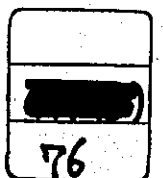


インドネシア共和国
ムラピ火山砂防基本計画策定
事前調査報告書

昭和51年7月

国際協力事業団

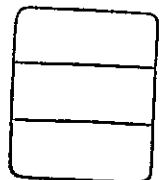


インドネシア共和国
ムラピ火山砂防基本計画策定
事前調査報告書



昭和51年7月

国際協力事業団



| | |
|--------------------|------|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 月日 '84. 3.16 | 108 |
| 登録No. 00680 | 61.7 |
| | SD |

国際協力事業団
 登録No. 00680
 61.7
 SD

は し が き

日本国政府は、インドネシア共和国政府の要請に応え、ムラビ火山砂防基本計画策定の調査を行なうことを決定し、その調査は国際協力事業団が実施することとなった。

この報告書は、事業団が昭和51年2月2日から同年2月25日までの25日間に亘って派遣した建設省土木研究所地質官、今西誠也氏を団長とする7名の専門家よりなる事前調査団が、ムラビ火山とその影響が及ぶ地域の現地状況を調査した結果をまとめたものである。

今回の事前調査は次に実施する本格調査が効果的に完遂できるよう、各種の情報収集、ムラビ火山現況調査とインドネシア政府当局とのScope of Workの協議を主目的としたものである。

本報告書が、今後の本格調査を立案検討し実施するに際して参考となることを期待するとともに、今回調査の実施にあたり、多大の御協力をいただいた、インドネシア政府、在インドネシア日本大使館、コロンプラン専門家、ならびに関係各機関に対し厚く御礼申し上げる次第である。

昭和51年7月

国際協力事業団

社会開発協力部長

大野正夫

目 次

はしがき

第1章 総論

| | | |
|-------|-----------------------|---|
| 1 - 1 | 調査の背景 | 1 |
| 1 - 2 | 事前調査の目的 | 1 |
| 1 - 3 | 本格調査計画に対するインドネシア政府の見解 | 1 |
| 1 - 4 | 事前調査日程 | 3 |
| 1 - 5 | 事前調査団の編成 | 5 |

第2章 各論(事前調査作業)

| | | |
|-----------|----------------|----|
| 2 - 1 | 地形図、航空写真等の整備状況 | 6 |
| 2 - 2 | 地形地質調査 | 6 |
| 2 - 3 | 気象水文調査 | 15 |
| 2 - 3 - 1 | 調査の目的、必要性 | 15 |
| 2 - 3 - 2 | 調査概要 | 16 |
| 2 - 3 - 3 | 調査結果 | 18 |
| 2 - 4 | 土砂の堆積流出機構調査 | 28 |
| 2 - 4 - 1 | 調査の目的 | 28 |
| 2 - 4 - 2 | 調査対象と手段 | 31 |
| 2 - 5 | 被害状況調査 | 35 |
| 2 - 5 - 1 | 調査の目的 | 35 |
| 2 - 5 - 2 | 被害の内容 | 35 |
| 2 - 6 | 地域社会環境調査 | 50 |

第3章 提言

| | | |
|-----------|--|----|
| 諸言 | 54 | |
| 3 - 1 | 測量計画 | 54 |
| 3 - 2 | 地形地質調査 | 55 |
| 3 - 2 - 1 | 土地条件図の作成 | 55 |
| 3 - 2 - 2 | Nuée ardente dévalanche の破壊力の検討 | 55 |
| 3 - 2 - 3 | 各河川上流部におけるNuée ardente dévalanche 堆積土砂量の検討 | 59 |
| 3 - 2 - 4 | 侵食可能土砂量の算出 | 59 |

| | | |
|-------|-------------------|----|
| 3-3 | 気象水文調査 | 59 |
| 3-3-1 | 支川流量観測所の設置 | 59 |
| 3-3-2 | 水文資料の収集 | 59 |
| 3-3-3 | 聞き込み調査及び痕跡調査 | 60 |
| 3-3-4 | 流出解析 | 60 |
| 3-3-5 | 河川調査 | 60 |
| 3-3-6 | 所要人員及び所要期間 | 60 |
| 3-3-7 | 必要資機材 | 61 |
| 3-4 | 土砂の堆積流出機構調査計画 | 61 |
| 3-4-1 | 溪流縦横断測量 | 61 |
| 3-4-2 | テストピットによる土質調査 | 62 |
| 3-4-3 | 河床堆積物状況調査 | 62 |
| 3-4-4 | 土石流測定 | 62 |
| 3-4-5 | 航空横断測量 | 63 |
| 3-4-6 | 含砂量測定 | 63 |
| 3-4-7 | 必要人員と機材 | 63 |
| 3-5 | 被害状況調査 | 63 |
| 3-6 | 地域社会環境調査 | 65 |
| 3-7 | 防災計画策定 | 65 |
| 3-7-1 | 防災計画の内容 | 65 |
| 3-7-2 | 防災計画策定に際しての留意事項 | 67 |
| 3-7-3 | 所要人員と所要期間 | 69 |
| 3-8 | 砂防施設計画策定 | 69 |
| 3-8-1 | 施設計画の構想 | 69 |
| 3-8-2 | 施設計画策定に際しての調査検討事項 | 72 |
| 3-8-3 | 所要人員と所要期間所要機材 | 73 |

附 録

1. Scope of Work 案
2. 調査計画に関する調整作業及び経緯
3. 資料リスト
4. 関係機関組織図



K.Woro 上流より見たムラビ火山



K. Woro 上流



K. Woro 上流のサンドポケット



K. Krasak 中流
自記雨量觀測計設置



K. Krasak 下流



K. Singping 下流

第1章 総論

1-1 調査の背景

インドネシア共和国第二次五ヶ年計画における最重要施策の一つである地域開発計画は食糧増産を目的にした農業開発計画であり、現在ソロ河流域開発などが計画の一環として進められている。一方インドネシアに於いては火山地域が広く広がっており、またこれが熱帯気候下に於いては、肥沃な土地（非ラテライト地域）となっている。中部ジャワの中心地であるジョクジャカルタ市から北方約30 kmに位置するムラビ火山（標高2980 m）は世界で最も活動的な火山の一つにあげられ3～5年の休止期間をもって大爆発をくり返し、地域の開発にとって大きな障害となっている。

火山活動による火山噴出物が火山周辺地域の居住地域や、肥沃な耕作地に直接被害を与えている。またこれらの堆積した火山噴出物が雨期における激しい降雨によって土石流となって流出し浸食と堆積を続けながら、下流部にまで被害を与えている。同地域においては火山噴出物の流出防止と土壌保全の総合的な対策を講じることが緊急の課題となっている。

我国からは1970年以来砂防専門家が派遣され、砂防計画の実施に技術上の助言を行なってきたが、流出が大規模でかつ広範囲にわたるため地域全体の計画をカバーしきれない状況にあり、インドネシア政府はムラビ火山砂防基本計画策定調査を要請した経緯がある。

1974年5月平尾、友松砂防専門官の調査により本件基本計画策定の勧告が行なわれている。

1-2 事前調査の目的

インドネシア共和国政府の要請に基づき同国第二次五ヶ年計画における重要な施策である中部ジャワムラビ火山砂防基本計画策定にかかるインドネシア政府の考え方を聴取し技術的側面を中心とした我が国の今後の協力方向を検討するための事前調査を行った。

調査はムラビ火山爆発時における噴出物と二次土石流による被害状況を把握し、これら被害軽減の全体基本計画策定の為の調査計画立案を目的とするものである。

1-3 本格調査計画に対するインドネシア政府の見解

インドネシア政府は今回のムラビ火山砂防基本計画策定をジョクジャカルタ市周辺地域開発計画の基本として三つの目標わかかかっている。

① 上流地域の被害防御、軽減

火山噴出物、土石流（Nuée Ardente, Lahar）による人命、家屋、財産、農地、利水設

備（取水設備、用水路、泉）道路、鉄道、空港等の保護

② 下流地域の被害防御、軽減

微粒土砂堆積による河床上昇の防止および農業生産（米、砂糖、たばこ）等に重大な影響を与える取水設備の保護。

③ 利水の拡大、交通網の整備

砂防施設の利水、交通への多面的利用

以上の観点からインドネシア政府は今回の基本計画における Scope of work に対して次のような要望を行っている。

① 調査範囲の拡大

K. Progo K. Opak に対して河口までを調査範囲とする。

なおでき得れば火山活動の移動を考慮するとムラビ火山全域に適用したい。

② 砂防施設の多面的利用

道路、取水設備への利用を考慮する

調査対象地域

調査範囲は次の通りとする

(1) K. Woro 流域から K. Pabelan 流域に至るムラビ山腹

(2) K. Progo. K. Opak 水系に対しては、それぞれの支川の本川合流点までとするが、本川下流部における河床上昇、取水口閉塞などのトラブル・スポットは含めるものとする。

(3) B. Sala 水系については K. Dengkeng と K. Lusa との合流点より上流とする。

1-4 事前調査日程

| 日順 | 月日 | 曜日 | 行程 | 調査内容 |
|----|-----|----|--------------------------------|--|
| 1 | 2.2 | 月 | 東京～ジャカルタ | 調査内容、日程打合わせ |
| 2 | 3 | 火 | ジャカルタ | JICAジャカルタ事務所、日本大使館、インドネシア・ウォノギロカンがい及び河川改修計画調査団と調査内容について打合わせ。 |
| 3 | 4 | 水 | ジャカルタ | インドネシア政府水資源総局に表敬及びインドネシア・ウォノギロ及び河川改修計画調査団と合同で調査内容及び日程打合わせ。 出席者：Suyono 水資源総局長・Sudaryoko 河川局長 Sarhini 計画課長・Soekrisno 外国援助担当・Suragil 維持管理課長、都丸書記官松下、渡辺専門家 |
| 4 | 5 | 木 | ジャカルタ～ジョクジャカルタ | メラビ火山事務所訪問調査内容・日程打合わせ |
| 5 | 6 | 金 | | K. Bebeg. K. Krasak 踏査 |
| 6 | 7 | 土 | 現 | K. Putih, K. Pablom. K. Trising K. Bl omgkeng 踏査 |
| 7 | 8 | 日 | 地 | 資料整理 |
| 8 | 9 | 月 | | K. Woro. K. Singping, K. Denkeng 踏査 |
| 9 | 10 | 火 | | K. Bojong・K. Kuning・K. Gnendol 踏査 |
| 10 | 11 | 水 | ジャカルタ～クテリ | メラビ火山事務所にて踏査概況打合せ |
| 11 | 12 | 木 | | K. Gnendol. K. Progo 踏査・クルル-火山踏査 |
| 12 | 13 | 金 | | K. Denkeng. B. Sala 合流点. K. Batang. K. Am. クルル-火山踏査 |
| 13 | 14 | 土 | ジョクジャカルタ～デナンパサル スラバヤ～デナンパサル | 資料整理 |

| 日順 | 月日 | 曜日 | 行程 | 調査内容 |
|----|----|----|---|---|
| 14 | 15 | 日 | | アグン火山踏査 |
| 15 | 16 | 月 | デンプール〜ジョクジャカルタ | メラビ事務所にて事務所側と踏査結果について打合わせ、アグン火山踏査 (出席者) メラビ事務所, Bambang 所長, Soedhibyo 副所長, Soeparman 計画 課長, 水原専門家, バンドン火山事務所 Suruyo 氏, 公共事業省河川局, Djoko 計画課砂防係長, Dahlan 建設二課火山砂防係長 |
| 16 | 17 | 火 | ジョクジャカルタ〜ジャカルタ <small>デンプール ジャカルタ</small> | 資料整理, 打ち合せ |
| 17 | 18 | 水 | ジャカルタ〜バンドン | |
| 18 | 19 | 木 | バンドン | 地質調査所, 水工研究所にて火山, 水文関係資料収集 |
| 19 | 20 | 金 | " | 資料整理現地報告書作成 |
| 20 | 21 | 土 | バンドン〜ジャカルタ | " |
| 21 | 22 | 日 | | " |
| 22 | 23 | 月 | " | " , Scope of Work について事前打合わせ 今西団長, 専門家, Bambang メラビ火山事務所, 所長, Soeparman 計画課長 Djoko 計画課砂防係長 |
| 23 | 24 | 火 | " | 公共事業省水資源総局にて, Scope of Work について協議 |
| 24 | 25 | 水 | " | " |
| 25 | 26 | 金 | ジャカルタ〜東京 | 出席者, Sudaryoko 河川局長, Sarbini 計画課長, Suruyo. Jayadi G.S.I. 課長, Soekrisno 外国援助担当, Bambang メラビ火山事務所長 Soeparman 計画課長, Rabarjo 維持管理復旧係, 都丸書記官, 松下, 水原渡辺専門家 |

1-5 事前調査団の編成

| | | | |
|------|------|---------|-----------------------------|
| 団 長 | 総 括 | 今 西 誠 也 | 建設省土木研究所 地質官 |
| 団 員 | 砂 防 | 釣 谷 義 範 | 建設省関東地方建設局 利根川水系砂防工事★務所長 |
| " " | 砂 防 | 渡 正 亮 | 建設省土木研究所・砂防部長 |
| " " | 河 川 | 佐々木 賢 一 | 建設省河川局 防災課課長補佐 |
| " " | 地 形 | 江 川 良 武 | 建設省国土地理院 地理調査部 地理第一係長 |
| " " | 業務調整 | 小 川 孝 一 | 国際協力事業団 社会開発協力部 |
| 調査協力 | | 岩 松 幸 雄 | 建設省土木研究所 企画部システム課 |

第2章 各論（事前調査作業）

2-1 地形図・航空写真等の整備状況

1) 地形図

現在、独立前に作成された1/50000地形図が調査対象地域全域に亘り整備されている。しかしながら、地形・土地利用の変化が激しく、また平板測量法により作成されているために、地形の表現に精度上の問題が多い。従って、本プロジェクト達成のためには、新たに地形図を作成する必要がある。理想的には1/5000地形図、1/25000地形図の2種作成することが望ましいが、経済的理由から、1/10000地形図が現実的であろうと思われる。

2) 基準点

独立前に、オランダ、日本等により、設置された三角点、水準点が高密度に配点されており、これらは1/50000地形図に表示されている。それぞれの測量成果はBandonで閲覧することができる。各基準点標石の保守状況を十分に検討することができなかつたが、おおむね良好な模様である。地形図作成にあたっては、空中三角測量を行うための十分な基準点があるかどうか問題となるが、1/25000航空写真を用いれば、現在のままで十分と考えられる。

3) 航空写真

資料調査によると、調査対象地域全域にわたり、1/50000航空写真が1969年に撮影されている。また同年図-1に示すMerapi火山西南斜面、及び東南斜面が砂防調査のために公共事業省により、1/10000で撮影されている。いずれの場合にも、撮影範囲の再度の確認が必要である。

以上の整備状況に鑑み、1/25000航空写真を新規に撮影する必要がある。

2-2 地形・地質調査

ムラビ火山周辺における自然災害は、大別すると火山の爆発、及び日本における土石流の概念に似た火山泥流(Lahar)によるものである。両者は互いに別個の現象ではあるが、後述するように後者の発生は前者と密接な関連をもっている。

1) 火山活動の特徴

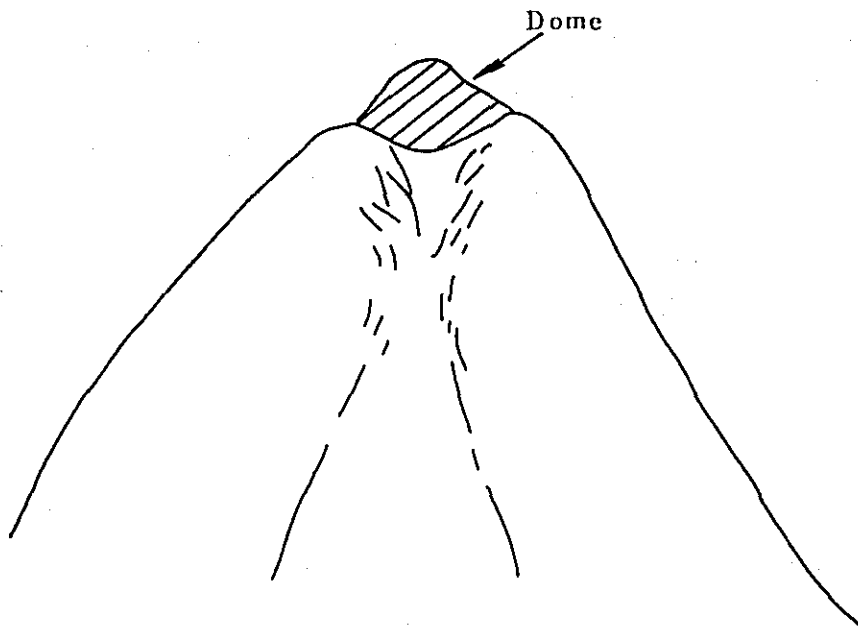
ムラビ火山は世界でも、最も活動的な活火山であり、普通5年のサイクルで活動期と休止期が交代するといわれる。

ムラビ火山の頂上は、粘性の高い熔岩がドームを形成し、丁度、中央火口をふさいだかたちになっているが、これが、この火山の爆発を特徴あるものになっている。

近年の火山観測によると、活動期は一般に3期に区分される。

第1期：活動開始とともに、先ず熔岩がドームの下部側方から溢流する。(図-1) 熔岩は急斜面上を流れ下るが、粘性が高く、先端は急速に固結、ブロック化し、先端の熔岩はナダレ状に斜面を落下する。落下する熔岩は固結しているとはいえ、内部はまだ高温(1,000°Cに近いと推定される)であり、これからガスが放出されさまた落下時に、斜面にすでに存在していた岩片類をまきこむために、高温高濃度のガス体となり、遠方からは羊群のような白い煙が下るのがみえる。夜間には、赤く光る物体の落下が見えるという。このような赤熱熔岩塊の落下を lava avalanche, 又は単に avalanche と呼ぶ。白煙状のものを、一部では Nuce ardente と呼んでいるが本来の Nuée ardente は、より規模の大きなものをいう。この lava avalanche の頻度は多く、1953年4月25日には、488回に及んだという。

図-1



K. Boyong

第2期；Magma中のGas圧が高まり、爆発がおこるが、火口付近はDomeで閉塞されたかたちになっているため、噴出物は側方に放出される。噴出物は主に火山灰、火山砂であり、火山弾は比較的少ないらしい。爆発に伴い、時に「Nuée ardente」を放出する。これは仏語であるが、日本語で「熱雲」、英語で「glowing cloud」と訳されている。「Nuée ardente」は殆んどガスのみで構成されるものから、発泡性の火山弾（pumice, scoria）を大量に含むものまで様々であるが、本地域においては、堆積物にpumice, scoriaが少ないことから判断して、殆んどガスで構成されるものようである。文献によれば、1930年12月に発生した、大Nuée ardenteは火山灰、火山砂の層厚が1～40cmであったという。

これに対して、Nuée ardente爆発に伴って、大量の土石が山麓部に押し出されることがある。これをNuée ardente d'avalancheと呼び、単なるNuée ardenteと区別している模様である。この土石には、pumice, scoria等の発泡性岩石が殆んど含まれず、火口壁付近の安山岩が大部分であり、丁度、火山爆発を誘因とする磐梯山の大崩壊のようなものではないかと推測される。しかし、土石中にはわずかながら本源物質（火口壁を構成する岩石ではなく、Magmaから直接放出されたもの）が含まれており、これは固結の過程で高温のガスを放出し、またNuée Ardenteそのものも大量の火山ガスの集合体であるからNuée ardente d'avalancheを構成する土石は高温のうえ流動性が大きくその到達距離も大きい、このような特徴がNuée Ardenteによる被害を著しくさせている。

2) 火山活動の歴史

ムラビ火山の歴史は恐らく数万年にわたると思われるが、比較的明瞭な火山活動についての記録があるのは1770年以降のことである（表-1参照）。しかしながらいたるところにこれより古い時期に堆積したと思われるNuée ardente d'avalanche堆積物が存在し、これ以外にも多くの爆発のあったことが推測される。また堆積物の分布から見て、かつてのNuée ardente d'avalancheは近年被害の受けたことのない火口から、かなり離れた所をも襲ったことは明らかである。

表 - 1

The following eruptions are mentioned by du Puy (1845), Junghuhn (1854), Verbeek (1883), de Groot (1883), Natuurk, Tijdschr, and Petroeshevsky (1941):

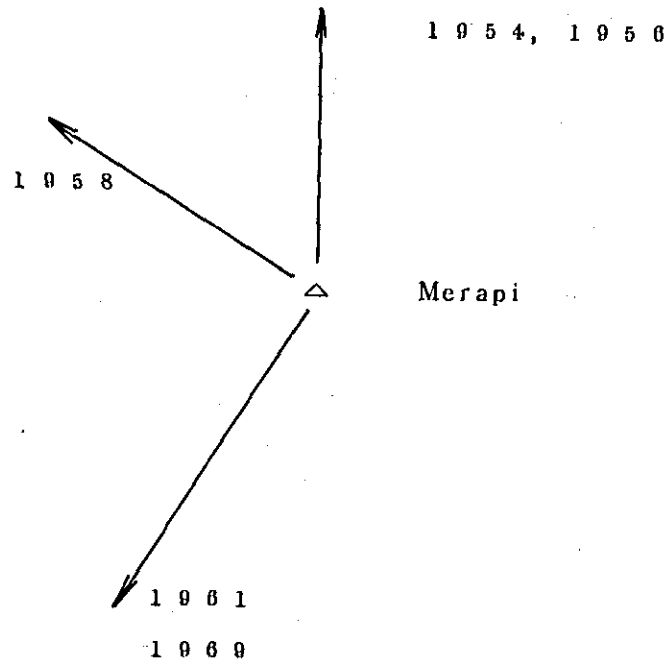
| | |
|-----------|--------------------------------|
| 1770 | |
| 1807 | |
| 1822 | July 23 - 31 |
| 1833 / 34 | Several short eruptions |
| 1845 | November 16 - 18 |
| 1854 | August 29 |
| 1855 | October - November 9, December |
| 1856 | |
| 1861 | April |
| 1863 | May 23 |
| 1871 | April 24, Sept. 24 |
| 1876 | April 4 |
| 1876 / 77 | Aug. 1876 - June 1877 |
| 1883 | December |
| 1885 | November 12 |
| 1886 | March 31 - May 3 |
| 1888 | February 19 - March 19 |
| 1889 | March 27 - 29 |
| 1904 | April 18 |
| 1905 | November 1 |
| 1907 / 08 | December 17 - September 1908 |
| 1910 | |
| 1911 | November 2 |
| 1913 | June 23 - July 31 |
| 1914 | July 1 |
| 1915 | December |
| 1916 | May 5 - June |
| 1917 | June 16 - 18, Sept. 16 |
| 1918 | March 8 - 10, August |
| 1919 | February 28 - March 1 |
| 1927 | February 5 - 11, April 28 |
| 1930 | May, June 19, Dec. 7 |
| 1932 | ? |
| 1949 | April 30 - ? |
| 1954 | January 18 |
| 1956 | January 2 |
| 1958 | |
| 1961 | |
| 1969 | |

歴史家によると、現在の JOGJA、又は Borobudur 付近に、昔、第 1 Mar atam 王国が栄えていたが、紀元 1000 年ごろ、急に歴史から姿を消してしまったという。一説によると、これは 1000 年のことであつたというが、ムラビ爆発により、壊滅的打撃をうけたためともいわれている。この時代の遺物は数 m 以上の lahar 堆積物の下から見いだされるという。

3) 爆発の予知と防災

1930 年以降の火山噴出方向は図-2 のように変遷してきた。

図-2



最も危険な Nuée ardente, 又は Nuée ardente d'avalanche の方向は第 1 期の lava stream の方向により予測できるようである。爆発の規模は休止期の長さに比例するといひ、近年では、1930 年が最大の爆発であつたが、これは 1919~1927 年の長い休止期に対応するものらしい。なお、Bali 島、Agun 火山は 1961 年に大爆発をおこし、1500 名以上が死亡したが、休止期が約 100 年あり、G. S. I. の判断では、ムラビの休止期が短いことから判断して、今後も Agun 火山ほどの大爆発は先ず考えられないとしている。

近年では、前にも述べたように、1930 年の爆発が最大であるが、この時 1600 人が死亡した。大規模な Nuée ardente, Nuée ardente d'avalanche 噴火に際しては、ひんぱんな火山性地震や山鳴り、火山灰の大量の噴出等があり、危険を予知することは、比較的容易である。1959 年の Nuée ardente, 又は Nuée ardente の爆発に際しては、当局より住民に対し避難命令が出され、犠牲者を少なくすることができたが、迷信にとらわれ、命令に従わないもの 64 名が命を失つた。当局は、1956 年の避難命令の成功に自信を深め、今後も Nuée ardente 等による人命の損失については楽観的である。

4) 爆発後にみられる植生、地質の特徴

Nuée ardente に襲われた地区は、植生が破壊されるのみであるが、Nuée ardente d'avalanche の場合は、文字通り、一草一木もない瓦礫の原野と化してしまう。

1956 年の Nuée ardente d'avalanche 堆積物の上には礫地の間に草が生えはじめているが、1930 年のそれには立派な松の林が形成されており、熱帯の植生回復の早さを感じさせる。

Nuée ardente d'avalanche 堆積物を Gesik 付近で観察すると、直径 10~20 cm の角礫で構成され、マトリックスは砂であることが多い。Lahar 堆積物とよく似ているが、層理が全くなく、これよりも白く、砂質でコンパクトであることを特徴とする。また、粘土分が多いせいか、土壌化しやすいようである。堆積物中には、土壌や植物の遺体は殆んど全く含まれていない。

堆積物の層厚は通常 1~3 m であり、意外に薄い。しかし、舌状の流動地形を示し、地形的分析から Nuée ardente d'avalanche の歴史を復元できるものと思われる。磐梯山等でみられる流れ山 (mud flow hill) の発達は悪く、これとの粘性のちがいを表わしているのではなからうか。

5) Nuée ardente d'avalanche の流動方向と土石流の予測

Nuée ardente d'avalanche の流動方向は、基本的には Nuée ardente 爆発の方向で決められる。しかし、avalanche が流下するにしたがい、それは地形の規制を受けるようになり、山麓部では、谷に沿うようになる。谷底部に堆積した特徴が明瞭な Nuée ardente d'avalanche

nche 堆積物を「Ladu」と呼んでいるようである。各河川上流部における、将来予想される Nuée ardente d'avalanche 堆積物の量を推定することは、非常に困難であるが、このような地形規制の実態を詳細に検討することにより、これに関する有益な情報は入手可能であると思われる。

これまでに発生した Nuée ardente d'avalanche 堆積物の量は、殆んど明らかにされていないもようであるが、先にも述べたように、堆積層は特徴的な地形を示すことから、若干の field survey と photo-interpretation により、堆積量の算出は可能であろうと思われる。また、撮影時間の異なる2組の写真を比較することにより、その間に堆積した堆積物量の計測も有効であろう。

Nuée ardente d'avalanche の破壊力を知ることは、将来これに対する砂防ダムのような構造物を設計する場合等に重要である。

火山観測所によると、時速 130 km, 温度 000 °C が観測されたことがあるというが、この値が Nuée ardente d'avalanche のものか、Nuée ardente のものであるか定かではない。なお磐梯山の崩壊においては時速 77 km であった。

6) Lahar

Lahar とは、元来インドネシアの火山地域における火山泥流をいうが、現在では国際的な用語となっているようである。ムラビ火山における Lahar は、直接火山爆発に伴われるものではないが、反面次のように大きくかかわっている。

lava avalanche, 又は小規模な Nuée ardente d'avalanche により、標高 1,500 m 付近に扇状の地形を呈する堆積物が大量に存在する。さらに下方にも、大規模な Nuée ardente d'avalanche による大量の土石が堆積している。これらが許容量を超えたときに、豪雨により大規模な Lahar が発生する。大規模な爆発のあとには大規模な Lahar があるのが普通である従って、近年における最大の Lahar は最大爆発のあった 1930 年であった。

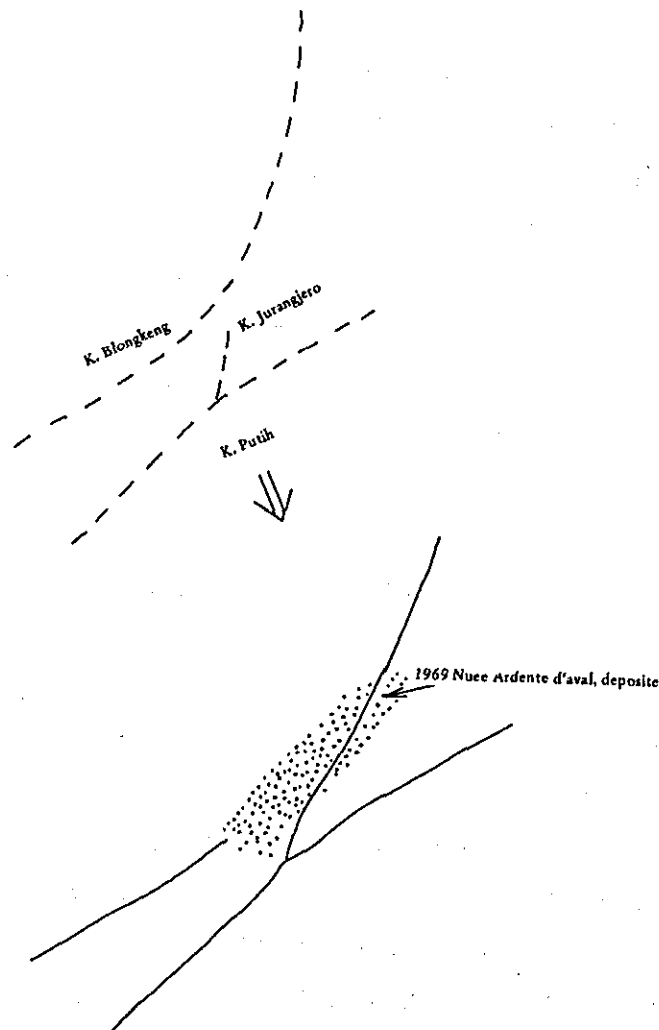
このように Nuée ardente d'avalanche の堆積直後の Lahar の活動は激しいが、これは時間とともにおとろえていく。砂防計画に、重要な問題は、Lahar 活動の減衰の速度であろう。

1960 年の Nuée ardente d'avalanche は現在 K. Krasak, K. Putih 等において、深さ 80 m 内外のゴージとなっているが、谷壁には殆んど植生がなく、侵食のいまだはげしいことが推定される。K. Apu に沿ってみられる。1956 年 Nuée ardente d'avalanche の Ladu 堆積物を侵食する谷壁も同様であったが、この上流に大量の土石が堆積していることは、文献から明らかであるにもかかわらず、河床の状況は、上記 K. Krasak, K. Putih 等よりも良好である。1930 年、堆積物も同様ゴージとなっているが、側壁には植生が密生し、侵食はそれほど激しくないもようである。これらの事実から判断して、減衰の速度は意外に速い可能性

がある。今後はさらに古くの Nuée ardente 堆積物と、これを侵食する谷地形の新鮮度を比較することにより、この点に関する、より精密な分析をすることが重要である。また、この地域では、1978年に1/10000航空写真を撮影しており、現在の河状を比較することにより、これ以降の地形変化を調べることができる。1989年には1/50000航空写真が撮られているが、これによっても大きな変化はとらえられるものと期待されている。

また、Nuée ardente d'avalancheは、水系を大きく変えるために、Laharの発生と大きく関わっている。

図-3



即ち、大量の土石が上流部に堆積するため（これらの多くはその谷の位置に厚く堆積する傾向がある）、河川の争奪現象（Piracy）が発生する。この結果、それぞれの河川の集水面積が一変し、あるものは無能河川（Onderfit river）となり、他方は集水面積が著しく増大するため、流量がこれまでの谷の容量を大幅に超え、Laharの発生や、河道の荒廃をみることが多い。1969年の爆発においては、前者の例はK.Blongkengであり、後者のそれはK.Putihであった。

Laharの発生は必ずしも新期のNuée ardente d'avalancheの堆積地帯から発生するものではない。古いLahar堆積物の分布する地域からも、しばしば発生している。より大規模なLaharが上流部で堆積し、その後、これらが再び侵食・流送されるといった図式で、火山物質の再配合が進んでいくもようである。

Nuée ardente発生時には、直前にゴウ音が聞こえるということで、災害は農地・家屋に限られ、死亡者は全く出ていないということである。

7) 河川の状況

ムラビ火山は美事な円錐形をなし、それを侵食して河川が放射状に流下している。河床の傾斜は火山円錐よりも緩いため、谷頭付近では100m以上の垂直崖を谷壁とするgaugeが発達するが、山麓部ではほとんど地表面と一致し、K.Denkeng下流などでは、比高10m近くの天井川（raisedbed river）となっている。

上流部のGaugeにおける側壁の最上部は殆んど常にNuée ardente d'avalanche堆積物が存在し、これがLahar堆積物等と比較して固いため、垂直崖を形成するにあずかっている。また崖には多くの層理に認められ、LaharとNuée ardente d'avalanche堆積物の互層と考えられる。このような側壁は一般に草でおおわれ、日本のシラス台地等を想起させるが、時おり、地すべり地形が認められる。河床には、大礫が存在することが多いが、K.Krasak上流部などでは、比高1m内外の微小段丘が10数段以上発達する。これは、上流部では下刻が盛んであることを示すとともに、Laharがかなり上流部においても層流運搬であることを暗示している。もし集合運搬であれば、このような微妙な地形は発達しにくいのではなからうか。

中流下部においては、河幅は殆んど変化しないが、谷壁が低くなり、河の攻撃斜面などでは、Laharが河道を外れて、家屋・水田を襲うことがあり、時にはこれによって河道を変えてしまうことがある。即ち河の争奪とよばれる現象である。1973年の航空写真には、撮影直前のLahar堆積物が水田上等に、見事に散布されたように堆積しているのが写っている。

河床には、Nuée ardente d'avalanche堆積物が露出していることがあり、このような所では、これが比較的コンパクトであるため、傾斜変換点を形成されていることがしばしばであ

る。また側壁が Nuée ardente d'avalanche, 又は Lahar 堆積物より減っているかによって、侵食に対する抵抗力が異なると思われる。従つて、表層地質の調査が必要である。

下流部においては、殆んど砂だけの堆積物であり、K.Krasak ; K.Woro などでは新しい Lahar 堆積物が、時に 500~1000 m の幅で散布されたように堆積している。K.Denkeng 付近では、著しい天井川となり、Bungawan sala に流れている。しかし、Bungawan sala の河床は上昇していないもようで、K.Denkeng から流れた土砂は少なくとも合流点付近では下流に撮影されているものとみられる。

ムラビ火山付近の河川の著しい特徴は、火山物質の再配分が河の侵食、堆積作用を通じて極めて活発なことであり、例えば、1969年 Nuée ardente d'avalanche 堆積物は、K.Putih に沿つて、道路と交叉する付近まで流下してきており、これより上流で荒廃が著しく河床も高いが、道路付近より下流部では、土砂がまだ殆んど到達しておらず、河幅せまく、適当に河床も低い落ちついた状態にある。また、K.Krask 付近は、上流からの土砂が Lahar により、運ばれてきた最前線ともいえる所で、幅 500 m にわたつて、土砂が堆積し、どこが河道であることすら判然としない状態であるが、この下流では、K.Putih と同様、土砂がまだ全面的に到達していない区間であるため、谷の深さ 4 m ~ 5 m 幅、30 m 内外の落ちついた状態を呈している。

2-3 気象・水文調査

(1) 調査の目的・必要性

ある流域における、気象・水文特性を明らかにするためには、いくつかの概念について、その関係を調査解析する必要がある。例えば気象特性については、その流域を含む広範囲な気象特性として、季節別降雨量、風向風力、降雨原因としての気象原因の頻度等を、出来るだけ長年月に亘つて資料を収集する必要がある。又降雨、洪水流出に関しても、次のような事項について調査解析を行う必要がある。

- 降雨の強度特性
- 流域内の降雨分布
- 年間の雨量分布
- 降雨の統計的評価（超過確率等）
- 洪水流出の遅れ
- 洪水流出率
- 土石流流出の場合、降雨強度との関係

勿論これらの項目について、気象原因による分類も配慮すべきである。

今回の砂防基本計画策定範囲、すなわち K.Progo の一次支川、K.Pabelan から、B.Sala

の一次支川, K.Woro, にかけての範囲を「ムラビ流域」と名付けると, この範囲での水文解析に上述の考えを適用する場合, いくつかの極めて重要な点について考慮する必要がある。

K.Progo, K.Opak, B.Sala, の各支川は, 極めて小さな流域面積を持っており, このため洪水流出は, 極く短時間の降雨強度に支配される。

ムラビ流域は熱帯地方に位置し, 降雨は局地的擾乱によって発生することが多い。従って降雨の範囲は極めて小さい。

ムラビ流域は比較的新しい地質によって覆われており, そのため通常の洪水流出から土石流への変化が極めて急激に生ずる。

支川の上流において, 火山噴出物の流れによって, 時々流域面積が変化することがあり, 洪水流出もこれに従って変化する。

(2) 調査概要

このような問題点をふまえて, ムラビ流域の水文特性を明らかにするため, 現地における流域の踏査及び現地でのデータ観測, 収集状況を調査した。日程は次のとおりである。

2月5日 Projek Gunung Merapiにおける雨量観測状況調査

2月6日 主として, K.krasak 流域踏査

2月7日 K.Putih, K.Brongkeng 流域踏査

2月9日 主として, K.Woro流域踏査

2月10日 K.Bojong, K.Cendol 流域踏査

2月11日 雨量データ整理解析

2月12日 "

2月13日 "

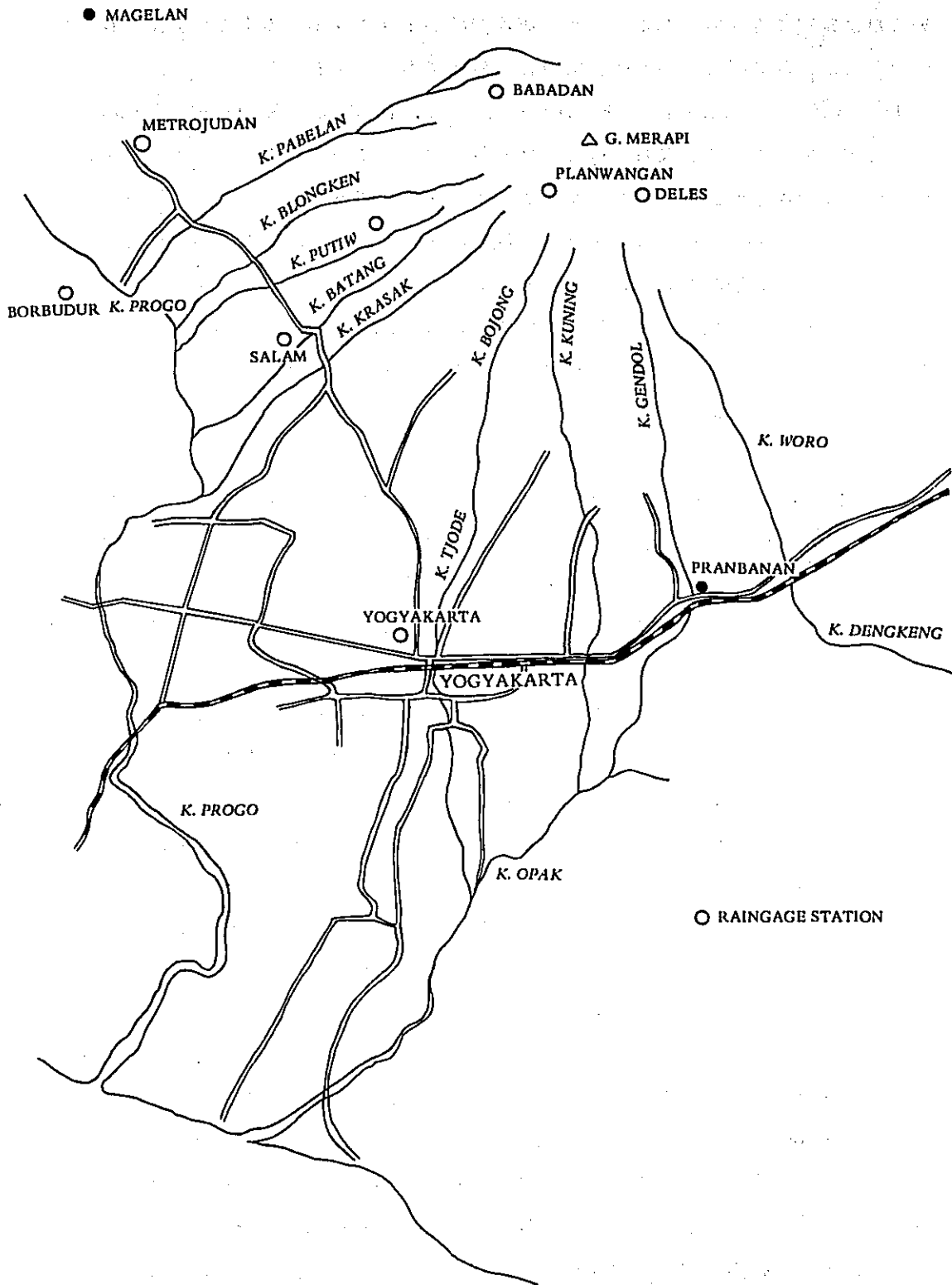
2月14日 Progo Projek in Yogyakarta 及び Province Office in Yogyakarta にて, 雨量水位データ収集状況調査

2月19日 Institute of Hydraulics Engineering in Baunung にて, 水位観測状況調査

今回の調査においては, 期間も短く, 又調査の目的からも個々のデータについて詳細に解析を試みることは出来なかつた。しかしながら, Projek Gunung Merapi, Progo Projek, Province Office, Institute of Hydraulics Engineering, 等での調査した結果, その状況は概ね明らかにすることが出来た。

まず Projek Gunung Merapi においては, ムラビ流域において7ヶ所の雨量観測所を設置し, 自記々録を収集している。しかしこれらは, 一番長いもので1973年から, 多くは1975年からの観測開始であり, 降雨に関する前述の解析を行うには充分ではない。

Fig. 1



Province Office においては、管内 85ヶ所の雨量観測所があり、この範囲はほぼムラビ流域に一致しているが、個々のデータについて確認が出来なかつたので、どの程度利用出来るかは確定できない。しかしながら観測開始が1958年との事であり、これらのデータが全て又は大部分揃っていれば、解析には極めて有効と思われる。

Institute of Hydraulics Engineering では、K.Progo, K.Opak, B.Sala において水位を自記々録しており、又 H-Q カーブも毎年更新しているとのことであるので、これらの観測地点での洪水流出記録を解析することが出来そうである。

例えば K.Progo については、8ヶ所の観測所があり、この内4ヶ所が自記化されているとのことである。又観測開始は、概ね1969年ないし1970年からである。

しかしこれらの河川に入る支川については、B.Sala の支川、K.Dengkeng の他は皆無であり、従って支川における流出解析は、本川の記録を参考に地域住民からの聞き込み等を利用することが必要である。

(3) 調査結果

Projek Gunung Merapi において収集した雨量データの内、1975年の10月～12月の3ヶ月間データについて観測所間の日雨量単相間、及び時間雨量のマスクープを作成した結果を Fig 2～7 に示す。その結果15～20 km 離れた2観測所間の日雨量には、何ら相関性が認められない。これは降量の大部分が、局地的擾乱によるもので、雨域が高々2～3 km にすぎないことを示していると思われる。しかし一例として Plawangan と Deles の2観測所は約5～6 km 離れているが、双方の観測所で同時に150～60 mm/day を観測しているケースが多い。(Fig-4) 又これらの場合に、時間雨量の分布型が極めて良く似ていることが認められた。(Fig-5～7) このことから直ちに結論を出すことは不可能であるが、5 km 程度の範囲で一様の降雨がある場合も認められるのである。従って観測所の配置密度に応じて各観測所の代表性は高くなる傾向はあると考えてよいであろう。この点からは、更に観測所を増やすことは有効のように思われる。しかしながら実際に洪水を生じるような雨はかなり流域全体(支川流域は50 km²程度)に大降雨のある場合と考えられ、どの程度まで観測所を増やすことが有効かは、更に他のデータをも分析のうえ決定すべきである。

むしろ、支川における流出を直接観測するための、流量観測所の設置が必要である。

流量観測所は、全ての支川に設置するのが望ましいが、建設費用、その後の維持管理を考えて、K.Progo の支川に2ヶ所、K.Opak の支川に1ヶ所、K.Woro に1ヶ所、計4ヶ所程度とし、ここでの水位の自記観測及び流量観測を行うのが有効と思われる。又これらの支川は河床変動が激しいことを考えて、常に H-Q カーブの修正が必要である。

又このような観測の開始と同時に、過去の洪水につき痕跡調査を実施する必要がある。こ

SALAM

mm

100

90

80

70

60

50

40

1 1 1

Fig. 2. Simple Correlation

Daily Rainfall Oct. - Dec. '75

Yogyakarta - Salam Dist. 14 km

NGEPOS

mm

100

90

80

70

60

50

40

Fig. 3. Simple Correlation

Daily Rainfall Oct. - Dec. '75

Yogyakarta - Mgepos Dist. 19 km

mm

100

90

80

70

60

50

40

100 mm

90

80

70

60

50

40

30

20

10

YOGYAKARTA

mm

90

80

70

60

50

40

YOGYAKARTA

Fig. 4. Simple Correlation
Daily Rainfall Oct. - Dec. '75
Deles - Piawangan Dist. 5 km

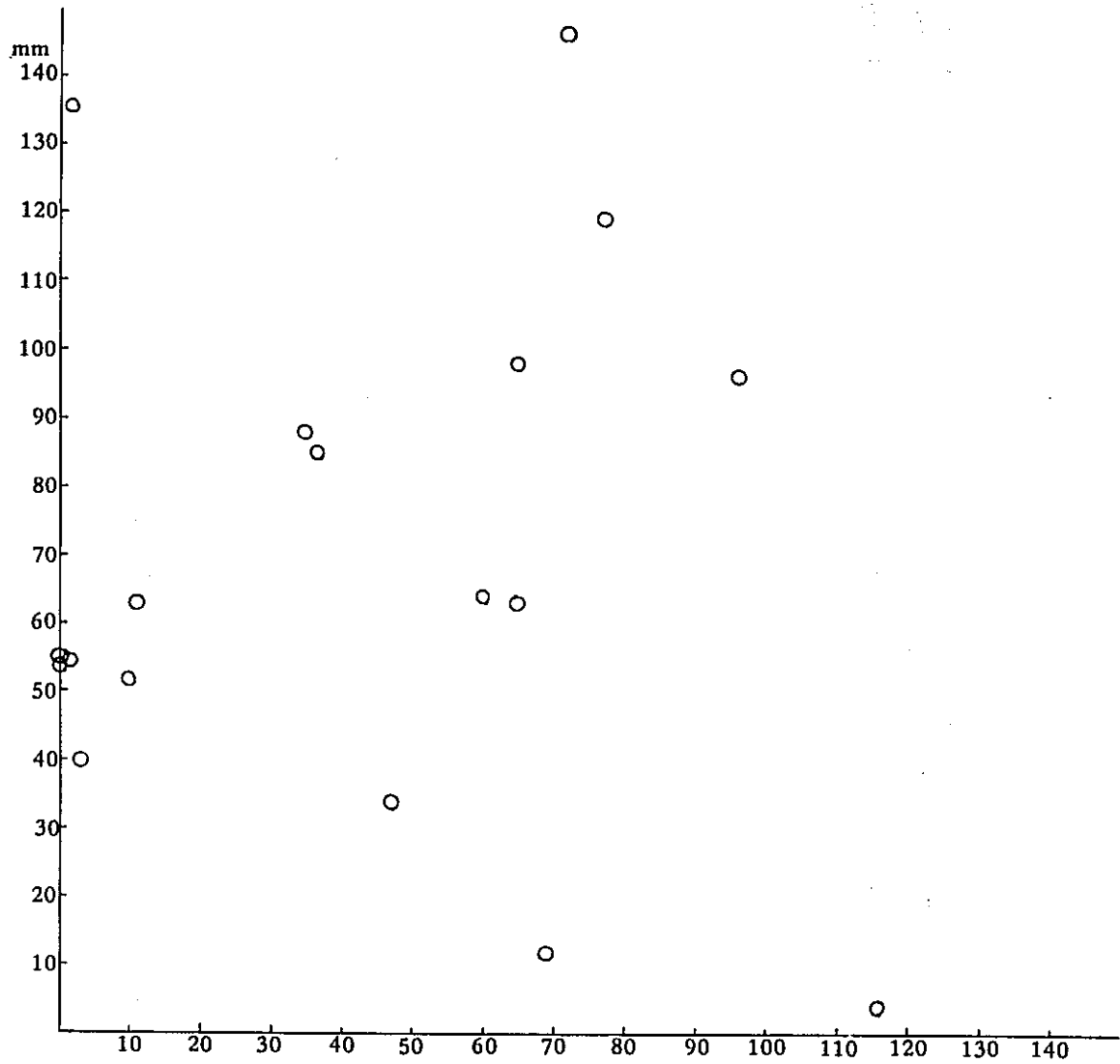


Fig. 6. Mass Curve
Hourly Rainfall
19 Nov. '75

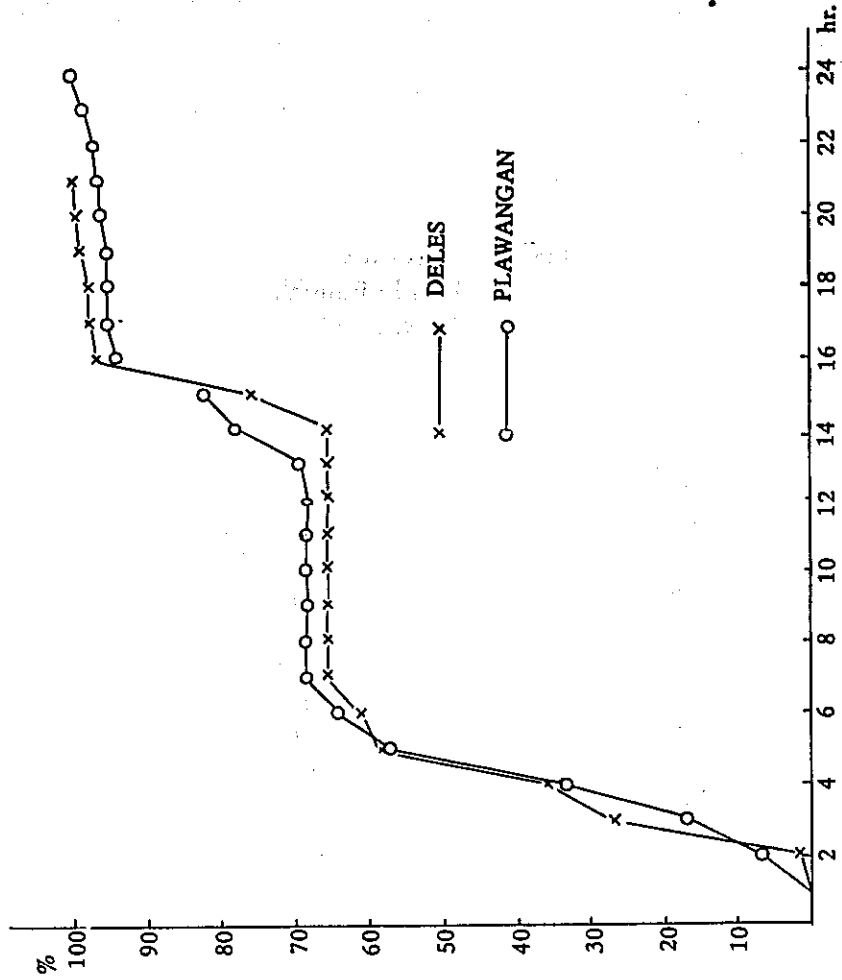


Fig. 5. Mass Curve
Hourly Rainfall
23 Oct. '75

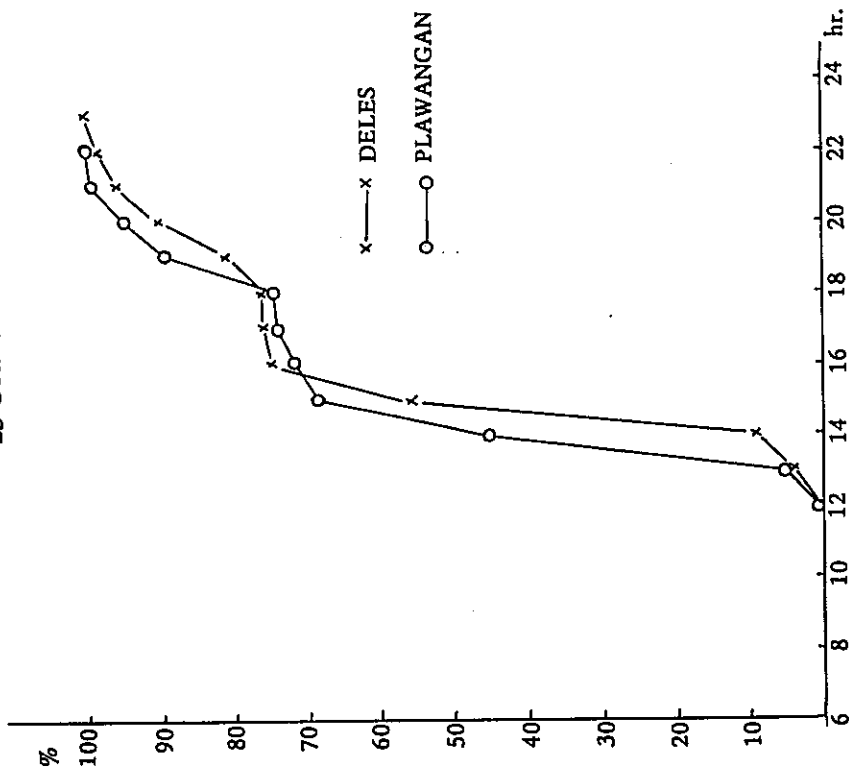
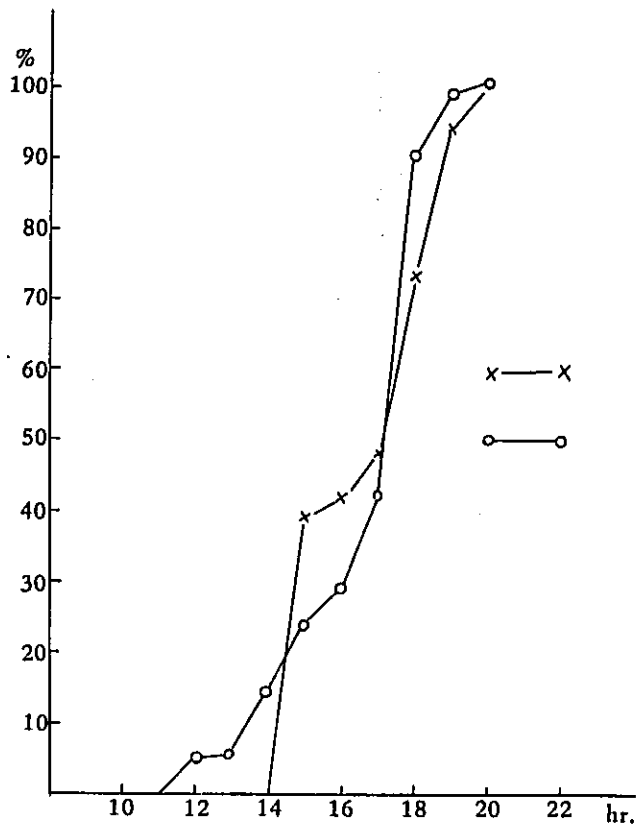


Fig. 7. Mass Curve
Hourly Rainfall
28 Nov. '75



れは過去の洪水について沿川の住民の協力を得ながら、又住宅等の痕跡を確認することにより、過去の特に顕著な洪水について、規模を凡そ推定することが出来、新らしく観測された水位・流量と組み合わせて、流出解析の参考とすることが出来る。

2-4 土砂の堆積，流出機構調査

2-4-1 調査の目的

1) 爆発に伴う Nuée Ardente の発生と予知

ムラビ火山は世界において、最も活動的な火山の1つであり、過去においては、3～5年に1回の割合で爆発を繰返している。この火山爆発に伴う土砂の生産流出機構の中で特徴的なものは多量の Nuée Ardente の噴出流下であって、これが、ムラビ火山中腹での土砂堆積の主因をなしている。

特に1930年の大爆発は非常に大きな規模を持ち、この爆発によって山頂部の南西部火口壁の一部を欠損し、多量の Nuée-Ardente を発生して、この火山の西部から南西部にかけ此の山麓に甚大な被害を与えた。

その後の活動は1930年の爆発に較べるとその規模が小さいが、此の1930年の大爆発による南西火口壁の欠落に原因してムラビ火山の西方から南西にかけての斜面に Nuée Ardente が常習的に襲来するようになり、此の方面の山麓部の荒廃とインド洋に至る平野部への土砂害の頻発の原因となっている。

1930年以降現在までの活動の中で特に大きな爆発は1963年と1967年であるが、その規模は1930年に比しかなり小さい様で、例えば Nuée Ardente の最長流下到達距離からみても1930年のものが山頂から15kmであるのに比して1963年が8km、1967年が13kmで規模によって1/4～2/3に相当すると思われる。即ち1930年の爆発はむしろこの火山にとっては特異性を持ち、爆発前の休止期の長かった事にもよると思われるがかなり長い周期を持つ爆発であったものと考えられる。一方、1963・1967年規模の爆発は此の火山にとっては短周期の常習的爆発と考えるもよいものである。

Nuée Ardente の直接被害はムラビ火山中腹と特定の溪流沿いに最も甚だしく人的被害と住家、農産物の被害が大きく、1919年以来インドネシアの Geological Survey の中に Volcanological Survey 部門が設けられ、爆発の予知と Nuée Ardente 襲来の危険地帯の設定を行い、人の立入り、居住耕作の制限を行っており、非常に大きな成果を上げている。しかし此の Nuée Ardente の到達距離、速度、土塊の性状、運動機構については猶未知の分野が多く、その抑制対策や予知についても研究段階に属する部分が多く、此等については建設省が現在推進しつつある日伊共同研究のテーマの一つにも取り上げられる予定であるが、只地形的判断について空中写真判読によって、その到達範囲の制度向上が可

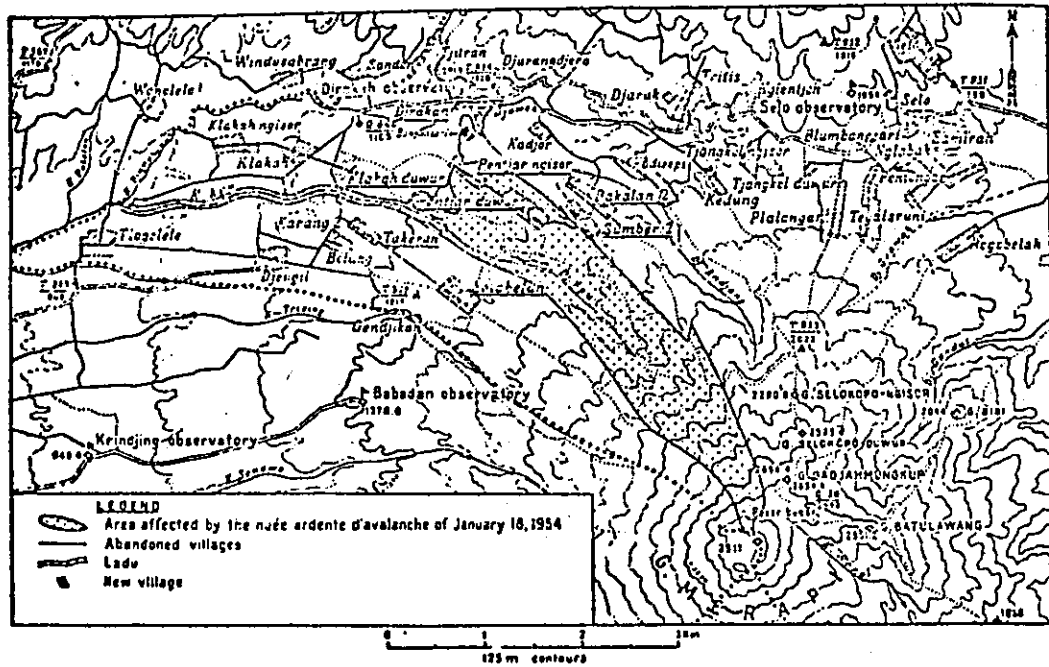


Fig. 8. G. MERAPI Nuee Ardente d'avalanche of January 18, 1954

能であり、此の問題については、今回調査の対象となり得るものである。

2) Laharの発生と対策

爆発による Nuée Ardente の堆積範囲はムラビ火山の場合には或る方向性を持っている事は前述の通りであるが、その到達距離についても一つの特性を持っている。即ち大火山麓の緩斜面では一定の長さの拡がりを持って堆積し、その厚さは堆積前の地形に応じて凸部に薄く凹部に厚く、横断面にはその表面はほぼ水平になり縦断的には堆積前の勾配とほぼ等しい傾斜を持っているが、その流動方向に溪流(谷)が存在すると、特にこの部分に長い距離の流動を行い、その舌端部はその溪流中流の扇状地付近にまでも達する。そして此の時の堆積厚は前記の山麓緩斜面部を較べてかなり大きい厚さを持つようである。

そして、此の Nuée Ardente の流下した溪流の水源部において、この流動自身によってその後の降水を集め易い地形条件を形成するのである。

Nuée Ardente の堆積物の温度は堆積直後では $800^{\circ}\text{C}\sim 1,000^{\circ}\text{C}$ の高温であるが、その後の冷却作用と降水の浸透によって徐々に固結して行く。特に表面付近は急冷するため固結度が高く、厚さ約 1cm の固結部による Armor(装甲)を形成し、その内部は此に比して固結度がゆるくなる。此の Armor は強雨の際の降水の打撃に対しては十分な強度を持ち、シートエロージョン(sheet erosion)を防止する効果を持つが、或る程度を超える流量を持つ流水の洗堀作用によっては容易に破壊される。

Nuée Ardente 堆積後に大きな降水があると、この降水は前述の通り、Nuée Ardente の流下した沢に沿って降水が集中して流れるため、此の部分では特に早く Armor が破壊される。Armor が破壊されると、その下はルーズな砂質シルトの堆積物であるため、非常に容易に且急速に洗堀されて、沢は極端に深い下刻作用を生じ非常に細い channel 状を呈する。(図-1①② 図-2①②)そしてこの下刻作用は更にその下部の地層を構成している古い Nuée Ardente 堆積物や Lahar 堆積物にまで及んで深いU字状の細い沢を形成する。

(図-1③)

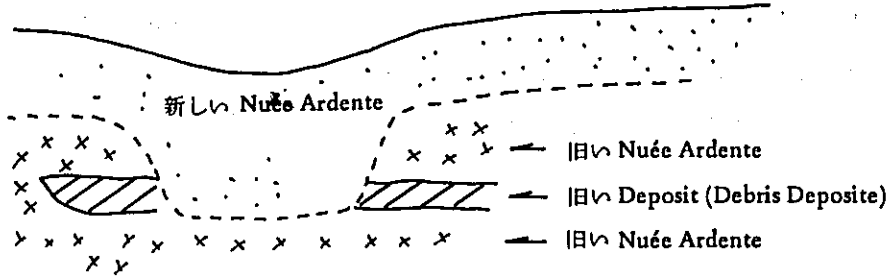
沢の下刻が大きくなるに従って両岸は不安定となって遂には地すべり性の崩壊を生ずる(Glide, Slump)ことによって此の水路幅は急速に左右に拡大され、かなりの幅を持ったそして厚い崩壊堆積物を持つ溪 channel に変化する。

これによって水路の中の流路はこの中を乱流、曲流して、溪床堆積物を流送すると共にその流れの攻撃面に当る溪岸では更に新らしい崩壊(tall)や地すべり(Glide)を起す(図-1④ 図-2③)、この様な崩壊や地すべり現象が流部で土石流(Delris Flow)発生の原因となり、床堆積物が大量にしかも短時間に下流扇状地に土砂を供給する原因となっている。(図-1⑤~⑦ 図-2④⑤)

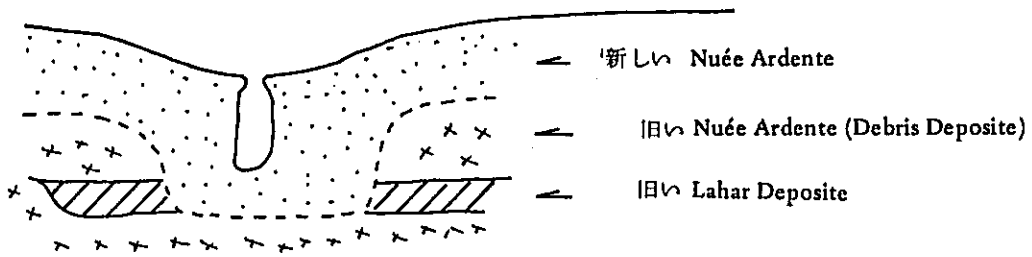
即ち土石流(Delris Flow)は上流源頭部付近に始まり、多量の土石を中流部に堆積す

図-1 沢の発達と土石流発生過程(横断図)

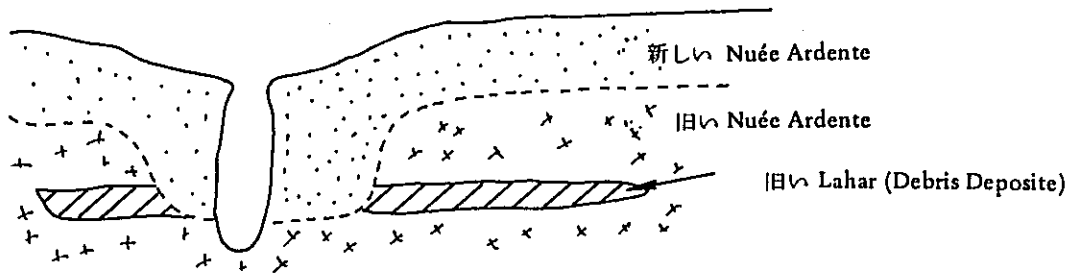
① Nuée Ardente 流下直後



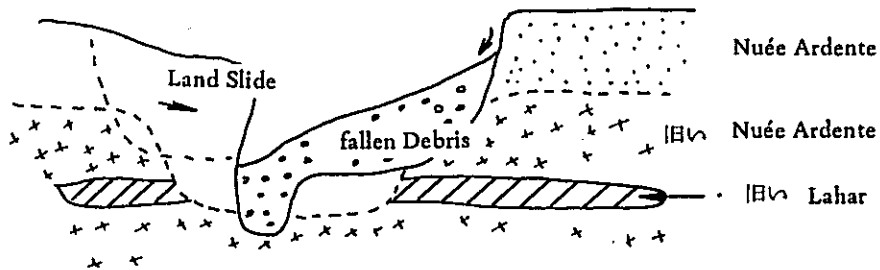
② 降雨による Nuée Ardente の浸食(スリット状浸食溪の形成)



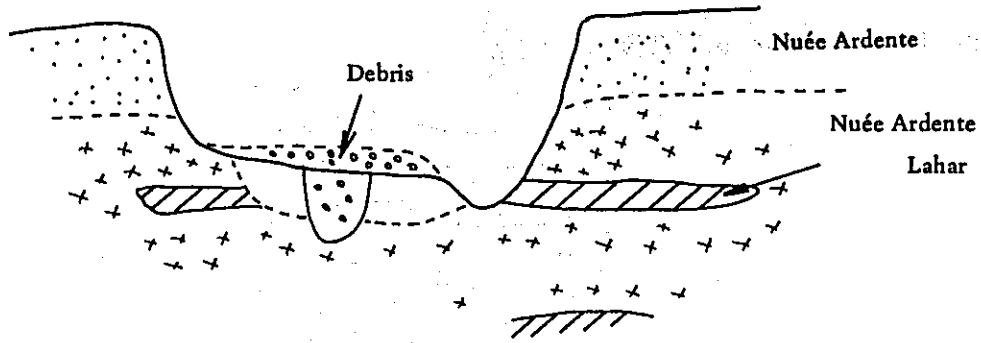
③ スリット状浸食溪が更に削削される



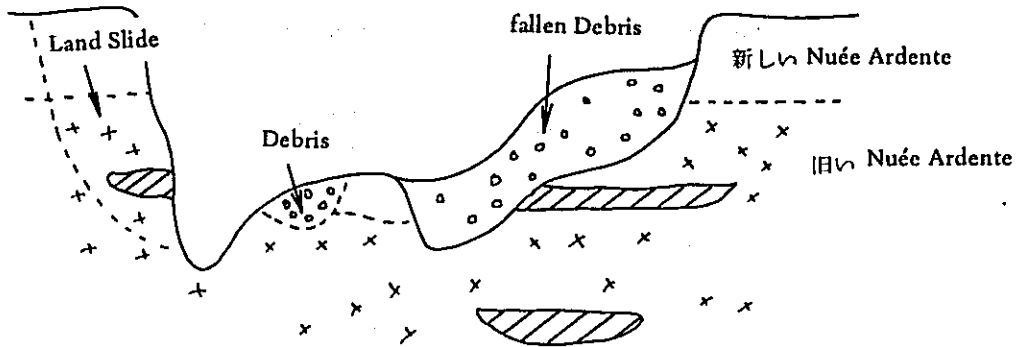
④ 両岸に崩壊又は地すべりが起こる(土石流発生条件が成立する)



⑤ 崩壊、地すべりによって土石流の発生した直後（広いU字型の谷ができる）



⑥ 再び両岸崩壊によって溪床に土砂が溜り、次の土石流を発生する前の状態



⑦ 第2回目の土石流通過後（谷は益々深く広くなる）

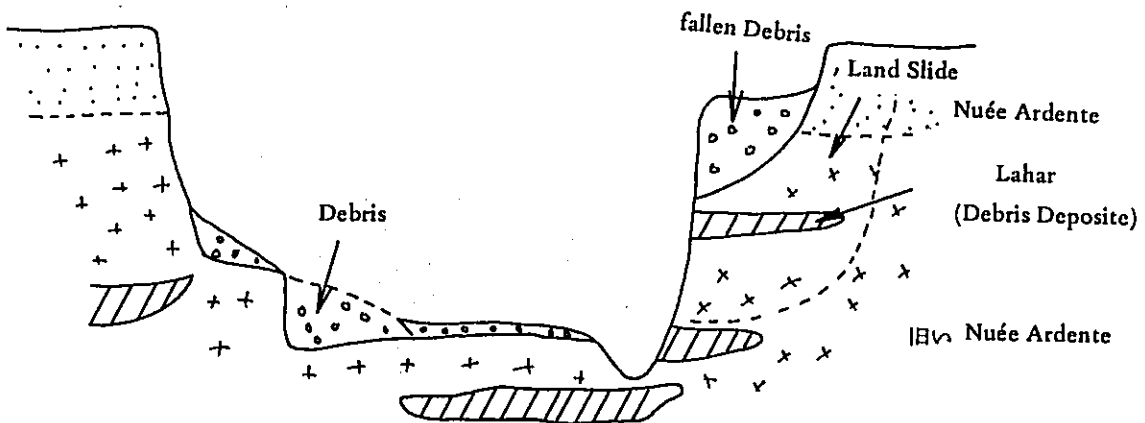
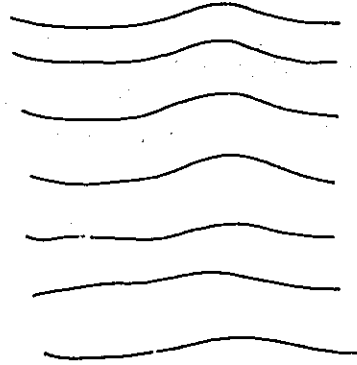
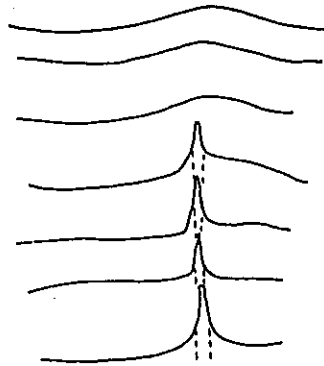


図-2 沢の発達と土石流発生過程（平面図）

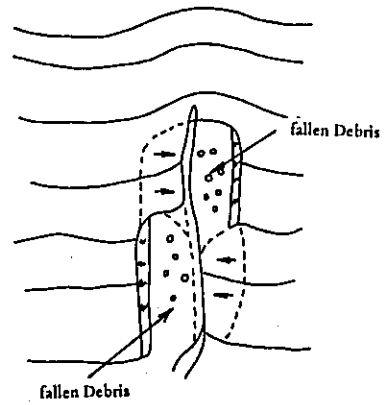
① Nuée Ardente 流下直後



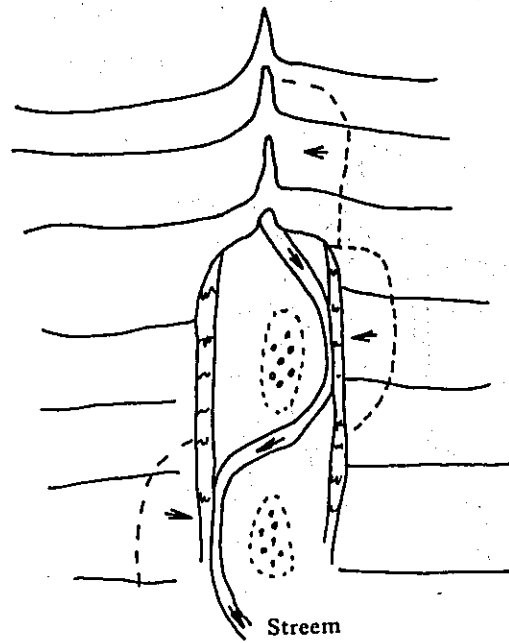
② 降雨による Nuée Ardente の浸食（スリット状浸食溪の形成）



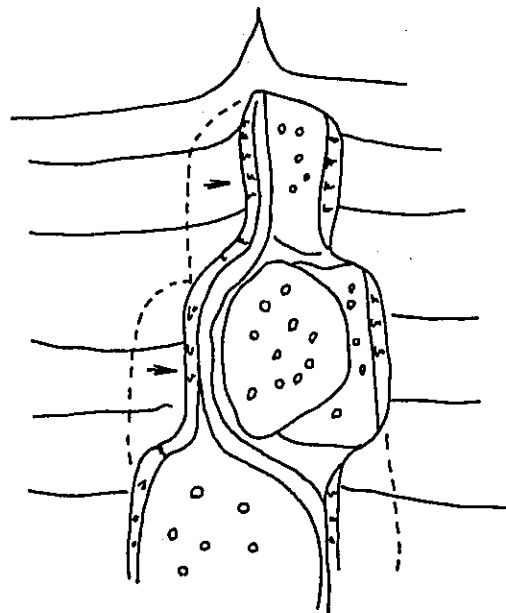
③ 兩岸に崩壊又は地すべりが起こる（土石流発生条件が成立する）



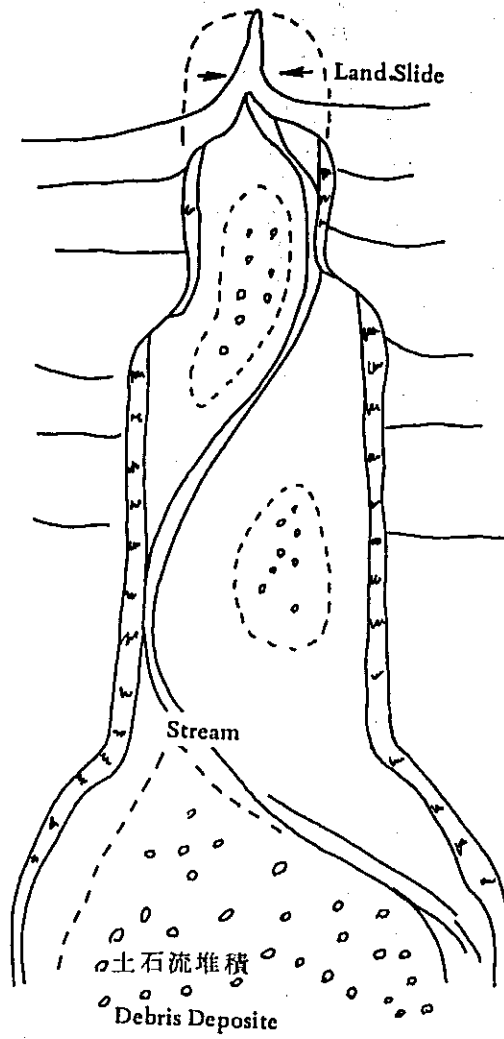
④ 豪雨による土石流発生直後（溪谷が広くU字型になる）



⑤ 再び両岸に崩壊又は地すべりによって溪床に土砂が溜り次の土石流の発生条件ができ、溪流は遡上する



⑥ 第 2 回目土砂流通過後



る。この運動は源頭部（鉄道より10～12km）上流部（鉄道より7～10km）の河床の拡大と下刻作用が進むに従って増加し、この為の中流部（鉄道より上流5～7km区間に巨量の土砂が堆積し、次に此の中流部で再び新たな土石流を発生して、この土砂が順次扇状地頭部（鉄道下流より鉄道上流5kmの区間）の付近まで達しているのが現状である。このため、此等の区間の河床が著しく上昇して沿岸の民家や農地、道路、鉄道に洪水被害を生じている。

段の 流中流部の扇状地頭部に堆積した土石流堆積物の一部は、流水によって掃流或いは浮遊流下して、下流の水田地帯の河床上昇や灌漑用 Intake の埋塞の原因となっていて広大な地域に多大な経済的損失を与える原因を作っている。従って此等の溪流の中流部や扇状地頭部の巨大な土石流堆積物が安定化し、更に上流部の土石流発生頻度が限少しない限り、今後、下流部での土砂害は益々増加の一途をたどり、遂には下流地域の荒廃さえも招きかねないのが現状である。

この上流部、中流部で発生する土石流と下流での掃流或いは浮遊土砂の運搬堆積を含めて、此の国では Lahar と呼んでいるが、土砂運搬能力としては上中流部の土石流は後者と較べて比較にならぬ程の大きさを持っている事に留意する必要がある、上中流部での河床の安定なしには、下流水田地帯の今後の維持はなし得ない現状である。

2-4-2 調査対象と手段

(A) Lahar の流動とその調査

(i) 上中流部で発生する土石流 (Debris flow)

現地踏査の結果、特に K. Krasak, K. Putih の上流及び中流部には多量の土石流堆積物が存在し、此が更に源頭部の侵食、崩壊によって増加する傾向にある事が推定された。

この土石流による土石の運搬形式は mass-movement であるため、溪流の流量よりはむしろ降水強度に関連して発生し、同一降水量の下でも運搬量に大きな違いがある。

ところが一方、下流の土砂流（掃流或いは浮遊によるもの）は土粒子の流水による Particle Movement であるため、大きな洪水時の土砂運搬量は土石流の方が遙かに巨大であるが、小洪水の場合は土石流の発生はみられず、むしろ中流部から下流への土砂流送量の方が優ることになる。従って年間の土砂流下量は土石流によるものは降水強度と Nuée Ardente の発生有無に支配されて大きな変化をし、総じて急増しつつあるが、土砂流によるものは年々ほぼ平均し、徐々に増加しつつあるのが現状と言えよう。

ここで、下流部への流出土砂を減ずるためには、上中流部の土石流発生を抑制することによって、中流部の堆積土砂を安定化することが最も有効な対策となる。

土石流の発生条件としては次の事項が考えられる。

- 1) 溪流源頭部付近での強雨による谷頭又は溪岸崩壊によって発生するものが多く、中流部でも溪岸崩壊や河床の強度な洗掘によって発生する。
- 2) 溪床堆積物の厚い所が土砂流によって1時に削剝され、土石流の量を数10倍に拡大する。
- 3) 一定の勾配以上の溪流で発生する。(この勾配を調査する必要がある)
- 4) 溪床が一定勾配以下になると停止に向かい、停止後厚い堆積物で覆われる。
- 5) 河巾が急に拡大すると拡散されて停止する。
- 6) 停止して堆積した土石流堆積物の中の細粒分は洪水によって掃流又は浮遊して下流に運搬され土砂害を与える。
- 7) 土石流堆積物ができることによって、溪床が高くなったり、洪水の流路が変更するで、中流部沿岸の農地、村落、交通通信機関が溢水又は洪水被害を蒙る。
- 8) 土石流の速度は5~20 m/sec と考えられるが、これを実測して土石流に対する避難を考える必要がある。

以上の土石流の性格をふまえて、これの防止対策を計画するためには、次の事項を知る必要がある。

- (1) 溪流源頭部付近の今後の浸食予想量の予測
- (2) 溪床堆積物の量の測定とその推移の測定
- (3) 溪床堆積物の質の変化、特に粒度分布
- (4) 今後、山腹及び溪床に堆積するであろう Nuée Ardente の範囲、厚さの推定
- (5) 中流部付近での洪水量の推定
- (6) 土石流の実態

これらの事項を知るための調査手段としては、次の方法がある。

- (1) 溪流源頭部付近の浸食量の推定

地形学的な推定が最も有力な方法である。現在及び過去の空中写真を判読解析することにより予測し、現地踏査と上流部河床の測量によって積算する。
- (2) 溪流堆積物の量とその推移

定期的な溪流の縦横断測量、踏査による土石流堆積物の分布の確認とテストピットによる堆積物の厚さの測定が主要な手段であり、空中写真判読によって溪床堆積物の分布の測定が補助的手段として用いられる。
- (3) 溪流堆積物の質とその分布

溪流沿いに数ヶ所のテストピットを掘り、堆積物の粒度測定を行うことと堆積状況の視察によって、下流に流出するであろう粒度階の土砂量を推定することができるし

橋梁等を利用した洪水流の土砂採取と分析によって此をチェックすることができる。

(4) 今後の Nuée Ardente の堆積の範囲

1980年噴火の様な大規模で且長周期の爆発による Nuée Ardente の堆積分布は予測が困難であるが1968年、1969年規模の爆発に伴う Nuée Ardente の到達範囲、厚さについては空中写真判読を踏査並びに火山学的手法によって算定できる可能性がある。

(5) 中流部付近での洪水量の算定

空中写真図化によって各溪流の流域面積を算定し、2~3ヶ所の雨量計の設置と過去の雨量 data、洪水痕跡から洪水量を算定し、(3)で得られた洪水時の流出土砂量を加えて中流部付近での洪水時の溪流断面形を検討することができるし、現在施設されている check dam, Sandpoker 等の効果も確認できる。

以上の調査の範囲は K.Putih, K.Krasak, K.Batang, K.Blongkeng 等では、国道、鉄道の上流地域、K.Pabelanでは鉄道国道より上流約4km付近より上流、K.Woro, K.Opak, K.Kuning, K.Bojong 等では標高300mより上流で行われるべきである。

(6) 土石流の実態

少くともムラビ火山地域内の1ヶ所で土石流動の実態を把握するために VTR 又は cine camera によって此を把握する必要がある。候補地としては K.Kraoak 又は K.Putih が適当であろう。

⑥ 下流への土砂流出

前述の土石流堆積物の中の細粒分は洪水によって下流の平野部に運搬され河床上昇に伴う洪水氾濫、土砂による灌漑用 intake の埋塞の原因となるが、流出すべき土砂の粒径は溪流の流速の関数として掃流方式で与えられるので、下流では主として、水理観測資料が必要となる。必要な情報は次の通りである。

- (1) 流域内の降水量の予測
- (2) 定期的な河川断面形の変化
- (3) 水位、流量関係の解析
- (4) 重洪水時の含砂量と粒度分布
- (5) 下流河川での被災地点での河床変動、流況調査

以上の中(1)(2)(3)は前章に述べた水文気象調査によって得ることができるが、(4)については各溪流の洪水時と平水時の採水と分析によって得ることができる。採水地点は橋梁等を利用することができる。

以上の調査の範囲は全記土石流調査の範囲を除いた本調査範囲全域について行う必要

がある。

(5) 下流河川の被害個所の河床変動、流況調査は、本調査地域外の河川区間内で過去に洪水氾濫や灌漑用水路 intake が埋塞したり、現に埋塞しつつある個所について、河床の変動状況を定期的に測量することにより得られ、此はインドネシア側において資料が提供されるであろう。

◎ Nuée Ardente の流動と予知

航空写真判読の項を参照されたい。

2) 調査結果に基づく解析と事業計画との関連

(A) 土石流発生の防止

渓流水源部での今後の浸食可能量を算定すること及び中流部での土石流堆積物の量と質を算定することによって今後下流に流送し得る量の推算が可能になり、それに基づく中流部沿岸の被害額、下流での被害額の積算が可能になると同時に砂防計画による被害軽減額の算定を可能にし同時に水源部や中流部での流路固定、溪床溪岸の維持のための砂防計画の樹立が可能になる。

(B) 土石流の阻止と拡散

しかしながら、砂防構造物によってすべての土石流の発生を抑止することは不可能であり、或る程度の規模の土石流の発生はまぬがれ得ないであろう。これに対しては土石流阻止のための (checkdam.) と拡散のための Sand pocket が必要で、これ等によって阻止しなければならない量の算定を主として溪流縦横断測量と粒度調査から行い、工事量を積算することができる。

猶土石流の阻止については、その動態を把握することによって、砂防構造物の位置、規模を沢山の必要があつて、動態調査が必要である。又、構造物に対する土石流の衝撃圧については日伊両国による共同研究計画があり、此によって或程度の情報が得られれば、設計事には有用となる。又 Sand pocket については現存の Sand pocket 内での土砂の掃積形態を定期的に精密な縦横断測量することによって、その効果を測定し、計画に反映させることができる。

(C) 下流の流路の安定化

上流での浸食可能量と中流での堆積可能量及びその堆積物の質から下流への土砂の補給量が決められる。此れが上中流の砂防工事によって逡減される。この場合の土砂流出量と形態は各種水文資料と含砂量の測定結果から推定することが可能になり、安定な流路の断面形と勾配が決定でき、これを維持するための施設と量が決定できる。

(D) 平野部での河川の安定化

平野部河川の河床異常上昇点や灌漑用水路 intake 等での河川断面形の変化と含砂量並びにその質を測定することにより、上流支溪での砂防工事の効果が見積られ、同時に此等

の砂防工事の計画が妥当なものであるか否かの検討を行う事が出来る。

2-5 被害状況調査

2-5-1 調査の目的

防災基本計画策定のためには、災害の特性と被害の実態を把握し、過去から現在までの災害誘因毎の被害額を知ることが必要である。特に今回の事前調査の計画対象地域にあるムラビ火山は、現在インドネシアの中では最も活動の著しい火山の一つで、爆発の周期は3~5年と非常に短く、爆発の都度 Lava や Nuée Ardente を噴出し、更にこれらの堆積物は豪雨時に Lahar となって、下流部に流下するので、火山活動が継続する限り、土砂の生産は無限と行って良く、防災対策上極めて困難な特性を有している。

2-5-2 被害の内容

1. Lava 及び Nuée Ardente の被害

最近の10ヶ年では、1969年1月の爆発は最も大きく、この時の爆発だけで850万 m^3 の火山噴出物が生産され、この年の爆発では、1,000万 m^3 以上の土砂が火口より13km付近までの山腹及び河道に堆積したものと推定されている。

また1973年の爆発では、540万 m^3 の火山噴出物が生産され Nuée Ardente は火口より7kmの地点までに達し、K.putih K.Batang K.Bebeng K.Krasak 等、主として南西斜面を流下する河川流域に大きな被害をもたらしている。

近年で一番大きな爆発は1980年に発生しており、この時は、人畜、農産物、家屋等に多大の被害を与えたとのことであるが、1973年の爆発の際も、数村が壊滅的打撃を蒙り、堰の損壊や主要道にも被害を受けている。

ムラビ火山砂防事務所得た1972年以降の Lava と nuée Ardente の噴出状況表噴出状況グラフを参考のために添付するが、これらの精度については、本調査で再検討されるよう希望する。

4-2-(1) ムラビ火山砂防事務所資料による噴出状況表と噴出状況グラフ

噴出状況表

L A V A (Observation places: Ngepos & Plawangan)

1972

| No. | Month | Date | Direction | Max. distance | Quantity | Note |
|-----|-----------|---------------------------------------|---------------------|---------------|----------|---------|
| 1 | January | - | - | - | - | |
| 2 | February | - | - | - | - | |
| 3 | March | - | - | - | - | |
| 4 | April | - | - | - | - | |
| 5 | May | - | - | - | - | |
| 6 | June | - | - | - | - | |
| 7 | July | July 29, 1972 | - | - | - | 5 times |
| 8 | August | - | - | - | - | 5 times |
| 9 | September | - | - | - | - | 6 times |
| 10 | October | October 6, 1972 | K. Apu + K. Trising | 3,000 m | - | |
| 11 | November | November 5, 1972 | - | - | - | |
| 12 | December | December 16, 1972 December 8, 1972 | - | - | - | |

1973

| No. | Month | Date | Direction | Max. distance | Quantity | Note |
|-----|-----------|-----------------|-----------|---------------|--------------------------|----------------|
| 1 | January | - | - | - | - | |
| 2 | February | - | - | - | - | |
| 3 | March | March 3, 1973 | - | - | - | |
| 4 | April | - | K. Batang | 2,500 m | - | |
| 5 | May | - | K. Batang | 3,000 m | - | |
| 6 | June | - | K. Batang | - | - | |
| 7 | July | - | - | 2,000 m | - | 30 times a day |
| 8 | August | August 27, 1973 | K. Batang | 2,000 m | - | |
| 9 | September | - | K. Batang | - | 2,400,000 m ³ | |
| 10 | October | - | K. Batang | 2,000 m | - | |
| 11 | November | - | - | - | - | |
| 12 | December | - | - | - | - | |

1974

| No. | Month | Date | Direction | Max. distance | Quantity | Note |
|-----|-----------|------|-----------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | January | - | K. Batang | 1,500 m | - | |
| 2 | February | - | K. Batang | 1,500 m | - | |
| 3 | March | - | K. Batang | 850 m | - | |
| 4 | April | - | K. Batang | 1,000 m | - | |
| 5 | May | - | K. Batang | 1,000 m | - | |
| 6 | June | - | K. Batang | 750 m | - | |
| 7 | July | - | K. Batang | 1,000 m | - | |
| 8 | August | - | K. Batang | 1,000 m | - | |
| 9 | September | - | K. Batang | 750 m | - | |
| 10 | October | - | K. Batang | 750 m | 3,500,000 m ³ | Total until September |
| 11 | November | - | K. Batang | 750 m | - | |
| 12 | December | - | K. Batang | 1,500 m | - | |

1975

| No. | Month | Date | Direction | Max. distance | Quantity | Note |
|-----|-----------|--------------|-----------|---------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | January | - | - | - | - | |
| 2 | February | - | - | - | - | |
| 3 | March | - | - | - | - | |
| 4 | April | - | - | - | - | |
| 5 | May | May 14, 1975 | K. Batang | 1,000 m | - | |
| 6 | June | - | K. Batang | 1,500 m | - | |
| 7 | July | - | K. Batang | 1,500 m | - | |
| 8 | August | - | K. Batang | 1,500 m | - | |
| 9 | September | - | K. Batang | 1,500 m | - | |
| 10 | October | - | K. Batang | 2,500 m | - | |
| 11 | November | - | K. Batang | 1,000 m | - | |
| 12 | December | - | K. Batang | 1,000 m | 1,395,901,101 m ³ | Total until the end of November |

NUÉE ARDENTE

1972

| No. | Month | Date | Direction | Max. distance | Quantity | Note |
|-----|-----------|------|-----------|---------------|----------|------|
| 1 | January | - | - | - | - | |
| 2 | February | - | - | - | - | |
| 3 | March | - | - | - | - | |
| 4 | April | - | - | - | - | |
| 5 | May | - | - | - | - | |
| 6 | June | - | - | - | - | |
| 7 | July | - | - | - | - | |
| 8 | August | - | - | - | - | |
| 9 | September | - | - | - | - | |
| 10 | October | - | - | - | - | |
| 11 | November | - | - | - | - | |
| 12 | December | - | - | - | - | |

1973

| No. | Month | Date | Direction | Max. distance | Quantity | Note |
|-----|-----------|---------------------------|--|---------------|--------------------------|------------------|
| 1 | January | - | - | - | - | |
| 2 | February | - | - | - | - | |
| 3 | March | - | - | - | - | |
| 4 | April | April 28, 1973 | K. Batang | 4,000 m | - | |
| 5 | May | May 9, 1973 | K. Batang | 3,500 m | - | 18 times |
| 6 | June | June 8, 1973 | K. Batang | 4,500 m | - | 3 times |
| | | June 13, 1973 | | | | Once |
| | | June 16, 1973 | | | | 5 times |
| 7 | July | - | - | - | - | |
| 8 | August | - | K. Batang | 1,500 m | - | |
| 9 | September | - | - | - | - | |
| 10 | October | October 11, 1973 | K. Batang | 3,500 m | - | |
| 11 | November | November 4, 1973 | K. Batang | 3,000 m | - | 7.40 ; 7.45 A.M. |
| | | November 25, 1973 | K. Batang | 2,500 m | - | |
| 12 | December | December 19, 20, 22, 1973 | K. Blongkeng, K. Batang, K. Bebeng/K. Krasak | 7,000 m | - | |
| | | December 26, 1973 | K. Batang | 2,000 m | 2,000,000 m ³ | 8.19 A.M., Once |

1974

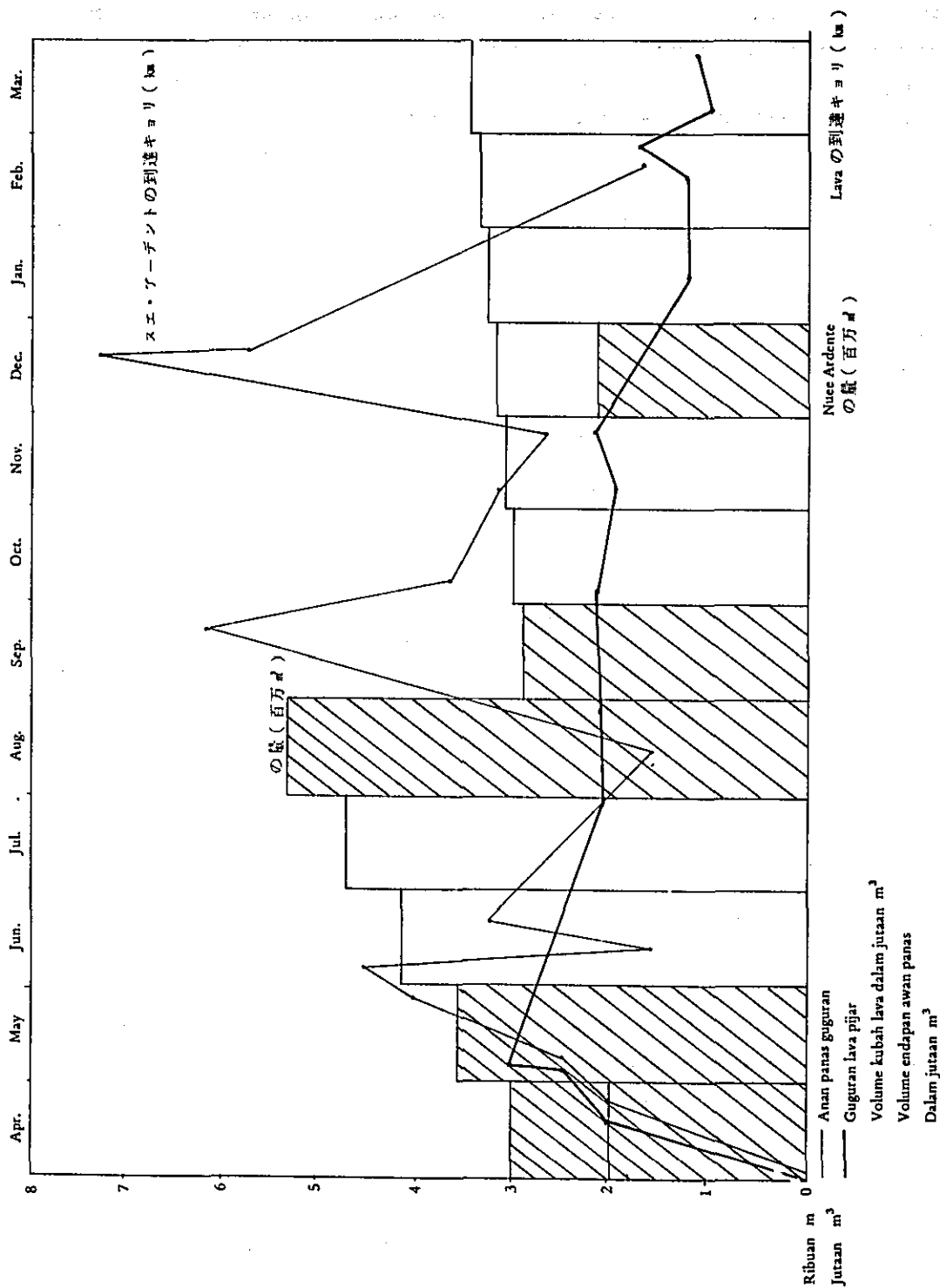
Tanjung Kumbang, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur

| No. | Month | Date | Direction | Max. distance | Quantity | Note |
|-----|-----------|-------------------|-----------|---------------|----------|-------------------|
| 1 | January | - | - | - | - | |
| 2 | February | February 18, 1974 | K. Batang | 1,500 m | - | |
| 3 | March | - | - | - | - | |
| 4 | April | - | - | - | - | |
| 5 | May | May 4, 1974 | K. Batang | 1,000 m | - | Once at 3.36 P.M. |
| 6 | June | - | - | - | - | |
| 7 | July | - | - | - | - | |
| 8 | August | - | - | - | - | |
| 9 | September | - | - | - | - | |
| 10 | October | - | - | - | - | |
| 11 | November | - | - | - | - | |
| 12 | December | - | - | - | - | |

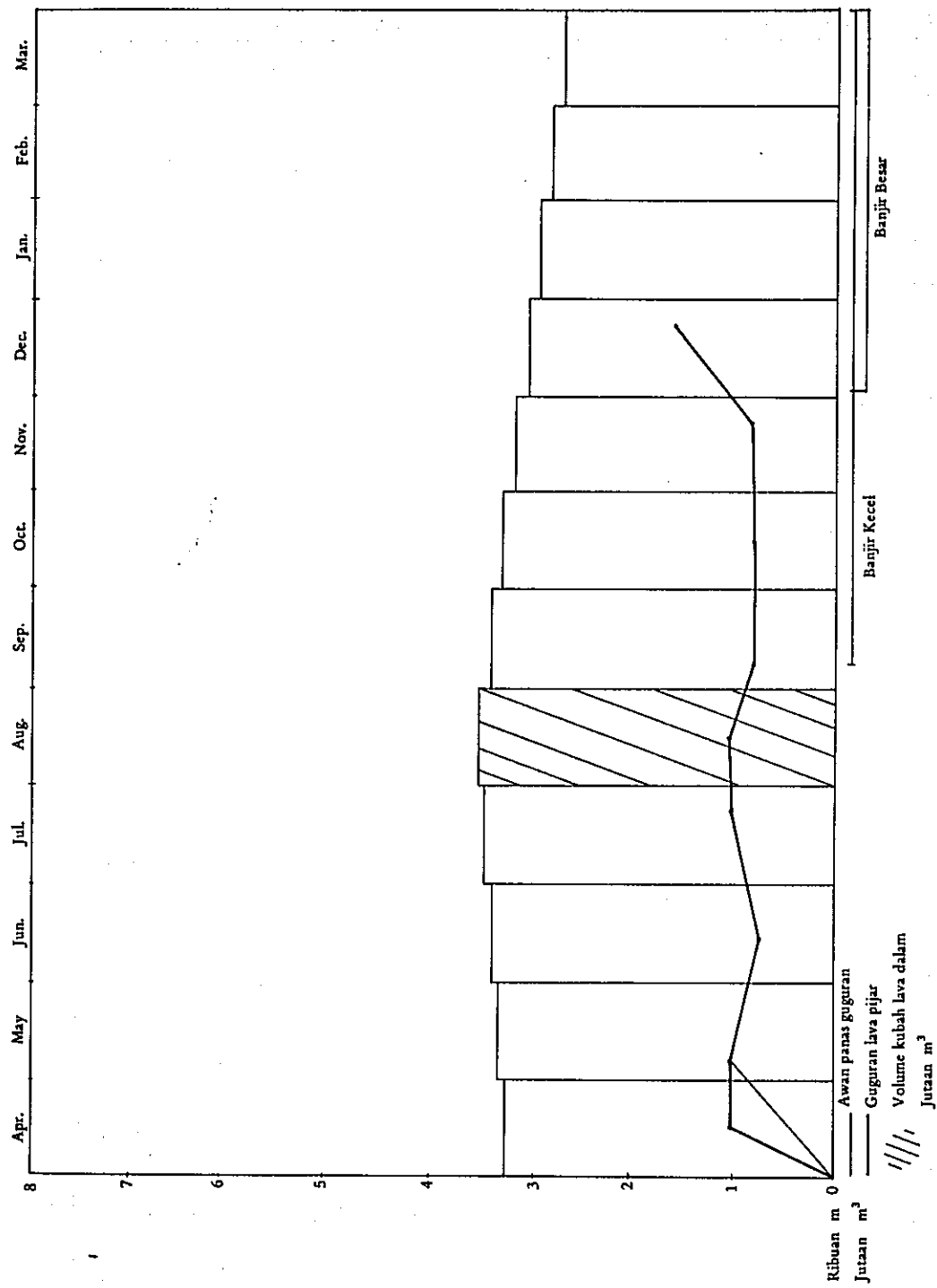
1975

| No. | Month | Date | Direction | Max. distance | Quantity | Note |
|-----|-----------|----------------------|-----------|---------------|--------------------------|----------|
| 1 | January | - | - | - | - | |
| 2 | February | - | - | - | - | |
| 3 | March | - | - | - | - | |
| 4 | April | - | - | - | - | |
| 5 | May | May 16, 1975 | K. Batang | 2,500 m | - | |
| 6 | June | - | - | 2,000 m | - | Twice |
| 7 | July | July 9, 10, 11, 1975 | K. Batang | 5,500 m | 1,000,000 m ³ | 27 times |
| 8 | August | - | - | - | - | |
| 9 | September | - | K. Batang | 2,000 m | - | 3 times |
| 10 | October | - | K. Batang | 3,000 m | - | 17 times |
| 11 | November | November 13, 1975 | K. Batang | 2,500 m | - | Once |
| 12 | December | - | K. Batang | 1,750 m | - | 4 times |

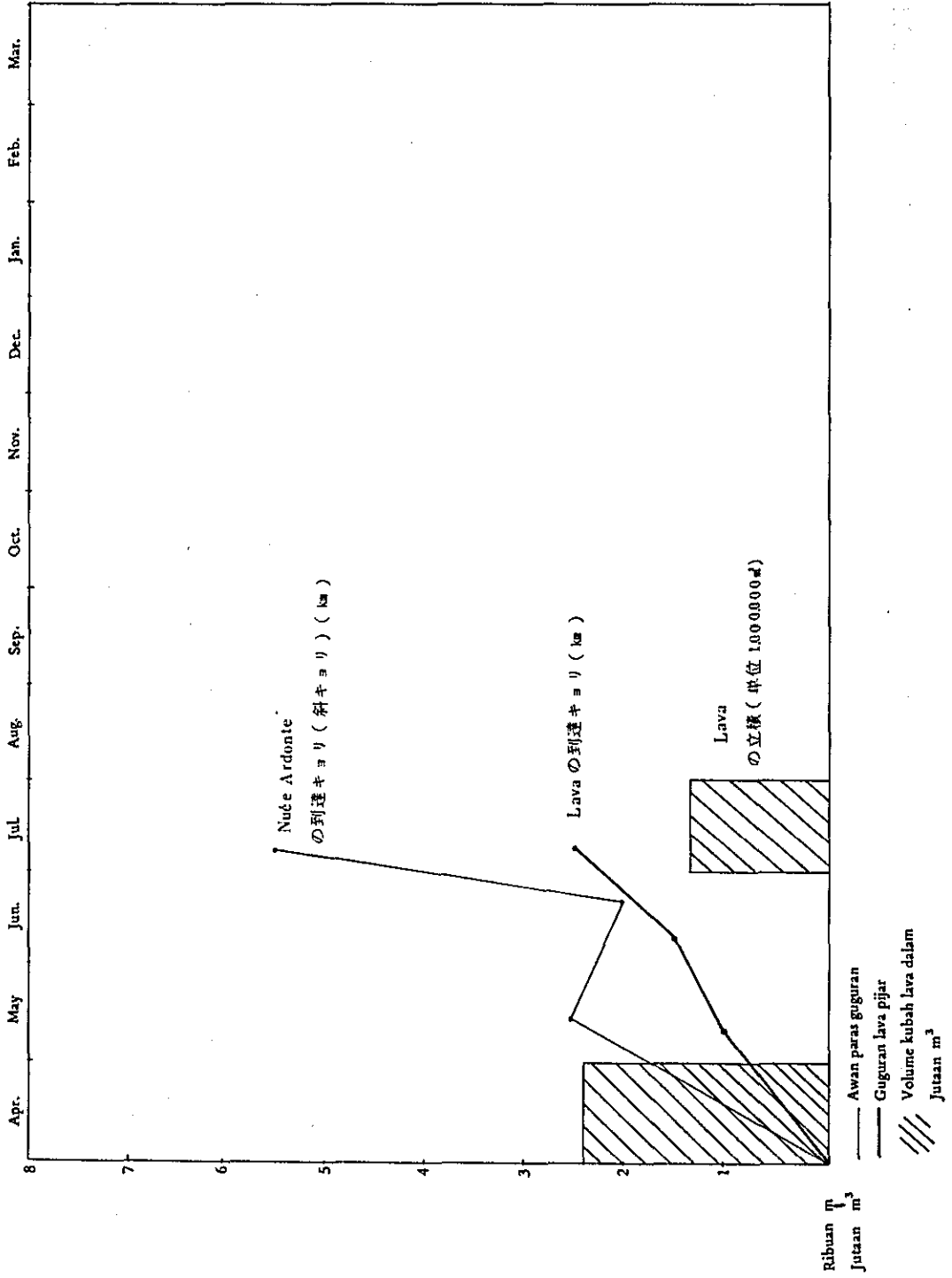
Kegiatan G. Merapi Periode: 1973 - 1974



Kegiatan G. Merapi Periode: 1974 – 1975



Kegiatan G. Merapi Periode: 1975 - 1976



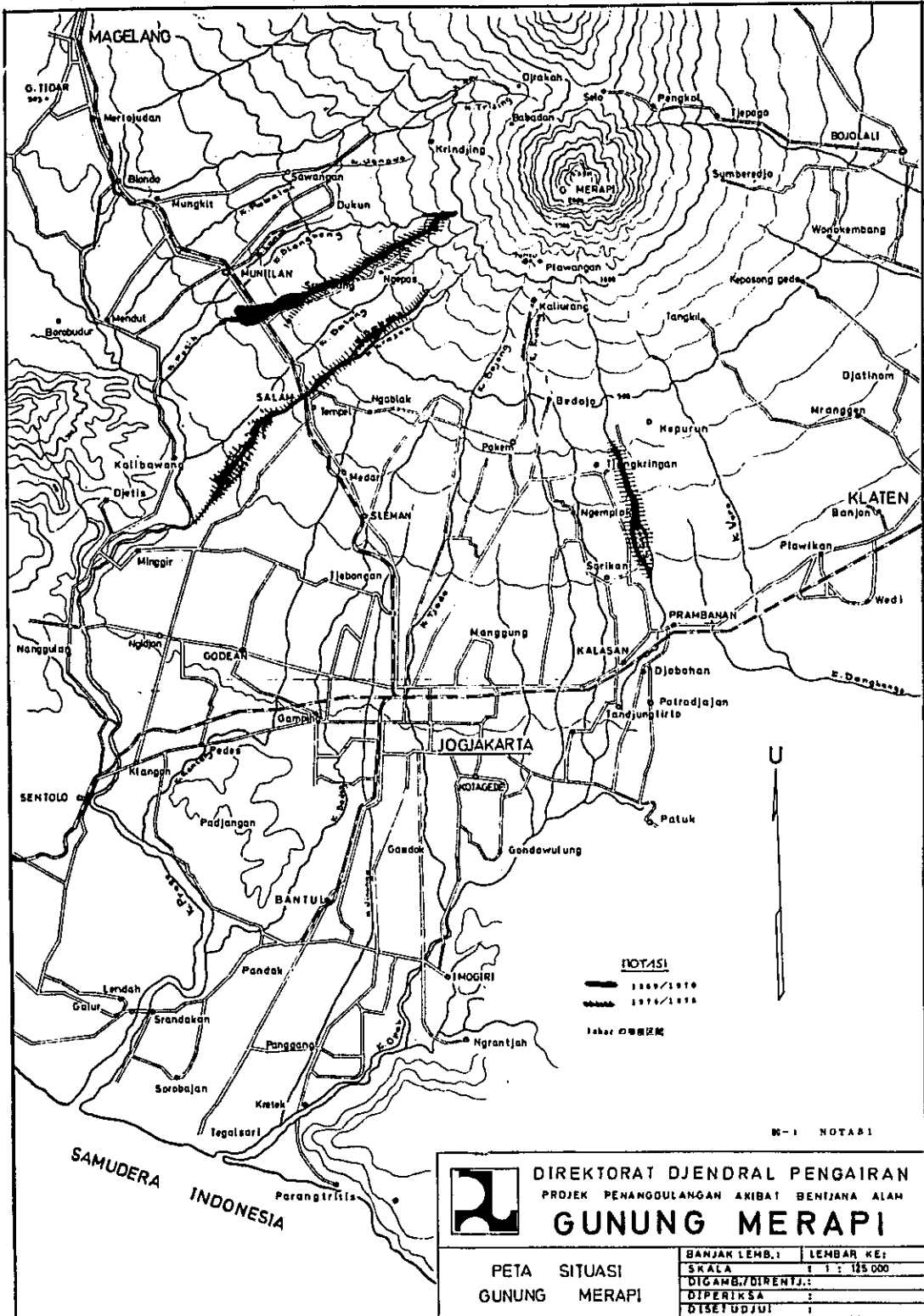
2. Lahar の被害

前にも述べたように、火山爆発により噴出した Lahar 及び nuée Ardente は豪雨時に浸食され、下流部に流下するが、これ等の到達範囲は、Lava や nuée Ardente に比し可成り下流広範囲に及んでおり、特に K.Krasak では本川 K.Progo の合流点付近まで達している。

インドネシアでいう Lahar は日本の土石流とはやや表現が異なり、完全な集合運搬の状況を指すものとは限らず、従って末端部は明確でない。

比重が小さいこと、中間粒径のものが少ないこと、粘性度が小さいこと等によるものと考えられるが、本調査で明らかにされることが期待される。

参考のため K.putih , K.Bebang , K.Krasak , K.Gendol の堆積状況をムラピ火山砂防事務所の観測 Data に基づき図示すると、図-1 のようである。



M-1 NOTAS 1

DIREKTORAT DJENDRAL PENGAIRAN
 PROJEK PENANGGULANGAN AKIBAT BENTILANA ALAM
GUNUNG MERAPI

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|------------|-------|-------------|-------------------|--|-----------|--|------------|--|
| PETA SITUASI GUNUNG MERAPI | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">BANJAK LEMB. 1</td> <td style="font-size: small;">LEMBAR KE:</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">SKALA</td> <td style="font-size: small;">1 : 125 000</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">DIGAMB./DIRENTJ.:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">DIPERIKSA</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">DISETUDJUI</td> <td></td> </tr> </table> | BANJAK LEMB. 1 | LEMBAR KE: | SKALA | 1 : 125 000 | DIGAMB./DIRENTJ.: | | DIPERIKSA | | DISETUDJUI | |
| BANJAK LEMB. 1 | LEMBAR KE: | | | | | | | | | | |
| SKALA | 1 : 125 000 | | | | | | | | | | |
| DIGAMB./DIRENTJ.: | | | | | | | | | | | |
| DIPERIKSA | | | | | | | | | | | |
| DISETUDJUI | | | | | | | | | | | |

1975年10月8日の、K.Krasak の被害額は、208,406,000R.P に達し Provincial road の交通途絶等この地域の経済活動、民政に与える影響も無視できない。

また Lahar による被害は発生頻度が高く、1969年のK.putihの場合の報告されているものだけでも、12回に及んでいる。

1969年以降の Lahar の被害状況について、ムラビ火山砂防事務所までとめた調査表を参考のため添付しておくが、本調査では、調査項目を拡充することが必要である。

4-2-(II) ムラビ火山砂防事務所調査による Lahar 被害調査表

| | River | Date | House | Padi field (ha.) | Structure | | | | Cost (Rp.) Estimate | Note |
|----|--------|----------------|-------|---------------------|--------------------|--------|-----|-------------|------------------------|---------------------------|
| | | | | | Road (m) | Bridge | Dam | Dike (m) | | |
| | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 1 | Krasak | 8th Jan. 1969 | 5 | 20.75 | - | - | 1 | - | 12,075,000 | |
| 2 | Krasak | 26th Feb. 1969 | - | - | 75 ⁺ | - | - | - | 75,000 | +) Provincial road 州道 |
| 3 | Krasak | 21st Nov. 1969 | - | - | 70 ⁺ | - | - | - | 70,000 | +) Provincial road 州道 |
| 4 | Krasak | 7th Jan. 1970 | - | - | - | - | 1 | 4,000 | 62,000,000 | |
| 5 | Krasak | 1st Oct. 1975 | - | - | 3,000 ⁺ | - | - | - | 1,500,000 | +) Provincial road 州道 |
| 6 | Krasak | 3th Oct. 1975 | - | 62.1280 | 3,500 ⁺ | - | 1 | - | 208,406,000 | +) Provincial road 州道 |
| 7 | Krasak | 5th Mar. 1975 | 26 | 46.3345 | 500 ⁺⁺ | 1 | 1 | 2,500 | 175,315,000 | ++) State road 国道 |
| 8 | Gendol | 23th Sep. 1973 | - | 38.4860 | - | - | 2 | - | 3,522,400 | |
| 9 | Gendol | 3th Oct. 1973 | - | 0.3150 | - | - | - | - | 31,500 | |
| 10 | Gendol | 16th Nov. 1973 | - | 2.500 | - | - | - | - | 200,000 | |
| 11 | Gendol | 10th Nov. 1973 | - | 0.500 | - | - | - | - | 50,000 | 100,000 Rp./ha. |
| 12 | Gendol | 12th Nov. 1973 | - | 0.690 | - | - | - | - | 69,000 | 100,000 Rp./ha. |
| 13 | Gendol | 5th Mar. 1975 | - | 9.070 | - | - | - | - | 907,000 | 100,000 Rp./ha. |
| 14 | Gendol | 8th Jan. 1969 | 20 | 156.0 | 100 ⁺ | 3 | 1 | - | 27,200,000 | +) Provincial road 州道 |

| | River | Date | House | Field (ha.) | Kind of building | | | | Cost estimate (Rp.) | Note |
|----|-------|------------------|-------|----------------|------------------|--------|-----|-------------|------------------------|------------------|
| | | | | | Road (km) | Bridge | Dam | Dike (m) | | |
| | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 1 | Putih | 8th Jan. 1969 | 2 | 1.5 | 0.225 | - | * | * | 2,150,000 | |
| 2 | Putih | 20th Jan. 1969 | 1 | - | 0.150 | - | - | - | 350,000 | |
| 3 | Putih | 22th Jan. 1969 | 18 | - | 0.35 | 1 | - | - | 1,235,000 | |
| 4 | Putih | 24th Jan. 1969 | - | - | 0.150 | - | - | - | 150,000 | |
| 5 | Putih | 3rd Feb. 1969 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 6 | Putih | 10th Feb. 1969 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 7 | Putih | 26th Feb. 1969 | - | - | 0.075 | - | - | - | 75,000 | |
| 8 | Putih | 1-15th Mar. 1969 | 7 | 28.15 | - | - | - | - | 56,350,000 | |
| 9 | Putih | 21st Mar. 1969 | - | 0.5 | 0.090 | - | - | - | 1,090,000 | |
| 10 | Putih | 24th Mar. 1969 | 4 | 11 | - | - | - | - | 22,200,000 | |
| 11 | Putih | 26th Mar. 1969 | - | - | 0.150 | - | - | - | 150,000 | |
| 12 | Putih | 29th Mar. 1969 | 20 | 76.95 | - | - | - | - | 155,000,000 | |
| 13 | Putih | 5th Apr. 1969 | 39 | 5 | 0.375 | - | - | - | 10,800,000 | |
| | | | | | 0.150 * | | | | | * Rail road |
| 14 | Putih | 6-20th Apr. 1969 | 1 | 0.9 | - | - | - | - | 1,840,000 | 3 times flooding |
| 15 | Putih | 5th Mar. 1975 | 4 | 33.5 | - | - | - | - | 66,850,000 | |
| 16 | Putih | 22nd Apr. 1975 | 1 | 0.9 | - | - | - | - | 615,000 | |

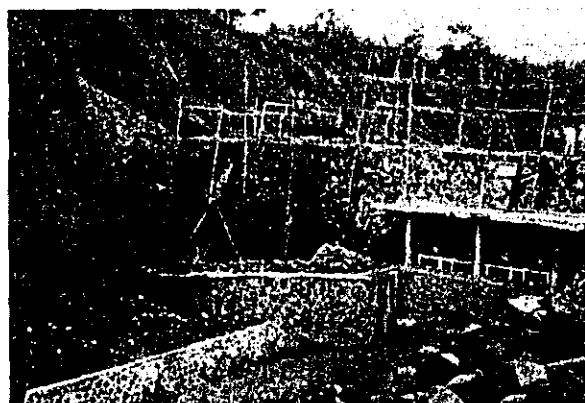
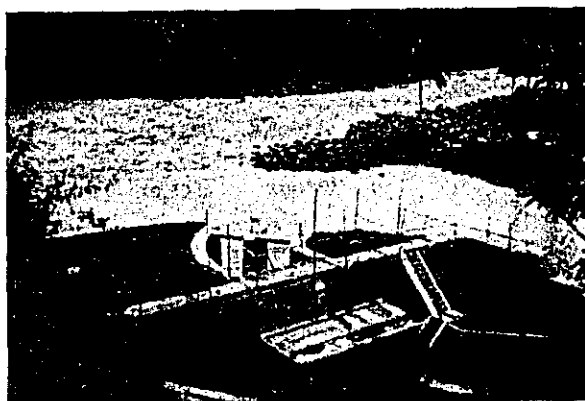
| River | Date | House | Field (ha.) | Kind of building | | | | Cost estimate (Rp.) | Note | |
|-------|--------|------------------|----------------|------------------|--------|-----|-------------|------------------------|-------------|--|
| | | | | Road (km) | Bridge | Dam | Dike (m) | | | |
| (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | |
| 1 | Bebeng | 6th Jan. 1969 | 275 | 25 | - | - | - | - | 20,208,000 | |
| 2 | Bebeng | Mar. - Apr. 1969 | 31 | 41.45 | - | - | - | - | 4,071,500 | |
| 3 | Bebeng | 1st Oct. 1974 | - | 72 | - | - | - | - | 144,000,000 | |
| 4 | Bebeng | Nov. 1974 | - | 18,901 | - | - | - | - | 28,000,000 | |
| 5 | Bebeng | 5th Mar. 1975 | 102 | 15,405 | - | - | - | - | 30,800,000 | |
| 6 | Bebeng | 22nd Apr. 1975 | 1 | 3 | - | - | - | - | 5,545,000 | |

3. 本川の土砂害

1. 2.に述べた被害は、日本でいう土石流による直接被害に該当し、K.Krasak を除いては、各支川が鉄道とクロスする付近までが影響範囲であるが、これらの土砂は雨季の間に更に流下して支川下流部から本川へと掃流され、合流点から本川にかけて河床上昇を来たし、河積の減少に伴う溢水氾濫、農業取水施設の土砂埋設の被害を続出させている。

特にこの国が農業国で、ジャワ等では土地を集約的に利用しており、本川の灌漑用取水施設の取水不能は、広大な面積に影響を与えるので、経済損失は可成りの額に達するものと考えられ、大きな問題となっている。

取水堰の被害写真



2-6 地域社会環境調査

当調査は、ムラビ火山周辺に砂防事業を実施した場合の広い意味での便益算定、またはそれを実施しなかった場合の被害の算定に用いるデータを得るために行うものである。

つまり調査は、あくまで過去、現在の環境認識を意識したデータ収集作業であり、便益算定および被害額の算定は Project life の設定による将来も含めた analysis 又は forecasting を包含す

るもので、ここでも推計等に関する作業は対象から除外し、II-7およびII-8に譲ることとした。

事前調査では、本プロジェクトマスタープラン策定のための地域社会環境調査項目、調査指標、調査方法および有意データの有無について検討した。それらの成果は表-1に付した。

表-1 社会環境調査項目，指標一覧表

| 調査項目 | 調査指標 |
|---------------------|---|
| 1. 人口 | 人口 年令別，集落別 |
| 2. 資産 | ① 個人資産 家屋，家庭用品，農機具，農業物 ② 公共資産 道路，鉄道，水道，電気，通信，灌漑施設，学校 公民館，寺院 |
| 3. 産業 | ① 農業 農地面積，農産物の種類 種別単位収量 ② 林業 林野面積，種別とその単位収量 ③ 畜産業 家畜の種類と数量 ④ 商業 地域別個数と商品総額 |
| 4. 社会制度 | ① 農業水利権 ② 農作業における「結」制度 ③ 住民意識 ④ 宗教 |
| 5. 史跡 文化財 | 史跡，遺跡の分布 |
| 6. 地域景観 レクリエーション | ① 景観 (平面図，鳥瞰図による検討) ② レクリエーション |

産業については鉱工業やサービス業等も検討したが、当該事業実施における直接効果の範囲が殆んど農業生産区域に限られることから割愛した。

また、リハビリテーションについても検討したが、本プロジェクトを越えた広い意味での対策の1つであるとの認識から調査項目から省略したが、本プロジェクトのアウトプットが、例えばインドネシア政府が現に策しているFood Plan 等のリハビリテーション計画には、インプットになり得ることは言うまでもない。

第 3 章 提 言

緒 言

ムラビ火山砂防基本計画策定事前調査団の目的は、基本計画策定のためにはどのような情報が必要で、不足情報はどのような調査で補うかを明らかにすることであった。そこで、第 2 章の必要情報の設定および現況調査に対して第 3 章では不足情報を補うため実作業を行い本調査に対する提言としてまとめたものである。そして、図 3-1 は基本計画と第 3 章に記述した事項との関係を示したもので、以下にこの図を理解するための若干の comment を記述する。

計画とは将来に関する現在の意志決定であり、従って本プロジェクトの効果も未知のことを対象としている。また、計画は現状に対する不満を motivation として、その改善のための countermeasure が探索されたときに改善したという欲求は purpose して改定される。

図 3-1 の右端は改定された countermeasure と purpose の対応の一断面を示したもので、一般に countermeasure と purpose の理論的対応を direct にとることは無理で、その中間に現象空間を置いて一義的対応をとっている。例えば、砂防対策工事を建設すれば Debris flow の減少は Damage の減少につながり、Damage の減少の程度と建設費との関係で Economic Evaluation が設定された目的と match しているかを判断する。もし目的値と不一致の場合は Sabo Countermeasure の工程または level を勘案することによって、match するまで feed back によって一義的対応を探索する。計画が将来に関すること、つまり project life の期間中は機能することを期待する以上、一義的対応を完成するために参画する情報もまた将来に関する情報が必要である。

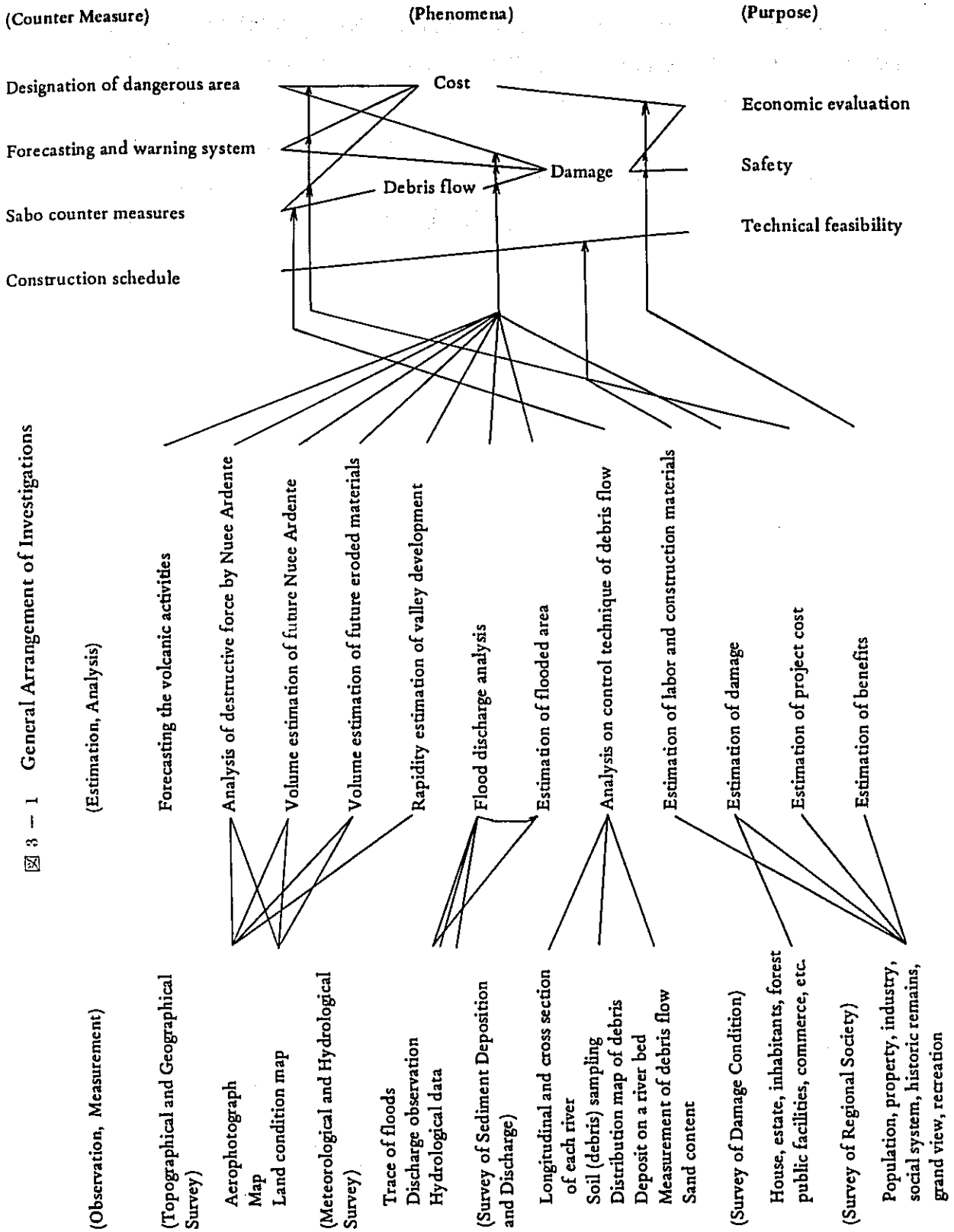
しかし誰もが将来に関する確実な情報は持っていない。そこで、我々は現在又は過去のデータを分析、評価し、予測して将来の値とするのである。その各項目を図 3-1 の中央に示した。また分析、評価し、予測するために不足している過去および現在の情報を同図左端の Observation 又は、Measurement によって得るのである。

図 3-1 ではそれぞれ項目のみ示したが、現実には計画を策定するためには Observation や Analysis の段階でも定量的に表示できる指標として設定されるべきであるが、ここでは表示の煩雑さをさけるために省略した。同様に Countermeasure 等でも brake down した表示にすべきで、例えば sabo Countermeasure でも check dam と sand Pocket によって、そしてその規模によって、Phenomenon が異なるが同様な理由で図 3-1 では簡略に項目のみ表示とした。

3-1 測量計画

図-1 に示す $2,300 \text{ km}^2$ の地域につき、調査計画用図面の作成、写真判読、写真計測を目的とする航空写真が必要である。写真縮尺は $1/25,000$ とし、撮影範囲は図-1 に示した通りである。原則として焦点距離 15 cm のカメラを用いるが、山間地区では焦点距離 30 cm のもの

図 3 - 1 General Arrangement of Investigations



とする。

地形図図化

図-1に示す2,300 Km²の地域につき、調査・計画用基図として地形図を写真測量法により作成する。図化縮尺は基礎調査、工事計画用にも使えるよう1/10,000とし、等高線間隔を原則として2mとする。

図面は単に地形を表示するだけでなく、同時に土地利用図としても使えるよう地物・植生の表示にも注意を払うこととする。空中三角測量は既存の基準点を用いて行い、基準点には対空標識(air signal)を設置する。空中三角測量の精度を高めるため、簡易水準作業を0.00 kmにわたって行い。

3-2 地形地質調査

3-2-1 土地条件図の作成

Nuée ardente d'avalanche, Laharの流下様式、浸食様式、及び流送土砂量等を分析するための基礎資料として作成する。図化縮尺は1/25,000、及び1/10,000とし、それぞれの図化範囲を図-2に示す。調査は写真判読、現地踏査により行い、図化内容は次の事項とする。

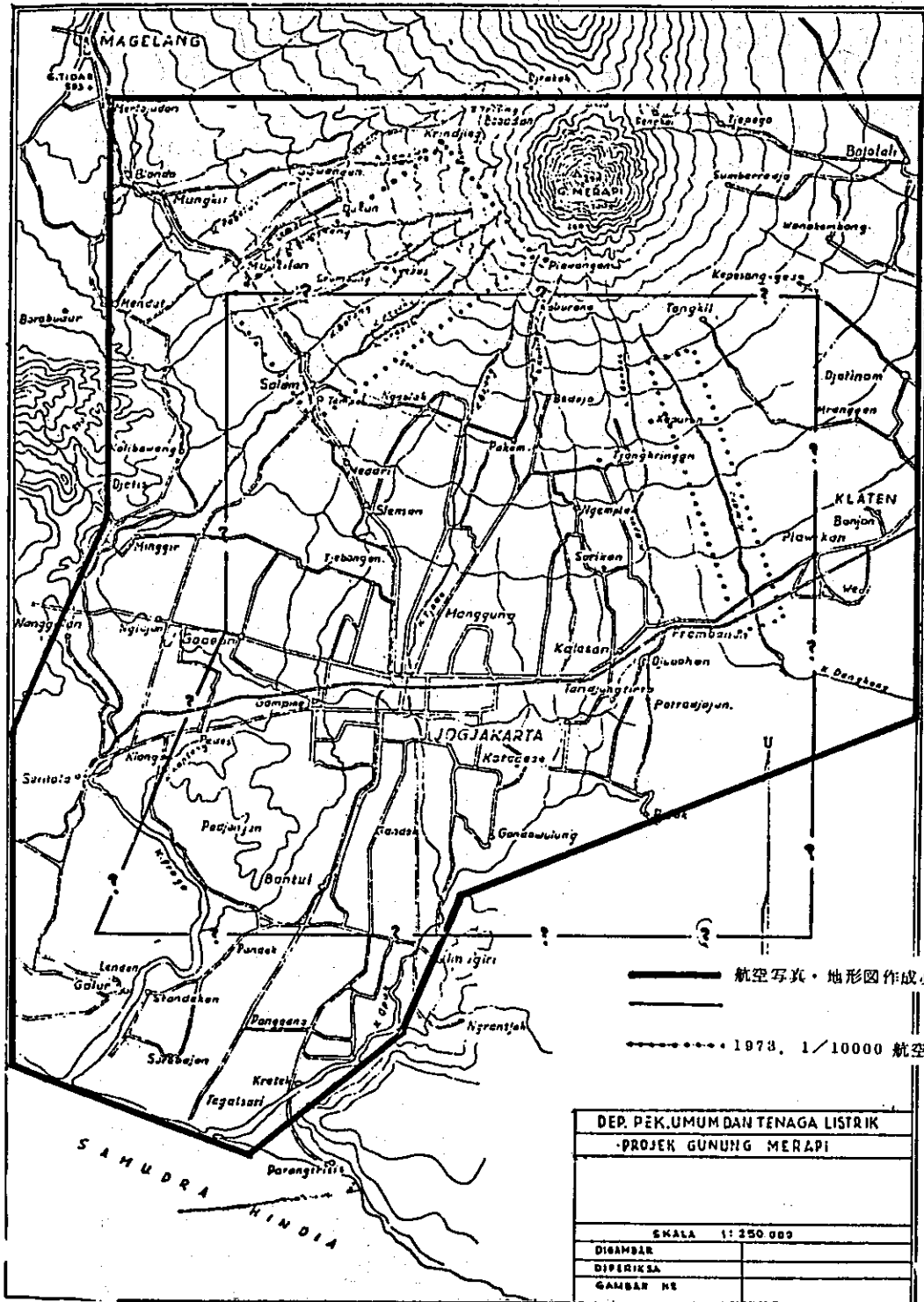
- ① Nuée ardente d'avalancheの抽出、及びその時代区分
- ② Lahar 地形の抽出、及びその時代区分
- ③ 層序学的手法にもとづくNuée ardente d'avalancheの時代区分とその到達範囲
- ④ 谷地形の形態的分類
- ⑤ 谷地形の時代的分類
- ⑥ 谷地形の成因的分類
- ⑦ 争奪可能地点の抽出
- ⑧ 地すべり地形の抽出
- ⑨ 災害履歴
- ⑩ Lahar 想定地域
- ⑪ 表層地質

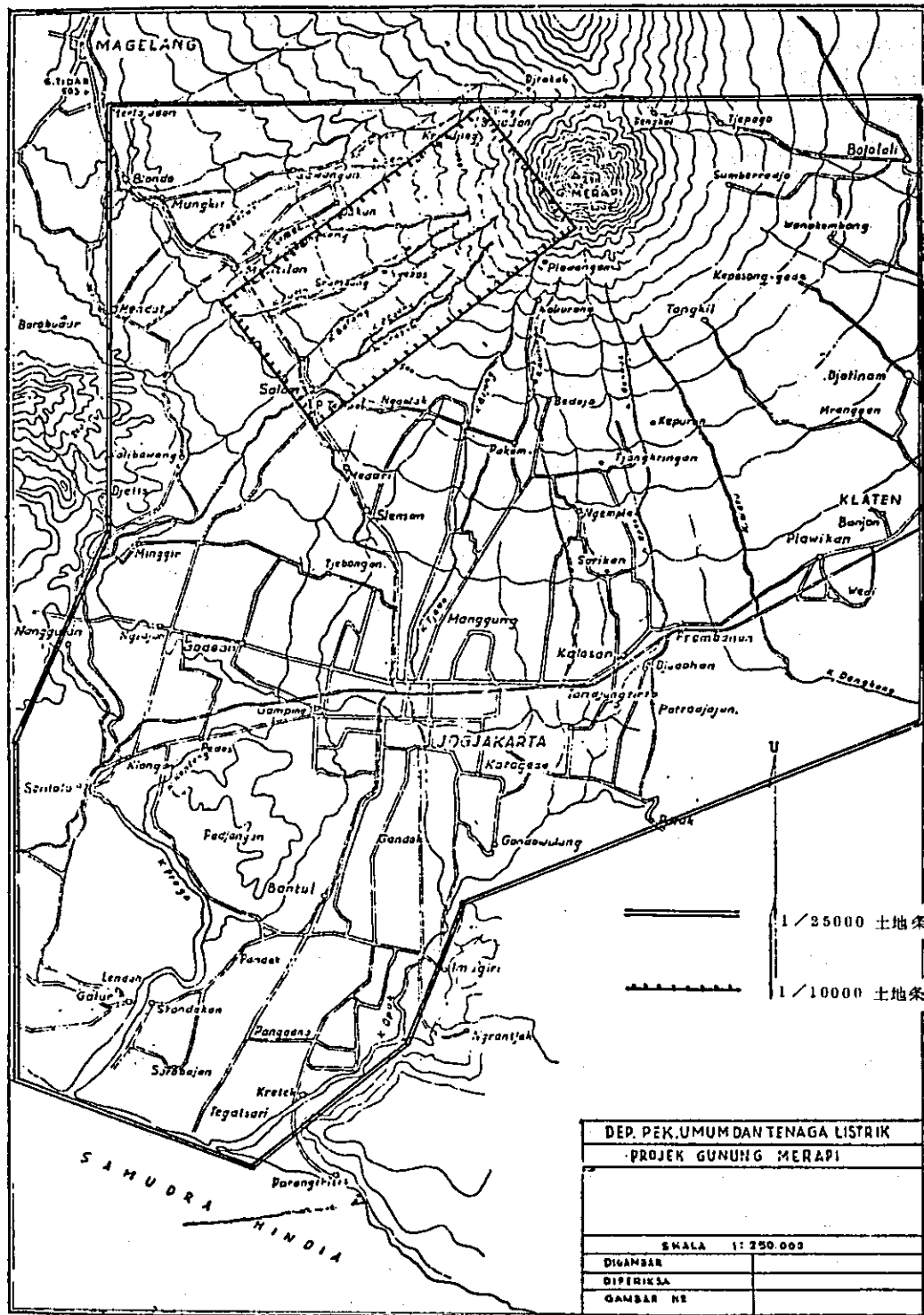
3-2-2 Nuée ardente d'avalanche の破壊力の検討

写真判読による地形学的分析、及び土地条件図を用いて作業を行う。

上記の課題は次の作業により明らかにしうると考えられる。

- ① Nuée ardente d'avalanche 堆積地形から、この堆積直前の流動粘性を算出する。
- ② Nuée ardente d'avalanche 流下経路に関する地形の規制を明らかにし、地形を構成する地質の強度からNuée ardente d'avalanche の破壊力を算出する。





3-2-3 各河川上流部における Nuée ardente d'avalanche 堆積土砂量の検討

写真判読による地形学的分析、及び土地条件図を用いて作業を行う。

Nuée ardente d'avalanche の流下、堆積における地形規制を明らかにし、これより一定噴出量を想定したうえで、各河川上流部における Nuée ardente d'avalanche 堆積土砂量を算定する。

3-2-4 侵食可能土砂量の算出

これは、過去一定期間における侵食土砂量から、これまでの侵食速度を明らかにし、これを個々の河川にあてはめて、将来、河道・谷頭部付近から侵食され、運搬される土砂量を推定するものである。これまでの侵食速度の算出は次の方法による。

- ① 時代区分された Nuée ardente d'avalanche とこれを解析する谷の発達度と相関を多数の事例について検討し、これから谷の侵食速度を算出する。
- ② 撮影時期の異なる二重の写真を用いて、河川縦横断測量を行い、測量成果の差から、一定期間における侵食土砂量、侵食速度を算出する。

3-3 気象 水文調査

事前調査の結果、本調査において行うべき内容は、下記の事項にまとめることができる。

3-3-1 支川流量観測所の設置

本川 K.Progo, K.Opak, B.Sala 等については、水位観測の自記化、H-Qカーブの修正等かなり綿密な管理が行われているが、支川については、観測データがほとんどない状態であり、本来の目的である支川の流出解析のためには極めて精度の低い成果しか期待出来ない。従って本調査期間を通じて少しでも流出解析の精度を上げるためには、支川に流量観測所を設置すべきである。

観測所は、K.Progo の支川に2ヶ所、K.Opak の支川に1ヶ所、K.Woro に1ヶ所程度が最少とも必要と思われる。設置位置は、河道の平面形、河床の状況により決定すべきであるが、費用、観測体制を考えると、主要の橋梁（国道等）の利用が考えられる。

設置後は特に河床変動による H-Qカーブの変化について十分な管理が必要と思われる。

3-3-2 水文資料の収集

流出解析に必要な雨量データは、日雨量については Projek Gunung Merapi Province Office in Yogyakarta progo projek in Yogyakarta において、かなりの密度で収集しており、この他にも気象庁のデータを利用できる。時間雨量については、Projek Gunung Merapi の他、気象庁の収集データも利用できる。しかしながら、特に流域内に密に配置されている、Projek Gunung Merapi のデータは、観測年数が短く、これのみでは流出解析の資料として充分ではない。又熱帯地方の降雨の特徴として、通常の雨域がせまいため、各観

測所の代表性は余り期待出来ない。他流域における降雨データも参考として収集すべきである。

一方流量観測データは、支川については皆無とのことであるが、流域内本川については、いくつかのデータがあるので、これらを参考として収集する必要がある。

又、前述の如く少くとも4支川に流量観測所を新設し、中小出水も含めて、出来るだけ多くのデータを収集すべきである。

3-3-3 聞き込み調査及び痕跡調査

支川を中心として、洪水経験の聞き込みを行う。各支川共土砂流出を伴っている場合が多いので氾濫区域の確認に利用されよう。大部分は沿川住民からの聞き込みに頼らざるを得ない。

3-3-4 流出解析

上述の如く流出解析に必要なデータは、定数解析、流出計等いずれについても、極めて乏しい状況である。しかも流域が極めて新しい地質で覆われており、初期損失がかなり見込まれること。飽和に達してからの流出が極めて急激に生じるであろうと等が、降雨の極地性と合わせて定数推定を困難なものとしていると考えられる。むしろ近隣他流域での流出解析例例えば B. Sala の例、等を参考とすることが有効であろう。

3-3-5 河川調査

今回の調査においては、主に砂防計画策定のための調査に主眼がおかれたが、インドネシア側の希望もあり、又、砂防計画策定の総合性を確保するためにも、下流の K. Progo, K. Opak についての河川調査を行う必要がある。これは特に現在 K. Progo, K. Opak において、かんがい用水の取水口の埋塞等が生じており、このような問題地点を中心に、上流砂防計画の影響等の関係において調査すべきである。

3-3-6 所要人員及び所要期間

上記本調査を実施するために必要な人員及び期間は、次のとおりと見込まれ、又本調査期間中の凡その日程は Fig-8 に示すとおりと見込まれる。

- ・流量観測所設置

専門家1名(経験5年以上)、他に助手1名(経験3年以上)、工期約3ヶ月

- ・聞き込み調査(痕跡調査を含む)

専門家1名、他に助手2~3名、期間約1ヶ月

- ・流出解析

データ収集を含めて、専門家1名、他に助手1名、期間約4ヶ月

- ・流量観測

専門家1名、他に助手4～5名のパーティーとして、観測所につき年5回程度実施すべきである。

・流出解析のチェック

洪水期間終了後

Fig 8 日程見込

| 見 込 | 1976 | | | | 1977 | | | | 1978 | | | |
|---------|------|---|--------------|---|------|------|------|---|------|------|----|------|
| | 4 | 7 | 10 | 1 | 4 | 7 | 10 | 1 | 4 | 7 | 10 | 1 |
| 聞き込み | ┌──┐ | | | | | | | | | | | |
| 流量観測所設置 | ┌──┐ | | | | | | | | | | | |
| 流量観測 | | | ┌──────────┐ | | | | ┌──┐ | | | ┌──┐ | | ┌──┐ |
| 流出解析 | | | ┌──┐ | | | | | | | | | |
| 同上チェック | | | | | | ┌──┐ | | | | ┌──┐ | | ┌──┐ |

3-3-7 必要資機材

流量観測所、自記水位観測所、及び流量観測施設資料保管庫及び作業場

作業車：他項目調査と併用

その他：測量機器、製図文房具等

3-4 土砂の堆積流出機構調査計画

3-4-1 溪流縦横断測量

調査範囲内の各溪流について、その上中流部で原則として延長500mおきに1/500の精度の定期横断測量を行い、各横断面の最深点を結んで、溪流縦断図を作成する。

a) 測定地点間隔

各溪流の上中流部では原則として500mおきとし、特に荒廢の著るしいK.Krasak,

K. Bebeng, K. Putih, K. Djurangdjero, K. Blongkend, K. Woro等の上流部では必要に応じて250mとする。

下流部では500m~1kmおきに行う。

砂防堰堤等の構造物 (check dam, Sand Pocket, Consolidation dam等) 上下流ではその影響範囲内で100m間隔に行う。

上記の範囲の中で溪流上中流部とはK. Putih, K. Krasak, K. Batang, K. Blongkend等では国道鉄道付近の土砂堆積は、より上流地域を指しK. Pabelanでは鉄道国道より上流約4km付近より上流を指す。又、K. Woro, K. Opak, K. Kunig, K. Boyong等では標高300m付近より上流を指すものとし、溪流下流部は上記範囲より下流本川流点 (K. DengkengではK. Lusaとの合流点) までの区間とする。

b) 測定回数

荒廃の著しい溪流の上中流部では年2回 (乾期1回, 洪水直後1回) とし, その他の比較的安定した溪流及び下流部では年1回 (乾期) とする。

c) 数量

各溪流の上中流部は平均15km³0断面, 荒廃溪流では40断面で溪流数は合計約12~15本で計400~500断面, 砂防構造物上下流で約100断面で総計600断面である。

3-4-2 テストピットによる土質調査

荒廃の著しい溪流 (K. Krasak, K. Putih, K. Woro) の上中流において各2ヶ所宛又比較的安定した溪流の溪床でも必要に応じて1ヶ所宛, 深さ4~6m程度の孔を掘り, Laharの層厚, 堆積状況, sampleについての粒度, 比重, 密度試験を行う。この調査は上流のNúce Ardente や旧期Laharの堆積地でも1~2ヶ所 (深さ3m) 行う必要がある。

テストピットの総数は,

| | |
|-------------|------|
| 深さ4~6m程度のもの | 10ヶ所 |
| 3m | 5ヶ所 |
| <hr/> | |
| 計 | 15ヶ所 |

3-4-3 河床堆積物状況調査

各溪流の中上流部分全域を踏査して溪床部の土石流堆積の状況, 厚さ, 粒径について調査して, 溪床堆積物の分布図を作る。総延長は200kmを越えるであろう。

3-4-4 土石流測定

土石流動態を測定するため, 少なくとも1ヶ所においてMovie Cameraを用いて土石流流動時の状況を撮影する必要がある。土石流流下中のCameraの操作は無人操作とすることが望ましい。

3-4-5 航空横断測量

溪流源頭部付近の河床横断形を知るためには、本地区の様な火山活動の激しい地域では、航空三角測量による以外に方法がない。各溪流源頭部で約 3 ~ 5 km に亘って長さ 500 m 毎に測定する。此の総数は 120 本である。この回数は各写真撮影毎に行う。

3-4-6 含砂量測定

各溪流の橋梁等や河川等の合流点等で洪水中及び平水中の含砂量を測定するため流水を sampling して砂泥量とその流度分布、比重を測定する。Sampling の容器は 20 ℓ 程度で、橋梁等適当な採取点のない場合は、wire と滑車等による採取装置を必要とする。

本地域内で 10ヶ所合計 100 回程度を行う必要がある。又、平野部河川の trouble point (異常な河床上昇点や埋没しそうな intake 付近)でもこれを行う必要がある。

3-4-7 必要人員と器材

① 人員・期間

此等の調査のすべてを行うためには選点、測定器具の設置、測定、解析、照査を必要とするが、これに要する人員は少くとも 3 party が必要である。各 party は砂防に関する調査経歴 5 年以上を有する expert 1 人これを補佐する経歴 3 年程度以上の技術者 2 名がつく必要がある。

作業は解析まで含めて、すべて現地で行う事が必要で、現地における期間は開始年の 8 月から翌々年 12 月までの 2 年 7 ヶ月とし、その後最終レポートの作成を行うものとする。

又、必要に応じて Advisery Groape が調査のとりまとめ実施について助言指導する必要がある。

② 必要器材

トランシット 2 台、レベル 3 台、フルイ 2 組、土石流検知索 2 台、自動式 Movie Camera 1 台、トランシーバー 6 組、ランドクルーザー 2 台、その他ポール、杭、採水器秤、間縄及びスチールテープ、望遠鏡、望遠鏡付カメラ、等々消耗品。

3-5 被害状況調査

調査法としては、ムラビ火山砂防事務所の資料、火山研究所、大学、地方行政の統計書等の資料及び文献の調査、現地の聞き取り調査によるしかないが、その結果を 1930 年以降のものについて Lava 及び Née Ardente と Lahar の現象別に各年毎に次表のようにまとめることが考えられる。

また、支川下流部及び本川の洪水氾濫被害については、事前調査では十分に実態を把握できなかったもので、はっきりしたことを言えないが、氾濫による農産物減収額及び取水施設の取水不能による減産額及び取水施設の復旧費、もしくは新設費に重点をおいて調査し、実情に応じ調査項目を増加する方法が適当と考える。

なお、ソロ河については、日本の別の調査団が調査しているので、その資料を借用すれば足

Lava 及び Nuée Ardente 1969

| 河川名 | 支川名 | 発生月日 | 家屋 | 田 | 畑 | 林地 | 道路 | 橋梁 | 公共建物 | 取水施設 | 砂防施設等 | 人的被害 | 牧畜被害 | 被害額 |
|------------|---------|------|----|---|---|----|----|----|------|------|-------|------|------|-----|
| K.Drigo | K.Puteh | 1. 8 | | | | | | | | | | | | |
| 小計 | | | | | | | | | | | | | | |
| K.Opak | | | | | | | | | | | | | | |
| 小計 | | | | | | | | | | | | | | |
| K.Dengkong | | | | | | | | | | | | | | |
| 小計 | | | | | | | | | | | | | | |
| 年間計 | | | | | | | | | | | | | | |

摘要
 被害額には
 ①交通通信途
 絶等の日数、
 経済活動の停
 滞に伴う損失
 等を付記
 ②取水施設等
 の被害に伴う
 減産額を付記

りるであろう。

3-5-2 所要人員及び所要期間

被害状況調査を本調査で実施する際は、日本から派遣する専門家1名とインドネシア側の現地の事情に精通したカウンターパート1名と2人でパーティを組み、少なくとも8ヶ月を必要とする。

本調査の net work に被害状況調査を組込む場合の場所は特に限定することは必要ないと思うが、本調査の初年度が望まれる。

3-6 地域社会環境調査

ムラビ火山周辺の社会環境調査項目のうち、国勢調査等で行われるものについては各地方行政単位別に統計資料がある。また、Jogyakarta 特別市についてはUNESCOが実施した地域計画の策定時に行われた調査でマスタープラン策定に必要な調査項目は殆んどカバーしている。しかし、本プロジェクトの対象地域となる各水系別、または対策工法事の直接効果を予測するための所定範囲別のデータまたは情報は、行政区域が異なること等のために欠落しており、計画段階で分割、統合の補完作業が必要である。その場合、行政府が行なう調査とタイムラグがないように注意する必要がある。

本調査で行うべき社会環境調査の調査項目、調査指標、調査手段および調査歩掛については表-2にまとめた。

なお、調査員は主任は大学卒後20年程度の経験を有する人とし、それに大学生程度の助手2人を一組として配した。

3-7 防災計画策定

3-7-1 防災計画の内容

ムラビ火山周辺地域の防災対策の完璧を期するためには、本調査での調査結果を分析検討の上、次の3項目を骨子とする防災計画を策定することが、必要と考える。

1. 防災施設計画

主としてNuée Ardente, Laharによる被害を施設計画によって軽減しようとするもので、事前調査での考えを、8節に砂防施設計画として言及している。

2. 警戒避難体制整備計画

本地域の災害特性からして、施設計画で災害を未然に防止することは、不可能といつてよく、また施設計画完成途上の災害、整備水準で想定した災害誘因以上の災害に対処するためにも、防災計画に含める必要がある。

現にLavaやNuée Ardente対策としてムラビ火山の山麓部には、爆発に伴う危険区域の設定が、政府の手によってなされており、火山研究の努力と火山観測網の整備の結果、現

表-2 社会環境調査一覧表

| 調査項目 | 調査指標 | 調査手段 | 調査歩掛 |
|--------------------|--|---|--|
| 1. 人口 | 人口 年令別, 集落別 | 地方行政府の統計書 | 0 |
| 2. 資産 | ① 個人資産 家屋, 家庭用品, 農機具, 農作物 ② 公共資産 道路, 鉄道, 水道, 電気, 通信, 灌漑施設, 学校, 公民館, 寺院 | 資料調査, 聞取調査 文献調査 " " " " | 経済専門家 (学卒20年) 1人×3ヶ月 助手(学生) 4人×3ヶ月 |
| 3. 産業 | ① 農業 農地面積, 農産物の種類 種別単位収量 ② 林業 林野面積 種別とその単位収量 ③ 畜産業 家畜の種類と数量 ④ 商業 地域別個数と商品総額 | 資料調査, 聞取調査 文献調査 " " " " | 経済及び農林専門 家(学卒20年) 2人×2ヶ月 助手(学生) 6人×2ヶ月 |
| 4. 社会制度 | ① 農業水利権 ② 農作業における"結"制度 ③ 住民意識 ④ 宗教 | 資料調査 現地調査(踏査) 文献調査, 聞取調査 " " アンケート調査 文献調査, 聞取調査 アンケート調査 | 社会学専門家 (学卒20年) 1人×6ヶ月 助手(学生) 2人×6ヶ月 |
| 5. 史跡 文化財 | 史跡, 遺跡の分布 | 資料調査, 聞取調査 現地調査 | 歴史学専門家 (学卒20年) 1人×3ヶ月 助手(学生) 2人×3ヶ月 |
| 6. 地域景観 クリエイション | ① 景観 (平面図, 鳥瞰図による検討) ② レクリエーション | 資料調査, 現地調査 資料調査 アンケート調査 | 専門家(学卒20年) 1人×2ヶ月 助手(学生) 2人×2ヶ月 |

在では、事前に避難命令が出せるようになっている。本調査では、このような考え方を Lahar や洪水の防災に対しても適用し、警戒避難体制の整備計画を策定する必要がある。

3. 土地利用改善計画

本地域の防災計画の一環として、防災上の見地から土地利用形態の改善計画を策定することが必要である。この場合、ジャワ島は人口稠密で、土地の開発利用による耕地面積の増加の要請も大きいので、この点も配慮し調和のとれたものにするよう検討が望まれる。

3-7-2 防災計画策定に際しての留意事項

1. 施設計画の整備水準と計画年限

本川を含めた総合的な防災計画策定の見地からすれば、各調査項目の分析検討結果に基づき、Nuée Ardente や Lahar による直接災害防止施設の計画と共に、支川下流部及び本川の掃流土砂堆積に伴う洪水氾濫の防止、取水施設の土砂埋没防止の観点から必要とされる施設についても検討が加えられねばならない。

しかし、今度の事前調査では、その出発点において主として砂防 sideからの災害防止に重点を置いて調査しており、本川については十分な調査がなされていないので、若干の問題が今後に残されることになる。

従ってここでは砂防施設の整備水準について述べるにとどまり、本調査では新たな観点から更に検討を加えられることを期待したい。

砂防施設整備水準及び計画年限は最終的にはこの地域に対する国土計画、地域計画上の要請、公共事業に対する国の投資配分との関連において、政府の施策として決定されるであろうが、その指標としては、扞止土砂量率、被害軽減率等がある。

整備水準がきまれば、施設計画案を数ケースセットし、それぞれについて、この地域の適当な将来開発予測の上に立って、直接災害防止、間接災害防止、取水施設の埋没防止の各項目毎に被害軽減額を予測して、これを集計し、 $\frac{\text{総被害軽減額}}{\text{施設費}}$ = 投資効果を算出して最良の施設計画を採用すればよい。

もし、 $\frac{\text{被害軽減額}}{\text{投資額}}$ が 1 未満の場合は、整備水準をコスト、ベネフィットの対比により再検討の上、整備水準を修正することも考えられる。

いずれにしても、災害発生原因が、雨量だけでなく火山爆発と密接な関連を持ち、現状で安定した河状の河川でも、火山爆発により、上流部に、Lava, Nuée Ardente の流出があれば、それ以降のある期間は荒廃河川化することは必至と考えられること。

この国では水田が多毛作であるが、洪水時の冠水が、肥料分の供給と客土の役割を果たしているように見受けられること。降雨特性から見て、築堤部以外では冠水時間は短かく稲の開花期以外の冠水は、さほど減収につながらないように思われること等を勧告し、計

画策定に際しては日本での防災方式にとらわれず、弾力的に考えるべきであろう。

2. 火山活動に対する警戒避難体制

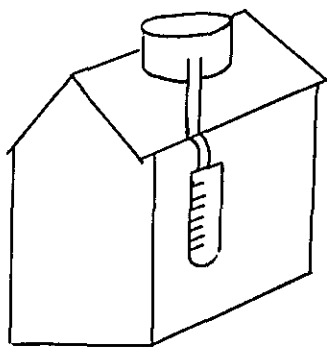
インドネシアにおける火山の研究は、精力的に進められており、危険区域の設定、爆発の予知についても政府は可成りの自信を持っている。従って警戒避難体制も政府の手によって、既に整備されているので、これを参考に、通信連絡網、避難場所、誘導方法等の実態を調査し、本調査の結果にもとずき、適切な避難基準を作成すればよい。

3. Lahar や洪水時の警戒避難対制と応急対策

インドネシアでは火山爆発に対する警戒避難体制の整備状況に比し、Lahar や洪水時の警戒避難体制の整備が遅れているように見受けられる。

本調査の結果により、降雨と Lahar や洪水の相関関係が明らかになれば、危険雨量を設定し、これに基づいて予警報のシステムを確立すると共に、洪水時の応急対策として、水防に出動出来る可能人員、危険箇所、水防資材、救急活動の方法について調査し、警戒避難基準を作成することが必要である。

政府で設置する雨量観測所や通信連絡施設の補助的手段として、局地豪雨に備えて集落単位の簡易雨量計（屋根の上に雨量をキャッチする容器を設け、この容器からゴム管等で容器に貯溜される量を家内に導入して、ガラス管に接続し、ガラス管に、危険雨量を表示する簡単な装置）を、一軒の家に設置しておき、その家の人から部落に連絡するコミュニティ組織を利用する方法も考えられるが、これらの予警報の体制の整備は、インドネシア測と協議して、インドネシアの実情にマッチするよう決定する必要がある。



危険雨量のところに、しるしをする。目盛は雨量マスと、ガラス管の直径比の2乗倍で目盛ればよい。

災害時の体制整備については、日本における地方公共団体の地域防災計画の資料が参考となるであろう。

4. 土地利用形態の改善

施設計画の策政と合わせて、本調査での各調査結果を参考にして、住居地域の設定、耕

作形態の改善，灌漑用水系統の変更，交通網の整備等，防災上の見地から土地の適正な利用方法について検討を加える必要がある。

インドネシアでは肥沃な土地の豪雨による流亡が，懸念されており，土壤保全の問題意識が極めて高く，土地利用形態改善に関する内外の意見書も多いので，これらの文献を参照されたい。

3-7-3 所要人員と所要期間

防災計画策定に際して，必要な人員としては，日本側の専門家2人とインドネシアの可能なカウンターパートでパーティを組み，3ヶ月位を要する。

日本側専門家2人のうち1人は大学卒実務経験15年以上のエキスパートとし，これをチームに大学卒5年以上の実務経験を有するエキスパートを補助者として構成すればよい。

3-8 砂防施設計画策定

3-8-1 施設計画の構想

火山活動期の Lahar や Nuée Ardente の流出を直接コントロールすることは，事前調査の結果では，技術的に困難のように思われる。

しかしながら，Nuée Ardente の性状特性が，本調査で明らかになれば，Nuée Ardente の到達末端付近に比較的大きな水抜きを有する特殊断面形状の砂防大型ダムを計画することが考えられ，これについて検討すべきである。

これは，Nuée Ardente 対策の面のみでなく Nuée Ardente 堆積直後の豪雨による Hot Lahar の被害軽減にかなりの効果が期待出来るものとする。

豪雨時における Lahar は，上流部に堆積した火山砕屑物や Nuée Ardente の侵食，及び旧期 Lahar 堆積物の再侵食によって発生するもので，砂防施設計画策定に際しては，これらの Nuée Ardente と，旧期 Lahar の侵食現況の調査結果に基づき侵食防止のための，砂防 Step dam で，直接扞止を計ることが，必要である。

次に，流送区間については，砂防 Dam 郡及び sand pocket 工法により，Lahar の貯砂調節をはかると共に Lahar の到達距離を減少させることが必要である。

またこのような荒廃河川の下流部では，流路工計画によって，二次侵食防止を，濫防除を計画する必要がある。

砂防計画の諸元としては，調査の結果に基づき，各支川毎の年間流砂量と洪水時汎流砂量を設定し，これを整備水準に合致するよう計画によって減少させねばならない。

流送区間に設置する砂防ダム及び Sand pocket は，満砂後においても，Lahar 流出時に，調節効果を発揮するので，洪水時流砂量に対する整備水準の維持は，施設計画で可能である。

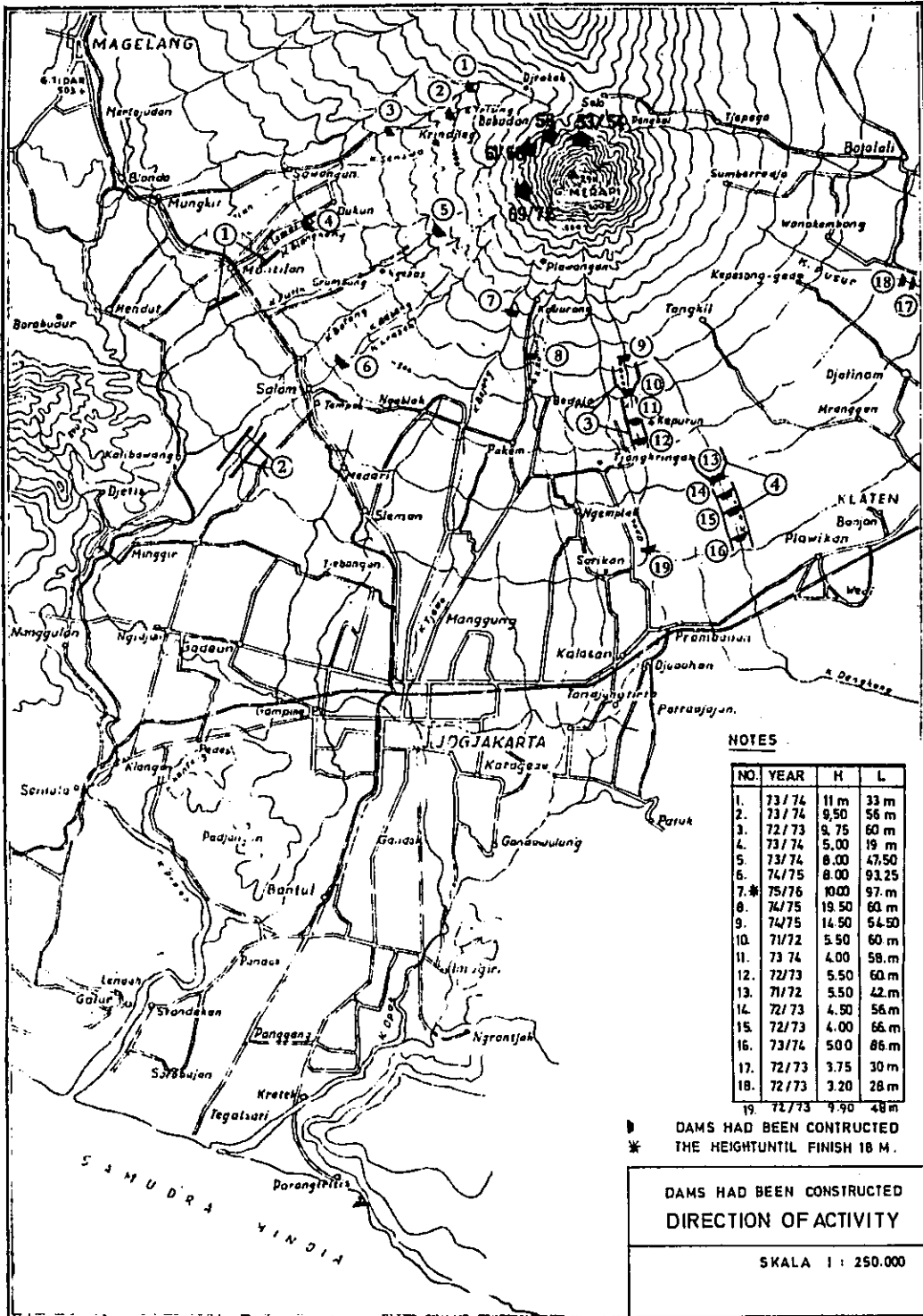
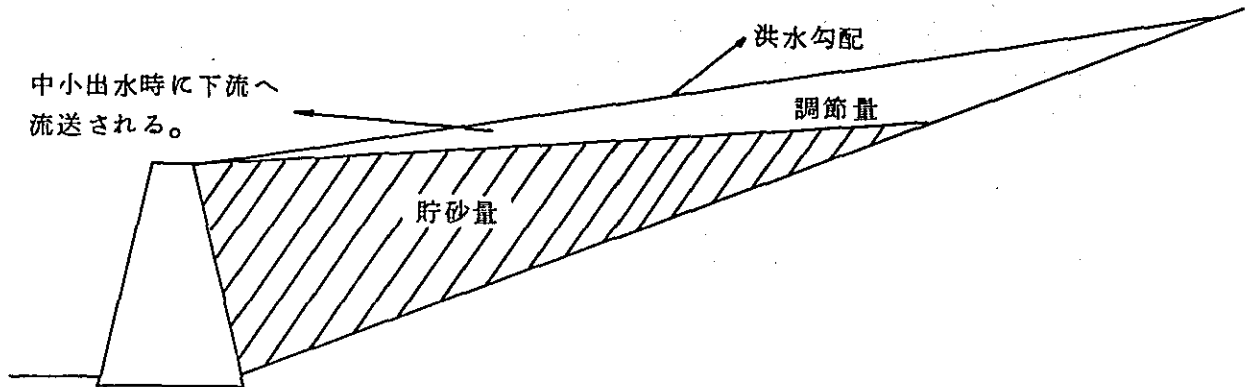


Table of Facility Constructed

| No. | River | DAMS | | | | | | No. | River | DIKE | | | |
|-----|------------|-----------|-------|-------|------------------------|------------------------|------------|-----|-----------------|-----------|-------|-------|-------------|
| | | Year | H (m) | B (m) | Storage Volume | Control Volume | Cost (Rp.) | | | Year | H (m) | L (m) | Cost (Rp.) |
| 1 | K. Pabelan | 1973/1974 | 11.00 | 33.00 | 260,000 m ³ | 100,000 m ³ | 17,239,000 | 1 | K. Biongkeng | 1969/1970 | 5 | 2,000 | 19,651,000 |
| 2 | K. Trising | 1973/1974 | 9.50 | 56.00 | 20,000 m ³ | 7,000 m ³ | 29,366,000 | | K. Biongkeng | 1973/1974 | 5 | 500 | 4,087,000 |
| 3 | K. Pabelan | 1972/1973 | 9.75 | 60.00 | 500,000 m ³ | 300,000 m ³ | 18,377,000 | 2 | K. Krasak | 1969/1970 | 6 | 2,000 | 20,044,000 |
| 4 | K. Lamat | 1973/1974 | 5.00 | 19.00 | 10,000 m ³ | 7,000 m ³ | 2,766,000 | | K. Krasak | 1970/1971 | 4 | 600 | 4,399,000 |
| 5 | K. Putih | 1973/1974 | 8.00 | 47.50 | 20,000 m ³ | 15,000 m ³ | 11,107,000 | | K. Krasak | 1974/1975 | 9 | 2,000 | 35,000,000 |
| 6 | K. Krasak | 1974/1975 | 8.00 | 93.25 | 160,000 m ³ | 150,000 m ³ | 39,926,000 | | K. Krasak | 1975/1976 | 9 | 3,000 | 152,000,000 |
| 7 | K. Boyong | 1975/1976 | 10.00 | 57.00 | 600,000 m ³ | 400,000 m ³ | 99,665,000 | 3 | K. Gendol/Opak | 1970/1971 | 4 | 500 | 3,259,000 |
| 8 | K. Kuning | 1974/1975 | 19.50 | 60.00 | 470,000 m ³ | 360,000 m ³ | 59,908,000 | | K. Gendol/Opak | 1971/1972 | 5 | 700 | 10,706,000 |
| 9 | K. Gendol | 1974/1975 | 14.50 | 54.50 | 160,000 m ³ | 100,000 m ³ | 46,533,000 | 4 | K. Woro/Simping | 1969/1970 | 5 | 1,000 | 9,880,000 |
| 10 | K. Gendol | 1971/1972 | 5.50 | 60.00 | 600,000 m ³ | 400,000 m ³ | 11,050,000 | | K. Woro/Simping | 1971/1972 | 5 | 3,000 | 22,507,000 |
| 11 | K. Gendol | 1973/1974 | 4.00 | 58.00 | 280,000 m ³ | 210,000 m ³ | 11,100,000 | | K. Woro/Simping | 1972/1973 | 4 | 1,000 | 11,802,000 |
| 12 | K. Gendol | 1973/1974 | 5.50 | 60.00 | 400,000 m ³ | 300,000 m ³ | 15,506,000 | | | | | | |
| 13 | K. Woro | 1971/1972 | 5.50 | 42.00 | 12,000 m ³ | 11,000 m ³ | 6,683,000 | | | | | | |
| 14 | K. Woro | 1972/1973 | 4.50 | 56.00 | 10,000 m ³ | 5,000 m ³ | 6,433,000 | | | | | | |
| 15 | K. Woro | 1972/1973 | 4.00 | 66.00 | 10,000 m ³ | 4,000 m ³ | 5,964,000 | | | | | | |
| 16 | K. Woro | 1973/1974 | 9.00 | 86.00 | 20,000 m ³ | 8,000 m ³ | 7,016,000 | | | | | | |
| 17 | K. Puser | 1972/1973 | 3.75 | 30.00 | 15,000 m ³ | 11,000 m ³ | 3,216,000 | | | | | | |
| 18 | K. Puser | 1972/1973 | 3.20 | 28.00 | 10,000 m ³ | 7,000 m ³ | 2,915,000 | | | | | | |
| 19 | K. Opak | 1972/1973 | 9.90 | 48.00 | 330,000 m ³ | 240,000 m ³ | 18,973,000 | | | | | | |

砂防貯砂調節ダムの
機能模式図



しかし、年間溪砂量を整備水準に維持することは火山爆発が継続する場合には困難であり施設の増設にたよるしか方法がないことになる。

従って、本川河道の土砂堆積の防止には、下流部の砂防基準点付近に、沈砂池工を設置（ソロ河流域では、K.Denkeng，K.Lusa合流点近くの沼を利用して計画できる）し、満杯状況に達したら、浚渫するか沈砂池工を増設する方法が考えられる。また砂防施設で、対処する以外に河川 side で、本川の Short cut により、掃流力の増大を計るか、本川を浚渫する方法等が考えられるが、計画策定に際しては、たとえば、P.P.B.S 手法等により、比較検討の上、経済性の高い方法を、採用すべきであろう。

3-8-2 施設計画策定に際しての調査検討事項

以上の構想により、施設計画を策定するとすれば、各調査項目の成果を検討分析するほか以下の事項について調査検討すべきである。

1. 砂防施設計画対象地域の現地踏査

特に Nuée Ardente 堆積による流域変更，中下流での Lahar 流出時の流路変更の実態に着目する必要がある。

2. 既設構造物の効果測定（扞止量の評価，調節量の評価）

既設構造物の状況については，事前調査の際，ムラビ火山砂防事務所で得た資料と写真を参考のため，添付する。

3. 勾配，河巾の変化の状況調査

航空写真，河川縦横断測量結果を使用する。

4. 現地火山砂防事務所の将来計画構想及び現地派遣エキスパートの意見の聴取

水原エキスパートの砂防施設計画案を参考のために添付する。

5. 砂防施設計画の作成と、工事費概算額の算定

施設計画のための、細部測量及び労務費、資材調査、建設機械の実態調査が必要となる。

6. 砂防施設の他の目的への利用可能性の調査

インドネシアにおける既設砂防設備は、水通部を利用して橋梁を架設するとか、取水施設として利用するとか、他目的への利用を積極的に考慮しており、砂防施設計画策定に際しては、本来の砂防目的を阻害しない範囲で、他目的への利用の検討が要望されている。

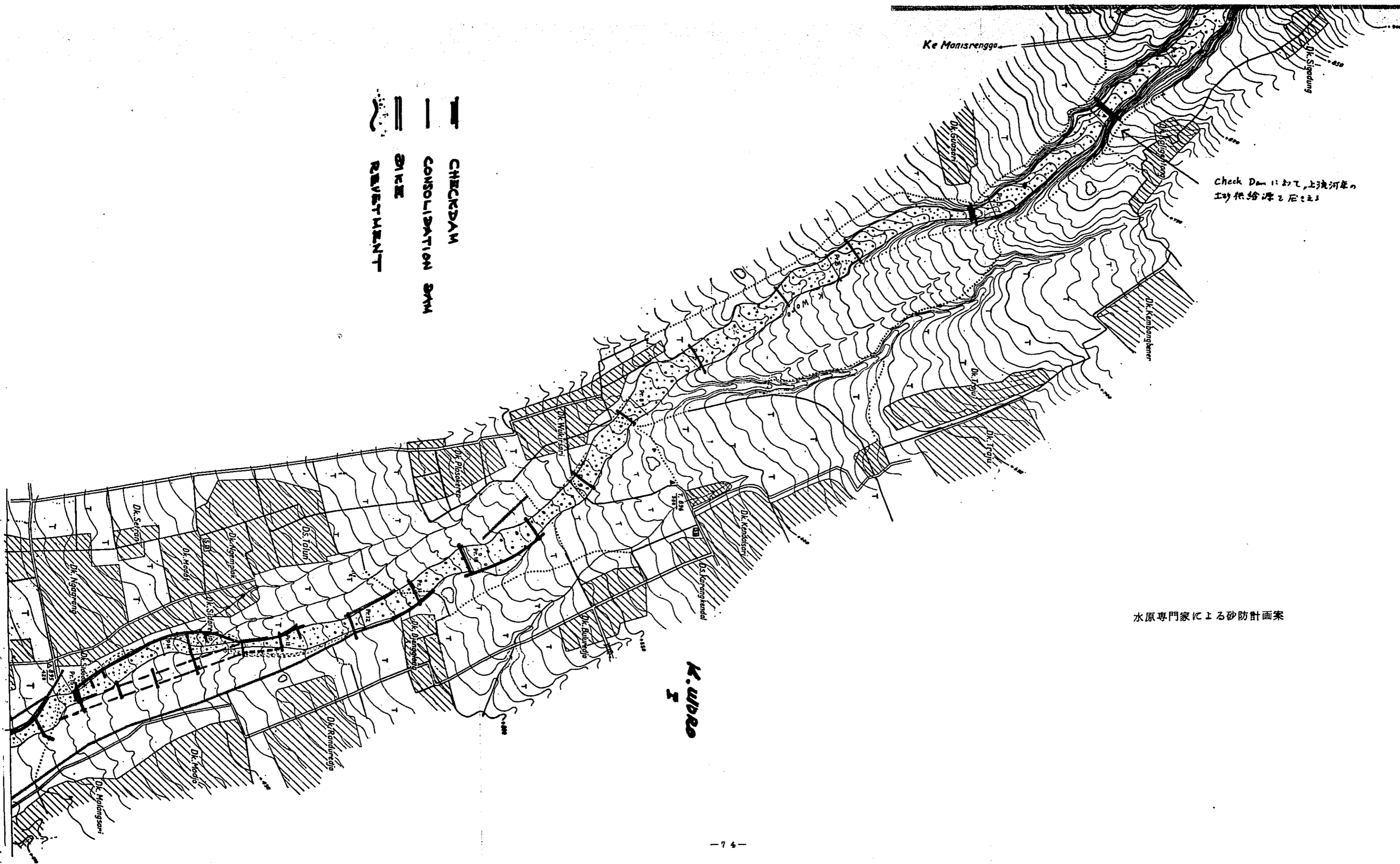
3-8-3 所要人員と所要期間、所要器材





砂防施設計画策定に際して、必要な人員としては日本側の専門家3人とインドネシア側のカウンターパートでパーティを粗み、5ヶ月間を必要とするものと考えられる。

日本側の構成人員3人のうち1人は、砂防計画の実務経験10年以上のエキスパートとしこの人をチーフに大学卒5年以上の実務経験者2人を助手とした構成が望まれる。

所要器材のうち、測量器具、その他の消耗品は、特に日本から持ち込まなくとも、現地のもので十分間に合うものと思われるが、現地踏査連絡用ジープ等は、日本側で用意することが必要である。

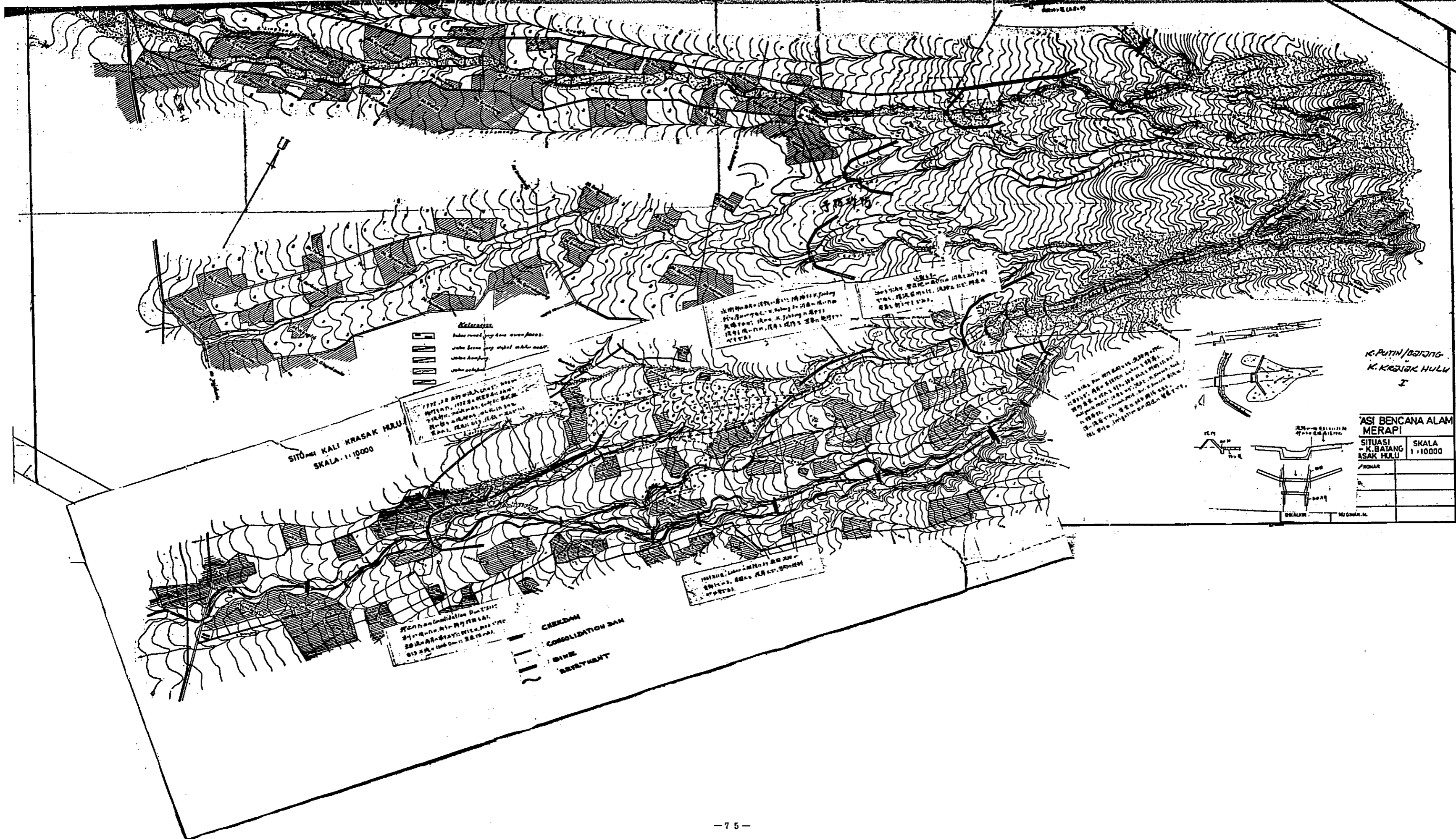
これ等は、被害状況調査、防災計画策定に共通して必要となるので、本調査のネットワーク作成段階で、検討の上、ロスのないよう調整されるよう希望する。



-  CHECKDAM
-  CONSOLIDATION DAM
-  DIKE
-  REVETMENT

Check Dam において、上流河床の
土砂供給源を防止す

水原専門家による砂防計画案



SITUASI KALI KRASAK HULU
SKALA 1:10000

- Legenda**
- Jalan raya
 - Sungai
 - Aliran
 - Garis kontur

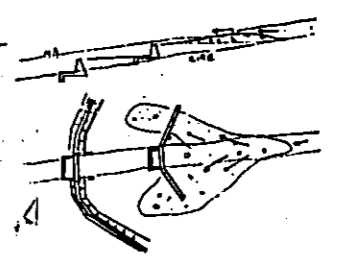
1. Situasi Konsolidasi Dam
2. Situasi Konsolidasi Dam
3. Situasi Konsolidasi Dam

- DAM
- KONSOLIDASI DAM
- DIKE
- REVELMENT

1. Situasi Konsolidasi Dam
2. Situasi Konsolidasi Dam
3. Situasi Konsolidasi Dam

1. Situasi Konsolidasi Dam
2. Situasi Konsolidasi Dam
3. Situasi Konsolidasi Dam

1. Situasi Konsolidasi Dam
2. Situasi Konsolidasi Dam
3. Situasi Konsolidasi Dam

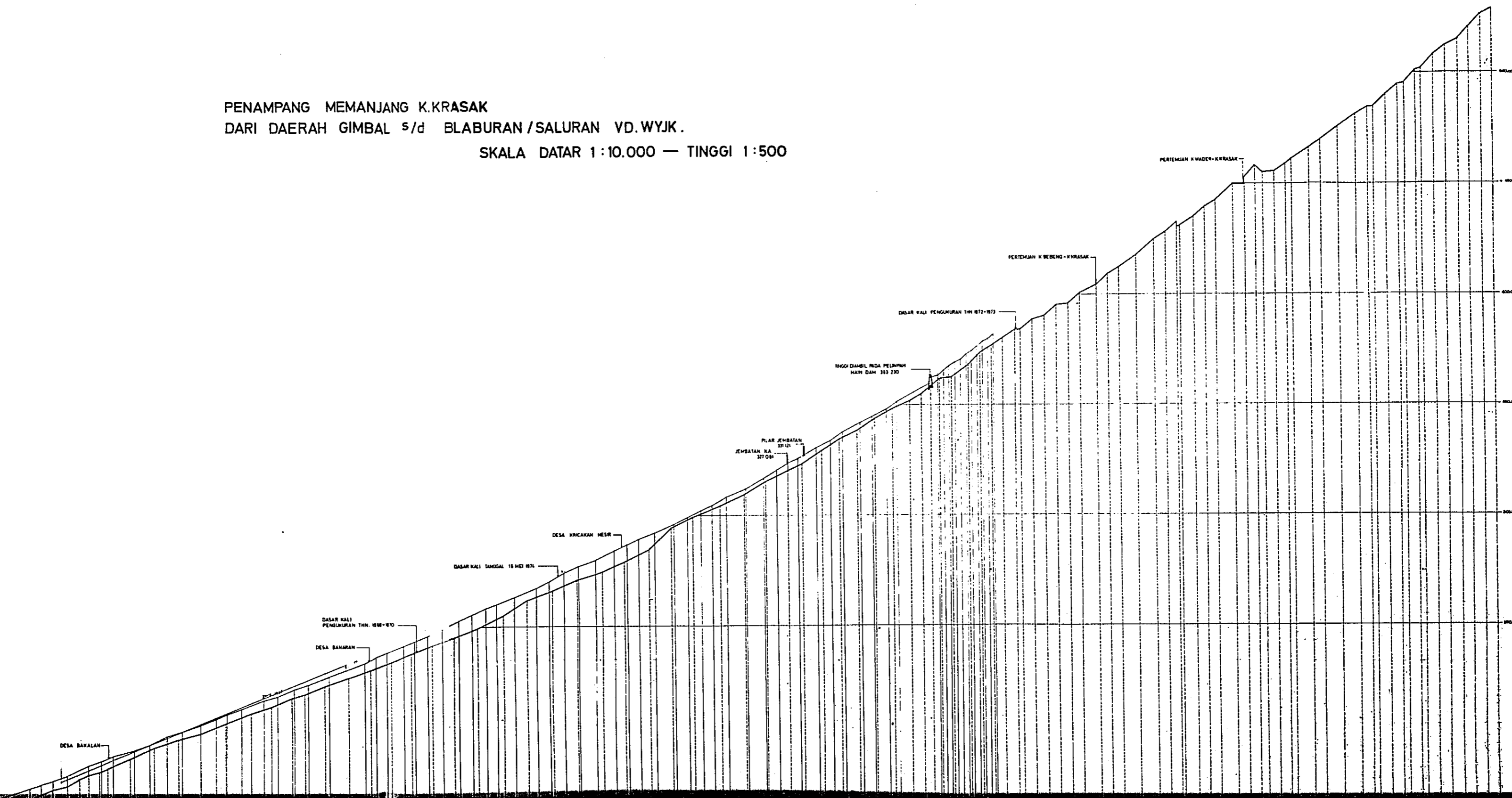


K. PUTIH / BARANG
K. KRASAK HULU
I

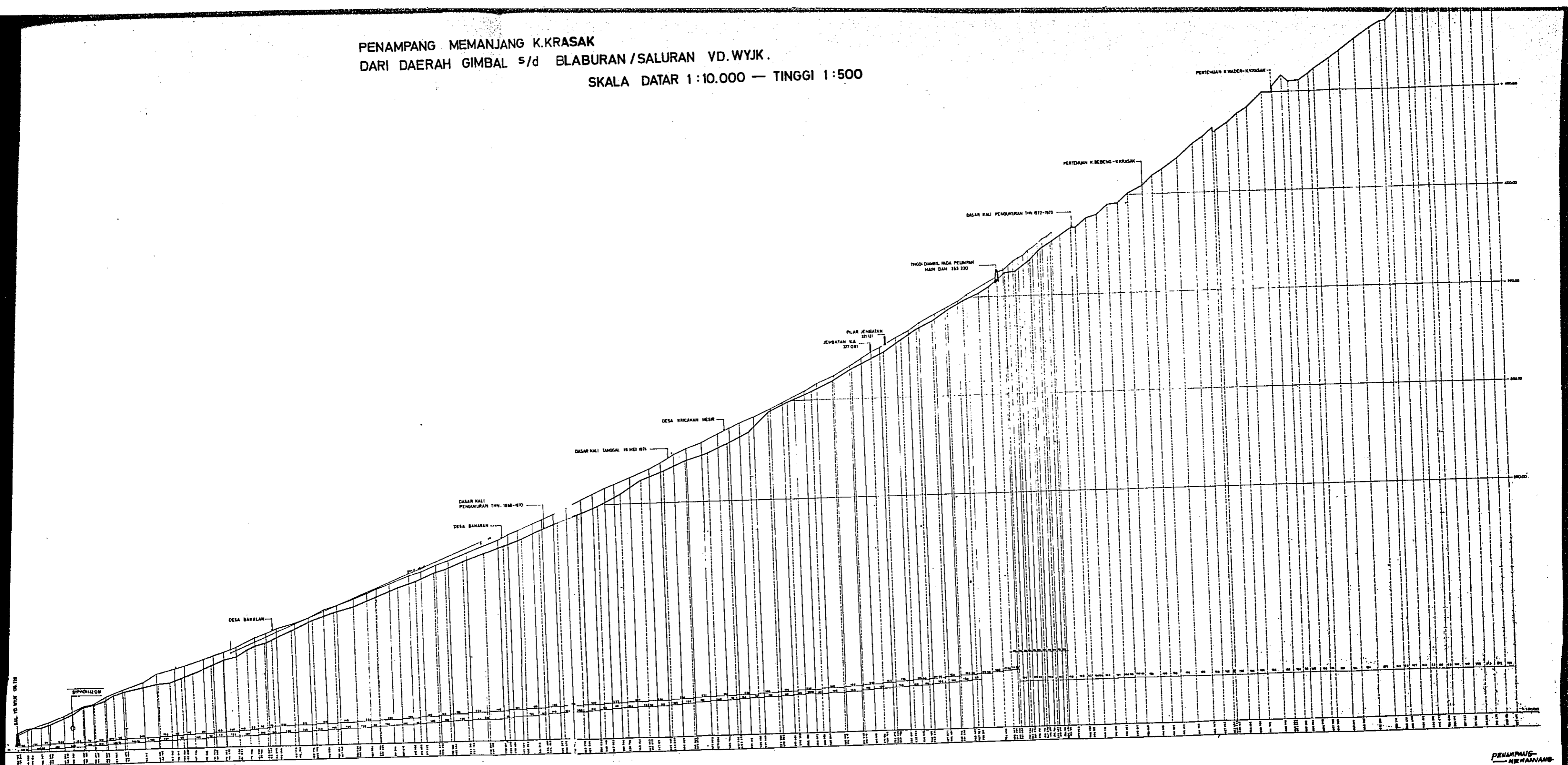
| | |
|-----------------------------|---------------|
| ASIA BENCANA ALAM MERAPI | |
| SITUASI K. BATANG ASAK HULU | SKALA 1:10000 |
| NO. 1 | |
| DESAIN | REVISI |

PENAMPANG MEMANJANG K.KRASAK
DARI DAERAH GIMBAL s/d BLABURAN /SALURAN VD.WYJK.

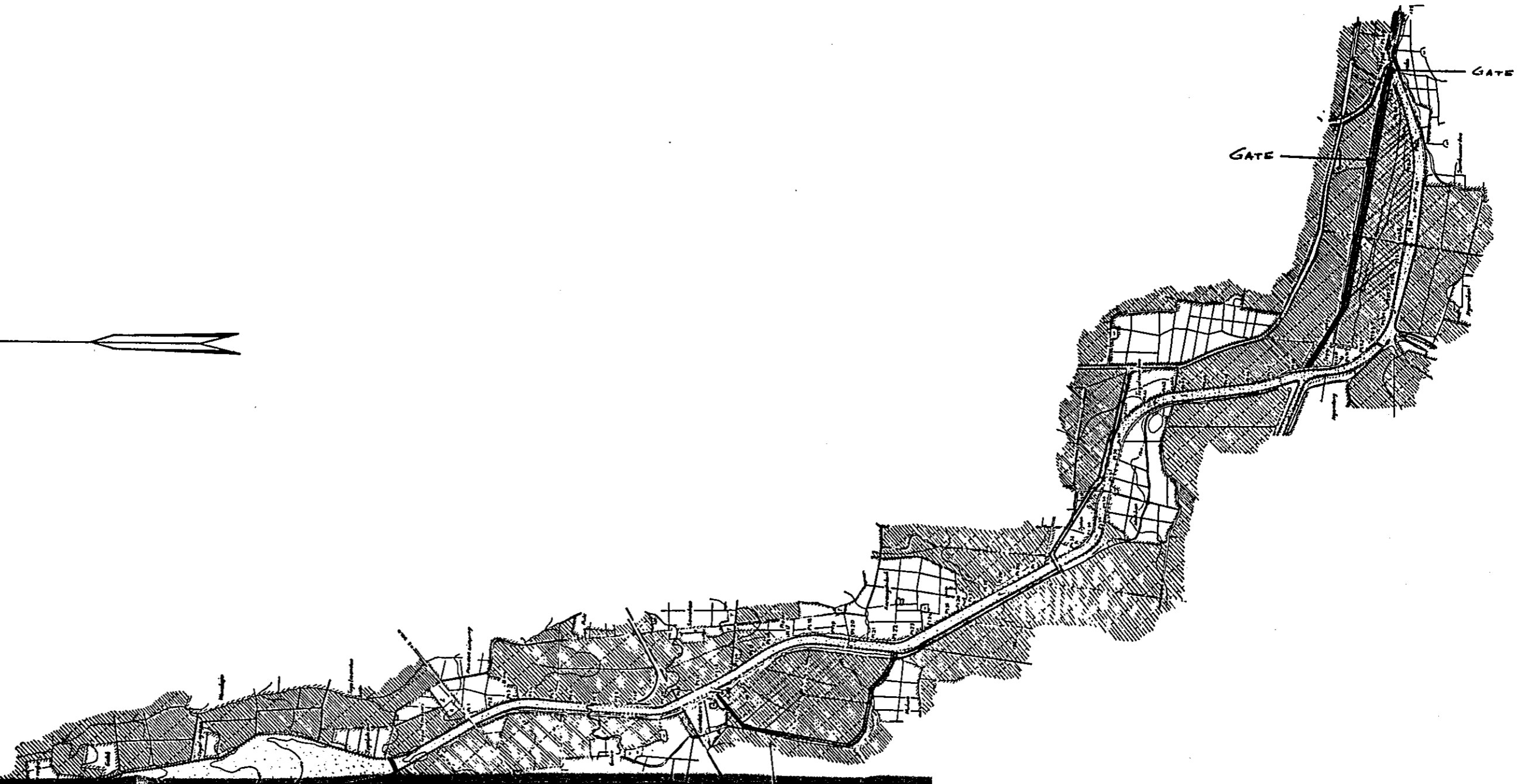
SKALA DATAR 1:10.000 — TINGGI 1:500

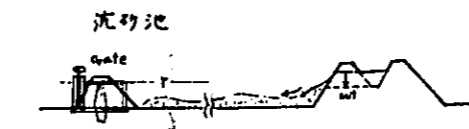
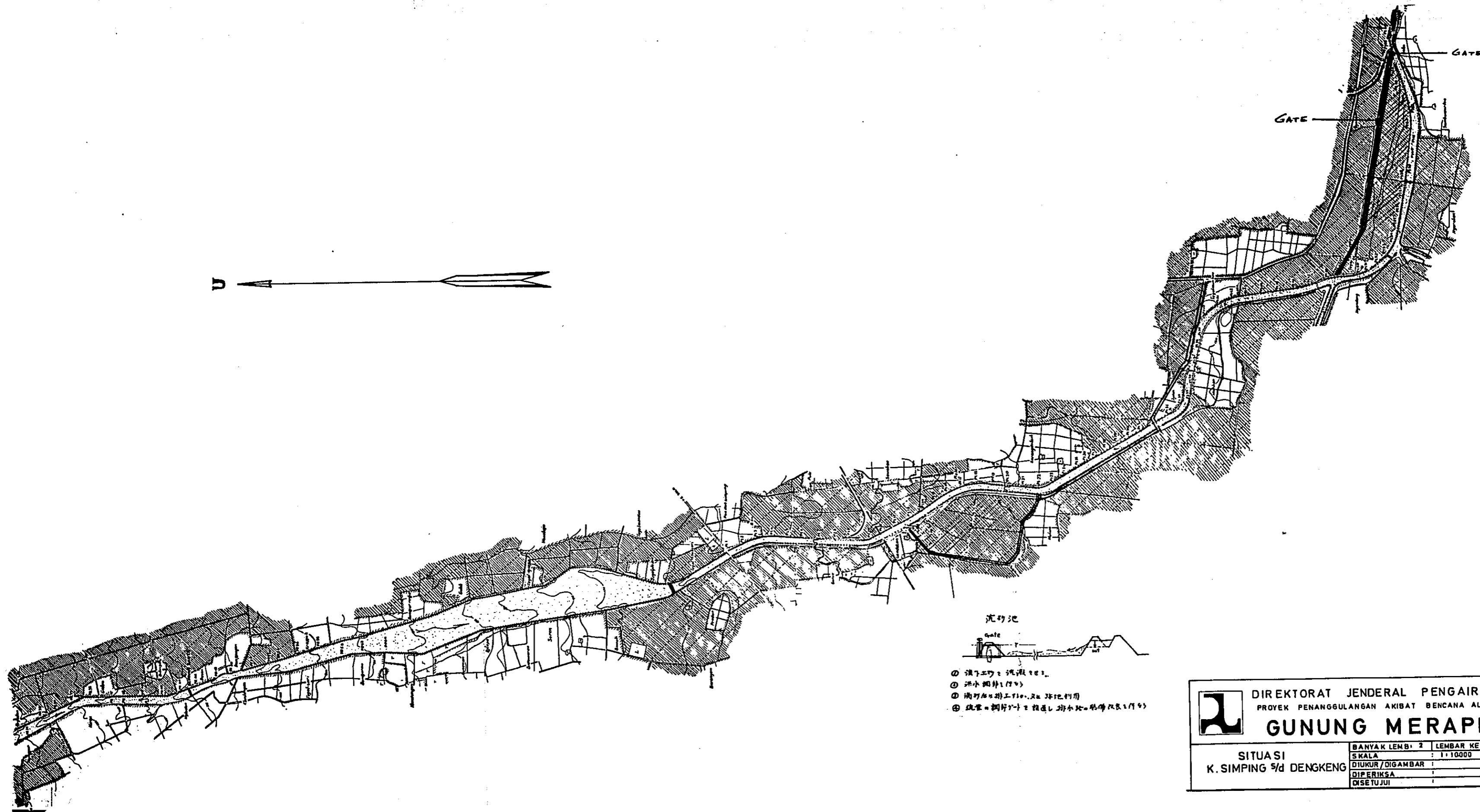


PENAMPANG MEMANJANG K.KRASAK
 DARI DAERAH GIMBAL s/d BLABURAN /SALURAN VD.WYJK.
 SKALA DATAR 1:10.000 — TINGGI 1:500



PENAMPANG
 K. KRASAK





- ① 填土工程之沉砂池
- ② 洪水調節(1/100)
- ③ 洪水調節工程之土地利用
- ④ 疏濬工程之河道(1/100)

| | | |
|------------------------------------|--|--------------|
| | DIREKTORAT JENDERAL PENGAIRAN PROYEK PENANGGULANGAN AKIBAT BENCANA ALAM | |
| | GUNUNG MERAPI | |
| SITUASI K. SIMPING 5/d DENGKENG | BANYAK LEMB. 2 SKALA : 1:10000 | LEMBAR KE. 2 |
| | DIUKUR/DIGAMBAR : | |
| | DIPERIKSA : | |
| | DISETUJUI : | |

附 録

| | | |
|----|-------------------------------|--------|
| 1. | Scope of Work (Draft) | (2) |
| 2. | 調査計画に関する調整作業及び経緯 | (27) |
| 3. | 資料リスト | (32) |
| 4. | 関係機関組織図 | (34) |

(Draft)

Jakarta, February 24, 1976

**SCOPE OF WORK
ON
BASIC AND PRACTICAL STUDY FOR MASTER PLAN IN LAND EROSION
AND VOLCANIC DEBRIS CONTROL IN AREA OF MT. MERAPI
IN THE REPUBLIC OF INDONESIA**

(I) INTRODUCTION

The Government of Japan has, in response to the request of the Government of Indonesia, decided to conduct a basic and practical study for master plan in land erosion and volcanic debris control in area of Mt. Merapi, in accordance with laws and regulations in force in Japan. The Japan International Cooperation Agency (JICA), the official agency responsible for implementation of technical cooperation programmes of the Government of Japan, will carry out the study in close cooperation with the Indonesian authorities concerned.

(II) OUTLINE OF THE STUDY

1. Objective of the study

The objective of the study are: to examine present condition of the area influenced by Nuee Ardentes and the Secondary Lahar from Mt. Merapi and to make a Master Plan for reduction of disaster mentioned above.

2. Project area

Project area is described as follows: Namely, all tributaries and mountain slope up to the confluence points of Kali Progo and Kali Opak, surrounded by Kali Pabelan, south-eastern part of Mt. Merapi and, concerning Kali Woro, the area up to the confluence point of Kali Lusa and Kali Dengkeng.

3. Scope of work

In order to achieve the objectives of the study, the JICA shall undertake the following works:

- i) Topographical and geological study
- ii) Hydrological and meteorological study
- iii) Study of mechanism of sediment deposition and discharge
- iv) Study of damage condition
- v) Study of present land-use condition
- vi) Study of economic situation

- vii) Study of synthetic disaster protection plan
- viii) Study of Sabo works plan

(II) 3) i). Topographical and geological study

1) Aerial photograph preparation

The obtained information shows, aerial photographs might have been taken in 1959 and 1973, however, topographical feature has changed through these years and also they do not cover whole area around Mt. Merapi. Therefore new aerial photographs should be taken for base map production, aerial photo-interpretation and aerial photograph measurement. The scale of aerial photographs will be around 1/10.000 judging from both required accuracy and economical and landform limitation, so that they are taken by camera with 15 cm focal length at 1,500 m high above sea level in foot area, and with 30 cm focal length at 4,500 m high above sea level in mountainous area. The required instruments are on usual aircraft and aerial cameras. The required man-month will be by 2 (two) persons, 4 months.

2) Map preparation

Although 1/50.000 maps which was made thirty years ago are in use now, topographical feature and land use have changed, and also the method of expression is not so enough in accuracy because of planimetric survey method.

Therefore, it is essential to produce new maps around Mt. Merapi area, and they should be by photo-grammetry which is superior than land survey in view point of accuracy and cost. The scale will be 1/10.000 and contour interval will be 2 m not only for investigation but also for design of facilities.

For mapping, more number of control points are required and they shall be established by aerial triangulation with limited amount of ground-survey.

Required instruments are 2nd order plotting instruments, comparator, electric computer, optical-electronic range meter, transit and level.

Man-month will be 4 months by 20 persons.

3) Land condition map preparation

This will be basic data for analysis of Nuee Ardente and lahar behaviour and volume estimation of their deposits. The above mentioned map shall be produced by the discipline of geomorphology with help of geology and by means of photo-interpretation and field survey.

The plotted contents will be as follows:

- (1) Distribution of Nuee Ardente landform and their chronology.

- (2) Distribution of Lahar landform and their chronology.
- (3) Nuee Ardente distribution and their chronology by means of geological section.
- (4) Morphological classification of valley.
- (5) Chronological classification of valley.
- (6) Causal classification of valley.
- (7) Valley originating points and extinction points.
- (8) Landslide.
- (9) History of disastered area.
- (10) Potential Lahar area.
- (11) Surface geology.

Required man-month will be 10 months by 4 persons.

4) Analysis of destructive force by Nuee Ardente

This will be pursued by geomorphological investigation by using aero-photographs and land condition maps. At the time of Nuee Ardente landing, enormous amount of energy is consumed at the expense of rock rolling and land erosion. This energy, in another saying, destruction force will be made clear by following principle:

- (1) The liquidity of Nuee Ardente just before deposition can be estimated by analysing the depositional landscape of Nuee Ardente.
- (2) Landform control to Nuee Ardente flowage and deposition will make clear the relative difference between the Nuee Ardente energy and hardness of the earth.

The required man-month will be 1 month by 2 persons.

5) Volume estimation of future Nuee Ardentes deposits at each upper reach

This will be pursued by geomorphological investigation by using aerophotographs and land condition maps.

Landform control to Nuee Ardentes flowage and deposition will have been made clear at foreward study. With these data, this estimation will be carried out at each scale of eruption.

The required man-month will be one month with two persons and,

6) Volume estimation of future eroded materials

This will be pursued by geomorphological investigation by using aerophotographs and land condition maps.

The degree of valley development at different aged deposit will make it possible to estimate the rapidity of future valley development and the volume eroded away.

The required man-month will be one month with two persons.

7) Rapidity estimation of valley development

This work is pursued by comparing two pairs of aerophotographs which are taken at different time at same place.

The one aerophotographs should be as old as possible among existing ones and, the another one is the newly taken photographs as mentioned above.

This estimation will be carried out 500 m intervals at each 20 valleys for uppermost 3 km reaches, so that the number of cross section will be 120.

The required instruments are 2nd order plotting machines and man-month will be one month with two persons.

(II) 3. ii). Meteorological and hydrological study

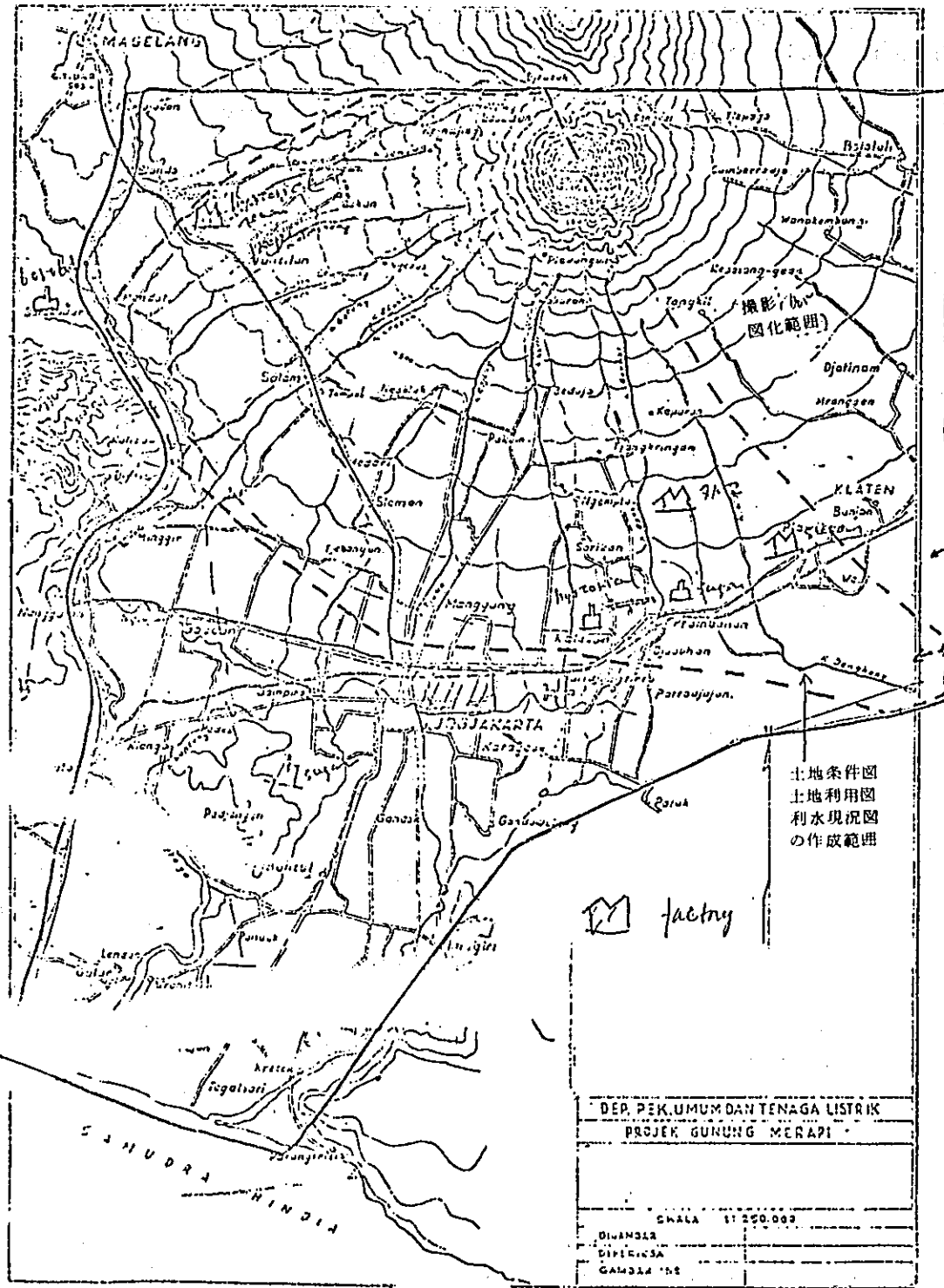
1) Flood discharge analysis

For the purpose of flood discharge analysis daily rainfall data which are collected by "Project G. Merapi", "Province Office in Yogyakarta" and "Indonesia Meteorological Agency" are available. About the hourly rainfall, the data which are collected by "Project G. Merapi" and "Indonesia Meteorological Agency" are available. Raingauge station which belong to "Project G. Merapi" are comparatively densely distributed in Merapi area, but duration of observation is so short term that it is not enough for the flood discharge analysis to use only these data. Representativeness of the point rainfall data is not expected so much because of the small extent of tropical storm. The characteristic of the storm in the other area should be also examined for better understanding about the Merapi area.

On the other hand, there is no numerical datum for the flood discharge observed in any tributaries, but there are some data about K. Progo, K. Opak, B. Solo, and K. Dengkeng, so the estimation of the discharge coefficient and delay of discharge should be done by using these data, and also should be followed by the field trace survey about the past flood.

2) Field trace survey and information collecting survey

In this survey field reconnaissance will be founded on some experiences about flood or inundation. In the tributaries the flood water often includes much sand and stone, so the trace of the flood can be used to determine the inundation area. A great part of this survey depends on cooperation by inhabitants living along the river. The items to be surveyed are the following.



Highest flood waterlevel in past time and date.
Flooded (Inundated) area.
Information about the overtopping or dike destruction.

3) Construction of discharge observation station

Along the trunk river K. Progo, K. Opak, B. Solo, the data collection are continued so exactly by automatic river gauge station and annual adjustment of H-Q curve, but along the tributaries there is no observed datum, so about the flood discharge analysis we can get only rough estimation.

To make analysis better, construction of some discharge observation stations is indispensable.

The station is constituted with automatic river gauge station and facilities for the flood quantity measurement.

The station should be constructed at least in 2 tributaries of K. Progo, one tributaries of K. Opak and in K. Woro.

4) Continuing the hydrological data collection

Data collection should be continued by the existing station and it is very important to make an exact H-Q curve at new stations.

5) Term requested for this survey

- a) Flood discharge analysis
1 person, 4 months
It is requested to arrange 1 assistant.
Reading the chart is not included.
- b) Field trace survey and information collecting survey
1 person, 1 month
It is requested to arrange 2 or 3 assistant.
- c) Construction of flood discharge observation station
1 person, 3 months
(4 stations will be constructed in same period.)
It is requested to arrange 1 assistant.
- d) Observation of flood discharge
1 person, 1 month a year
It depends on the period for this survey.
It is requested to arrange 4 - 5 assistants.

- e) Check following the analysis
1 person, 0.5 month

6) Facilities or equipments requested arrange for this survey

- a) Flood discharge observation station (for one station)
Well, house, staff gauge; 2 Pile; 2
Automatic river gauge
- b) Space for working and data keeping
Desk and chair, drawing table, cabinet; 2
- c) Vehicle
Jeep; 0.3
- d) Others
Level, staff, pole, tape, measurement string, stop watch, transceiver, transit,
hand level, kilvimeter, drawing equipment, handy electronic calculator, and
etc.

(II) 3 iii). Study of mechanism of sediment deposition and discharge

1) Survey of longitudinal and cross section of each river

- a) Purpose of the survey
This survey aims at analyzing following items by getting the correct and
precise longitudinal and cross section of each river of southern and south-
western slope of Mt. Merapi.
 - (1) Presumption of boundary (condition) of origination and stop of DOSEKIRYU
(Extraordinary debris flow) among Lahar flows.
 - (2) Estimation of amount of debris deposited in each river.
 - (3) Confirmation of the movement condition of deposited debris on each river
at the time of a flood.
 - (4) Evaluation of the effectiveness of Sabo structures.
 - (5) Fundamental data for study of construction sites of New Sabo structures and
design of these structures.
- b) Specification
 - (1) Area of survey
In upper and middle part of each rivers concerned, survey of cross section is

required, at intervals of 500 m with 1/500 accuracy and also, longitudinal section (Profile) of each river connecting the deepest point of each cross section is necessary.

Especially, survey of cross section at intervals of 50 m and/or 100 m is necessary in the vicinity of the upper part of Sabo structures (Check dam, Sand pocket, Consolidation dam and so on).

c) Figures of estimation

- (1) Number of river; 20, average length; 10 km, 20 sections so that 400 sections.
- (2) Upper part of Sabo structures: 100 sections
- (3) So that 500 sections in total (400 + 100)

d) Frequency of survey

- (1) Twice in a year (dry season and just after a flood) at active rivers (for examples K. Krasak, K. Putih, K. Woro, etc.).
- (2) Once a year (dry season) at other rather stable rivers and in the vicinity of Sabo structures.

2) Soil (debris) sampling by means of test pit

a) Purpose

It is necessary to make clear the thickness (depth) of deposit of Nuee Ardentes and Lahar and, especially in case of Lahar, it is possible to judge whether Lahar flow is DOSEKIRYU (Extraordinary debris flow) or not by analyzing the change of distribution of debris grain size along a tributary from upper part to middle part.

And also it is possible to get unit weight and specific gravity.

b) Specification

It is necessary to dig pits in depth of 6 m in a river bed, two pits in each active riversaries and one or two pits in each rather stable rivers if necessary in order to make clear the thickness (depth) of Lahar deposit, situation of deposit, distribution of grain-size, specific gravity and unit weight of materials.

This survey will be done at one or two places at mutual deposit strata of Nuee Ardentes and old Lahar (3 m).

The numbers of Test Pit are ten (10) in case of 4 – 6 m pits and five (5) in case of 3 m pits.

3) Survey of condition of debris deposit on a river bed

It is necessary to make the distribution map of debris deposit of each river from upper part to middle part by observing and examining the conditions and thickness of Lahar deposit and grain-size. The distance of survey is estimated 200 km.

4) Measurement of DOSEKIRYU (Extraordinary debris flow)

It is necessary to take into consideration of impact-pressure of Lahar flow for structural design in the case we plan a series of check dams in order to control Lahar flow movement.

For the purpose mentioned above, it is necessary to know the velocity of Lahar flow and its density.

Therefore, at K. Krasak, the measurement of velocity of DOSEKIRYU (Extraordinary debris flow) is done by means of two or three velocity-check-points of DOSEKIRYU along the river course.

And further more, measurement of the movement of DOSEKIRYU by means of V.T.R and/or Movie camera will be done it necessary.

5) Survey of cross section by means of aerophotograph reading

The survey of change of slope in the vicinity of the top of the volcano is done in order to make clear the situation of slope of the top of the volcano by means of aerial triangulation at intervals of 500 m about 3 or 5 km long from the top.

This measurement should be done just after the taking of new aerophotograph.

The numbers of sections are 120.

6) Survey of sand content

It is necessary to measure sand content in current water three or four times in a year at the confluence points of each river and trunk river (for example the confluence of K. Krasak and K. Progo) in order to estimate the effectiveness of debris control by means of Sabo works, and it is possible to decide the suitable debris amount which fits the current river course by analysing the relation between Sand Content and change of river bed.

This will be done by analyzing water taken by a bowl which has about 20 Lr content from current water.

Ten points in this area, and 100 times are necessary for this purpose.

7) Persons required

Experts from Japan: 3 persons/year x 3 years

Indonesian Counterparts: 6 persons/year x 3 years
Indonesian assistant worker: 12 persons/year x 3 years

8) Equipments, instruments and others

Transit; 2, Level; 3, Sieve; 2 pairs, Lahar flow velocity-check; 3 pairs,
Land Cruiser (Long chassis type) TOYOTA; 2, Video television recorder; 1 pair,
Automatic cable way; 1 pair

(II) 3 iv). Study of damage condition

1) The damage in and around Mt. Merapi is able to divide into two, namely direct damage by Lava and Nuee Ardentes flow and deposit caused by the eruption of Mt. Merapi and, damage by Lahar flow scouring and eroding old debris deposit in a heavy rainfall.

Nuee Ardentes – flow reaches up to considerable lower part of a river and, according to the information of Mt. Merapi office, Nuee Ardentes flow reached 13 km from the top of the volcano in 1969 eruption and 7 km in 1973 eruption, and occurred much damage along a river.

On the other hand, damage by Lahar spreads wider farther lower part of a river and the amount of damage on October 3, 1975 reached about 208 million Rp. and, bridge was broken. And economic and social activities were considerably suffered and affected by this casualty. We can not neglect this influence to economic and social activities. And further more, the frequency of damage by Lahar is considerably high and reported damage reached twelve times in case of Kali Putih in 1969.

2) Therefore, in coming regular survey, the damage condition of following items should be examined chronologically as for Nuee Ardentes flow and Lahar flow after 1930 eruption:

- (1) Dwelling house and facilities.
- (2) Paddy field and other field.
- (3) Forest.
- (4) Estate.
- (5) Stock farming.
- (6) Transportation and communication.
- (7) Commerce.
- (8) Inhabitants.
- (9) Public facilities (school, hospital, road, bridge, railway and etc.)
- (10) Agriculture and irrigation facilities.
- (11) Water supply system.

And, it is necessary to mention about the cause and economical loss caused by the suspension of economical activities.

And, we can get a part of data mentioned above at this time survey from Mt. Merapi office as for the data after 1969.

The damages other than direct damages mentioned above can be observed in lower part of each tributary and trunk river (for example Kali Progo).

Supply of debris from upper part has caused upgradation of a river bed and increase of inundation damage caused by decrease of river course capacity, and has caused the damage of irrigation intake by filling up with sand materials.

These damages mentioned above should be done by coming regular survey team.

Economical loss by debris deposit of lower part of each tributary and trunk river (for example Kali Progo) is supposed to reach considerable amount because its affected area spreads widely and broadly.

As the method of this survey, the study of statistic data of provincial Government, information collection from inhabitants and project office concerned, other published report in this area concerning irrigation system are recommended.

- 3) Duration of survey and study: Two (2) months
- Persons concerned: One (1) expert from Japan
- One (1) counterpart from Indonesia

- 4) Equipments, instruments and others.

(II) 3 v). Study of present land use condition

- 1) Land use map preparation

This will be prepared for the regional planning and intake planning, etc. The scale of map will be 1/10.000, and produced by photo-interpretation and field survey. Required man-month will be 3 months by 4 persons.

(II) 3 vi). Study of economic situation

- 1) Circumstance survey of regional society

Above mentioned survey will be carried out in order to estimate the cost-benefit in case of setting Sabo works around Mt. Merapi, as well as to estimate the damage in case of no counter-measure as Sabo works. In another way of description, the purpose of this survey is forecasting future circumstances influenced by Sabo works.

Contents of the circumstance survey are shown in the following table. Some of them has been already carried out by census and these data are put in order to each local administrative unites. As far as Yogyakarta special city is concerned, most of data required for this survey has been also prepared in the Regional Planning Project carried out by UNESCO.

Although these data should have been arranged to each river system or similar way by

which the effectiveness of Sabo like countermeasure can be estimated, they are not available so far.

Therefore, some of data should be obtained in such a way that there will be no time lag from existing data.

2) The contents of survey

| Item | Index | Method |
|-----------------------------|--|---|
| 1. Population | (1) Population sex. village. | Statistics by local administrative office |
| 2. Property | (1) Personal property, house, household furnishings farm, implements farm products | Document survey, Hearing survey |
| | (2) Public property, road, railway, water supply, electricity, communication, irrigation facilities, school public house, temple | Document survey, Hearing survey |
| 3. Industry | (1) Agriculture area, farm product - classification, amount of each farm products | Document survey, Hearing survey |
| | (2) Forestry area, farm product - classification, amount of each farm products | Document survey, Hearing survey |
| | (3) Live stock raising live stock classification and each number | Document survey, Hearing survey |
| | (4) Commerce number of shop, amount of commodity | Document survey, |
| 4. Social system | (1) Irrigation ownership | Document survey, Hearing survey |
| | (2) Associated working system in village | Field survey |
| | (3) Thinking way of people | Field survey |
| | (4) Religion | Field survey |
| 5. Historic remains | Distribution of historic remains | Document survey, Hearing survey, Field survey |
| 6. Grand view Recreation | (1) Grand view check by usual map and bird's eye map | Document survey, Field survey |
| | (2) Recreation | Document survey, Hearing survey |

Notes: Item 3 (Industry) is being concerned, mining industry and service industry is excluded because it is pure agricultural area. Rehabilitation is excluded from this survey because it is beyond the scope of this project.

(II) 3 vii). Study of synthetic disaster protection plan

1) Study of dangerous area

The damage of Nuee Ardentes is attributable to the eruption of Mt. Merapi and, it is quite difficult to predict the magnitude of origination, tendency of direction of its flow and its running disorigination, tendency of direction of its flow and its running distance. Therefore, according to the information, considerable loss of (human) lives were occurred in the past big eruption before 1930.

So that, the Government of Indonesia has set up the dangerous area in this area. This conception is very much important from the view point of Synthetic Disaster Protection. Therefore, after the comprehensive review of the results of studies mentioned in (II) 3 iii), iv), v) and vi), it is considered to be necessary to improve the actual situation of existing dangerous area, namely:

- a. Closed area (Daerah Terlarang)
- b. First dangerous area (Daerah Bahaya I)
- c. Second dangerous area (Daerah Bahaya II)

2) Making of evacuation system against volcanic activities

It is necessary to implement the study for making Evacuation Standard in connection with the review of above mentioned dangerous area.

The following items are suggested for this purpose:

- a. Study on forecasting the precise volcanic activities.
- b. Study on actual situation of communication net-work.
- c. Study on evacuation place, and way of evacuation leading and instructions.

Then, evacuation standard should be made by the assistance of Geological Survey, Bandung.

3) Arrangement of Lahar flow and flood forecasting and warning system and evacuation system

The relation between rainfall and origination (occurrence) of Lahar flow is expected to be cleared and analysed by coming regular survey team.

Therefore, we hope, it is expected to be possible to forecast the origination (occurrence) of Lahar flow if raingauges are fully installed in the area concerned and communication net-works are fully operated in the area. These arrangements would be better to be implemented by Indonesian side.

4) Economic evaluation and set up of suitable master plan

After due consideration of above mentioned study-items from (II) 3 i) to vi), it is expected to set up the suitable scale of Sabo Plan and should be evaluated the decreasing amount of damage foreseeing economical and social activities and conditions of certain range of years which will be determined during course of study.

5) Duration and persons required

Two persons x 3 months.

Expert from Japan 1 person x 3 months.

Indonesian engineer 1 person x 3 months.

6) Equipments, instruments and other goods

(II) 3 viii). Study of Sabo works plan

1) Sabo countermeasures for controlling volcanic debris flow during volcanic activities

As regards the countermeasures against Nuee Ardentes flow during the activities of Mt. Merapi, it is expected to be judged after the due consideration of the results of coming regular survey team described before in (II) 3 i) – vii).

At present, in the stage of preliminary survey, it seems to be impossible to suggest conclusion on this matter.

2) Sabo countermeasures for controlling volcanic debris flow during rainfall

Debris-flow at the time of heavy rainfall, is caused by erosion of deposit of Nuee Ardentes (Ladu) and old Lahar deposit in the upper part and also, it is caused by erosion of old Lahar deposit in the middle part of mountain slope.

Therefore, as for making of Sabo works plan, it is necessary to carry out direct check method by means of Sabo step dams based on the erosion phenomena of the deposit of Nuee Ardentes (Ladu) and the deposit of old Lahar.

And then, in the transportation area of the debris, it is necessary to shorten (decrease) the running-distance of Lahar-flow and control debris transportation at the time of a flood by means of a series of Sabo dams and sand pocket. And channel work is required at the lower part in such a river.

As for the fundamental dimension of Sabo master plan for necessary tributaries of Mt. Merapi, it is necessary to set up amount of debris and the biggest amount of debris at the time of a designed flood which will be determined during the course of study; and the making of counter-measures which diminish the above mentioned debris amount as much as practicable is required.

In the river course of trunk river where occurs many sedimentation troubles, some alternative countermeasures will be adopted. For example,

- (1) to make sedimentation basin (pond) in the vicinity of Sabo base point (for example, in the vicinity of natural swampy area of confluence point of K. Dengkeng, and K. Lusa) and, to dredge after full deposit.
 - (2) to increase tractive force (transportation force) of running water by means of short cut of trunk river.
 - (3) to dredge river bed of trunk river.
- 3) Study on approximate estimation of project cost and its construction schedule

The study on labour and construction materials and, the study on construction machinery are required for the above mentioned purpose.

- 4) Persons required

Three (3) persons x Five (5) months.

(Experts from Japan 2, Indonesian engineers 1)

- 5) Equipments, instruments and other goods.

**ON THE SYSTEMATIC WAY OF DATA GATHERING,
ANALYSIS AND PLANNING OF THE MASTERPLAN OF MT. MERAPI**

1. PREFACE

Public works are the most basic measure in order to develop country.

Nothing to say, the influence and effect of the public works grows graver, more complicated and extensive, as the scale and scope of them grow bigger.

And the budget for public works should occupy the greater part of the finances.

It is very important for us to to make the process of planning and execution clear, reasonable and logical in order to carry out much public works.

And we do not have enough time nor money and skillful engineers. Needless to say, as long as public works, which are almost equal to construction works, carry out in order to establish welfare state, we must make clear and trustworthy explanations of the necessity and propriety of our plans.

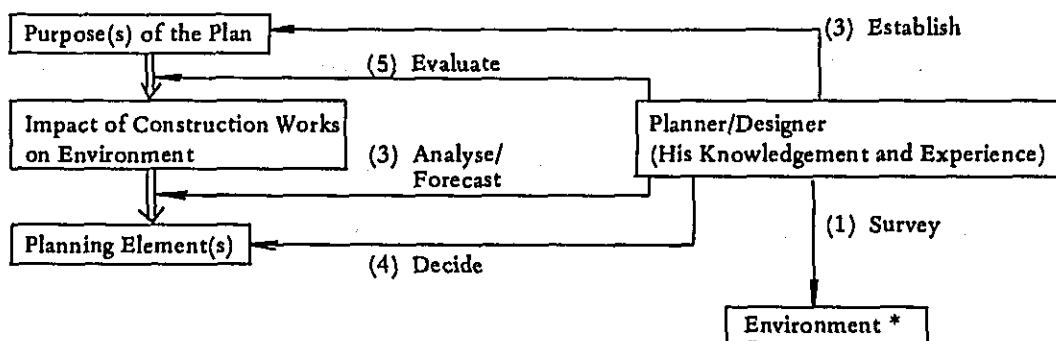
According to the reasons mentioned above, it is quite important and necessary to establish the systematic way of data gathering and planning.

We would like to make our final plan report on the basis of this idea.

2. PRINCIPLE OF OUR SURVEY

2-1 Basic way of thinking concerning our survey

Fig. 2-1-1 Framework of Planning



* Environment, herein, means all of the element or factor that influences our plan; everything natural and moral.

2-2 Relation between plan and environment

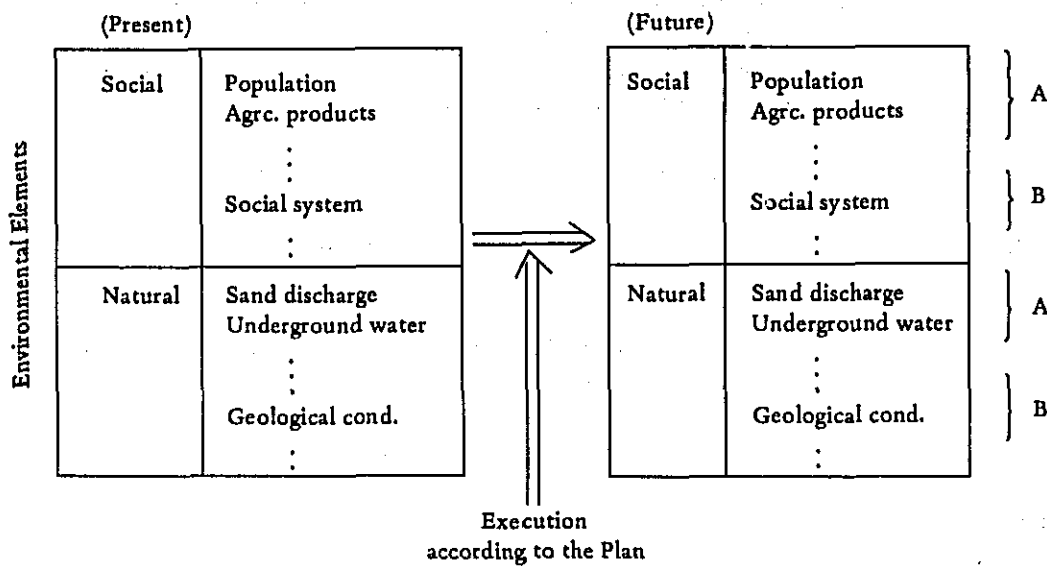
Our plan is always checked and influenced by quite many environmental elements.

We classify the environmental elements into two categories.

One of them is that we can recognize before execution of construction works.

And another one is that we can recognize or predict after execution; in the future.

Fig. 2-2-1



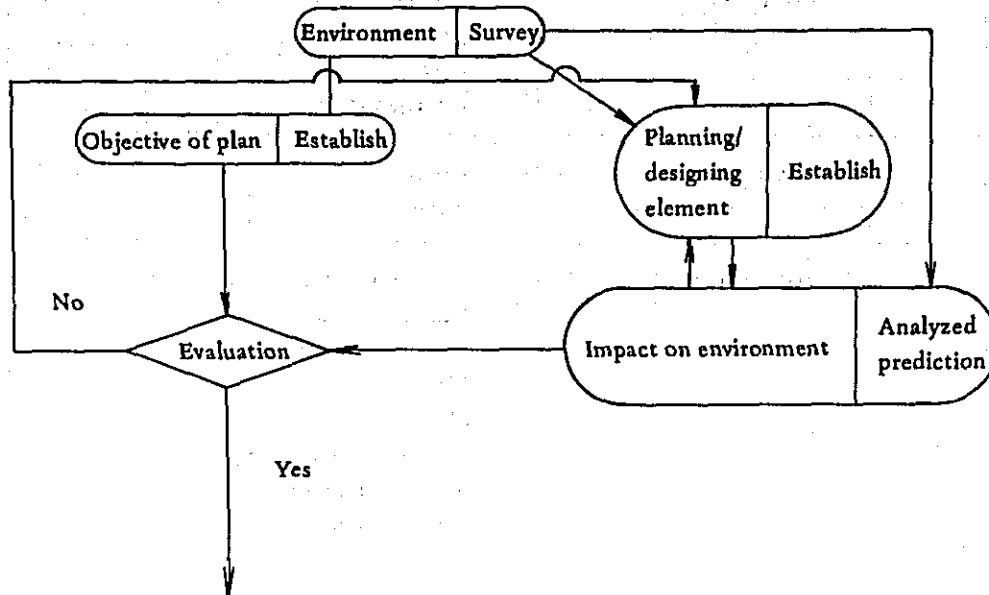
- A : Elements which are influenced by plan
- B : Elements which are not influenced by plan

As soon as / After we carried out our plan, especially construction works, some of environmental elements will change gradually or suddenly.

We recognize that these changes should be the impact on environment by our plan.

It is the objectives of our survey to recognize these changes, and we call it 'survey'.

2-3 Process of plan making



At first, we must make the list of elements of environment.

Table 2-3-1 List of Elements of Environment Concerning Sabo Planning

| No. | | Elements |
|-----|-----------------------|---------------------------------------|
| 1 | Natural conditions | Meteorological |
| 2 | | Geological, soil mechanical |
| 3 | | Topographic |
| 4 | | Transformation of ground surface |
| 5 | | River |
| 6 | Water level discharge | Discharge |
| 7 | | Storage volume of sand (water) |
| 8 | | Discharge capacity of dam |
| 9 | | Water level of dam |
| 10 | | Discharge capacity of river |
| 11 | | Water level of river |
| 12 | | Underground water level and discharge |
| 13 | Sand | Sand discharge |
| 14 | | Sand yield of dam |
| 15 | | Sand transported |

| No. | | Elements |
|--|------------------------|--|
| 16 17 18 19 | Water quality | Ground surface Reservoir River Underground water |
| 20 21 | Biological | Ground Water |
| 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 | Social elements | Agricultural, forestry, livestock Mining, industry Housing, trading Fishery Shipping Utilization of deposited material Social, welfare system Population, property Landuse Facilities of another system Separation of community Public hazard |
| 34 35 36 | | Intake Drainage Water quality |
| 37 38 | | Scale of inundation Damage caused by inundation |
| 39 40 41 | | Remains, cultural asset Recreation Scenary (sight seeing) |
| 42 43 44 45 | | Stability of structure Cost for execution Cost for management Facilities for river |

3. REPORT

1. Inception Report

The JICA will prepare and submit to the Government of Indonesia 30 copies of Inception Report (in English) at the beginning of the field survey.

2. Interim Report

The JICA will prepare and submit to the Government of Indonesia 30 copies of Interim Report (in English) within months after the commencement of the field survey. The Government of Indonesia will provide the JICA with its comments within 30 days after the receipt of the Interim Report.

3. Draft Final Report

The JICA will prepare and submit to the Government of Indonesia 30 copies of Draft Final Report (in English) within months after the receipt of the comments of the Interim Report. The Government of Indonesia will provide the JICA with its comments within 30 days after the receipt of the Draft Final Report.

4. Final Report

The JICA will prepare and submit to the Government of Indonesia 30 copies of Final Report within days after the receipt of the comments on the Draft Final Report.

4. COLLABORATION OF THE GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA

For the purpose of the study, the Government of Indonesia will cooperate to the extent possible by:

1. Providing the study team with the below mentioned data and information for its use in connection with the study.

The responsibility of translating relevant reports and information rests on the Japanese team.

2. Assuring the security of the Japanese team members and survey equipment to the extent possible.
3. Exempting the study from taxes and duties for machinery and equipment and materials.
4. Assigning counterpart personnel (officials/engineers) to the team during the survey period.

5. Providing the Japanese study team with suitable office space and office equipment necessary for the study.
6. Making arrangements for accommodations and field office required for the study work, when necessary.
7. Providing the Japanese team members with medical services, when necessary.
8. Providing vehicles.
9. Providing to the extent possible, all technical data and materials required for the study and allowing their transfer out of the Republic of Indonesia to Japan by the Japanese study team.
10. Providing any other available facilities that may be required for the execution of the study.

LIST OF EQUIPMENTS, INSTRUMENTS AND OTHER GOODS

| | | |
|-----|---|---------|
| 1) | Vehicles, Land cruiser (Long chassis type) | 5 |
| 2) | Electric calculating machine | 3 |
| 3) | Electric calculating machine (Portable type) | 6 |
| 4) | Copying machine, U-Bix (XEROX) | 1 |
| 5) | Handy walky talky (Portable transmission receiver) | 6 pairs |
| 6) | Copying machine Ricoh's BS 310 | 1 |
| 7) | Camera | 5 |
| 8) | Stereoscope for aerophotograph | 1 |
| 9) | Movie projector 16 mm and Movie camera | 1 |
| 10) | Movie projector 8 mm and Movie camera | 1 |
| 11) | Slide projector | 1 |
| 12) | Portable altimeter | 3 |
| 13) | Telescope | 3 |
| 14) | Transit | 3 |
| 15) | Level | 5 |
| 16) | Sieve (Screen) | 2 pairs |
| 17) | V T R | 1 set |
| 18) | Automatic cableway | 1 set |
| 19) | Current meter | 2 |
| 20) | Hand level | 5 |
| 21) | Instruments for measuring of current water | 1 lot |
| 22) | River course measurement instruments | 1 lot |
| 23) | Desk and chair | |
| 24) | Drawing set and equipments | 1 lot |
| 25) | Many kinds of consumable goods (Consumables) | 1 lot |
| 26) | Other necessary equipments, instruments and goods agreed between two countreis; especially volcanological observation instruments | 1 lot |

Element No. 14 Sand Discharge

| Element | Model, Analysis Method | Input Data |
|--------------------------|---|---|
| <p>1. Sand discharge</p> | <p>Estimate and forecast the sand discharge from the upper basin</p> <ul style="list-style-type: none"> o TANAKA's formula: <p>Input: The geological factor and topographical factor Output: Sand discharge</p> o MURANO'S formula: $\log Q_a = -3.198 - 0.2059 \log A + 0.9687 \log \bar{P} + 1.2131 \log M_e + 0.6757 \log R_r$ <p>Q_a: Annual average sand discharge (m³/km²/year) A: Catchment area (km²) P̄: Annual average precipitation (mm) M_e: Average altitude of catchment area (m²) R_r: (Maximum altitude – Lowest altitude) / Length of river iron the highest point to the lowest point</p> o EZAKI's formula: $V_s = 8.85 S^2 + 7.83 I (A_d/A) D^2$ <p>V_s: Total sand yield of the dam in certain duration (m³) A: Catchment area (km²) I: Total amount of discharge in certain duration (m³) A_d: Total area of slope failure (km²) S: Average gradient of the riverbed just upperpart of reservoir D: Average gradient of slope failure</p> o DOKEN formula o ISHISOTO formula o FERREL formula | <p>Precipitation Geological factor Topographical map Topographical map near the reservoir Area of slope failure Vegetation</p> |

2. 帰国後の調査計画に関する調整作業及び経緯

事前調査団帰国後、Draft S/Wに多少の変更を行う必要が生じ、ムラビ調査計画に関し、事前調査団とJICAで経費及び工期の調整を行ない8月4日、29日各省会議を開催し、次のように日本側として実施することとした。

各省会議々事資料

(インドネシア国ムラビ火山砂防基本計画実施計画案)

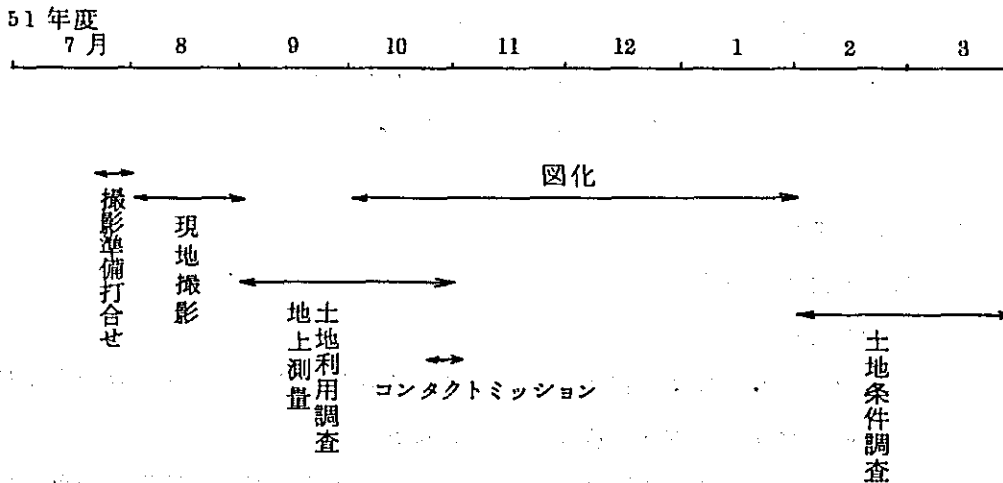
1. 年度別計画

| | | | | |
|------|-------|------------|----------------|---------------------------|
| 51年度 | 地形図作成 | 撮影縮尺 | 1/40,000 | 2,300km ² |
| | | 現地調査 | 1/10,000 4名 | 800km ² 2ヶ月 |
| | | 図化 | 1/25,000 | 1,500km ² |
| | | 土地利用図作成 | 1名 | 2ヶ月 |
| | | 土地条件図 現地調査 | 1名 | 2ヶ月 |

CONTACT MISSION (15日 4名)を派遣し、今後の作業状況及び52年度以降の調査計画内容について、1側と協議する。

| | |
|------|--|
| 52年度 | 基礎資料収集調査(20M.M) 土地条件図作成調査 |
| 53年度 | 基礎資料収集及び解析を現地で行ない Progress Report 作成(11M.M) |
| 54年度 | 資料堆積計画策定(Draft Final Report, Final Report 作成(14M.M)) |

2. 地形図作成実行スケジュール



3. 外務省よりイ側へ照会した事項

ムラビ火山砂防基本計画策定経緯

本件プロジェクト実施にあたり、航空写真撮影を含む日本側と「イ」側の作業分担につき、大使館経由で日本側の要望を伝えた。

外務省より在「イ」大使館宛

第 672 号

地形図作成作業分担について

「イ」側実施 ① 航空写真撮影 1/25,000 2,300km²
1/10,000 800km²

② 対空標識設置、基準点測量

日本側実施 上記②の技術指導
図化作業

第 763 号 ① 第 672 号に関する先方の意向、回電督促

② 本格調査に関してカウンターパート約7名
の参加が必要 { 経験年数5年以上 3名
" 2 " 4名

③ 経済社会調査に関しては、各種データを「イ」側で収集整理のうえ、調査団に提出

④ ②、③の具体的作業内容等詳細は本格調査開始時に調査団先発隊とイ側関係者が打合せするが原則的な了解を得て本件を進めたい。

⑤ 調査団派遣は、地形図専門家 6月

本格調査打合せ11～12月

とし、現地調査の諸準備完了後本隊派遣(52年度以降)

在「イ」大使館発公信

第1234号 6月18日発

「イ」側の意向

第672号の作業分担提案について、これら作業の今年度予算を全く持っていないので全作業日本が実施することを希望

他のプロジェクトの関連からムラビプロジェクトが来年度に持ち越されること

もやむを得ない。

第 768 号に関し、②カウンターパートについて人員だけは用意できるが、希望する内容の人材をそろえることは難しい。

③については先発隊派遣時に協議したい。

先発隊派遣時期は明年度予算要求を 11 月中に行う必要があるのでそれに間に合うよう早めに派遣されたい。

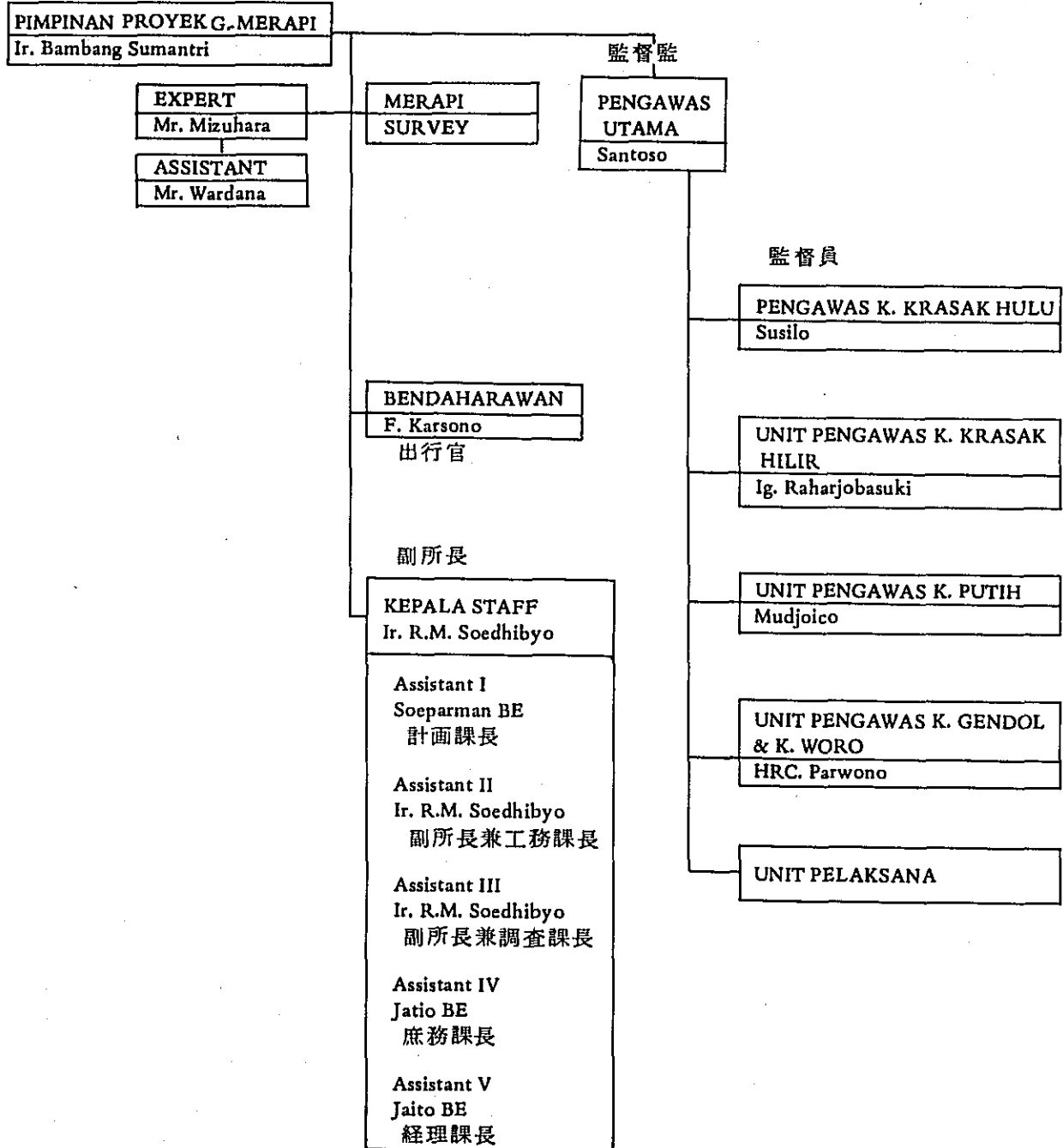
メラピ火山砂防基本計画（国内での調整後の年度別計画）

| | 51年度(1976) | 52年度(1977) | 53年度(1978) | 54年度(1979) |
|-----------------|----------------|------------|-----------------|------------|
| 地形図作成 | 地形図土地利用 関化 | | | |
| 総括 | | | | |
| 水文・気象調査 | | | | |
| 土石流堆積 流出機構調査 | | | | |
| 被害状況調査 | | | | |
| 経済社会調査 | | | | |
| 防災計画策定調査 | | | | |
| 砂防施設設計調査 | | | | |
| | 地形図 インセプション | インセプション | Progress Report | D/F F/R |
| | コンタクト ミッジョン | | | (河川調査) |

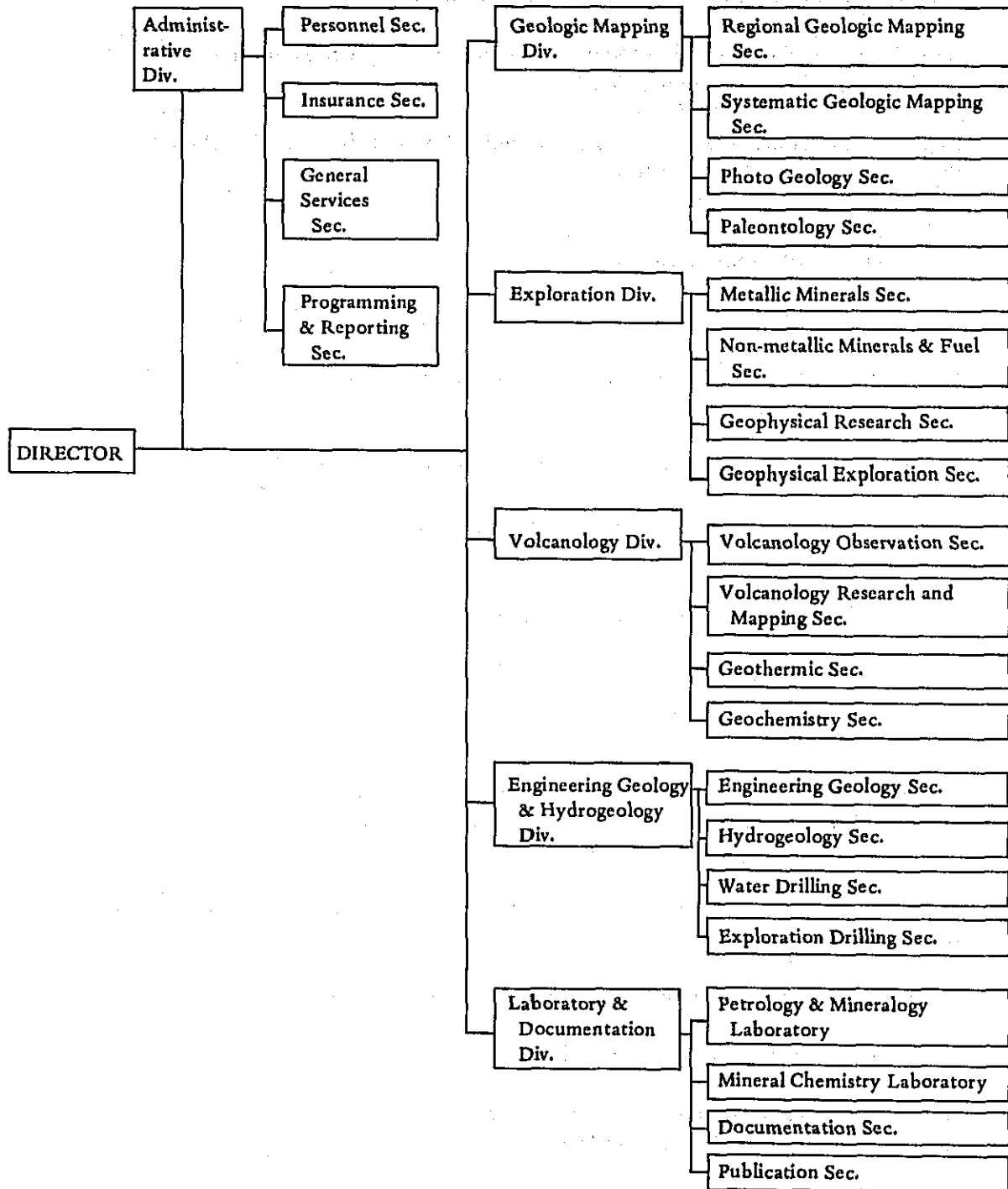
8. 關係機關組織圖

SKIEMA ORGANISASI PROYEK GUNUNG MERAPI

所長



**GEOLOGICAL SURVEY OF INDONESIA
DIRECTORATE GENERAL OF MINES, MINISTRY OF MINES**



4. 資料リスト

A. 事前調査団 収集分

1. Grondmecnica Delft Laboratorium Voor Grondmechnica Stichting Waterbouwkundig Laboratorium, Report CO-20370-II, Delft, December, 1973
2. Investigation of the Sub-Soil of Candi Borobudur 1969, by Dr. Sampurno (Publication Pelita Borobudur Seri B No. 3)
3. Report on the Study of Soil, Stones and Building Materials for Cand Borobudur (1971) (by Dr. Sampurno, 1972, Seri B No. 4)
4. Volcanic Debris Control Project and Its Aspects (Preliminary Report) (Mt. Kelut, Mt. Meraoi, Mt. Agung)
5. Field Report on Volcanic Debris Control in Indonesia, by P. Mankov and Max Mueller
6. Bulletin of the Netherlands India Volcanological Survey, No. 29 - 60, 1930 - 1932, Geological Survey in Bandoeng
7. Bulletin of the Volcanological Survey of Indonesia for the Year 1959, No. 102
8. Bulletin of the Volcanological Survey of the Indonesia for the Period 1950 - 1957, No. 100
9. Bulletin of the Volcanological Survey of the Indonesia for the Year 1958, No. 101
10. Volcanic Debris Control Project W.F.P. Development Program
11. Bulletin of the East India Volcanological Survey for the Year 1941
12. Recommendation and Suggestion on Land Erosion Control, Volcanic Debris Control and Soil Conservation, Mt. Merapi, Mt. Kelut and Mt. Agung, by Koichi Hirao, Yasuo Tomomatsu (C.P. Experts on Land Erosion)
13. Supporting Report for Study Mission on Sabo Works in Indonesia, December 1975 by Matsushita
14. Die Schuttstrome Am Merapi Auf Java Nach Dem Ausbruch Von 1930
15. Investigations of the Soil of Candi Borobudur 1966
16. Bulletin of the Geological Survey of Indonesia, January 1964, August 1964, July 1965

17. The Rise and Drop of Mt. Kelut Crater Bottom after Paroxysmal Eruptions
18. Statistik Indonesia 1970 & 1971
19. ショクジャカルタ特別市地域計画 (抜粋「UNESCO」)
- B. 地形図
- | | | | | |
|-----|---|---|-----------------------|---------------|
| 1. | <ul style="list-style-type: none"> { K Apu { K Trising { K Senowo { K Pabelan | 流域平面図 | 1 : 10,000 | |
| 2. | | K Blongkeng 流域平面図 | 1 : 10,000 | |
| | | 河川縦断面図 | 1 : 10,000, 1 : 5,000 | |
| 3-1 | | <ul style="list-style-type: none"> { K Putih { K Batang { K Krasak | Hulu 流域平面図 | 1 : 10,000 |
| 3-2 | K Krasak 上流, 中流, 下流平面図 | | 1 : 10,000 | |
| 4. | K Boyong | | i) 流域平面図 | 1 : 10,000 |
| | | 横断面図 | 1 : 10,000 | |
| | | ii) " | 1 : 10,000 | (中流) |
| | | " | 1 : 10,000 | |
| | | iii) " | 1 : 10,000 | (下流) |
| | | " | 1 : 10,000 | |
| 5. | K Kuning | i) 流域平面図 | 1 : 10,000 | 上流 |
| | | 縦横断面図 | | |
| | | ii) " | 1 : 10,000 | 下流 |
| 6. | K Gendol | 流域平面図 | 1 : 10,000 | 上・中・下流 (3 葉) |
| 7. | K Woro | " | 1 : 10,000 | 上・下流 (1970年) |
| 8. | <ul style="list-style-type: none"> { K Woro { K Simpang-Dengkong | " | 1 : 10,000 | 2 葉 |
| | | " | 1 : 10,000 | |
| 9. | 地形図 | 1 : 50,000 | (Merapi | 9-1 6 sheets |
| | | 1 : 5,000 | | Jogjakarta 周辺 |
| 10. | Upper Sala River Basin | | 1 : 10,000 | 1 sheet |

C. インドネシア・公共事業省・専門家所有

1. Gagasan Usaha Pengamanan Dan Pengendalian Material Di K. Krasak Akibat Kegiatan, Gunung Merapi 1973, Jakarta, 22 April 1974, Disusun Oleh--Ir. Sutovo
2. Departemen Pekerjaan Dan Tenaga Listrik, Direktorat Jenderal Pengairan, Direktorat Sungai, Kumpulan, Pelaksanaan Pekerjaan--Pekerjaan, Pelitai (1969 - 1974), Proyek--Gunung Merapi
3. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Direktorat Jenderal Pengairan, Direktorat Sungai, Kumpulan, Pelaksanaan Pekerjaan--Pekerjaan, Pelitai (1969 - 1974), Proyek--Gunung Kelut
4. Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik, Direktorat Jenderal Pengairan, Direktorat Sungai, Kumpulan, Pelaksanaan Pekerjaan--Pekerjaan, Pelitai (1969 - 1974), Proyek--Gunung Agung
5. Kegiatan Gunung Merapi Bulan September 1973, Serta Istimate Kebesaran Dan Arahbanjir Lahar, Hujan, Tahun, 1973/1974, Jakarta, 2 October 1973
6. Penan Ggulangan Bandjir Lahar Sekitar Gn Merapi Dengan Perkembangannaja (Bandjir Bulan Djanuari 1971), Jakarta, April 1971, Disusun Oleh--Ir. Soetojo
7. Volcanic Activity and Its Implications on Surface Drainage; The Case of the Kelut Volcano, East Java, as an Example (Kegiatan Gunungapi Dan Pertautannja Pada Penjaluran Air Permukaan; Kasus G. Kelut Sebagai Tjonto), by M.M. Purbo-Hadiwidjojo and I. Surjo
8. Mt. Kelut Volcanic Debris Control Project, Feasibility Report, T. Yokota, T. Matsushita
9. Penjusutan Volum Danau Kawah, Gunung Kelut, Untuk Penjehatan Kali Brantas, Djakarta, 21--Maret--1972
10. Buku Petunjuk Peta Topografi (Index of Topographic Maps), Indonesia, Disusun Oleh/Compiled by Seksi Publikasi (Publication Section), 1972
11. Hydrogeology of Strato-Volcanoes A Geomorphic Approach, M.M. Purbo-Hadiwidjojo, Hannover, 1967
12. Revised and Enlarged Edition of the Hourly Rainfall Analysis in Java, by Tadashi Tanimoto, Colombo Plan Expert
13. Seminar Cara Perhitungan Design Flood Tanggal, 2-7-Februari-1976 Di Bandung, The Estimation of Design Floods for a Small Reservoir in Indonesia, An Example, by Mr. F.J. Kaul, p.3.S.A./W.R.P.C

14. Request to the United Nations Development Programme, by the Government of Indonesia for assistance with a Special Fund Project on Volcanic Debris Control
15. Seismology in Indonesia, R. Soetadi
16. The Brantas Multi-Purpose Development Scheme
17. インドネシア主要経済指標

