

2.3 土砂災害

2.3.1 火山活動と災害

調査域の土砂災害は、スメル火山の活動で生産される火山噴出物の直接移動により引き起こされる一次災害と、火山噴出物が雨水により運ばれて引き起こされる二次災害とに分類される。

スメル火山の活動記録は1818年から残されている。この記録によれば、スメル火山は1818年以降連続して活動してきたのではなく、活動期と休止期が交互に現れている。

現在は1940年初めからの活動期にあり、火山活動は途切れることなく爆発を伴う小噴火は殆ど毎日見られる。時には、溶岩および熱雲を噴出し火口から10km近くの山麓近くまで流下して、山林、コーヒー園および畑等に被害を与えることがある。これが一次災害である。このように火口からの直接攻撃を受ける区域は、現在非居住区域に指定されている。

火口から噴出して谷に堆積した初生噴出物は、ルーズで非常に不安定のため降雨により容易に崩壊しラハールと呼ばれる土石流となって流下し、扇状地ではらんして甚大な被害をもたらす。これが二次災害である。ラハールには、火山噴出物が堆積して間もなく熱いまま流下するホットラハール (Hot Lahar) と冷たくなって流下するコールドラハール (Cold Lahar) との2種類のタイプがある。当然のことながら、ラハールの発生はスメル火山の活動期に多いことは災害記録により分る。

記録によれば、スメル火山の火口は東の方を向いていたが、現在では南東ないし南を向いて土砂を供給している。これが最近レジャリ川およびグリディック川域に土砂災害が頻繁に発生する大きな原因となっている。

過去の土砂災害の分布を図-2.13に示す。最近の大きい災害は1981年5月に発生した。この災害による被害は表-2.7に示す通りで、調査域の人命と資産に甚大な被害をもたらした。

2.3.2 災害対策

スメル火山の土砂災害に対しては、スメル火山事業事務所を中心にして、緊急時対策、短期対策および長期対策に区分される災害対策がとられている。

(1) 緊急時対策

ラハールが発生して住民を突然襲った場合、スメル火山事業事務所は関係地方行政機関と協力して、

- 住民に対してラハールの襲来を警報する。
- 臨時の堤防を築造して集落をラハールから守る。
- 被災者を安全なところへ避難させる。

等の業務を行っている。

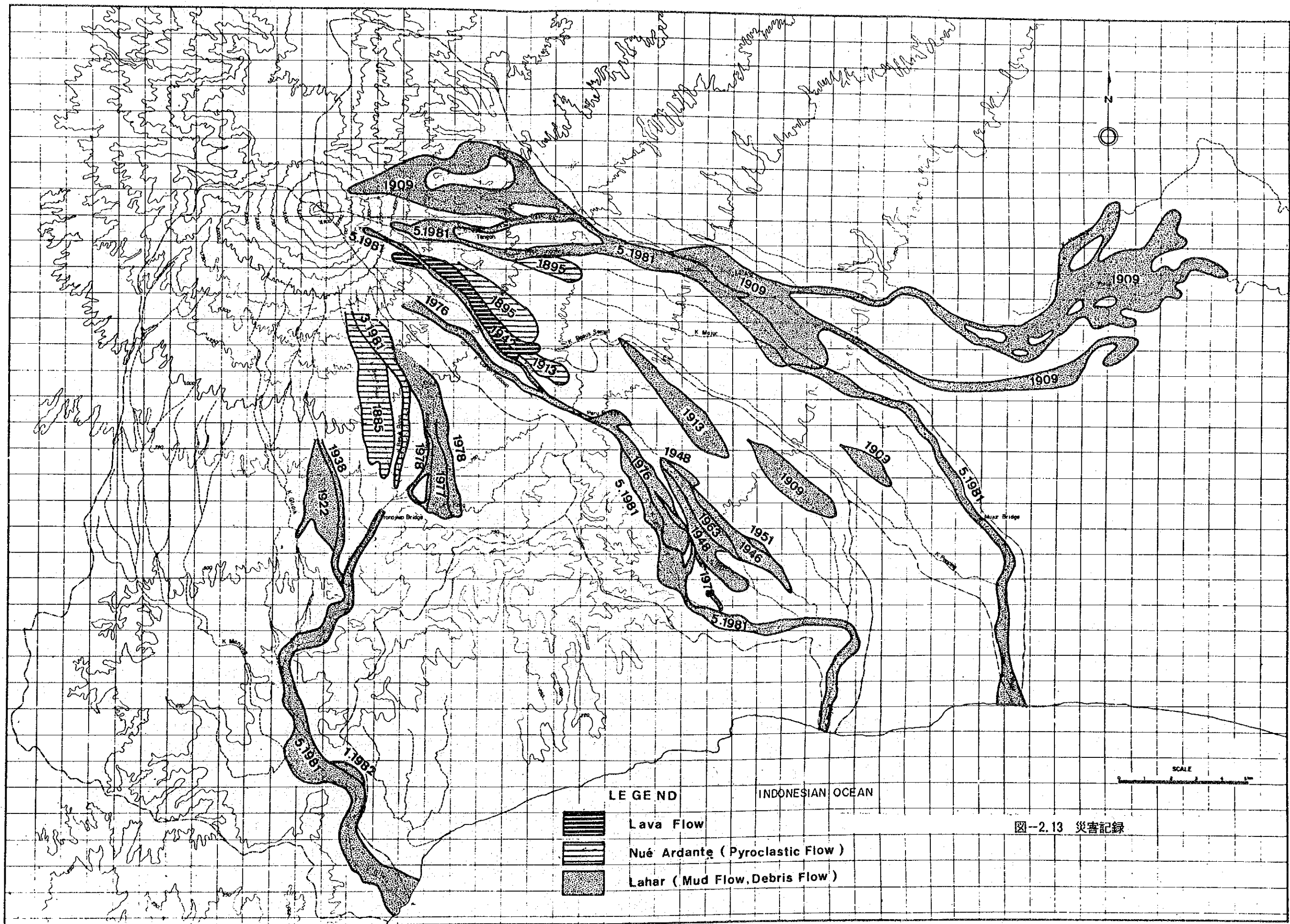


图-2.13 災害記録

表-2.7 1981年5月に発生したラハールによる被害

No.	Victims & Casualties	Items	Unit	Amount	Note
1	Man	Died	Person	257	
		Missing	Person	112	
		Serious injured	Person	42	
		Insured	Person	85	
2	Wealths & Properties	Houses	Piece	535	destroyed
		Rice field	Ha.	539	buried
		Rice field PII	Ha.	-	buried
		Dry fields	Ha.	43	buried
		Yards	Ha.	27.61	buried
3	Plants	Coffee trees	Ha.	115	destroyed
		Coconut trees	Piece	80	destroyed
		Rice plant	Ha.	140	destroyed
		Other	Ha.	25	destroyed
4	Economical and Agricultural Facilities	Intake gate	Ha.	9	destroyed
		Channel	Piece	1	buried
		Road	Km	2.5	buried
		Bridge	Piece	2	buried
		Check Dam	Piece	6	1 serious damaged
		River Bank	m	680	destroyed
Telephone network	m	8,000	destroyed		
5	Buildings	Mosque	Piece	1	destroyed
		Madrasah ¹⁾	Piece	1	destroyed
		Langgar ²⁾	Piece	2	destroyed
		Schools	Piece	1	destroyed
6	Domestic Animals	Cow		58	destroyed
		Goat		117	destroyed
		Chicken		336	destroyed

1) School of moslem, teaching general education and religion, commonly elementary schools level

2) Small mosque

*) Source: Statistic Service Report of District of Lumajang

(2) 短期対策

早急を実施すべき短期対策として、次のような業務を行っている。

- スメル火山活動の監視
- ラハール洪水の監視
- 危険区域の設置 (図-2.14参照)
- 警報システムの設置
- 避難台地の設置
- 応急対策工事の実施
- 雨量観測

(3) 長期対策

スメル火山事業事務所は土砂災害による人身被害の防止および資産被害の軽減を長期的な展望に立って達成するために、マスタープランを作成し、早急に必要とされる施設の建設を行っている。1982年までに、砂防ダム6基、床固工1基および堤防約30ヶ所等の工事が実施されている。

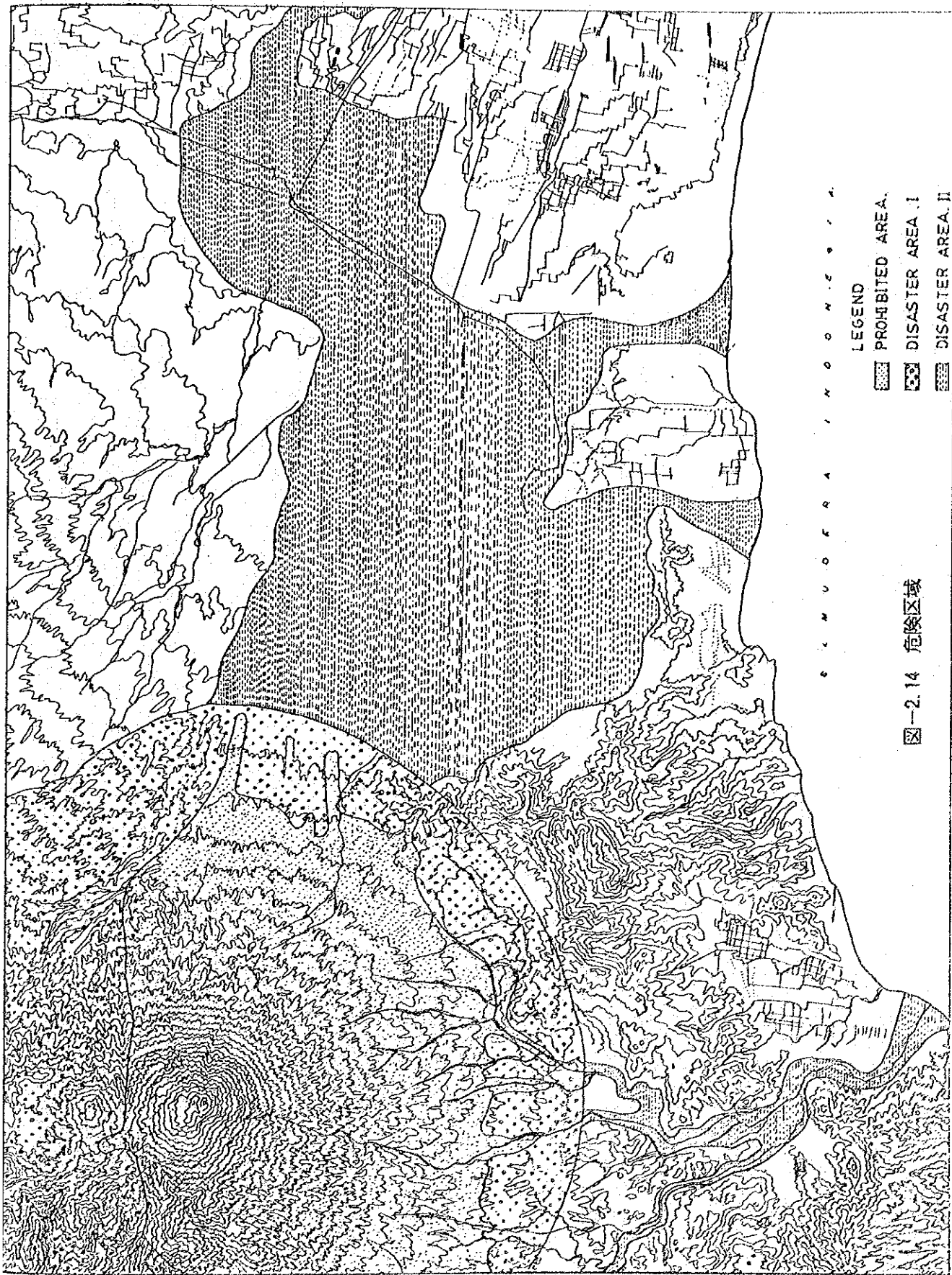


图-2.14 危险区域

3 章 砂防計画

3. 砂防計画

3.1 背景

3.1.1 既存の砂防計画

調査域には、インドネシア政府自身で作成された砂防計画がある。これらの砂防計画は、1981年5月に発生した大災害に前後して作成された。

既存の砂防計画は、多目的施設の建設および予警報システムの確立を通して、災害域の社会経済状況の改善を目標としている。

3.1.2 既存の砂防計画の見直し

優先順位の高い事業を選定するため、1981年5月災害を含めた調査資料に基づいて、既存の砂防計画は調査団によりレビューされた。

レビューの結果、既存の砂防計画の問題点が幾つか指摘され、本報告書の3章、4章および5章で述べられているように、土砂制御計画および予警報システム計画の修正が提案された。また、6章で述べているように、多目的施設による水資源開発の予備計画も提案されている。

表-3.1および図-3.2に示すように改訂砂防計画案が提案された。主な改訂の要旨は次の通りである。

- ① 既存の砂防計画では、計画土砂量はかなりの仮定により算出され、それは、単順に各施設の貯留量へ振り分けられている。しかし、改訂砂防計画案では、土砂水理学に基づいた土砂流出制御のシミュレーションモデルを用いて計算された。各施設の効果は土砂制御機能別の土砂量を総計して求めている。土砂制御機能としては、土砂生産抑制、土砂流出調節、土砂流出貯留および土砂輸送調整を採用している。図-3.1参照。
- ② 情報収集システム、情報処理システムおよび広報システムよりなる予警報システムの強化を提案し、既存システムを改良する最新の電子機器を紹介している。
- ③ 水資源ポテンシャルが調査され、水資源開発予備計画を提案している。

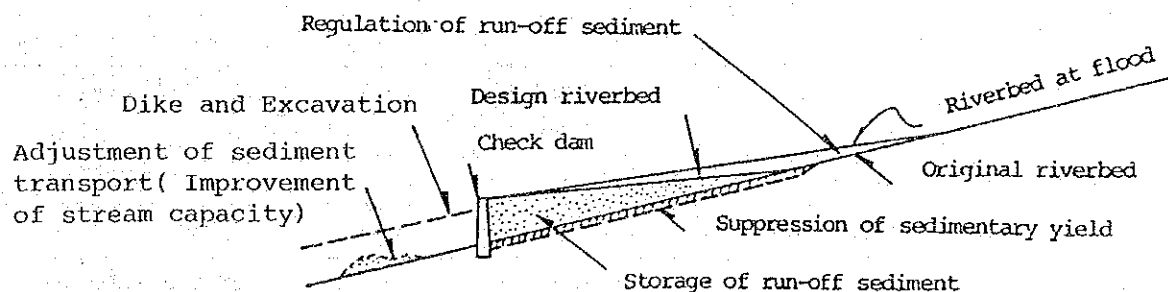


図-3.1 施設の土砂制御機能

表-3.1 既存砂防計画の改訂案

Item		Existing Master Plans			Proposed Revisions			
Objective		To protect the disaster area from Lahar disaster and to improve the socio-economic condition.			No revision			
Sediment control plan	Disaster prevention area	Areas along the river channel.			Identify possible disaster areas. Areas are classified into 5 groups.			
	Magnitude of plan	K. Mujur K. Rejali K. Glidik	50 years 70 years 2 years		100 years			
	Design reference point	Not established			One sabo reference point and supplementary reference points are established.			
	Sediment volume dealt with by the plan	K. Mujur K. Rejali K. Glidik	10,144,000 m ³ 8,500,000 m ³ 4,400,000 m ³		K. Mujur	5,040,000 m ³ 5,220,000 m ³ 4,500,000 m ³		
	Sediment control function F1: Sediment Yield Suppression F2: Sediment Runoff Regulation F3: Sediment Runoff Storage F4: Sediment Transport Adjustment		K. Mujur F3 by check dam and sand pockets.			K. Mujur F1 and F2 by check dam F3 by sand pocket F4 by dike and etc.		
			K. Rejali F3 by check dam F4 by channel work			K. Rejali F1 and F2 by check dam F3 by sand pocket F4 by diversion channel and etc.		
			K. Glidik F4 by embankment			K. Glidik F1 and F2 by check dam F4 by dike		
	Facility	K. Mujur	K. Rejali	K. Glidik	K. Mujur	K. Rejali	K. Glidik	
	Check dam	24 units	5 units	0	11 units	9 units	9 units	
	Sand pocket	1 unit	0	0	3 unit	1 unit	0	
	Consolidation dam	4 units	0	20 units	12 units	22 units	0	
	Dike	5.0 km	0.6 km	4 km	8.8 km	9.5 km	9.6 km	
	Spur dike	0	12 units	0	0	0	0	
	Channel work	0	9.5 km	6 km	0	0	0	
River excavation	0.6 km	0	0	6.8 km	0	0		
Diversion channel	-	-	-	-	1 unit	-		
Construction cost (Maintenance cost/year)	K. Mujur	K. Rejali	K. Glidik	K. Mujur	K. Rejali	K. Glidik		
	Rp10.9x10 ⁹ (0)	Rp10.9x10 ⁹ (Rp0.05x10 ⁹)	Rp8.9x10 ⁹ (Rp0.1x10 ⁹)	Rp32x10 ⁹ (Rp0.06x10 ⁹)	Rp33x10 ⁹ (Rp0.04x10 ⁹)	Rp23x10 ⁹ (0)		
Construction term	K. Mujur	K. Rejali	K. Glidik	K. Mujur	K. Rejali	K. Glidik		
	10 years	10 years	10 years	15 years	20 years	13 years		
Warning system	Necessity for reinforcement of information collection system and telephone communication system is indicated.			Reinforcement of the following warning systems was proposed Information collection system Information processing system Public information system				
Water conservation	Not mentioned.			Preliminary water conservation plan in K. Rejali including the K. Lengkong fan is proposed.				

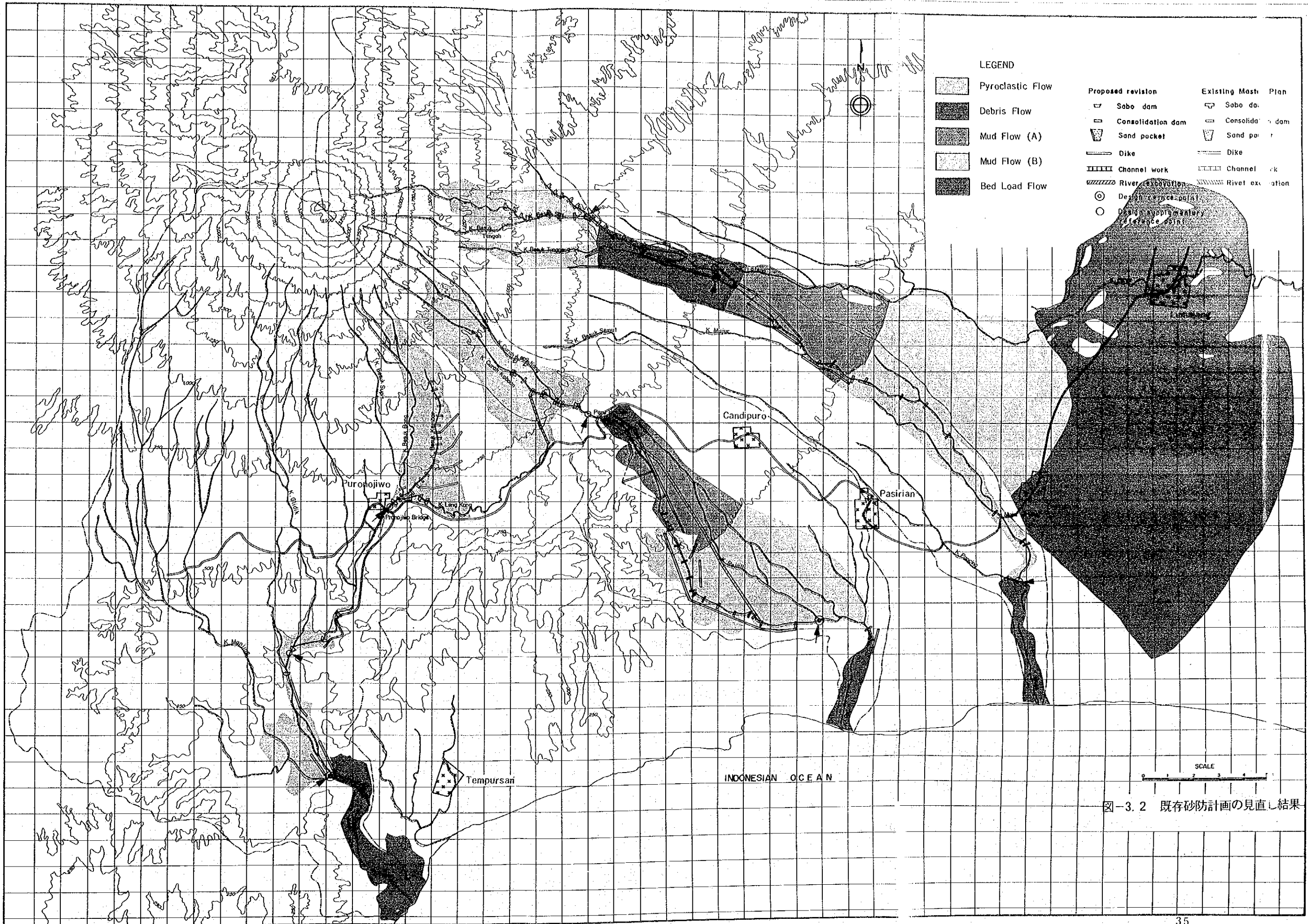


図-3.2 既存砂防計画の見直し結果

3.2 土砂制御計画

3.2.1 土砂制御計画の基本事項

(1) 計画の目標

スメル火山周辺の土砂災害としては、火山噴火活動による直接的な一次災害と、強い降雨によって引き起こされる土石流による二次災害とがあるが、調査域の災害は大部分が二次災害によるものであるため、二次災害の防御および被害の軽減を土砂制御計画の目標とする。

(2) 保全対象区域

土砂制御計画で対象とする区域は、過去の災害記録および地形条件等に基づき本調査で作成された可能災害域（図-3.2参照）とする。各地域の保全対象区域における郡・村および資産・人口等を表-3.2および3.3に表す。

(3) 計画規模

計画規模は、計画が技術的にも経済的にも妥当でかつ過去の悲惨な災害を繰り返さないように、100年確率規模とする。

(4) 計画基準点

制御すべき土砂量を決めるチェックポイントとして、各流域に一つの計画基準点と補助基準点を、図-3.2に示すように設置する。

(5) 計画土砂量

各地域で制御すべき計画土砂量は、土砂流出制御のシミュレーションに基づいて次のように決定した。

- ムジュール川 : $5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$
- レジャリ川 : $5.2 \times 10^6 \text{ m}^3$
- グリディック川 : $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (支川グリディック、マンジン (K.Manjing) を除く)

表-3.2 保全対象区域内の郡・村

Basin	Name of Kecamatan	Name of Desa
K. Mujur	Pasirian	Nguter, Selok Awar-2, Madu Rejo, Semeru
	Tempeh	Jastisari, Lempeni, Pandawangi, Gesang
	Candipuro	Penaggal, Kloposawit, Tumpeng, Sumber Mujur
K. Rejali	Pasirian	Kali Beno, Bades, Madu Rejo
	Candipuro	Jarit, Jugosari, Sumberejo, Sumberwuluh, Tambah Rejo
	Pronojiwo	Supiturang, Oro-oro Ombo
K. Glidik	Pronojiwo	Sidomulyo, Supiturang, Tamanayu
	Tempursari	Kuliulingsari, Tempurejo, Purorejo, Togalrejo
	Ampel Gading	Ampel Gading

表-3.3 保全対象区域内の資産等

項目	単位	ムジュール川	レジャリ川	グリディック川	合計
家屋	戸	46,013 (4,345)	3,226	1,287	50,526 (8,858)
農地	ha	14,290 (1,637)	1,260	389	15,939 (3,286)
家畜	頭	243,465 (27,953)	11,073	4,923	259,461 (43,949)
人口	人	201,662 (19,644)	14,797	6,237	222,696 (40,678)
面積	km ²	207.1 (28.7)	40.5	17.6	265.2 (86.8)

() 内は“緊急補修事業”完成後の資産等

3.2.2 ムジュール川の土砂制御施設計画

スメル火山の火口の向きが南の方すなわちグリディック川の方を現在は向いているので、ムジュール川はグリディック川やレジヤリ川ほど荒れておらず土砂災害の頻度も小さい。しかしながらサット川、テンガー川およびツンゲン川の上流域で崩壊や地すべりが一たび起きると、洪水により土砂は侵食され下流の扇状地へ運ばれ大きな土砂災害をひき起こす。

ムジュール川の左岸域には、多くの資産の集中したルマジャンやテンペー (Kec. Temph) の町がある。過去に、これらの町に土砂がはんらんして大きな災害をひき起こしている。

既存のムジュール川の砂防計画では、計画土砂量は全て計画した砂防ダムとサンドポケットに貯留するとしている。しかしながら、土砂排除をしないかぎりそれらの貯留容量は無害土砂ですぐに満杯となってしまうので、土砂制御システムとして貯留システムだけを採用するのは不合理である。

従って、施設の施工順序および土砂制御システムとしては次のようにする。図-3.3 参照

- 土砂制御の第1段階としては、ルマジャンやテンペーの町への洪水を防ぐ対策を緊急にとる。
- 第2段階としては、クロポサウィット (Kloposawit) 地点での土砂はんらんを防ぐため上流域で土砂流出調整および河床の土砂生産抑制を行う。
- 第3段階としては、扇状地への土砂はんらんを防ぐためのクロポサウィットからカランチョリック (Karancolic) までの区域で流出土砂を貯留する。さらに、河の湾曲地点でのはんらんを防ぐため、河川改修や築堤を行う。
- 最終段階として、上流に設置した土砂制御施設の効果で河床が下がり始めた時点で取水施設のための保護工を実施する。

上記のような考え方に従って、ムジュール川の土砂制御施設を計画し、これを表-3.4に示す。同表で示された各施設の制御土砂量は、土砂流出制御のシミュレーションにより求められたものである。

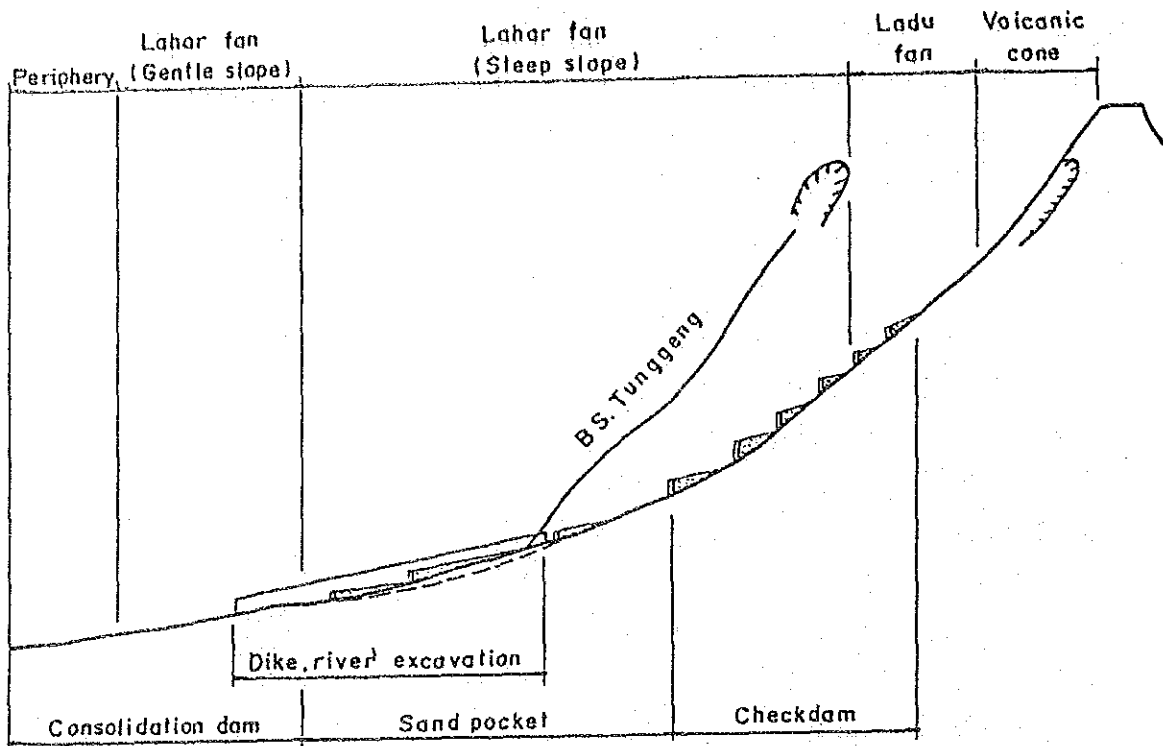


図3.3 ムジュール川土砂制御施設概念図

3.2.3 レジャリ川の土砂制御施設計画

レジャリ川の上流域に、火口からの直接の土砂供給を受けるチュラコボアン川と大規模崩壊地をもつチュラレンコン川があるので、レジャリ川は多量の土砂を上流域から流出する。従って、最近では（1946年以降）2年から4年に1回の割で、扇状地に土砂はらんが起き、河道は扇状地でいつもその流向を変えている。

これらのことから考えると、レジャリ扇状地は地形が形成中で非常に活動的であることがわかる。

レジャリ川の既存の砂防計画では、流出土砂の30%は砂防ダムで貯留するとし、残りは扇状地の中央を流れる旧レジャリ川に沿って計画された水路により海まで流下させるとしている。しかしながら、流出土砂の70%を海まで一気に流下させることは技術的に難しいと思える。

従って、施設の施工順序および土砂制御システムとしては次のようにする。図-3.4 参照

- レジャリのような活動的な扇状地の土砂制御計画の第1段階としては、扇状地に流入する土砂の量を先ず減らすことが主要なことになる。チュラコボアン峡谷の上流の溪谷で土砂の生産抑制と土砂の流出調節がなされるべきである。しかしながら、チュラコボアンには計画土砂量の全てを制御する砂防ダム地点がない。従って、チュラコボアンからレンコン川への転流工を計画する必要がある。
- 第2段階として、扇頂部で河道の固定、土砂の流送形態の変更および流出土砂の貯留を実施すべきである。

表3.4 ムジュール川の土砂制御施設設計画

Construction Order		Stage target	Type of Work	Function	Name	Specification	Sediment Control Volume (10 ³ m ³)
1st stage	Urgent dike improvement Project	Prevention of sediment runoff to Kec. Lumajang and Kec. Temph	Check dam	Sediment yield suppression Sediment runoff regulation	BS. Sat Check Dam-2	H=6.5m L=100m	164
					BS. Sat Check Dam-3	H=2.5-7.8m L=1210m	94
					BS. Sat Check Dam-4	H=2.5-7.8m L=2130m	15
					Kertosari Dike	H=2.5-7.8m L=2130m	
	Dike	Sediment transport adjustment	Dike of Keloposawit Sand Pocket	Dike of Keloposawit Sand Pocket	Dike of Keloposawit Sand Pocket	H=2.5-7.8m L=2000m	
					Kakangcolik Dike	H=2.5-7.8m L=1350m	
					River excavation 1	L=711m V=33800m ³	
					River excavation 2	L=1161m V=104000m ³	
					BS. Sat Check dam-5	H=8m L=190	30
					BS. Sat Check dam-6	H=8m L=170	130
2nd stage	Flood prevention at the upper stream of the fan	Check dam	Sediment yield suppression Sediment runoff regulation	River excavation 3	H=19m L=300	1,050	
					H=11m L=120	240	
					H=17m L=190	340	
					H=17m L=130	278	
				Sumbersari Check dam	H=17m L=750	535	
				Dike-5 (Leces)	H=5m L=480m		
				Dike-1	H=5m L=300m		
				2 (Kalancolik)	H=5m L=450m		
				3	H=5m L=450m		
				River excavation	L=2850m (BS. Tunggeng)		
3rd stage	Flood prevention at the lower stream of the fan pocket	Sand pocket	Sediment runoff storage	Kertosari Sand Pocket	Dike H=6m L=230m	1,414	
					Spillway 2 units		
				Keloposawit Sand Pocket	Dike H=6m L=300m	313	
					Spillway 3 units		
4th stage	Protection of intake	Consolidation dam	Sediment transport adjustment	Benda Sand Pocket	Dike H=8m L=2800m	423	
					Spillway 2 units		
				CD-1 - CD-12	12 units		
						Total	5,216

- 第3段階として、扇状地および下流域での局地的な洪水はんらんを防ぐべきである。
- 最終段階として、上記対策の結果として扇状地で河床が低下し始めたら、河道および河床の固定を行う。

上記のような考え方で、表-3.5に示すようなレジヤリ川の土砂制御施設を計画する。

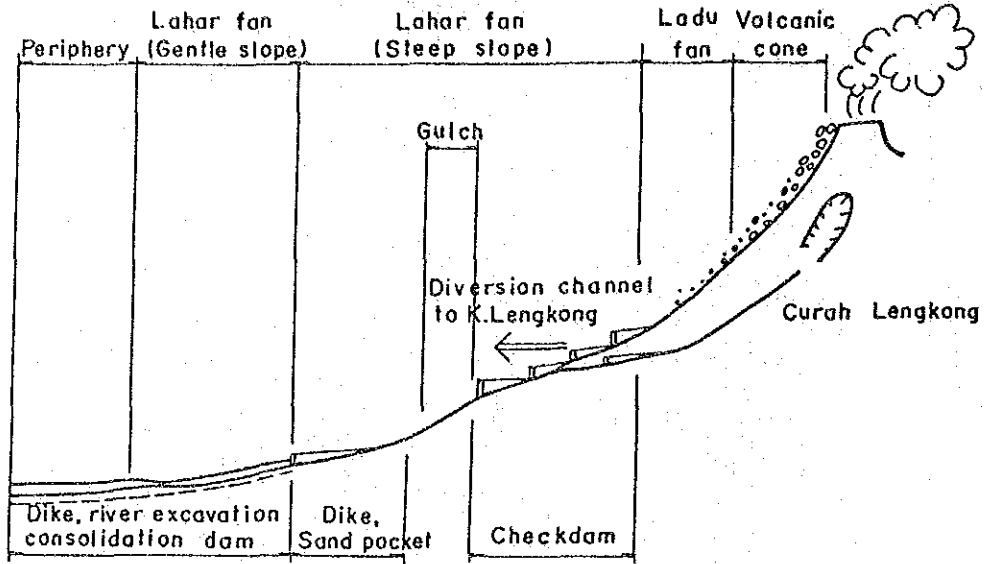


図-3.4 レジャリ川土砂制御施設概念図

表-3.5 レジャリ川土砂制御施設

Construction Order	Stage Target	Type of Work	Function	Name	Specification	Sediment Control Volume (10 ³ m ³)				
1st step	- Reduction of runoff sediment into the alluvial fan	Check dam	Sediment yield suppression Sediment runoff regulation	BS. Kobo'an Check Dam-3	H=12m L=58m	90				
				4	H=11m L=221m	660				
				5	H=12m L=235m	90				
				6	H=23m L=438m	430				
				7	H=22m L=170m	300				
				Curah Lengkong						
				Check Dam-1	H=10m L=53m	160				
2nd stage	- Fixing of watercourse at the top of the fan - Conversion of sediment flow type - Storage of runoff sediment	Dike	Sediment transport adjustment	2	H=18m L=55m	80				
				Channel						
				K. Lengkong Check Dam-7	H=10m L=1350m	2,220				
				6	H= 8m L=145m					
				5	H= 8m L=305m					
				4	H= 8m L=163m					
				4	H= 8m L=170m					
				3	H=10m L=193m					
				K. Leprak	Dike-12 H= 6m L=280m					
				13	H= 6m L=975m					
				K. Leprak Sand Pocket-1	Dike H=4m L=1050m	250				
				3rd stage	- Protection of local flood area	Sand pocket	Sediment runoff storage	Spillway	H=8m L=185m	
								Dike	H=7m L=800m	730
Spillway	H=8m L=820m									
Dike	H=3m L=1130m	360								
Spillway	H=8m L=125m									
K. Leprak	Dike-14 H=5m L=1000m									
15	H=5m L= 740m									
16	H=5m L= 200m									
17	H=5m L= 200m									
18	H=5m L= 300m									
4th stage	Fixing of watercourse and riverbed	River, excavation Consolidation dam Cross dike	Sediment transport adjustment	19	H=5m L= 220m					
				20	H=5m L=1350m					
				21	H=5m L= 550m					
				22	H=5m L= 100m					
				23	H=5m L= 270m					
				24	H=5m L= 600m					
				25	H=5m L= 350m					
					B=60m C=3.5m L=1750m					
				K. Leprak CD-2 - 22				Number of location = 21		
				Sediment stansport adjustment						
Cross dike				H=5m L=2350m						

3.2.4 グリディック川の土砂制御計画

グリディック川の既存の砂防計画は、グリディック川の上流支川であるレンコン扇状地を対象に作成されており、流域全体を対象とする総括的な砂防計画は立てられていない。

レンコン扇状地には多量のラハール堆積物があるので、先ずこの堆積物を対象とする生産抑制対策が必要である。次に、下流の谷底平野でははんらんを防止するために中流域で流出土砂を調節すべきである。図-3.5参照。

上記のような考え方に従って、グリディック川の土砂制御施設を表-3.6のように計画する。

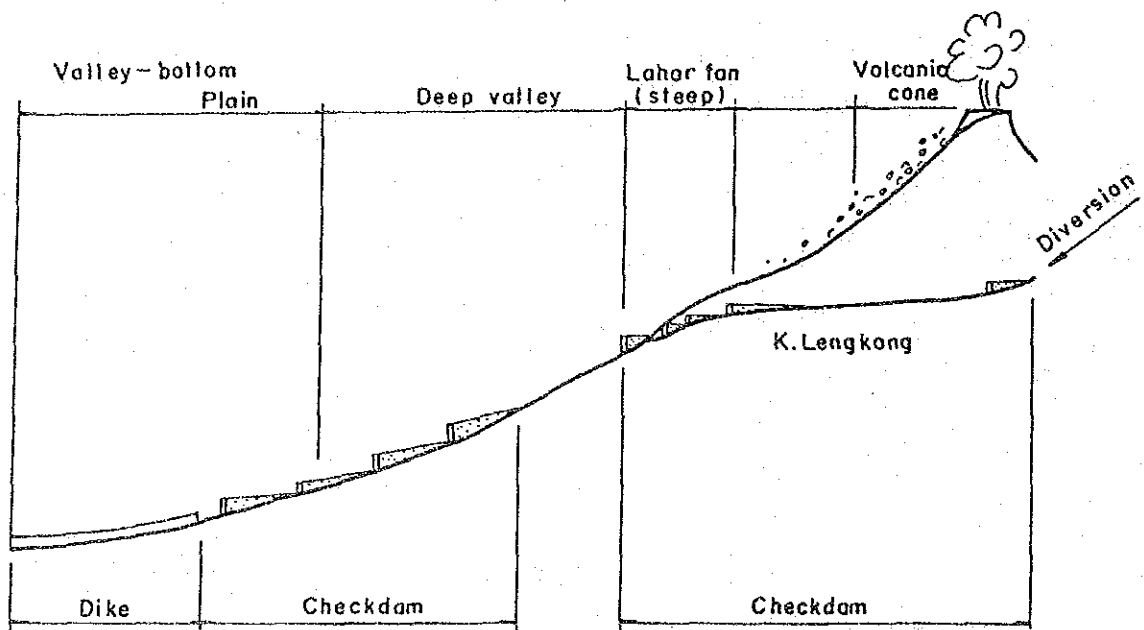


図-3.5 グリディック川土砂制御施設概念図

表-3.6 グリディック川土砂制御施設設計画

Construction Order		Stage Target	Type of Work	Function	Name	Specification	Sediment Control Volume (10 ³ m ³)
1st stage	Control of increase runoff sediment due to partial conversion of runoff sediment from BS. Kobo'an	Check dam	Sediment yield suppression	Sediment runoff regulation	X. Glidik Check Dam-9	H=10m L=145m	2
						H=8m L=905m	165
						H=8m L=163m	22
						H=8m L=170m	12
						H=10m L=193m	360
2nd stage	Reduction of inflow sediment into the valley bottom plain of X. Glidik	Check dam	Sediment yield suppression	Sediment runoff regulation	X. Glidik Check Dam-4	H=22m L=221m	2,100
						H=15m L=326m	440
						H=15m L=448m	480
						H=14m L=630m	920
3rd stage	Prevention of local flood in the valley bottom plain and fixing of watercourse	Dike	Sediment transport adjustment	Dike 1 - 14	H=6m L=9600m		
Total							4,561

3.2.5 建設工程

各流域の建設工程は、流域の優先度および財政条件等を考慮して、表-3.7に示すようになる。

表-3.7 建設工程

Sediment Control Plan	Time Schedule (Year)			
	10	20	30	40
K. Mujur	1st	2nd	3rd	4th
K. Rejali	1st	1st	2nd, 3rd	4th
K. Glidik	1st	2nd	3rd, 4th	

3.2.6 費用の積算

各流域の土砂制御計画の事業費は次のような考え方で求められた。表-3.8参照。

- ① 事業費は、建設費、用地費、調査費、行政費および予備費とする。
- ② 全ての事業費は、本調査で作成した概略設計に従って1982年12月の単価で積算する。
- ③ インドネシアで調達不能な資材、機械および調査費はスラバヤ港 (Surabaya Port) でのC. I. F価格を用いて求める。

表-3.8 土砂制御計画の事業費

10⁹ルピア

流域	総事業費	段階別事業費			
		1	2	3	4
ムジュール川	31.9	2.8	15.7	13.0	0.4
レジャリ川	33.3	27.7	3.7	1.4	0.5
グリディック川	23.2	5.6	8.2	6.6	2.8
	88.4	36.1	27.6	21.0	3.7

3.3 土石流予警報システム計画

3.3.1 計画の目標

過去の土砂災害（たとえば1976年10月および1981年5月の災害での死者・行方不明者はそれぞれ119名および369名に達している）が示すように調査域の土砂災害では多大の人命が失われている。そのような悲劇は地域社会に計り知れない影響を与えている。

前述したように、土砂制御施設計画の実施により土砂災害を完全に防止するには長い時間がかかるので、同計画の実施と並行して土石流予警報システム事業を実施する必要がある。土石流予警報システムは事業開始から約3年の短期間で効果を発揮しはじめる。

土石流予警報システム計画の目標としては、既存予警報システムの弱点を強化して、降雨により発生する土石流災害（二次災害）から人命を守ることが第1とする。

3.3.2 土石流予警報システムの概要

(1) 既存の予警報システム

スマル火山周辺の既存の監視警報システムは次のような組織と伝達方法で構成されている。

- 火山観測所 : 公衆電話回線
- 洪水観測所 : かんがい事務所専用電話回線
- スマル火山事業事務所 : トランシーバーによる専用無線回線の観測所
- 地方行政組織の広報システム : トランシーバーによる専用無線回線
- 伝統的な広報システム : トントン (Tongtong, 木筒) による伝統的な警報組織
- 避難台地 :

既存の予警報システムの弱点は、情報の収集システムと人力による情報処理システムにある。また、情報を住民に確実に伝える末端の警報組織が効果的に働いていない。

(2) 予警報システム確立のための基本的方針

土石流予警報システムは、次のような手順で、既存のシステムを強化することにより確立させる。

① 情報収集システムの強化

- スマル周辺の広域情報を集めるため、レーザー雨量計を設置する。
- 対象域の主要地点に、雨量観測局、洪水観測局および土石流観測局を設置する。
- 有線電話回線の故障による問題を解決するために、各局にテレメータを設置し、中央監視局とを結ぶ無線回線を導入する。

② 中央監視機能の補強

迅速な避難警報の発令と同様に、中央情報処理による土石流発生の予測と集取情報の管理も行う中央監視局を設置する。

③ 広報システムの強化

土石流の危険地域にスピーカーを設置する。

(3) システムの構成

上記のような基本的な方針に従って、先進的な土石流予警報システムが計画された。システムの構成は図-3.6に示す通りである。全体システムは次のようなシステムで構成される。

① 情報システム

情報システムでは、土石流発生の予測認知および土石流の機構の解析に必要な情報が収集される。このシステムは次のように構成される。

- 降雨観測システム
 - ・ 小型レーダー雨量局
 - ・ テレメーター雨量計
- 水位観測システム
 - ・ テレメーター水位局
- 土石流観測システム
 - ・ 土石流検地局
 - ・ 土石流監視局

② 情報処理システム

情報処理システムは情報処理センターに集中させる。このセンターは、情報システムで収集した情報の管理・処理を行い土石流の発生を把握し危険地域の住民に対する避難警報を発令する中央監視局である。このセンターはスメル火山事業事務所に置かれる。

③ 広報システム

広報システムでは、情報処理センターの判断に従って遅滞することなく危険地域の住民の避難警報を伝える。警報は最も危険な区域に設置されるスピーカーにより行われる。一般地域への警報は既存の伝達網により行われる。

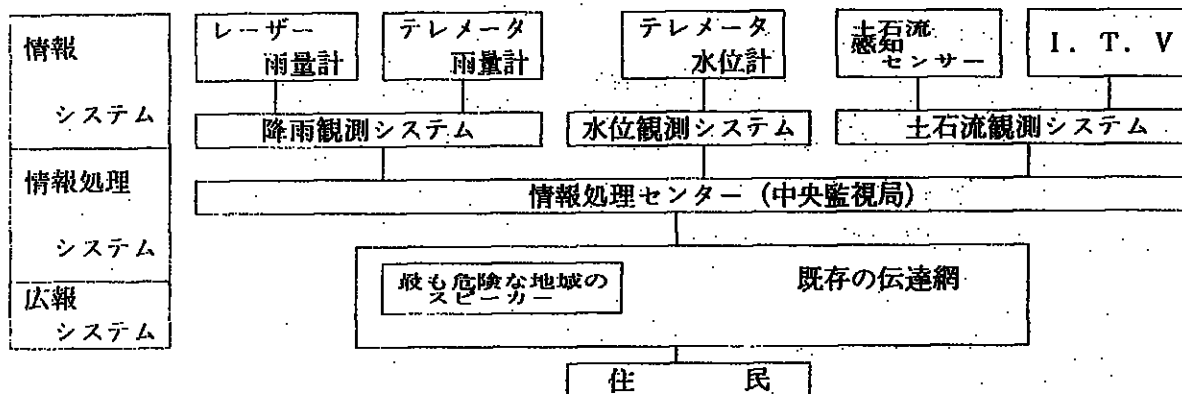


図-3.6 土石流警報システムの構成

3.3.3 土石流避難システム

土砂災害から住民の生命を確実に守ためには、土砂制御避難システムの確立もまた不可欠となる。このシステムの作成は、土砂制御災害の危険度に関する技術的判断に基づき地方関係機関と協議のもとになされなければならない。

図-3.7は地形的条件、土砂移動の水理学的検討を基に作られた災害危険度図である。図-3.7において、災害の発生確率と到達の可能性が高いものを赤で示し、低いところを白、これらの中間を黄色で示している。土石流避難システムを作成する時、考慮しな

なければならない事項として下記の項目が、図-3.7から提案される。

- ① 危険度の高い地域（赤）、中程度の地域（黄）の住民は可能災害域外へ避難することが望ましい。
- ② 土石流の到達時間に比較して、上記の避難時間が長い場合は、可能な範囲で危険度の低い地域へ避難することが望ましい。この場合は避難台地の建設が必要である。
- ③ 避難台地の位置は、少しでも高い位置に選定し、構造は想定される土石流に十分耐えるものとしなければならない。

3.4 優先事業の選定

OECF借款による緊急復旧事業は最近開始された。この事業により近い将来ムジュール川流域には多大の効果がもたらされる。従って、下記のような考え方によって、第1順位事業としてレジャリ川の土砂制御施設事業、第2順位事業としてムジュール川の土砂制御施設事業を選定する。

- ① 緊急復旧事業により、ムジュール川流域は他の流域に比べて土砂災害に対して安全になる。表-3.3に示すような次段階の対策は引き続いて実施されなければならないが、約18万人の住民と178km²の資産が守られる。
- ② 最近の土砂災害は、ムジュール流域よりレジャリ川流域に多く発生している。
さらに、次のような理由で上記第1順位事業と一諸にスメル南西斜面域を対象にした土石流予警報システム事業を第1順位事業として実施することを通告する。
 - ① 調査域の土砂災害では、多くの人命が失われている。
 - ② 砂防計画の全体は完成するのに長い時間がかかる。
 - ③ 人命保全を主目的とする予警報システムは全域に対して短期間でその効果を発揮し始める。

4章 第1順位事業

4. 第1順位事業

第1順位事業は、土砂災害に対するハードな対策とソフトな対策とで構成されている。

- ー レジャリ川流域を対象とする土砂制御施設事業
- ー ムジュール川、レジャリ川およびグリディック川災害の全域を対象とする土石流予警報システム事業

4.1 土砂制御施設事業

4.1.1 代替案

レジャリ川の砂防計画で示された事業の中から、下記のような考え方によって事業の代替案を選定した。

- ① 土砂制御施設の建設は、原則として、砂防計画で示された施工順序に従って実施される。
- ② レジャリ川流域の災害の頻度は、スムット川の上流域がレジャリ川へ流域変更された1942年以来増加している。このため、現状のオーバーフィット (overfit) した状況を1942年以前の状況にもどすための転流工を実施するのが望ましい。転流工を先ず実施すべきである。
- ③ 経験的な判断では、扇状地へ流出してくる土砂の半分がうまく制御されれば扇頂部での土砂はらは止まる。その後で、扇状地に計画された施設の建設を開始することができる。

上記の考え方に基づいて、表-4.1および図-4.1に示すように4つの代替案が選定された。

4.1.2 費用の積算

工事費算出のための設計は、“建設省河川砂防技術規準 (案)、建設省河川局編”および日本・インドネシア施工事例に基づいて行われている。

(1) 施工の概要

① チュラコボアン砂防ダム No.6

このダムは転流工の呑口標高を高くすることを一つの目標としてもつダムであり、地形および基礎条件を考えて可能な限り高い重力式コンクリートダムにした。基礎地盤は砂礫なので減勢工は水叩きおよび水じょく池との併用とした。

② チュラコボアン砂防ダム No.5

土砂の流出調節を目的としてチュラコボアンに設置した一連のダム群の一つで、砂礫を基礎とする重力ダムである。減勢は上記のNo.6ダムと同様な考え方で設計している。

③ チュラコボアン砂防ダム No.4

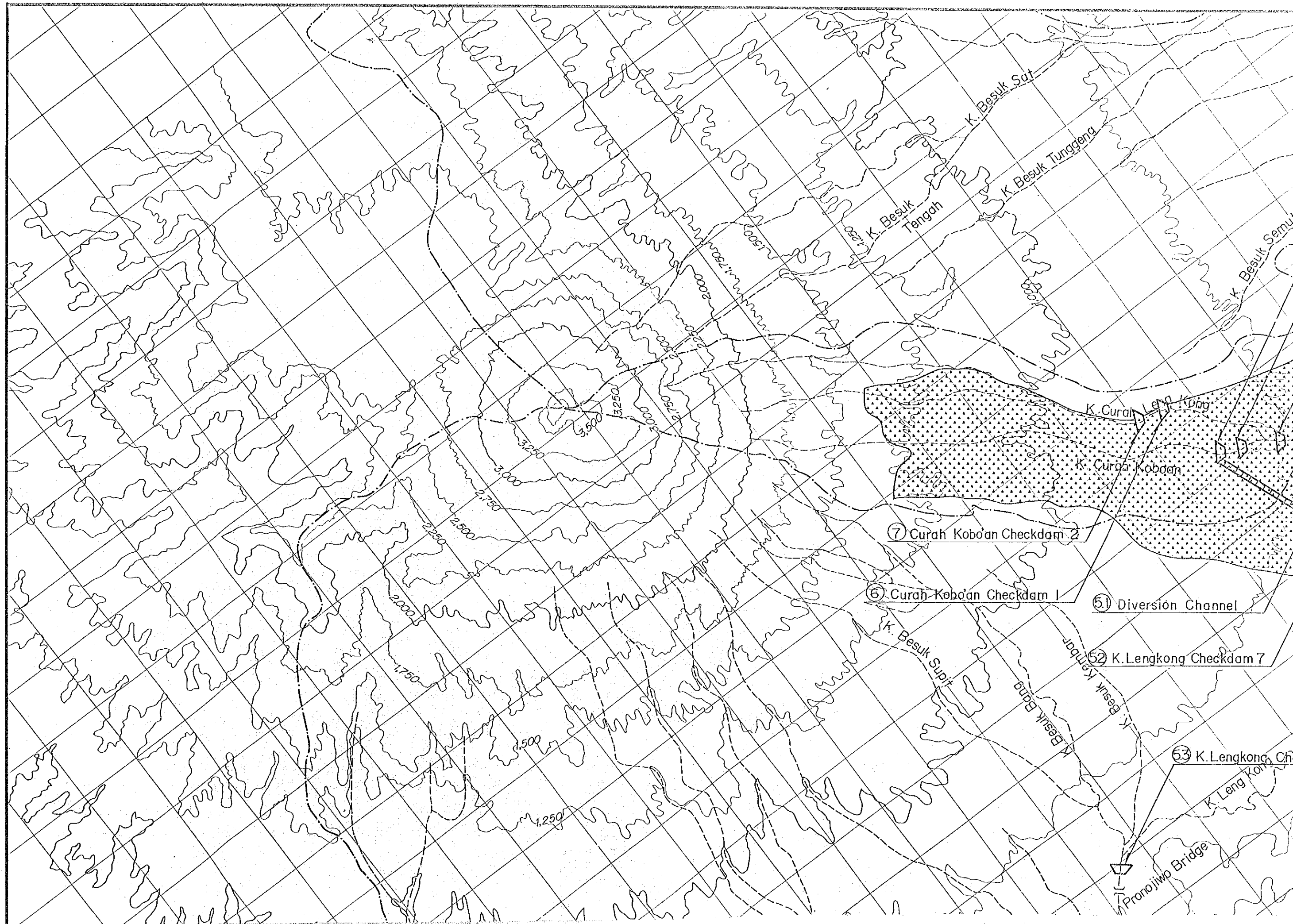
良好なダムサイトが少ない中で、岩盤基礎をもつ既存の砂防ダム (チュラコボアン砂防ダムNo.1) を11mかさ上げするものである。水通し部は重力式コンクリート

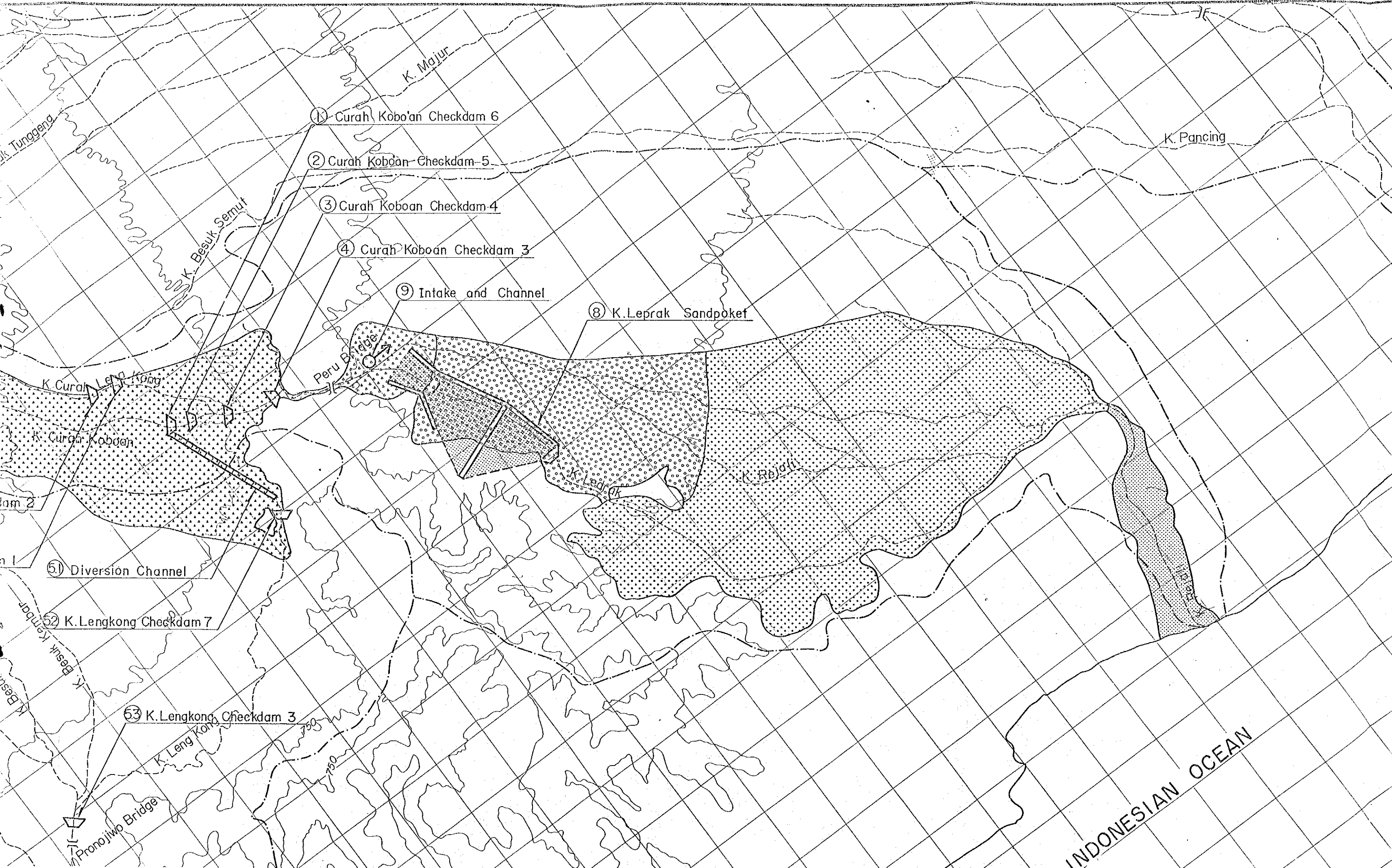
表-4.1 第1順位土砂制御施策事業の代替案

Alternatives	Work Stage	Type of Work	Combination of Facilities	Design Magnitude (Probability Years)
P1-1	1st Stage	Diversion	1,5,9,	13
P1-2	"	Check Dam & Diversion	1,2,3,4,5,6,7,9,	40
P1-3	1st & 2nd Stage	Diversion & Sand Pocket	1,5,8,9,	50
P1-4	"	Check Dam, Diversion & Sand Pocket	1,2,3,4,5,6,7,8,9	90

Facility No.	Name of Facility	
1.	Curah Kobo'an Check Dam	No. 6
2.	"	No. 5
3.	"	No. 4
4.	"	No. 3
5.	Diversion Work Channel	
	K. Lengkong Check Dam	No. 7
	"	No. 3
6.	Curah Lengkong Check Dam	No. 1
7.	"	No. 2
8.	K. Leprak Sand Pocket	
9.*	Intake and Channel	

* No.9 is facility for water conservation.





K. Majur

K. Pancing

① Curah Kobo'an Checkdam 6

② Curah Kobo'an Checkdam 5

③ Curah Kobo'an Checkdam 4

④ Curah Kobo'an Checkdam 3

⑨ Intake and Channel

⑧ K. Leprak Sandpoker

Peru Bridge

K. Curah Lengkong

K. Curah Kobo'an

K. Leprak

K. Rejati

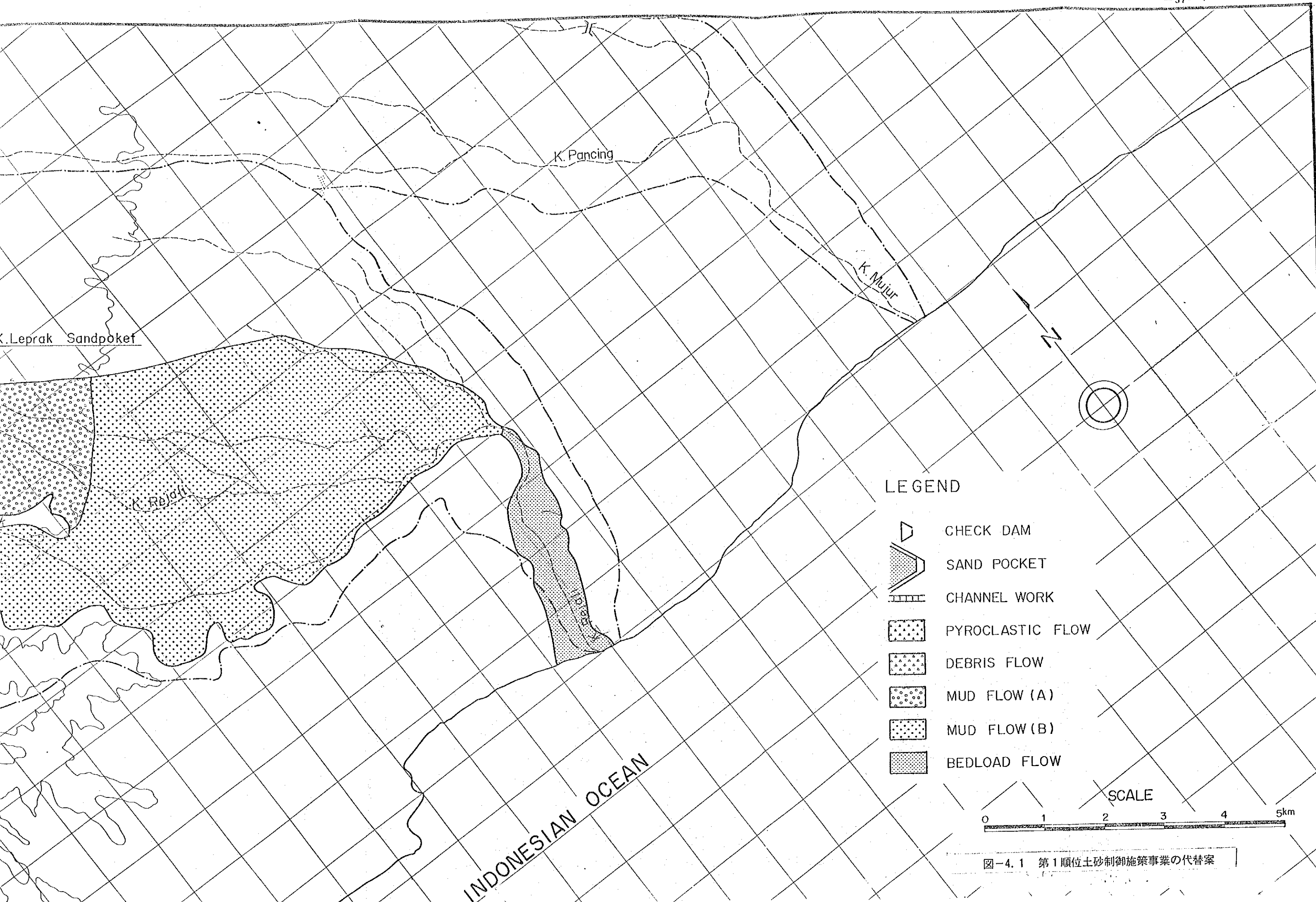
⑤ Diversion Channel

② K. Lengkong Checkdam 7



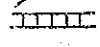

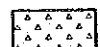
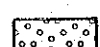


③ K. Lengkong Checkdam 3

Pronojiwo Bridge

INDONESIAN OCEAN



LEGEND

-  CHECK DAM
-  SAND POCKET
-  CHANNEL WORK
-  PYROCLASTIC FLOW
-  DEBRIS FLOW
-  MUD FLOW (A)
-  MUD FLOW (B)
-  BEDLOAD FLOW

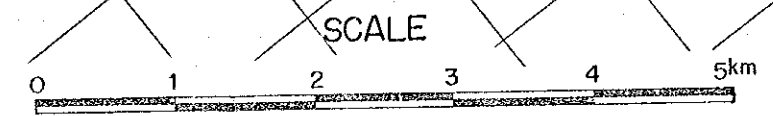


図-4.1 第1順位土砂制御施策事業の代替案

ダムとし、左岸のそで部は盛土方式とし、約1m厚のコンクリートで保護する。水
通し部およびそで部とも既存のダムを包みこむ構造としている

④ チュラコボアン砂防ダム No.3

コボアン溪谷の直上流部での土砂の流出調節を目的としたダムで、岩盤基礎の重
力式ダムである。水通し部の幅は下流の狭さく部の河道幅を考慮して30mとしている。

⑤ 転流工

転流工は次の3つの施設で構成される。

ー 転流水路

チュラコボアンから全流出土砂量をレンコン川へ転流する水路で、計画河床勾
配1/40、水路底幅30mとしている。侵食防止のため水路側面は河床から斜面長
で7mを蛇かごで保護し、200m間隔に床固工を設置する。水路の深さは5m～
15mとしている。

ー レンコン砂防ダムNo.7

転流された土砂を水路出口において一時的に貯留するためのダムである。砂礫
および第3紀層風化土を基礎とする重力式コンクリートダムである。水通し部は
平時の掃流力を大きくして堆積した土砂のフラッシュを図るために低水敷と高水
敷を設けている。

ー レンコン砂防ダムNo.3 (プロノジウオダム)

転流された流水によるレンコン扇状地のラハール堆積物の再移動を防止するた
めの基幹ダムである。安山岩質溶岩を基礎とする重力式コンクリートダムとする。
このダムサイトの直上流部付近まで火口から直接流下してくる熱雲が到達するの
で、ダムの形状は規準に比較し、余裕をもたせた形状とし水通し断面も大きくし
ている。また、副ダム下流で河床が深く侵食され滝を形成しているため、侵食の
拡大を防止するためこの滝をコンクリートで保護するものとした。

⑥ チュラレンコン砂防ダム No.1 および

⑦ チュラレンコン砂防ダム No.2

チュラレンコン川には、土砂制御効果の大きい適切なダムサイトがすくないが、
本ダムは土砂の生産抑制および土砂流出調節のダムとして比較的適切なダムサイト
である。ダムは重力式のコンクリートダムで、クレストの長さを短くした。ダム基
礎は砂礫であるため、水叩きと水じょく池で減勢を行っている。

⑧ レブラックサンドポケット

レブラックサンドポケットは扇状地での土砂はんらんを防ぐため、扇頂部で流出
土砂を貯留するように計画している。現在、レブラック川は、図-4.2に示すよう
に沖積扇状地の中央の高い地点を流れている。従って、この地点ではんらんを起こ
すとその影響は広がる。この水路を低い地点に移動させることによりはんらん域を

少なくすることができる。一方、右岸域は山付きとなっているので水路を右岸域に移しても下流への影響はほとんどない。従って、サンドポケットは右岸側につけて建設するように計画する。

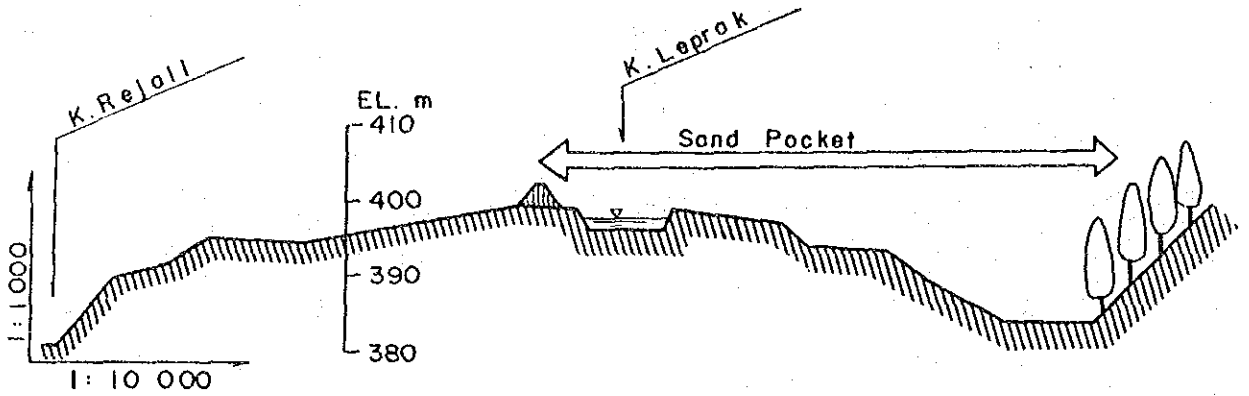


図-4.2 レプラック扇状地の断面図

サンドポケットは3基の床固工と総延長 2,980mの堤防で構成される。床固工は流路方向を計画河道に固定する役目および土石流をサンドポケット内に一様に堆積させる役目をもたせる。サンドポケットの入口と出口に設置される床固工は重力式のコンクリートダムとする。サンドポケットの中間位置に設けた床固工は堆砂のフラッシュを促進させるため、水通しの位置を変更できるようにロックバスケットでつくる。図-4.3参照

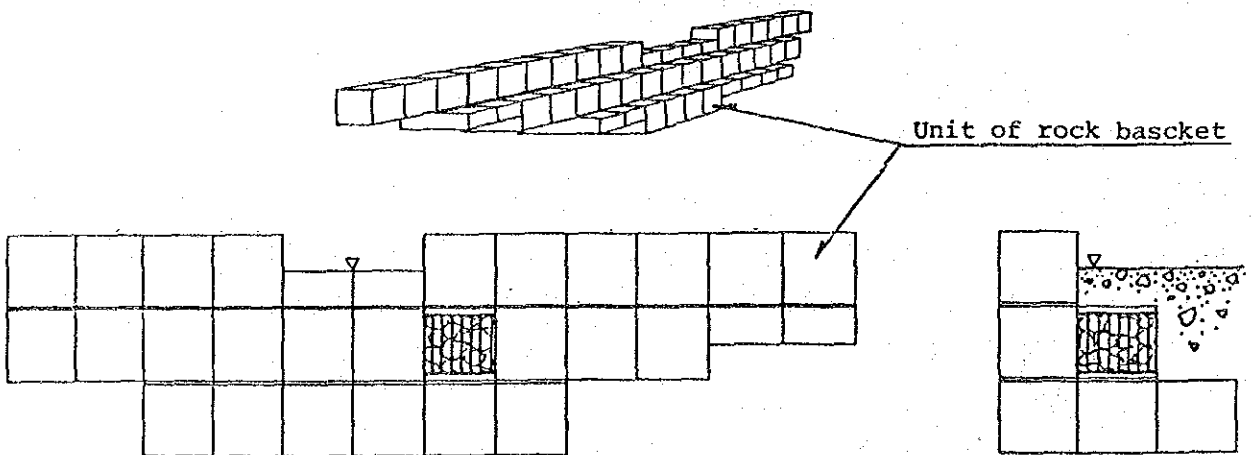


図-4.3 ロックバスケット製の床固工

サンドポケットの両側の堤防の高さは計画河床高より3 m以上としている。

⑨ 取水施設および水路

これらの施設は旧レジャリ川に沿った非かんがい水田地域への水供給のために設ける。取水施設は既存のレブラック砂防ダムNo.1を利用してつくる。水路は、取水施設から旧レジャリ川へ水を運ぶ施設で430mのトンネル水路である。

(2) 事業費の算定条件

事業費は次のような項目で構成される。

- ① 建設費 直接費： 材料費，機械損料，労賃
間接費： 直接費の15%
- 内訳： 準備工 10%
税金等 5%
- ② 用地費
- ③ 調査費 工事費の20%
- ④ 政府の管理費 工事費の4%
- ⑤ 予備費 ・物価上昇（ただし，財務費用にのみ）
外貨分： 年 5%
内貨分： 年 10%
・数量変更分 工事費の10%

各施設の概略設計を行い，ジャワ州ルマジャン県に於る材料単価，労賃および労働効率に基づいて事業費を算定している。基準単価は1982年の12月の単価としている。インドネシアで調達できない機材の費用は，国境価格としてスラバヤ港でのC. I. F 価格 (Cost, Insurance and Freight) を用いている。

用地費は，施設建設のための用地取得費と農業への補償費である。調達費は，設計，入札書の作成およ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，後述する実施計画に基づいて決められている。

政府の管理費は工事の実施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。この費用の工事比にたいする比率は，スメル火山事業事務所の過去の実績を考慮して決めている。

(3) 経済費用

土砂制御施設それぞれの経済費用は表-4.2に示す通りとなる。

表-4.2 第1順位事業土砂制御施設の経済費用
(1982年標準物価)

No.	Name		Life (Years)	Economic Cost (10 ⁶ Rp)
1.	Curah Kobo'an Check Dam	No. 6	80	9,805
2.	"	No. 5	"	578
3.	"	No. 4	"	3,212
4.	"	No. 3	"	203
5.	Diversion Works		"	7,495
6.	Curah Lengkong Check Dam	No. 1	"	102
7.	"	No. 2	"	317
8.	K. Leprak Sand Pocket		50	3,090
9.	Intake and Channel		80	292

4.1.3 事業の効果

(1) 事業の効果の算定方法

土砂制御施設の建設によりもたらされる事業の効果は次の3つに区分できる。すなわち、i) 直接被害の軽減効果、ii) 間接被害の軽減効果、iii) 水保全効果。

直接被害および間接被害の軽減効果は図-4.4に示すような手順で求められている。水保全効果は、土砂制御事業によりもたらされる農作物の増収として求められる。

(2) 災害モデル

(A) 可能災害域

過去の災害記録および地形条件を考えて、土砂災害を受けそうな地域を可能災害域とした。その地域では上流域から流入した土砂ははんらんし土砂災害を起こす可能性が高い。可能災害域は、災害のタイプ、土砂堆積厚および地形要素により5つのゾーンに分ける。

第1順位施設事業で保全される地域は、レジャリ川およびグリディック川とする。表-4.3, 4.4および4.5参照。

(B) 計画土砂量

各基準点の流出土砂量は、土砂流出制御シミュレーションモデルを用いて、再現確率年ごとに求めている。上流端の補助基準点と扇状地の下流端の計画基準点との流出土砂量の差が、可能災害域で災害を起こす可能性がある。これを計画土砂量とする。計画土砂量は再現確率ごとに表-4.6に示すように計算された。計算の詳細はサポーティングレポート(1)およびサポーティングレポート(5)-Gに記載されています。

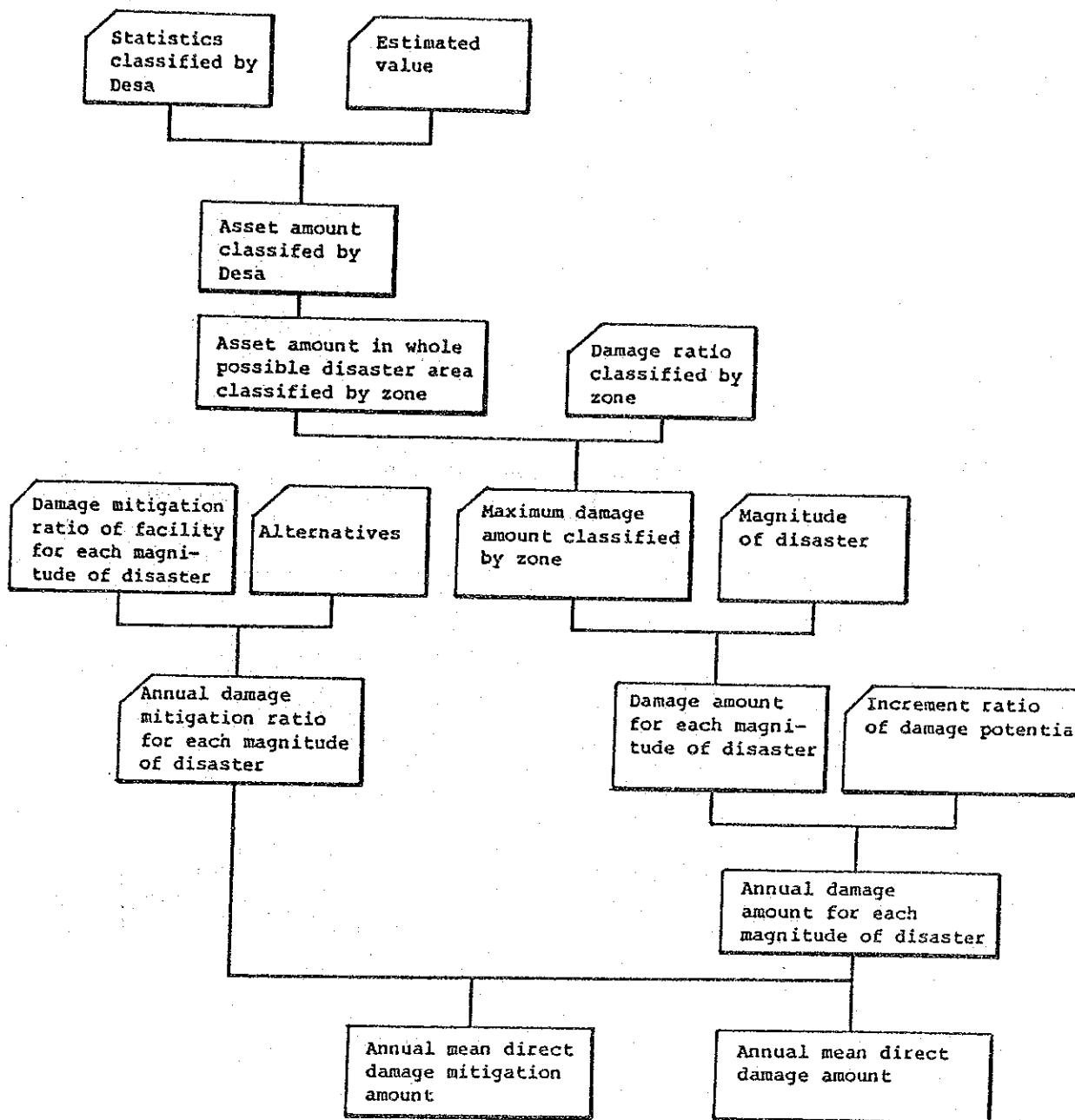


図-4.4 (1) 直接被害軽減額の計算フロー

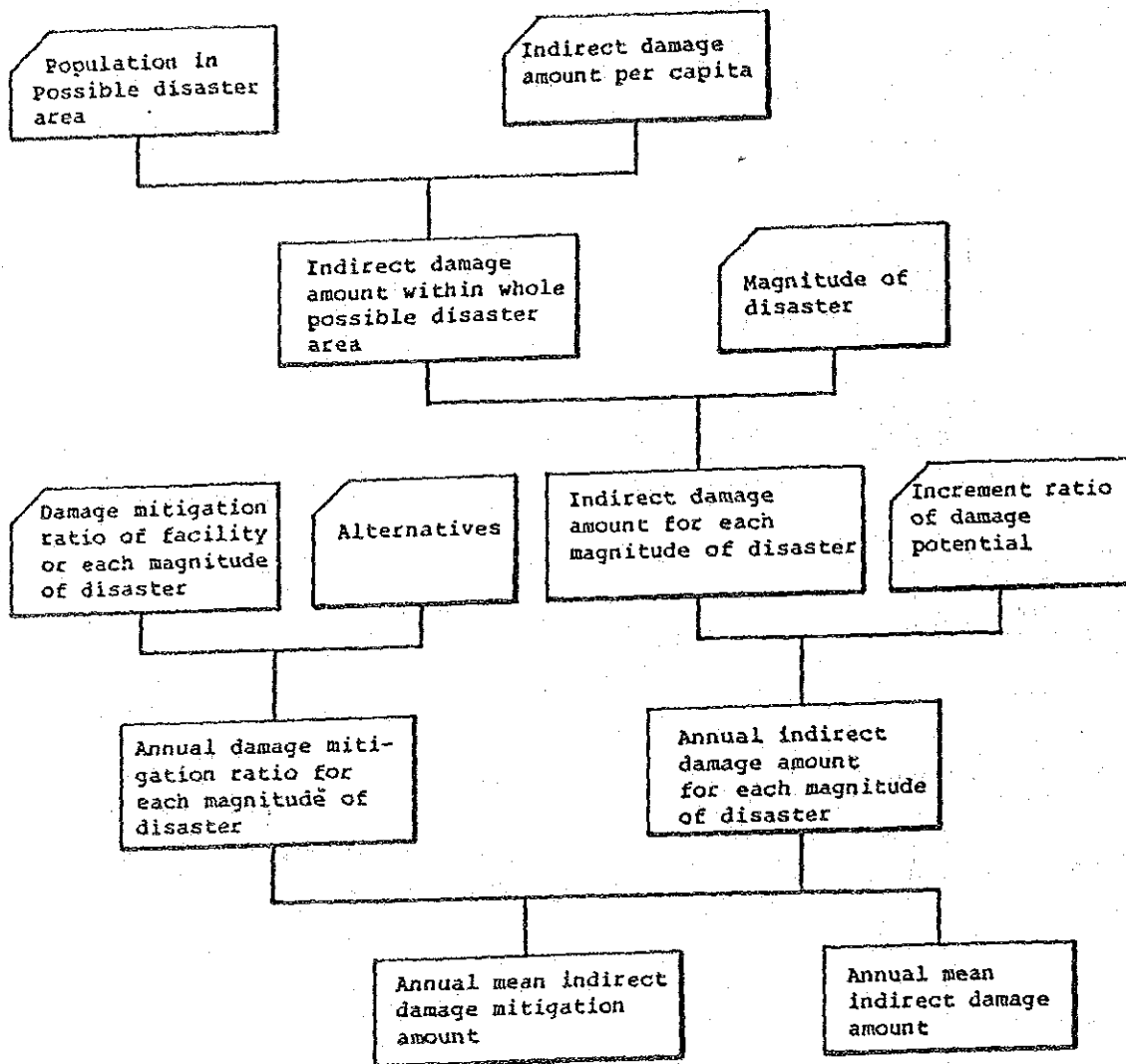


図-4.4 (2) 間接被害軽減額の計算フロー

表-4.3 レジャリ川, グリディック川の可能災害域

(Unit: km²)

River System	Zone					Total
	I	II	III	IV	V	
K. Rejali	-	1.68	9.89	26.28	2.67	40.52
K. Glidik	-	0	0	9.23	8.35	17.58
Total	-	1.68	9.89	35.51	11.02	58.10

表-4.4 レジャリ川の可能災害域に含まれる郡および村

Name of Kecamatan	Name of Desa
Pasirian	Kali Beno, Bades, Madu Rejo
Candipuro	Jarit, Jugosari, Sumberejo, Sumberwuluh, Tambah Rejo
Pronojiwo	Supiturang, Oro-oro Ombo

表-4.5 グリディックの可能災害域に含まれる郡および村

Name of Kecamatan	Name of Desa
Pronojiwo	Sidomulyo, Supiturang, Tamanayu
Tempursari	Kaliulingsari, Tempurejo, Purorejo, Tagalrejo
Ampel Gading	Ampel Gading

(C) 災害の規模

災害の規模は災害の大きさを示し、可能災害域面積とある災害の災害面積の比で与えられる。表-4.7に示すような災害規模は次のような仮定に基づいて決定している。図-4.5参照

- 土砂の堆積厚は、過去の災害に関する現地調査結果に基づいて、土砂の堆積量に関係なく各ゾーンごとに一定とする。
- 従って、各ゾーンごとの土砂はんらん面積ははんらん土砂量に比例し、一定の土砂制御施設のもとでは、災害規模ごとに一定とする。
- 流出土砂の多い沖積扇状地の土砂はんらんの特性から考えて、可能災害域のどの地点でも等しく災害を受けるものとする。

表-4.6 レジャリ川, グリディック川の計画土砂量

(10m³ m³)

Return Period (Year)	River Sytem	
	K. Rejali	K. Glidik
3	1,610	1,510
5	1,940	1,830
10	2,390	2,310
20	3,020	3,200
40	3,680	3,700
70	4,510	4,200
100	5,220	4,500
Potential disaster area	16,240	9,050

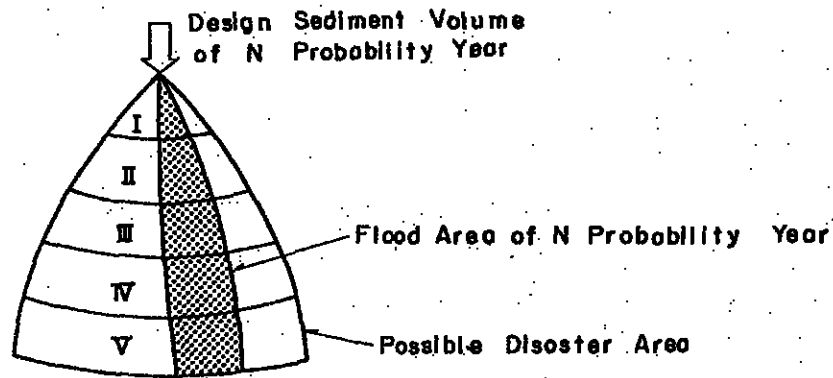


図-4.5 土砂のはらんモデル

表-4.7 確率規模別災害規模

流域	3年	5年	10年	20年	40年	70年	100年	可能災害域全域
レジャリ川	0.099	0.120	0.147	0.186	0.226	0.278	0.321	1.000
ムジュール川	0.167	0.202	0.255	0.354	0.410	0.464	0.498	1.000

(D) 被害率

被害率とは、土砂はらんによって受ける資産の被害の程度を示す値で、各資産ごとの値は、治水経済調査要綱に従って堆積土砂厚ごとに表-4.8に示すように与えられる。

表-4.8 堆積土砂厚ごとの被害率

Thickness of Sediment Deposit	50 cm and under	50 cm to 99 cm	100 cm and Over	
House	0.43	0.57		
Housenola goods	0.50	0.69		
Office	Depreciable assets	0.54	0.63	
	Livestock	0.48	0.56	
Farmhouse and Fisherman's House	Depreciable assets	0.37	0.45	
	Stocks	0.58	0.69	
Crops	Paddy rice	0.70	1.00	1.00
	Others	0.68	0.81	1.00

* Quoted from "Outline of Economic Study on Flood Control" (Revised Proposal) August, 1977 - Ministry of Construction, River Bureau, River Planning Section of Japan.

堆積土砂厚は、現地調査の結果に基づいて表-4.9に示すように各ゾーンごとに設定する。

表-4.9 土砂の平均堆積厚

(Unit: m)

Name of Basin	Possible Disaster Zone				
	I	II	III	IV	V
K. Rejali	2.22	0.60	0.47	0.36	0.42
K. Glidik	2.22	-	-	0.60	0.42

(3) 直接被害

(A) 被害項目

土砂災害による直接被害項は次の通りである。

- 一般資産
- 農作物
- 家畜・家禽
- 人の生産力
- 公共施設
- 土砂の排除費用

(B) 可能災害域の想定被害ポテンシャル

レジャリ川およびグリディック川流域の可能災害域内の想定被害ポテンシャルは、1982年の物価で、それぞれ表-4.10および4.11に示す通りである。

表-4.10 レジャリ川可能災害域の想定被害ポテンシャル

(Unit: 10⁶ Rp)

Item	Zone						Total
	I	II	III	IV	V		
General Assets	2,171	518	3,712	6,053	573	13,027	
Agricultural Products	147	22	157	292	30	648	
Livestocks & Fowls	174	44	288	630	51	1,187	
Human Productivities	4,664	714	5,006	9,556	1,000	20,940	
Public Facilities	257	205	150	100	22	734	
Total	7,413	1,503	9,313	16,631	1,676	36,536	

(Based on fiscal year 1982 standard price)

表-4.11 グリディック川可能災害域の想定被害ポテンシャル

(Unit: 10⁶ Rp)

Item	Zone						Total
	I	II	III	IV	V		
General Assets	250	0	0	1,412	972	2,634	
Agricultural Products	67	0	0	152	119	338	
Livestocks & Fowls	0	0	0	86	291	377	
Human Productivities	2,136	0	0	3,242	3,619	8,997	
Public Facilities	82	0	0	28	7	117	
Total	2,535	0	0	4,920	5,008	12,463	

(Based on fiscal year 1982 standard price)

(C) 被害ポテンシャルの増加率

被害ポテンシャルの増加率は、ルマジャン県の農業生産量の増加率および人口の増加率を考慮して、表-4.12に示すように設定している。

表-4.12 被害ポテンシャルの年増加率

Item	Annual Rate of Increase	
	Next 10 yrs	Following 10 yrs
General Property	1.17%	1.17%
Agricultural Products	7	3.5
Livestock and Poultry	3	1.5
Inhabitants	1.17	1.17
Public Facilities	1.17	1.17

(D) 直接被害額

可能災害域全体の直接被害額を意味する最大直接被害額は、各ゾーンの被害ポテンシャルごとにそれぞれの被害率を乗じた値を総計して求める。詳細はサポータングレポート(2)に記述されています。再現確率ごとの直接被害額は、それぞれの最大直接被害額に災害規模を乗じてもとめる。表-4.13および表-4.14参照。

(4) 間接被害

災害地域における経済活動の低滞による営業低下損失および被災した社会基盤施設の復旧活動に費やされる費用が、土砂災害によって生じる間接被害とみなされる。

間接被害は下記の項目とした。

- 食糧供給センターからの食糧供給
- 砂糖購入
- 避難小屋建設
- 毛布購入
- 魚購入
- 避難小屋用灯油購入費
- 自発的救助活動
- 安全保障活動
- 連絡施設の設置
- 負傷者、病人の看護および葬式費用
- 米(現物支給)

災害区域の人口1人あたりの間接被害額は、1981年5月災害における上記の各項目

表-4.13 レジャリ川の直接被害額

(10⁶ Rp)

Return Period	Asset	Crop	Cattle	People	Facility	Reh.Land	Total
3	475	34	18	116	8	709	1,360
5	576	41	22	141	10	859	1,649
10	706	51	27	173	12	1,053	2,022
20	893	64	35	219	16	1,332	2,559
40	1,085	78	42	266	19	1,619	3,109
70	1,334	96	52	327	24	1,991	3,824
100	1,541	110	60	377	27	2,299	4,414
Max. Direct Damage	4,800	344	186	1,175	85	7,162	13,752

表-4.14 グリディック川の直接被害額

(10⁶ Rp)

Return Period	Asset	Crop	Cattle	People	Facility	Reh.Land	Total
3	183	34	9	99	1	687	1,013
5	222	41	11	120	1	831	1,226
10	280	52	14	152	1	1,049	1,548
20	389	72	20	211	2	1,456	2,150
40	450	84	23	244	3	1,686	2,490
70	510	95	26	276	3	1,908	2,818
100	547	102	28	296	3	2,048	3,024
Max. Direct Damage	1,098	204	56	595	6	4,113	6,072

に対する費用に基づいて求めた。間接被害額は災害区域内の人口にこの人口1人あたりの間接被害額を乗じて求めた。そに以降の間接被害の計算は直接被害と同じ方法で実施した。

(5) 土砂制御施設における直接および間接被害軽減効果

(A) 土砂制御効果

土砂制御施設は災害可能域へ流入する土砂量を減少させる。これらの施設の被害軽減効果は施設がある場合と無い場合の被害面積の差として求められる。この被害面積の差は土砂制御施設の土砂制御量に比例する。

各施設の土砂制御量は施設がある場合と無い場合の流出土砂量の差として求められる。レジャリ川の各施設の再現確率年毎の計画制御土砂量は表-4.15に示す通りである。

転流工の一つとして、レンコン川とバン川の合流点直下流に計画されたレンコン川砂防ダムNo.3はグリディック川流域に対して土砂制御効果をもっている。

表-4.16参照

表-4.15 レジャリ川の各施設の土砂制御量

Facility	Return Period (year)	(10 ³ m ³)						
		3	5	10	20	40	70	100
1) Curah Kobo'an Check Dam No.6		430	430	430	430	430	430	430
2) " No.5		90	90	90	90	90	90	90
3) " No.4		660	660	660	660	660	660	660
4) " No.3		90	90	90	90	90	90	90
5) Diversion Work		700	980	1,320	1,680	2,000	2,100	2,200
6) Curah Lengkong Check Dam No.2		160	160	160	160	160	160	160
7) " No.1		80	80	80	80	80	80	80
8) K. Leprak Sand Pocket		1,340	1,340	1,340	1,340	1,340	1,340	1,340

表-4.16 レンコン川砂防ダムNo.3のグリディック川流域に対する土砂制御効果

Facility	Return Period (year)	(10 ³ m ³)						
		3	5	10	20	40	70	100
K. Lengkong Check Dam No.3		800	520	180	0	0	0	0

(B) 被害軽減効果

直接、間接被害の年軽減額は、年直接、間接被害に被害軽減率を乗じて求められる。各再現確率年毎の各施設の被害軽減率は計画土砂量に対するその施設の制御土砂量の比として求められる。

(6) 水保全効果

土砂制御施設の建設によって、土砂災害が軽減される一方、現在の荒地および砂糖きび、とうもろこし、大豆、キャサバ (cassava) が耕作されている畑を水を供給することによって安定した水田に変えることができる。したがって、現収穫と、将来水田から期待される収穫の差が、水保全の便益の一つとみなされる。しかし、この便益を得るためには土砂制御施設の他に、取水施設のような追加施設を建設する必要がある。水保全便益は土砂制御計画の便益として加えられる一方、取水施設等の費用は事業費として加えられなければならない。

水保全便益を求めるために、まず、土砂制御施設の建設により土地の安定化が期待できる地域を定めた。次に、補足的な施設の建設により、この地域に供給可能な水の量を求めた。そして、この開発水量によって得られる上記地域における農作物の年収穫の増加分が水保全便益となる。

(7) 年便益

すべての建設工事が終了する1992年における直接、間接被害の年軽減額および水保全便益は、表-4.17に示す通りである。

表-4.17 1992年における代替案の年便益 (第1順位事業)

(Unit: 10^6 Rp)

Plan	Item	Direct damage mitigation amount	Indirect damage mitigation amount	Water conservation amount
Plan-1		1,106	2	594
Plan-2		1,439	3	594
Plan-3		1,446	3	594
Plan-4		1,452	3	594

4.1.4 第1順位土砂制御施設事業の評価

(1) 経済評価

4.1.2節、4.1.3節でそれぞれ述べた費用と便益を用いて各代替案の経済分析を行った。事業の経済耐用年数を40年として得られた結果は、表-4.18および図-4.6

に示すとおり。

表-4.18および図-4.6に示すように、代替案P1-3が最も高いI.R.R. (Internal Rate of Return : 内部収益率) 8.92%を示す。したがって、計画規模は経済的な観点から、P1-3の再現確率年50年とするのが望ましい。

(2) 社会的評価

レジャリ川の可能災害域には約15000人の住民が住んでおり、表-4.19に示すように多くの資産がある。過去の災害記録が示しているように、多くの人々および資産が常に災害の恐れに直面している。家を失った人々は他の地域へ移転させられており、土砂災害によって引き起こされるこの地域の社会不安は大きい。このような被害を局地的な堤防だけで防止することは不可能であるので、この地域においては抜本的な土砂制御工事が必要である。

このような施設の建設が当地域の社会的安定に貢献する無形の便益の経済的価値を評価することむずかしいが、土砂制御事業は極めて重要である。このような無形の便益は下記のもものが挙げられる。

- 人命保護

- 住民生活の安定：土石流災害から逃れられることにより、住民の生命の安全性、生活の安定性は増大する。

表-4.18 第1順位土砂制御施設事業の経済評価結果

Alter-natives	Combination of Facilities	Design Scope (Probability Year)	Economic Cost 10^6 Rp	Maintenance Cost 10^6 Rp/Year	I.R.R.	Total Benefit 10^9 Rp
Pl-1	1,5,9	13	17,591	2	8.55	77.8
Pl-2	1,2,3,4,5,6,7,9	40	22,003	2	8.44	94.3
Pl-3	1,5,8,9	50	20,681	38	8.92	93.5
Pl-4	1,2,3,4,5,6,7,8,9	90	25,093	38	7.58	96.6

Facility No.	Name of Facility
1.	Curah Kobo'an Check Dam No.6
2.	" No.5
3.	" No.4
4.	" No.3
5.	Diversion Work Channel
	K. Lengkong Check Dam No.7
	" No.3
6.	Curah Lengkong Check Dam No.1
7.	" No.2
8.	K. Leprak Sand Pocket
9.	Intake and Channel

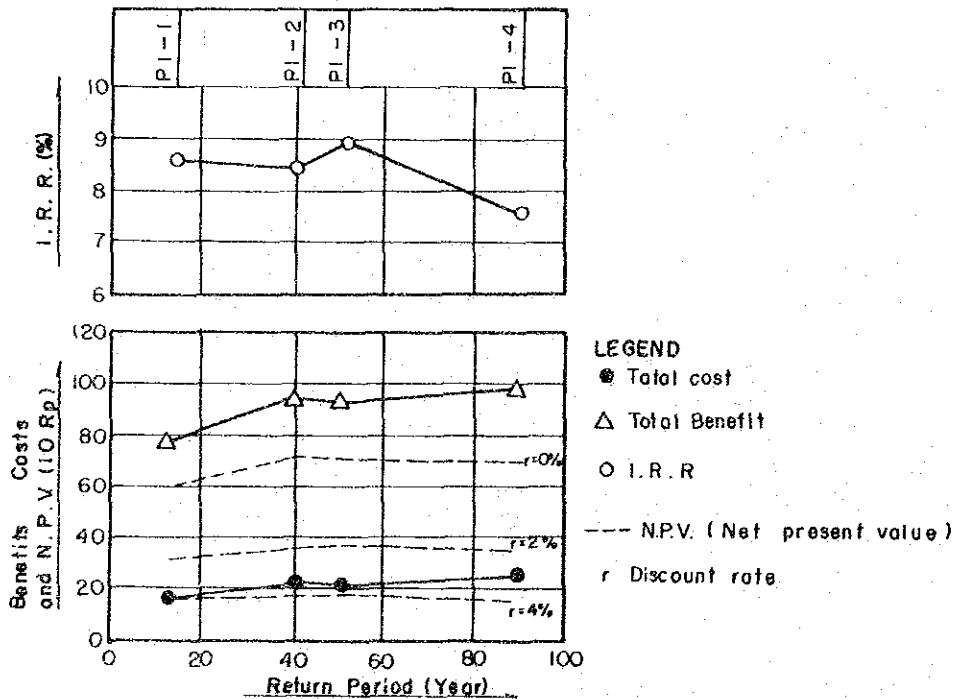


図-4.6 各代替案のI.R.R., N.P.V., 便益および費用

(第1順位土砂制御施設事業)

表-4.19 可能災害域の人口および資産 (レジャリ川)

項目	数	項目	数
寺院および教会	32戸	農耕地	1260ha
学 校	14戸	家畜	2601頭
工 場	5戸	家禽	8472羽
商 店	38戸	人口	14797人
家屋・事務所	3137戸		

(3) 総合評価

前述のように、全代替案のI.R.R.は7.58%~8.92%である。これらの事業の実施は当地域の総合開発計画の社会基盤を確実に強化するものであるから、この種の事業の実施は避けることのできないものである。

図-4.4に示すように、再現確率年が50年を越えるとI.R.R.が減少し始めるので、事業の計画規模は50年とする。すなわち、最も高いI.R.R.を示す代替案P1-3が推薦される。

4.1.5 第1順位土砂制御施設事業の実施計画

この節では第1順位土砂制御施設事業として推薦された代替案P1-3の実施計画について述べる。

(1) 事業の概要

第1順位土砂制御施設事業として建設される施設は、表-4.20と付録-4の図面に示されている。

表-4.20 第1順位土砂制御施設事業の概要

Name of River	Name of Facility	Specifications	
K. Rejali	Curah Kobo'an CHD-6	H=23 m Vc=120,800m	L=438 m Vs=2,112,000m
	Diversion channel	L=1,350m Ve=566,000m	B=30m Vg=7300m
	K. Leprak Sand Pocket	Consolidation dam 3 Vc=14,300m Vs=4,300m Vem=155,000m Vg=15,000m	
	Intake and Channel	L=430m	
K. Glidik	K. Lengkong CHD-3 (Pronojiwo Dam)	H=10m Vc=42,700m	L=2330 Ve=24,000m
	K. Lengkong CHD-7	H=10m Vc=4,670m	L=145m Ve=4,000m

H: Dam height
B: Width of channel
Vc: Concrete volume
Vem: Embankment volume

L: Length of dam or channel
Vs: Steel basket volume
Vg: Gabion work volume

(2) 事業工程

第1順位土砂制御施設事業の事業期間は、測量、細部設計、準備工事を含めて6年間である。全事業の工程は表-4.21に示すとおりである。各年の工事数量は表-4.22に示すとおりである。

(3) 建設方法および使用機械

この事業の主な工事はチュラコボアン砂防ダム№6とレンコン砂防ダム№3の大量コンクリートの打設、および転流水路の大量掘削である。特殊な工事としては、レブラックサンドポケットのロックバスケット工事がある。

上記以外の工事は、スメル火山事業所で現在用いられている一般的な方法で、同事業所の所有する機械を使用して施工する。

(A) コンクリート工事

今日まで当地域で用いられている人力によるコンクリート打設方法では、年間最大打設量は約7000m³である。したがって、この方法ではチュラコボアン砂防ダム№6およびレンコン砂防ダム№3のコンクリート打設を行うことはできない。このため、機械を用いた骨材製造設備、コンクリート製造設備およびコンクリート打設設備が計画されている。

コンクリート製造設備は中央プラント方式とし、骨材製造設備とコンクリート製造設備は、レブラックサンドポケットと同じ位置に設置することとする。ここで製造されたコンクリートは、トラックミキサーによってダムサイトへ運搬され、ケーブルクレーンとクローラークレーンにより打設される。これらの建設機械は工事量と建設期間を考慮して適切なものが選定される。図-4.7参照。

骨材はムジュール扇状地、レブラック扇状地およびレンコン扇状地において収集することができる。しかし、レンコン扇状地の堆積物の42%は直径0.074mm以下のシルト分であるので、コンクリート骨材としては不適切である。したがって、骨材製造設備およびコンクリート製造設備は、ダムサイトに近くかつ大量の骨材が得られるレブラック扇状地とした。

コンクリートの発熱温度上昇を低く押さえるため、および経済性の面から、玉石コンクリートを堤体材料として用いる。直径80mm以上の石をクローラークレーンで詰め込み、その後、それらの空隙にコンクリートを打設する。

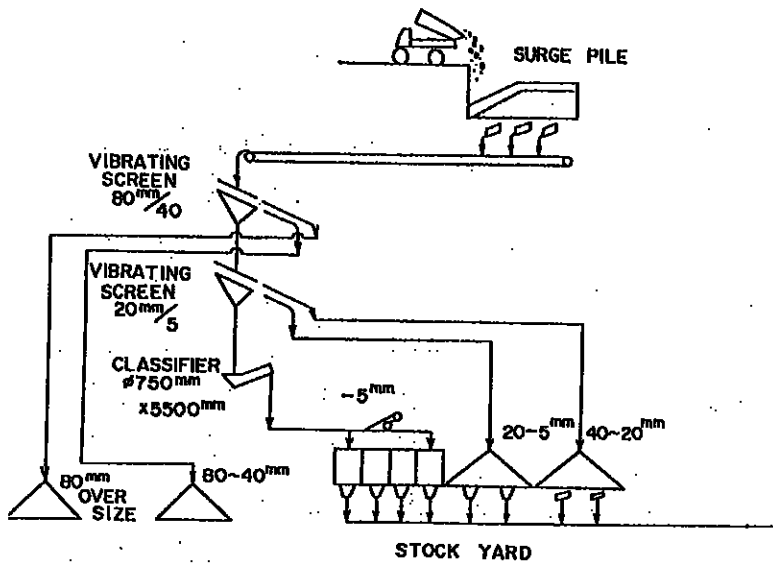
表4.21 第1順位土砂制御施設專業の專業工程

Fiscal year	1st		2nd		3rd		4th		5th		6th	
	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
Description	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
1. Engineering Service (Design, Tender and Procurement Process)												
(1) B. Kobo'an check dam No.6												
(2) Diversion channel												
(3) K. Lengkong check dam No.3												
(4) " " No.7												
(5) Leprak sand pocket												
(6) Intake and channel												
(7) Construction equipment and spare parts												
(8) Construction supervision												
2. Civil Works												
(1) B. Kobo'an check dam No.6												
(2) Diversion channel												
(3) K. Lengkong check dam No.3												
(4) " " No.7												
(5) Leprak sand pocket												
(6) Intake and channel												
(7) Preparation work												

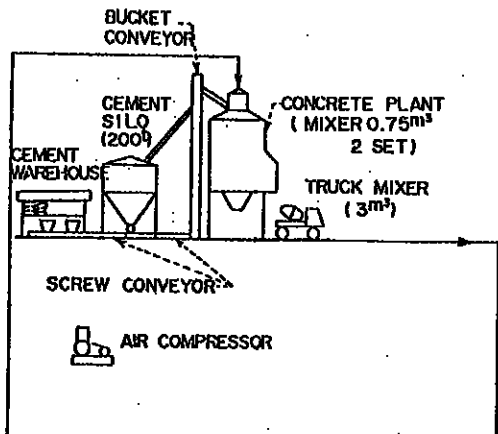
表-4.22 第1順位土砂制御施設事業の年工事数量

Work Item	Fiscal Year	Year					
		1st 1987	2nd 1988	3rd 1989	4th 1990	5th 1991	6th 1992
1. Concrete Work (m ³)							
B.Kobo'an check dam No.6			15,000	43,000	43,000	20,000	
Leprak Sandpocket						14,300	
K.Lengkong check dam No.3						8,000	34,700
K.Lengkong check dam No.7							6,500
2. Excavation (m ³)							
Diversion channel				280,000	286,000		
B.Kobo'an check dam No.6				69,000			
K.Lengkong check dam No.3						24,000	
K.Lengkong check dam No.7							4,000
3. Embankment (m ³)							
Leprak sandpocket				60,000	50,000	45,000	
4. Gabion work (m ³)							
Diversion channel				1,300	4,000	2,000	
Leprak sandpocket					6,000	9,000	
4. Steel basket (m ³)							
Leprak sandpocket				15,000	15,000	13,000	
6. Tunnel (m)							
Intake and tunnel							430m

AGGRIGATE PLANT



CONCRETE PLANT



CONCRETE PLACING PLANT

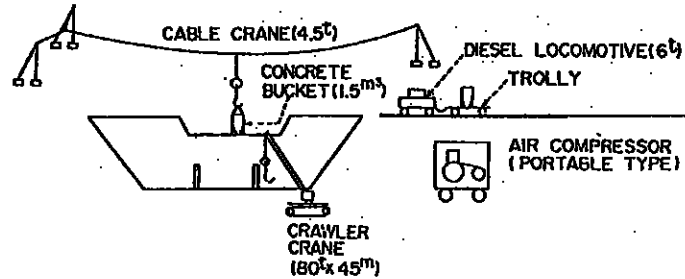


図-4.7 第1順位土砂制御施設事業のコンクリート工事方法

(B) 転流水路の掘削

転流水路が計画されているスンベルサリィ周辺地域は地下水が豊富であるので、掘削時は湧水が予想される。このため、掘削工は主としてバックホー (1.4 m³) で行い、補助的にリッパドーザー (25 t) を用いるものとする。掘削土はバックホーで直接ダンプトラックに荷積されて、土捨場へ運搬される。土捨場ではドーザーおよび振動ローラーで締固め盛土される。転流水路の掘削は下流端から開始し、上流へ進めて行くものとする。

(C) ロックバスケットの建設

ロックバケットはフトンカゴに似たものであるが、フトンカゴに使われている鉄線の代わりに型鋼が用いられているので、フトンカゴより耐久性がある。レブラックサンドポケットの中央に計画された床固工の堤体材料として、このロックバケットが用いられる。

ロックバケットは 2.2m x 1 m x 1 m の長方体ユニットから構成されており、組立および石詰めは人力で行われる。

(D) その他の工事

ダム基礎の掘削は主としてバックホーで行われ、補助的に人力掘削が行われる。
河床堆積物の掘削はバックホー（1.4m³）およびブルドーザー（25t）で行われ、その掘削土砂は堤防材料に用いられる。堤防工事の盛土、締固めはブルドーザー（25t）で行われる。

年間打設量が7000m³以下の堤防材料としては玉石コンクリートが用いられ、これまでと同様な人力施工を行う。

(E) 建設機械

本工事のために新しく購入される建設機械および付属品は表-4.23に示す通りである。

表-4.23 第1順位土砂制御施設事業のための建設機械の価額表

Item	Description Power (KW)	Weight (Ton)	Amount (10 ³ Yen)	Remarks
1. Equipment				
(1) Aggregate Plant	2,107 PS 207.65 KW	354.1	274,622	
(2) Concrete Plant	1,417 PS 33.65 KW	530.9	149,278	
(3) Concrete Placing Plant	2,360 PS 930.2 KW	864	971,846	
(4) Paving Equipment	315 PS 109 KW	64.1	94,500	
(5) Earth Work Equipment		248	329,047	
(6) Laboratory Equipment			5,000	
Sub Total	6,199 PS 1,459.5 KW	2,061.1	1,824,293	
2. Spare Parts				
(1) Aggregate Plant			47,223	
(2) Concrete Plant			43,943	
(3) Concrete Placing Plant			202,734	
(4) Paving Equipment Plant			32,790	
(5) Earth Work Equipment			59,600	
(6) Laboratory Equipment			2,000	
Sub Total			388,290	
Total			2,212,583	

(4) 費用

前述の建設方法に従い事業費（財務費用）を求め、表-4.24に示した。表-4.25参照

(5) 評価

上記と同様、詳細に見積られた経済費用（表-4.26）を用いて経済分析を行った結果、第1順位事業土砂制御施設の経済費用は20525百万ルピア、経済便益は90760百万ルピア、I.R.R.は8.8%となる。表-4.18における代替案P1-3に示す経済費用とここに示す経済費用がことなるのは、詳細な見積りの結果エンジニアリングサービス費用が減少したからである。表-4.27参照

表-4.24 第1順位土砂制御施設事業の財務費用

Item	Foreign	Local	Total
	Currency	Currency	
	10 ⁶ Yen	10 ⁶ Rp	10 ⁶ Yen
1. Construction equipment	1,825	-	1,825
2. Spare parts and consumable materials	389	-	389
3. Civil works	1,029	9,538	4,561
4. Land acquisition	-	370	137
5. Engineering services	932	909	1,269
6. Government administration	-	584	216
7. Contingency	723	4,462	2,376
<hr/>			
Total	10 ⁶ Yen		
	10 ⁶ Rp		
	(%)		
	4,898	5,876	10,774
	13,225	15,864	29,089
	45.7%	54.7%	100%

(Based on the price level of fiscal year 1982)

Yen Evaluation: 1US\$ = ¥240 = Rp650, 1 Yen = 2.7 Rp

表-4.25 第一順位土砂制御施設事業の年別財務費用

Item	1		2		3		4		5		6		Grand Total		
	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.		Total	
	10 ⁶ Yen	10 ⁶ Rp	10 ⁶ Yen	10 ⁶ Rp	10 ⁶ Yen	10 ⁶ Rp	10 ⁶ Yen	10 ⁶ Rp	10 ⁶ Yen	10 ⁶ Rp	10 ⁶ Yen	10 ⁶ Rp	10 ⁶ Yen		
1. Construction equipment	1,825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,825		
2. Spare parts and consumable materials	149	-	60	-	60	-	60	-	60	-	-	-	389		
3. Civil works	-	840	86	1,879	224	1,946	2217	1,518	387	1,668	115	1,687	1,029	9,538	4,561
4. Land acquisition	-	250	-	110	-	0	-	10	-	0	-	0	-	370	137
5. Engineering services	266	184	169	145	137	145	131	145	112	145	117	145	932	909	1,269
6. Government administration	-	134	-	90	-	90	-	90	-	90	-	90	-	584	216
7. Contingency	224	140	47	446	85	675	105	761	176	1,074	86	1,366	723	4,462	2,376
Total	2,464	1,549	362	2,670	506	2,856	513	2,524	735	2,977	818	3,288	4,898	15,864	10,774
Japanese Yen	2,464	573	362	989	506	1,058	513	935	735	1,103	318	1,218	4,898	5,876	
Equivalent x 10 ⁶ yen	3,037		1,351		1,564		1,448		1,838		1,536		10,774		
Yen evaluation US\$1 = ¥240 = Rp 650 (1982), ¥ = 2.7 Rp															
														(45.5%)	(54.5%)

表-4.26 第一順位土砂制御施設事業の年別経済費用

(Based on the Price level of fiscal year 1982)

Item	1		2		3		4		5		6		Grand Total	
	F.C. 10 Yen	L.C. 10 Rp	F.C. 10 Yen	L.C. 10 Rp	F.C. 10 Yen	L.C. 10 Rp	F.C. 10 Yen	L.C. 10 Rp	F.C. 10 Yen	L.C. 10 Rp	F.C. 10 Yen	L.C. 10 Rp		
1. Construction equipment	0	-	301	-	600	-	403	-	291	-	339	-	1,934	-
2. Civil works	-	521	68	1,321	337	1,448	272	1,116	223	1,206	125	1,254	1,025	6,866
3. Land acquisition	-	250	-	110	-	0	-	10	-	0	-	0	-	370
4. Engineering services	219	165	137	120	111	120	107	120	93	120	100	120	767	765
5. Government administration	-	132	-	93	-	93	-	93	-	93	-	93	-	597
7. Contingency	241	1,175	556	1,808	1,153	1,827	861	1,473	668	1,561	620	1,614	4,099	9,458
Total	241	1,175	556	1,808	1,153	1,827	861	1,473	668	1,561	620	1,614	4,099	9,458

表-4.27 第一順位土砂制御施設事業の経済評価

YEAR	COST			BENEFIT			IRR16, SALVAGE V.	DISCOUNT RATE	ACQU. DISCOUNTED COST	ACQU. DISCOUNTED BENEFIT	B/C RATIO	NPV
	TOTAL	CONSTRUCTION	MAINTENANCE	TOTAL	DIRECT	INDIRECT						
1987	1825.0	1825.0	.0	.0	.0	.0	.0	0	21819.	97760.	4.1599	68942.
1988	3310.0	3310.0	.0	.0	.0	.0	.0	1	20823.	70678.	3.3942	49855.
1989	4941.0	4941.0	.0	.0	.0	.0	.0	2	19929.	53890.	2.8000	35871.
1990	3796.0	3796.0	.0	.0	.0	.0	.0	3	17116.	44645.	2.8355	25529.
1991	3363.0	3363.0	.0	256.8	.6	.6	594.0	4	18370.	36180.	1.9695	17810.
1992	3291.0	3289.0	2.0	633.6	759.0	.6	611.0	5	17682.	29679.	1.6785	11977.
1993	38.0	.0	38.0	2046.1	1431.8	3.2	629.0	6	17041.	24625.	1.4450	7584.
1994	38.0	.0	38.0	2073.5	1441.2	3.3	646.0	7	16442.	20650.	1.2559	4208.
1995	38.0	.0	38.0	2100.1	1450.8	3.3	665.0	8	15880.	17488.	1.1012	1608.
1996	38.0	.0	38.0	2128.9	1460.5	3.4	683.0	9	15351.	14945.	.8735	-407.
1997	38.0	.0	38.0	2156.8	1470.4	3.4	701.0	10	14852.	12877.	.8671	-1974.
1998	38.0	.0	38.0	2184.8	1480.4	3.4	714.0	11	14379.	11179.	.7775	-3199.
1999	38.0	.0	38.0	2208.1	1490.6	3.5	714.0	12	13930.	9772.	.7015	-4138.
2000	38.0	.0	38.0	2218.5	1501.0	3.5	714.0	13	13504.	8596.	.6365	-4908.
2001	38.0	.0	38.0	2229.1	1511.5	3.6	714.0	14	13099.	7403.	.5805	-5495.
2002	38.0	.0	38.0	2239.8	1522.2	3.6	714.0	15	12712.	6760.	.5318	-5952.
2003	38.0	.0	38.0	2250.8	1533.1	3.6	714.0	16	12364.	6039.	.4892	-6305.
2004	38.0	.0	38.0	2261.9	1544.2	3.7	714.0	17	11992.	5417.	.4517	-6575.
2005	38.0	.0	38.0	2273.2	1555.5	3.7	714.0	18	11656.	4878.	.4185	-6778.
2006	38.0	.0	38.0	2284.7	1567.0	3.8	714.0	19	11334.	4408.	.3889	-6924.
2007	38.0	.0	38.0	2296.5	1578.6	3.8	714.0	20	11027.	3997.	.3625	-7030.
2008	38.0	.0	38.0	2308.4	1590.5	3.9	714.0	21	10732.	3635.	.3387	-7097.
2009	38.0	.0	38.0	2320.5	1602.6	3.9	714.0	22	10449.	3314.	.3172	-7135.
2010	38.0	.0	38.0	2332.9	1614.9	4.0	714.0	23	10178.	3030.	.2977	-7148.
2011	38.0	.0	38.0	2345.4	1627.4	4.0	714.0	24	9918.	2777.	.2800	-7141.
2012	38.0	.0	38.0	2358.2	1640.2	4.0	714.0	25	9668.	2550.	.2638	-7117.
2013	38.0	.0	38.0	2371.3	1653.2	4.1	714.0	26	9427.	2347.	.2489	-7080.
2014	38.0	.0	38.0	2384.5	1666.4	4.1	714.0	27	9196.	2164.	.2353	-7032.
2015	38.0	.0	38.0	2398.0	1679.8	4.2	714.0	28	8974.	1999.	.2227	-6975.
2016	38.0	.0	38.0	2411.8	1693.5	4.2	714.0	29	8760.	1850.	.2111	-6911.
2017	38.0	.0	38.0	2425.8	1707.5	4.3	714.0	30	8554.	1714.	.2004	-6840.
2018	38.0	.0	38.0	2440.0	1721.7	4.3	714.0					
2019	38.0	.0	38.0	2454.6	1736.2	4.4	714.0					
2020	38.0	.0	38.0	2469.4	1750.9	4.4	714.0					
2021	38.0	.0	38.0	2484.4	1765.9	4.5	714.0					
2022	38.0	.0	38.0	2499.8	1781.3	4.5	714.0					
2023	38.0	.0	38.0	2515.4	1796.9	4.6	714.0					
2024	38.0	.0	38.0	2531.4	1812.8	4.7	714.0					
2025	38.0	.0	38.0	2547.7	1829.0	4.7	714.0					
2026	38.0	.0	38.0	13097.0	1845.5	4.8	714.0					

INTERNAL RATE OF RETURN 8.80 PER CENT

4.2 土石流予警報システム事業

4.2.1 事業概要

(1) 事業の目標

この地域の災害では多くの人命が失われている。一方このような災害を土砂制御施設より完全に防止するには、長い時間がかかる。このような状況において、土石流予警報システムは人命をできるだけ早くから保護することを目標にスメル火山東南斜面全域に計画された。

(2) 土石流予警報システムの構成

第1順位事業として推薦される土石流予警報システムは以下のとおりである。

① 情報システム

情報システムは土石流発生を予測し、警報を発するのに必要な情報を収集して、これらの情報を情報処理システムへ送る。このシステムは次のように構成されている。

ー 降雨観測システム

- ・ 小型レーダー雨量局 1局
- ・ テレメーター雨量局 8局

ー 水位観測システム

- ・ テレメーター水位局 6局

ー 土石流観測システム

- ・ 土石流検知局 4局
- ・ 土石流監視局 2局

ー 中継局 1局

② 情報処理システム

情報処理システムは住民に警報を発するかどうかを判断するために、種々の情報を蓄積、管理を行う。このシステムは土石流の発生を予測するための解析プログラムおよびソフトウェアは含んでいない。このシステムはスメル火山事業所に設置する情報処理センターに集中させる。

③ 広報システム

広報システムは情報処理システムの判断に従って遅滞なく危険地域に住む住民に避難警報を伝える。このシステムは次のものから構成される。

- ー 土石流に対して最も危険な地域に設置されるスピーカー局
- ー 一般地域における既存伝達網

上記システムの概要および位置はそれぞれ図-4.8, 図4.9に示している。

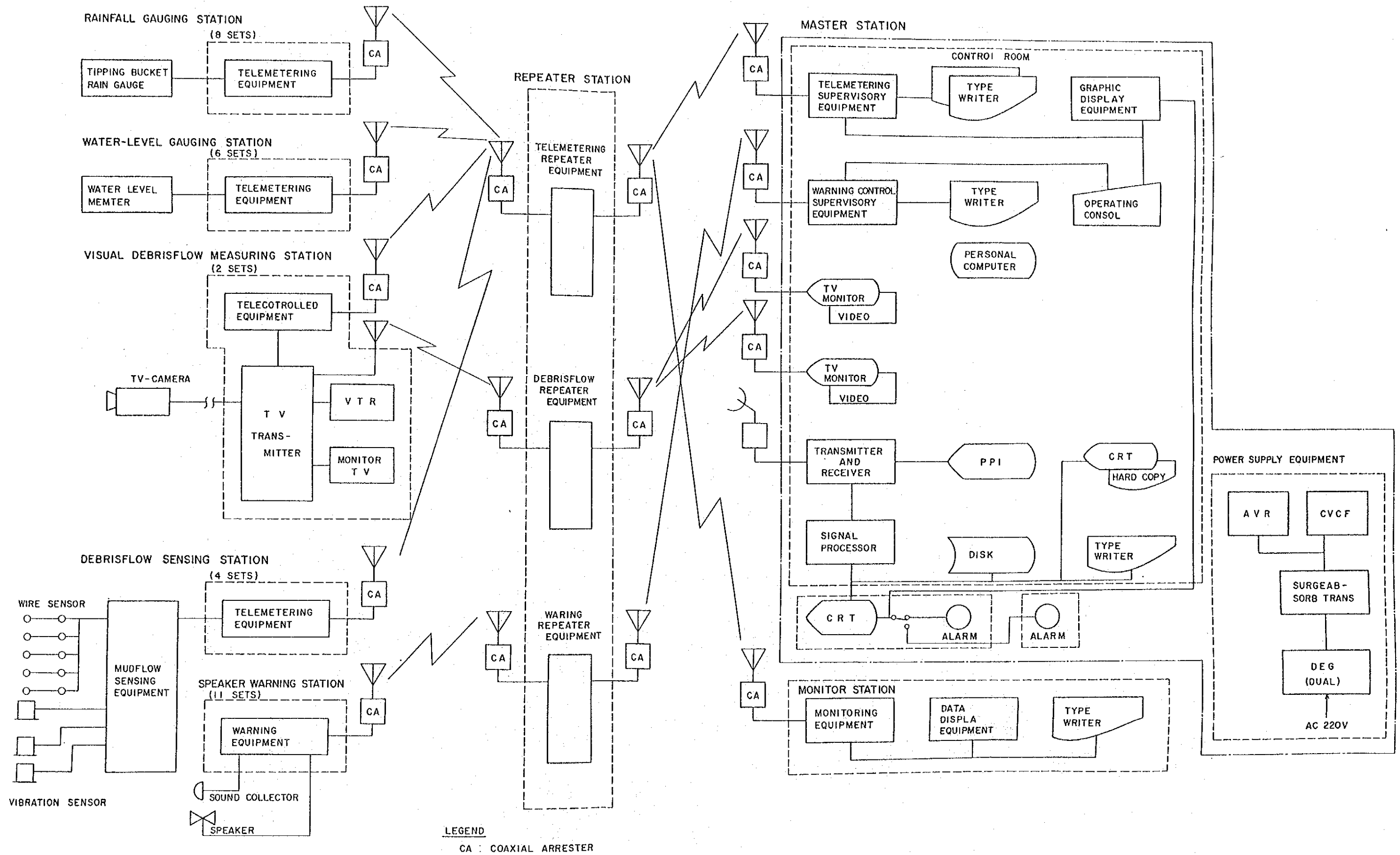
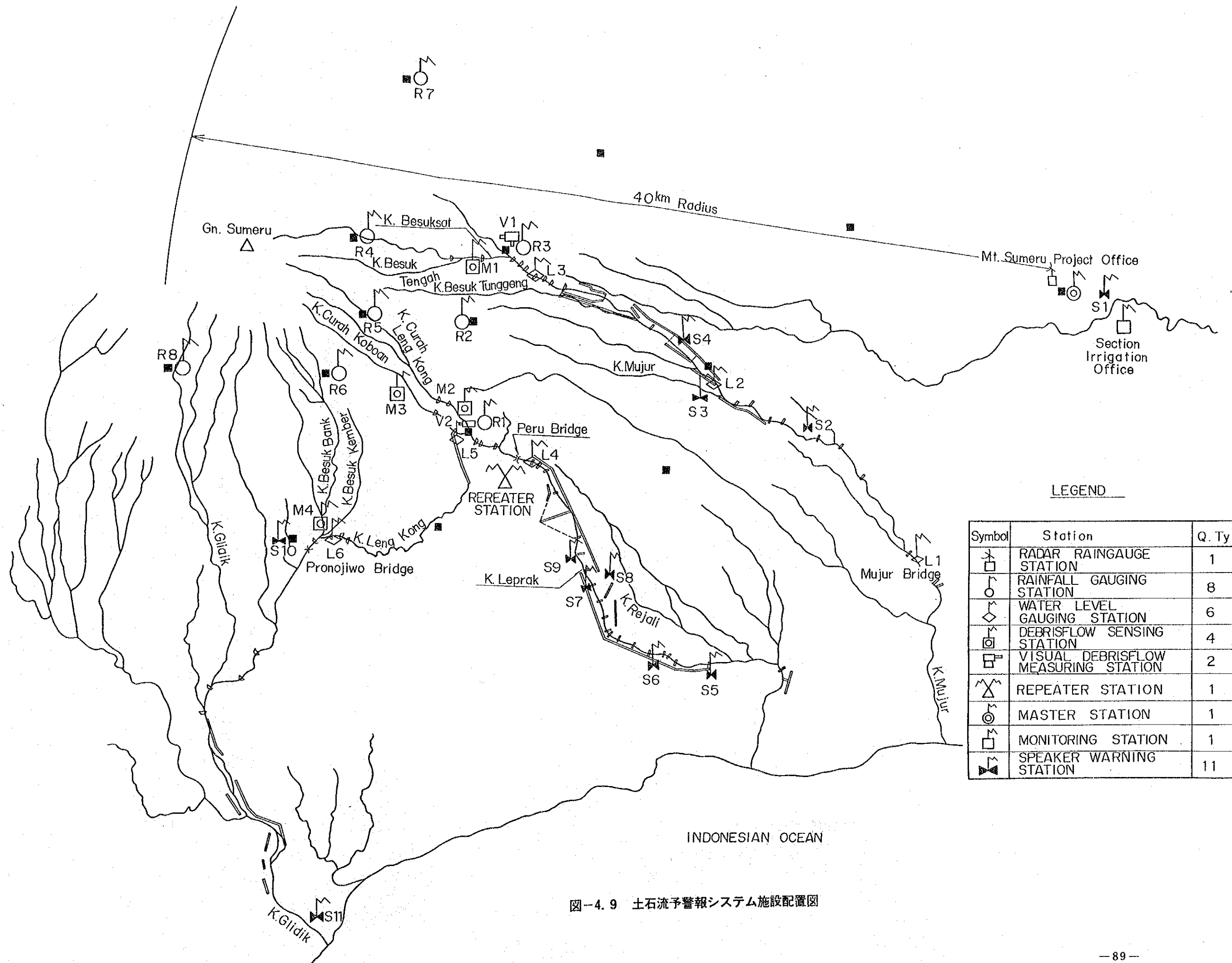


図-4.8 土石流予警報システムの構成



LEGEND

Symbol	Station	Q. Ty
	RADAR RAIN GAUGE STATION	1
	RAINFALL GAUGING STATION	8
	WATER LEVEL GAUGING STATION	6
	DEBRISFLOW SENSING STATION	4
	VISUAL DEBRISFLOW MEASURING STATION	2
	REPEATER STATION	1
	MASTER STATION	1
	MONITORING STATION	1
	SPEAKER WARNING STATION	11

図-4.9 土石流予警報システム施設配置図

4.2.2 主要機器

上記システムに必要な機器は表-4.28に示すとおりである。

表-4.28 土石流予警報システムの機器

System	Station	Equipment	Quantity
Information processing system	Master station	1. Supervisory equipment	1 set
		2. Small radar rain gauge equipment	1 set
		3. Visual receiving equipment	2 sets
		4. Warning control equipment	1 set
		5. Power supply equipment	1 set
		6. Personal computer	1 set
	Monitoring station	1. Monitoring equipment	1 set
		2. Receiver	1 set
		3. Antenna	1 set
		4. Data display equipment	1 set
5. Typewriter		1 set	
Information collection system	Repeater station	1. Repeater equipment	3 sets
		2. Radio equipment	4 sets
		3. Telecontrolled equipment	1 set
		4. Antenna equipment	3 sets
		5. Power supply unit	2 sets
	Rainfall observation station	1. Telemetering equipment	8 sets
		2. Radio equipment	8 sets
		3. Antenna equipment	8 sets
		4. Rainfall gauging equipment	8 sets
		5. Solar cells power supply equipment	8 sets
	Water level observation station	1. Telemetering equipment	6 sets
		2. Radio equipment	6 sets
		3. Antenna equipment	6 sets
		4. Water level gauging equipment	6 sets
		5. Solar cells power supply equipment	6 sets
Debris flow sensing observation station	1. Telemetering equipment	4 sets	
	2. Radio equipment	4 sets	
	3. Antenna equipment	4 sets	
	4. Debris flow sensing equipment	4 sets	
	5. Solar cells power supply equipment	4 sets	
Debris flow visual measuring station	1. Telecontrolled equipment	2 sets	
	2. Radio equipment	2 sets	
	3. Antenna equipment	2 sets	
	4. TV transmitter	2 sets	
	5. TV camera	2 sets	
	6. Monitor TV	2 sets	
	7. VTR	2 sets	
	8. Solar cells power supply equipment	2 sets	
Public information system	Speaker station	1. Warning equipment	11 sets
		2. Radio equipment	11 sets
		3. Antenna equipment	11 sets
		4. Loud speaker equipment	11 sets
		5. Solar cells power supply equipment	11 sets
		6. Sound collector	11 sets

4.2.3 システムの運用

全システムの基幹となる情報処理センターでは、情報システムにより収集された情報が表示、記録され、さらに関係機関に伝達される。このシステムの運用は図-4.10に示されている。

このシステムを有効に運用するためには、全機器を良好な状態で管理することおよび収集されたデータに基づいて継続的にシステムを改良してゆくことが必要である。システムの点検・修理および情報収集のためのマニュアルは1年間の試験運用の間に作成するものとする。

土石流発生の予測のための解析プログラムの作成および改良は、第1順位事業には含まれない。これらは、長い期間に渡り、スメル火山事業所の日常活動として実施さなければならぬ。

4.2.4 土石流予警報システム事業の評価

過去の災害記録が示すように、スメル火山周辺の土砂災害では多くの人命が失われている。土石流予警報システムの設立によって、このような災害から人命を守ることができる。さらに効果として定量的に表現することがむずかしいものではあるが、住民生活の安定化が強化され、社会的な活力が増強される。この土石流予警報システムでカバーされる可能災害域の人口は表-4.29に示すとおりである。

表-4.29 土石流予警報システムでカバーされる可能災害域の資産

Item	Quantity	Item	Quantity
People	40,700 persons	School	32 houses
Mosque and church	82 houses	Hospital	1 house
Factory	16 "	House and office	8,600 "
Store	110 "	Cultivated field	3,300 ha

4.2.5 土石流予警報システム事業の実施計画

(1) 事業工程

土石流予警報システム事業は設計、機器調達、土木工事と機器組立ておよび試験運用からなり、5年間で実施される。工事工程は表-4.30に示すとおりである。

(2) 設計と機器購入

詳細設計と機器購入の補助作業は優秀な技術者によって実施さなければならない。詳細設計はシステム設計、電気回線設計、機器基礎の設計および現地における電波伝播実験よりなる。

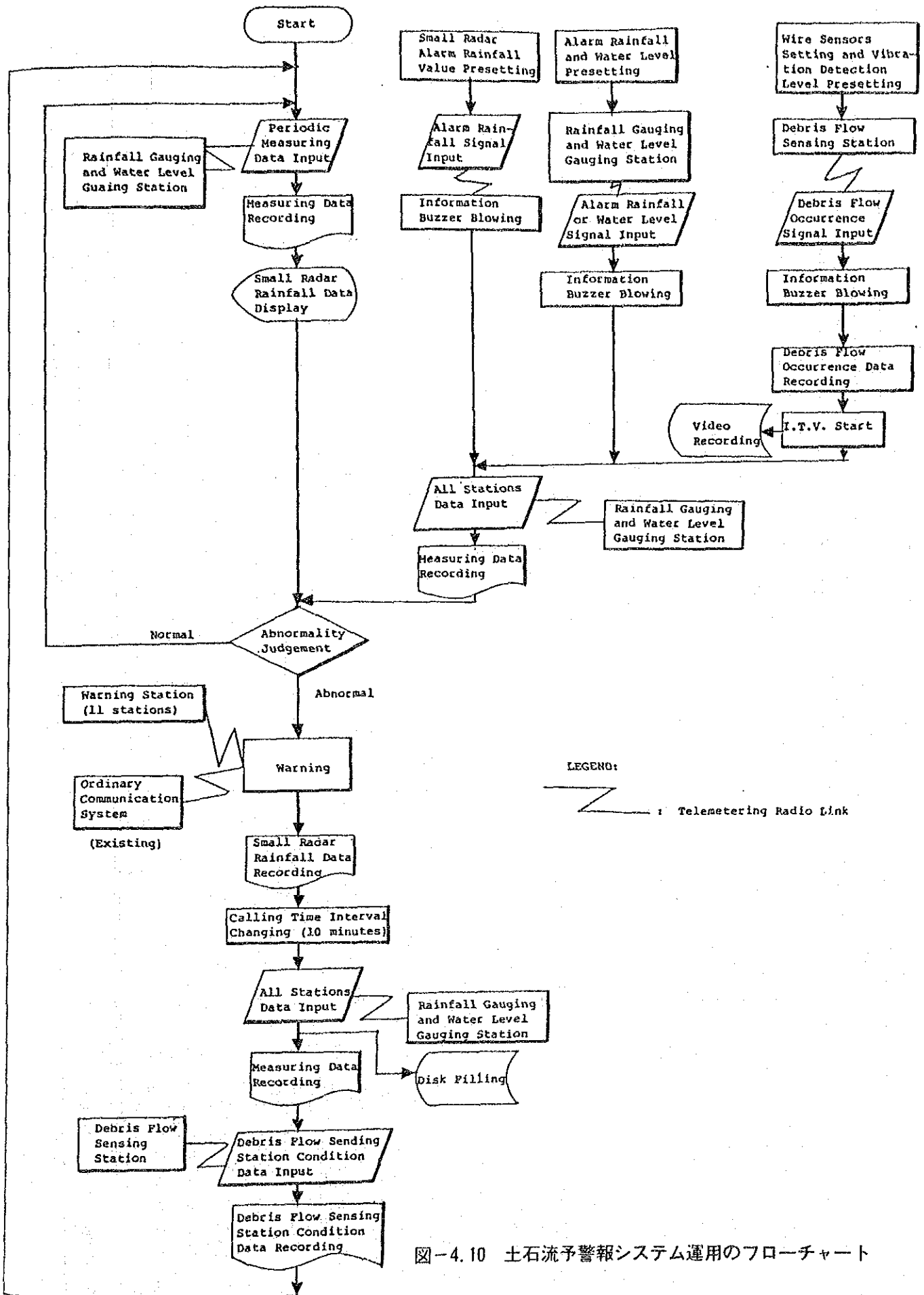


図-4.10 土石流予警報システム運用のフローチャート

表-4.30 土石流予警報システムの事業工程

Item	1st year					2nd year					3rd year					4th year					5th year																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1. <u>Design & Procurement Process</u>																																								
(1) Detail Design & Tender Documents																																								
(2) Application for Approval of Tender Documents																																								
(3) Tender Call																																								
(4) Tender Evaluation																																								
(5) Contract Award																																								
(6) Approval of Contract																																								
(7) L/C Opening																																								
(8) Manufacture of Equipments																																								
(9) Shipping & Inland Transportation																																								
2. <u>Civil Work & Installation</u>																																								
(1) Civil Works																																								
(2) Installation																																								
3. <u>Operation</u>																																								
(1) Test Operation																																								
(2) Main Operation																																								
4. <u>Engineering Service</u>																																								
5. <u>Technical Guidance</u>																																								

(3) 土木工事と機器の組立て

先ず、第一に、各種観測局の基礎工および侵入道路の施工が行われる。それに引き続いて機器の組立作業が行われる。組立作業には全ての機器の調整と試運転が含まれる。組立作業も優秀な技術者によって実施されなければならない。

(4) 運用

全ての機器の調整と試運転が行われた後は、1年間の試験運用および、1年間の本式運用が行われる。1年間の試験運用の間に、システムの点検、修理および情報収集のためのマニュアルが作成される。そして1年間の本式運用の間に、実際的な修理作業がコンサルタントの指導のもとにスメル火山事業所によって行われる。

4.2.6 土石流予警報システム事業の費用

土石流予警報システムの財務費用は、土砂制御施設計画と同じ考えのもとに算出され、表-4.31に示すとおりとなる。

表-4.31 土石流予警報システム事業の財務費用

Item	Foreign Currency 10 ⁶ yen	Local Currency 10 ⁶ Rp	Total 10 ⁶ yen
1. Equipment	905.8	0	905.8
1.1 Main equipment	747.2		
1.2 Test equipment & maintenance tool	158.6		
2. Spare parts & Accessories	66.7	0	66.7
3. Construction & Installation	119.0	124.9	165.2
3.1 Construction	7.9	104.4	
3.2 Installation	95.6	2.5	
3.3 Inland transportation of equipments	0	1.7	
3.4 Preparation work	15.5	16.3	
4. Land acquisition	0	0.2	0.1
5. Engineering service	519.7	422.3	676.1
6. Government administration	0	17.8	6.6
7. Contingency	230.8	122.3	276.1
<hr/>			
10 ⁶ Yen	1,842.0	254.6	2,096.6
Total 10 ⁶ Rp	4,973.4	687.5	5,660.9
(%)	87.9%	12.1%	100%

(Based on the price level of fiscal year 1982)

Yen Evaluation: 1US\$ = ¥240 = Rp650, 1Yen = 2.7Rp

4.2.7 土石流予警報システム事業の段階施工計画

土石流予警報システム事業は上記の実施計画に従い実施されるのが望ましいが、経済的理由から事業を何段階かに分けて段階的に実施することが考えられる。表-4.32は4段階に分けて事業を実施する場合の計画である。第1次は最も基本的なものであり段階が進むに従い、その機能は増大する。

各段階毎の財務費用は表-4.33, 表4.34, 表-4.35に示すとおりである。最終段階まで実施した場合の費用は表-4.31に示してあるとおりである。

表-4.32 土石流予警報システム事業の段階実施計画

Phase	Structure of System	Project Period (month)	Financial Cost (10 ⁶ Yen)
1	1. Rainfall gauging station 8 stations	24	1,021
	2. Debris flow sensing station 4 stations		
	3. Telemetry repeater station 9 stations		
	4. Supervisory equipment 1 set		
2	Above-mentioned systems	29	1,408
	5. Small radar rain gauge equipment 1 set		
3	Above-mentioned systems	29	1,895
	6. Water level gauging station 6 stations		
	7. Warning control equipment 1 set		
	8. Warning repeater equipment 1 set		
	9. Personal computer 1 set		
10. Speaker warning station 11 stations			
4	Above-mentioned systems	29	2,097
	11. Debris flow visual measuring stations 2 stations		
	12. Monitoring station 1 station		

表-4.33 第1次土石流予警報システム事業の財務費用

	Foreign Currency (10 ⁶ Yen)	Local Currency (10 ⁶ Rp)	Total (10 ⁶ Yen)
1. Equipment	335.8	0	335.8
1.1 Main equipment	278.0	0	278.0
1.2 Test equipment & maintenance tool	57.8	0	57.8
2. Spare Parts & Accessories	20.1	0	20.1
3. Construction & Installation	47.7	88.5	80.5
3.1 Construction	4.4	75.2	32.3
3.2 Installation	37.1	1.3	37.6
3.3 Inland transportation of equipments	0	0.6	0.2
3.4 Preparation work	6.2	11.5	10.5
4. Land Acquisition	0	0.04	0.01
5. Engineering Service	342.5	287.3	448.9
6. Government Administration	0	5.5	2.0
7. Contingency	101.4	88.0	134.0
Total	847.5	469.34	1,021.31

表-4.34 第2次土石流予警報システム事業の財務費用

	Foreign Currency (10 ⁶ Yen)	Local Currency (10 ⁶ Rp)	Total (10 ⁶ Yen)
1. Equipment	497.2	0	492.7
1.1 Main equipment	433.6	0	433.6
1.2 Test equipment & maintenance tool	59.1	0	59.1
2. Spare Parts & Accessories	34.5	0	34.5
3. Construction & Installation	66.0	91.1	99.7
3.1 Construction	5.3	77.1	33.9
3.2 Installation	52.1	1.6	52.7
3.3 Inland transportation of equipments	0	0.6	0.2
3.4 Preparation work	8.6	11.8	13.0
4. Land Acquisition	0	0.04	0.01
5. Engineering Service	489.9	299.8	600.9
6. Government Administration	0	10.8	4.0
7. Contingency	142	91.3	175.8
Total	1225.1	493	1,407.7

表-4.35 第3次土石流予警報システム事業の財務費用

	Foreign Currency (10 ⁶ Yen)	Local Currency (10 ⁶ Rp)	Total (10 ⁶ Yen)
1. Equipment	776.1	0	776.1
1.1 Main equipment	648.0	0	648.0
1.2 Test equipment & maintenance tool	128.1	0	128.1
2. Spare Parts & Accessories	39.4	0	39.4
3. Construction & Installation	113	96.5	148.7
3.1 Construction	7.5	80	37.1
3.2 Installation	90.8	2.9	91.9
3.3 Inland transportation of equipments	0	1.2	0.4
3.4 Preparation work	14.7	12.4	19.3
4. Land Acquisition	0	0.2	0.1
5. Engineering Service	519.1	422.3	675.5
6. Government Administration	0	16.1	6.0
7. Contingency	206.9	113.7	249
Total	1,654.5	648.8	1,894.8

4.3 第1順位事業の全財務費用

土砂制御施設事業および土石流予警報システム事業から構成される第1順位事業の全財務費用は表-4.36に示すように、34700百万ルピア（12900百万円）となる。

表-4.36 第1順位事業の全財務費用

Item	Debris Flow Warning System Plan			Sediment Control Facility Plan			Total		
	F.C.	L.C.	Total	F.C.	L.C.	Total	F.C.	L.C.	Total
	(10 ⁶ Yen)	(10 ⁶ Rp)	(10 ⁶ Yen)	(10 ⁶ Yen)	(10 ⁶ Rp)	(10 ⁶ Yen)	(10 ⁶ Yen)	(10 ⁶ Rp)	(10 ⁶ Yen)
1. Equipment Cost	905.8	0	905.8	1,825	-	1,825	2,730.8	0	2,730.8
2. Spare Parts & Accessories	66.7	0	66.7	389	-	389	455.7	0	455.7
3. Civil Work	119.0	124.9	165.2	1,029	9,538	4,561	1,148.0	9,662.9	4,726.2
4. Land Acquisition	0	0.2	0.1	-	370	137	0	370.2	137.1
5. Engineering Services	519.7	422.3	676.1	932	909	1,269	1,451.7	1,331.3	1,945.1
6. Government Administration		17.8	6.6	-	585	217	0	602.8	223.6
7. Contingency	230.8	122.3	276.1	723	4,462	2,376	953.8	4,584.3	2,652.1
Total	1,842.0	687.5	2,096.6	4,898	15,864	10,774	6,740.0	16,551.5	12,870.6
							52.4%	47.6%	(100%)

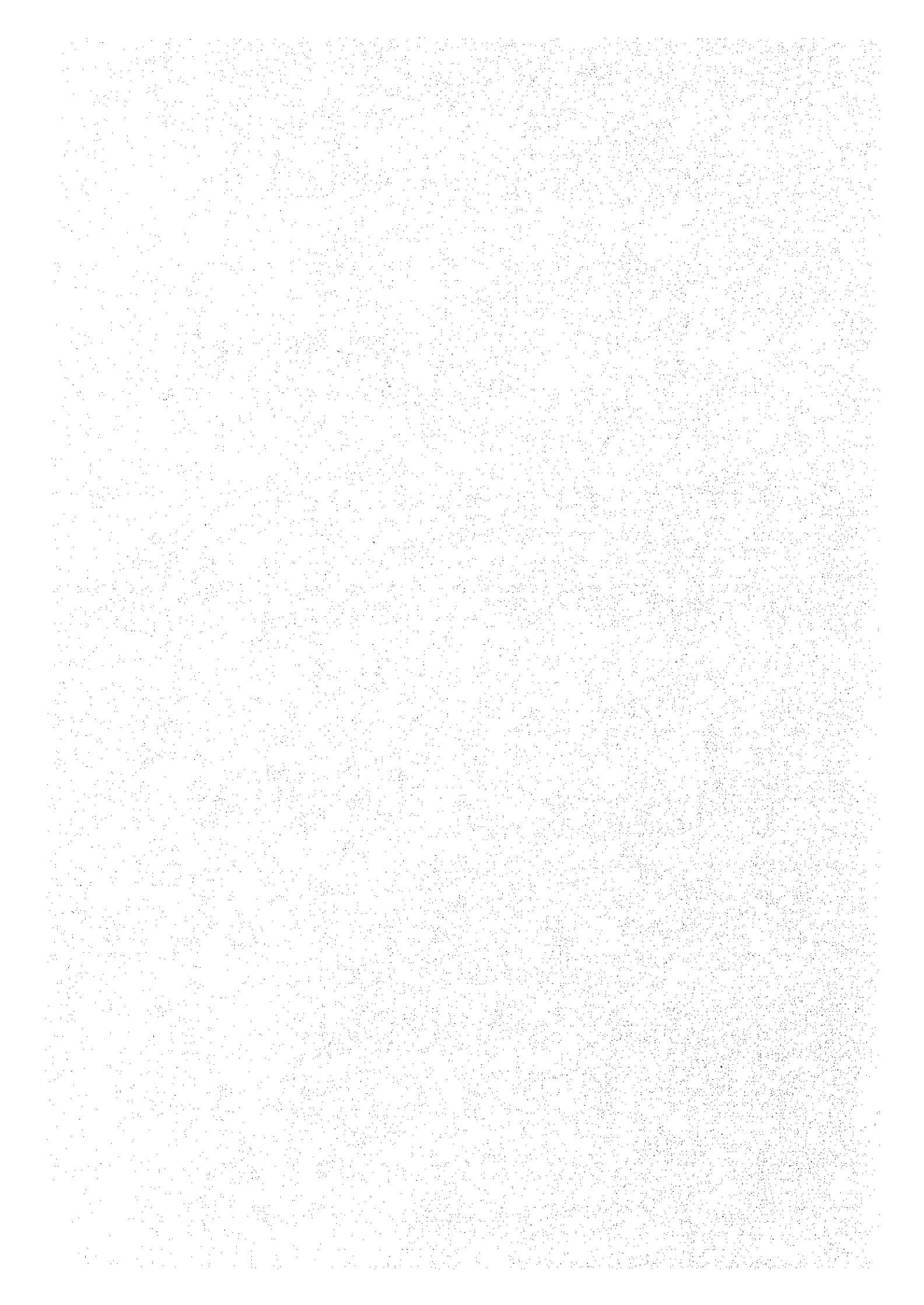
Based on the price level of fiscal year 1983/1982

Yen evaluation US\$ = ¥240 = Rp 650

F.C.: Foreign currency portion

L.C.: Local currency portion

5章 第2順位事業



5. 第2順位事業

スマル火山東南斜面に位置する3流域のうち、ムジュール川流域の上砂制御施設計画が第2順位事業として選ばれた。

現在、ムジュール川流域ではOECF借款による緊急復旧事業が実施されている。この事業は1981年5月に発生した災害と同程度の規模の災害を防止することを目標としたもので、長い堤防の建設と砂防ダムの復旧工事で構成されている。この堤防建設が終了すると、ムジュール川の左岸側の土砂災害の大部分が防止できる。

5.1 代替案

ムジュール川の上砂防計画で示された事業の中から、土砂生産抑制、土砂流出調節および土砂流出貯留機能をもつ施設が、第2順位事業の候補案として選出された。候補案は図-5.1参照。

砂防施設の施工順序はその効果に重要な影響を与えるので、施工順序は技術的な観点から決められる。第2順位事業の候補施設の建設順序は、下記事項を考慮して、表-5.1に示すように決められた。

- ① 砂防施設はある時点までに建設されたすべての施設が一体となって有効に効果を発揮するものである。したがって、既設の施設もすべての代替案に含まれる。
- ② 候補施設の建設は既存砂防ダム群の上流の砂防ダムから着手し、上流方向へ進められなければならない。
- ③ 砂防ダムの大部分が完成した後で、扇状地に計画されたサンドポケットの建設が、扇頂部から着手され、下流へ進められなければならない。

表-5.1 候補案の建設順序 (第2順位事業)

Construction Order	Facility
1	11. BS. Sat check dam-2, 12. BS. Sat check dam-3, 13. BS. Sat check dam-4
2	3. BS. Sat check dam-7
3	1. BS. Sat check dam-5, 2. BS. Sat check dam-6
4	4. BS. Sat check dam-8, 5. BS. Sat check dam-9, 6. BS. Sat check dam-10
5	7. Summersari check dam
6	8. Benda sandpocket
7	9. Kertosari sandpocket, 10. Kloposawit sandpocket