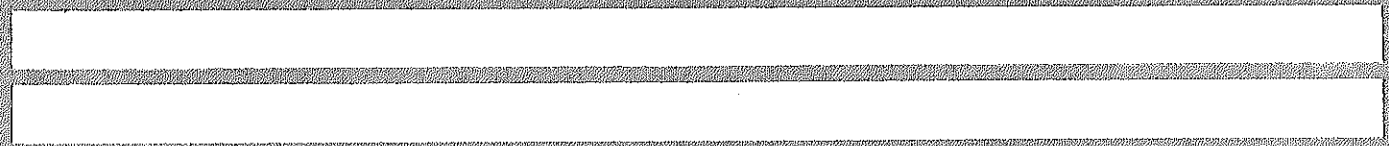


インドネシア共和国

メラピ火山砂防基本計画

主報告書

昭和55年3月



国際協力事業団

開業
80-71

JICA LIBRARY



1054972[3]

インドネシア共和国
メラピ火山砂防基本計画
主報告書

昭和55年3月

国際協力事業団

開業

CR(5)

80-71

国際協力事業団	
受入 月日	55.5.18 '84.8.29
登録No.	14421
	7/08 6/17 SDS

日本政府は、インドネシア共和国政府の要請に応じて、同国の中部ジャワに位置するメラピ火山の砂防基本計画策定調査に協力することを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。

当事業団は、同計画がインドネシア共和国の地域の発展にとって非常に重要であるとの認識と、ひいては民生の安定に寄与することが大であることを考慮して、昭和52年から昭和54年まで砂防計画策定に必要な資料収集と同政府関係者との協議のため調査団を現地に派遣した。

現地においては、同国の全面的な協力を得て調査はきわめて円滑に行なわれた。帰国後、メラピ火山砂防基本計画策定調査報告書の作成にとりかかり、今般国内作業のすべてを終了し、ここに本報告書提出の運びとなった。

本報告書が本計画の進展に寄与し、インドネシア共和国とわが国との友好親善に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご援助をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表すものである。

昭和55年3月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

緒 言

本報告書はインドネシア政府と合意された業務内容をもとに、昭和52年から開始した現地調査に基づいたものであり、砂防技術の分野に於いては、技術的及び学術的にも最新のものである。52年の調査開始から、インドネシア政府にはプログレス・レポートを4回提出し、54年12月付の最終報告書(案)にはインドネシア政府の見解を十分に織り込むように努力した。また本報告書の作成にあたってはインドネシア政府の最終報告書(案)に対する質疑事項を十分考慮してある。

ここに本基本計画をまとめ上げた調査団のチーム・ワークに敬意を表すると共に、作業監理委員の皆様へ感謝する次第である。

メラビ火山地域に於いては、土砂の生産及び流出は火山活動の影響を強く受けており、地域の社会環境はこの土砂被害によって深刻な状態を呈している。

流出土砂による災害は通常の洪水氾濫とは大きく異なっている。すなわち水は、自然に引いていく上に、一般に滞留している時間も短い。それに対して氾濫堆積した土砂は人為的に取り除かない限り消滅せず、被害は恒久的に続くものである。その上地域の社会的発展を阻害する影響も大きい。ため土砂災害の常襲地域では災害の原因を取り除かない限り、地域独自の発展を促進させることはできないであろう。

河川は各々特有な土砂輸送能力を持っている。それは河川の地形・気候等の自然条件によって支配されている。我々は事業実施期間内に土砂生産源において、その土砂量を河川の固有の輸送能力以下に何らかの人為的対策で減少させなければならない。

もし、第1期においてより多くの工事を実施することが出来るならば、生産土砂量はそれらの工事を長い間引延ばす場合よりも迅速に総量において減少するであろう。さらに土砂生産が極めて高い割合で発生している不安定な地域は点的な地域ではなく、ある程度の長さを持つた面的な地域である。このため単独施工によって地域を安定させることは困難であるが、様々な構造物の組織的な施工によってはじめて土砂生産抑制の目的は達成されるであろう。これらが初期段階における集中施工を強調する大きな理由である。

土砂害常襲地域は一般に社会基盤開発が立ち遅れている。開発は防災工事だけでは達成されず、防災工事によって地域開発の可能性が生じるものである。砂防施設は災害を防止するだけでなく、地域の安定的開発の基礎となるものである。

もし開発計画が本防災計画と関連して実施されるならば、その事業の便益は飛躍的に増大

することが期待できる。

最後に、調査期間中において全面的な協力を頂いたインドネシア政府運営委員会委員長サルビニ氏を始め各委員の方々に対し、心から感謝の念を述べるとともに、本事業が基本計画に従って早急に実施されることを強く望むものである。

昭和55年3月

インドネシア国メラピ火山砂防基本計画策定調査

作業監理委員長 武 居 有 恒
(京都大学教授)

伝 達 状

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔 殿

日本政府とインドネシア政府との間に締結された協定に従い、メラピ火山砂防基本計画策定調査報告書を提出致します。

調査団は、作業監理委員会の助言のもとで、昭和52年7月から3年間に亘り、現地調査ならびに計画基本案の策定作業を行ない、その最終報告書(案)を昭和54年12月に事業団に提出しました。

調査団は、昭和55年2月初旬に、この報告書(案)についてインドネシア政府関係者と会議を持ち、この会議で提出された質疑事項等はすべて本報告書に盛り込まれております。

本事業は、技術的な検討並びに経済的な検討の結果、技術的にも経済的にも十分妥当性を持つものであり、更に、本事業の持つ多大な社会的効果についても確認致しました。

本調査は、活火山地域の保全と振興のための総合的計画を策定する初めてのものであり、私共調査団員にとって本業務に従事させて頂いたことは誠に幸であるとともに、本事業が本報告書で提案した実施計画に基づいて一刻も早く実施されることを心から望むものであります。

本報告書を提出するに当り、現地調査及び国内作業の間、多大なご援助とご協力を頂いた貴事業団及び作業監理委員会・外務省・建設省などの関係者各位並びに在インドネシア日本大使館・インドネシア政府当局者及びインドネシア政府運営委員会の関係各位に対し、心から感謝の意を表するものであります。

昭和55年3月

インドネシア国メラピ火山砂防基本計画策定調査団

団 長 鈴 木 宏

要 約 及 び 勸 告

要 約 及 び 勧 告

1 序 言

本報告書はメラピ火山砂防基本計画策定調査の結果について報告するものである。本調査は事業対象地域の実態を正確に把握して、当地域に最も適切な計画を策定することを目的としている。本報告書の構成は以下の通りである。

- (1) 主報告書：調査結果並びに基本計画の概要
- (2) 補助報告書：調査結果並びに基本計画の説明
- (3) 図面集：砂防施設計画図面

インドネシア政府は、メラピ火山の噴火に伴う流出土砂を中心とした災害の防止・軽減並びに地域の安定向上をはかるために、日本政府に対して、砂防計画の調査に関する技術協力を要請した。

日本政府は、この要請に基づき国際協力事業団により1976年2月に事前調査を実施後、地形図及び土地利用調査を行ない1977年度から3年度に亘り本基本計画調査を実施した。

この要約及び勧告は、次の内容からなる。

- 2 概 要
- 3 計画区域及び地域区分
- 4 計画地域の火山噴火に伴う問題
- 5 基本計画で提案した対策
- 6 建設費
- 7 計画評価
- 8 勧 告

2 概 論

この基本計画は砂防事業の実施によって、侵食及び火山碎屑物の抑制・調節を計り、地域の保全及び安全性を向上させ、地域の開発ポテンシャルを高め、当地域の振興の基盤を築くことを目的としている。計画目標は次に示す通りである。

- (a) 土地利用改善及び警戒避難組織の改善等、防災体制の整備改善によって、危険地域住民の安全を計る。
- (b) 砂防施設及び植林を含めた、砂防事業の促進によって被害の軽減及び河道の安定を計り、土地利用の改善によって、流域の保全を計る。
- (c) 砂防施設の多目的利用及び関連施設の実施によって、地域発展の基礎を確立して、メラビ山麓地域の振興をはかる。

本調査の結果、本基本計画は技術的にも、経済的・社会的な面でもその効果は極めて大きく実施の妥当性がある。従って、本基本計画を基に、さらに実施計画・詳細計画を早急に進めることを勧告する。

3 計画地域及び地域区分

3.1 位置

メラピ火山は、インドネシア、中部ジャワのジョクジャカルタ市北側に位置している。メラピ火山の火口は馬蹄形で東南方向に開き、過去50年の間、火山噴火の影響は主に南西斜面に集中している。そのため計画地域はメラピ火山山麓の東南から西側斜面とする。

最近の熔岩の流出方向

噴火年 \ 方向	北	北西	西	南西
1930			x	
1931			x	
1934			x	
1942		x		
1943				x
1953	x			
1954	x			
1955				
1956		x		
1957			x	
1958			x	
1961				x
1969				x

3.2 計画地域及び区分

計画区域(1300 km²)は、第1計画地域及び第2計画地域の2地域に区分される。第1計画地域は約850 km²あり、主要河川の支川地域にあたる。(本文図-1 計画区域図参照)

第1計画地域の境界

- 北 - メラピ山頂、マゲラン郡の南部バベラン川
- 西 - プロゴ河
- 東 - オバ河、バントゥール郡の北部
- 南 - ウオロ川からメラピ山頂

第2計画地域は、主要河川、プロゴ河及びオバ河沿のトラブルスポットである。

3.3 行政区域

計画区域は、中部ジャワ州及びジョグジャカルタ特別区にまたがり、1市4郡からなる。
(計画地域図参照)

計画地域の行政区域

州	郡
ジョグジャカルタ特別区	ジョグジャカルタ市
	バントゥール郡
	スレマン郡
中部ジャワ州	マゲラン郡
	クラテン郡
計 2	1 市 + 4 郡

3.4 計画地域区分と河川タイプ

計画地域は、地域の持つ特性によって、5つのゾーンに区分した。第1計画地域(8.4.6 km²)はメッシュ法(500m×500m)によりゾーン1～4に、下記の基準のもとに区分した。

(1) 危険度1～5(危険度小～大)は次の因子の重ね合せで表現する。

- (a) ラハール/バンジールの氾濫危険性
- (b) 火山噴火(ヌエ・アルダンテ)及び噴出物(ラハール/バンジール)による災害の頻度
- (c) 災害時の被害の度合

(2) 社会的重要度1～5(重要度小～大)は次の因子の重ね合せで表現する。

- (a) 人口密度
- (b) 社会基盤施設及び重要施設の分布
- (c) 土地利用

(3) 経済的重要度1～5(重要度小～大)は次の因子の重ね合せで表現する。

- (a) 土地利用
- (b) 作物収量指数(1976/1971)
- (c) 米の生産水準
- (d) 米の収量増加傾向

第2計画地域はゾーン5として区分した。

ゾーン区分の結果は次の通りである。

計画地域	区分	位置	危害の種類
第一計画地域	1	メラビ山の上部斜面	直接火山被害
	2	メラビ山の上部斜面	直接火山被害(区分1よりは少)
	3	メラビ山の中・下部斜面上の支川沿い地域	洪水により運ばれる火山噴出物
	4	区分3の支川相互間の第一計画地域全体	農業地域の不安定
第二計画地域	5	第一計画地域外のオバ河、プロゴ河沿いの地域	被害の原因となる堆積土砂

第一計画地域の主要9支川は、災害の頻度、生産土砂の多寡によって更に3タイプ(タイプI・II・III)に区分した。

3.5 計画地域の水系と支川

計画地域は下記の主要3水系及び9支川からなっている。主要河川のプロゴ河及びオバ河はインド洋に流入しているが、デンケン川はソロ河(ブンガワン・ソロ)の主要支川の一つであって、ソロ河は中部ジャワから東部ジャワに流れ、スラバヤ市の北でジャワ海に流入している。

本川(西から東)	計画重要支川(西から東)	流路長(km)	流域面積(km ²)
プロゴ河		135	2,296.9
	バベラン川	46	103.2
	ブロンケン川	27	44.6
	ブテイー川	27	26.6
	バタン川	20	22.8
オバ河		65	1,255.9
	ボヨン川	37	76.0
	クニン川	38	47.7
	ゲンドール川	22	14.6
デンケン川		55	830.0
	ウオロ川	34	17.4

4 計画地域の火山噴火に伴なう問題

計画地域の主な問題及びその内容について以下に述べる。

(主な問題)

1. 火山噴火(ヌエ・アルダンテ)
2. 火山泥流(ラハール・土石流)
3. 多量の土砂を含んだ洪水(バンジール・土砂流)
4. 経済・社会的に不安定な農村地域
5. 流出土砂に伴なうトラブルスポット

4.1 ヌエ・アルダンテによる直接被害

火山噴火に直接伴なうヌエ・アルダンテは、高温でしかも流動性が高いので極めて危険性が高い。記録にある火山噴火による死傷は概ねヌエ・アルダンテがその原因であると推察される。

ヌエ・アルダンテは、高温の噴出物及びガスの被害に加えて、支川上流部の谷を埋め、その結果、流域条件が変化する。流域が急激に増加した水系では流出の状況が異なり、時には生産流出土砂が異常に増大し、下流沿川地域に土砂被害をもたらす結果となる。

最近の例では、ヌエ・アルダンテによってバタン川とブロンケン川の谷が埋められ上流部の流域が、パベラン川及びプテイ川の水系にそれぞれ移った結果、両川のプロダクション土砂は急激に増大して、下流地域に甚大な被害を与えた。

1930～1969年間の記録によると、ヌエ・アルダンテの危険地域は西斜面に於いては、火口から、半径約9.0km(標高650m)、面積136km²(ゾーン1・2)に及び、これは第一計画地域の16%にあたる。

4.2 ラハールによる主な災害

ラハールは上部斜面に堆積した不安定な火山噴出物が降雨によって流出するもので、流出の形態としては日本に於ける土石流に類似している。流下時には溪床・溪岸を侵食して、大量の土砂を流送して甚大な被害を与えている。

ラハールは主に雨季、特に火山噴火直後に発生する。然しメラピ山の斜面は容易に侵食を受けやすい火山堆積物によって形成されているので、ラハールは流下時に溪岸・溪床を侵食しながら成長する。そして、流下時に強大な破壊的エネルギーを持つ流れとなって氾濫し、人命・家屋・農業用地、道路、かんがい施設等に大きな被害を与える。

またラハールは火山活動の方向によって、特定の地域及び水系に集中する傾向があって、

最近では火山活動が南西斜面のクラサ川及びブティ川その他の河川に向いているので、この地域に被害が集中している。1969年の噴火の際には火山噴出物がブロンケン川及びバタン川の上流部の谷を埋め、それぞれ上部の水系がブティ川、ブブン川に遷移した結果、沿川住民は多大な被害を経験した。

ラハールは、メラピの上部斜面の標高1000～2000mで発生し下流の中部斜面の集落及び農業地域に被害を与えている。

4.3 バンジールによる被害

バンジールは、一般的には洪水を意味する。ラハールとバンジールについて、明確な区分はないが、一般にはラハールはバンジールよりも大量の土砂を含んでいるとされている。

メラピ山麓の支川地域では、洪水時の土砂含有率は、ウォロ川の下流地域等の一部地域を除けば、一般に極めて高い。多くの被害はラハールとバンジールとの中間的形態によってもたらされている。

洪水時に下流に流送される大量の流出土砂は下流のプロゴ河及び他の主要河川に堆積し、河床の上昇や河道の不安定化を引き起して、はんらん及び灌漑施設の障害の原因となっている。

メラピ山麓で発生する災害は大部分、河川によって運ばれた土砂が原因となっている。土砂の生産源は火山噴火による直接なものや河道の不安定堆積物の侵食によるものがある。支川は土砂の運搬路を形成しているため、必要な対策立案のために支川地域を集中的に調査した。計画地域の支川は危険の程度と土砂の生産・流出の状況によって、計画上3タイプに区分される。各タイプの支川及び生産・流出土砂の特徴は次の通りである。

(1) タイプ-I地域は、現在土砂生産が最も活発で、最近10ヶ年、ラハール/バンジールが頻発している。1969～1977年間に流出した土砂の大部分は河道の縦横侵食によって生産された。タイプ-Iの支川の対象土砂量は計画地域の80.5%にあたり、次表の通りである。

支川名	計画超過土砂量($\times 10^3 m^3$)	計画全体に対する比率(%)
ブロンケン川	4,304	7.9
ブティ川	4,340	8.0
バタン川	1,806.2	33.4
クラサ川	1,691.0	31.2
タイプ-I合計	4,361.6	80.5

(2) タイプⅡ地域は、現在の土砂の生産流出は比較的少なく、最近は大ハール／バンジールの被害もあまり受けていない。

流出土砂は主に河道の不安定段丘堆積物から生産されている。当地域の主要河川はウォロ川及びゲンドール川であり、地域の対象土砂は、計画地域の11.5%にあたり、次表の通りである。

支 川 名	計画超過土砂量 (x10 ³ m ³)	計画全体に対する比率(%)
ゲ ン ド ー ル 川	2,480	4.6
ウ オ ロ 川	3,725	6.9
タイプⅡ合計	6,205	11.5

(3) タイプⅢ地域は、現在土砂流出は最も少なく、主要河川はクニン川、ボヨン川及びバベラン川(含むスノウオ川、トリシン川)であり、対象土砂は、計画地域の8.0%にあたり、次表の通りである。

支 川 名	計画超過土砂量 (x10 ³ m ³)	計画全体に対する比率(%)
バ ベ ラ ン 川	2,427	4.5
ボ ヨ ン 川	824	1.5
ク ニ ン 川	1,074	2.0
タイプⅢ合計	4,325	8.0

全計画地域(タイプⅠ、Ⅱ、Ⅲ)に於ける大ハール／バンジール危険地域(ゾーン-3)は約286km²、山麓地域の34%にあたる。計画対象の超過土砂量の総計は5.41×10⁶m³である。

4.4 農村地域の不安定性及び低生産性

計画地域は気候・水・土壌及びその他の自然条件に恵まれ、ジャワ文化の中心として栄えてきたが、人口密度は平均1,584/km²と極めて高い状態である。

当地域は大ラピの噴火及びその後の流出・土砂によってたびたび被害を受けてきたため、山麓部は生産基盤の整備が遅れ、生産性も低い状況にある。かんがい可能な地域では主に米を生産しているが、年間の生産回数は下流地域の2回に比べ1.4回と低く、1作あたりの生産性についても同様に、下流地域の4.0t/haに比べて、3.4t/haと低い直を示している。乾季に利用可能な用水は1~3m³/s/100km²(0.1~0.3ℓ/s/ha)である。

一方現況の用水は $0.3 \ell/s/ha$ 程度であるが、必要用水量は $1.0 \ell/s/ha$ と推定される。

このようなことから上流地域と下流地域の経済較差は拡大傾向を示しており、災害が頻発しているタイプⅠ地域における後進性が顕著である。当地域では災害の繰返し、地域の開発や生産基盤投資を阻害する大きな要因となっている。

更に、山麓地域の低生産性と稠密な人口は結果として農地の細分化（現在、農家当り $0.29ha$ /世帯）と余剰労働力（ $40 \sim 50\%$ ）の都市への流出を招き、低賃金、失業及び他の社会不安の大きな原因となっている。従って、地域の主要生産基盤である、農業の改善と同時に地域の開発ポテンシャルを高めて、都市及び農村両地域において雇用機会を創出することが、地域の課題となっている。

この不安定地域（ゾーン-3,4）は約710 戸であり第一計画地域の84%を占めている。

4.5 土砂による河川のトラブルスポット

過剰な生産・流出土砂は、河床の上昇などにより、河道を不安定にしている。その結果河川施設、かんがい施設、橋梁その他の施設に被害を与え、年々洪水被害の危険を高めている。

主にプロゴ河及オパ河沿いの土砂に起因する問題点は次の通りである。

- 1969年の火山噴火の結果、クラサ川の流域が変化し、その結果流出土砂が異常に増加し、下流地域及び本川のプロゴ河に土砂害が発生している。クラサ川の河床は国道付近で7m、その下流では20mと急激に上昇した。

- 山麓斜面から下流地域への大量の流出土砂も河川荒廃の原因となっている。その典型的な例はプロゴ河下流のカミジョロの取水施設である。この取水施設は1924年頃建設されたが、河床の堆積土砂による上昇によって埋没し、取水機能を完全に失ってしまった。

- 側方侵食によって堤防に被害が発生している。例えば、プロゴ河の河口から10km地点では、1969年3月の洪水で40mの側方侵食を受け、取水施設及び農地に被害が発生している。

- 海側からの西風による潮流及び乾季の流量の減少によってプロゴ河及びオパ河の河口部は共に、河口閉塞され内水の原因となり、人力掘削によって対処している。

4.6 防護対象地域

基本計画の施設配置及び規模を設定するために、河川の氾濫モデルを作り、地形・水文及び航空写真、土地条件図をもとに現地踏査により検討した結果、砂防施設を実施しない場合の氾濫推定範囲は次の表の通りである。（本文図26参照）

地域タイプ	支川名	氾濫危険面積 (㎡)
タイプーⅠ	ブロンケン川	10.6
	ブテイ川	15.0
	バタン川	18.1
	クラサ川	18.2
	小計	61.9
タイプーⅡ	ゲンドール川	6.9
	ウオロ川	45.7
	小計	52.6
タイプーⅢ	パベラン川	4.2
	ボヨン川	11.5
	クニン川	4.4
	小計	20.1
合計		134.6

5. 基本計画の対策案

本基本計画では、3. で述べた問題の対策として、洪水及び土砂による被害を防止・軽減して、計画地域の安全性を高め、地域の開発ポテンシャルを向上させるとともに砂防施設の多目的利用による関連施設計画によつて、均衡ある地域振興を推進することを提案する。

基本計画の対策案の詳細については次の表及び以下に説明する。

計画地域の問題点に対する対策の要約

計 区 番	画 分 号	面 積 (<i>km</i> ²)	第一計画 地域に対 する割合 (%)	問 題 点	対 策
1		60	7	タイプⅠ上流域のヌエ・アルダンテ直接火山災害	全地域の居住禁止(移転)、植林及びラハール地域境界の砂防工事
2		76	9	タイプⅡ、Ⅲ上流域のヌエ・アルダンテ直接火山災害	同上
3		286	34	タイプⅠ、Ⅱ、Ⅲの中、下流域のラハール・パンジール氾濫による直接災害、農業地域の不安定と低生産性	土砂処理のための砂防工事の段階施工、地域開発を促進させるための関連工事、警戒避難システム
4		424	50	農業地域の不安定と低生産性	警戒避難システムと地域開発を促進させる関連工事
5		—	—	オバ河、プロゴ河沿いのトラブル・スポットの原因となる土砂	それぞれのケースに応じた対策
合 計		846	100	—	—

5.1 立入禁止区域内の住民の移転

ヌエ・アルダンテ及び火山噴火の直接の影響を技術的に防止するのは困難なので、ヌエ・アルダンテ危険地域のゾーン1・2は立入禁止となっている。

インドネシア政府は、この地域を極めて危険な地域として立入禁止区域とし1960年以降、住民の移住計画を進めているが、まだかなりの住民が残り、農業に従事している。当地域の農地の生産性は極めて低い。特に、災害が頻発し、流域が未整備な西斜面のタイプⅠ地域では、この傾向が強い。

住民の安全及び流域の保全を計るには、住民の移転(約50,400人、11,000家族)が必要である。詳細計画は地域の移住計画の中で進めるべきである。

なお移住計画の実施は地域人口増加率を1.0～0.75%に引下げる効果がある。

5.2 移転跡地及び荒廃地の植林

水源地域の安定及び流域の保全のために、荒廃地・移転跡地（農地・宅地）の植林を積極的に進める。その結果森林面積は現在の7%から5.1%に上昇する。植林対象面積は6,010 haである。

土砂の生産を抑制するためには、荒廃地、移住跡地、劣悪農地及び不良林の森林化などによる土地利用改善を積極的に進める必要がある。植栽の適性樹種の研究を、ボゴール農科大学が中心に進めているが、当面は、周辺地域に広く分布している松及びアカシアを植栽する。また適正樹種に関する調査・研究は早急に進める必要がある。

森林は主に防災を目的とするが、周辺部については多目的林として、家庭燃料用及び放牧林として利用する。詳細については計画の次のステージで検討すべきである。

5.3 砂防施設

下流地域（ゾーン3）に流出する大量の土砂は直接噴火によって発生するのではなく、大部分は流水の侵食によって生産されており、この土砂が計画地域の主要な災害原因となっている。従って、計画の主力は災害の原因となっている超過生産流出土砂を抑制・調節して、洪水及び流砂を円滑に流送させることによって河道の安定及びはんらん防止をはかる砂防施設の立案・計画においた。

計画した砂防施設のタイプは砂防ダム、床固、導流堤、谷口固定工、築堤護岸、流路工、水制工、サンドポケット、橋梁の付替である。

砂防施設の計画土砂処理能力は $62.07 \times 10^6 m^3$ である。計画対象土砂量は、噴火の方向が引き続きタイプI地域に向いていると仮定し算出した。土砂量算定の条件は次の通りである。

- a) タイプI地域では最大年間流出土砂量は1969年の噴火の規模とした。
- b) タイプII・III地域では、現在上流に不安定に堆積している土砂の最大年間流出規模とした。ただしウォロ川については常時の流出土砂（ m^3 /年）も考慮した。

各砂防施設による抑制・調節土砂量は次の表に示す。

土砂処理計画の要約

1. 砂防施設毎の土砂処理計画

砂防施設	土砂量 ($\times 10^3 m^3$)	%
1. 床固工	736	1
2. 砂防ダム	17,316	28
3. 谷口固定工(導流堤+床固工)	15,748	25
4. サンドポケット	28,270	46
合計	62,070	100

2. 各支川別砂防施設毎の土砂処理計画

単位: $10^3 m^3$

地域区分	支川名	土砂処理			計画流出抑制土砂量	計画流出調節土砂量		合計
		砂防施設	計画生産抑制土砂量			床固工	砂防ダム	
		床固工	砂防ダム	谷口固定工	サンドポケット	床固工	砂防ダム	
I	ブロンケン川	—	55x2	814x2	2,920	—	—	4,658
	(ラマ川)	—	24	—	—	—	41	65
	ブテイ川	—	514x2	814x2	5,640	—	—	8,296
	バタン川	62x2	2,777x2	3,123x2	8,360	—	—	20,284
	クラサ川	69x2	1,889x2	3,123x2	7,120	—	—	17,282
	小計	262	10,494	15,748	24,040	—	41	50,585
II	ゲンドール川	427	752	—	1,580	—	—	2,759
	ウオロ川	47	1,690	—	2,650	—	—	4,387
	小計	474	2,442	—	4,230	—	—	7,146
III	バベラン川	—	660	—	—	—	1,776	2,436
	ボヨン川	—	515	—	—	—	310	825
	クニン川	—	622	—	—	—	456	1,078
	小計	—	1,797	—	—	—	2,542	4,339
合計	736	14,733	15,748	28,270	0	2,583	62,070	

(注) $\times 2$ は計画期間(50年)に2回の噴火を対象としている意味である。

計画した砂防施設の数は、砂防ダム58基、床固79基、堤防護岸116.1km、導流堤

1 6.5 km、水制1 2.8 km、橋梁4 基である。各支川に計画した砂防施設は次の表に示す。

地域区分	支川名	砂防施設						
		砂防ダム (基)	床固工 (基)	築堤護岸 (m)	導流堤 (m)	水制工 (m)	橋梁 (箇所)	その他 (箇所)
I	クラサ川	15	10	22200	7140	4500	—	1
	バタン川	2	17	13330	2520	900	—	—
	ブテイ川	4	14	16380	4600	1980	—	—
	ブロンケン川	3	12	14430	2230	1560	—	—
	小計	24	53	66340	16490	8940	—	1
II	ウオロ川	10	5	20920	—	3000	—	—
	ゲンドール川	7	17	8750	—	780	—	—
	小計	17	22	29670	—	3780	—	—
III	ボヨン川	5	2	6960	—	—	2	—
	クニン川	3	—	7700	—	—	1	—
	バベラン川	9	2	5400	—	90	1	—
	小計	17	4	20060	—	90	4	—
合計		58	79	116070	16490	12810	4	1

5.4 警戒避難組織

警戒避難組織計画はヌエ・アルダンテ地域以外に適用し、次のように計画した。

(1) 広報活動

危険地域の住民に十分に危険地域及び危険性について認識させる。

(2) 連絡組織の改善

危険地域の住民に、危険を速かに連絡出来るようにスピーカー及びサイレンを導入して、連絡組織を改善する。危険地域の広がり及びサイレン、スピーカーの可能な伝達距離からみて、タイプ-Iの場合、10～15ヶ所の子局の追加・設置が必要である。

(3) 避難路の設置

迅速な避難を計るために、工事用道路の建設時に、計画地域の道路網を整備する。

(4) 観測施設の設置

正確な短期降雨の予測のためには、常に降雨の状況を把握することが必要だが、このためには、テレメーターを導入し、観測体制の抜本的な改善が必要である。又、テレメーターによる観測網は、標高1500m以上のラハール発生域に設ける必要がある。

(5) 基礎研究

予報基準の確立は警戒避難組織の基本的な事項であるが、基準の検討は新しい学問の分野であり、広い見地からの研究が必要である。

警戒避難組織の詳細は、本基本計画で提案している技術センターの指導の下に決定すべきである。

5.5 地域開発のための関連施設

砂防施設の多目的利用を計った関連施設を計画する。検討した関連施設の主なものは、かんがい用水路であるが、山麓の横断方向の道路を結ぶ砂防ダムに設けた橋梁、水路の落差を利用した小規模発電所についても検討した。

(1) かんがい幹線用水路計画

取水可能量は河川によって相違し、西山麓のパベラン川は可能量は大きいものに対して、東山麓のウオロ川では極めて少ないので、各支川の砂防施設の取水施設を連結し、等高線沿いに、取水・分水を繰返す幹線水路2.67kmを計画し、各支川の流況を調整しつつ、かんがい用水の安定供給を計ることとした。

この水路は取水施設及び取付水路を砂防施設に追加するだけであり、技術的には問題なく又砂防ダムの流域の水を利用出来るので経済的である。さらに小支川を横断する水路橋は道路橋として利用可能である。

乾季の主要支川から、 $1.44 \sim 4.32 \text{ m}^3/\text{s}$ の取水量が期待出来、幹線用水路から $0.6 \text{ l}/\text{s}/\text{ha}$ 、小支川から $0.4 \text{ l}/\text{s}/\text{ha}$ のかんがい用水を供給すると仮定すると、乾季に2,400～7,200haを新たに水田とすることが可能となり、取水の安定及び作付体系の確立によって、米の作付は平均的に年間2回可能になる。なお、雨季にはウオロ川水系の畑地760haが水田として利用可能となる。

計画した施設は次の通りである。

幹線水路： 2.67 km

取水施設： 12ヶ所

サイホン： 10ヶ所

水路橋： 66ヶ所

(2) 道路計画

道路密度は比較的高く、山麓上部の集落まで車が利用出来るが、橋がないので、河川の横断方向の交通は困難な状況である。このため幹線水路沿いにバベラン川からウオロ川まで、道路（含む橋梁12基）を計画した。

(3) 小規模発電所計画

計画地域内で電力供給を受けているのはジョグジャカルタ市街地国道沿いの一部、避暑地カリウラン及び他の若干の地域のみで、農村地域に於いては近い将来とも電力の供給は期待出来ない。幹線水路沿いに小規模発電所（40～50KW）を計画した。水頭は十分に取れるので多数の発電所が可能であるが、11カ所計画した。全発電量は、400～500KWとなり、これにより4000～5000軒の農家の電灯の電力を供給出来る。

(4) その他可能性のある関連計画

- (a) 養魚用の池
- (b) 生活用水
- (c) 農村開発

5.6 計画及び施設の概要

本基本計画立案の段階では、地域の安定を計るために、土砂の生産流出を抑制・調節するための砂防施設及び地域振興の基礎として開発ポテンシャルを高める幹線水路の計画に重点をおいた。他の対策工については更に詳細な検討が必要である。計画及び施設の概要を次の表に示す。

基本計画と施設の概要

計画、施設	内 容	付 記
移 転 ※	5 0, 4 0 0 人の移転	・ゾーンー 1, 2 地域、試案
植 林 ※	6, 0 1 0 haの植林	・ "
砂 防 施 設	<ul style="list-style-type: none"> ・砂防ダム 5 8 基 ・床固工 7 9 基 ・築堤・護岸 1 1 6, 0 7 0 m ・導流堤 1 6, 4 9 0 m ・水制工 1 2, 8 1 0 m ・橋 梁 4 ヶ 所 ・雑工事 1 	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂処理量 $6 2, 0 7 0 \times 10^3 m^3$ ・砂防施設によって氾濫の危険が回避される地域の面積 1 3 4. 6 km²
警戒避難体制※	<ul style="list-style-type: none"> ・テレメーター方式 1 ヶ所 観測センター ・テレメーター方式 4 ヶ所 観測ステーション ・情報ステーション 1 0 ~ 1 5 ヶ所 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゾーンー 3, 4 地域、試案 ・本計画による技術センターにおいて詳細な検討がなされなければならない。
関連施設	<ul style="list-style-type: none"> ・幹線かんがい水路 1 号 2 6. 7 km <ul style="list-style-type: none"> （取水工 1 2 基 サイホン 1 0 ヶ所 水路橋 6 6 ヶ所） ・主要道路 2 6. 7 km 道路橋 1 2 ヶ 所 ・マイクロ水力発電所※ 	<ul style="list-style-type: none"> ・幹線かんがい水路 2, 3 号は試案 ・農村総合整備計画は試案
河川トラブルスポット対策	<ul style="list-style-type: none"> ・砂防施設による土砂の抑制 ・河道蛇行の制御 ・河口の導流堤 ・河道改修 ・取水施設の構造等の一般的問題の対策 	<p>オバ河、プロゴ河沿いのトラブルスポットに対する解決策は将来さらに検討される必要がある。</p>

※ 次の段階でより詳細な検討を必要とするもの。

6 建設費用

砂防施設及び関連施設のうち幹線かんがい水路の建設費用は約410億ルピアとなり、維持管理費は年間1%として、4.1億ルピアとなる。

建設費用の96%が、砂防施設、残りの4%が幹線水路の費用となる。建設費用は次の表に示す。移転、植林及び警戒避難計画のための費用はこの中に含まれていない。

建設費用総括表 (単位×1,000ルピア)

地域区分	支川名	直接工事費	予備費	諸経費	技術管理費	事業費合計
タイプI	クラサ川	7002440	1050360	805280	805280	9663360
	バタン川	2935030	440260	337530	337530	4050350
	ブテイ川	3249900	487490	373740	373740	4484870
	ブロンケン川	2634750	395210	302990	302990	3635940
	小計	15822120	2373320	1819540	1819540	21834520
タイプII	ウオロ川	4106850	616030	472290	472290	5667460
	ゲンドール川	3341500	501230	384270	384270	4611270
	小計	7448350	1117260	856560	856560	10278730
タイプIII	ボヨン川	1264640	189700	145430	145430	1745200
	クニン川	1209850	181480	139130	139130	1669590
	バベラン川	2791010	418650	320970	320970	3851600
	小計	5265500	789830	605530	605530	7266390
砂防事業合計		28535970	4280410	3281630	3281630	39379640
幹線かんがい水路と橋梁合計		1790880	268630	205950	205950	2471410
事業費総計		30326850	4549040	3487580	5487580	41851050

7 計画評価

計画は内部収益率（IRR）で評価した。このIRRは、砂防施設及び関連施設の下記の直接効果について算出した。プロゴ河、オバ河本川並びにマタランかんがい水路に対する効果については含めていない。

- (1) 砂防施設による土砂被害の軽減効果
- (2) 河道及び農業の安定効果
- (3) 砂防施設の多目的利用による関連施設（用水路）の使用に伴う開発効果

比較案及びIRRの算出の結果は次の表の通りである。

代替案	第一段階で施工される 砂防施設	第一段階で施工される 幹線用かんがい水路	IRR (%)	
			全体 砂防施設 及び関連施設	砂防事業
1	全主要施設	バベラン川からウオロ川 までの全線	11.4	7.7
2	1と同じ	取水工のみ	7.7	7.7
3	タイプ-Iとバベラン川 の施設のみ	バベラン川からクラサ川 までの一部の路線	10.6	7.3
4	3と同じ	取水工のみ	7.3	7.3

また直接の経済効果に加え、住民の生命財産の保護、開発ポテンシャルの増加等の社会効果により地域の均衡ある開発に大きく寄与することが期待できる。この間接効果は次のとおりである。

- (1) メラビ山麓地域の生産の増加（9～21%）
- (2) 砂防事業及び農業の安定・開発による雇用機会の創出（1,0500～11,000人／年）
- (3) 防護地域の所得水準の向上（12,550ルピア／人／年）

以上のとおり、この基本計画は、地域の課題を解決するのみでなく、当地域の開発・振興のために強固な基礎を築くことになるので、強く推奨することができる。

総合評価

項目	第1案	第2案	第3案	第4案
1. 経済効果 (内部収益率)	1 11.4%	3 7.7%	2 10.6%	4 7.3%
2. 社会効果	1	1	3	3
5年間で防護される地域 (ha)	5875.9	5875.9	4609.2	4609.2
食糧増産：工事開始から15年後の水田の増産 (ton)	1 72,946	3 51,986	2 68,879	4 50,717
雇用機会：工事開始から10年後の雇用機会 (人)	1 14,001	4 7,568	2 12,843	3 9,542
所得向上：工事開始から10年後の1人当り収入増 (ルピア)	1 12,147	3 3,858	2 10,768	4 3,674
生活環境改善と開発ポテンシャルの向上	1	3	2	4
3. 財政負担：投資額の現在 価値 (割引率10%、百万ルピア)	4 28,447	3 26,823	2 25,095	1 23,979
4. 総合判断	1	3	2	4

注) 判定は1を最善として以下順に評価は低下する。

8 勧 告

8.1 計画の高い優先性

本計画（代替案－１）の実施を通してもたらされる、社会的・経済的効果を考慮し、基本計画の早期実施を強く勧告する。

実施にあたっては、計画内容が多くの分野を含むので、相互の関連に十分留意して実施を進めることが必要である。

8.2 実施の勧告

8.2.1 初期段階の集中投資

早急に現状の災害の危険について防止軽減を計るためには、本計画の基幹となっている重要な砂防施設は、計画期間（１５年間）の第１期の５年間に完成することが必要である。又、事業効果を考えると、主要かんがい水路も同時に完成することが望ましい。

頻発するラハール及び河床変動並びに流出土砂の状態を考慮すると、基本計画の実施を効果的にし、しかも工事の手戻りを防止するためには、基幹施設の早期実施が必要である。

初年度の事業費の規模は、現在のメラビ砂防事業の３倍程度は最少限用意する必要がある。

8.2.2 人力及び現地資材の活用

計画地域の経済並びに雇用機会を考慮して、人力及び石材、竹材・木材等の現地資材並びに労働集約型工法を最大限に活用する。さらに河床変動が激しいので、工法及び構造は柔軟なタイプとする。さらに表面侵食を防止するために、植林及び植生の導入を積極的に計るべきである。建設機械については、ハンド・ウインチ等労働能率を高めるもの、及びバイブレーター等品質を向上するもの並びに緊急時の掘削等に必要な重機等については導入を計る必要がある。

8.2.3 工法と維持管理

河床変動が極めて激しいので、計画実施の際には常時状況変化の観察にもとづいて適正な工法を決定するとともに実施後の施設の維持管理を行うことが必要である。

8.2.4 砂防施設と関連施設

施設計画は、２期に分けて実施する。第１期は緊急施設、生産・流出土砂の抑制・制御に必要な基幹施設及び関連施設に関連する施設を実施し、第２期には他の施設を実施する。

施設の施工順位は次の表に示す。

項目	優先度	施設	
砂防施設	1	流路固定のための谷口固定工	
	2	緊急度・重要度の高い地区の河道整備	
	3	砂防ダム（下流部から上流部に向って）	
	4	床固工	
	5	築堤護岸	
施工場所		河川名	タイプ
	1	クラサ川	タイプ-I
	2	プティ川	#
	3	パタン川	#
	4	ブロンケン川	#
	5	バベラン川	タイプ-III
	6	グンドール川	タイプ-II
	7	ウオロ川	#
	8	ボヨン川	タイプ-III
9	クニン川	#	

(注) 詳細な施行順位は表-17に示す。

砂防工事は河床変動及び流出土砂に大きな影響を持っているが、計画時点では、予測出来ない多くの現象があるので、事業の実施は河川の状態を良く観察しながら柔軟に対応することが必要である。

なお、山頂から半径10km以内にある砂防施設についてはインドネシアのガイドラインによるとヌエ・アルダンテに対しては危険になるとされているが、当地域の砂防施設は、生産・流出土砂の抑制・制御及びラハールの制御にとっては重要な施設であるので、実施にあたって、今後詳細に調査することが必要である。

関連施設は砂防施設計画を基礎にしているので、取水施設及びサイホン並びに主要支川の橋梁の施工は、砂防施設と同時に実施する。ただし、幹線水路及び他の関連施設は砂防施設の実施によって、地域が安定した後に実施することが望ましい。

灌漑水路の実施に先立ち、詳細な技術的検討が必要である。また地域振興を計るために、山麓地域の地下水の開発及び新しい農業技術の適用について、今後調査を進める必要がある。

8.2.5 土地利用の改善及び警戒避難システム

土地利用改善は、危険地域の住民の移転と、移転跡地等の植林計画からなり、第1期にゾーン-1の移転及び植林、第2期にゾーン-2の移転及び植林を実施する。

警戒避難計画は、現状の危険状況を考慮し早急に進めることが必要である。

最も効果的な警戒避難計画は、ラハール警報に関する技術資料の集積によって初めて可能になる。第1期は2ケ年間として、試験的に、現在の技術と、2年間の集積資料をもとに試案を作成する。第2期は第3年次から3年間にわたり行うものとする。

計画の詳細については、計画の次のステージで定めるものとする。

8.3 計画実施機関

計画実施機関は公共事業省水資源総局とする。現地事務所はメラピ工事事務所として、必要な技術者等は計画の進行にあわせて増員するものとする。

8.4 砂防技術センターの設立

基本計画は多くの分野を含んでいるので、基本計画の目的とする結果を得るには、火山地域の保全と開発、砂防技術及び砂防技術者の指導にたずさわる技術センターの設立が必要である。このため技術センター（仮称-砂防技術センター）を設立すべきである。

基本計画の実施を通して、技術移転及び実際の訓練を行うため、技術センターは出来る限り早期に設立することが望ましい。

組織の技術的基礎の確立には、専門家の指導と協力が必要である。技術センターは、将来インドネシアに於ける火山地域の保全・開発に関して技術指導の役割を持つことが望ましい。また専門家の協力期間は少なくとも5年以上とする。

技術センターの機能と目標は次の通りである。

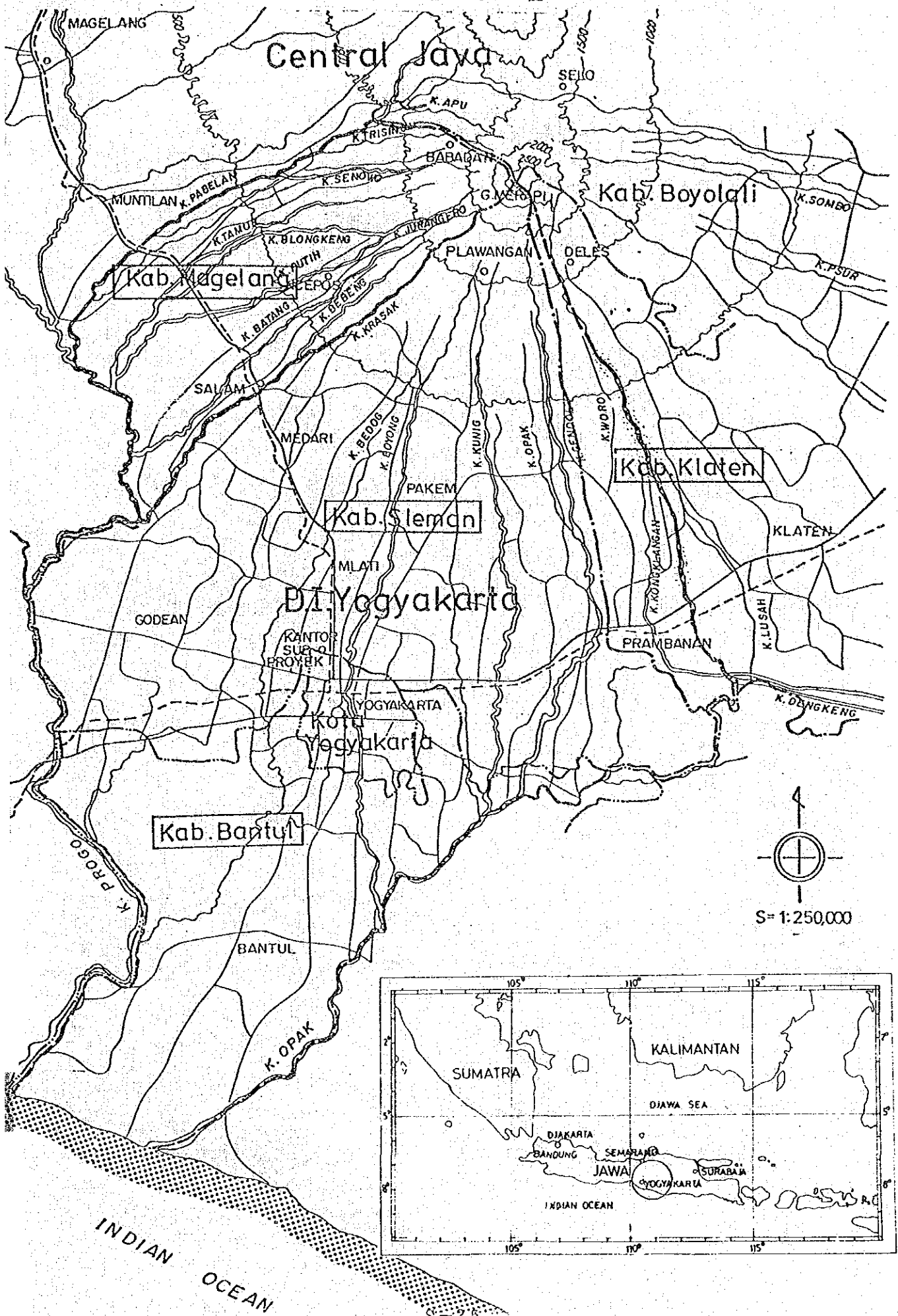
- (1) 砂防計画、砂防施設の設計及び施工に関する技術指導
- (2) 資料の収集・解析の技術指導
- (3) 新しい砂防技術の開発と技術の標準化
- (4) ラハール警戒避難組織の確立と技術指導
- (5) 火山山麓地域の社会・経済開発の計画及び実施の指導。
- (6) 技術者の養成

8.5 その他の勧告

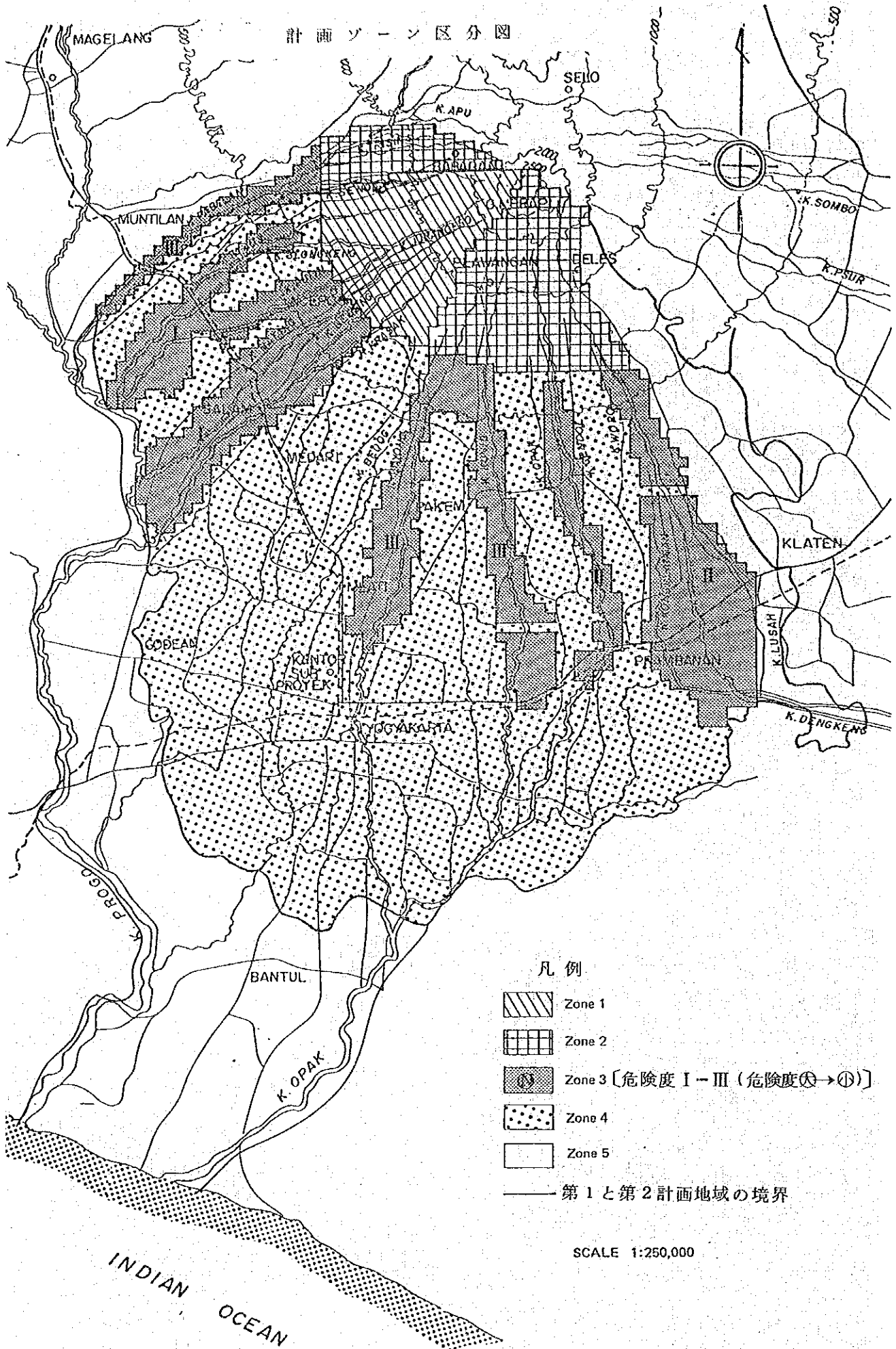
8.5.1 水理水文観測

- (1) 流出土砂量の観測
- (2) 河床変動の観測
- (3) ラハールの観測







8.5.2 基本計画実施のための地形図（1/3000～1/5000）の準備。



計画ゾーン区分図

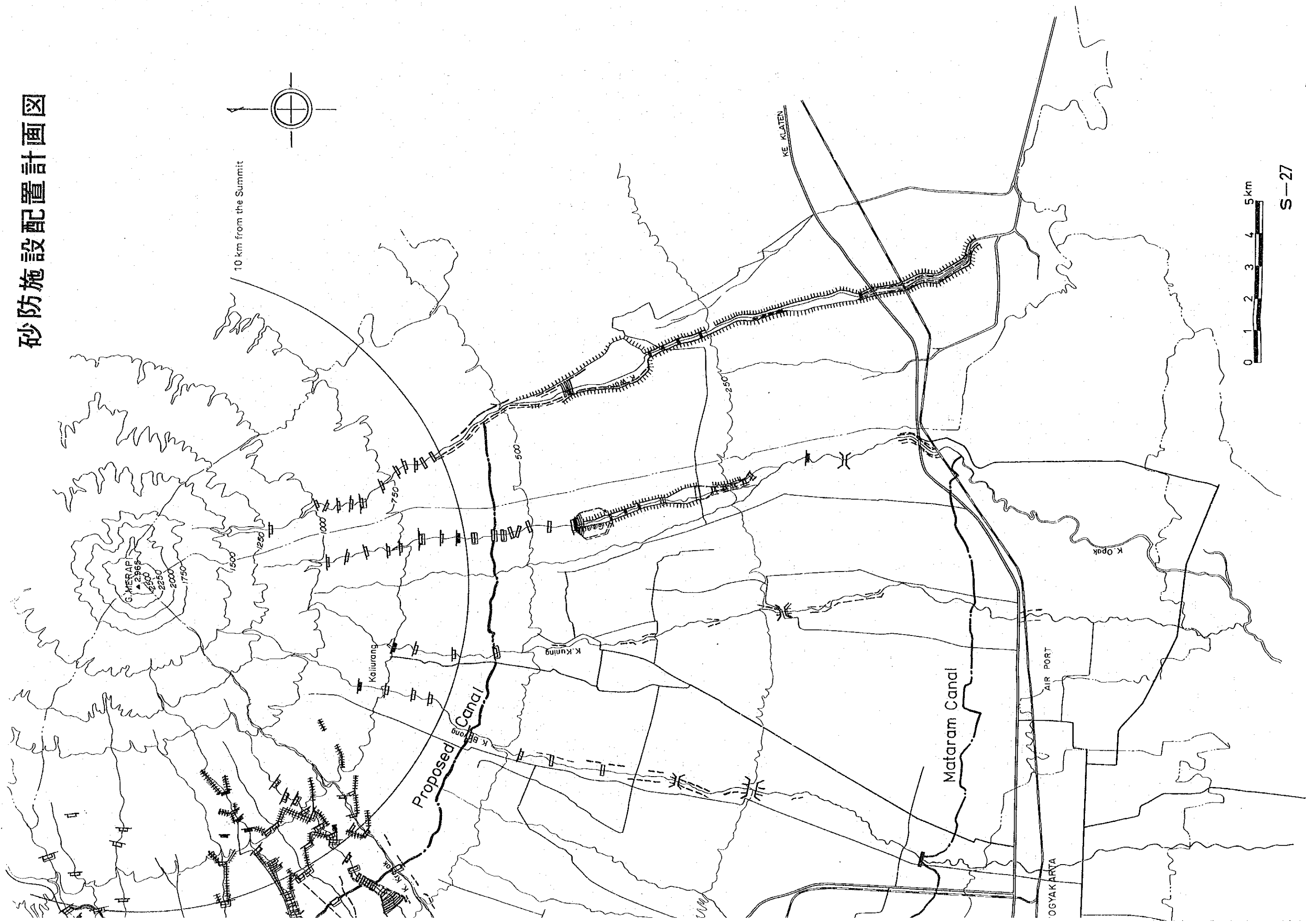


凡例

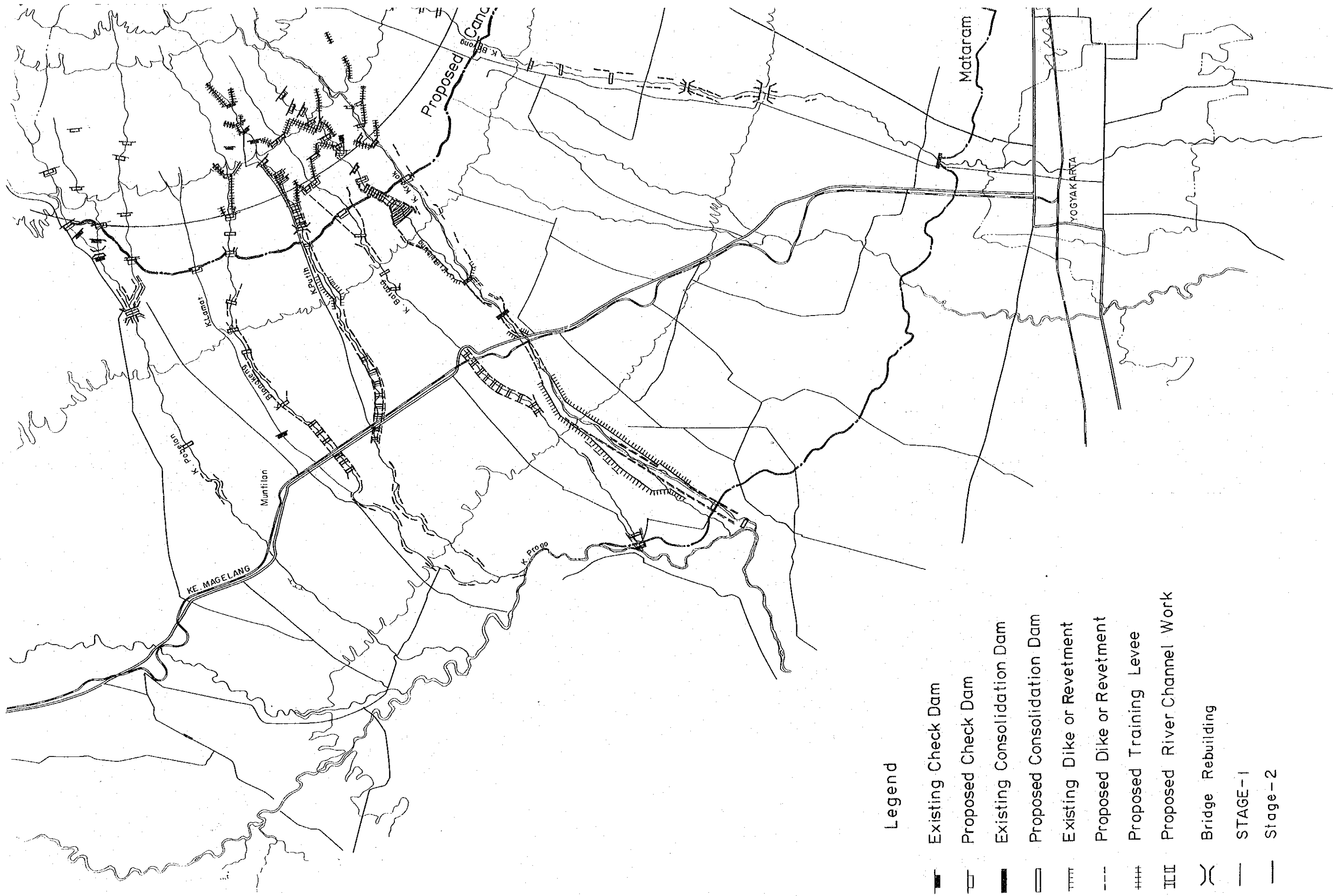
-  Zone 1
-  Zone 2
-  Zone 3 [危険度 I - III (危険度 ⊕ → ⊙)]
-  Zone 4
-  Zone 5
-  第 1 と 第 2 計画地域の境界

SCALE 1:250,000

砂防施設配置計画図



0 1 2 3 4 5 km



Legend

- Existing Check Dam
- Proposed Check Dam
- Existing Consolidation Dam
- Proposed Consolidation Dam
- Existing Dike or Revetment
- Proposed Dike or Revetment
- Proposed Training Levee
- Proposed River Channel Work
- Bridge Rebuilding
- STAGE-1
- Stage-2

序	文	
諸	言	
伝	達	状
要	約	と
計	画	概
		要
		図

第1章 序 論

1.1	調査の背景	3
1.2	調査の目的	4
1.3	計画の方針	5
1.4	調査の範囲	6

第2章 計画地域の現状

2.1	概 論	11
2.1.1	位 置	11
2.1.2	地域区分	11
2.2	自然現況	15
2.2.1	地形・地質	15
2.2.2	気象水文	25
2.2.3	河 川	31
2.2.4	生産流出土砂	36
2.3	社会経済現況	49
2.3.1	人口・労働力	49
2.3.2	道路及び社会基盤施設	50
2.3.3	農 業	51
2.4	災害の歴史と危険地域	54
2.4.1	災害の歴史	54
2.4.2	危険地域	55

第3章 砂防基本計画	
3.1 概論	63
3.1.1 地域区分と対策	63
3.1.2 計画地域区分	64
3.1.3 計画目標	65
3.2 第一計画地域の対策	66
3.2.1 土地利用改善計画	66
3.2.2 警戒避難組織の改善計画	70
3.2.3 砂防施設計画	75
3.2.4 関連施設計画	98
3.3 第二計画地域の対策	103
3.3.1 基本対策	103
3.3.2 トラブル・スポット対策	103
第4章 実施計画	
4.1 概論	111
4.2 防災事業	111
4.2.1 土地利用改善計画	111
4.2.2 警戒避難計画	111
4.2.3 砂防施設計画	111
4.3 関連施設計画	115
第5章 建設費	
5.1 概論	131
5.2 建設費用	131
第6章 計画実施機関及び運営組織	
6.1 概論	135
6.2 計画実施機関	135
6.3 砂防技術センター(仮称)の設立	136

6.3.1	設立目的	136
6.3.2	センターの機能及び組織	136
6.3.3	センター設立までのスケジュール	139
第7章 社会・経済評価		
7.1	概要	145
7.2	経済評価	145
7.2.1	便益	145
7.2.2	費用	145
7.2.3	評価	146
7.3	社会評価	146
7.3.1	食糧増産	146
7.3.2	雇用機会	146
7.3.3	所得分配	147
7.3.4	移転	147
7.3.5	その他の社会効果	147
7.4	財務評価	147
7.4.1	資金調達	147
7.4.2	投資額の現在価値	148
第8章 総合評価		161
第9章 結論及び勧告		
9.1	概論	165
9.2	結論	165
9.3	勧告	168
付録	A 調査関係者名簿	付 3
	B 国及び地方政府の開発政策目標	付 9
	C キャッシュフロー	付 19
	D 提出レポート及び会議	付 25
	E 航空写真撮影地域	付 29

表 リ ス ト

表-1	河川タイプと計画区域区分	12
表-2	メラピ山地質層序	18
表-3	確率日雨量	26
表-4	流域面積と確率日雨量の関係	26
表-5	1969~77年土砂収支	42
表-6	1976~78年流出土砂量	43
表-7	タイプⅡ，Ⅲ地域現不安定土砂量	44
表-8	タイプⅡ，Ⅲ地域流出可能土砂量	44
表-9	ゾーン1，2地域土地利用の現状	68
表-10	ゾーン1，2地域土地利用計画	68
表-11	各河川の地形的特徴	86
表-12	計画基本土砂量	
	(1) 計画対象土砂量	87
	(2) 砂防施設別土砂処理計画	88
表-13	土砂処理計画一覧	89
表-14	メラピ山各支川からのプロゴ河，オパ河への流出土砂量	90
表-15	計画対象氾濫危険面積	90
表-16	代替案	91
表-17	防災事業実施計画表	
	(1) 砂防施設(第1案，第2案)	116
	(2) " (第3案，第4案)	117
	(3) 実施計画工程	118
	(4) 砂防施設施工順位	119
	(5) 砂防施設及び工事費一覧表	120~122

表-18	事業費総括表	132
表-19	年間被害額	
	(1) タイプⅠ	149
	(2) タイプⅡ	150
	(3) タイプⅢ	151
表-20		
	(1) 農業生産の安定による増産効果	152
	(2) 米の収量の推定増加量	152
表-21	代替案別年工事費	153
表-22	防護対象地域での水田の推定収穫量	154
表-23	砂防工事および関連施設工事による雇用機会の増加	154
表-24	農業部門における雇用機会	155
表-25	必要投資資金	156
表-26	メラピ事務所年間予算	157
表-27	投資額の現在価値	157
表-28	総合評価	162

図 リ ス ト

図- 1	計画地域図	7
図- 2	河川タイプ区分図	13
図- 3	計画ゾーン区分図	14
図- 4	概略地形図	19
図- 5	河川，山体模式縦断図	20
図- 6	火山噴出物流下形態	21
図- 7	月別雨量分布図	27
図- 8	年雨量と標高の関係	28
図- 9	年雨量等分布図	29
図- 10	比流量と流域面積の関係	30
図- 11	主要河川水系図	34
図- 12	主要河川縦断図	35
図- 13	クラサ川の年間土砂流出，堆積の傾向	45
図- 14	クラサ川生産流出土砂収支図（1969～1970年）...	46
図- 15	クラサ川生産流出土砂収支図（1969～1976年）...	47
図- 16	クラサ川河床変動図	48
図- 17	ヌエ・アルダンテ，ラハール分布図	56
図- 18	土砂流出形態図	57
図- 19	想定氾濫図	59～60
図- 20	ヌエ・アルダンテ地区（ゾーン1，2）における土地利用計画	69
図- 21	観測体制図	72
図- 22	タイプⅠ地域の連絡体制	73
図- 23	警報組織	74
図- 24	砂防計画基準点及び河川タイプ区分図	93～94

図-25	砂防施設配置計画図	95~96
図-26	想定氾濫危険図(無施設の場合)	97
図-27	関連施設の効果	102
図-28	プロゴ河河道改修縦断図	106
図-29	プロゴ河河道改修横断図(スランダカン橋地点)	107
図-30	1人当り収入増(防護対象地域164,000人,1人当り年間)	156
図	計画地域地質図	23~24

第 1 章 序 論

1.1 調査の背景

インドネシア共和国は、日本国と同様に、多くの活火山を持つ世界でも有数の火山国であり、今迄に火山災害によって失われた有形・無形の富は計り知れない。特に人口稠密なジャワ島の中部、及び東部のメラビ火山、クルー火山及びスメルー火山並びに、バリ島のアグン火山の火山活動は山麓地域にとどまらず、これらの火山を水源としている諸河川の下流地域に直接的・間接的に甚大な被害を与えている。

インドネシア政府は、これら4火山に対して、直轄の砂防工事事務所を設け、1970年以降コロボプランによる日本の砂防専門家の指導のもとに砂防事業の導入を計り、それぞれ、緊急的な砂防工事を進めている。

メラビ火山は中部ジャワのジョグジャカルタ市の北方約30kmに位置し、地域の主要河川であるプロゴ河、オパ河、及びデンケン川(ソロ河の主要な支川)の水源にあたる。メラビ山麓地域は中部ジャワ及びジャワ文化の中心的地域として、極めて重要である。

メラビ火山は、極めて活動的であり、1800年以降の活動記録によると、噴火活動の周期は平均3~6年で活発化し、1969年の噴火規模程度の比較的大規模な噴火については9~16年(平均12.5年)の周期となっている。

被害は、火山噴火に直接伴うヌエ・アルダンテ(火砕流・熱雲)による大被害に加えて、火山噴火後の流出土砂に伴うラハール/バンジール(土石流/土砂流)及び過剰な流出土砂によるものと広範囲にわたり、影響は極めて大きい。例えばメラビ火山の場合、1969年の大噴火後の流出土砂による被害は10年後の今日も続き、被害は山麓の支川地域にとどまらず、下流のプロゴ本川下流地域に及び、当地域の社会及び生産基盤施設の被害の危険性は年毎に増大している。当地域は自然条件に恵まれ、歴史的・文化的に重要であり、火山噴出物及び侵食を抑制・制御して、当地域の防護及び振興を計る総合的な対策が必要となっている。

1.2 調査の目的

本調査の目的は、メラピ火山のヌエ・アルダンテ及びラハールの被害地域の実態について調査して、現在の不安定土砂及び次の噴火に伴う堆積土砂に起因するラハール等による災害の抑制・制御に関する基本計画を立案することにある。

計画対象地域はインドネシアの社会・文化の中心的地域であるが、火山噴火及び流出土砂に伴う被害の軽減・防止による安全性の向上と同時に、稠密な人口を抱え、生活及び生産水準の向上、雇用機会の創出、開発ポテンシャルの増加等多くの課題をかかえている。

インドネシアの国家開発は、1967年度から開始された第1次開発5ヶ年計画及び1973年度からの第II次開発5ヶ年計画では、主として生産基盤の整備が計られたが、1979年度から始まる第III次開発5ヶ年計画に於いては、経済効率重点主義から、国民の生活水準及び福祉の公平かつ公正な向上により重点をおき、ダイナミックな次期の国家開発を目指し、強固な基盤を確立することを目標としている。本地域においてこの目標を達成するためには、安全性・安定性の向上及び地域格差の是正は不可欠となっている。

地域の生活水準及び生産水準の向上を計るためには、地域の基幹産業である米を中心とした農業の改善が必要である。米は人口扶養力が高いので、当地域における増産は極めて重要である。米の増産は食糧自給度の向上と同時に、農業所得を増大し、経済余剰は資本蓄積となって、地域の開発ポテンシャルを高める効果がある。しかし既に土地利用は高度に進み、農地の外延的規模拡大は極めて困難な状況にあり、農業生産の増大は単位面積当りの収量の増大及び輪作体系の確立による多角化に求めることが必要である。

当地域の農業基盤整備の状況は比較的高い水準にあって、米の収量は全国平均を約20%上回っている。これは地域の土壌が可成り豊沢で、水利条件にも恵まれていることを示しているので、生産基盤の改善を計れば、更に収量の増加が期待出来る。

メラピ山麓の支川中流部はプロゴ河及びオバ河沿いの地域及び支川下流部に比べて、農業生産は $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ の低い水準にある。更に、下流地域では生産性の向上を計るために、既存施設の改善を主体としたプロゴ河灌漑事業（灌漑面積：26,000 ha）が進められ、今後地域内の農業生産及び所得の較差は更に拡大する傾向にある。

このため、上流支川地域においては、防災事業を推進するとともに砂防施設の多目的利用等による関連事業の拡大によって、地域の振興を計ることが必要となっている。

1.3 計画の方針

本砂防基本計画の方針は近年の被害の実情及び地域の社会・経済の現況に照らして、次の通りとする。

(1) 火山被害に対する安全性の向上

危険地域の一部住民の移転・警戒避難組織等防災体制の整備と、砂防事業の促進によってヌエ・アルダンテ、ラハール／パンジール被害の防止・軽減を計り、地域の安全性を向上させる。

(2) 地域の安定性の向上

過剰な生産・流出土砂は河道を不安定にし、不安定な取水・生産の原因となっている。砂防事業の促進によって、水源地域の保全、及び生産・流出土砂の抑制・制御による氾濫の防止、並びに支川・本川の河道及び取水の安定を計る。

(3) 地域振興の基盤の確立

防災施設の多目的利用及び関連施設計画によってメラピ山麓地域の生活・生産水準を向上し、地域の開発意欲、開発ポテンシャルを高め、生活の安定と地域格差の是正を計る。

1.4 調査の範囲

インドネシア政府と事前調査団との間で合意した本基本計画策定に関する主要業務は次の通りである。

(1) 調査内容

下記の基本計画を策定する。

- (a) メラビ火山山麓地域の現況（地形・地質・水文・河川・被害・社会経済・砂防施設）調査による、被害の防止軽減及び生産・流出土砂の抑制制御対策
- (b) プロゴ河及びオバ河のトラブルスポット対策

(2) 調査地域

下記の範囲について調査を実施する。位置は図1に示す。

- (a) バベラン川とウォロ川の間にあるプロゴ河オバ河の支川
- (b) ウォロ河及びデンケン川はルサ川の合流点まで
- (c) プロゴ河及びオバ河の侵食及び土砂堆積による問題地点（トラブルスポット）

調査結果ならびに計画検討結果は下記の報告書にそれぞれとりまとめた。

I 主報告書（和文、英文）

II 図面集（英文）

III 補助報告書(I)（英文）

A 地形

B 地質及び生産流出土砂

C 水理・水文

D 河川

E 被害及び災害危険地域

F 社会・経済

IV 補助報告書(II)

G 計画

本巻は各補助報告書を要約した主報告書である。

