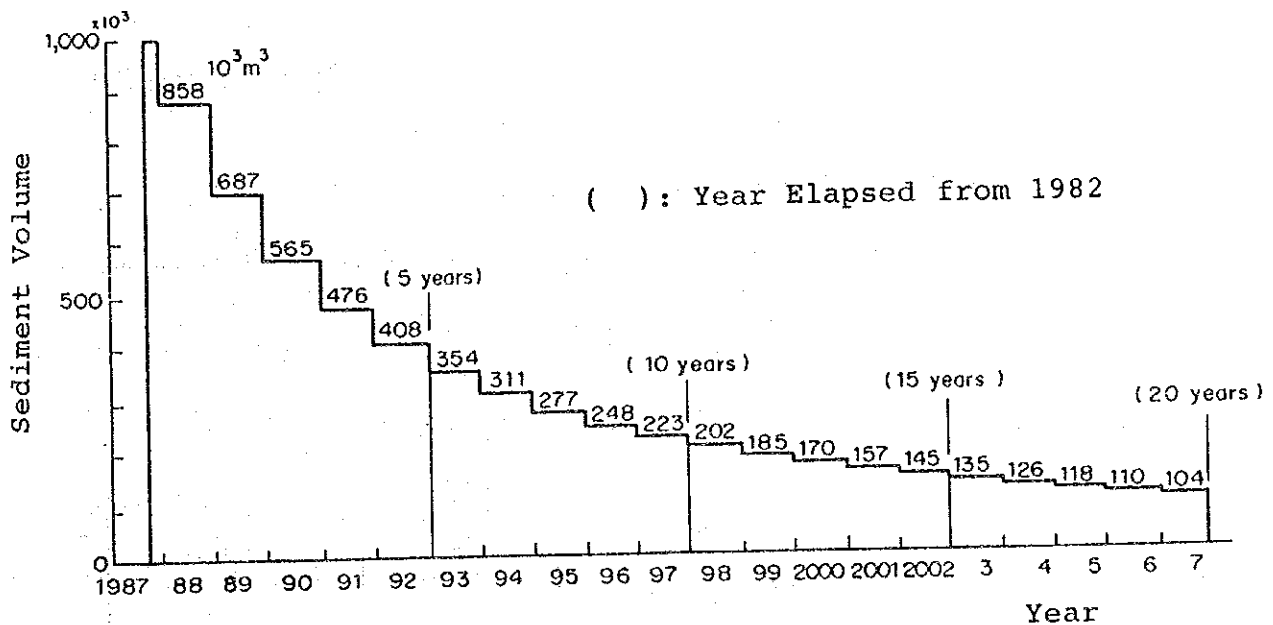


図-3.10 サンドポケットの年間堆積土砂量の傾向

(2) サンドポケットの空容量

表-3.9に示した堆積土砂量に対し、サンドポケットでの堆積可能な容量（これを「空容量(spare capacity)」と称する）を算定した。

空容量の算定は測量成果を基に行ったが、その算出方法は次図に示すとおりである。なお算出に当っては超過堆積土砂量を考慮した。ここで超過堆積土砂量(excess accumulated sediment volume)は、想定した堆砂形状線から、上部に堆積している土量である。

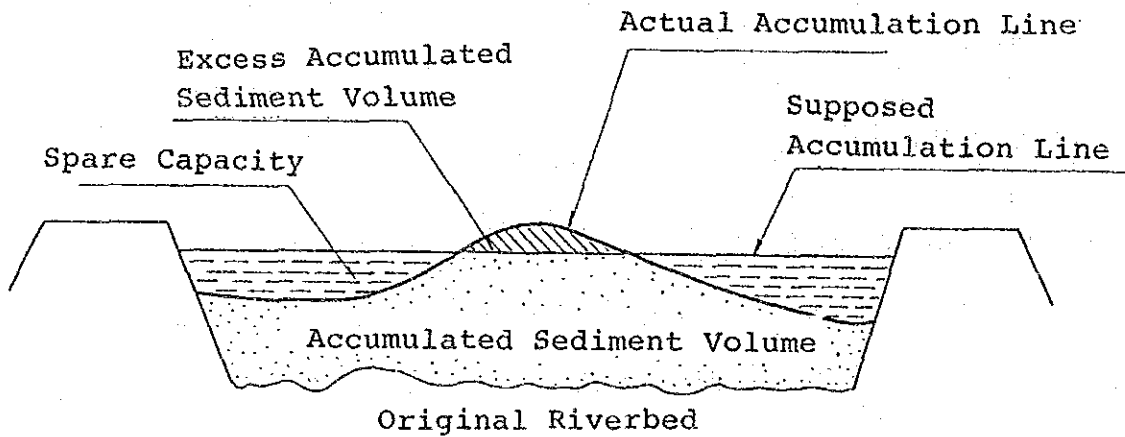


図-3.11 空容量と超過堆積土砂量の説明

サンドポケットチポニョ I (Ciponyo I) 及び Ciponyo II サンドポケットにおける空容量を、まとめた結果を、表-3.10に示す。

表-3.10 サンドポケットの空容量

($10^3 m^3$)

Name of Sand Pocket		Spare capacity (appearance) (1)	excess Sediment volume (2)	Spare capacity (actual) (3) = (1) - (2)
Ciponyo I	Dalam	1,508	1,079	429
	Luar	94	644	-550
	total	1,602	1,723	-121
Ciponyo II		767	15	752
Total		2,369	1,738	631

サンドポケットの空容量は 2,369千 m^3 であり、これに想定した堆砂形状線から上部に堆積している超過堆積土砂量 1,738千 m^3 を考慮すると、残りの空容量は 631千 m^3 となる。

以上のように、サンドポケット区域は堆積が高水準に進み、今後堆積する土砂量に対する空容量が少なくなっており、堤防も局所的に、洗掘、破堤の危険にさらされている。

(3) サンドポケット区域とその上流域における土砂制御計画

サンドポケット区域の土砂堆積状況を考慮して、S. Cikunir区域の土砂制御計画における基本方針は、次のとおりとする。

- 1) 流出土砂に対しては、基本的に、サンドポケットの貯砂容量を確保することにより調節する。
- 2) 砂防ダムを築造することにより、サンドポケット上流部における大規模な土砂堆積の平滑化、土砂流の流向調節、河道の安定化を図る。
- 3) 堤防については、余裕高の不足している箇所、洗掘が進んでいる箇所及びその危険の大きい箇所の補強を行う。

以下に、これらの施設計画について述べる。

a) サンドポケット区域の処理土砂量

サンドポケットにおいて、処理すべき計画土砂量は、今後長期的に流入、堆積する土砂量（表-3.9、図-3.9参照）と大規模な土砂流出に対応するための防災上、必要な空容量を合計した量とする。防災上必要な空容量は、表-3.5に示したサンドポケットの期別堆積土砂量の1985年8月から1987年8月までの堆積土砂量1,236千 m^3 に、約10%の余裕並びに一洪水による流出土砂量1,380千 m^3 を考慮し、1,400千 m^3 と設定した。

防災計画上での土砂処理期間を10年間、15年間、20年間とした場合の流入堆積土砂量と年間処理土砂量の関係は表-3.11、図-3.12に示すとおりである。

表-3.11 サンドポケットCIPONYO 1及びCIPONYO 2の
土砂処理期間別の計画処理土砂量

Proposed Management Period	10years	15years	20years
Period	1988 -1997	1988 -2002	1988 -2007
Design Spare Capacity	1,400	1,400	1,400
Design Deposited Sediment Volume ($10^3 m^3$)	4,741	5,601	6,194
Management Sediment Volume ($10^3 m^3$)	6,141	7,001	7,544
Annual Management Sediment Volume ($10^3 m^3$)	614	470	380
Excess Sediment Volume for Annual Management Sediment Volume ($10^3 m^3$)	651	1,040	1,428

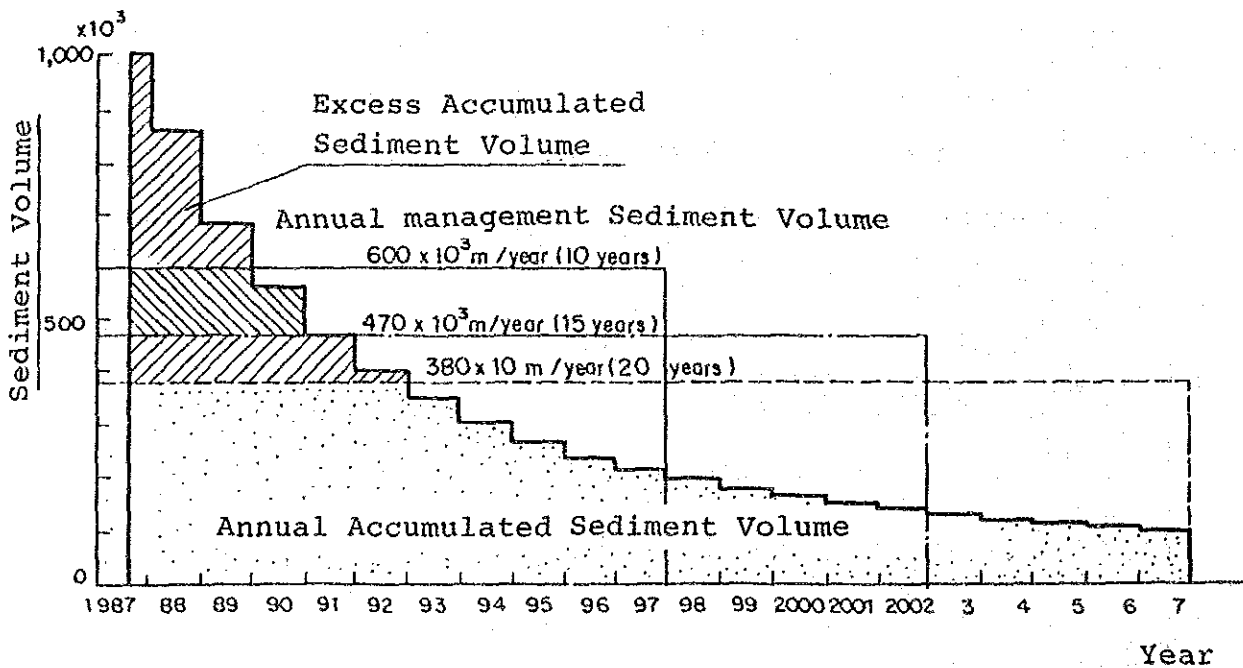


図-3.12 プロジェクト工期別の計画処理土砂量

図-3.12で、年間堆積土砂量が年間処理土砂量を超える量を、超過土砂量とする。この土砂に対しては、一時的に、サンドポケット内の死水域に仮置きして対処する。表-3.11によると、土砂処理期間が長くなる程、超過土砂量が多くなることから、土砂処理期間は、10年とし、計画年間処理土砂は、次の理由により、614,000m³とする。

- i) 614,000m³の計画年間土砂処理量は、サンドポケットの死水域の大きさを考慮すると、建設機械が施工可能な最大の規模の量である。
- ii) 土砂処理期間が長くなるほど防災上の経済便益は小さくなる。
- iii) Cikunir 流域は、現在においても噴火による堆積土砂が残存し、これらの大規模な土砂流出が懸念されるため、防災上、早急に空容量を確保する必要がある。

以上の検討からサンドポケットCiponyo IおよびCiponyo IIにおける計画処理土砂量は、次のとおりとなる。

- a. 10年間の計画処理土砂量； 6,141,000m³ (a = b + c)
- b. 堆積土砂量； 4,741,000m³ (10年間)
- c. 防災上、必要な空容量； 1,400,000m³

サンドポケットの堆積土砂を処理する方法として、表-3.11に示す3つの代替案を考え、比較・検討した結果、堤防高上げ案と骨材生産案を選定し、次章において更に、詳しく検討した。表-3.12の代替案の比較・検討の詳細は、本章の終わりに「参考-1：サンドポケットの堆積土砂処理計画のための比較・検討」として、示している。

表-3.12 サンドポケットの堆積土砂処理方法の代替案

代替案	土砂処理の方法	運搬先	骨材としての利用の有無
堤防高上げ案	堤防の高上げ	なし	無
投棄案	サンドポケットの掘削 + 積み出し、運搬	S. Ciwulan または海	無
骨材生産案	サンドポケットの掘削 + 骨材生産、運搬	ジャカルタ	有

b) 砂防ダム及び床固工の築造

砂防ダムはサンドポケットに流入する土砂の軽減、土砂堆積の調節（広く、薄く堆積させること）を目的として築造する。

床固工は、チクニール川とチバンジャラン川に1基ずつ、砂防ダムは、その上流域に2基ずつ、築造するものとした。

表-3.13 砂防ダム一覧 (S. Cikunir区域)

Name of River	Name of Facility	Altitude of Construction site (E.L. m)	Control Sediment Volum (10 ³ m ³)
S. Cikunir	CKN-3*	605	13.0
	CKN-4	615	15.4
	CKN-5	630	17.7
S. Cibangaran	CBJ-3*	605	36.1
	CBJ-4	635	9.1
	CBJ-5	655	83.4
Total	—	—	174.7

*) 床固工

(4) サンドポケットCiponyo II区域における河道安定化計画

上流域からの流入土砂の大部分は、サンドポケットCiponyo Iに堆積するが、細粒分は掃流砂、浮遊砂としてCiponyo Iから下流のCiponyo IIへ流下し、堆積している。この堆積土砂はCiponyo IIのチクニール川側に多く見られ、その堆積区域は、サンドポケットCiponyo I Luarの下流約4 kmの区間に、亘っている。また土砂の堆積幅は上流部で300 ~ 700 m、下流部で100 ~ 300 mと広いことから、流路の位置が洪水毎に、変化している。

Ciponyo IIには数千人の住民が居住しており、特にチバンジャラン川側は、堆積土砂も少ないことから、農地の復旧が進んでいる。洪水時には、居住区域へも土砂、流水が流入し、被害が生じている（図-3.13参照）。

さらに、チバンジャラン川とチクニール川の合流点付近では、溪岸崩壊が見られる。

以上の現況を、考慮して、Ciponyo II区域においては、河道の安定化のために次の対策工を計画した。

- 1) Ciponyo II内の河道の安定化のためチクニール川とチバンジャラン川の両川に、床固工を計画する。
- 2) 合流点付近の溪岸崩壊の防止、水衝部の保護を目的とし、護岸工を計画する。

床固工は、各河川に2基ずつ配置するものとする。

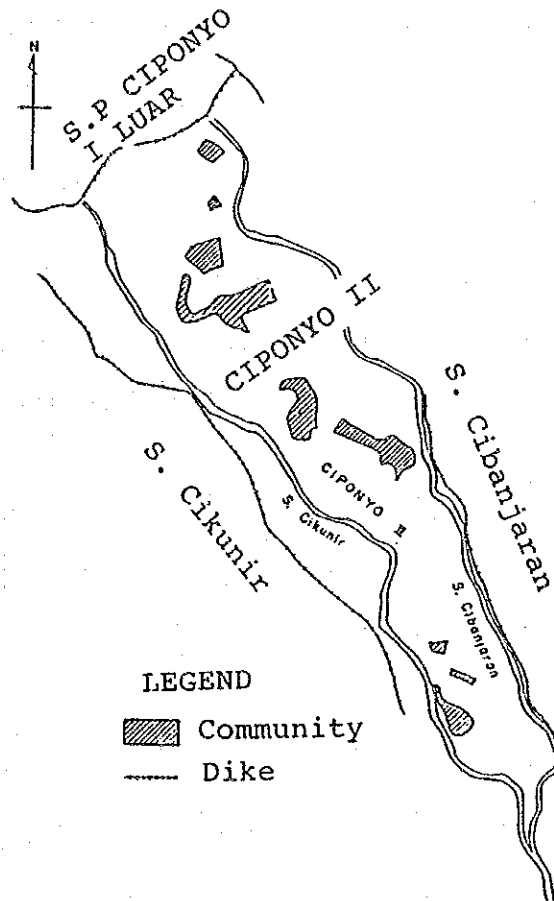


図-3.13 チポニョIIサンドポケット内の集落

3.3.3 チロセ川区域における土砂制御計画

S. Ciloseh 区域の土砂制御計画の基本方針は、次のとおりとする。

- 1) 表-3.8 に示した一洪水流出土砂量1,969 千 m^3 に対し、既存のサンドポケットおよび上流ダム群で調節する。
- 2) 土砂生産の抑制、土砂流出の低減のため、砂防ダムを配置する。
- 3) サンドポケットについてはS. Cikunir 区域と同様に掘削、積み出し、運搬により、容量を確保する。
- 4) サンドポケットの堤防のうち局所的に、洗掘、法面崩壊が見られる箇所に対しては、改修を行う。

(1) 砂防ダムの築造

チロセ川流域には、Basic Planに基づいて砂防ダムが数基、築造されたが、1987年8月時点までに、これらの砂防ダムは土石流によってすべて破壊された。以上の状況を考慮し、サンドポケットの上流河道に堆積している不安定土砂の抑制、堆積土砂流出の低減のために、チロセ川に3基、支川チマンパン川に2基、計画する。

砂防ダムの諸元を示すと、次のとおりとなる。

表-3.14 砂防ダムの諸元 (S. Ciloseh区域)

Name of River	Name of Facility	Altitude of Construction Site (EL. m)	Design Control Sediment Volume ($10^3 m^3$)
S. Ciloseh	CLS-1	535	14.5
	CLS-2	555	23.4
	CLS-3	585	24.5
s. Cimampang	CMP-1	540	63.3
	CMP-2	590	22.5
T o t a l	—	—	148.2

(2) サンドポケット区域における土砂処理

サンドポケットNegla 及びCimampang における堆積土砂の処理は、S.Cikunir 区域のサンドポケットと同様に、10年間で行うものとした。

超過確率は、50年とし、このときの一洪水流出土砂量は、1,969 千 m^3 であるので、これを基に、10年間で処理する土砂量を再現確率（50年）に対する処理期間（10年）の比で求めると394千 m^3 となる。

S.Ciloseh 区域におけるサンドポケットにおける土砂処理概要は、次に示すとおりである。

表-3.15 サンドポケット Negla及びCimampang
の計画処理土砂量 (S.Ciloseh 区域)

Design Control Sediment Volume (1) ($10^3 m^3$)	1,969
Design Management Period (2) (Years)	10
Design Management Sediment Volume (3) ($10^3 m^3 / 10 \text{ years}$)	394
Design Annual Management Sediment Volume (4) ($10^3 m^3 / \text{years}$)	40

表-3.15によると、1年間当りの土砂処理量は、4万 m^3 となる。

3.3.4 南側斜面区域における土砂制御計画

前述したように南側斜面区域の河川の土砂流出特性は、S.Ciloseh 区域と同様に、河状が比較的、安定している。しかし、チサルニ川、チクパン川及びチメラ川（支川を含む）の3河川においては、溪岸崩壊箇所が見られたり、河道に不安定土砂が堆積しており、これらによるかんがい用水Cikunten Iのかんがい取水施設、かんがい水路への被害を未然に防ぐ必要がある。

以上から、南側斜面区域においては、上記の3河川についてのみ、土砂制御計画を立案するものとし、一洪水の計画超過土砂量に対し、砂防ダムの築造で対処するものとした。なお、南側斜面区域の既存の砂防ダムは、チメラ川の1基のみである。

計画超過土砂量と砂防ダムの基数を、表-3.16に示す。

表-3.16 南側斜面区域における砂防ダム

Name of River	Design Excess Sediment Volume	Number of Check dam	Name of Check dam
S. Cisaruni	134 10 ³ m ³	5	CSR - 1 ~ 5
S. Cikupang	46	3	CKP - 1 ~ 3
S. Cimerah	534	5 (existing 1)	CMR - 1 ~ 5
S. Cipada (S. Cimerah)		2	CPD - 1 ~ 2
S. Cisela (S. Cimerah)		6	CSL - 1 ~ 6

3.4 火口湖対策計画

ガルングン火山の噴火活動は、1983年1月に終息したが、この活動により火口湖が形成され、水位の上昇による火口壁の決壊あるいは再爆発の際の熱水越流、熱泥流の発生に伴う災害の危険性が生じたため、地元タシクマラヤはもとよりインドネシア全体の大きな社会問題となった。

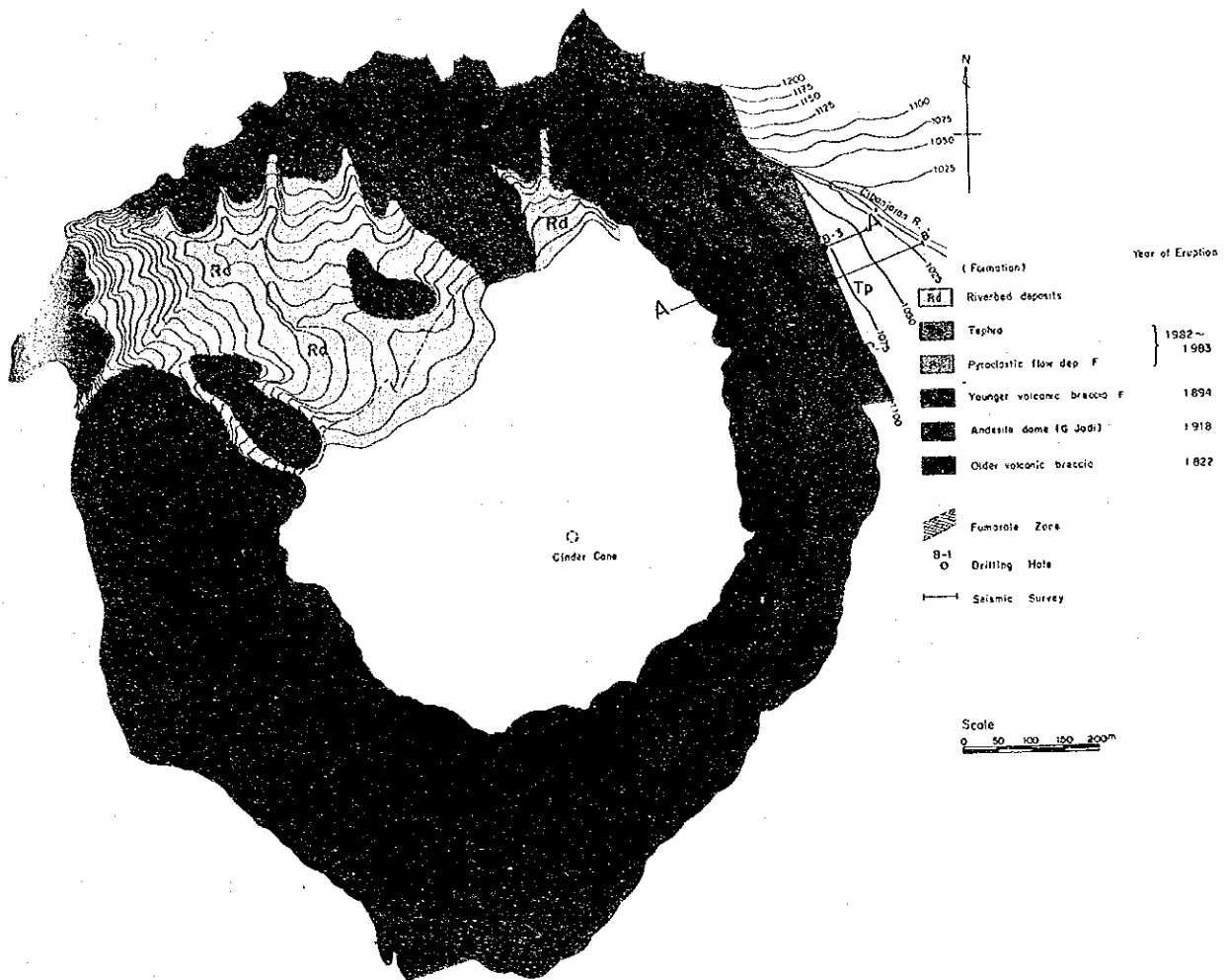
このため火山調査所 (Directorate of Volcanology) が中心となって1986年から具体的調査に着手し、ガルングン工事事務所でも、1987年4月に水位観測のための量水標を設置している。

JICA調査団は、火口湖における水収支の把握のために自記水位計と雨量計を設置し、1987年9月より観測した。また火口湖の排水工のための予備調査として、ボーリング(3孔、総延長; 200 m)と物理探査を実施し、火口壁の地質状況を調査した。

3.4.1 地質

火口湖周辺の地質は、第4紀の火山砕屑岩と堆積物から成る。図-3.14に地質平面と地質断面を示す。

PLAN



SECTION A-A'

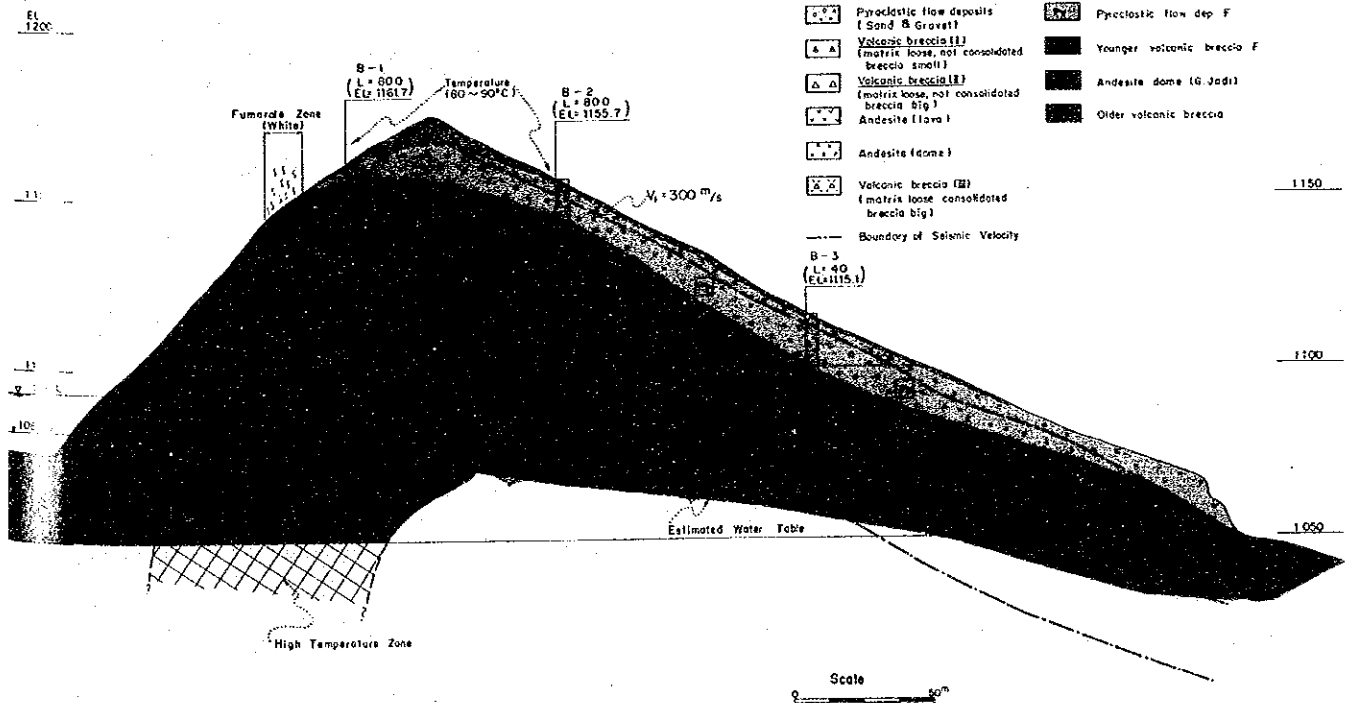


图-3.14 地質平面と地質断面

地質層序をみると、古い順に、1) 古期火山角礫岩 (Ob) 2) 安山岩ドーム (Ad) 3) 新規火山砕屑岩 (Yb) 4) 火砕流堆積物 (Py) 5) 火山灰 (Tp) の5層となる。

地質断面からもわかるとおり、安山岩を除くすべての基盤は、20~30度の角度で、傾斜している。

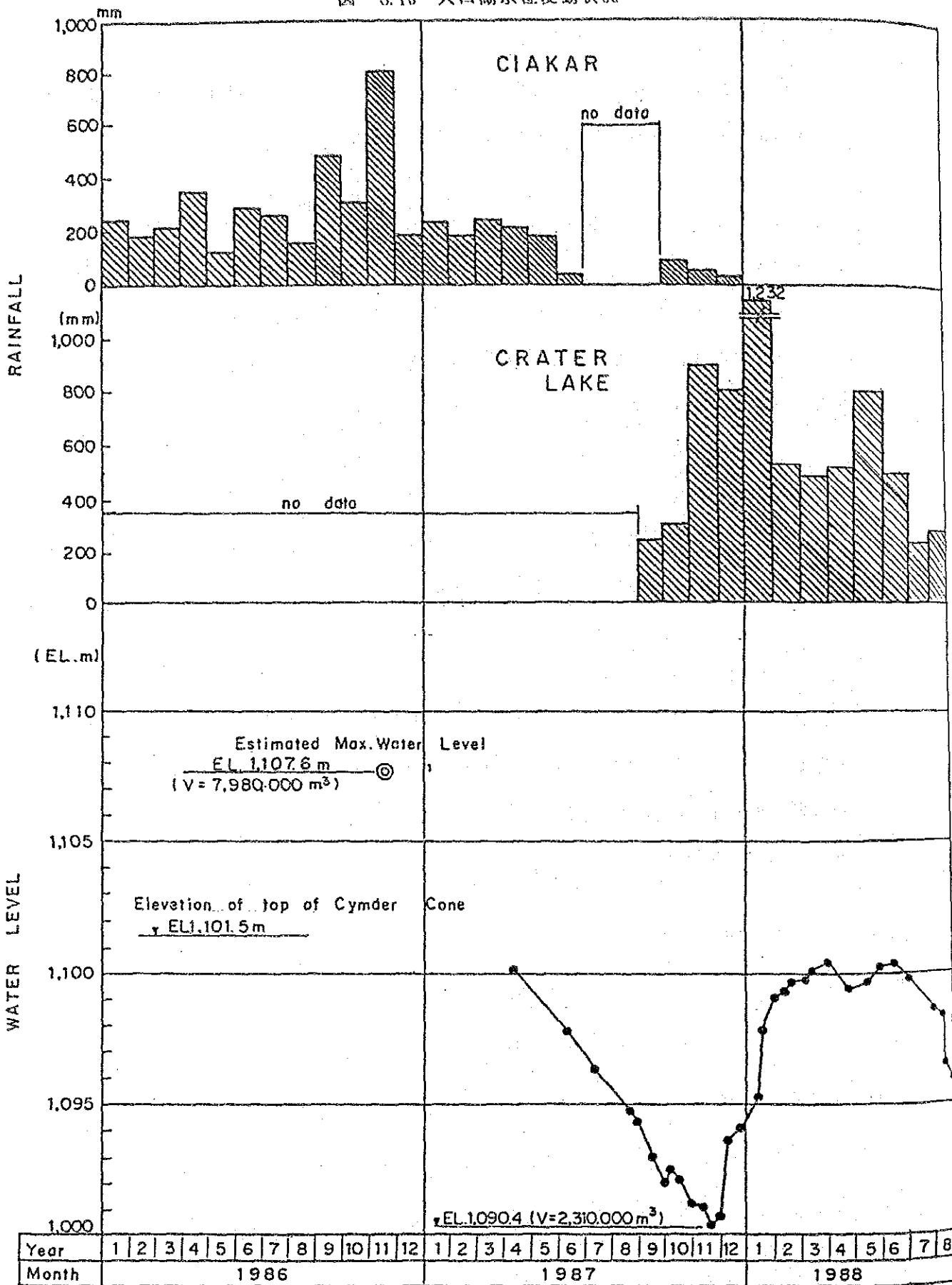
現地踏査、ボーリング、物理探査等の結果を基に、火口壁の地質の特徴、施工面での留意事項を述べると次のとおりとなる。

- 1) ボーリングのコア試料と弾性波速度 (max 2.30km/s) から判断して、岩盤強度は小さい。安山岩を除く他の基盤は、ルーズで未固結の状態である。
- 2) 基盤は、透水性が高く、透水係数 (k) は $k = 10^{-3}$ オルダーである。
- 3) ボーリング孔の B-1, B-2 からは、80℃~90℃の噴気が見られたが、これは火山活動の影響がまだ残っているためと判断される。
- 4) 噴気的气体分析の結果、CO₂ と SO₂ の有毒ガスが検出され、トンネル工等の工事に当たっては、十分な換気が必要である。

3.4.2 火口湖水位の変動状況

水位観測が開始された1987年4月以降の火口湖の水位変動状況を月雨量とともに、図-3.15に示す。これによると、1987年11月までは、下降傾向を示し、11月の火口湖水位は1,090 mである。11月以降は上昇傾向を示し、1988年6月に1,100mのピーク水位を示した後、下降傾向となっている。

図-3.15 火口湖水位変動状況



水位の観測資料が、1987年4月から約1年間、得られるのに対し、雨量資料は、1987年9月からの約6ヶ月間しか、得られない。火口湖の水収支を把握するためには、少なくとも1年以上の資料が得られることが望ましいが、1988年2月までの資料を用いて解析した結果をまとめると、次のとおりとなる。

解析結果の詳細はサポーティングレポートIIに示すが、その概略を述べると次のとおりとなる。

- 1) シミュレーション期間 ; 1987年4月～1987年12月
(但し、1986年11月の推定既往最高水位を含む)
- 2) 基本データ ; 火口湖水位並びにタシクマラヤの降雨
- 3) シミュレーションの方法 ; タシクマラヤの雨量から月平均流入量を求め、火口湖実績水位に計算水位が近似するよう浸透量を種々、変化させる。

シミュレーション結果を基に、タシクマラヤの1963年から1986年(1年欠測あり)までの月雨量資料を用いて、火口湖水位の変動状況を計算したものが図-3.16である。なお、対象期間の流入土砂量は、無視している。

図-3.16によると、火口湖の最高水位は1,105 m (総貯水容量で710 万 m^3)となっている。

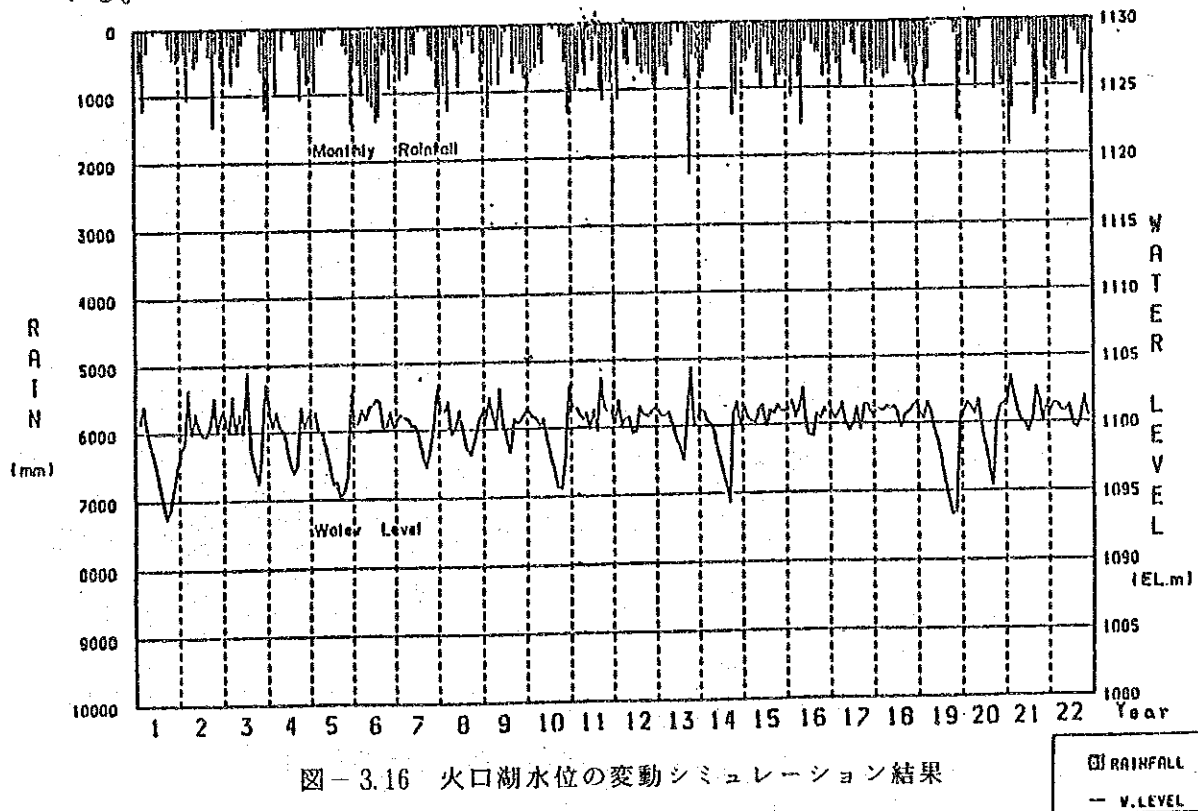


図-3.16 火口湖水位の変動シミュレーション結果

3.4.3 火口湖対策工の設計水位

火口湖対策工は、火口湖に溜まっている水を、排水することに他ならない。

(※)

排水計画の水位（設計水位）は、50年間の火口湖への流入土砂量(750,000m³)が堆砂したときの、堆砂位EL 1,082.5mに設定した。

排水工は東部ジャワ州クルー火山における施工例を考慮して、呑口部のサイホントネル（標高別に4本設置）と排水トンネルの組み合わせを採用した。

なお、呑口部のサイホントネルの位置は、サイホンによる揚水量（揚程）、水位変動シミュレーション結果を基に定めた。

排水工は、火口壁の厚みを考慮して、排水工延長が短いチバンジャラン川側に計画した。

3.4.4 排水対策工

排水する方法としては、火口壁にトンネルを通して排水する案（排水トンネル案）、火口壁を開削して開水路として排水する案（開水路案）、ポンプにより揚水し、排水する案（ポンプ排水案）が考えられ、これらの3案について概略検討を行った結果、排水トンネル案を、採用した。

以上の3案に関する検討経緯は、「参考-2：火口湖対策工の代替案の検討」として、本章のおわりに示してある。

排水トンネル案の概要を示すと、図-3.17のとおりとなる。

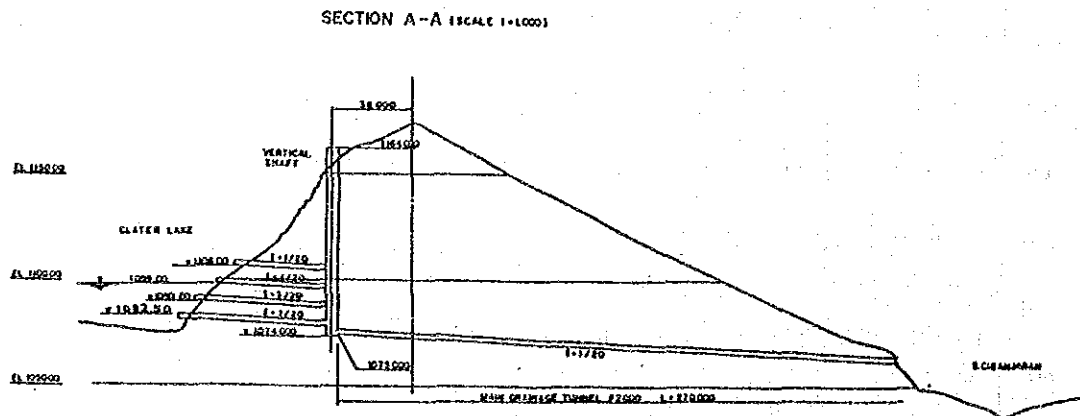


図-3.17 排水トンネルの概要

$$(※) V = V_{50} \times \frac{V_c}{V_s} \approx 750,000 \text{ m}^3$$

V : 火口湖堆積土砂量 (50年間)

V_{50} : サンドポケット区域推定50年堆積量 ($7,839 \times 10^3 \text{ m}^3$)

V_s : サンドポケット区域実績堆積量 ($17,776 \times 10^3 \text{ m}^3$)

V_c : 火口湖実績堆積量 ($1,693 \times 10^3 \text{ m}^3$)

3.5 防災計画

「3.3」においては、ガルングン火山の南東斜面地域における土砂制御計画を、「3.4」においては火口湖における貯留水の排水計画について述べた。防災計画は、これらのハードな対策と、警戒避難システム等のソフトな対策で構成するものとする。

「3.3」で述べた土砂制御計画では、流域別、保全区域別に分けて施設計画を検討したが、対策の内容、工程が共通している流域もある。これらの防災対策の内容の共通性、地域的なまとまり等を考慮して、プロジェクトの構成要素としてプロジェクト・ユニットを考えた。

防災計画を対策内容、プロジェクトユニットで分類すると、図-3.18のとおりとなる。

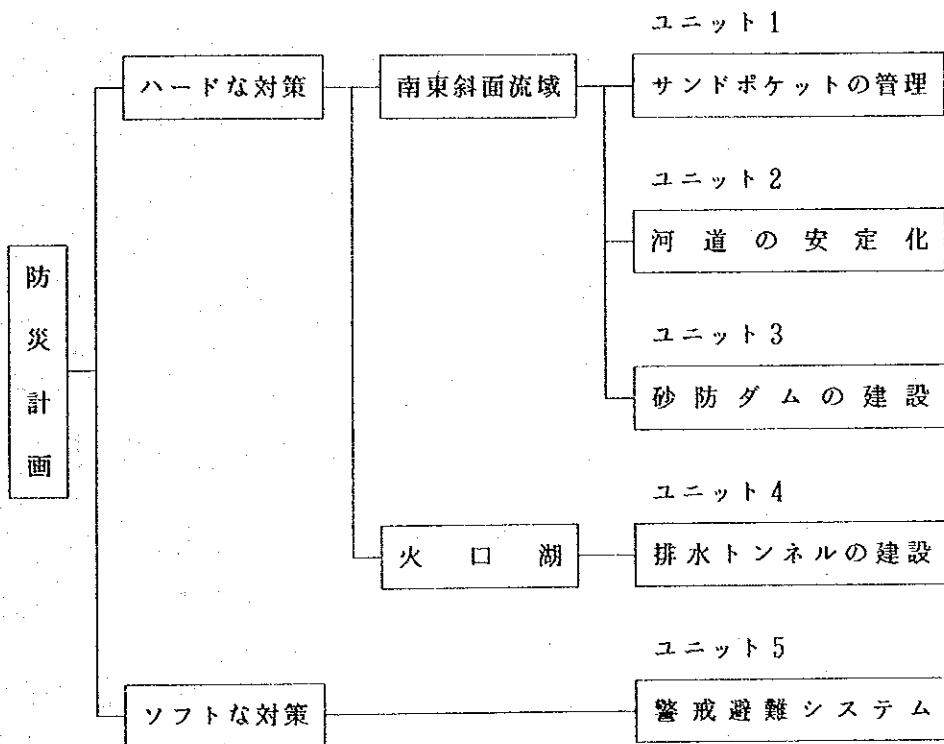


図-3.18 防災計画のプロジェクト・ユニットによる分類

このプロジェクト・ユニットは、工程、地域、河川等によってさらにサブ・ユニットとして分けられる。

上記の対策のうち、ユニット5は、すでに、システムが導入され、一部運用されているが、データの蓄積が充分ではないため、システムの最終的な目標とする警戒避難警報、注意報等の発令までには、至っていない。当調査においては、降雨地域の移動特性の把握と今後の運用面での提言を行っている。

またS.Ciloseh 区域の砂防ダムのうち、S.Ciloseh の砂防ダムは、S.Cimampang の砂防ダムに比べ、河道不安定土砂の堆積状況を考慮した場合、緊急性はないものと判断し、防災プロジェクトからは、除外した。

ユニットを構成するサブユニット、対象区域、施設の種類を整理すると、次のとおりとなる。

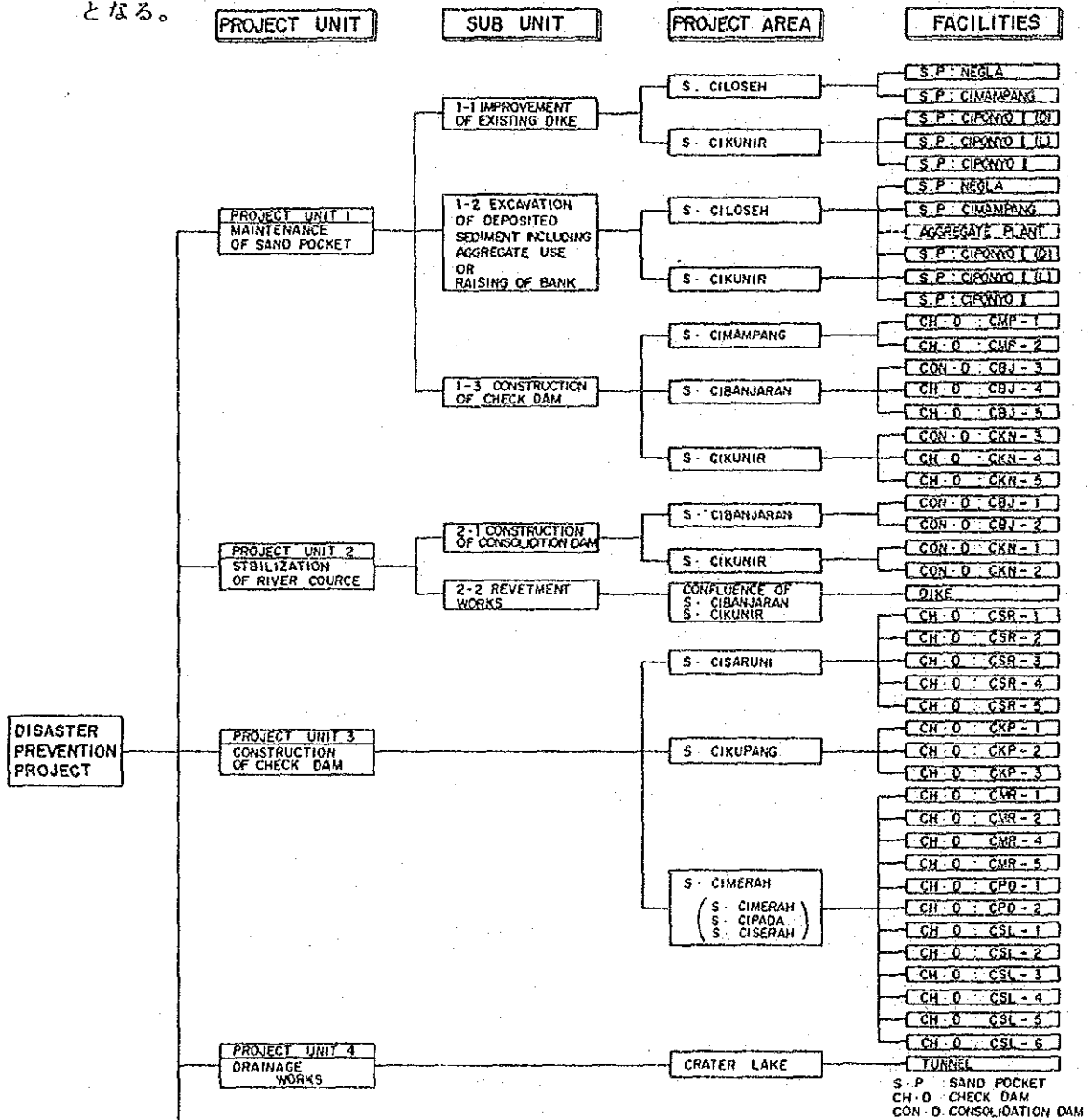


図-3.19 ガルングン火山防災プロジェクトの概要とプロジェクト・ユニット

参考-1 サンドポケット計画容量確保のための比較検討

サンドポケットの堆積土砂を処理として、次の3案を考え比較検討した。計画処理土砂量は10年間で614万m³とした。

表-1 サンドポケットの堆積土砂処理方法の代替案

	代替案	土砂処理の方法	運搬先	骨材としての利用の有無
I-A	堤防嵩上げ案	堤防の嵩上げ	なし	無
I-B	投棄案	サンドポケットの掘削 + 積み出し, 運搬	S. Ciwulan または海	無
I-C	骨材生産案	サンドポケットの掘削 + 骨材生産, 運搬	ジャカルタ	有

代替案I-Aは、容量の確保を堤防の嵩上げ（サンドポケット内貯留）のみで、対処するものである。代替案I-Bは、堤防の嵩上げは行わず、サンドポケット内を掘削することにより、堆積土砂を積み出しチウラン川または海へ投棄しようとするものである。ここで、チウラン川の流砂能力は、土砂解析結果より200万m³（サポーティング・レポート（I）参照）とし、残りの414万m³を海洋投棄とした。代替案I-Cは、代替案I-Bのように、堆積土砂を投棄しないで、堆積土砂を骨材生産し、骨材として有効利用を図るものである。

代替案I-Cに含まれる堆積土砂処理計画の範囲は、骨材プラントによる骨材生産までとする。

代替案の比較結果は、表-2に示すとおりである。

表-2 サンドポケットの堆積土砂処理方法の代替案の比較・検討

項目	代替案 I-A	代替案 I-B	代替案 I-C
概要	①堤防の嵩上げ：3 m ②対象区間：3,497 m	①掘削量：614 万m ³ ②運搬先 a. Sukaraja (27km)200 万m ³ b. 海(Cipatujah) (80.5km)414 万m ³	①掘削量：614 万m ³ ②運搬先：ジャカルタ ③骨材プラント (300t/h)：1ユニット
建設コスト (百万Rp)	①嵩上げ；3,128 ②維持費；3,822 ①+②=6,950	①掘削；11,435 ②運搬；72,441 ①+② 83,876	①掘削； 11,435 ②フルイ、洗浄、運搬29,485 ①+② 40,920
コメント	a. 堆積土砂量が多いため、災害ポテンシャルが著しく高くなる。 b. 用地買収の必要がなく、施工も容易	a. 河川への投棄は河川の流砂バランスを著しく変化させる恐れがある。 b. 水質面からの環境汚染対策が必要となる。	a. 輸送力の増強の必要がある。 b. 骨材として利用した場合のコスト、販売収入 ①+② ; 40,920 ③積み込み運搬 ; 36,078 ④積み降ろし、貯蔵 販売費用 ; 8,290 ①~④計 ; 85,287 骨材販売収入 ; 82,904 合計 ; 2,383
総合評価 順位	○	×	○

表-2に示すように、代替案I-Aは、堤防を嵩上げすることにより、堆積土砂を増大させることになり、災害ポテンシャルが、増加することとなるが、建設コストは他の2案と比べ、格段に安い。

代替案I-Bは、河川の土砂バランスがくずれ、河状の悪化の恐れがあること、水質面でも問題があることから、技術的に、採用しがたい。

代替案I-Cは、掘削土を骨材として利用することから、建設コストは高いものの、骨材販売収入を考慮すると3案のうち最も安いコストとなり、最も望ましい処理案と考えられる。

3案を比較検討した結果、代替案I-C(骨材利用案)と代替案I-A(堤防嵩上げ案)の2案を対策案として選定し、次章において更に詳細に検討することとする。

参考-2 火口湖対策工代替案の検討

火口湖対策工は、火口湖に溜まっている水を、排水することに他ならない。排水する方法としては、火口壁にトンネルを通して排水する案（排水トンネル案）、火口壁を開削して開水路として排水する案（開水路案）、ポンプにより揚水し排水する案（ポンプ排水案）が考えられ、これらの3案について概略検討を行った。

概略検討に際して、考慮した事項は、次のとおりである。

- 1) 火口壁の火口湖側には、約150 mの区間に亘って、高温ゾーンが存在する。
- 2) 施設は、火口壁の厚みを考慮してチバンジャラン川側に計画する。
- 3) 火口壁の外壁（チバンジャラン川側）の地質条件は、ルーズであり、また内壁（火口湖側）は、クラッキーであり、崩壊等の恐れがある。
- 4) 有毒ガスの発生が予測される。
- 5) 建設資材の輸送方法
- 6) 設計水位は堆砂位まで、低下させるものとし、50年確率流入土砂量75万 m^3 を考慮し、1,082.5 mとする。

代替案の概要を述べると、次のとおりとなる。

a. 排水トンネル案（代替案II-A）

クルー（Kerut）火山の火口湖と同様に、呑口部のサイホントンネル（標高別に数段設置）と排水トンネル（1本）との組み合わせとする（図-3.15参照）。トンネルの施工の場合、高温ゾーンにおける施工が困難と予想される。

b. 開水路案（代替案II-B）

火口壁の地山を開削する案であり、開水路で排水する。掘削勾配は1:1.0とする。

c. ポンプ排水案（代替案II-C）

ポンプによって、火口壁頂上まで揚水（揚程100 m）し、地山に沿って自然流下させる案である。

上記の比較検討結果を示すと、表-3のとおりとなる。

表-3より、建設費を考慮して、火口湖対策工として、排水トンネル案（代替案II-A）を選定した。

表-3 火口湖対策工の代替案の比較検討結果

Item	Alternative II-A	Alternative II-B	Alternative II-C
Specification	Tunnel (I)=2.0 m L=383.0 m Vertical tunnel (II)=4.0 m L= 43.0 m Cooling plant 2 unit	Open channel w=1.5 m	Drainage pump 4 m ³ /min 132 kw Pipe line length 500m (D=30cm) Electric Equipment
Quantity	Excavation 2,480.0 m ³ Corrugate pipe 2.0 m 383.0 m Corrugate pipe 4.0 m 43.0 m Cooling time 4,500 hour	Excavation 1,202,000 m ³ Slope protection 40,700 m ³ Transportation of Sand & Gravel 1,443,000 m ³	Excavation 800 m ³ Drainage pump 9 unit Electric control board 9 unit Pipe line 500 m Electric Work 1 unit
Construction Cost (Rp x 10 ⁶)	2,640.6	7,370.7	4,630.5
Evaluation	1	3	2

4. ガルングン火山防災プロジェクト

ガルングン火山防災プロジェクトは、ガルングン火山南東斜面に堆積した土砂の再移動による災害、ならびに火口湖における火口壁の決壊に伴う貯留水および土砂流出ならびに爆発に伴う熱水越流等による災害を防止することを目的として実施される。

このプロジェクトを実施するに当たって、地域的特性、プロジェクトのまとまり、性格等を考慮して、5つのプロジェクト・ユニットを立案した。

これらのプロジェクトユニットに関する防災施設の予備設計を行い、施設の諸元を定めるとともに、施工計画の立案、工事数量の算出を行い、事業費を算出している。

4.1 プロジェクトの概要

ガルングン火山防災プロジェクトの実施に当たって、考慮したプロジェクトユニットの概要は、次に示すとおりである。

(1) サンドポケットの維持管理（ユニット1）

チクニール川、チロセ川流域のサンドポケットの約15.5kmの堤防を補強、かさ上げする。チクニール川流域のサンドポケットより 6,141千 m^3 の堆積土砂、チロセ川流域のサンドポケットより 394千 m^3 の堆積土砂の合計 6,535千 m^3 を10年間で掘削または堤防かさ上げで処理する。掘削された土砂は、骨材としてジャカルタへ輸送する。チクニール川、チバンジャン川及びチマンパン川上流域に砂防ダムを6基と床固工を2基建設する。

(2) サンドポケット内の河道安定化（ユニット2）

チクニール川流域にあるサンドポケットCiponyo II内に、2ヶ所の床固工を建設することにより、河道の安定をはかる。又、チクニール川とチバンジャン川との合流点の護岸 1.7kmを補強することにより、護岸の侵食防止をはかり、洪水流をすみやかに下流に流下させる。

(3) ガルングン南斜面の砂防ダム築造（ユニット3）

ガルングン火山南斜面に位置するチサルニ川、チクパン川およびチメラ川の3流域に砂防ダムを合計20基建設することによって、かんがい用水Cikunten Iの取水施設と下流域のシンガバルナ町を、土砂流から防御する。

(4) 火口湖の排水工（ユニット4）

火口湖の水を、排水トンネル（延長 665m）によって、チバンジャラン川に排水する。この排水工の目的は、将来、ガルングン火山噴火により発生すると予想される湖水の越流による災害と雨水が流入により湖水位が上昇することによって火口湖外壁が崩壊し、洪水流となって流下する災害を防御するためである。

これらのプロジェクトユニットの施設を示すと図-4.1のとおりとなる。

(5) 警戒避難システム（ユニット5）

ユニット1からユニット4までのハードな対策のほかにソフトな対策として、土石流発生に対する警戒情報を関係機関に伝達し、住民の避難を促し、人命被害を未然に防ぐことを目的として、本システムを防災対策のプロジェクト・ユニットとして考えた。

本システムは、降雨、水位等の観測並びにデータの蓄積、処理を行うための観測システムと観測でえられた土石流発生の予測情報を地域住民に連絡する情報伝達システムより構成される。

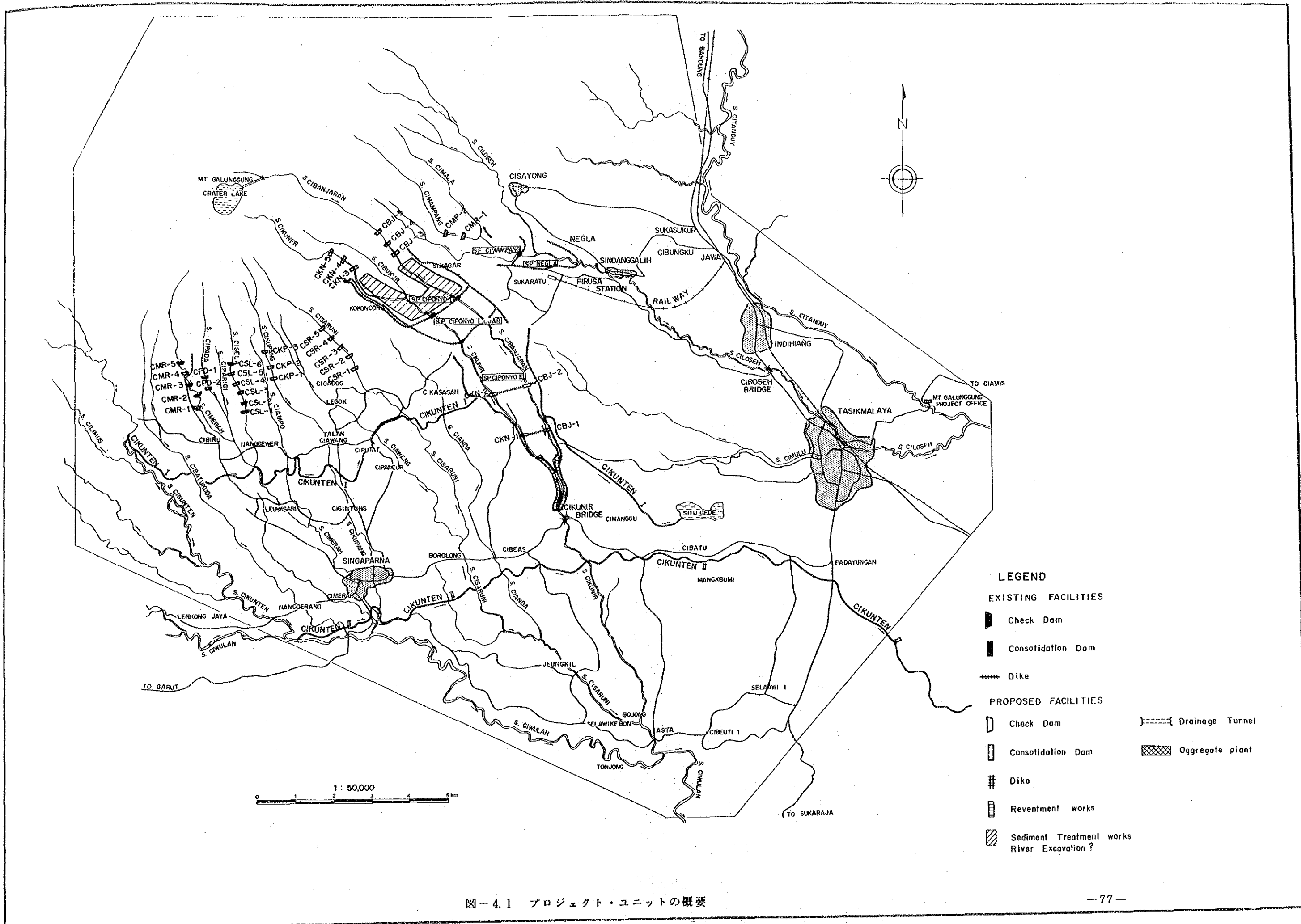


図-4.1 プロジェクト・ユニットの概要

4.2 サンドポケットの維持管理

4.2.1 概要

現地踏査の所見によると、チロセ川流域、チクニール川流域のサンドポケットは、満砂状態であり、また堤防高の不足や洗掘が至る所に見られ、防災上、危険な状況にある。特に、チクニール川流域のサンドポケットは、将来10年間に於いて約4,741千m³の土砂流入が推定され、緊急に対策が必要である。サンドポケットの維持管理は、次に示す工事を行う事によって、サンドポケットの機能を、回復させるものである。

- (1) 堤防改修工事
- (2) 土砂処理工事
(堆積土砂の掘削、搬出または堤防かさ上げ)
- (3) 砂防ダム工事

4.2.2 堤防改修工事

(i) 堤防高

各サンドポケットの必要堤防高は、次に示す条件によって検討し、その結果は表-4.1に示すとおりである。この条件は、次項において述べる堤防かさ上げ案にも適用する。

- a) 堤防高は、50年確率洪水流量が流下する水位（計画高水位）に、余裕高 1.0mを加えた高さ以上を確保する。
- b) 水位を算定する際に、必要となる計画河床勾配は、現況の河床勾配を考慮して設定する。
- c) Ciponyo I Dalamの上流域は、河床勾配が、約1/30となっており、この勾配の場合、土石流が発生する事が予想される。このため、堤防高さは土石流による衝撃高さに、余裕高さ 1.0mを加えた高さ確保する。計算過程は、サポー

ディング レポート (Ⅲ) を参照されたい。

表-4.1 堤防の高さ

Name of Basin	Design Peak (m ³ /s) Flood Discharge	Riverbed Gradient	Height of dike (m)
Ciloseh Basin	Negla	1/35	3.0
	Cimampang	1/69	3.0
Cikunir Basin	Ciponyo I Dalam	1/25	3.0
Cibanjuran Basin	Ciponyo I Luar	1/55	3.0
	Ciponyo II	1/70	2.5

(2) 堤防標準断面

堤防標準断面は法面の安定解析の結果、堤外の法勾配を1:1.5とし、蛇かごによる法面補強を行う。また堤内の法勾配は1:2.0とし、植生による法面補護を行う。さらに堤外地側には、流水による法面底部の洗掘防止のため、水制工を配置する。堤防の標準断面を、図-4.2に示す。

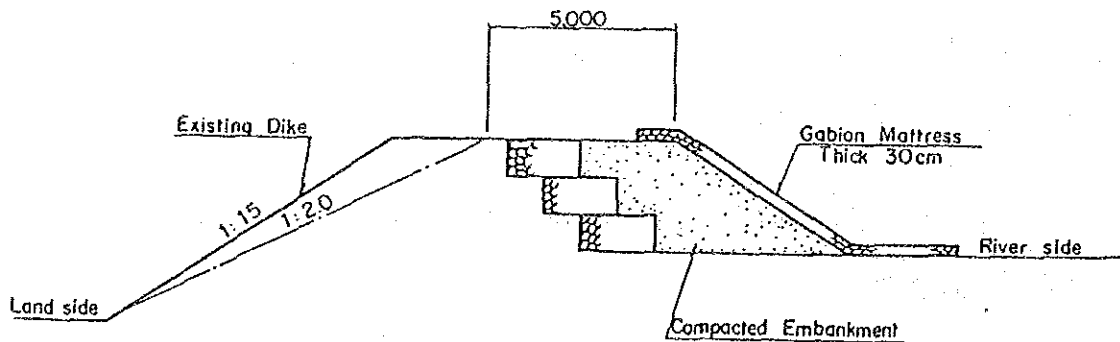


図-4.2 堤防標準断面

堤防改修延長及び堤防かさ上げ区間を、表-4.2に、その配置を、巻末の図面2に示す。

表-4.2 堤防改修概要

	Length of Improve- ment Dike (m)	Length of Rising Dike (m)	Groyne (m)
1 Ciponyo I Dalam*	1,001	2,108	174
2 Ciponyo I Luar	1,190	900	100
3 Ciponyo II	5,932	500	343
4 Cimampang	1,150	-	57
5 Negla	2,651	-	132
Total	11,924	3,508	806

Note) * Ciponyo I Dalam is the value of Alternative D for the sediment management works shown in 4.2.3.

(3) 堤防改修土工量と掘削位置

各サンドポケットの堤防補修に必要な土量は、185,000m³である。また堤防保護に用いる蛇かご、水制工の骨材量は、38,300m³である。これらの材料は、5つのサンドポケットの内、最も危険な状態にあるCiponyo I Dalamの堤防付近の堆積土を、掘削して用いる。

4.2.3 土砂処理工事

サンドポケットの土砂処理工事の概要は、次に示すとおりである。

(1) 必要処理土砂量

10年間のサンドポケットの必要処理土砂量は、次に示すとおりである。

a) S.Cikunir 区域 (Ciponyo I Dalam) --- 6,141 千m³

b) S.Ciloseh 区域 (Cimampang) ----- 394 千m³

合 計 6,535 千m³

(2) 代替案の設定

現在、サンドポケットから掘削された砂が、鉄道 (PJKA) により骨材としてジャカルタに運ばれている。1987年1月から1987年7月までの月平均輸送量は、10,500 (≒126 千m³/年) である。1987年7月から1988年6月の1年間の総輸送量は 440 千m³であり、月平均で36,600m³となっている。鉄道施設の現況から判断すると鉄道の輸送力は、将来 600千m³に増強することが可能と考えられる。

またサンドポケットに堆積している堆積物は、巨石が多く、これらの処理のためには、骨材プラントの導入が必要である。

以上の背景を考慮して、サンドポケットの土砂処理方法として下記の5つの代替案を設定した。

代替案A；計画処理土砂量(614,000m³)の全量を掘削し、骨雑生産のため骨材プラントまで搬出する。

代替案B；計画処理土砂量(614,000m³)の内、実績最大年間輸送能力(423,000m³)に、プラントロス率(6%)を考慮して求めた量の450,000m³(以下「実績最大年間輸送力相当量」という)を掘削し、骨材生産のため骨材プラントまで搬出する。

残量は、建設機械によって、サンドポケット内に均一に敷き均すことによって貯留する。貯留による河床上昇に対しては、堤防を嵩上げすることで対処する。

代替案C；計画処理土砂量(614,000m³)の内、このほぼ半分に相当する量(300,000m³)に、プラントロス率を考慮して求めた量の319,000m³を掘削し、骨材生産のため骨材プラントまで搬出する。

残量は、建設機械によって、サンドポケット内に貯留する。貯留による河床上昇に対しては、堤防を嵩上げすることで対処する。

代替案D；計画処理土砂量(614,000m³)の内、実績最小年間輸送能力(120,000m³)に、プラントロス率を考慮して求めた量の128,000m³(以下「実績最小年間輸送力相当量」という)を掘削し、骨材生産のため骨材プラントまで搬出する。

残量は、建設機械によって、サンドポケット内に貯留する。貯留による河床上昇に対しては、堤防を嵩上げすることで対処する。

代替案E；計画処理土砂量の全量をサンドポケット内に貯留する。

(3) 運土計画

計画土砂量 6,535,000m³を処理するための各代替案の運土計画を模式化すると、図-4.3に示すとおりである。

a) 河床部の整形による死水域への移動

現在の河床勾配を考慮し、設定した計画河床標高以上にある堆積土砂を、死水域へ移動することにより河床部の整形を行う。

b) サンドポケットの堤防補強

堤防補強工事は、代替案B, C, D, E案においては、サンドポケットCiponyo I Luarと Ciponyo IIを対象に実施する。代替案Aは、計画処理土砂量の全量を骨材として生産するため、堤防補強工事は、これらに Ciponyo I dalam を加えたサンドポケット区域で実施する。

c) サンドポケット内貯留並びに堤防かさ上げ

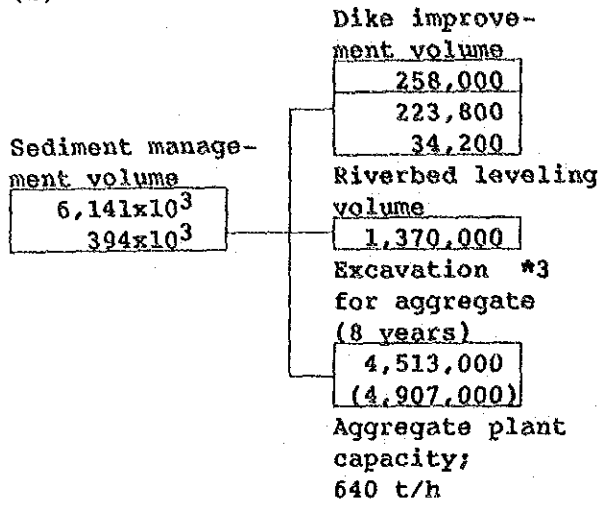
建設機械によって、土砂を計画河床から一様な厚さに敷き均す。敷き均すことによる河床上昇は、堤防のかさ上げで対処する。

d) 骨材プラント

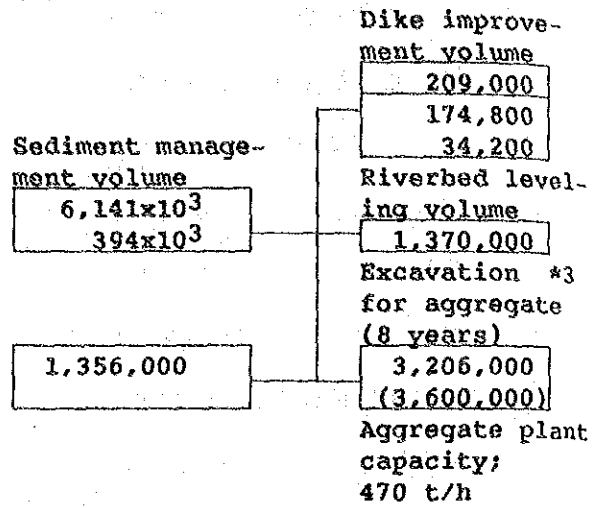
所定の骨材を生産するのに必要な土砂を、サンドポケットで掘削し、骨材プラントへ搬送・投入される。骨材プラントは、サンドポケット Ciponyo I Dalam の付近に計画される。

土砂処理概要を、表-4.3にまとめて示す。

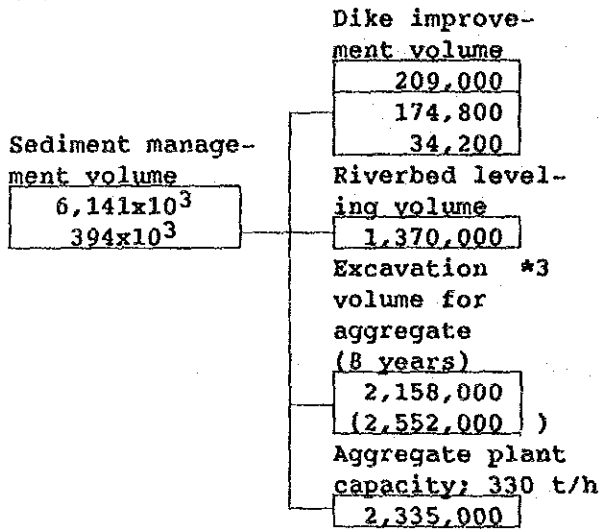
(1) Alternative-A



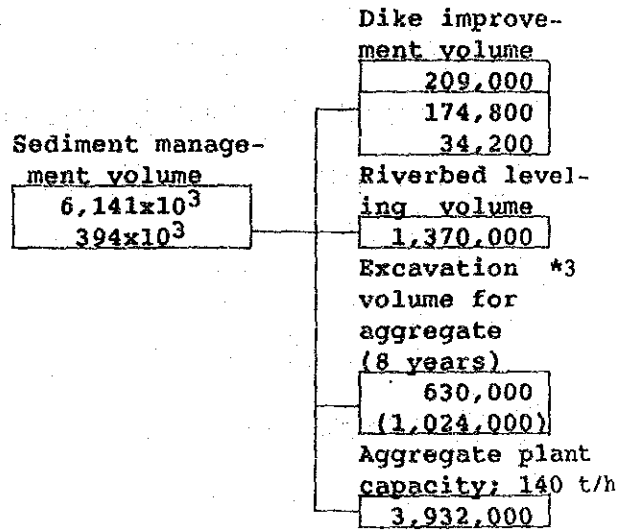
(2) Alternative-B



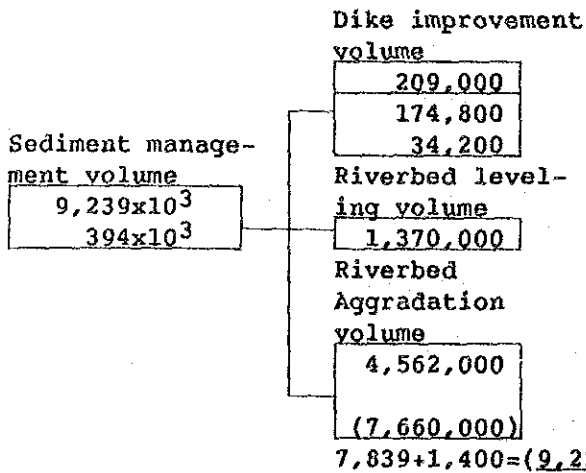
(3) Alternative-C



(4) Alternative-D



(5) Alternative-E



Note)

Unit : m^3

*1 upper : S. Cikunir Area
lower : S. Coloseh Area

*2 upper : Total
medium : S. Cikunir Area
lower : S. Ciloseh Area

*3 upper : S. Cikunir Area
lower : S. Cikunir Area

+ S. Ciloseh Area

*4 () is Volume for 50 years

図-4.3 サンドポケットからの運土計画

表-4.3 代替案の土砂処理概要

代替案	注1 堤防補強	死水域への移動	骨材生産	サンドポケット内貯留
注2 代替案A	258,000 m ³	1,370,000 m ³	4,907,000 m ³	0 m ³
			(年間掘削量 614,000m ³ /year)	
代替案B	209,000	1,370,000	3,600,000	1,356,000
			(年間掘削量 450,000m ³ /year)	
代替案C	209,000	1,370,000	2,552,000	2,335,000
			(年間掘削量 319,000m ³ /year)	
代替案D	209,000	1,370,000	1,024,000	3,932,000
			(年間掘削量 128,000m ³ /year)	
代替案E	209,000	1,370,000	0	4,956,000

注) 1. 代替案Aでは、CIPONYO I DALAM, CIPONYO I LUAR, CIPONYO IIを
対象とする。

代替案B～Eでは、CIPONYO I LUAR, CIPONYO IIを対象とする。

2. 代替案の略称 (骨材全量生産案)

代替案B (骨材45万m³生産案)

代替案C (骨材32万m³生産案)

代替案D (骨材13万m³生産案)

代替案E (全量サンドポケット貯留案)

(4) 堤防かさ上げ高

年間堆積土砂量の内、鉄道の輸送力に見合う量は、掘削され骨材プラントに搬送される。残土量が、堤防かさ上げの対象量となる。

サンドポケットの面積は 1,747千㎡ (174.7ha) である。各代替案の堤防かさ上げの対象土砂量 (図-4.3 参照) と堆積厚さ、堤防かさ上げ、堤防高は次に示すとおりである。

表-4.4 堤防かさ上げ高さ と 堤防高

代替案	堆積土砂量 (千㎡)	堆積厚 (m)	堤防かさ上げ高 (m)	堤防高 (m)
代替案 A	なし	0	0.0	3.00
代替案 B	1,356	0.8	0.8	3.80
代替案 C	2,335	1.4	1.4	4.40
代替案 D	3,932	2.3	2.3	5.30
代替案 E	4,956 (7,660)	2.9 (4.4)	2.9 (4.4)	5.90 (7.40)

注：() は50年間の堆積土砂を対象とした場合。

(5) 骨材プラントの能力

各代替案の骨材プラント能力は、ジャカルタへ輸送する骨材の量によって決定され、表-4.5 に示すとおりである。プラント能力を設定するための条件は、下記のとおりとした。

- a) プラント年間稼働日数……………221 日間/年間
- b) プラント稼働時間 (一日の作業時間を考慮し、夜間作業は考慮しない。)
…………… 7 時間/日
- c) プラント投入土砂の単位体積重量……………1.60 t/m³

表-4.5 骨材プラントの能力

代替案	年間搬入量 (m ³)	稼働年数 (年)	骨材プラント能力 (t/h)
代替案 A	613,000	8	630
代替案 B	450,000	8	470
代替案 C	319,000	8	330
代替案 D	128,000	5	140
代替案 E	0	0	0

注) 代替案 D は、チロセ川区域における掘削を前期3年で実施。

骨材生産能力が最大である代替案Aの骨材生産フローは図-4.4に示すとおりである。

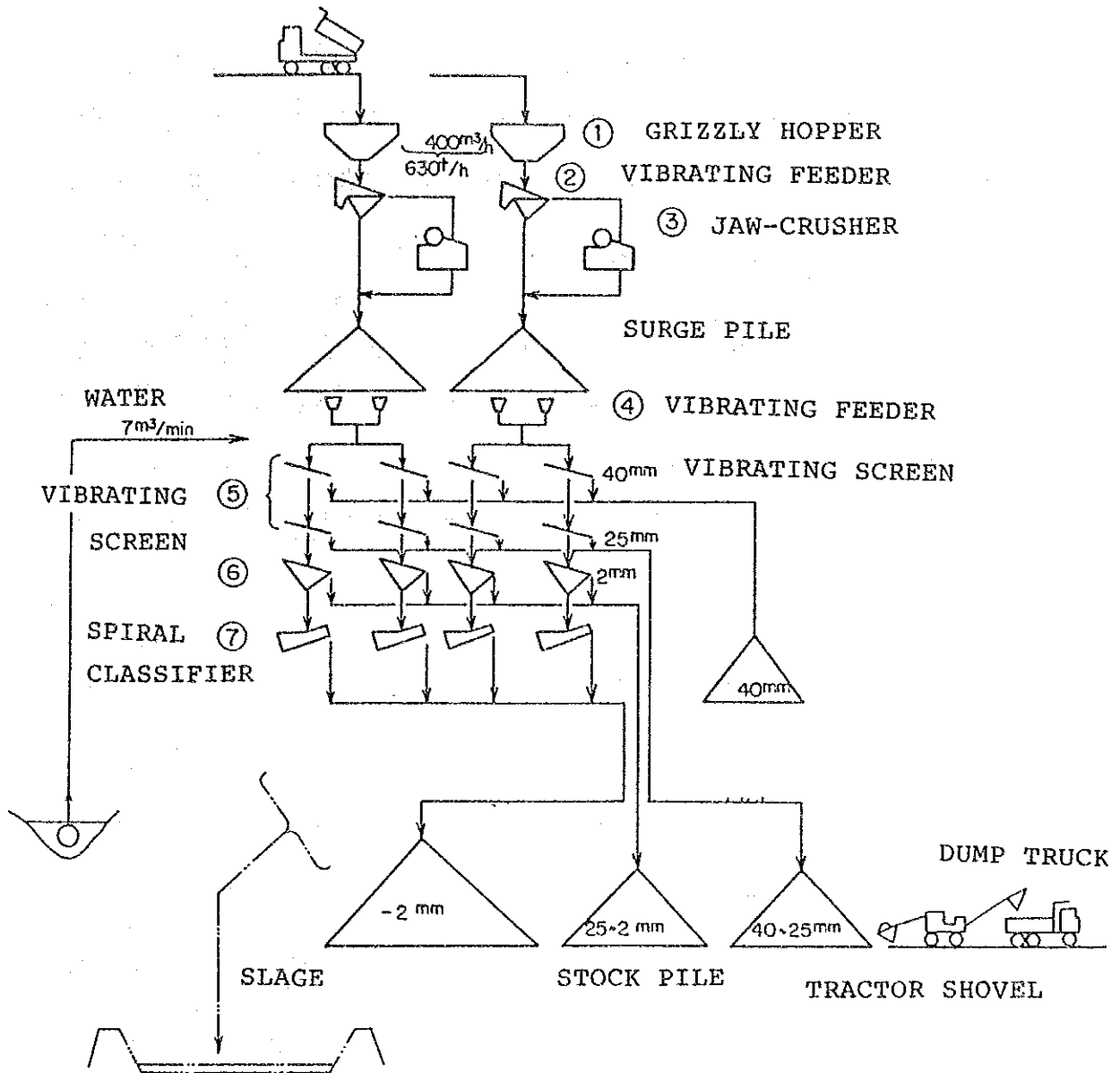


図-4.4 骨材製造フロー (代替案A)

4.2.4 砂防ダム工事

砂防ダム並びに床固工の設計は、“建設省河川砂防技術基準（案）建設省河川局編”および日本とインドネシアの施工事例に基づいて行った。

(1) 施設概要

1) チクニール川流域

砂防ダムのCKN-4, CKN-5と床固工のCKN-3は、Ciponyo I Dalamに流入する土砂流に対する河道安定と溪岸侵食防止を目的とする重力式コンクリートダムである。基礎地盤は、砂礫が主体であるため、減勢工の構造は、水叩きおよび水じょく池を併用することとした。

2) チバンジャラン川流域

CBJ-4, CBJ-5の砂防ダムとCBJ-3の床固工を設置した一連のダム群である。設計は、チクニール川流域と同様の考え方で行なっている。

3) チマンバン川流域

サンドポケット Negla上流域に設置した砂防ダムCMP-1, CMP-2である。設計は、チクニール川流域と同様の考え方で行っている。

(2) 施設の構造細目

砂防ダムの諸元は、表-4.6に示すとおりである。

表-4.6 砂防ダムと床固工諸元

Name of River	Name of Facility	Location	Design Peak Flood Discharge (m ³ /s)	Dam Specification					
				Height (m)	Length (m)	Over Flow Length (m)	Down Stream Slope	Up Stream Slope	Apron Length (m)
S. Cimampan	CMP - 1	2/800	226	12.0	41.0	16.0	1:0.20	1:0.60	22.0
	CMP - 2	3/800	226	12.0	41.0	16.0	1:0.20	1:0.60	22.0
S. Cikunir	CKN - 3*	17/510	143	5.0	85.0	30.0	1:0.20	1:0.15	9.0
	CKN - 4	17/810	133	5.0	122.0	30.0	1:0.20	1:0.15	9.0
	CKN - 5	18/010	123	5.0	104.0	30.0	1:0.20	1:0.15	9.0
S. Cibanjavan	CBJ - 3*	7/860	290	7.0	213.0	24.0	1:0.20	1:0.25	13.0
	CBJ - 4	8/160	196	8.0	54.0	22.0	1:0.20	1:0.45	14.5
	CBJ - 5	8/660	187	13.0	104.0	22.0	1:0.20	1:0.55	22.0

Note) * Consolidation dam

4.3 サンドポケットチポニョ II の河道安定化のための工事

4.3.1 概要

サンドポケットCIPONYO II内は、現在水田等の土地利用が進み、いくつかの集落が形成されている。洪水時には、チクニール川側の流路が安定しないため、これらの集落は浸水による被害を被っている。Ciponyo IIの延長は、上下流方向で、約4.5kmあり、左右岸を横断する道路がないため集落間の交通が不便である。このため、床固め工を配置し、河道安定をはかることによって、サンドポケット内の浸水を防止する。左右を結ぶ横断堤防の設置により、集落間の交通の便がはかられる。

チバンジャラン川とチクニール川の合流点は狭さく部になっており、また部分的に溪岸が低い区間もあるため、護岸工事を行なう事により、洪水流を安全に流下させる。

4.3.2 床固工の工事

Ciponyo IIの床固工は、サンドポケット内の集落を避け、合流点から1.5kmの地点にCKN-1, CBJ-1を配置し、合流点から3.4kmにCKN-2, CBJ-2を配置する。床固工の水通し幅は、40mとし、兩岸堤防から床固工までは、堤防でつなぐ構造とする。床固工と堤防の構造細目は、表-4.7に、示すとおりであり、一般図は、巻末図面に示してある。

表-4.7 床固工の諸元 (サンドポケットCiponyo II)

Name of River	Name of Facility	Location	Design Peak Flood Discharge (m ³ /s)	Dam Specification					
				Height (m)	Length (m)	Over Flow Length (m)	Down Stream Slope	Up Stream Slope	Apron Length (m)
S. Cimampang	CMP - 1	11/300	195	4.0	70.0	40.0	1:0.20	1:0.15	
	CMP - 2	13/100	193	4.0	70.0	40.0	1:0.20	1:0.15	
S. Cibantaran	CBJ - 1	1/200	192	4.0	70.0	40.0	1:0.20	1:0.15	
	CBJ - 2	3/200	187	4.0	70.0	40.0	1:0.20	1:0.15	

4.3.3 合流点の護岸工事

合流点の計画高水流量は、419m³/sであり、現在の河床勾配、川幅を考慮した洪水時水深は、2.8mとなる。護岸の高さは、河床部から4.0mとした。護岸範囲は、合流点上下流の1.7kmの区間を対象とした。護岸の構造細目は、表-4.8に示すとおりである。

表-4.8 護岸工の諸元

Item	Description
Design Flood Discharge	419 m ³ /s
Riverbed Width	25.0 m
Riverbed Gradient	1/70
Bank Height	4.0 m
Bank Slope	1:1.0
Slope Protection	Masonry
Length of River Course	1.7 km

4.4 ガルンゲン火山の南斜面区域の砂防ダム工事

ガルンゲン火山の南斜面区域の砂防施設は、砂防ダム工事である。ダムの形状を決定する上で、考慮した点は、次に示すとおりである。

a) 砂防ダムの高さ

砂防ダムの基礎地盤は、未固結のラハール堆積物や、火砕流堆積物がほとんどで、一般的に地耐力が小さく、透水性が大きいため基礎地盤としては、良好でない。このため、砂防ダムの高さは、15m未満に計画するのが望ましく、高さが15m以上となる場合の堤体は、着岩される。

b) 砂防ダムの余裕高

余裕高は、計画高水流量、河床変動の激しさを考慮し、1m以上とする。

c) 砂防ダム、床固工の前庭部洗掘防止対策

砂防ダム等の施工により、流砂量の減少など、水理条件が変化するため、砂防

ダム等の前庭部は、洗掘を受ける。このため、前庭部の材質は、コンクリートとする。

d) 材料及び施工

構造物の材料と施工方法は、経済的及び雇用上の見地から、極力、石、土砂、竹、木等の利用と人力施工を、考えることとする。

チサルニ川、チクパン川及びチメラ川に計画した砂防ダムの諸元を表-4.9に示す。

表-4.9 南斜面区域の計画砂防ダム諸元

Name of River	Name of Facility	Location No.	Design Peak Flood Discharge (m ³ /s)	Dam Specification					
				Height (m)	Length (m)	Over Flow (m)	Down Stream Slope	Up Stream Slope	Apron Length (m)
S. Cisaruni	CSR - 1	2/100	110	7.0	30.5	12.0	1:0.2	1:0.40	13.0
	CSR - 2	1/600	104	11.5	31.0	12.0	1:0.2	1:0.50	19.5
	CSR - 3	3/100	99	22.0	56.0	12.0	1:0.2	1:0.85	34.5
	CSR - 4	3/500	76	22.0	55.0	8.0	1:0.2	1:0.85	34.5
	CSR - 5	3/900	51	18.0	51.0	6.0	1:0.2	1:0.85	28.5
S. Cikupang	CKP - 1	2/200	82	7.0	27.0	8.0	1:0.2	1:0.40	13.0
	CKP - 2	3/200	67	12.0	39.0	8.0	1:0.2	1:0.55	20.5
	CKP - 3	3/800	51	17.0	36.0	8.0	1:0.2	1:0.85	27.0
S. Cimerah	CMR - 1	2/095	150	7.0	28.5	10.0	1:0.2	1:0.45	14.5
	CMR - 2	3/110	150	9.5	30.0	10.0	1:0.2	1:0.55	18.0
	CMR - 4	5/000	143	22.0	63.0	10.0	1:0.2	1:0.90	36.0
	CMR - 5	6/300	57	17.0	53.0	6.0	1:0.2	1:0.85	27.0
	S. Cisela	CSL - 1	2/000	106	7.0	31.0	12.0	1:0.2	1:0.40
CSL - 2		2/400	94	7.0	28.0	10.0	1:0.2	1:0.40	13.0
CSL - 3		3/000	82	12.0	36.0	8.0	1:0.2	1:0.60	20.5
CSL - 4		3/400	74	22.0	51.0	8.0	1:0.2	1:0.85	34.5
CSL - 5		4/000	54	22.0	62.0	5.0	1:0.2	1:0.85	34.5
CSL - 6		4/600	27	17.0	52.0	5.0	1:0.2	1:0.80	25.5
S. Cipada	CPD - 1	2/100	44	15.0	51.0	4.0	1:0.2	1:0.85	24.0
	CPD - 2	2/800	31	15.0	53.0	4.0	1:0.2	1:0.75	22.5

4.5 火口湖排水工事

4.5.1 工事概要

1982年のガルング火山の噴火によって、チバンジャラン川の上流域が火口壁の形成により閉塞され、以来この流域からの雨水が火口に流入し、火口湖を形成している。火口湖の集水面積は、3.57km²である。

過去の最高水位は、1,107.6mと推定され、この水位における総貯水量は、750万m³である。火口湖水位はEL 1,090m～1,099mの間を変動しており、EL 1,095mにおける貯水量は約400万m³である。

調査期間の火口湖の雨量と火口湖水位について、シュミレーションした結果は、第3章において検討したとおりである。その結果、雨水の流入により、急激に水位が上昇し、火口壁が崩壊する事はないと判断される。しかし、火口湖の上流域は荒廃地であるので、土砂が火口湖に流入する事は明らかであり、長期的にみれば徐々にではあるが、火口湖水位は上昇する事が予想される。

また火口湖に貯留水があるかぎり火山の噴火時の熱水越流、熱泥流発生の可能性については、否定できない。

以上から火口湖の貯留水は、次の噴火に備えて低下させておく必要がある。火口湖の水位上昇による火口壁の崩壊やガルングン火山の噴火による火口壁の崩壊による貯留水の氾濫は、下流域のタシクマラヤ市に膨大な災害をもたらすものと推定される。火口湖に排水トンネルを設置し、火口湖の水位を下げることは、防災上の観点から大きな便益を生じさせる。火口湖水位が低い時点での排水トンネル工事は、経済的、技術的に容易であり、緊急に工事を行うことが望ましい。

4.5.2 トンネルの構造

トンネルの構造細目は、次に示すとおりである。検討の詳細は、サポーティングレポート(Ⅲ)及び(Ⅳ)を参照されたい。

(1) 排水トンネルの断面は、トロッコによって掘削ズリの搬出作業が可能な幅を考慮の上、2.0mとした。

(2) 排水トンネルの縦断勾配は、掘削ズリの搬出、火口湖の排水量を考慮の上、5%とした。

- (3) 排水トンネルのライニングは、ライナープレートによる覆工とした。この理由は、工事現場で取付け工事が容易であること、運搬する場合、人力による作業が可能であることによる。
- (4) 排水トンネルによる排水量は、 $10\text{m}^3/\text{s}$ である。この排水能力に対し、50年確率洪水波形が火口湖に流入した場合の火口湖の水位上昇量は、シミュレーションの結果、3.0m程度となる。
- (5) 排水トンネルの3段ある呑口部トンネルのうち、最下段の呑口部トンネルの標高は、3.4.3の検討結果よりEL 1,082.5mとする。

4.5.3 排水トンネルの施工

排水トンネルの施工する上での問題とその対策は、次のとおりである。

(1) 高熱地帯の施工

高熱地帯の温度はボーリング結果より、約 90°C 前後であった。施工計画を立案するためには詳細な調査が必要である。トンネル坑内の人力作業の最高温度は、 30°C 程度と考えられ、物理的には換気孔での施工は困難と考えられる。このため坑内温度を下げるため冷却機械を導入し、高温度層を一時的に低温にし、掘削を行う案を採用する。冷却機械の容量は $1,300\text{kcal}$ である。

(2) ガス対策

現地火口湖の流出ガス分析の結果、 CO_2 、 SO_2 ガスが検出された。これらの対策は、換気によるものとする。換気は逆排気併用式のものを使用する。又、ガス層、及び漏水層の有無の調査のため、先進ボーリングを行う。

(3) トンネルの掘削

トンネルは人力及び発破による掘削とし、ズリ搬出はトロッコを利用する。火口壁はルーズな土砂である事から掘削面は、支保工によって被覆するものとする。一定区間を掘削した場合、ライナープレートによる施工を行う。

(4) 火口湖の排水方法

火口湖内部を掘削し、トンネル坑口を施工する事は技術的に困難と判断されるため、火口湖水位より上部に、トンネル坑口を配置し、 $\phi 300\text{mm}$ のサイホンによって排水する計画とする。計算結果によると、 $0.26\text{m}^3/\text{s}$ の排水が可能である。一般的

にサイホンによる排水可能水深は 8.0mであるので、水位が 8.0m低下した時点で、下段の排水トンネルを施工し、逐次排水するものとする。

(5) 資材の輸送

資材の輸送は、トラックで搬入可能な位置から施工可能な位置まで工事用道路を施工し、その地点から施工地点までは人力による運搬とする。又、重量物についてはブルドーザーにより輸送する。

4.5.4 構造項目

排水トンネルの構造及び排水トンネルの施工に必要な構造細目は表-4.10に示しておりである。

表-4.10 排水トンネルの諸元

Design Drainage Water Level (EL m)	Drainage Tunnel		Vertical Tunnel		Cooling Plant (unit)
	Diameter (m)	Length (m)	Diameter (m)	Length (m)	
1,082.5	2.0	665	4.0	90	2

4.6 警戒避難システム

警戒避難システムは、降雨、水位等のデータを処理することにより、土石流発生に対する警報情報を、関係機関に伝達し、住民の避難をうながし、人命被害を未然に防ぐことを目的として、導入されたものである。

インドネシア政府は、ガルングン火山の噴火に伴う災害予警報の一環として、1982年6月に、日本政府に対して、ラハール（LAHAR 土石流）モニタリングシステムのための機材供与を、JICAに要請してきた。日本政府は、この要請を受け、次の機材を供与することを決定した。

- (1) RADAR RAIN GAUGE
- (2) OPERATION & DISPLAY UNIT
- (3) SHELTING SHED

これらの機材は、1983年1月までに、据付が完了し、1983年2月には、インドネシア側に引き渡された。その後、上記の機材のほか、雨量、水位の観測のためのテレメータシステム、テレビカメラによる画像情報システム等が、追加、設置され、土石流（ラハール）に対する総合的な予警報体制が、確立された。

また、システムの導入に伴って、JICAにより、数回に渡って、専門家が派遣され、システムの操作、運用、維持管理に関する指導、レーダー雨量計を使った水文解析に関する技術指導、雨量強度による警戒避難基準の設定方法に関する技術指導が実施された。

システムは、電源の電圧不安定のため、たびたび観測が停止していたものの、データの収集は、行われていたが、1985年10月発生した落雷により、大きな被害を受けた。これ以降システムの運用は、中断され、1987年8月に、復旧した。

JICA調査団は、ガルングン火山南東斜面流域における降雨特性の把握が重要と考え、1987年12月より1988年3月まで、レーダー雨量計、テレメータ雨量計による降雨観測を実施した。

4.6.1 警戒避難システムの現状

警戒避難システムは、降雨、水位等の観測並びに、データの蓄積、処理を行うための観測システムと、これらの観測で得られた土石流発生の予測情報を地域住民に連絡する情報伝達システムから構成される。

(1) 観測システム

観測システムは、以下のサブシステムより構成される。

表-4.11 観測サブシステムと記録の種類

Name of Observation Instrument	Kinds of Record
1) Radar Raingauge	a) Rainfall Intensity Display Hard Copy b) Areal Rainfall and Cumulative Rainfall Display Hard Copy
2) Telemetering Raingauge	c) Hourly Rainfall a) Ciakar b) Pasiripis c) Sinagar
3) Telemetering Water Level Gauge	d) Hourly Water Level
4) Lahar Monitoring	e) Occurrence record

これらのデータ収集を見ると、a)、b)については、約800時間（期間は、1984年5月から1988年2月まで）の降雨記録がある。c)については、雨量記録が取れているのみであり、水位については、発電機の盗難、土石流については、破損、流出のため、記憶はあまり取れていない。1988年2月現在では、水位計を除くすべてのサブシステムが、稼働している。

(2) 情報伝達システム

情報伝達システムは、図-4.5に示すガルングン火山の噴火時(1982年~83年)の情報伝達システムが、基本的には、現在(1988年時点)でも、存在しており、このシステムに沿って、土石流発生(予測)情報が伝達される。

ガルングン工事事務所は、土石流の発生情報、土石流の挙動情報、降雨情報(降雨範囲、降雨域の移動、降雨強度 etc)、水位情報を入手し、これらの情報を分析することにより、関係機関へ連絡する。(図-4.6参照)

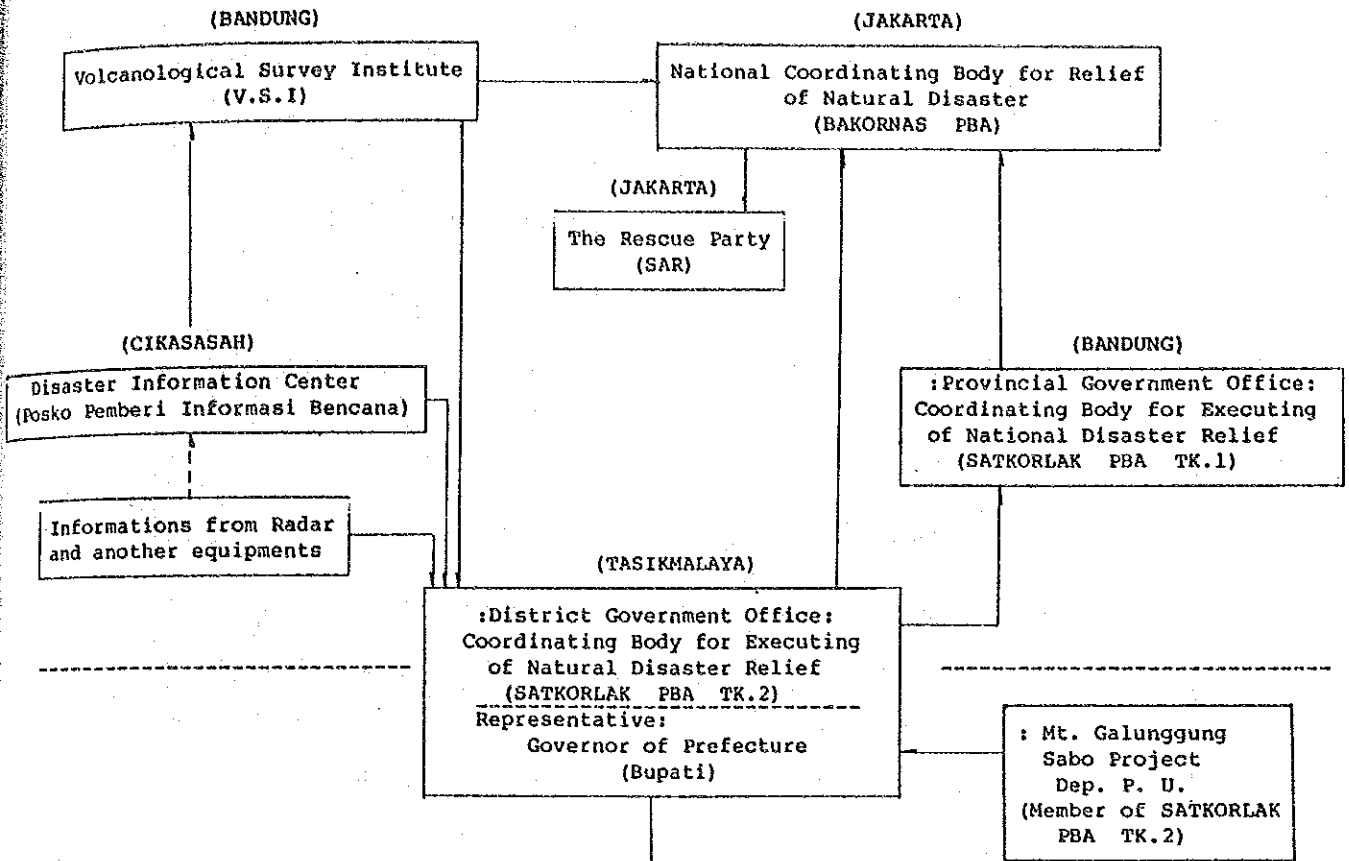
関係機関は、その情報を Kecamatan→Desa→Kampung の順で伝達し、住民の避難をうながす。

またアマチュア無線は、これらの情報を随時入手し、地域住民の避難をうながす。

情報伝達システムについては、1982年の災害時のシステムが基本的に維持されていることから、特に問題はないと思われる。

ただし、災害時に活躍したとされるアマチュア無線システムは、商用電源によるものが多いことから、バッテリー等による非常用電源の整備も、今後必要と思われる。

A) Reporting System (Information Flow in Administrative Organization)



B) Warning System (Information Flow to Inhabitants)

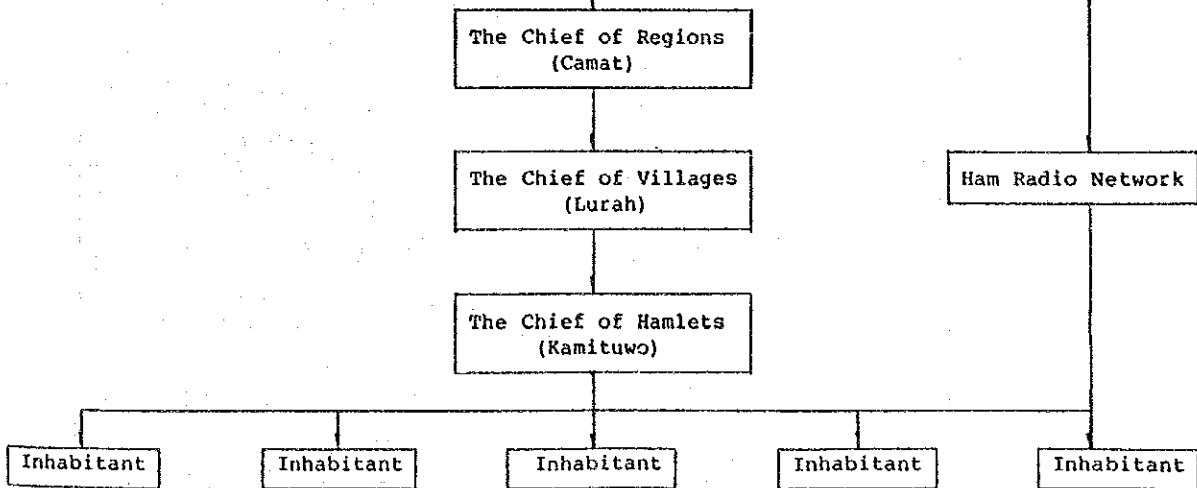


図-4.5 警戒避難情報伝達システム

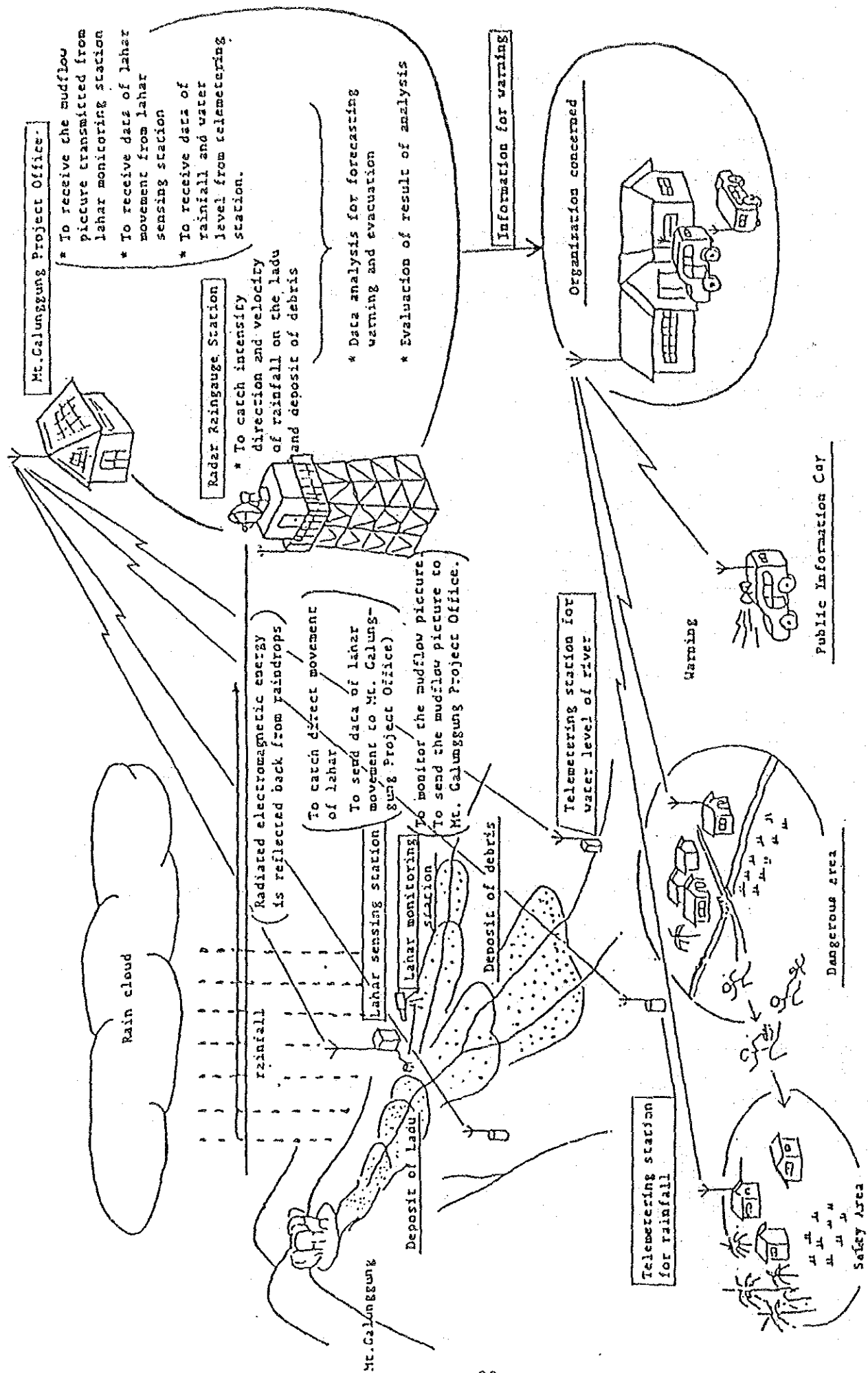


図-4.6 警戒避難システムの情報収集並びに伝達システムの概要

4.6.2 観測システムによる降雨特性解析

土石流発生予測に至るまでの基本的な手順として次のステップが考えられる。

ステップ1

対象地域（特にCiponyo I サンドポケットから上流域）の降雨特性，特に雨域の発生とその移動状況を把握する。

解析は，まず，レーダー雨量計のハードドラムに記録された画像を，各降雨単位毎にテレビでモニターをしながら，雨域の移動，降雨強度の変化に着目して，5～10分単位を目途に一画像えらび出し，時系列にしたがって解析する。

ステップ2

レーダー画像から求めた対象流域水源部の降雨パターン（ハイエトグラフ）と，下流の予報基準点の時間・水位曲線又は時間流量曲線（ハイドログラフ）及び流砂状況（泥流，土砂流，掃流，浮流，無流砂等）を対比して検討する。

ステップ3

ステップ2までのデータの蓄積を基に，雨量を基準とした土石流の「警戒避難基準を設定する。

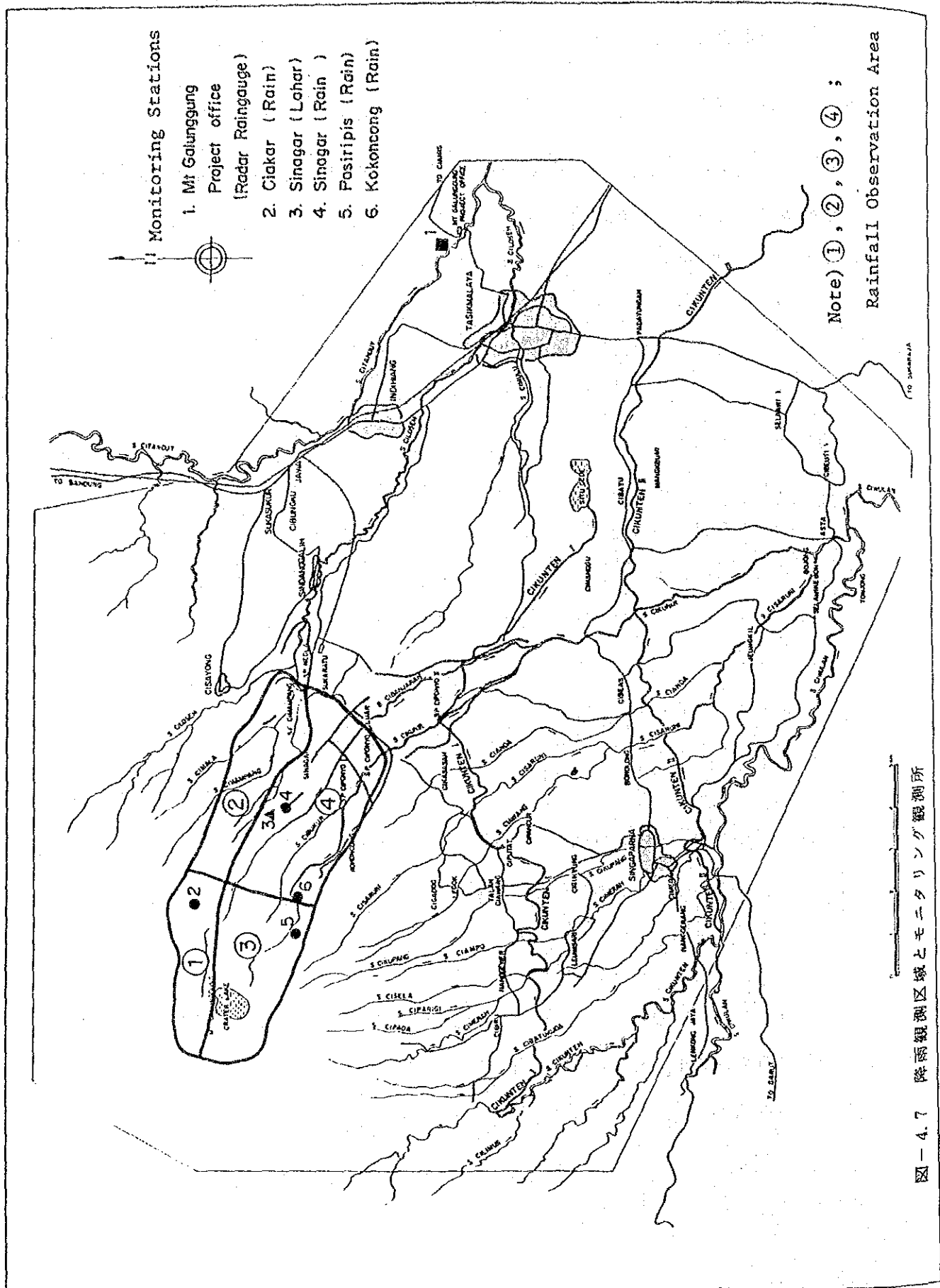
以上のステップのうち，当面の課題として，ステップ1の降雨特性解析が重要と考え，1987年12月より1988年3月にかけて，観測を実施した。

観測対象区域と，観測計器の位置を，図-4.7に示す。

観測項目は，1) 降雨域の大きさ，2) 雨域の移動スピード，3) 雨域の移動方向，4) 降雨の生起時刻等である。

主要降雨（総雨量80mm以上）の20分間面積雨量，雨域の大きさ（最大時），雨域の移動方向をまとめたものを，表-4.12に示す。

また上記の1)～4)の観測結果の詳細については，サポーターングレポート(I)に示してある。



Monitoring Stations

1. Mt Galunggung
Project office
(Radar Raingauge)
2. Cikar (Rain)
3. Sinagar (Lahar)
4. Sinagar (Rain)
5. Posiripis (Rain)
6. Kokoneong (Rain)

Note) ①, ②, ③, ④ ;

Rainfall Observation Area

図-4.7 降雨観測区域とモニタリング観測所

表-4.12 主要降雨の20分間雨量と雨域の大きさ, 雨域の移動方向

No.	Date	Maximum Rainfall in 20minute(mm)				Maximum Rainfall Zone Area (km ²)	Rainfall Zone Movement Direction
		Area 1	Area 2	Area 3	Area 4		
1	7. Dec, 1987	14.0	0.8	20.6	1.4	50	NE
2	13. Dec, 1987	15.3	3.8	16.5	1.1	110	NE or E
3	5. Jan, 1988	8.6	29.5	6.5	11.2	80	SE or E
4	6. Jan, 1988	4.2	15.5	5.0	12.8	90	NE or N
5	11. Jan, 1988	0.8	4.2	4.0	17.0	40	N
6	15. Feb, 1988	0.3	4.5	0.2	18.8	60	E
7	17. Feb, 1988	19.5	14.8	0.0	3.8	60	SE or E
8	19. Feb, 1988	11.5	24.8	35.8	22.5	90	E

表-4.12より、観測期間中の最大20分間雨量は35.8mmである。またARBA1からARBA4の雨量をみると、全流域に一律な雨が見られるのは、上表のNo.8の降雨時のみであり、他の降雨は、流域別に量的にかなり違いがみられることから、対象流域の降雨特性として雨域は小さくまた量的にも差が大きいことがわかる。

雨域の大きさは、最大で、40～110km²となっている。また雨域の移動方向は、北東（NE）または東（E）への動きが多い。

図-4.8は、表-4.12に示した洪水のうち、1988年2月19日の雨域の移動状況を示したものである。

18時にガルングン火山の西側に発生した雨域は東方向へ移動し、19時30分に対象流域内に達した後、さらに東方向へ移動している。

同様な傾向は、図-4.9（1987年12月13日）でも生じているが、1987年10月31日の降雨（図-4.10）は、これらとやや異なる移動傾向を示している。

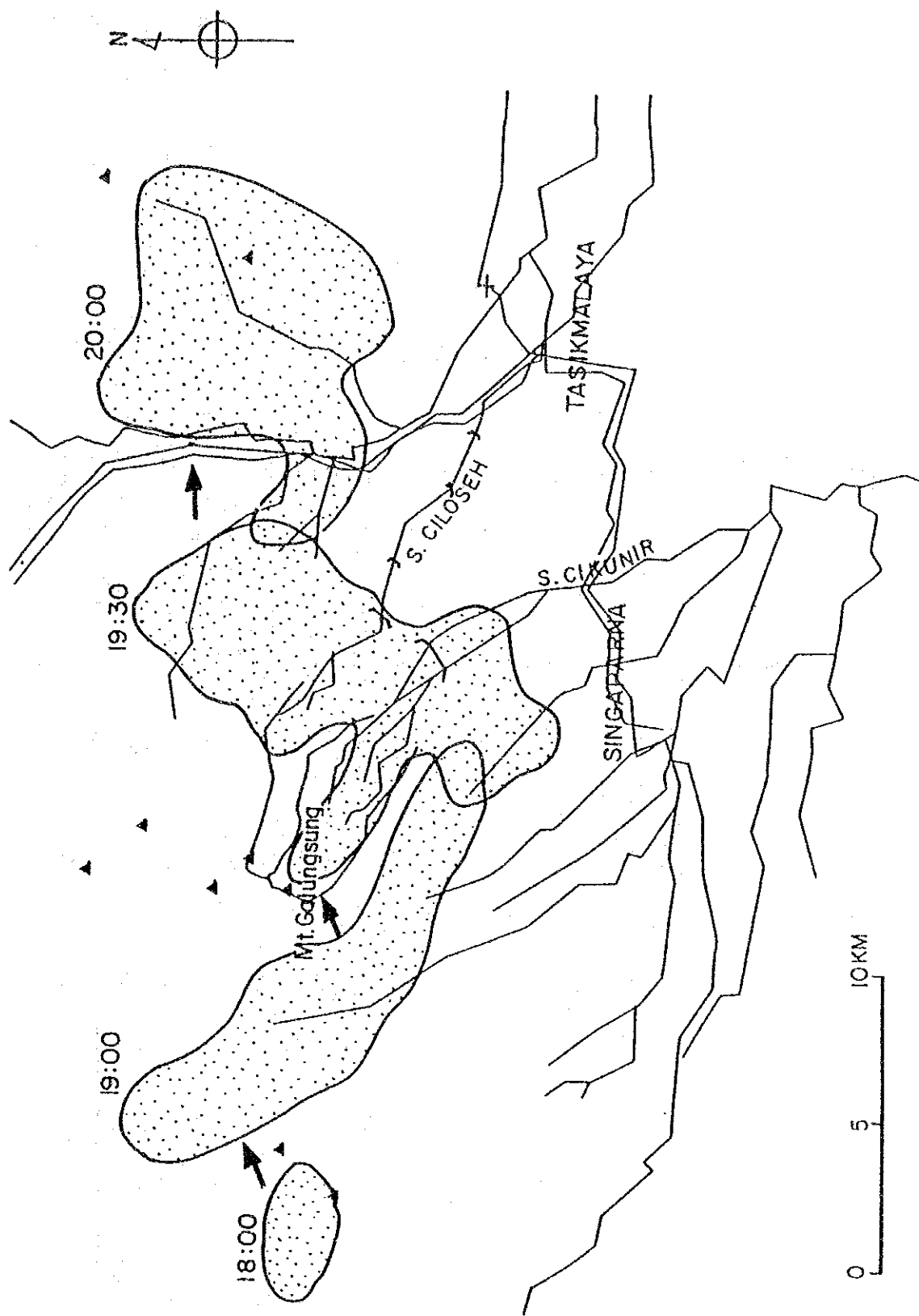


図-4.8 降雨域とその移動状況
(1988年2月19日)

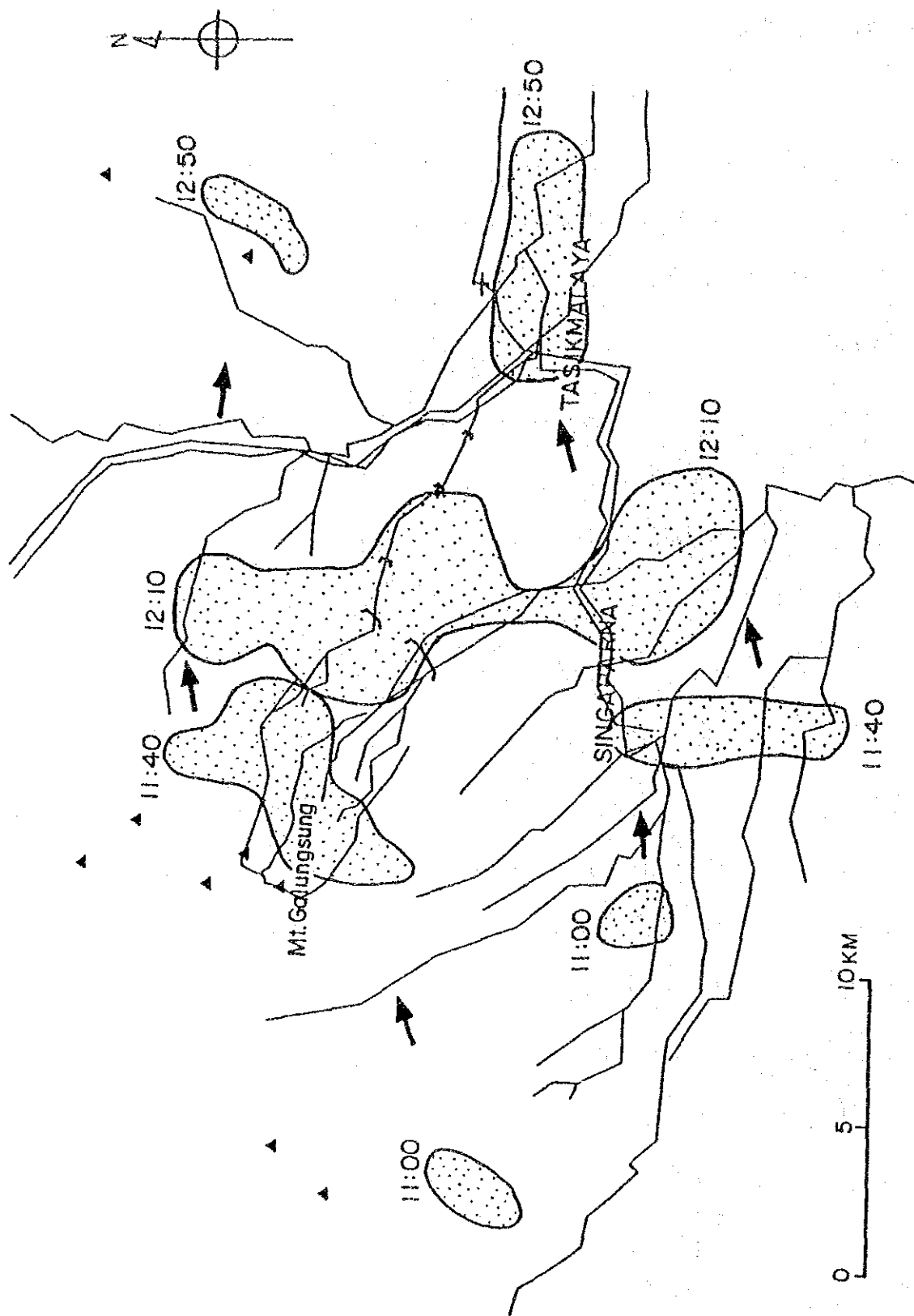


図-4.9 降雨域とその移動状況
(1987年12月12日)

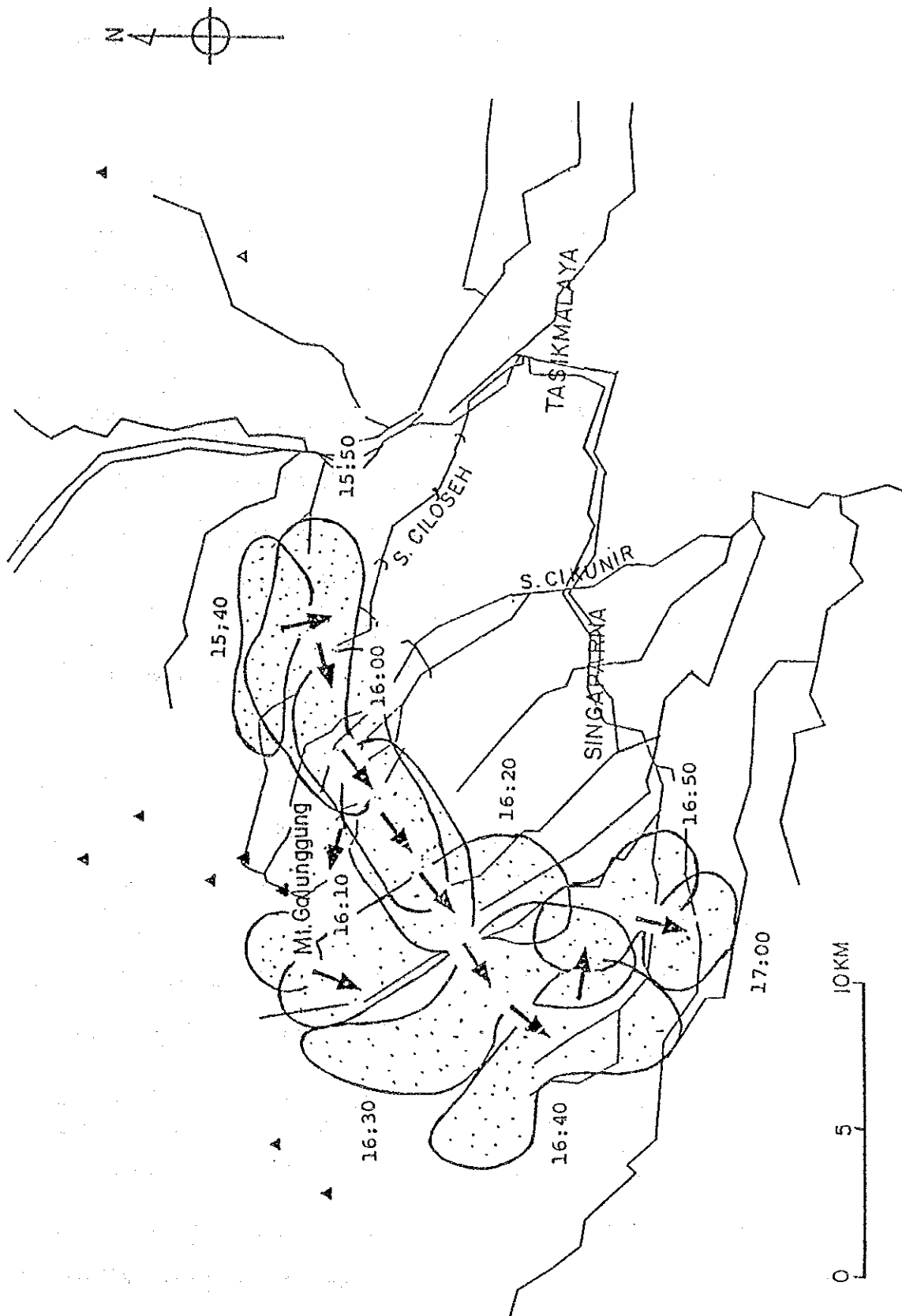


図-4.10 降雨域とその移動状況
(1987年10月31日)

4.6.3 今後のシステム運用に関する提言

4.6.1で述べた現状、4.6.2の観測結果を踏まえ、今後のシステム運用についての提言を、いかに述べるものとする。

(1) 観測システムについて

レーダー雨量計は、ガルングン流域のような雨域の小さい、降雨が偏在する流域に、もっとも適している観測計器と言え、今後とも当流域の降雨観測は、これを中心に行うべきと考える。レーダー雨量計は、雨域の範囲、移動状況、降雨強度をリアルタイムで観測でき、かつ、これらのデータは、フロッピーディスクに保管できることから、降雨特性の把握、降雨予測には、有効な手段となるものと思われる。これらの観測において、地上に設置されている雨量計(RAIN GAUGE)は、レーダー雨量計のキャリブレーション用として位置づけるものとする。

降雨の予測については、レーダー雨量計のデータを整理、解析することにより可能となると思われるが、最終的な目的である降雨と土石流発生の関係の把握のために、人力による土石流の監視、記録が必要である。

今後の観測においては、次の方針で、観測ならびにデータの整理、解析を行うものとする。

- 1) レーダー雨量計のハードコピーを蓄積することにより、雨域の範囲、雨域の移動状況、移動方向の整理をし、降雨予測の基礎資料とする。
- 2) 雨量と流出量(ハイドログラフ)の関係を把握する。この際、前期雨量を含む累加雨量を考慮する。
- 3) 土石流発生データの蓄積を図り、これと降雨強度の関係を整理することにより、土石流発生の有無の予測を、30分前、1時間前に行なえるような雨量を基準とした「警戒避難基準」を設定する。

上記のうち、当面、1)、2)のデータの蓄積が重要と考えられることから、観測が今後も、継続される必要がある。

(2) 警報伝達システム

警報伝達システムについては、1982年の災害時の組織が基本的に維持されていることから、特に問題はないが、土砂及び洪水氾らん区域のサンドポケット内の住民に対しては、これらのシステムのみならず、避難用台地等の確保も今後、

必要と考えられる。

前述したように、伝達システムにおけるアマチュア無線の役割は、大きいと考えられることから、バッテリー等の確保による非常電源対策の強化が今後必要と思われる。

4.7 工事数量

プロジェクト・ユニットのうちユニット1からユニット4までを次の施設に分類し、施設別に工事数量を算出した。

- 1) 堤防
- 2) サンドポケットの維持管理 (掘削+運搬+骨材生産)
- 3) 砂防ダム
- 4) 床固
- 5) 護岸
- 6) 火口湖排水トンネル

各施設の工事数量は、表-4.13及び表-4.14に示すとおりである。

表-4.13 施設別工事数量

Description	Unit	S.Closeh Area	S.Cikunir Area *1	Southern Slope Area	Crater Lake	Total
(1) Dike Improvement & Raising Lenth	m	3,801	11,631	-	-	15,432
Embankment Volume	m ³	19,956	256,110	-	-	276,066
(2) Riverbed Leveling						
Leveling Volume	m ³	-	1,370,000	-	-	1,370,000
(3) Riverbed Aggragation						
Aggradation Volume	m ³	-	3,932,000	-	-	3,932,000
(4) Excavation & Hauling						
Hauling Volume	m ³	394,000	630,000	-	-	1,024,000
(5) Aggregate Plant						
Number	site	-	1	-	-	1
(Manufacture Capacity)	ton/h	-	(140)	-	-	(140)
(6) Diversion Channel						
Length	m	-	1,500	-	-	1,500
Embankment Volume	m ³	-	147,705	-	-	147,705
Masonry Volume	m ³	-	19,125	-	-	19,125
(7) Check Dam						
Number	site	2	4	20	-	26
Excavation Volume	m ³	2,640	5,370	43,530	-	51,540
Masonry Volume	m ³	8,800	17,900	135,100	-	161,800
(8) Consolidation Dam						
Number	site	-	6	-	-	6
Dike Length	m	-	1,400	-	-	1,400
Embankment Volume	m ³	-	34,320	-	-	34,320
Excavation Volume	m ³	-	4,620	-	-	4,620
Masonry Volume	m ³	-	15,400	-	-	15,400
(9) Revetment						
Length	m	-	1,700	-	-	1,700
Excavation Volume	m ³	-	10,817	-	-	10,817
Masonry Volume	m ³	-	9,615	-	-	9,615
(10) Drainage Tunnel						
Length	m	-	-	-	655	655

Note)

*1 Alternative D for the sediment management works in Ciponyo I Dalam

表 - 4.14 S. Cikurir 区域の代替案別工事数量

Description	Unit	Alterna- tive A	Alterna- tive B	Alterna- tive C	Alterna- tive D	Alterna- tive E
(1) Dike Improvement & Raising Lenth	m	11,631	11,631	11,631	11,631	11,631
Embankment Volume	m ³	165,544	189,100	209,580	256,110	470,630
(2) Riverbed Leveling						
Leveling Volume	m ³	1,370,000	1,370,000	1,370,000	1,370,000	1,370,000
(3) Riverbed Aggragation Aggradation						
Volume	m ³	0	1,356,000	2,355,000	3,932,000	4,956,000
(4) Excavation & Hauling						
Hauling Volume	m ³	4,513,000	3,206,000	2,158,000	630,000	0
(5) Aggregate Plant Number (Manufacture Capacity)	site ton/h	1 (640)	1 (470)	1 (330)	1 (140)	1
(6) Diversion Channel						
Length	m	0	1,500	1,500	1,500	1,500
Embankment Volume	m ³	0	85,500	103,020	147,705	288,720
Masonry Volume	m ³	0	14,895	16,196	19,125	25,947
(7) Check Dam						
Number	site	4	4	4	4	4
Excavation Volume	m ³	5,370	5,370	5,370	5,370	5,370
Masonry Volume	m ³	17,900	17,900	17,900	17,900	17,900
(8) Consolidation Dam						
Number	site	6	6	6	6	6
Dike Length	m	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Embankment Volume	m ³	34,430	34,320	34,320	34,320	34,320
Excavation Volume	m ³	4,620	4,620	4,620	4,620	4,620
Masonry Volume	m ³	15,400	15,400	15,400	15,400	15,400
(9) Revetment						
Length	m	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700
Excavation Volume	m ³	1,0817	10,817	10,817	10,817	10,817
Masonry Volume	m ³	9,615	9,615	9,615	9,615	9,615

4.8 工事実施計画

4.8.1 実施計画の概要

防災施設は、既往の災害の状況から、緊急に実施すべき施設と流出土砂状況や河床変動状況を、観察しながら長期的、段階的に実施するのが適切な施設がある。

本プロジェクトの実施期間は、サンドポケットへの流出土砂が最も著しい今後の10年間とし、さらにこの期間を5年間ずつ分け、第1期工事を5年間、第2期工事を残る5年間として計画した。第1期工事は、防災上緊急な施設及び土砂処理上、基幹となる施設を採択することとし、第2期工事では、残りの施設を実施する。各工事の内容は、次に示すとおりである。

(1) 第1期工事（5年間）

- a) サンドポケットの堤防15.5kmのかさ上げ及び補修工事
- b) サンドポケットの土砂処理工事
- c) 土砂処理上、基幹となる骨材プラントの工事、
- d) 火口湖の排水工事（665m）
- e) 砂防ダム工事（15基）（チマンパン川…2基、チクニール川…2基、チバンジ
ジャラン川…2基、南斜面区域…9基）
- f) サンドポケット Ciponyo II 内の床固工工事（6基）並びに護岸工事（1.7km）

(2) 第2期工事（5年間）

- a) サンドポケットの土砂処理工事
- b) 南斜面砂防ダム工事（11基）

4.8.2 施工計画および工事数量

施工計画の立案に当たっては、現地における建設資機材の入手の可能性、資機材価格、建設業者の施工能力、施工機具に対する保険および工事現場への搬入の利便性、その他の建設工事に関する事項を考慮に入れた。

一般建設資材であるセメント、木材、レンガ、石材、燃料、オイル等は、現地での調達が可能である。しかし、骨材プラント、トンネルライニング等については、輸入する必要がある。

年平均施工可能日数は、河川の土工工事で207日、骨材プラントは221日、国鉄

による骨材運搬は 300日とした。

また構造物の施工方法は、経済的及び雇用の見地から、極力、石、土砂、木等の利用と人力施工を考えることとした。

以上の事を考慮し、建設工程は、図-4.11に示すとおりである。

圖 - 4.11 建設工程

Item	1 st STAGE					2 nd STAGE				
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
I Preparatory works	█									
II Sand pocket maintenance works										
II-1 Improvement Dike					█					
II-2 Sediment management works										
Leveling riverbed					█					
Excavation and Hauling					█					
Aggradation riverbed					█					
Aggregate plant					█					
Diversion Tunnel					█					
II-3 Check dam					█					
II-4 Consolidation dam					█					
III River course stabilization works										
III-1 Consolidation dams					█					
III-2 Revetment works					█					
IV Check dam works										
IV-1 S. Cikunir Area					█					
IV-2 S. Cikupang Area					█					
IV-3 S. Cimerah Area					█					
V Crater Lake										

4.9 事業費の算出

4.9.1 事業費の構成

本事業費の構成は、次に示すとおりである。

(1) 建設費

1) 工事費

(A) 直接費

機械損料

労務費

材料費

燃料費

(B) 間接費

現場経費 = 直接費(A)の10%

諸経費 = 直接費(A)の15%

2) 準備工 = 工事費の7%

3) 税金 = (工事費+準備工)の10%を計上

(2) 用地費

(3) 政府の管理費 = (建設費+用地費)の5%を計上

(4) 税金を除く建設費の予備費

1) 数量変更分

2) 物価上昇

(5) 調査費

(6) 調査費の予備費

(1) 数量変更分

(2) 物価上昇

(7) 事業費 ((1)~(6)の合計)

なお、事業費の算定条件は、次のとおりである。

- a. 事業費は、1987年10月現在の西部ジャワ州タシクラマラヤ県に於ける物価にもとづいて算定した。この時点の換算レートは、1米ドル=1,630ルピア=145円

である。

- b. インドネシアで調達できない機材の費用は、国境価格としてジャカルタ港での C I F 価格 (Cost Insurance and Freight) を用いた。
- c. 調査費は、設計、積算及び施工管理のための費用である。この費用の工事費に対する比率は、7%とした。
- d. 政府の管理費は、工事期間中、インドネシア政府により直接現場事務所に支払われる費用である。この費用の工事費に対する比率は、ガルングン火山工事事務所の過去の実績、あるいは数似の砂防プロジェクトをもつスメル火山工事事務所、メラピ火山工事事務所の実績を参考として、5%とした。
- e. 予備費は次に示す費用を計上した。
 - ① 物価上昇
外貨分が、年率5%、又、内貨分については、12%と推定した。
 - ② 数量変更分
工事数量の変更は、工事費の10%とした。

4.9.2 事業費

各代替案の事業費算出結果を、表-4.15に示す。

表-4.15 代替案のプロジェクトコスト

	Alternative A	Alternative B	Alternative C	Alternative D	Alternative E
1. Construction Equipment					
1-1 Aggregate Plant	3,055.2	2,412.4	1,975.7	1,475.0	0
2. Spare Parts Consumable Materials for construction equipment					
2-1 Aggregate Plant	611.3	482.5	395.1	295.0	0
2-2 Spare parts	1,473.9	1,473.9	1,473.9	1,473.9	1,473.9
2-3 Spare tire	1,180.5	1,180.5	1,180.5	1,180.5	1,180.5
Sub total	6,321.9	5,549.3	5,025.2	4,424.4	2,654.4
3. Civil Works					
3-1 Crater lake drainage works	3,791.0	3,791.0	3,791.0	3,791.0	3,791.0
3-2 Dike improvement works					
3-2.1 Embankment	1,820.0	1,820.0	1,820.0	1,820.0	1,820.0
3-3 Sand pocket maintenance work					
3-3.1 Excavation (1)	5,406.0	5,406.0	5,406.0	5,406.0	5,406.0
3-3.2 Excavation (2)	14,256.6	10,127.8	6,817.1	1,990.1	0
3-3.3 Excavation (3)	-	3,309.4	6,256.2	10,607.4	12,603.7
3-3.4 Raising dike	1,744.6	1,951.2	2,223.6	2,830.1	4,872.1
3-3.5 Diversion Cannel	-	1,321.7	1,505.3	1,954.6	3,250.5
3-5.6 Check dam	1,870.9	1,870.9	1,870.9	1,870.9	1,870.9
3-4 River course stabilization works					
3-4.1 Consolidation dam	792.7	792.7	792.7	792.7	792.7
3-4.2 Revetment works	981.0	981.0	981.0	981.0	981.0
3-5 Check dams works	6,859.6	6,859.6	6,859.6	6,859.6	6,859.6
3-6 Aggregate plant	2,139.0	1,711.1	1,254.0	941.4	0
3-7 Plant operation cost	1,010.9	718.1	483.4	141.1	0
3-8 Preparatory works	2,847.1	2,846.2	2,804.3	2,799.0	2,957.3
Sub total	43,519.4	43,506.7	42,865.1	42,784.9	45,204.8
Construction Cost	49,841.3	49,056.0	47,890.3	47,209.3	47,859.2
Project Cost	102,315.3	99,750.9	98,310.2	97,828.7	98,246.4

Note) Project cost is estimated by using following formula ;

Project cost = 2.0588 x construction cost

5. プロジェクト評価

5.1 概 要

経済評価の目的は、ガルングン火山防災プロジェクトの実施に伴って予想される経済的な効果、影響を分析し、プロジェクトの実施の妥当性を評価することである。

経済評価は、各河川の流域のプロジェクトにかかわる費用、便益を基に行っている。経済評価に当り、経済内部収益率（EIRR）（以下単にIRRと略す）、現在価値（NPV）を算出した。

なお、S. Cikunir区域のプロジェクトについては、4.2「サンドポケットの維持管理」で述べたように5つの代替案があるため、これらについて個々に評価した。

5.2 便益の算出

5.2.1 概 要

プロジェクトの実施により発生する事業効果（便益）としては、次のような効果が考えられる。

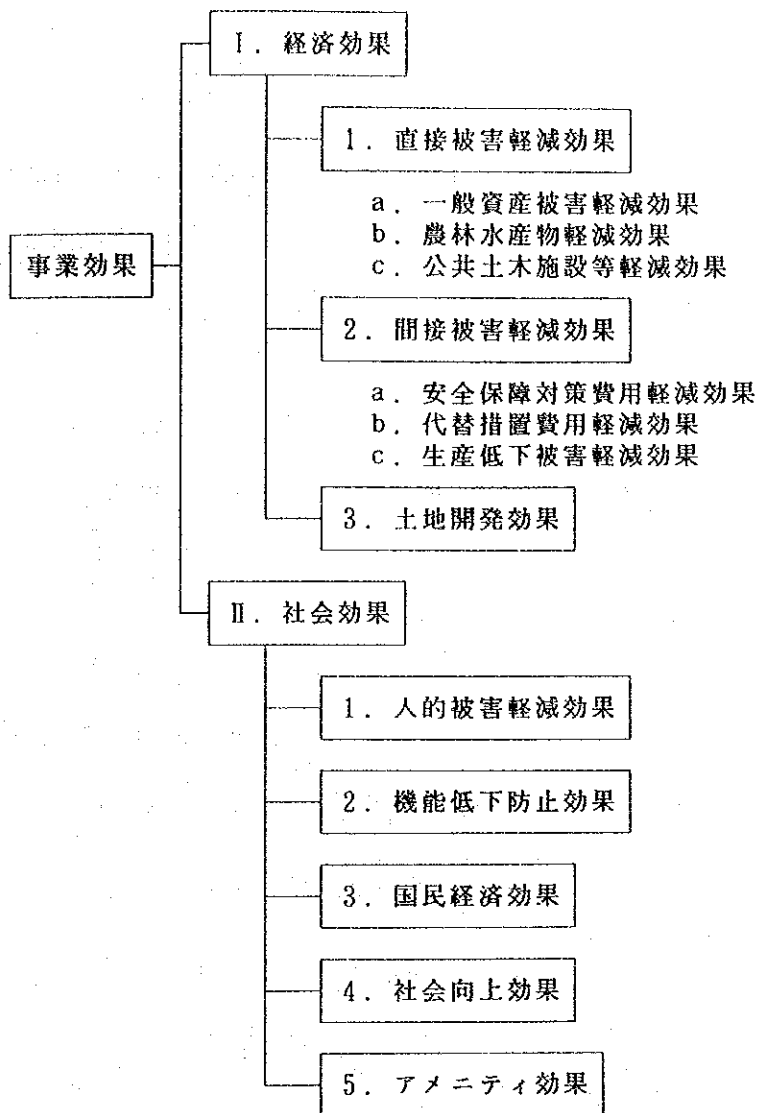


図-5.1 事業の経済効果，社会効果の評価体系

以上の効果のうち，経済効果は，主として金額換算が可能なものである。一方，社会効果は，防災事業を実施することによって，もたらされる社会変化に伴う効果であり，効果の金額換算はできないが，防災事業として特記しておく必要がある項目である。

当プロジェクトにおいては，事業効果として，主として直接被害軽減効果のうちの a. b. c と間接被害軽減効果を考慮した。

間接被害軽減効果の主なるものは，被災区域の住民に対する救援活動費用，公衆衛生活動費用，応急家屋建設費用，物資支給とかんがい区域における生産低下額である。

便益は，プロジェクトを実施しない場合 (without the project) の効果とプロジェクトを実施する場合 (with the project) の効果の差として評価される。

5.2.2 想定災害区域とその資産

(1) 想定災害区域

1982年のガルングン火山噴火後の泥流・洪水氾濫調査資料流域、河道の地形特性並びに各流域の土砂流出特性、洪水流出特性に基づいて、災害が想定される区域（以下、「想定災害区域」と称す）を、次の6区域で設定した。その位置は、図-5.2に示すとおりである。

a) S. Ciloseh 区域	Area I	10.68 km ²
b) S. Cikunir 区域	Area II	50.29 km ²
c) S. Cisaruni 区域	Area III	5.95 km ²
d) S. Cikupang 区域	Area IV	2.05 km ²
e) S. Cimerah 区域	Area V	3.30 km ²
f) Crater lake	Area VI	57.40 km ²

また、これらの区域は、さらに地形特性及び行政区域を考慮して、表-5.1に示す9氾濫ゾーンに分割されている。

表-5.1 想定災害区域の分類及びその氾濫ゾーン

Name of Possible Disaster Area	Area of Flooding Zone(km ²)									
	Total	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9
Area I (S. Ciloseh Area)	10.68	5.08	5.60	-	-	-	-	-	-	-
Area II (S. Cikunir Area)	50.29	5.08	5.60	13.09	11.06	8.98	6.48	-	-	-
Area III (S. Cisaruni Area)	5.95	-	-	-	-	-	-	5.95	-	-
Area IV (S. Cikupang Area)	2.05	-	-	-	-	-	-	-	2.05	-
Area V (S. Cimerah Area)	3.30	-	-	-	-	-	-	-	-	3.30
Area VI (Crater Lake Area)	57.40	5.08	5.60	13.09	11.06	8.98	6.48	-	-	-

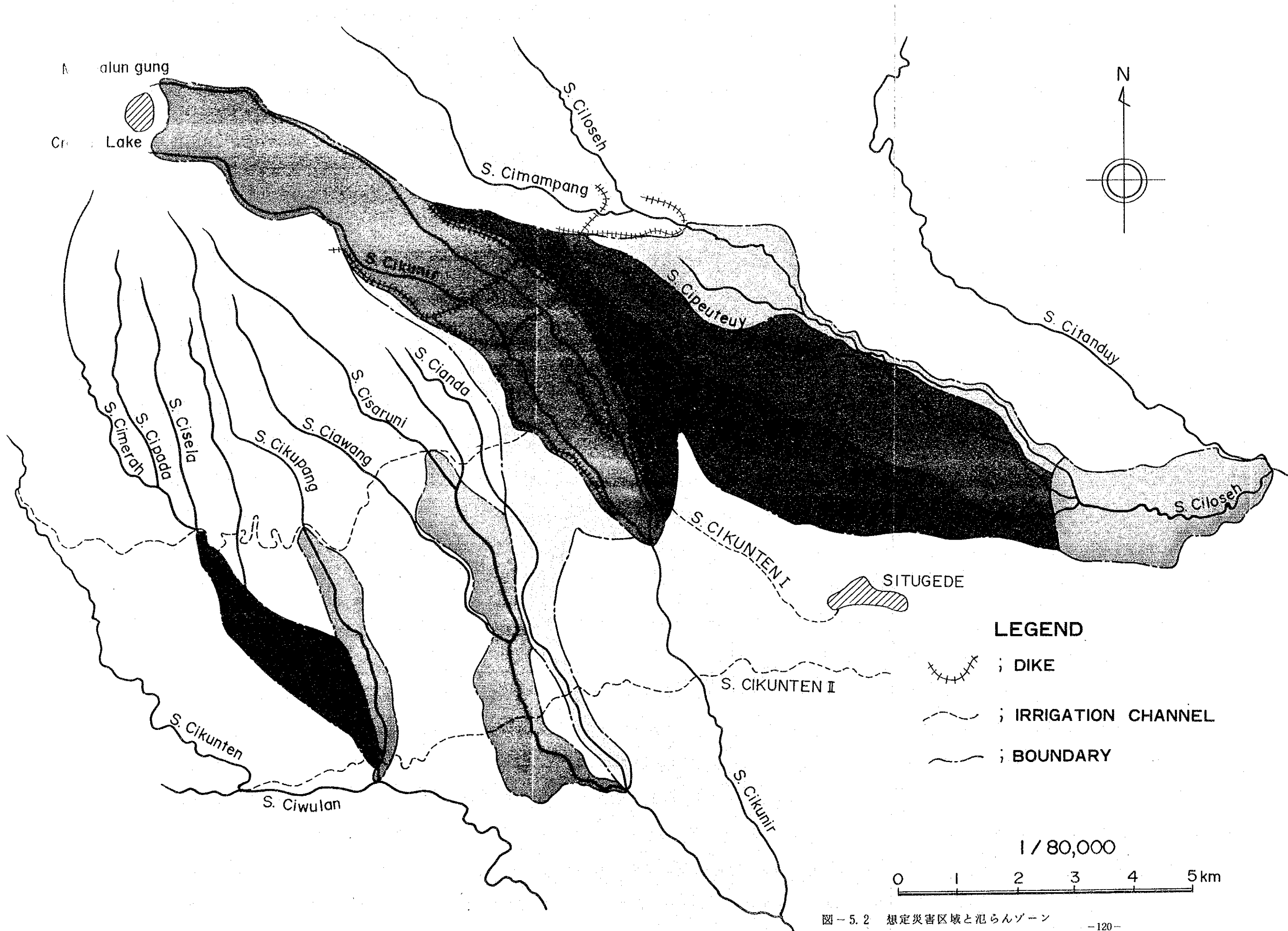


図-5.2 想定災害区域と氾らんゾーン

(2) 想定災害区域の資産額

想定災害区域に含まれる Kecamatan (郡) と Desa (町村) は、表-5.2 に示す 6つの郡と34の町村である。想定災害区域の資産額は、各氾濫ゾーンに含まれる各町村の面積率を、各町村の資産額、人口に乗じて、算定した。各氾濫ゾーン及び各想定災害区域の資産額、人口をまとめると、表-5.3及び5.4のとおりとなる。

灌漑用水路チクンテンIのかんがい面積は、各想定災害区域内の取水口に依存する灌漑面積を全て計上した。

市町村別の資産の詳細についてはサポーティングレポートVを参照されたい。

表 - 5. 2 想定災害区域内の町村名

Name of Kecamatan	Name of Desa
Indihiang	Sukagarih, Sukamahi, Sukaratu, Sinagar, Linggajati Tawangbanteng, Gunungsari, Sukalaksana, Bungusari, Cibunigeulis, Sukarindik, Panyingkiran, Sukamulya, Sukajaya, Bantersari
Leuwisari	Rancapaku, Mekarjaya, Cisaruni, Cisaruni, Ciawang, Arjessari, Sariwaygi, Linggawangi, Linggasari
Singaparna	Cilampunghilir, Cipakat, Singaparna, Cikenten
* Cipades	D. Sukamanah, D. Nagarasari, D. Cipeedes, D. Panglangungan
* Cihideung	D. Argasari
* Tawang	D. Tawang+Lengk

Note: * these Kecamatan compose a City of TASIKMALAYA

表-5.3 想定災害区域の資産, 人口

Name of Area Item	Area I	Area II	Area III	Area IV	Area V	Area VI
Area (km ²)	10.68	50.29	5.95	2.06	3.30	57.40
General Assets (Rp*10 ⁶)	77,336	136,862	4,729	8,308	5,123	138,029
Agricultural Products (Rp*10 ⁶)	2,379	10,607	907	353	351	11,098
Total (Rp*10 ⁶)	79,715	147,469	5,636	8,661	5,474	149,127
Irrigation Area * of CIKUNTEN I (ha)	-	1,043	979	1,956	2,370	1,043
Population (person)	46,041	109,781	5,615	5,190	4,051	112,497
Note: 人口密度	4,310	2,180	940	2,520	1,220	1,960

* Irrigation Area = Proposed Area

Source; "DRAFT SYSTEM PLANNING PENGUKURAN PERENCANAAN DAN REHABILITASI
DAERAH IRIGASI CIKUNTEN I 4100 HA DAERAH IRIGASI CIKUNTEN I 5400 HA
...DEPARTMEN PEKERJAAN UMUM, DIREKTORAT JENDERAL PENGAIRAN, PROYEK
IRIGASI JAWA BARAT"

表-5.4 氾濫ゾーン内の資産, 人口

Name of Zone	Area (km ²)	Population (persons)	Assets, Properties (Pp*10 ⁶)			Irrigation Area of CIKUNTEN I (ha)	
			General Assets	Agricul. Products	Total		
Zone 1	5.08	10,406	8,422	1,294	9,716	-	
Zone 2	5.60	35,635	68,914	1,085	69,999	-	
Zone 3	13.09	31,568	32,037	3,260	35,297	-	
Zone 4	11.06	16,663	17,821	2,495	20,316	-	
Zone 5	Area II	8.98	7,956	4,377	1,358	5,735	1,043
	Area VI	16.09	10,672	5,544	1,849	7,393	1,043
Zone 6	6.48	7,553	5,291	1,115	6,406	-	
Zone 7	5.95	5,615	4,729	907	5,636	979	
Zone 8	2.05	5,130	8,308	353	8,661	1,956	
Zone 9	3.30	4,051	5,123	351	5,474	2,370	
Total	68.70	127,293	156,189	12,709	168,898	4,413	

5.2.3 氾濫解析

各想定災害区域の土砂並びに洪水の氾濫解析を行ない、超過確率別の被害額を求めるための被害係数を求めた。

(1) 氾濫解析モデル

氾濫解析は、流域の特性、流出土砂の形態が各想定災害区域によって異なるため、その区域に応じて行なっている。氾濫解析の想定災害区域別の計算条件を、表-5.5 に示す。又、氾濫解析を行なう上で配慮した点は、次に示すとおりである。

- a) 超過土砂量は、想定災害区域内の河道及び氾濫域に全量、堆積する。
- b) 超過土砂量は、まず河道内に堆積する。堆積土砂厚が河道の溪岸高以上になった場合は、その超過土砂量が堤内地の氾濫域に堆積する。
- c) 最高氾濫水位は、原則として超過土砂量の1/2が堆積した時のピーク流量流下時水位として算定する。ただし、火口壁の決壊時の最高氾濫水位は、超過土砂量が堆積する前のピーク流量流下時水位とする。
- d) 河道水位及び氾濫水位は、等流計算により算定する。
- e) 氾濫流の流路幅は、下記のレジューム則により算定する。

$$B = 5 \times Q^{0.5} \dots\dots\dots (5.1)$$

ここに、

B ; 氾濫流路幅 (m)

Q ; ピーク流量 (m³/s)

- f) 土砂の流出形態を地形勾配により、下記の3つに分類する。

地表勾配	土砂の流出形態
1/50 以上	土石流
1/50~1/100	土砂流
1/100 以下	掃流 (洪水流)

- g) without プロジェクトの場合には、S.Cibanjaraanおよび S.Cikunirの流過土砂量と洪水流量のうち、下記の比率分が、左岸域または右岸域に氾濫する。

Items	Name of Area	Area I (S. Ciloseh Area)	Area II (S. Cikunir Area)	Area III, VI, V (Southern Slope Area)	Area VI (Crater Lake Area)
Cause of Damage	Without Project	Water and Sediment Flooding	Water Flooding	Water Flooding	Nothing
	With Project	Water and Sediment Flooding	Water and Sediment Flooding	Water and Sediment Flooding	Water and Sediment Flooding
Discharge for Analysis	Target River	Probable Peak Discharge by Flood Return Period = 1/50, 1/25, 1/10 1/5, 1/3, 1/2	Probable Peak Discharge by Flood Return Period = 1/50, 1/25, 1/10 1/5, 1/3, 1/2	Probable Peak Discharge by Flood Return Period = 1/50, 1/25, 1/10 1/5, 1/3, 1/2	Peak Overflow Discharge from Crater Lake
Other Rivers	Same Magnitude as Target River	Same Magnitude as Target River	Same Magnitude as Target River	Same Magnitude as Target River	Negligible Small
Sediment Yield Area in Target River	Probable Excess Sediment Volume by Flood	Probable Excess Sediment Volume by Flood	Probable Excess Sediment Volume by Flood + (Summation Volume of Design Annual Deposited Sediment Deposited Period = 10 years)	Probable Excess Sediment Volume by Flood	Sediment Volume of Present Unstable Materials on the Slope
Without Project	Negligible Little	Negligible Little	Negligible Little	Negligible Little	Negligible Little
With Project	Probable Excess Sediment Volume by Flood	Negligible Little	Negligible Little	Negligible Little	Negligible Little
Other River	Negligible Little	Negligible Little	Negligible Little	Negligible Little	Negligible Little
Discharge	Peak Discharge	Peak Discharge	Peak Discharge	Peak Discharge	Peak Discharge
Condition at Max. Flooding Depth	Without and With Project	0.5*(Max. Probable Excess Sediment Volume; MPESV)	0.5*(MPESV) + (Excess Volume of Annual Deposited Sediment Deposited Period = 10 years)	0.5*(Max. Probable Excess Sediment Volume; MPESV)	Nothing

S. Cibanjanganの氾濫比率； 50%

S. Cikunir の氾濫比率 ； 10%

(2) 各確率別の超過土砂量

各確率別の超過土砂量は、各想定災害区域の超過土砂量は、第3章で述べた流域の土砂流出特性に応じ、次のように決定した。

- a) Area I ; 一洪水時超過土砂量
- b) Area II ; 計画年間堆積土砂量及び一洪水時超過土砂量
- c) Area III～IV ; 一洪水時超過土砂量
- d) Area IV ; { 水位上昇による火口壁決壊の場合
火山活動による ”

さらに、withプロジェクトの場合の超過土砂量は、withoutプロジェクトの場合の超過土砂量から計画調節土砂量を差し引いた土砂量とする。

withプロジェクトの場合とwithoutプロジェクトの場合の50年確率、25年確率の超過土砂量は、表-5.6に示すとおりである。

各確率別の超過土砂量は、サポーティングレポート（V）に示してある。

表-5.6 WithプロジェクトとWithout プロジェクトの場合の超過土砂量

Name of Area	Name of River	Excess Annual Sediment Volume at 10th Years (10^3 m^3)	Excess Sediment Volume by Flood			
			Without Project		With Project	
			1/50 R=250mm	1/25 R=220mm	1/50 R=185mm	1/25 R=165mm
Area I	S. Ciloseh	-	1,969	1,341	1,575	1,201
Area II	S. Cibangaran	2,465	718	489	0	0
	S. Cikunir	2,276	662	451	0	0
	Total	4,741	1,380	940	0	0
Area III	S. Cisaruni	-	134	91	0	0
Area IV	S. Cikupang	-	46	31	0	0
Area V	S. Cimerah	-	534	364	0	0
Area IV	Case 1	S. Cibangaran	-	2,570	0	0
		S. Cikunir	-	1,722	0	0
		Total	-	4,292	0	0
	Case 2	S. Cibangaran	-	5,160	0	0
		S. Cikunir	-	4,312	0	0
		Total	-	9,472	0	0

Note) R; Probable Daily Rainfall

- 1) Maximum excess sediment volume of Area I - Area V is design excess sediment volume by flood
- 2) Excess sediment volume of Area VI is Present unstable materials in river course and slope
- 3) Case 1; In case of Overtopping of Crater Lake Water
- 4) Case 2; In case of Collapse of Crater Wall by Volcanic Activity

(3) 洪水ピーク流量

a) 確率ピーク流量

withoutプロジェクトの確率ピーク流量は、タシクマラヤの確率日雨量より合理式で算定した確率ピーク流量に、表-5.6に示した超過土砂量の含有率を考慮した流量とした。

withプロジェクトと withoutプロジェクトの50年確率、25年確率のピーク流量は、表-5.7に示すとおりである。

タシクマラヤの確率日雨量及びその値から算定した確率ピーク流量については、サポーティング・レポート（I）に述べてある。

b) 火口湖決壊時のピーク流量

火口湖決壊時のピーク越流流量及びサンドポケット・チポニョ I の水通し部地点のピーク流量は、表-5.8のとおりである。このサンドポケット・チポニョ I の水通し部地点のピーク流量を、Area IV の withoutプロジェクトの場合のピーク流量とする。

これらの流量の計算条件と計算過程は、サポーティング・レポート（V）に示してある。

表-5.7 With project及び Without projectの場合の確率洪水ピーク流量

Name of Flooding Zone	Name of River	Name of Site	Catchment Area (km ²)	Probable Peak Discharge (m ³ /S)			
				Without* Project		With Project	
				1/50	1/25	1/50	1/25
Zone 1	S. Ciloseh	Negla	32.33	716	592	(679) 558	(556) 490
Zone 2	S. Ciloseh	Tasikmalaya	63.64	875	733	(838) 717	(697) 631
Zone 3	S. Cibeureum	Middle Reach	6.63	111	97	111	97
Zone 4	S. Cimulu	Middle Reach	4.89	93	82	93	82
Zone 5	S. Cibanjara	Sinagar	6.77	259	207	169	148
	S. Cikunir	Kokoncong	7.11	255	208	175	155
Zone 6	S. Cianda	Taranggal	3.12	88	77	88	77
Zone 7	S. Cisaruni	Nagrag	6.26	188	160	176	154
Zone 8	S. Cikupang	Kondang	3.40	87	76	85	75
Zone 9	S. Cimerah	Bonjongpel	10.95	274	228	225	197

Note) *; Include sediment runoff with excess sediment volume
() ; probable peak discharge of Area I

表-5.8 火口壁決壊時のピーク流量

Items	Case 1		Case 2	
Case of Overflow of Crater Lake Water	Overtopping of Crater Lake Water by Draw up of Water Level		Collapse of Crater Wall by Volcanic Activity	
HWL of Crater Lake at Overflow	EL. 1, 140m (Supposed HWL)		EL. 1, 108m (Past HWL)	
Overflow Point	S. Cikunir	S. Cibanjara	S. Cikunir	S. Cibanjara
Width of Overflow	34m	44m	520m	
Max. Overflow Depth	17m	17m	32m	
Peak Discharge at Crater Wall Site	3,690 m ³ /S	4,780 m ³ /S	137,000m ³ /S	
Peak Discharge at SP Ciponyo I	2,040 m ³ /S	2,060 m ³ /S	2,080 m ³ /S	2,810 m ³ /S

(4) 被害率

被害率は、洪水氾濫及び土砂氾濫によってもたらされる想定災害区域における資産の被害の程度を示すものである。各資産に対する被害率は、想定災害区域の浸水深、土砂堆積深及び被災面積より算定する。

一般資産及び農作物に対する被害率は、日本の「河川砂防技術基準…建設省」の「治水経済調査要綱」に基づいて表-5.9のとおりとした。

表-5.9 被害率

	General Assets					Agricultural properties		
	Depth of Thickness					Depth and thickness		
	Under 0.5m	0.5 ~0.99	1.0 ~1.99	2.0 ~2.99	Over 3.0 ~	Under 0.5m	0.5 ~0.99	Over 1.00
by Flooding Water	0.145	0.266	0.371	0.715	0.780	0.24	0.30	0.44
by Sedimentation	0.485	0.803	0.803	0.803	0.803	0.68	0.81	1.00

(5) 被害係数

洪水氾濫、土砂氾濫による保全区域内の氾濫ゾーン別の被害の規模は、下記の被害係数で評価される。

a) 直接被害の規模は、次式により算定される被害係数で示される。

$$\text{直接被害の被害係数} = \text{被害率} \times \text{被害面積} \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

ここに、

$$\text{被災面積率} = \frac{\text{被災面積}}{\text{氾濫ゾーン面積}}$$

b) 間接被害の規模は、上式の被災面積率で示され、これらを直接被害の被害係数とする。

c) 灌漑区域の被害規模は確率洪水に含まれる超過土砂量比で示され、これを灌漑区域の確率別被害係数とする。1/50確率の被害係数は1.00とする。

氾濫解析によって得られた被災面積率及び被害率より算定されたwithプロジェクトの場合及び withoutプロジェクトの場合の被害係数及び氾濫解析による被害率の計算過程は、サポーティングレポート (V) に示してある。

5.2.4 年平均被害軽減額

(1) 被害額

被害額は、各想定災害区域別の確率別の被害係数に資産額を乗じて求める。

各防災区域別、確率別、withプロジェクト、withoutプロジェクト別の被害額は、サポーティング・レポート（V）を、参照されたい。

公共施設の被害額は、1982年噴火時の被害実績から次式により算定する。

$$\text{公共施設の被害額} = (\text{一般資産被害額} + \text{農作物被害額}) \times 20\% \quad \dots (5.3)$$

間接被害は、1982年噴火時の災害実績から、災害区域内の人口1人当たり19,750ルピアとして算定する。

灌漑区域の米の生産力の低下は、1982年噴火時の実績に基づき、55%とする。

(2) 年平均被害軽減額

各想定災害区域別、withプロジェクト、及び withoutプロジェクト別の年平均被害軽減額は、各確率別の被害額の差に超過確率を乗じて求めた。計算過程は、サポーティング・レポート（V）を参照されたい。

表-5.10 年平均被害軽減額

想定災害区域	年平均被害額 (百万ルピア)		年平均被害軽減額 (百万ルピア) (3) = (1) - (2)	
	without Project (1)	with Project (2)		
Area I (S. Ciloseh Area)	770.3	394.5	375.8	
Area II (S. Cikunir Area)	5,084.4	168.3	4,916.1	
Area III (S. Cisaruni Area)	102.8	17.7	85.1	
Area IV (S. Cikupang Area)	160.6	6.8	153.8	
Area V (S. Cimerah Area)	212.4	6.3	206.1	
Area VI (Crater Lake Area)	Case 1	337.2	0	337.2
	Case 2	452.3	0	452.3

Note) Case 1 ; In case of Overtopping of Crater Lake Water
Case 2 ; In case of Collapse of Crater Wall by Volcanic Activity