

インドネシア共和国
スメル火山砂防・水資源保全計画調査

報 告 書

1984年12月

国際協力事業団

開 二

84-005

インドネシア共和国

スメル火山砂防・水資源保全計画調査

報 告 書

1984年12月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 5. 31	108
	61.7
登録No. 11502	SDS

序 文

日本国政府は、インドネシア共和国政府の要請に応じて、スメル火山砂防水源保全計画調査に対する技術協力を行なうことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。国際協力事業団は、平尾公一氏を団長とする八千代エンジニアリング株式会社の専門家で構成される調査団を昭和57年3月、同国へ派遣し、昭和59年12月までの約3年間、インドネシア国内および日本国内において調査を行なった。

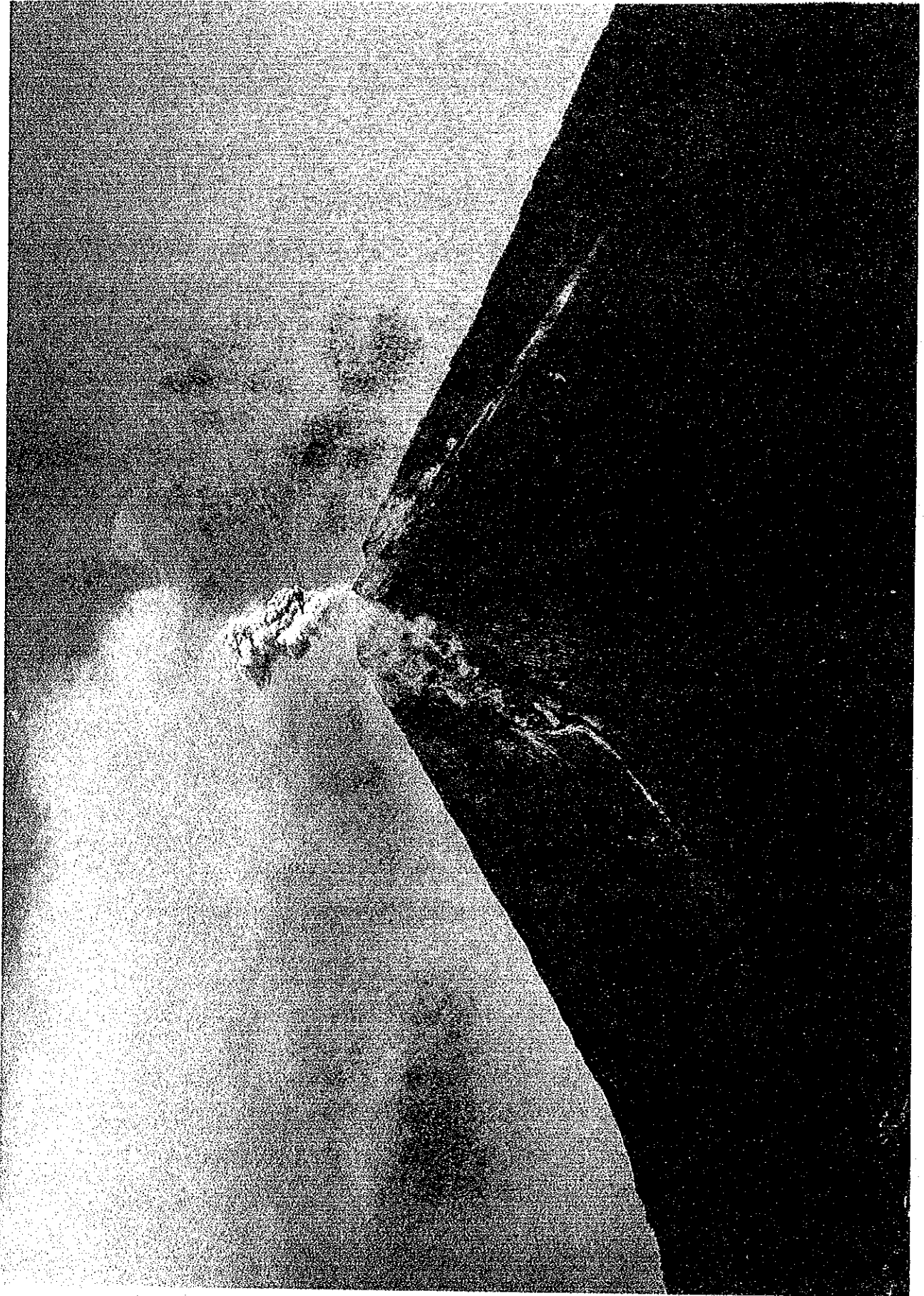
同調査団は現地においてインドネシア政府関係者と意見交換を行なうとともに、東部ジャワ州スメル火山南東斜面、ムジュール川、ルジャリ川、グリディック川流域を主とする約730km²の地域を対象に現地調査を実施し、また、国内においては、現地調査結果に基づき解析作業を進めた。本調査の中で、インドネシア側の作成した同火山南東斜面砂防施設マスタープランをレビューし、その内から緊急性の高い、ルジャリ川砂防施設計画を第1順位プロジェクトとして、ムジュール川砂防施設計画を第2順位プロジェクトとして選定し、そのフィージビリティ調査を実施し、今般その全ての作業を終了し、ここに報告書提出の運びとなった。

本報告書が同火山の砂防・水資源保全計画に寄与するとともに、日本・インドネシア両国間の友好親善の促進に役立つならばこれに勝る喜びはない。

最後に、本調査団に対し緊密な協力を惜しなかつたインドネシア共和国政府関係者に対し、ここに深甚なる謝意を表する次第である。

昭和59年12月

国際協力事業団
総裁 有田圭輔



スメル火山全景

目 次

	頁
挿入表目録	
挿入図目録	
用語の解説	
要約	
全般図	
1. 序	1
1. 1 調査の背景	1
1. 2 調査の概要	2
2. 調査域の状況	7
2. 1 自然条件	7
2. 1. 1 地形	7
2. 1. 2 地質	8
2. 1. 3 気候	13
2. 1. 4 河川	14
2. 2 社会経済条件	22
2. 2. 1 行政区分と人口	22
2. 2. 2 農業	23
2. 2. 3 社会基盤施設	23
2. 3 土砂災害	26
2. 3. 1 火山活動と災害	26
2. 3. 2 災害対策	26
3. 砂防計画	33
3. 1 背景	33
3. 1. 1 既存の砂防計画	33
3. 1. 2 既存の砂防計画の見直し	33
3. 2 土砂制御計画	37
3. 2. 1 土砂制御計画の基本事項	37
3. 2. 2 ムージュール川の土砂制御施設計画	39
3. 2. 3 レジャリ川の土砂制御計画	40
3. 2. 4 グリディック川の土砂制御施設計画	44
3. 2. 5 建設行程	46
3. 2. 6 費用の積算	46
3. 3 土石流予警報システム計画	46

3. 3. 1	計画の目標	46
3. 3. 2	土石流予警報システムの概要	47
3. 3. 3	土石流避難システム	48
3. 4	優先事業の選定	53
4.	第1順位事業	55
4. 1	土砂制御施設事業	55
4. 1. 1	代替案	55
4. 1. 2	費用の積算	55
4. 1. 3	事業の効果	62
4. 1. 4	第1順位土砂制御施設事業の評価	72
4. 1. 5	第1順位土砂制御施設事業の実施計画	75
4. 2	土石流予警報システム事業	85
4. 2. 1	事業の概要	85
4. 2. 2	主要機器	91
4. 2. 3	システムの運用	92
4. 2. 4	土石流予警報システム事業の評価	92
4. 2. 5	土石流予警報システム事業の実施計画	92
4. 2. 6	土石流予警報システム事業の費用	95
4. 2. 7	土石流予警報システム事業の段階施工計画	96
4. 3	第1順位事業の全財務費用	98
5.	第2順位事業	101
5. 1	代替案	101
5. 2	費用の積算	102
5. 3	第2順位事業の効果	108
5. 3. 1	災害モデル	108
5. 3. 2	直接被害	109
5. 3. 3	間接被害	109
5. 3. 4	年直接被害および間接被害	110
5. 3. 5	土砂制御施設による被害軽減効果	111
5. 4	第2順位事業の評価	113
5. 4. 1	経済評価	113
5. 4. 2	社会的評価	113
5. 4. 3	総合評価	116
5. 5	第2順位事業の実施計画	116
5. 5. 1	事業の概要	116

5. 5. 2	事業行程	116
5. 5. 3	建設方法および使用機械	118
5. 5. 4	費用	118
5. 5. 5	評価	118
6.	水保全調査	125
6. 1	概要	125
6. 2	水資源ポテンシャル	125
6. 2. 1	基底流量	125
6. 2. 2	地下水	128
6. 2. 3	水質	129
6. 3	水保全計画	131
6. 3. 1	概要	131
6. 3. 2	施設計画	132
6. 3. 3	水保全の効果	136
6. 3. 4	水保全計画の代替案	137
6. 4	合併事業案	141
7.	結論と勧告	143

付録

SUPPLEMENT - 1	Scope of Work for the Study
SUPPLEMENT - 2	Members List
SUPPLEMENT - 3	Minutes of Meeting
SUPPLEMENT - 4	Drawings of the First Project
SUPPLEMENT - 5	Drawings of the Second Priority Project

挿入図 目録

図-1. 1	調査域	4
図-1. 2	調査年次ごとの位置づけとそのフロー	5
図-1. 3	調査のフローチャート	6
図-2. 1	テンガー・スメル複合火山列とスメル火山	7
図-2. 2	地形概要	9
図-2. 3	調査域の地質平面	11
図-2. 4	調査域の地質横断図	13
図-2. 5	年等雨量線図	14
図-2. 6	月雨量分布	15
図-2. 7	年雨量および年最大日雨量の変動	15
図-2. 8	グヌング・ドマス・ヒリル観測所の気象データ	15
図-2. 9	調査域の水系	17
図-2. 10	粒度分布曲線	19
図-2. 11	ルマジャン県の行政区分	22
図-2. 12	調査域の平均的なクロッピングパターン	25
図-2. 13	災害記録	27
図-2. 14	危険区域	31
図-3. 1	施設の土砂制御機能	33
図-3. 2	既存砂防計画の見直し結果	35
図-3. 3	ムジュール川土砂制御施設概念図	40
図-3. 4	レジャリ川土砂制御施設概念図	42
図-3. 5	グリディック川土砂制御施設概念図	44
図-3. 6	土石流予警報システムの構成	48
図-3. 7	災害危険区域図	51
図-4. 1	第1順位土砂制御施設事業の代替案	57
図-4. 2	レブラック扇状地の断面図	60
図-4. 3	ロックバスケット製の床固工	60
図-4. 4(1)	直接被害軽減額の計算フロー	63
図-4. 4(2)	間接被害軽減額の計算フロー	64
図-4. 5	土砂のはんらんモデル	66
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)	74
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	79

図-4. 8	土石流予警報システムの構成	87
図-4. 9	土石流予警報システム施設配置図	89
図-4. 10	土石流予警報システムの運用フローチャート	93
図-5. 1	第2順位事業の代替案	105
図-5. 2	各代替案のI.R.R.,N.P.V. 便益および費用(第2順位土砂制御施設事業)	115
図-6. 1	水保全調査のフローチャート	126
図-6. 2	基底流出シュミレーション結果	127
図-6. 3	レンコン扇状地の地質横断図	128
図-6. 4	レンコン扇状地の第3紀層基盤面の等高線	130
図-6. 5	水保全予備計画の検討手順	131
図-6. 6	水保全施設の代替案	134
図-6. 7	水保全施設の代替案	135
図-6. 8	かんがい区域	138

挿入表 目録

表-2. 1	侵食谷の分類	18
表-2. 2	河床材料, 流下土砂の密度および現場密度	19
表-2. 3	流出土砂濃度記録	20
表-2. 4	主要洪水記録	21
表-2. 5	ルマジャン県の主要農産物	24
表-2. 6	ルマジャン県の家畜・家禽	24
表-2. 7	1981年5月に発生したラハールによる被害	29
表-3. 1	既存砂防計画の改訂案	34
表-3. 2	保全対象区域内の郡・村	38
表-3. 3	保全対象区域内の資産等	38
表-3. 4	ムジュール川の土砂制御施設計画	41
表-3. 5	レジャリ川の土砂制御施設計画	43
表-3. 6	グリディック川土砂制御施設計画	45
表-3. 7	建設工程	46
表-3. 8	土砂制御計画の事業費	46
表-4. 1	第1順位土砂制御施設事業の代替案	56
表-4. 2	第1順位土砂制御施設の経済費用(1982年標準物価)	62
表-4. 3	レジャリ川, グリディック川の可能災害域	65
表-4. 4	レジャリ川の可能災害域に含まれる郡および村	65
表-4. 5	グリディック川の可能災害域に含まれる郡および村	65
表-4. 6	レジャリ川, グリディック川の計画土砂量	66
表-4. 7	確率規模別の災害規模	66
表-4. 8	堆積土砂厚ごとの被害率	67
表-4. 9	土砂の平均堆積厚	67
表-4. 10	レジャリ川可能災害域の想定被害ポテンシャル	68
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	68
表-4. 12	被害ポテンシャルの年増加率	69
表-4. 13	レジャリ川の直接被害額	70
表-4. 14	グリディック川の直接被害額	70
表-4. 15	レジャリ川の各施設の土砂制御量	71
表-4. 16	レンコン川砂防ダムNo3のグリディック川流域に対する土砂制御効果	71
表-4. 17	1922年における代替案の年便益(第1順位土砂制御施設事業)	72
表-4. 18	第1順位土砂制御施設事業の経済評価結果	74

表-4. 19	可能災害域の人口および資産（レジヤリ川）	75
表-4. 20	第1順位土砂制御施設事業の概要	75
表-4. 21	第1順位土砂制御施設事業の事業工程	77
表-4. 22	第1順位土砂制御施設事業の年工事数量	78
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格表	80
表-4. 24	第1順位土砂制御施設事業の財務費用	81
表-4. 25	第1順位土砂制御施設事業の年別財務費用	82
表-4. 26	第1順位土砂制御施設事業の年別経済費用	83
表-4. 27	第1順位土砂制御施設事業の経済評価	84
表-4. 28	土石流予警報システムの機器	91
表-4. 39	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	92
表-4. 30	土石流予警報システム事業工程	94
表-4. 31	土石流予警報システム事業の財務費用	95
表-4. 32	土石流予警報システム事業の段階実施計画	96
表-4. 33	第1次土石流予警報システム事業の財務費用	97
表-4. 34	第2次土石流予警報システム事業の財務費用	97
表-4. 35	第3次土石流予警報システム事業の財務費用	98
表-4. 36	第1順位事業の全財務費用	99
表-5. 1	候補案の建設順序（第2順位事業）	101
表-5. 2	第2順位事業の代替案	103
表-5. 3	第2順位事業の土砂制御施設候補案	103
表-5. 4	第2順位事業の経済費用	107
表-5. 5	ムジュール川の可能災害域（緊急災害復旧事業完了後）	108
表-5. 6	ムジュール川の可能災害域に含まれる郡および村（緊急災害復旧事業終了後）	108
表-5. 7	計画土砂量（ムジュール川）	109
表-5. 8	堆積土砂の平均厚	109
表-5. 9	ムジュール川の想定被害ポテンシャル（緊急災害復旧事業終了後）	110
表-5. 10	直接被害額（ムジュール川）	110
表-5. 11	ムジュール川の各施設の土砂制御効果	112
表-5. 12	第2順位事業の年便益（1992年時点）	111
表-5. 13	各代替案のIRRおよびNPV（第2順位事業）	114
表-5. 14	可能災害区域の人口および資産（ムジュール川）	113
表-5. 15	第2順位事業の概要	116
表-5. 16	第2順位事業の事業工程	117
表-5. 17	第2順位事業のための建設機械の価格表	119

表-5.18	第2順位事業の財務費用	120
表-5.19	第2順位事業の年度別財務費用	121
表-5.20	第2順位事業の年度別経済費用	122
表-5.21	第2順位事業の経済評価	123
表-6.1	基礎流量のシュミレーション結果	125
表-6.2	水保全施設の代替案	133
表-6.3	かんがい域の条件	137
表-6.4	作物品の単位値	140
表-6.5	水保全事業の予備的な評価	140
表-6.6	合併事業の経済評価	142

用語の解説

- 土石流 (Debris flow) : 水と砂が約6 : 4の割合で混合した材料の集合運搬で、フロントの巨石が集中した段波を形成して流下する。
- 掃流 (Bed load flow) : 流水の運搬力により河床材料の各個運搬
- 泥流 (Mud flow) : 土石流と掃流との中間的な流水で、段波および巨石の集中は見られない。
- ラハール (Lahar) : 水と土砂の混合体の流れに対するインドネシアにおける習慣的呼び名で、上述の土石流、泥流に相当する。
- 生産抑制土砂量 (Yield suppression sediment volume) : 砂防施設が土砂源において土砂生産を減少させる効果量
- 流出調節土砂量 (Run-off regulation sediment volume) : 砂防施設が大洪水時に一時的に流出土砂を堆積させ、その後の洪水により途々に堆積土砂を再流下する方法
- 流出貯留土砂量 (Run-off storage sediment volume) : 砂防施設が、流出土砂をその貯砂池に留める効果量
- 土砂輸送調整量 (Sediment transport adjustment volume) : 流路工等の砂防施設により土砂輸送能力を増大させる効果量
- 制御土砂量 (Control sediment volume) : 生産抑制土砂量、流出調節土砂量、流出貯留土砂量、土砂輸送調整量の総称。
- 流出土砂量 (Sediment discharge) : 毎秒当りの通過土砂量
- 砂防ダム (Check dam) : 川を横断して建設される土砂制御のための施設で高さが5 m以上のもの。
- 床固工 (Consolidation dam) : 川を横断して建設される土砂制御のための施設で高さが5 m未満のもの。
- サンドポケット (Sand pocket) : 床固工と両岸の堤防により構成される土砂制御のための施設。
- 砂防計画 (Sabo plan) : 土砂災害を防止するための総合計画
- 砂防基準点、補助基準点 : 計画流出土砂量、計画超過土砂量および許容流砂量を決定する地点。
(Design reference point, Design supplementary reference point)

- S, B S, C u r a h : ジャワ語の川あるいは河道を意味する言葉
- デ サ : インドネシアの最も小さい地方行政区分。日本の村に相当する。
(Desa)
- ケチャマタン : 数個のデサを統括する行政区分。日本の郡に相当する。
(Kecamatam)
- カブパテン : 数個のケチャマテンを統括する行政区分で日本の県に相当する。
(Kabpatem)

要約

要 約

1. 砂防計画のレビュー

優先事業を選定する目的で、インドネシア政府により作成された既存の砂防計画は、1981年5月災害を含めた最新の調査資料に基づいて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、表-1に示すような土砂制御計画および予警報システム計画の改訂案が提案された。基本的な変更は次の通りである。

- 保全対象地区を新たに設定している。
- 計画規模は、既存の50年確率（ムジュール川 (K. Mujur) ）、70年確率（レジャリ川 (K. Rejali) ）、および2年確率（グリディック川 (K. Glidik) ）、を100年確率としている。
- 各河川の計画土砂量は、既存計画の値に変えて土砂流出制御シミュレーション結果に基づいて決定している。
- 土砂制御システムとして、既存の砂防計画で唯一用いられている土砂貯留システムの外に、土砂生産抑制システム、土砂流出調節システムおよび土砂輸送調整システムを採用している。
- 既存の砂防計画で計画された土砂制御施設のいくつかの位置、仕様を変更し、新たな施設が計画されている。
- 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からなる予警報システムの増強計画が提案されている。

2. 優先事業の選定

O E C F 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。ムジュール川流域は他の流域よりも安全になる。次段階の対策は引き続いて実施されなければならないものの、約18万人の住民と178km²の資産が守られる。さらに、最近の土砂災害はムジュール川流域よりレジャリ川流域に多く発生している。このような状況を考えると、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。

上記土砂制御事業と一緒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勧告する。なぜならば、調査域の土砂災害では多くの人命が失われており、これを守る土砂制御計画の全体の完成には長期間がかかる。しかし人命保全を主目的とする予警報システムは全体域に対して短期間でその効果を発揮することができる。

3. 第1順位事業

第1順位事業はハードな対策とソフトな対策で構成される。

- レジャリ川流域を対象とする土砂制御施設事業

表-1 既存砂防計画の修正案

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	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.		
	F1: Sediment Yield Suppression						
	F2: Sediment Runoff Regulation	K. Rejali F3 by check dam			K. Rejali F1 and F2 by check dam		
	F3: Sediment Runoff Storage	F4 by channel work			F3 by sand pocket		
	F4: Sediment Transport Adjustment	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 Rp10.9x10 ⁹ (0)	K. Rejali Rp10.9x10 ⁹ (Rp0.05x10 ⁹)	K. Glidik Rp8.9x10 ⁹ (Rp0.1x10 ⁹)	K. Mujur Rp32x10 ⁹ (Rp0.06x10 ⁹)	K. Rejali Rp33x10 ⁹ (Rp0.04x10 ⁹)	K. Glidik Rp23x10 ⁹ (0)	
Construction term	K. Mujur 10 years	K. Rejali 10 years	K. Glidik 10 years	K. Mujur 15 years	K. Rejali 20 years	K. Glidik 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.			

一 全体域を対象とする土石流予警報システム事業

3.1 第1順位土砂制御施設事業

(1) 代替案

次に示すような考え方で、第1順位土砂制御施設事業の代替案を検討し、表-2に示すように4つの代替案を案出した。

- 一 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。
- 一 レジャリ川流域の災害の頻度は、スムット川 (BS. Semut) 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の状況を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。
- 一 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んらんは止まる。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。

案出された計画案の中から、社会経済的、技術的な観点で代替案P 1-3最も妥当で第1順位土砂制御施設事業として選定された。

表-2 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
P1-1	1,5,9	13	17,591	2	8.55	77.8
P1-2	1,2,3,4,5,6,7,9	40	22,003	2	8.44	94.3
P1-3	1,5,8,9	50	20,681	38	8.92	93.5
P1-4	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	

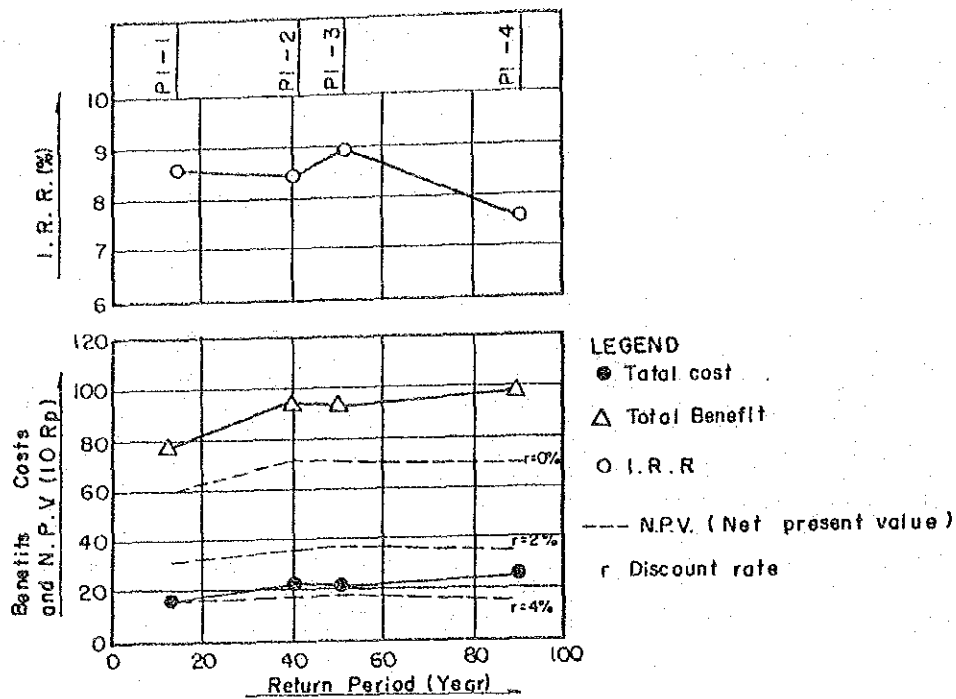


図-1 第1順位土砂制御施設事業の代替案の内部収益率 (I. R. R.), 純現在価値 (N. P. V.), 便益及び費用

(2) 第1順位土砂制御施設事業の概要

第1順位土砂制御施設事業で建設される施設は表-3で示すように要約される。

(3) 事業工程

第1順位土砂制御施設事業の工期は、調査、設計および準備作業を含めて6年間である。表-4参照。

(4) 事業費

上記建設工程に基づいた事業費は、総計 108億円 (29.0×10⁹ルピア) に達しその内訳は表-5に要約される通りである。

(5) 評価

前記土砂制御施設の建設によりもたらされる経済便益は、直接被害軽減効果、間接被害の軽減効果および水保全効果よりなる。最終調整された事業の経済費用 (20525百万ルピア) を用いた経済評価の結果、第1順位土砂制御施設事業の経済便益は 90760百万ルピア、内部収益率 (I. R. R.) は 8.8%となっている。

表-3 第1順位土砂制御事業の概要

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 Vem=155,000m	Vs=4,300m 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

表-4 第1順位土砂制御施設事業の事業工程

Description	Fiscal year					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
	4 9 3	4 9 3	4 9 3	4 9 3	4 9 3	4 9 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-5 第1順位土砂制御制御事業の財務費用

Item	Foreign Currency 10 ⁶ Yen	Local Currency 10 ⁶ Rp	Total 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	4,898	5,876	10,774
10 ⁶ Yen	13,225	15,864	29,089
10 ⁶ Rp	45.7%	54.7%	100%
(%)			

(Based on the price level of fiscal year 1982)

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

3.2 土石流予警報システム事業

(1) 土石流予警報システムの概要

土石流予警報システムは次のようなサブシステムで構成されている。図-2参照

① 情報収集システム

情報システムでは、土石流の発生予測および警報の発令に必要な情報を集め、これ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。

- 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
- 水位観測システム
 - ・ テレメーター水位局 6局
- 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
- 中継局 1局

② 情報処理システム

情報処理システムでは、情報を処理管理し、土石流の発生予測および警報を発令する。このシステムはスメル火山事業事務所に設置される情報処理システムに集められる。

③ 広報システムでは、情報処理システムの判断による予警報が遅滞なく危険地域の住民に広報される。

(2) 事業工程

土石流予警報システム事業は、設計機器調達、土木工事機器設置および試運転よりなり、表-6に示すように5年間で実施される。

(3) 事業費

土石流予警報システムの事業費は、総計21億円（ 5.7×10^9 ルピア）に達し、その内訳は表-7に要約される通りである。

(4) 評価

過去の災害記録が示すように、スメル火山（Mt. Semeru）周辺の土砂災害では多くの人命が失われているが、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。さらに住民生活の安定性向上、社会的活力の増強も期待される。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、資産は表-8のとおりである。

(5) 段階的施工計画

経済的理由等から、土石流予警報システム事業を何段階かに分けて実施することも考えられる。表-9は4段階に分けて事業を実施する場合の計画を示した。

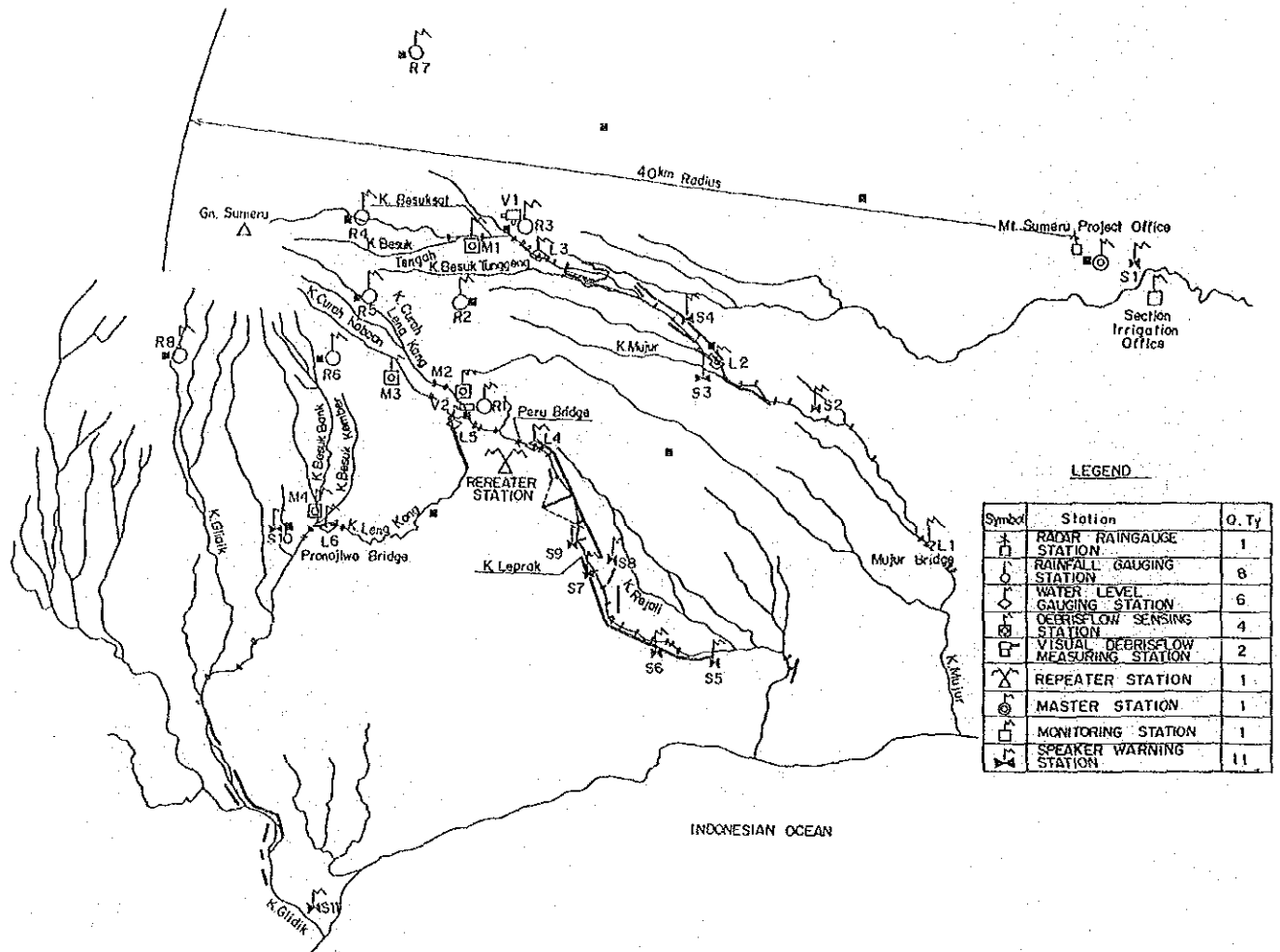


図-2 土石流予警報システム 施設配置図

表-6 土石流予警報システム事業の事業工程

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. Design & Procurement Process																								
(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. Civil Work & Installation																								
(1) Civil Works																								
(2) Installation																								
3. Operation																								
(1) Test Operation																								
(2) Main Operation																								
4. Engineering Service																								
5. Technical Guidance																								

表-7 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

表-8 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

表-9 土石流予警報システム事業の段階的施工計画

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

4. 第2順位事業

(1) 代替案

ムジュール川の改訂砂防計画の中から、土砂生産抑制、土砂流出調節および土砂流出貯留の機能をもつ施設が第2順位事業の候補として選ばれた。

第2順位事業の候補施設の建設順序は次のような考え方に従って決められる。

- ① 土砂制御施設は、それまでに完成した全ての施設を含めて一体のシステムとして効果的に機能する。従って、代替案には全ての既存施設を含める。
- ② 提案する施設の建設は、既存の砂防ダムの上流に計画された砂防ダムから始め、さらに上流に向かって進めるべきである。
- ③ 大部分の砂防ダムが完成した後に、扇状地のサンドポケットを上流から下流に順次施工すべきである。

表-10に示すように、建設順序を幾つかの段階に分け6つの代替案に選定した。

代替案の中から、社会経済的、技術的観点で代替案P2-3が最も妥当で第2順位事業として選定された。

(2) 事業の概要

第2順位事業で建設される施設は表-11に示す通りである。

(3) 事業工程

第2順位の建設期間は、調査、設計、入札及び準備作業を含めて6年間である。表-12参照。

(4) 事業費

上記事業工程に従った第2順位事業の事業費は38億円（ 10.2×10^9 ルピア）に達し、その内訳は表-13に要約される通りである。

(5) 評価

前記土砂制御施設の建設によりもたらされる経済便益は、直接被害軽減効果、間接被害軽減効果よりなる。最終的に調整された事業の経済費用（7059百万ルピア）を用いた経済評価の結果、第2順位土砂制御施設事業の経済便益は19744百万ルピア、I.R.R.は5.3%となる。

表-10 第2順位事業の経済評価結果

Alternative Plan	Combination of Facilities	Magnitude of Plan (year)	Economic Cost			N.P.V.
			Capital Cost (10 ⁶ Rp)	Maintenance Cost (10 ⁶ Rp/year)	I.R.R (%)	
P2-1	11, 12, 12, 3	10	5,339	0	6.48	12.1
P2-2	11, 12, 13, 1, 2, 3	20	5,902	0	5.91	12.1
P2-3	11, 12, 13, 1, 2, 3, 4, 5, 6	40	7,059	0	5.29	12.7
P2-4	11, 12, 13, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	55	13,057	0	2.54	10.3
P2-5	11, 12, 13, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	75	22,462	40	0.51	2.9
P2-6	11, 12, 13, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	90	23,786	107	0	-

No.	Facility name	No.	Facility name
1	BS. Sat check dam No. 5	8	Benda sandpocket
2	" No. 6	9	Kertosari sandpocket
3	" No. 7	10	Kloposawit sandpocket
4	" No. 8	11	BS. Sat check dam No. 2
5	" No. 9	12	" No. 3
6	" No. 10	13	" No. 4
7	Sumbersari check dam		

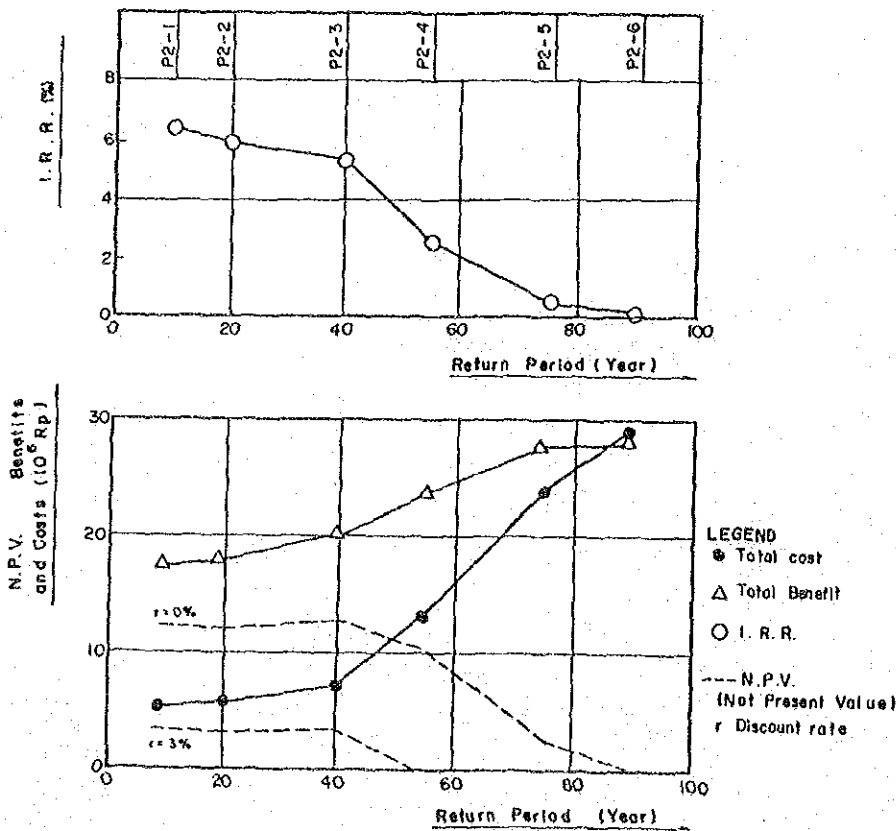


図-3 第2順位事業の代替案のI.R.R., N.P.V., 便益及び費用

表-11 第2順位事業の概要

No.	Facility	Specification		
1	BS. Sat check dam 5	H= 8m	L=190m	Vc= 7,800m ³
2	BS. Sat check dam 6	H= 8m	L=186m	Vc=10,000m ³
3	BS. Sat check dam 7	H=19m	L=320m	Vc=49,000m ³
4	BS. Sat check dam 8	H=11m	L=102m	Vc= 6,400m ³
5	BS. Sat check dam 9	H=17m	L=198m	Vc=18,000m ³
6	BS. Sat check dam 10	H=17.5m	L= 72m	Vc=12,000m ³
11	BS. Sat check dam 2	H=11.0m	L=197m	Vc=14,000m ³
12	BS. Sat check dam 3	H= 9.0m	L=200m	Vc=13,000m ³
13	BS. Sat check dam 4	H=10.5m	L=203m	Vc= 9,100m ³

H : Dam height

L : Dam length

Vc: Volume of masonry concrete

No.11, No.12, No.13: existing facilities

表-12 第2順位事業の事業工程

Description	Fiscal year	1st			2nd			3rd			4th			5th			6th		
		4	9	3	4	9	3	4	9	3	4	9	3	4	9	3	4	9	3
1. Engineering Service																			
(1) Design		-----																	
(2) Tender		-----																	
(3) Procurement Process		-----																	
(4) Construction Supervision		-----																	
2. Civil Works																			
(1) BS. Sat check dam 5					-----			-----											
(2) BS. Sat check dam 6					-----			-----											
(3) BS. Sat check dam 7					-----			-----											
(4) BS. Sat check dam 8								-----			-----								
(5) BS. Sat check dam 9											-----			-----					
(6) BS. Sat check dam 10														-----			-----		
(7) Preparation work		-----																	

表-13 第2順位事業の財務費用

Item	Foreign Currency 10 ⁶ yen	Local Currency 10 ⁶ Rp	Total 10 ⁶ yen
1. Construction equipment	1,010	-	1,010
2. Spare parts and consumable materials	227	-	227
3. Civil works	224	3,169	1,398
4. Land acquisition	-	26	10
5. Engineering services	233	232	319
6. Government administration	-	248	92
7. Contingency	220	1,365	726
<hr/>			
Total	1,914	1,867	3,781
10 ⁶ Yen	5,168	5,040	10,208
10 ⁶ Rp	50.6%	39.4%	100%
(%)			

Based on the price level of fiscal year 1982.

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

5. 水保全予備計画

(1) 計画の前提条件

- 土砂制御事業がある程度進み、開発水の恩恵を受ける地域の安全は確保されていること。
- グリディック川プロノジウォダム (Pronojiwo Dam) 地点からの安全確実な取水のため、第1順位事業の一部である転流計画に従ってプロノジウォダムが建設されること。

(2) 水資源ポテンシャル

グリディック川およびレジャリ川の基定流量

グリディック川プロノジウォダム地点の平均基定流量は $2.5\text{m}^3/\text{S}$ 。

- レジャリ川レプラック (K. Leprak) No1 砂防ダム地点の平均基定流量は $1.0\text{m}^3/\text{S}$ 。
- 両地点の合計基定流量は $3.5\text{m}^3/\text{S}$ である。

レンコン扇状地 (K. Lengkong fan) の地下水

収集データに基づいた判断では、地下水盆の容量は約1億 m^3 に達すると想定できる。しかしながら、地下水のシミュレーション結果によれば、開発可能な年平均地下水量は最大で $1.0\text{m}^3/\text{S}$ 程度である。

(3) 水保全計画

水保全事業の代替案は次のような施設で構成される。

取水施設

レンコン川の基底流量および開発した地下水を取水する。

レンコン扇状地の地下水開発施設

揚水井戸 (井戸とポンプ)

水輸送施設(1)

トンネルあるいは開水路、プロノジウォダムからレジャリ川まで。

水力発電所

水輸送施設(1)の末端の水力発電。

水輸送施設(2)

レジャリ川からかんがい地域までの開水路

開墾水田

かんがい地域の土地改良事業、レジャリ川およびパンチン川 (K. Pancing) 域の荒地を水田に開墾する。

この水保全事業では次のような効果があらわれる。

かんがい

レジャリ川およびパンチン川流域のかんがいが行われていない標高 500m以下の地域をかんがいの対象地域として選定する。年平均開発水量 $3.5\text{m}^3/\text{S}$ 、 $4.0\text{m}^3/\text{S}$ および $4.5\text{m}^3/\text{S}$ により、3,500ha、4,000haおよび 5,000haの地域が年間を通じて水田としてかんがいされる。

水力発電

開発水量に応じて、表-14に示すような電力を発生させる。

(d) 水保全の代替案

施設の組み合わせにより、幾つかの水保全計画案を案出した。表-15は水保全計画の代替案とその経済評価を示したものである。この表から、次のようなことが要約できる。

- ① 代替案の中で、地下水開発をしないで開発した基底流量を開水路で運ぶB案が最も高いI. R. R. 16.19%を示した。
- ② しかしながら、各案の経済評価は年平均開発水量により算定されているので、地下水開発による乾期の安定した水供給も次段階の調査では評価されなければならない。
- ③ 経済観点からも、また地域の生活基盤を保持するという観点からも、水保全計画案の幾つかは有望と思われる。事業の実施を望むならば、本調査より進んだ次段階調査を行いその妥当性を確認することを提案する。

表-14 発生電力

Items	Developed Water		
	3.5 m ³ /s/y	4.0 m ³ /s/y	4.5 m ³ /s/y
Maximum output (KW)	2,200	2,200	2,200
Annual output of electric energy (10 ⁹ KW)	16.7	18.5	19.5

表-15 水保全事業の予備的経済的評価

Alter-native	Economic Cost	Maintenance Cost	Developed Water	Power Generation	Internal Rate of Return (I.R.R.)
	(10 ⁶ Rp)	(10 ⁶ Rp/Y)	(m ³ /s)	(10 ⁶ KWH/Y)	(%)
A	23,832	155.4	3.5	16.747	10.41
B	14,482	99.4	3.5	16.747	16.19
C	25,416	718.4	4.0	18.500	9.56
D	16,064	662.4	4.0	18.500	14.61
E	26,998	1,282.0	4.5	19.473	8.65
F	17,646	1,226.0	4.5	19.473	12.97

6. 結論と勧告

(1) 砂防計画のレビュー

1981年5月災害を含めた新しい調査資料に基づいて既存の砂防計画をレビューした結果、同計画の幾つかの問題点が指摘された。さらに、同計画の問題点を克服する下記に述べるような改訂・追加事項が示された。

- 施設計画の改訂と同様に、土砂制御計画の基本的変更
- 現状の予警報システムの増強
- 水開発のための予備計画

提案した計画案が砂防計画の一部として、インドネシア政府により正式に認知されることを強く希望する。

(2) 第1順位事業

レジャリ川を対象とする土砂制御施設事業とスメル火山南西全域を対象とする土石流予警報システム事業が、最も妥当で推薦すべき第1順位事業として選定された。

(A) 第1順位土砂制御施設事業

事業は次のような施設で構成され、I. R. R. 8.8%で示される経済効果をもたらす。

- 砂防ダム3基 (レジャリ川に1基, グリディック川に2基)
- 延長1.3kmの転流工1式 (チュラコボアン (Curah Kobo'an) からレンコン川まで)
- レジャリ川に1基のサンドポケット
- 1,000haの水田へのかんがいのための水保全施設1式
- 6年間で完成予定のこの事業の事業費は次の通りとなる。

財務費用: 29.1×10^9 ルピア

外貨分: 13.2×10^9 ルピア (46%)
(4.9×10^9 円)

内貨分: 15.9×10^9 ルピア (55%)

この事業の完成後は、レジャリ川流域での40km²の地域の資産と1万5千人の住民が守られる。

(B) 土石流予警報システム事業

この事業は次のようなシステムと施設で構成される。

- 情報収集システム
 - ・ 小型レーザー雨量局 1局
 - ・ テレメーター雨量局 8局
 - ・ テレメーター水位局 6局
 - ・ 土石流検知局 4局
 - ・ 土石流監視局 2局
 - ・ 中継局 1局

— 情報収集システム

- ・ 情報処理センター 1式 (スメル火山事業事務所に設置)
- ・ モニター局 1式

— 広報システム

- ・ スピーカー局 11局

この事業は2年間のテストオペレーションを含めて5年間で完成するが、その事業費は次の通りである。

財務費用：	5.7×10^9 ルピア
外貨分：	5.0×10^9 ルピア (88%) (1.84×10^9 円)
内貨分：	0.7×10^9 ルピア (12%)

この事業はスメル火山南西の全域を対象とし、4万7百人の住民の生命を土砂災害から守る。この事業は4段階に分けて実施することも可能である。

(3) 第2順位事業

ムジュール川流域を対象とする土砂制御施設事業が推選すべき第2順位事業として選定された。この事業は6基の砂防ダムで構成され、I. R. R. 5.3%で示される経済効果をもたらす。この事業は6年で完成し、その事業費は次の通りである。

財務費用：	10.2×10^9 ルピア
外貨分：	5.2×10^9 ルピア (51%) (1.91×10^9 円)
内貨分：	5.0×10^9 ルピア (49%)

この事業の完成後は、ムジュール川流域での28km²の地域の資産と1万9千人の住民が守られる。

(4) 水保全計画

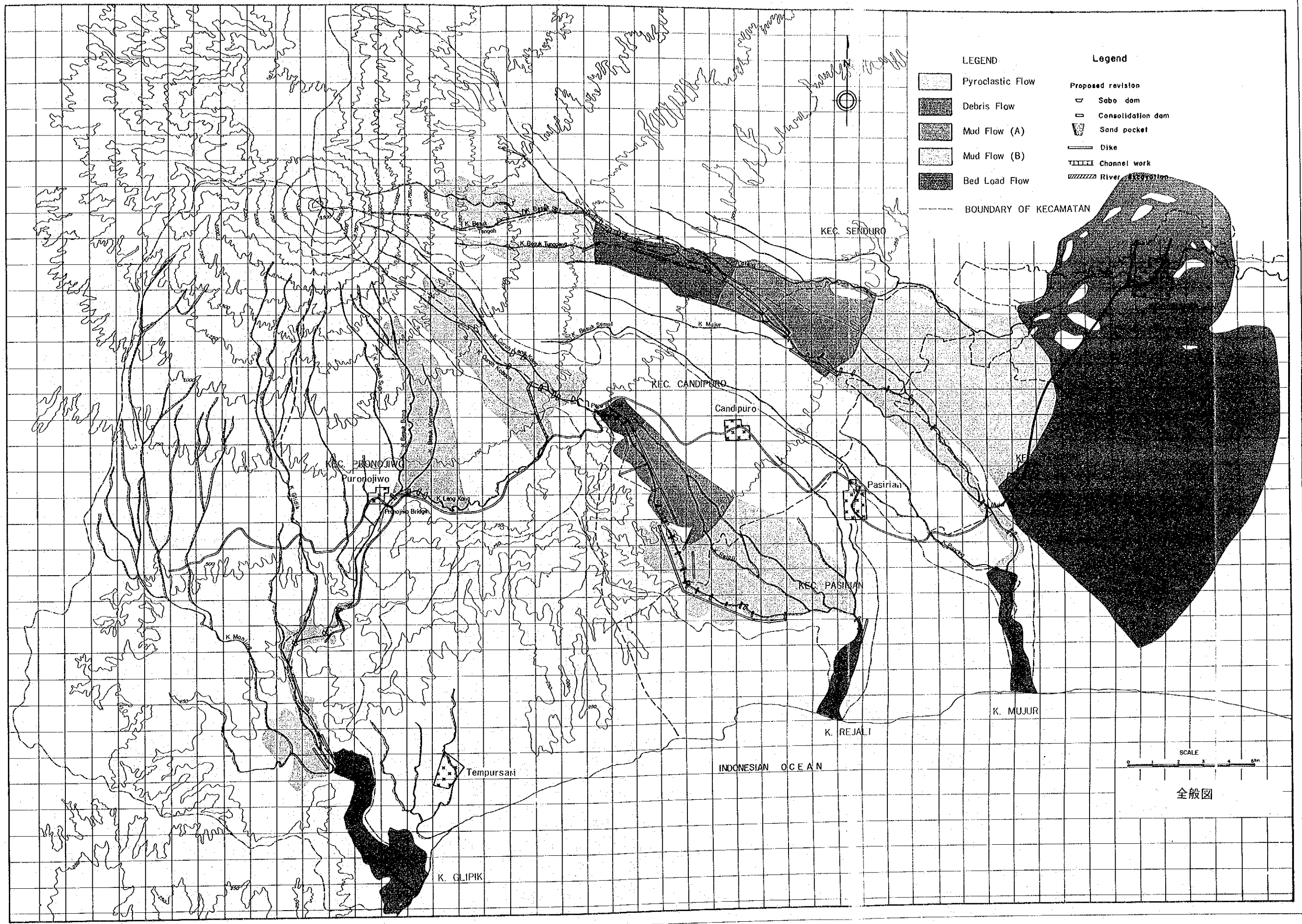
対象域の土石流災害に対する安全が保障され、開発水をかんがいと発電に利用したとして6つの代替案について行った予備的な経済評価の結果、I. R. R. は8.7%から16.2%となった。

経済的な観点からも、また地域の生活基盤を保持するという観点からも、水保全計画案の幾つかは有望と思われる。事業の実施を望むならば、本調査より進んだ次段階調査を行いその妥当性を確認することを提案する。

(5) 提案する事業

地域の生活環境および生活基盤の安定と安全のためばかりでなく、人命と資産を保持する緊急事業として、レジャリ川の土砂制御事業の早急の実施を勧告する。さらに、上記土砂制御施設事業と並行して、スメル火山の南西全域の土砂災害にいつも脅威を受ける住民の生命を守る土石流予警報システム事業を実施することを勧告する。

本 編



1章 序

1. 序

1.1 調査の背景

(1) 砂防事業の位置づけ

インドネシア共和国公共事業省水資源総局は同国の国家計画である第三次5ヶ年計画(1979/80-1983/84)に示された国家開発計画を達成するため、同局の主要目標として次の3点を掲げている。

- ① 農業地域の安全の確保
- ② 地方の安全の確保による住民公平の確保
- ③ 工業地帯を災害から守ることによる生産活動の安定維持

これらの目標を達成するため、河川改修、土砂制御、洪水・土砂災害の予測、洪水調節のためのダム・貯水池の建設および河川構造物の維持管理等の事業を実施している。

砂防事業は一般河川事業で実施されるほか、活火山の噴火に伴う災害の防除を主目標にする特別事業でも実施されている。スメル火山事業(Mt.Semeru Project)を含め4つの特別事業がジャワ島およびバリ島で現在運営されている。

(2) スメル火山事業

スメル火山事業は、元来東部ジャワ州政府で実施していた業務をスメル火山(Mt.Semeru)の活性化および土石流の頻発化を契機に、第4番目の活火山砂防事業として1976年に公共事業省により設立された。公共事業省は水資源総局河川局を通じてスメル火山事業事務所を監督して、社会省、移住省、国防省および鉱業・エネルギー省と連携してスメル火山周辺の防災対策にあたっている。

スメル火山事業事務所は、1977年にルマジャン(Lumajang)に開設されて以来、土砂災害から住民の生命と財産を守るため、土砂制御施設の建設、救援活動および調査計画を実施している。

(3) 本調査の背景

1981年5月に発生した土石流はスメル火山の南西斜面域に甚大な被害をもたらした。この災害による被害は、死者・行方不明 369人、負傷者 127人、破損家屋 535戸、埋没田畑 539haに達した。この結果、同域の社会経済活動に重大な影響をもたらした。

同災害により、川沿いに堆積して移動しやすい状態の多量の土砂のため、再び災害が発生することを危惧したインドネシア政府は日本政府にムジュール(K.Mujur)域を中心とする“緊急復旧事業”の経済援助要請を行った。この結果、同事業にOECF(国際経済協力基金)に借款をつけることに両国政府は合意した。同事業の開始は現在準備されている。長期的な観点で同様な災害を繰り返さないように計画的災害対策の実施を希望するインドネシア政府は本調査(スメル火山砂防・水資源保全計画調査)の技術援助を再び要請した。要請を受けて、日本政府は本調査をJICA(日本国際協力事業団)

を通して実施することとなった。

本調査に先立って、JICAにより1981年12月に事前調査団がインドネシアに派遣され本調査のS/W (Scope of Work) が現地調査に基づいて作成された。このS/W (巻末資料-1参照) は公共事業省水資源総局と事前調査団との間で、1981年12月18日合意された。

1.2 調査の概要

本調査は、インドネシア政府との協力および松林正義氏を委員長とする監理委員会の指導の下で、平尾公一氏を団長とする調査団により、1982年4月のインセプションレポート提出から1984年12月のファイナルレポート提出まで、総計31ヶ月にわたって実施された。調査団員および監理委員名簿を巻末資料-2に、また主要会議の議事録を巻末資料-3に示す。

(1) 調査の目的

本調査の目的は、スメル火山南西斜面域の土砂災害防止事業についてのフィージビリティスタディーを実施するとともに、同事業の実施に伴って開発される水資源ポテンシャルを把握することである。

さらに、インドネシア政府のカウンターパートに対して本調査の直接参加を通して、計画調査手法についての技術移転を実施する。

(2) 調査域

本調査の調査域は東部ジャワ州ルマジャン県に位置するスメル火山南西斜面域の約730kmの地域である。調査域の主要な水系として、ムジュール (K. Mujur) 川、レジャリ川 (K. Rejali) およびグリディック川 (K. Glidik) がある。図-1.1参照。

(3) 調査工程

本調査は4つのステージに分割され、各ステージの基本的な考え方は、次の通りである。図-1.2参照。

① 第1ステージ (1982年3月から5月まで)

- インセプションレポートを作成し調査の全体計画を確立する。

② 第2ステージ (1982年6月から1983年5月まで)

- 現地調査により必要な資料の収集
- 既存のマスタープランのレビュー
- 優先順位プロジェクトの選定
- 第1順位プロジェクトの計画設計

③ 第3ステージ (1983年6月から1984年3月まで)

- 改訂マスタープランの提案
- 第1順位プロジェクトの評価および実施計画書の作成
- 第2順位プロジェクトのための補足現地調査の実施

－ インタリムレポートの作成

④ 第4ステージ (1984年6月から1985年12月まで)

－ 第2順位プロジェクトの評価

－ 調査の最終レポートのとりまとめ

(4) 調査の内容

調査は次のような3つの段階に分けられる。

－ 現地調査 (主に調査域の中で実施される)

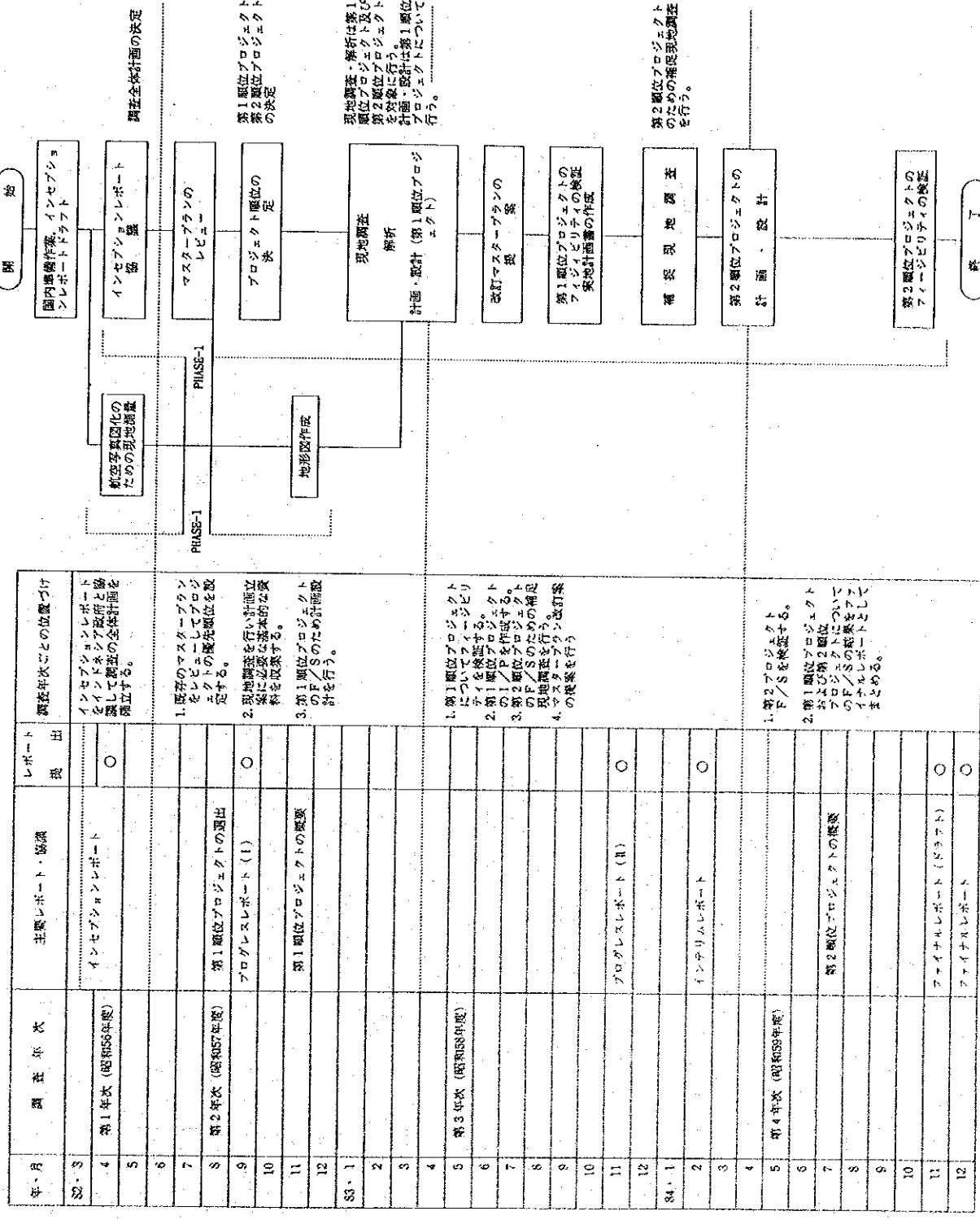
－ 解析 (現地調査資料を用いて主に日本で実施される)

－ 計画・設計・評価 (優先順位プロジェクトに関するフィージビリティースタディーを行う)

各段階の作業項目と調査の流れを図-1.3に示す。



圖-1.1 調查域



年・月・日	調査年次	主要レポート・協議	レポート提出	調査年次ごとの位置づけ
82・3				
4	第1年次 (昭和56年度)	インセプションレポート	○	インセプションレポートをインテリムレポートと協立して調査の全体計画を確立する。
5				
6				
7				
8	第2年次 (昭和57年度)	第1順位プロジェクトの選出 プログレスレポート (I)	○	1. 既存のマスタープランをレビューしてプロジェクトの優先順位を決定する。 2. 現地調査を行い、計画立案に必要な基本的な資料を集積する。 3. 第1順位プロジェクトのF/Sのための計画設計を行う。
9				
10				
11				
12				
83・1				
2				
3				
4				
5	第3年次 (昭和58年度)	プログレスレポート (II)	○	1. 第1順位プロジェクトについてファイナリティを決定する。 2. 第1順位プロジェクトのF/S/Pを作成する。 3. 第2順位プロジェクトのF/Sのための補足現地調査を行う。 4. マスタープラン改訂案の提案を行う。
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
84・1				
2		インテリムレポート	○	
3				
4				
5	第4年次 (昭和59年度)			1. 第2プロジェクトF/Sを決定する。 2. 第1順位プロジェクトおよび第2順位プロジェクトについてF/Sの提案をファイナリティレポートとしてまとめる。
6				
7		第2順位プロジェクトの概要		
8				
9				
10				
11		ファイナリティレポート (ドラフト)	○	
12		ファイナリティレポート	○	

図-1.2 調査年次毎の位置づけとそのフロー

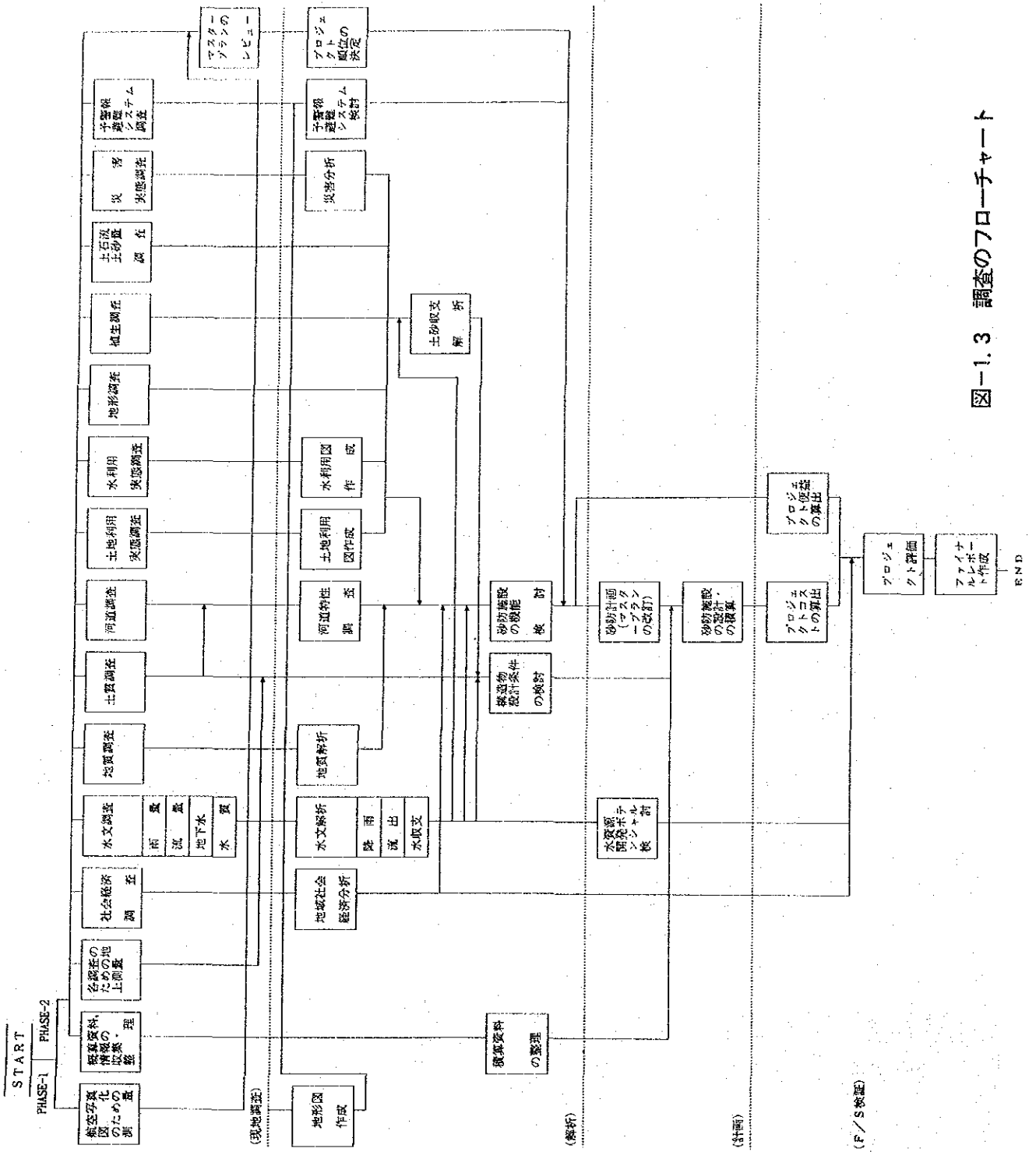


図-1.3 調査のフローチャート

2章 調査域の状況

2. 調査域の状況

2.1 自然条件

2.1.1 地形

ジャワ島で最も標高（3,676m）をもち現在活動中の成層火山であるスメル火山はジャワ島中央部を東西に連なる“ソロゾーン”（Solo zone）と呼ばれる長大な第4紀火山帯の東のテンガー・スメル複合火山列（Tengger - Semeru Volcanic complex）に属し、南北に延びたその火山列の南端に位置している。

テンガー・スメル複合火山列は、報告（A. SAKAI, I. SURUYO, 1980）によると、地形的には次の3つの単位に区分されている。図-2.1 参照。

- テンガー山脈 (Tengger mountain range)
- ジャンバンガン複合火山体 (Jambangan volcanic complex)
- スメル火山 (Semeru volcano)

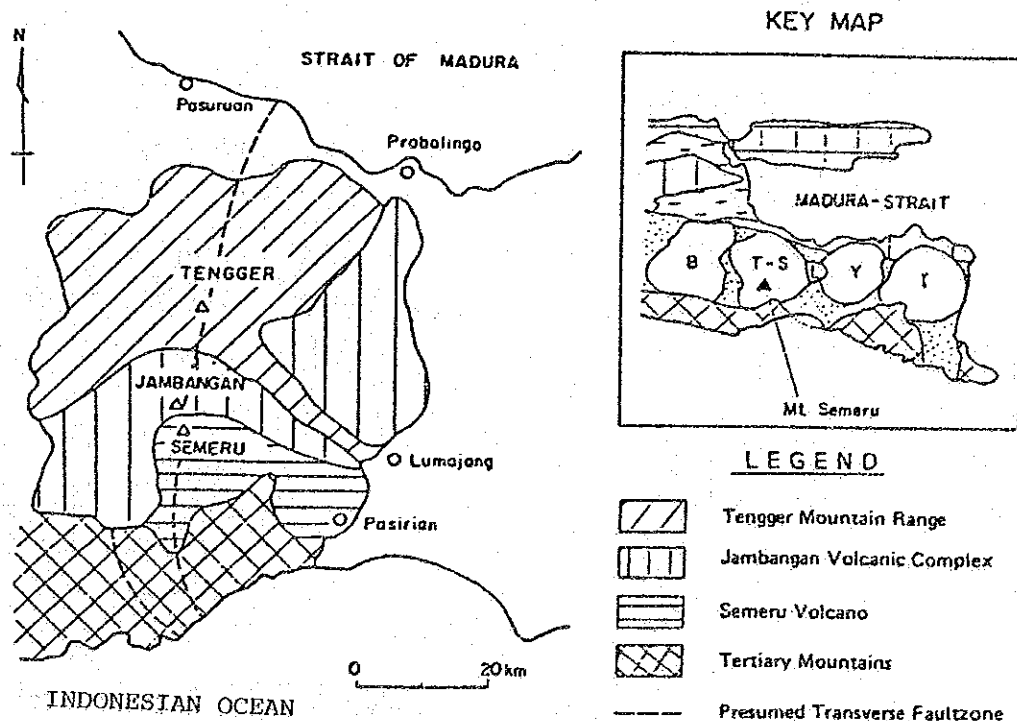


図-2.1 テンガー・スメル複合火山列とスメル火山

これらの中でスメル火山は最も若く、最も古いジャンバンガン複合火山体の南斜面に形成されている。ソロゾーンの南には“南方山体”と呼ばれる第3系からなる山地がソロゾーンと並行して東西方向に連なっている。

調査域はソロゾーンと南方山体の両方にまたがり地形学的特徴から大きく次の4つに区分される。図-2.2参照。

- a 火山主体部 (標高 1,500m以上)
- b 火山山麓扇状地 (標高 150m-1500m)
- c 火山山麓外縁部 (標高 150m以下)
- d 山地・丘陵地

調査域の土砂災害の根源であるスメル火山の活動の特色をまとめると次の通りである。

- 熱雲とラハール (Lahar) は南西および南斜面に集中している
- 火山噴出物の分布から判断して過去の大規模噴火は認められない。
- 火山の活動期と休止期が繰り返し起こっている。
- 火口は徐々に南へ向きつつある。

2.1.2 地質

調査域の地質は大きく第3系と第4系に分けられる。第4系は調査域の北側のスメル火山を含む火山列を形成し、第3系は調査地域の南西に急峻な山地を形成している。

図-2.3および2.4参照。

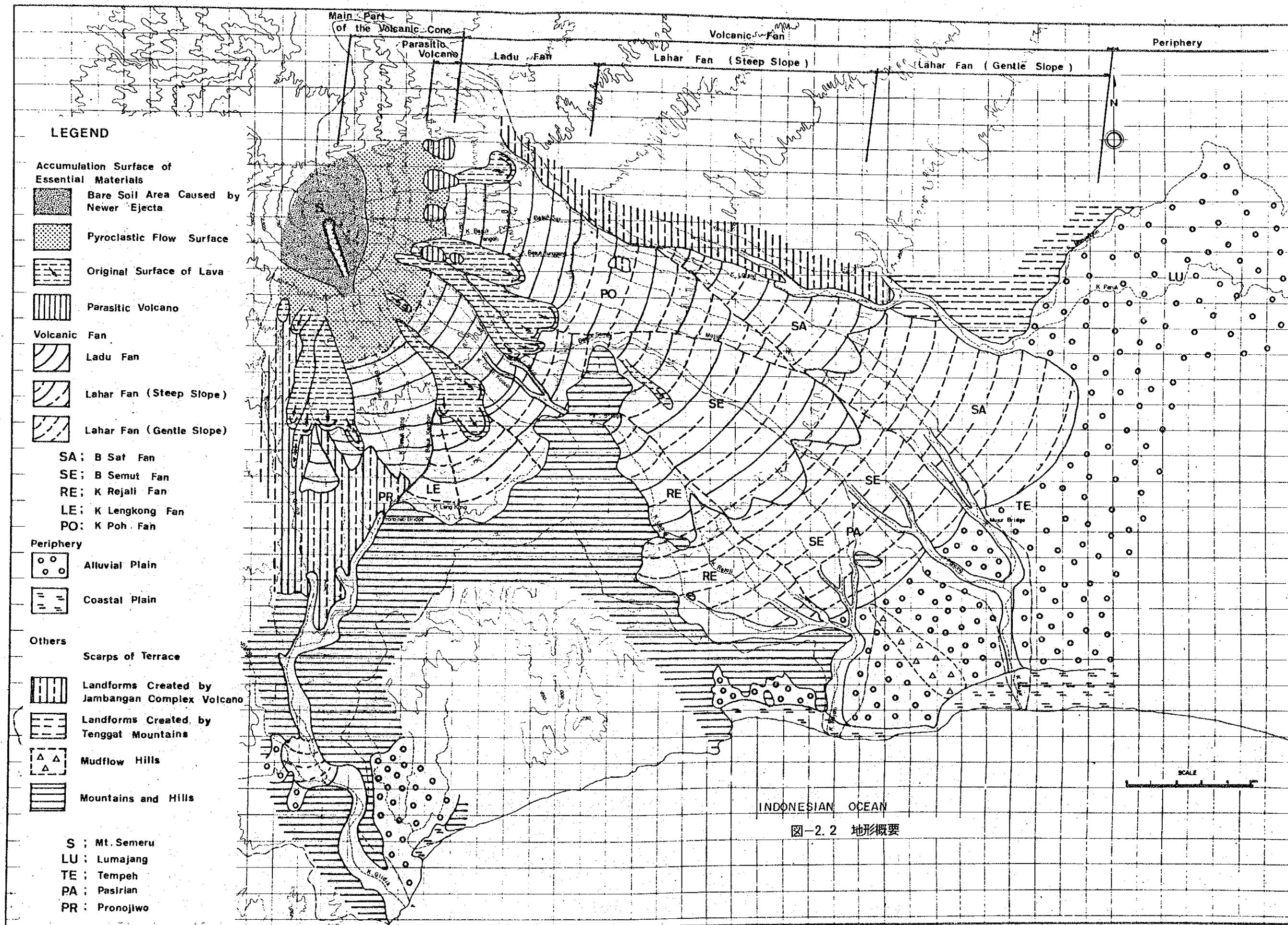
第4系は安山岩、凝灰角礫岩など種々の火山岩より構成され、その最下層には変質した“古期安山岩”とインドネシアで呼ばれている緑色凝灰岩類がある。この緑色凝灰岩類とその上位の第3系の未変質の火山岩類の間には不整合関係があるようである。

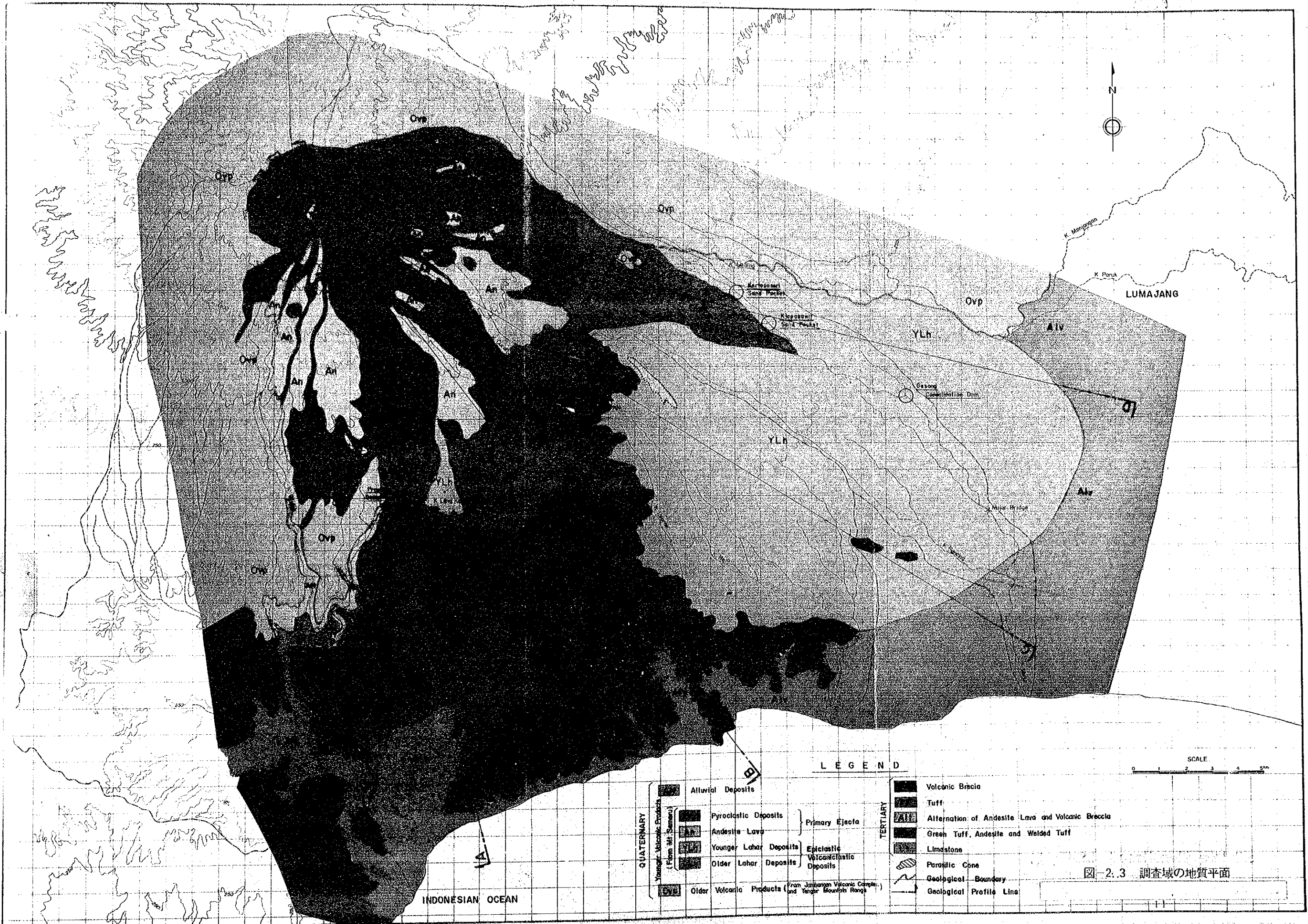
第4系はジャンバンガン複合火山体の噴出物である古期火山噴出物とスメル火山からの噴出物である新期火山噴出物に分けられる。調査域の大部分は新期火山噴出物で覆われている。新期火山噴出物はその構成物質、産状、固結度の差により次のように区分される。

- A. 初生火山噴出物
- B. 2次火山性堆積物
 - B1. 新期ラハール堆積物
 - B2. 古期ラハール堆積物
- C. 沖積層

初生火山噴出物は中央火口および側火山より直接噴出された火山噴出物で、雨水などにより再移動していないものを指す。これはスメル火山の標高 800m以上の地域に分布している。

2次火山性堆積物は初生火山噴出物が雨水で移動して再堆積したものを指す。それらは一括してラハール堆積物と呼ぶ。ラハール堆積物は標高 800mから 150mまでの地域





QUATERNARY		TERTIARY	
<ul style="list-style-type: none"> Younger Volcanic Products (From Mt. Semeru) Pyroclastic Deposits Andesite Lava Younger Lahar Deposits Older Lahar Deposits Older Volcanic Products (From Jababang Volcanic Complex and Tenger Mountain Range) 	<ul style="list-style-type: none"> Alluvial Deposits Primary Ejecta Epiclastic Volcaniclastic Deposits 	<ul style="list-style-type: none"> Volcanic Breccia Tuff Alternation of Andesite Lava and Volcanic Breccia Green Tuff, Andesite and Welded Tuff Limestone Parasitic Cone Geological Boundary Geological Profile Line 	<p>SCALE</p> <p>0 1 2 3 4 5 km</p>

図-2.3 調査域の地質平面

に分布している。ラハール堆積物はその固結度の違いに従ってルーズな新期ラハール堆積物と良く固結した古期ラハール堆積物よりなる。古期ラハール堆積物はポー川 (K. Poh) 扇状地などの古い扇状地を、新期ラハール堆積物は古期ラハール堆積物を覆って新しい扇状地を形成している。

沖積層は扇状地の外側をとり囲む火山山麓外縁部に分布し、亜円礫砂、シルト、粘土よりなり成層構造を有している。

水理地質学的には、スメル火山山麓は第3期層および古期火山噴出物が不透水性基盤を形成しその上に堆積したルーズなスメル火山からの噴出物が透水層となっていると考えられる。帯水層の大局的な水理構造としては、スメル火山体の成層構造に強く規制された層状の構造が考えられ、その中の水脈としては破碎した溶岩、旧谷筋、礫分の多いラハール堆積層など種々のものが考えられる。

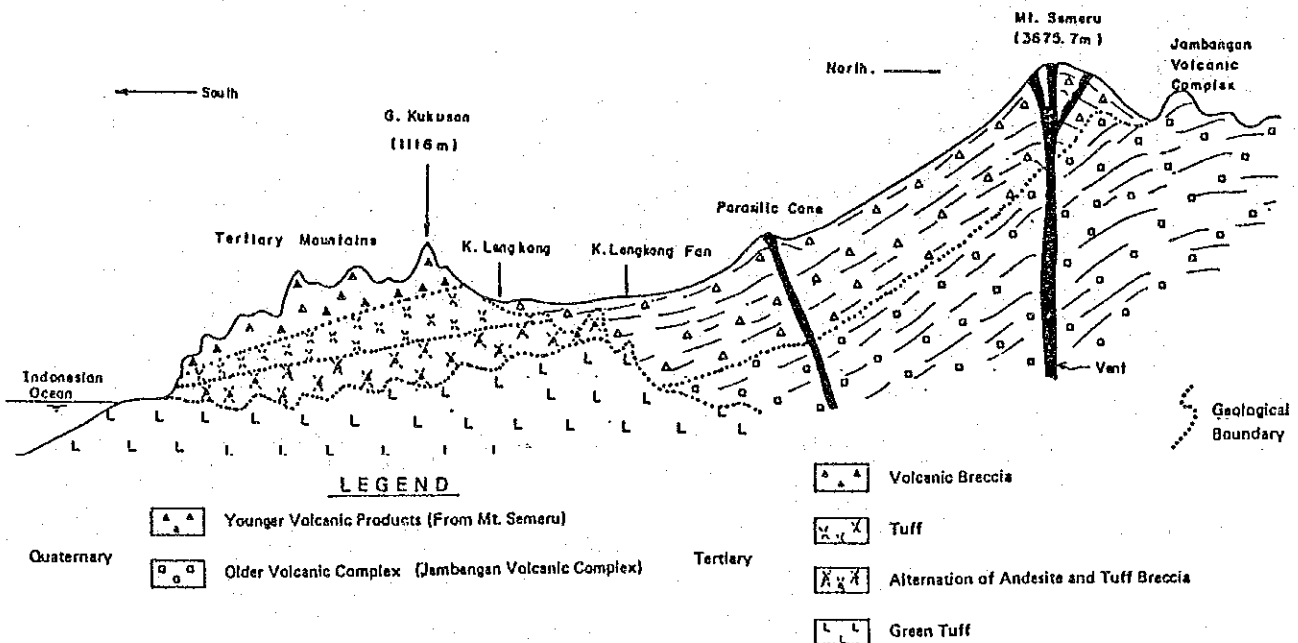


図-2.4 調査域の地質横断面図

2.1.3 気候

調査域は熱帯気候区に属し、はっきりとして雨期と乾期がある。年間降雨量は 1,500 mm から 4,000 mm 以上で、年等雨量線はスメル火山の標高とほぼ並行して増加している。

図-2.5 参照

一般的に、雨期は11月から4月までで乾期は5月から10月までである。雨期・乾期の区別は標高の低いところでは明確であるが、標高が高くなるにつれてこの傾向は薄れほぼ一年中雨が降っている。図2.6 参照。

300mmを越える日雨量が、標高795mのブスクサット (BS. Sat) 観測所で観測されて

いる。図2.7参照。

調査域の東にあるグスング・ドマス・ヒルル気象観測所 (Gunung Domas Hilin Meteorological Station) の記録によると、年平均気温は25.1°Cで、月平均気温は23°Cから26°Cに分布し月気温格差は小さい。年平均の相対湿度は90%と高く月の変化はあまりない。図-2.8参照。

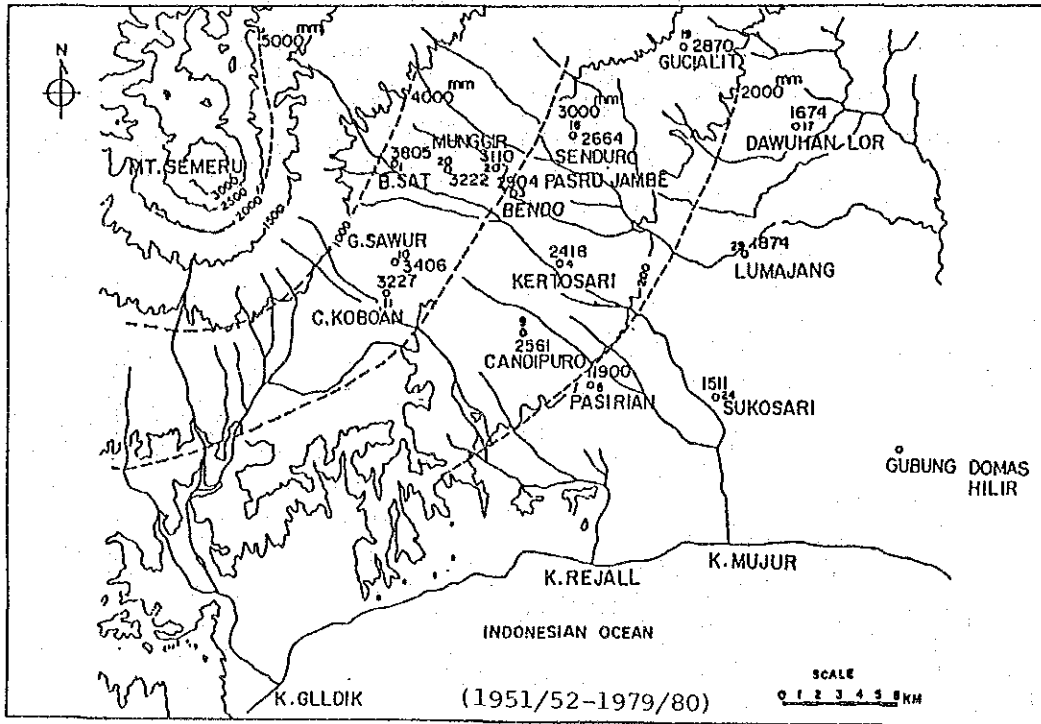


図-2.5 年等雨量線図

2.1.4 河川

(1) 水路システム

スメル火山の南東斜面域に降る雨は、山体を放射状に浸食谷を刻み、調査域の東からムジュール川、レジャリ川およびグリディック川の3つの水系を形成しインドネシア洋へ注いでいる。図2.9参照。

ムジュール川水系

調査域の東側に位置するムジュール川は、その主な支川としてサット川 (BS. Sat), トンペ川 (BS. Tompe), ツンゲン川 (BS. Tunggeng), ポー川 (K. Poh), スムット川 (BS. Semut) およびパンチン川 (K. Pancing) をもち、ポー扇状地, サット扇状地およびスムット扇状地を形成している。

1909年の災害以前には、サット川はサット扇状地のほぼ中央を流れるサットラマ川

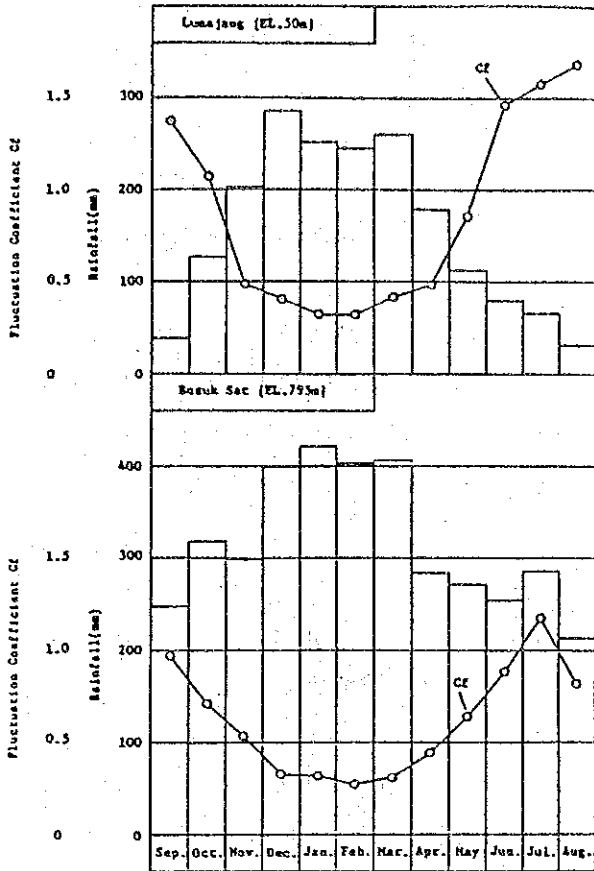


図-2.6 月雨量分布

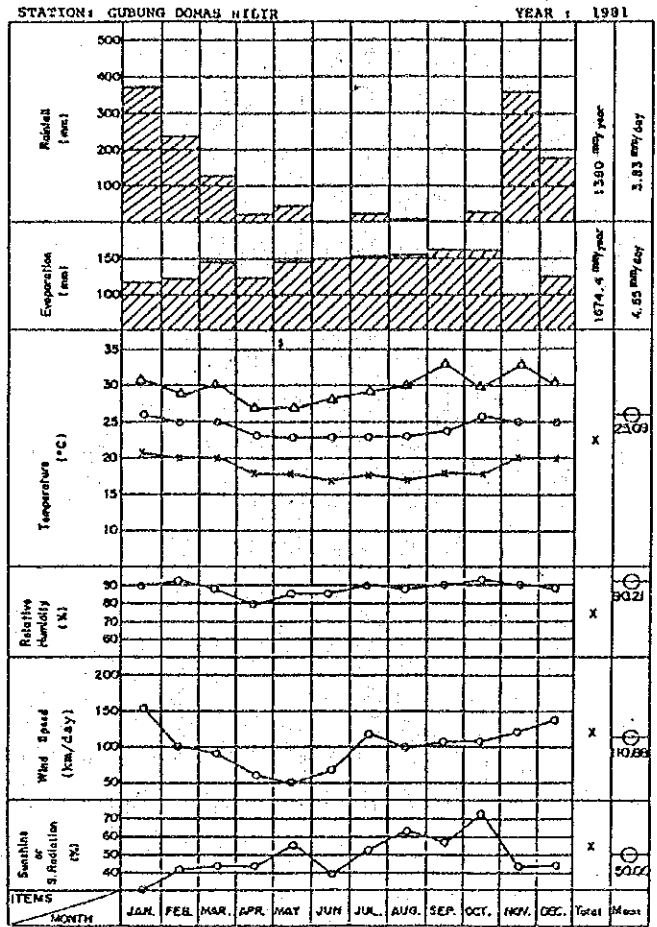


図-2.8 グスング・ドマス・ヒリル観測所の気象データ

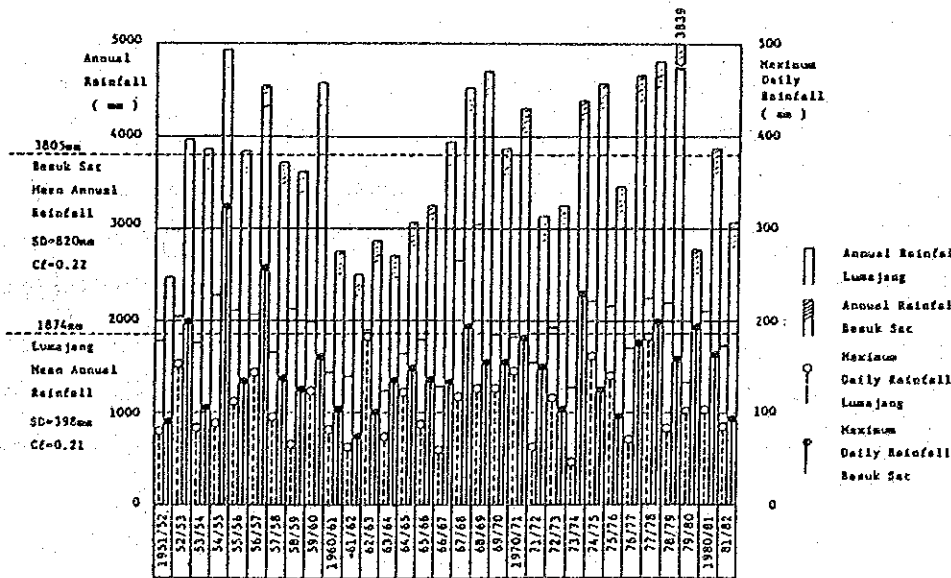


図-2.7 年雨量および年最大日雨量の変動

(田サット川) を流れていたが、その災害を契機にしてルマジャン方面への洪水の到達を防止するために、サット扇状地を扇頂部のケルトサリー村 (Desa Kertosari) 付近でツンゲン川へと人工的に水路がつけかえられた。この結果、上流に膨大な土砂供給源をもつサット川およびトンベ川の集水域を加えることになり、土砂流出の多い河川となった。

1981年の災害でも、ラハールはその転流点のレチェス堤防 (Leces dike) を破壊し、広い地域に甚大な被害をもたらせた。

1941年および1942年に、スメル火山からの溶岩流がスムット川の標高 800m 付近まで流下して谷を完全に埋積した。その結果、ムジュール川の下流支川のスムット川およびバンチン川は、現在レジャリ川水系の支川のチュラ・レンコン川 (Curah Lemgong) の上流部を失い、under fit river となり現在は安定しているものの、過去の災害による荒廃地が広くスムット扇状地に広がっている。

レジャリ川水系

調査域の中央に位置するレジャリ川は上流に生産土砂の多い支川チュラレンコン川およびチュラコボアン川 (Curah kobo'an) をもち、第3系の山塊であるチュラコボアン峡谷を抜けて、下流にレジャリ扇状地を形成している。

土砂流出が多いため1976年まではレジャリ川へ流れていた本流は扇頂部で首を振り現在は扇状地の西側のレプラック (K. Leprak) 川およびレゴヨ川 (K. Regoyo) を流れている。

レジャリ扇状地における近年のラハール災害の頻発は次の2つの理由によるものと考えられる。第一に、火口から直接土砂が供給されるチュラコボアン川を源頭部にもつこと、第二に、1941/42年の噴火により起きたスムット川上流域のチュラレンコン川への流域変更により、流水や土砂の増加が河道のもつ輸送能力を上まわる over fit の状態となっているということである。

グリディック川水系

調査域の西側に位置するグリディック川は、傾斜に順して南流する本川に第3紀の山塊に沿って東流するレンコン川 (K. Lengkong) を合わせる、3河川のうちで最大の流域面積をもつ河川である。レンコン川は、火口から日々噴出される熱雲堆積を刻む諸溪流、スピット川 (BS. Spit)、バン川 (BS. Bang)、クンバル川 (BS. Kembar) をもつ、現在最も土砂流出の多い河川である。レンコン川は、プロノジウォ (Pronoj-iwo) 滝より上流では勾配画ゆるく蛇行した沖積河川の様相を呈し、1976年の噴火による熱雲により堰止められ一部潮水化している。

水路の北側にはレンコン扇状地が形成されている。プロノジウォ滝の下流では、本川と合流する地点まで深いV字谷が発達している。

グリディック川の中下流では、幅の狭く現河床と比高の小さな谷底平野が形成され、

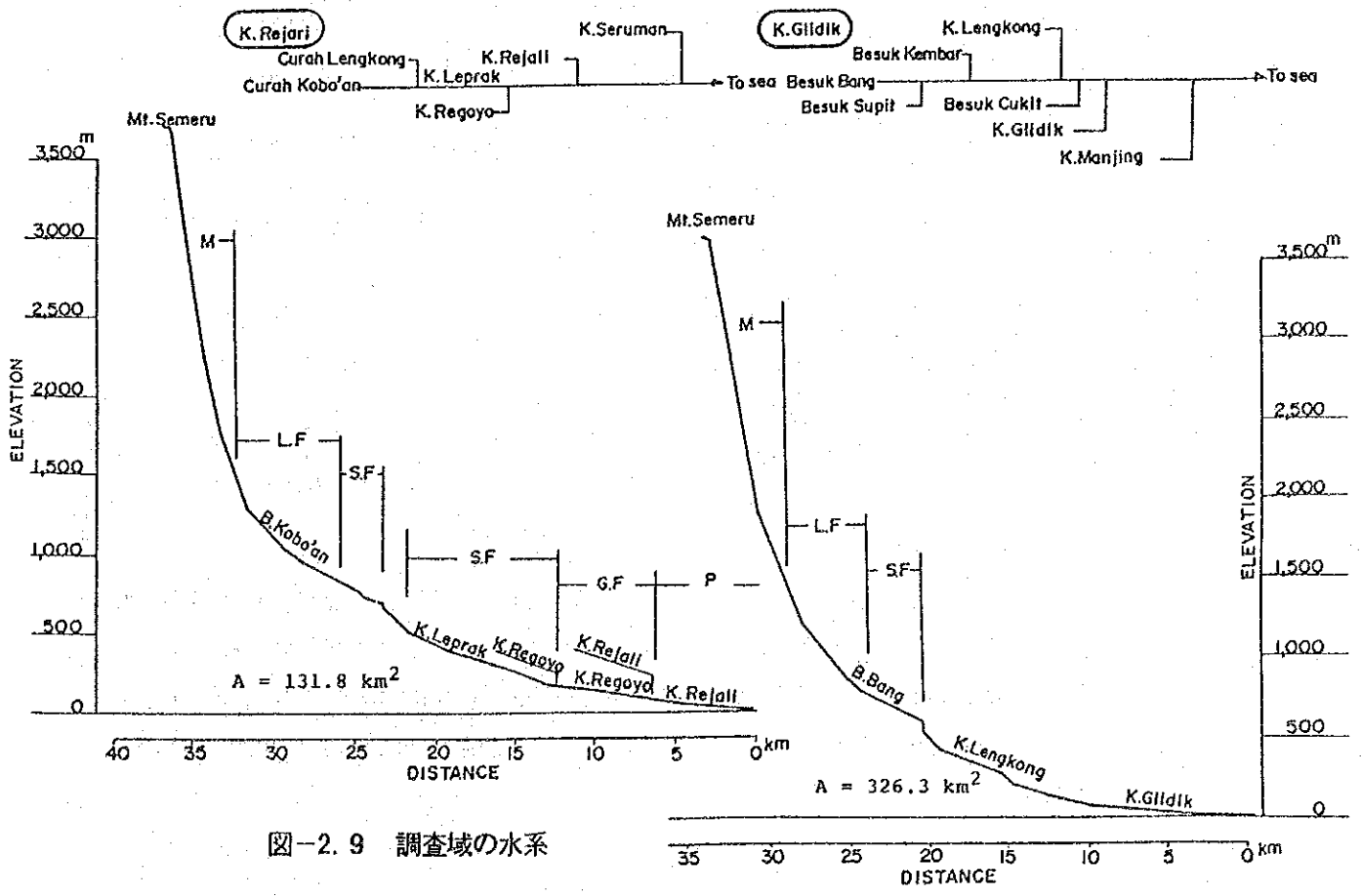
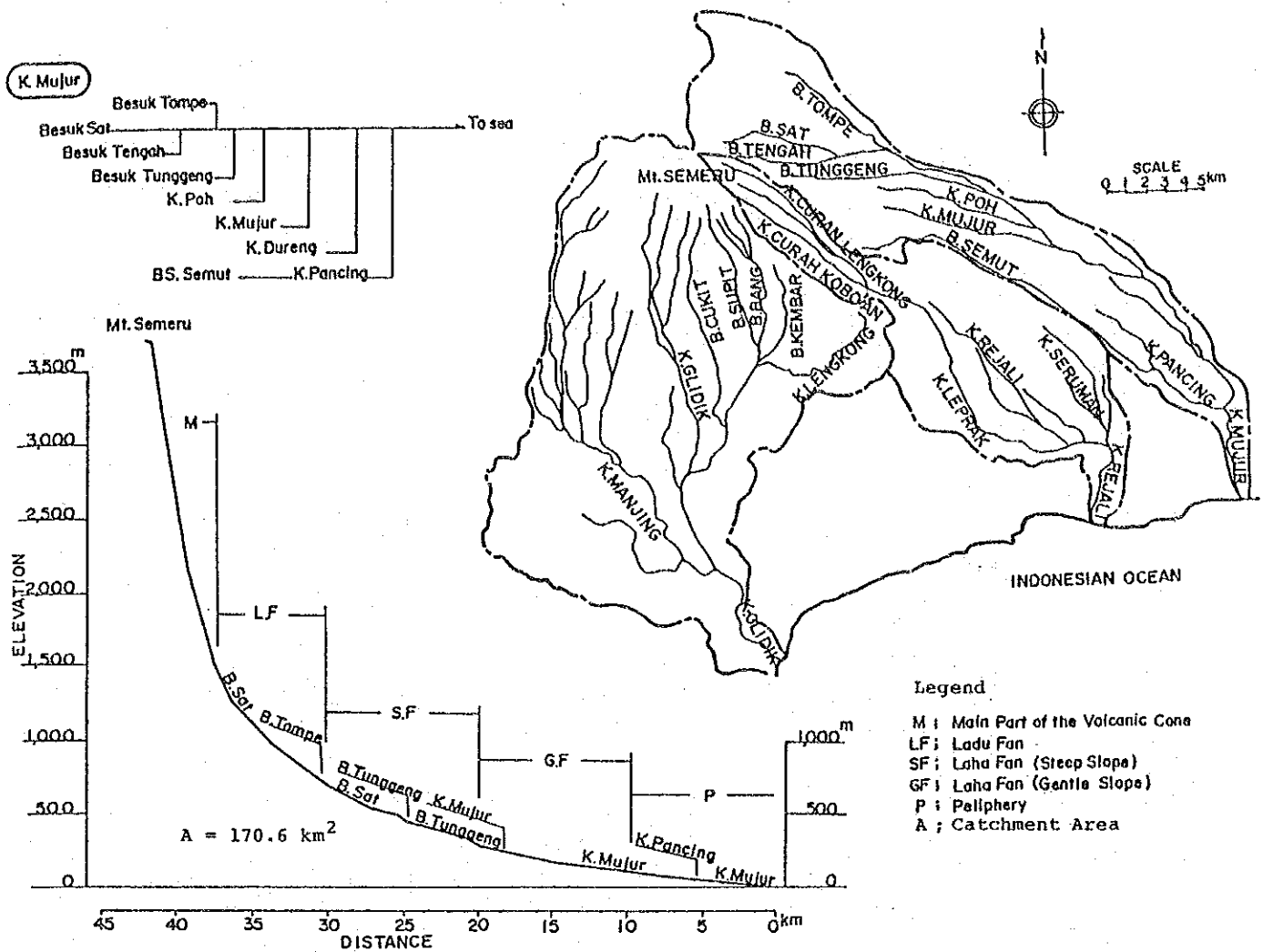


図-2.9 調査域の水系

土砂氾濫が起きやすい状態にある。テンプルサリー (Tempursari) 平野の西の下流部は、同平野との比高が30m程度の天井河川となっており、ほとんど河岸段丘が形成されていないことを合わせて考えると、河床上昇が現在著しいことがわかる。

(2) 土砂の供給源

水路システムへの直接的な土砂の供給は火山主体部に発達した侵食谷から行われる。土砂の供給源としてのこれらの谷の性格は次のように分類することができる。表-2.1参照。

火山性の侵食谷

火口からの火山噴出物が直接流入しやすく、これが多量の土砂源となる谷。

崩壊性の侵食谷

大規模な谷頭の崩壊地に連続するため、多量の土砂源となる谷。

安定侵食谷

直接的な火口からの噴出物の流入がなく、また大規模な崩壊地をもたない、土砂生産の少ない谷。

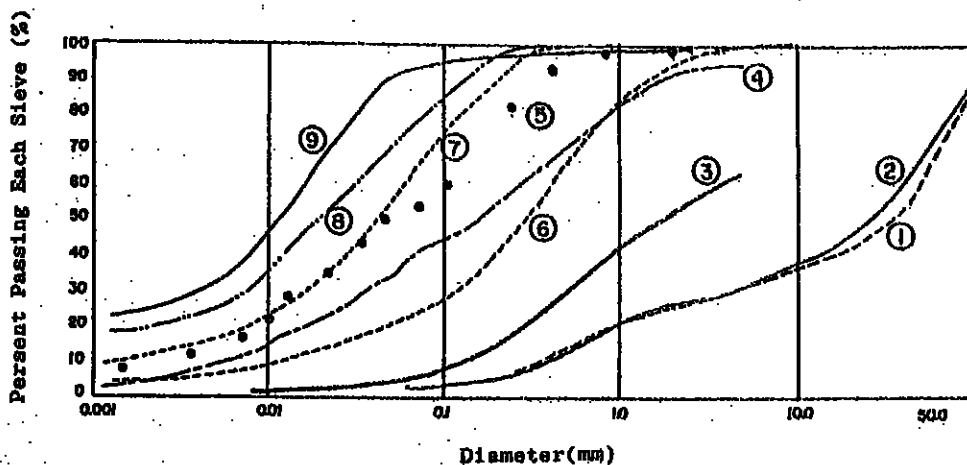
表-2.1 侵食谷の分類

分類	ムジュール水系 (K. Mujur)	レジャリ水系 (K. Rejali)	グリディック水系 (K. Glidik)
火山性の 侵食谷	—	コボアン川 (Curah Kobo'an)	バン川 (BS. Bang) クンバル川 (BS. kembar) サラット川 (BS. Sat)
崩壊性の 侵食谷	サット川 (BS. Sat) テンガー川 (BS. Tengoh) ツンゲン川 (BS. Tunggeng)	チュラレンコン川 (Curah Lengkong)	スピット川 (BS. Spit) チュキッド川 (BS. Cukit) グリディック川 (BS. Glidik)
安定侵食谷	トンベ川 (BS. Tompe) ムジュール川 (K. Mujar) パンチン川 (K. Pancing) スムット川 (K. Semut)	—	ベニング川 (K. Bening) レンコン川 (K. Lengkong)

(3) 河床材料

3水系の河床材料の粒度分布は図-2.10に示す通りであるが、極端に分布が悪いため河床にアーマコートが形成されておらず、河床安定にとっては不利な条件となっている。山腹およびレンコン扇状地堆積物の粒度分布は、河床のそれより細砂をかなり多く含み、流下土砂分布に近いものになっている。浮流土砂は70%から90%程度のシルト分を含んでいる。

河床材料の密度および河床での現場密度試験の結果は表-2.2に示す通りであるが、これらの値から考えると河床の空隙率は40%から50%程度である。



Legend:

- ① Riverbed Deposit of K. Mujur
- ② Riverbed Deposit of K. Rejali
- ③ Riverbed Deposit of K. Glidik (Pronojiwo)
- ④ Deposit of K. Lengkong Fan
- ⑤ Erosion Sediment at the Upper Stream of BS. Tunggeng
- ⑥ Flowing Lahar Materials (At 11:20 on Feb. 9, 1983)
- ⑦ Flowing Lahar Materials (At 14:00 on Feb. 9, 1983)
- ⑧ Suspended Sediment of K. Mujur at the Mujur Bridge (At 17:25 on May 1, 1983)
- ⑨ Suspended Sediment of K. Lengkong (Pronojiwo) (At 14:00 on Feb. 15, 1983)

図-2.10 粒度分布曲線

表-2.2 河床材料, 流下土砂の密度および現場密度

Classification	Location	Position No.	Specific Gravity	Field Density	Volumetric Density
	R-4	2,793	1,675	0.60	
	R-12	2,824	1,435	0.51	
Flowing Debris	K. Lengkong 11:20 Feb. 9, 1983		2,751	-	
Suspended Materials	K. Lengkong 14:40 Feb. 9, 1983		2,739	-	
	K. Lengkong 14:00 Feb. 15, 1983		2,718	-	
	K. Mujur 17:25 May 1, 1983		2,806	-	
Hillside Materials	Landslide zone at BS. Tunggeng		2,727	-	

* Given from specific gravity and field density.

(d) 洪水および流出土砂濃度の記録

1983年から1984年にわたって観測された流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ 以上の洪水記録は表-2.4に示す通りである。グリディック川に洪水が多発していることが分る。1983年5月3日にグリディック川プロノジウォ地点で $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度の洪水が観測されたが、これは多量の土砂を含む土石流であった。

表-2.3は1983年2月、3月に行われた流出土砂濃度測定の結果である。グリディック川では、体積濃度で50%、流体密度で $1.85\text{t}/\text{m}^3$ の高濃度の土石流が観測された。

表-2.3 流出土砂濃度記録

Date	Time	Station	Water Discharge (m^3/s)	Observed Volume			Estimated Value	
				① Total Volume (m^3)	② Soil (gr)	③ Water (gr)	④ Dd	⑤ D
Feb. 9, 1983	11:20	Pronojivo Bridge II	598.0 (11:00)	530	612.350	315.125	0.41	1.75
Feb. 9, 1983	11:20	Pronojivo Bridge I	598.0 (11:00)	530	710.875	270.075	0.49	1.85
Feb. 15, 1983	13:00	K. Langkong II	19.2	1900	186.050	1862.800	0.02	1.08
Feb. 15, 1983	14:00	K. Langkong I	3.78 (14:15)	1900	516.800	1652.075	0.13	1.14
Feb. 8, 1983	15:00	K. Leprak II	1.1	530	7.200	535.950	-	1.02
Feb. 8, 1983	16:00	K. Leprak I	1.1	530	18.375	524.625	0.01	1.02
Mar. 16, 1983	15:30	Mujur Bridge	10.8	2000	10.525	1995.450	0.00	1.00

D: Specific Gravity of Lahar $D = \frac{② + ③}{①}$

Cd: Volumetric density $Dd = \frac{① - ③}{①}$

* Estimated Value from Flood Mark

表-2.4 主要洪水記錄

(K. Rejali)

Data (1983)	Peak Dis- charge (m ³ /s) RP-4 K. Leprak No.1 Check Dam	Rainfall Stations & Thiessen Coefficient					
		10	30	31	32	33	38(11)
		G. Sawur	G. Leker	G. Pakis	Kamar A	Wonore- nggo	Curah Kobo'an
		0.02	0.36	0.06	0.18	0.03	0.35
1/May/83	422	o	x	x	x	o	o
26/May	289	o	x	x	x	o	o
24/Jan/84	307	o	x	x	o	o	o
7/Feb/	223	o	x	o	x	x	o

(K. Glidik)

Data	Peak Dis- charge (m ³ /s) RP-3 Planned Pronojiwo Dam	Rainfall Stations & Thiessen Coefficient					
		30	31	32	34(14)	38(11)	42(13)
		G. Leker	G. Pakis	Kamar A	Prono- jiwo	Curah Kobo'an	Supit Urang
		0.01	0.02	0.34	0.16	0.09	0.38
26/Feb/83	720.5	x	x	o	o	x	o
3/Mar	468.4	x	x	o	o	x	o
13/Mar	436.0	x	x	o	o	o	o
19/Mar	436.0	x	x	o	o	o	o
20/Mar	517.0	x	x	o	o	o	o
29/Mar	232.6	x	x	x	o	o	o
19/Apr	243.7	x	o	o	o	o	o
28/Apr	221.6	x	o	o	o	o	o
1/May	2,956.8	x	x	x	o	o	o
3/May	221.6	x	o	x	o	o	o
6/May	421.0	x	o	o	o	o	o
7/May	532.0	x	x	o	o	o	o
13/May	243.7	x	x	o	o	o	o
25/May	998.2	x	x	x	o	o	o
27/May	243.7	x	x	x	o	o	o
14/Jan/84	456	x	x	o	o	o	o
16/Jan	244	x	x	o	o	o	o
15/Feb	758	x	o	x	o	o	o
6/Mar	244	x	o	o	o	o	o
14/Mar	244	x	o	o	o	o	o

Data available o: Yes x: No

2.2 社会経済条件

2.2.1 行政区分と人口

(1) 行政区分

調査域を包含するルマジャン県は、東部ジャワ州に属しその面積は 1,791km²で、ジャワ島における典型的な中規模県である。ルマジャン県は、本調査の期間中にプロノジウ郡が2つに分割したため、現在16の郡で構成されている。図-2.11参照。

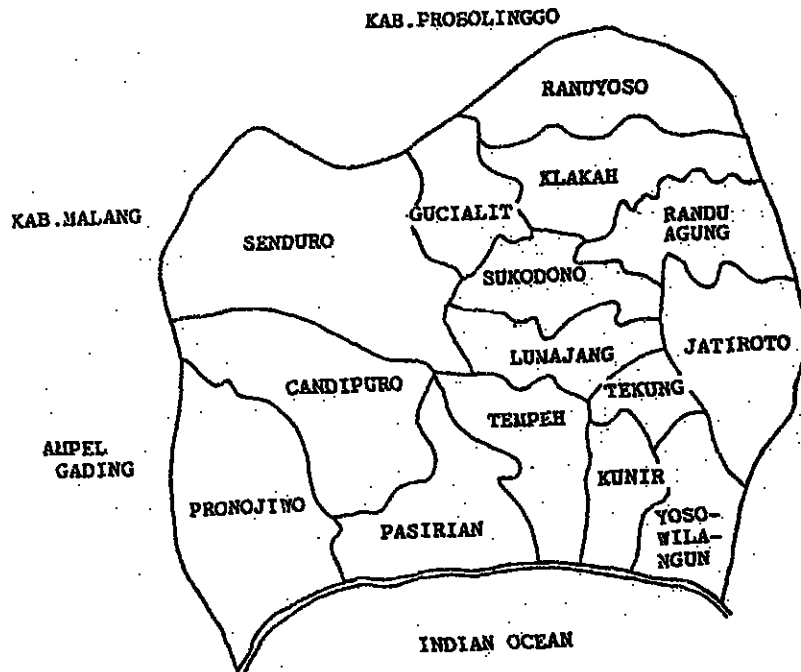


図-2.11 ルマジャン県の行政区分

(2) 人口

1980年の総計で、ルマジャン県の人口は87万4千人で年平均の人口伸び率は1.17% (1971-1980)、1.36% (1976-1980) となっている。最近10年間の年平均の人口伸び率は、インドネシア全国平均値2.32% (1971-1980)、東部ジャワ州平均1.49% (1971-1980) と比べてもかなり低い。

ルマジャン県の人口増加率の低さは、圏外への人口の流出によるものである。この人口流出は単に雇用や結婚によるばかりでなく、災害によって生活手段を失った人々の行政的な移住も含まれている。1976年と1981年の災害では、数千人の人々がスラウェシ (Slawazi) やスマトラ (Sumatra) へ移住している。

ルマジャン県の総人口の約10%は県庁所在地のルマジャンに集中している。ルマジャンの人口密度および年平均人口伸び率はそれぞれ 1,167人/km²、3.1% (1976-1980) である。

2.2.2 農業

ルマジャン県の基幹産業は農業である。1980年の統計によれば、同県の全世帯数20万7千世帯の内半数以上の11万8千世帯が農業に従事している。ルマジャン県全土の86%の1,546km²が農地として利用され、そのうち水田は356km²、畑は1,189km²で農地の約1/4が水田となっている。

ルマジャン県の主要農産物の生産高は表-2.5に示す通りであるが、米は地域の社会経済をささえる最も重要な農産物である。米の単位収穫高はもみ付きで4.7 ton/haで、東部ジャワ州平均4.3 ton/ha、インドネシア全国平均3.3 ton/haと比べて高い。これは同域のスメル火山が貯える豊かな水と良質の土壌によるものと考えられる。

水田へのかんがいは河川水および湧水によってまかなわれ、かんがい施設の設置管理の状況で、政府機関が主体に実施する場合、政府機関と受益者の村が共同で実施する場合および村が単独で実施する場合に応じてそれぞれ技術かんがい、半技術かんがいおよび無技術かんがいと呼称され、区別されている。ムジュール川およびレジャリ川域では20ヶ所の取水施設により57km²の地域がかんがいされている。このうちの73%にあたる42km²が技術かんがいおよび半技術かんがいによるものである。

平均的なクロッピングパターンを図-2.12に示すが、かんがいが十分なところでは2.5期作あるいは最大で3期作の米の栽培が行われている。

かんがいが不十分なところでは米の2期作あるいは1期作が実施され、2次作物としてトウモロコシ、タバコおよび豆類が栽培されている。

農耕、運搬、食用あるいは現金収入のため表-2.6に示すような家畜および家禽が飼育されている。

2.2.3 社会基盤施設

調査域の交通施設は道路と鉄道である。最近の車の増大により道路輸送が最も重要な交通手段となっている。幹線道路としては、ルマジャンより北にはプロボリンゴ (Probo-ringo) へ、西にはスメル火山をとりまくようにしてマラン (Malan) へ、東にはジュンベル (Junbel) へと続く道路がある。鉄道としては、プロボリンゴからルマジャンを通りバシリアンを結ぶ南北に走る鉄道とルマジャンから分岐してジュンベルへ向かう東西方向の鉄道があるが、運転本数も少なくその維持管理状況は良くない。

電力供給は需要に対して必ずしも十分でなく、定期的な停電によって需要の調整をはかっている。

上下水道施設は殆ど普及しておらず、上水としては井戸、湧水に頼り、下水道としては集落内外を通る農業用水路および河川に依存している。

表-2.5 ルマジャン県の主要農産物 (1980年)

(ton)

Kecamatan	Rice	Maize	Soy Bean	Cassava	Coffee
1. Lumajang	29,839	2,485	570	830	-
2. Sukodono	19,196	6,374	2,136	4,013	-
3. Senduro	14,045	7,207	977	780	759
4. Gucialit	133	4,846	354	3,107	140
5. Klakah	7,314	14,918	2,978	8,553	10
6. Ranuyoso	-	10,488	2,742	8,393	4
7. Randuagung	15,979	8,403	2,250	920	8
8. Pasirian	32,437	6,126	11	1,187	21
9. Tempen	21,274	3,742	281	1,661	-
10. Candipuro	41,334	2,020	17	1,362	580
11. Pronojiwo	11,814	423	-	14,697	904
12. Yosowilangun	26,636	4,478	1,647	594	-
13. Jatiroto	25,404	2,543	676	4,400	-
14. Kunir	11,109	4,968	1,587	880	-
15. Tekung	12,012	1,849	805	590	-
Total	268,094	80,870	17,032	51,966	2,426

Source: Statistic Lumajang 1980

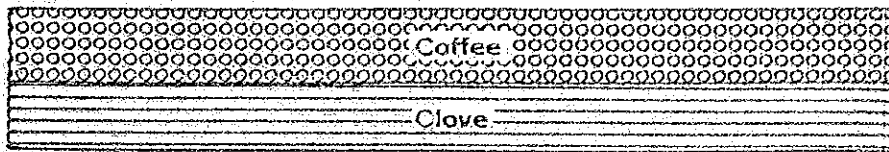
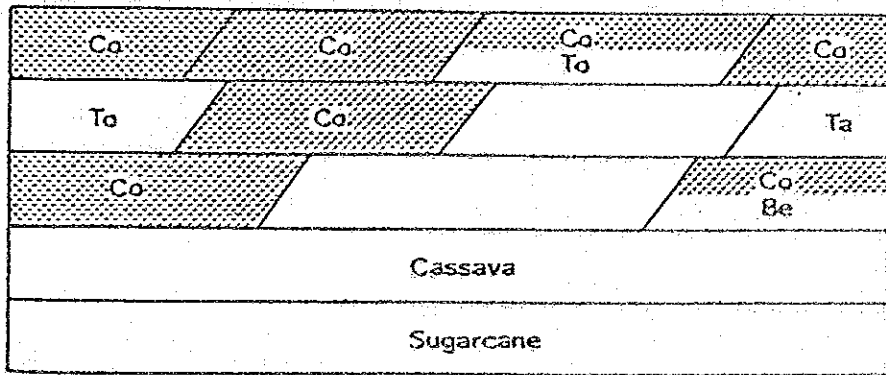
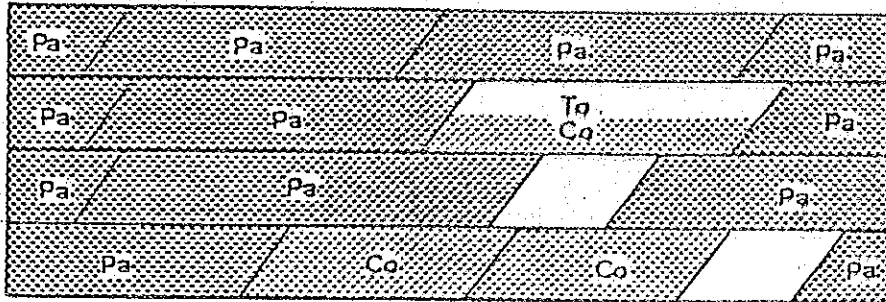
表-2.6 ルマジャン県の家畜・家禽

(1980)

(head)

Buffalo	Cow & Ox	Horse	Goat	Sheep	Pig	Duck	Chicken
5,830	90,105	2,369	40,838	20,196	2,915	68,241	688,724

Rainy Season				Dry Season						Rainy Season	
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.



Pa ; Paddy Ta ; Tobacco Co ; Corne B ; Beans

図-2.12 調査域の平均的なクロッピングパターン