

国名	: インドネシア共和国
事業名	: スメル火山緊急改修事業／メラピ火山緊急防災事業
借入人	: インドネシア共和国政府
実施機関	: 公共事業省水資源総局 (DGWRD)
借款調印	: 1983年10月
貸付承諾額	: 2,808百万円／4,672百万円
通貨単位	: ルピア (Rp)
報告日	: 1996年2月 (現地調査1994年10月)



スメル火山全景

【用語説明】

(1)火山災害

①火砕流（かさいりゅう）

高温の火山灰、軽石、ガスなどの混じったものが、山腹を高速で流れ下る現象。火砕流の特徴は、その温度と流速にあり、およそ300～800度に達した火砕流が、時速70～360kmで流れ下る。

②熱雲（ねつうん；nuee ardente [仏]，awan panas [インドネシア]）

小型の火砕流で、フランス語のnuee ardente(灼熱の雲の意)の名前で有名。羊が群れを成して走るように見えることからメラピ火山付近ではWedus Gembll（縮れ毛の山羊の意）と言われている。温度は1,000度位で、速度は時速100kmに達すると言われる。

③溶岩流

マグマが高温（700～1,200度）で流下するもので、流速はマグマの粘性によって差があるものの、時速約20km以下。避難などにより人的被害は回避可能。

④火山砕屑物（かざんさいせつぶつ）

火山活動の際に空中へ放出されたり堆積した固形物の総称。火山灰、軽石、火山礫、火山岩塊などに分けられる。比較的細粒の火山砕屑物は火口の風下に降下し、農作物や森林に被害を及ぼす。

⑤土石流（どせきりゅう）

広義には、土砂が重力の作用で山の斜面を流れ下る現象のことで、泥流、土砂流を含む概念である。狭義には、先端部に巨石を含む岩石礫群を有し、後続流に泥流や高濃度の土砂流を伴うもの。

⑥泥流（でいりゅう）／ラハール（Lahar）

土石流の一種で、火山砕屑物等が水と混じり合い、かゆ状となって移動する現象。火砕流が途中で水や雪と混じり合い泥流となったものを火山泥流、堆積物が降雨を誘因として流下するものを二次泥流という。比重が大きいため巨石を浮かばせた状態で動かすことが可能で、流下速度も時速40～200kmと速いうえ流下距離も長いことから、人的被害を伴う大規模な災害となることが多い。このような泥流をインドネシアではラハールと呼んでいる。

(2)砂防施設

①砂防（さぼう；Sabo）

土石流、地滑り、崖崩れ等の、土砂により生ずる災害（土砂災害）を防止すること。インドネシアや日本のような火山国では、降灰などにより土砂が無限に生産され浸食性の高い不安定な堆積物を作り上げるため、土砂災害が極めて発生し易く砂防事業が果たす役割が大きい。

②砂防ダム

川を横断して建設される土砂制御のための施設。目的によって以下の種類に分けられる。

a) 火山泥流発達防止ダム

火口近くの急勾配区間に高さの低いダム群を連設し、浸食による火山泥流・土石流の発達を制御するもの。

b) 貯砂ダム

砂防ダムの堆積地内に火山泥流・土石流を貯留して、下流への流出土砂量を減少させたり、流出時間を遅らせたりするもの。除石などによる容量の確保が重要となる。

c) 流出制御ダム

流路幅を狭くし、開口部の大きなスリットダム等によって火山泥流・土石流のピーク流量を減少させるもの。

③床固工（とこがためこう）

河床（川底）の勾配の維持及び低下の防止を目的とした、河川横断型の構造物。縦浸食を防止して河床を安定化させ、同時に河岸の決壊・崩壊等の防止を図ると共に、護岸工などの構造物の基礎を保護する目的を持つ場合もある。（横浸食防止→水制工、谷口浸食防止→谷口固定工）

④導流堤（どうりゅうてい）

保全地区への火山泥流・土石流の氾濫を防止し、安全な方向へ流向を導くための堤防施設。

⑤沈砂池（ちんさち；サンドポケット）

大量の火山泥流・土石流が下流へ流出するのを防ぐべく、流路の一部を拡大した貯砂目的の施設。

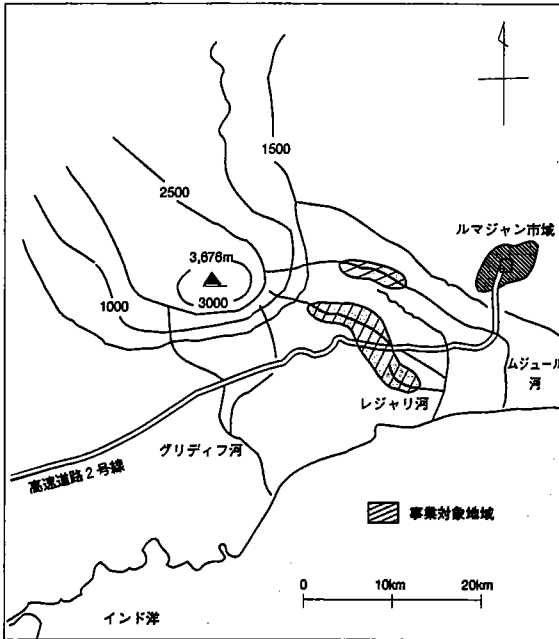
(3)略語

- ①DGWRD Directrate General of Water Resources Development
公共事業省水資源総局
- ②STC Sabo Technical Center
インドネシア砂防技術センター
- ③VSTC Volcanic Sabo Technical Center
インドネシア火山砂防技術センター
- ④MVO Merapi Volcano Observatory
メラピ火山観測所
- ⑤VSI Volcanological Survey of Indonesia
火山学研究所
- ⑥Barkonas PB National Coordinating Board for Disaster Management
災害管理調整委員会
- ⑦Satlak PB Disaster Management Executing Unit
災害管理実施ユニット

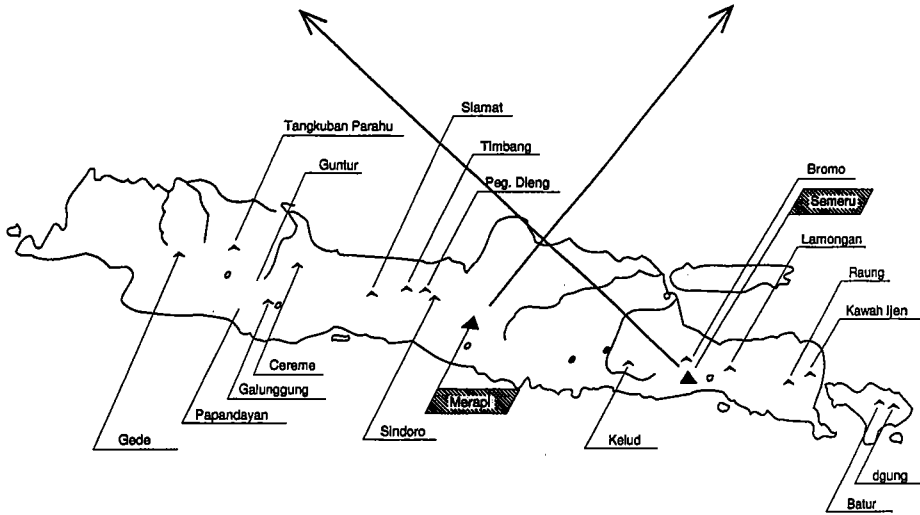
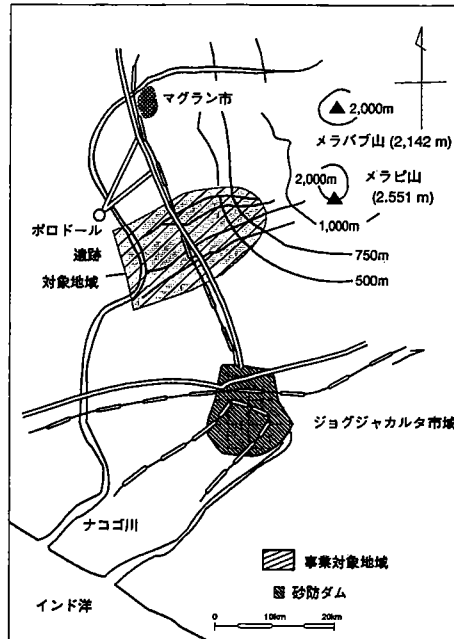
1. 事業概要と主要計画／実績比較

1.1 事業地

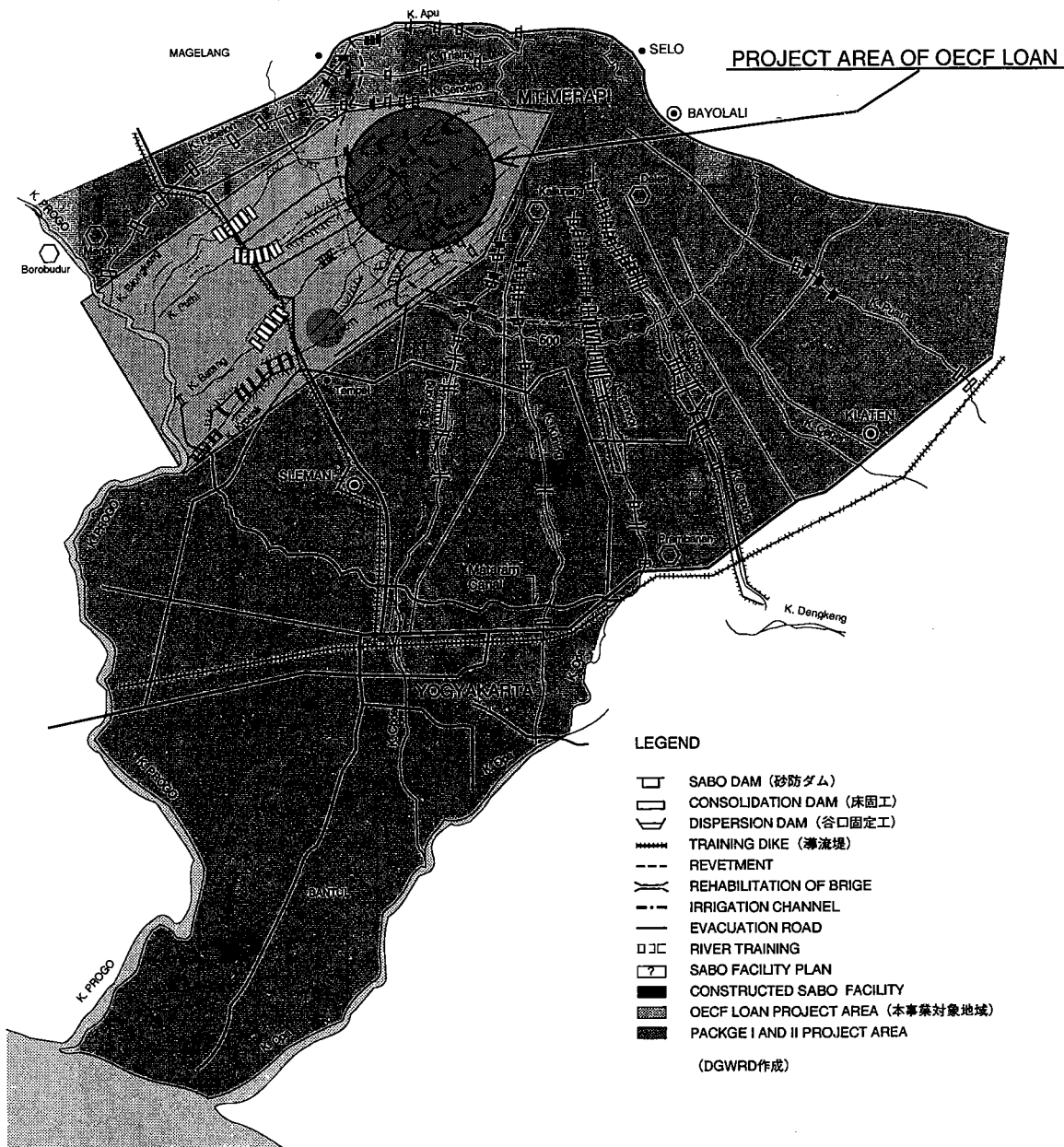
《スメル火山緊急改修事業》



《メラピ火山緊急防災事業》



《メラピ火山緊急防災事業》



1.2 事業概要

スメル火山緊急改修事業（以下、スメル事業）は、インドネシアのジャワ島東部ジャワ州中央部にあるスメル火山の火山災害被害予想地域（主に火山南東斜面）にて、河道掘削、砂防ダムの修復、導流堤等の建設を行うことにより、同地域における人命及び財産をラハール等の火山災害から保護しようとするものである。基金借款対象は、建設資機材（建設機械）・スペアパーツの調達、コンサルティング・サービスに係わる外貨分全額である。（最終的には、詳細設計作成中の見直しによる追加土木工事に係わる外貨分についても借款対象となった。）

メラピ火山緊急防災事業（以下、メラピ事業）は、ジャワ島中部ジャワ州とジョグジャカルタ特別区の州境にあるメラピ火山の火山災害被害予想地域（主に火山南西斜面）にて、砂防ダム及び導流堤等の建設を行うことにより、同地域における人命及び財産をラハール等の火山災害から保護しようとするものである。基金借款対象は、土木工事及びコンサルティング・サービスに係わる外貨分全額である。

【本事業の背景】

《概略》

インドネシアは、地質構造上3つの巨大プレート（太平洋プレート、インド・オーストリアプレート）の合流点に位置することから、地殻活動が活発であり世界有数の地震・火山国となっている。このため、同国では地震・津波、火山災害（噴火・土石流）、洪水、地滑りなどの自然災害が歴史上多発しており、多くの損害を同国の経済・社会に与えてきた。

火山災害については、こうした地質構造上の理由による噴火災害（火砕流等）の他、熱帯雨林気候に属し降雨量が多いことから、噴火により生じた降灰土砂（火山砕屑物）の堆積物が降雨を契機に流出しやすく土石流・土砂流等が数多く発生するという特徴を持っている。また、降灰による土地の肥沃化から古来より文化が盛え人口密度も高く、火山近隣の住民に多くの被災者が絶えず、世界一の火山被災国となっている。

被災回避のため同国では、オランダ統治領時代から沈砂地の建設等が実施されてきたが、1970年に始まるJICA技術協力（砂防技師派遣）を契機に世界的にも高水準な日本の砂防技術が導入され、同国の火山防災事業は大きく発展を遂げた。

技術協力の案件中には「メラピ火山砂防基本計画」（以下、メラピ火山マスタープラン）、「スメル火山砂防・水資源保全計画」（以下、スメル火山F/S）があり、同案件に対する資金協力要請から、基金借款が本事業に適用されることとなった。

「緊急事業」とされた理由は、審査当時本事業（スメル・メラピ両事業）の対象地域において、火山砕屑物堆積土砂が降雨等をきっかけに流出し易い状況にあり、迅速な対応と早期完成が目指されたためである。

《防災事業（砂防）としての背景》

1. 火山災害と砂防対策

(1)火山災害と被災状況

火山活動による災害は、その種類（火砕流、ラハール等）及び形態（流下速度、構成物質、温度、拡散範囲等）が様々であり、各火山ごとに固有の特徴を有する。

火山災害は、噴火が直接的な誘因となって生ずる1次災害と、噴火後に降雨等を誘因として堆積物が流出することによって生ずる2次災害に、大きく分けることができる。これらの主なものは、下表の通りである。

〔表1-1〕火山災害の分類

発生原因	移動形態	流状（構成物）	災害名称
噴火／ 1次災害	降下 (Fall)	固相流（碎屑物）	①降下火砕物（火山灰、軽石、火山弾等）
	流下 (Flow)	固相流（碎屑物）	②山体崩壊（岩屑流）
		液相流（マグマ）	③溶岩流
		固気混相流（碎屑物+火山ガス）	④火砕流
	固液混相流（碎屑物+水）	⑤火山泥流	
降雨等／ 2次災害	流下 (Flow)	固液混相流（碎屑物+水）	⑥土石流 （泥流／ラハール、土砂流）

上記の火山災害のうち、最も多くの被害をもたらしているものは、火砕流・岩屑流（がんせつりゅう）であり、今世紀（1900～1982年）における被災死者数の大半を占めている。（表-2参照）

〔表1-2〕世界の火山災害種類別死者数

	火山災害	死者数(1600～1982年)	死者数(1900～1982年)
1	火砕流・岩屑流	54,995人	36,787人
2	火山泥流・土石流	14,746人	6,438人
3	餓死・病死等	95,313人	3,163人
4	降下火砕物	10,953人	3,019人
5	原因不明	17,182人	2,133人
6	津波	44,356人	407人

（出所）（社）砂防学会監修砂防学講座第10巻「世界の砂防」

(2)火山地域の砂防対策

①ハード対策の考え方

火山地域の砂防対策のうち構造物を利用した対策はハード対策と言われ、砂防施設により、土砂移動をコントロールして下流の氾濫・土砂停止域における被害の軽減を図ることを目的としている。ハード対策の基本的な考え方は以下の通りである。

- a) 火山泥流・土石流や溶岩流を捕捉して、流出土砂量等を低減させる。
- b) 山腹斜面や土砂流下地帯の既存堆積物を固定することで浸食谷の発達を防止し、土地の保全を図る。
- c) 火山活動に伴って発生した火山泥流・土石流や溶岩流の流向を制御し、保全対象への流出を防ぎ、安全な方向へ導流する。

②ソフト対策の考え方

火山砂防対策上、構造物によらないソフト対策としては、以下のものがある。

a) 未然回避目的のソフト対策（平常時対応）

〔法制面〕 立入禁止地域の居住禁止、危険地域での事業活動への行政監督等

〔技術面〕 防災関連技術者・専門家の養成、予知・予測技術の向上

〔広報・教育面〕 ハザードマップ（危険地域図）及び防災関係読本の作成・配付、防災セミナーの開催、防災博物館等の設置、防災訓練の実施

b) 緊急避難目的のソフト対策（災害発生時対応）

〔法制面〕 災害復旧・緊急事態への政府及び自治体の対応方針の設定

〔技術面〕 警戒避難情報の迅速な伝達システムの確立

〔広報・教育面〕 避難訓練の実施

2. インドネシアの火山災害

世界には約 3,800の火山があり、そのうち活火山（過去に噴火または噴気の記録のある火山）は約 750程度あると言われている。インドネシアには、これらの内約 2割に相当する 129の活火山及び約 300の休火山が集中し（日本の活火山は約70）、毎年のように火山が噴火し、時には多大の被害をもたらされている。

多数の島々で構成される同国において、最も火山の集中度が高く、また火山活動が極めて激しいところがジャワ島とバリ島であり、世界的に有名な火山であるメラピ、スメル、クルド、アグンを有している。

下表-3及び4が示す通り、同国では世界的に見ても極めて規模の大きい火山災害が多発している。このことは、単に地理的環境ばかりではなく、火山活動による土壌の肥沃化から山麓の土地利用度が高く人口が稠密（人口密度は日本の倍以上）であること、また、気候が熱帯に属し雨期の大量の降雨（スコール）による浸食で火山堆積物が流下しやすく、ラハールや土石流が多く発生することも要因となっている。

〔表1-3〕世界の20大噴火災害

	火山名	所在地	噴火年	死者(人)	備考
1	タンボラ	インドネシア	1815	90,000	餓死者を含む
2	クラカトア	インドネシア	1883	36,417	津波
3	ペレー	西インド諸島(中米)	1902	29,025	熱雲
4	ボドメル	コロンビア	1986	24,700	ラハール
5	ベスビオス	イタリア	1631	18,000	
6	エトナ	イタリア	1169	15,000	
7	雲仙岳	日本	1792	14,300	
8	クルド	インドネシア	1586	10,000	ラハール
9	エトナ	イタリア	1669	10,000	
10	ラキ	アイスランド	1783	10,000	
11	メラピ	インドネシア	1806	数千	熱雲
12	クルー	インドネシア	1919	5,110	ラハール
13	ガルングン	インドネシア	1822	4,011	ラハール
14	アウ	インドネシア	1711	3,200	ラハール
15	ラミントン	パプアニューギニア	1951	3,000	爆発・熱雲
16	メラピ	インドネシア	1672	3,000	熱雲・ラハール
17	バパンダヤン	インドネシア	1772	2,957	爆発
18	アウ	インドネシア	1856	2,806	ラハール
19	キウブシ	インドネシア	1760	2,000	熱雲・ラハール
20	スーフィエル	西インド諸島(中米)	1902	1,600	熱雲

(出所)「世界の砂防」

〔表1-4〕火山災害による地域別死者数(1600年~1982年)

	地域	死者数(人)
1	インドネシア	160,783(67.3%)
2	カリブ諸国	30,761(12.9%)
3	日本	19,240(8.1%)
4	アイスランド	9,368(3.9%)
5	中央アメリカ	5,445(2.3%)
6	地中海	3,982(1.7%)
7	フィリピン	3,700(1.6%)
8	パプアニューギニア	3,477(1.5%)
9	その他地域(10地域)	2,111(0.9%)
	合計	238,867(100.0%)

(出所)「世界の砂防」

3. スメル火山

(1)概要

スメル火山は、ジャワ島の最高峰（標高 3,676m）であり、インドネシア東部ジャワ州中央部のインドネシア海寄り、ルマジャン市の西方約35km、州都スラバヤの南南東 100kmに位置する。本事業の対象地域である南東斜面一帯はルマジャン県に属し、約50%が農地（その約半分が水田）となっており、住民の多くが農業に従事している。同地域は、インド洋側における陸運の基幹となっている高速道路が横断するなど、地域の経済活動上も重要な役割を果たしている。

南東斜面には、火口から標高 2,250m付近まで、幅 100m～ 400m、長さ 2.5kmにおよぶ大規模かつ急峻（平均勾配32度）な浸食谷が形成されている。同斜面の大部分は火砕流及び溶岩流の流下により地山が露出しているが、標高 800～ 150m付近はラハール堆積物に覆われている。

同斜面上には、インドネシア海に注ぐムジュール川（延長38km、流域面積 170km²）、レジャリ川（延長38km、流域面積 130km²）及びグリディク川の3水系が形成されており、火砕流及びラハールが流れ下り土砂災害の頻発地域となっている。

(2)火山災害の特徴

スメル火山は1818年以降ほとんど毎年噴火しており、年間を通じて活動期と休眠期が交互に現れている。小規模な噴火が多いことから、1次災害は比較的軽微である場合が多いものの、頻繁な噴火により急峻な山体上に噴出物の堆積が進むため、かなり規模の大きいラハール災害が多発しやすい。

ラハールの頻発地域は、南東斜面のムジュール川及びレジャリ川で、特に降雨量の多い時に同河川下流域の農地、居住区域、人命等に被害をもたらしている。

近年の活動状況は、1978年～1990年5月までが火砕流を伴う小規模噴火を繰り返した活動期にあり、約4年ほどの休眠期を経て、1994年2月の噴火以降活動期に転じ現在に至っている。また、被害状況としては、1976年、1977年、1981年、1985年、1988年に大規模なラハールが発生しており、その中でも特に1981年のラハールでは、死者・行方不明 365人、損壊家屋 1,002戸、被害農地 679haの被害が生じている。

4. メラピ火山

(1)概要

メラピ火山は中部ジャワの中心都市であるジョクジャカルタ特別市（人口約42万人）の北方約30kmに位置する標高 2,968mの活火山で、山体は円錐形を成し、火口は南西に広がる馬蹄形を呈する。周辺にはジョクジャカルタを始めソロ市（人口約51万人、東方70km）、など地域の主要都市が散在しており、山麓一帯は肥沃な土壌と豊富な水に恵まれていることもあり、仏教遺跡ポロブドール寺院（南西25km）、プランバナン遺跡に見られるように、ジャワ文化の中心地として栄えてきた。現在でもメラピ火山

周辺は整備された灌漑水田が広がり、単収ではインドネシアの平均を上回る。また人口密度も高く、山裾まで人家が迫っている。

メラピ火山は地形的には、上流域（標高2千m以上）、中流域（標高5百～2千m）、下流域（標高5百m未満）に分けられる。上流域は勾配が35度以上もある急斜面で、噴火毎に新たな火山噴出物や岩石で覆われる地域である。中流域では土石流などによる浸食により溪谷が形成され、火砕流及びラハールがその溪谷を流れ下り堆積する地域であり、下流域は、かなり平坦な地形を成している。

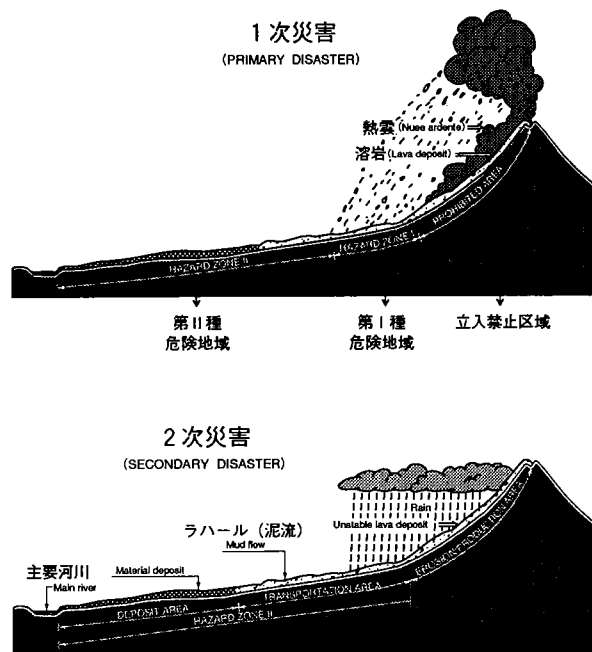
(2)火山災害の特徴

メラピ火山の活動周期は3～6年で、大規模噴火も概ね9～16年（平均12.5年）毎に発生している。歴史的にも数多くの噴火が繰り返されており、1006年の大災害（死者数千人）については、サンスクリットや古いジャワの物語を刻んだ石碑にも記されている。近世以降の大規模な災害としては、1672年の熱雲・火山泥流による死者3,000人、また今世紀以降では1930年の死者1,359人の被害が記録されている。このように多数の死者を伴う大規模災害となる理由は、火砕流が山腹の人口密集地に襲いかかるためである。

近年の特徴としては、火砕流等の一次災害よりも、雨期における集中降雨等のために生じる土石流・土砂流等の二次災害が目立ってきているということで、被害規模は周辺地域の道路・鉄道・灌漑施設などのインフラの充実に比例して増大しつつある。1969年1月の噴火に係る例を挙げれば、南西斜面に堆積した火砕流堆積物560万トン、火山灰210万トンがその後の降雨で土石流・土砂流となって流出した。家屋・農地の他、鉄道・道路網の寸断や灌漑用水取水障害といった産業インフラへの被害も新たに生じ始めている。

最近の災害の状況としては、本事業実施後の1994年11月に噴火が生じており、火砕流等により死者23名、負傷者85名の被害が生じた。

〔図1-1〕メラピ火山災害発生図



5. JICAによる砂防事業計画 (F/S及びマスタープラン)

1970年に、前年のメラピ火山噴火に伴う砂防工事に係る技術協力として、JICAによる砂防専門家の長期派遣が開始された。以降1993年までに31名の砂防技と数名の開発調査員が同国砂防事業のため長期派遣され、その間にメラピ火山向け (1975～1980年)、スメル火山向け (1981～1984年)、ガルンゲン火山向け (1986～1990年)、バリ島向け (1987～1991年) の4つのマスタープランないしF/Sが作成された。

本事業は、スメル火山F/S及びメラピ火山マスタープランを基本として実施されており、その概要は以下の通り。

〔表1-5〕 J I C A砂防事業計画の概要

	スメル火山F/S	メラピ火山マスタープラン
計画完成年度	1984年	1980年, 1984年(変更)
計画地域 (対象河川流域)	南東斜面 約 730km ² (ムジュール, レジャリ, グリディク)	I 南西斜面 約 850km ² (カゴ, オバ河各支川) II 南西斜面 約 450km ² (カゴ, オバ河の問題箇所)
想定される 災害の形態	一次災害(上部斜面) 二次災害(中/下部斜面)	I 一次災害(上部斜面) 二次災害(中/下部斜面) II 二次災害

1. 3 主要計画／実績比較

1.3.1 事業範囲

《スマル事業》

	計画 (変更計画)	実績	差異
(1) 本体工事			
・河道掘削	323 千m ³	356 千m ³	31 千m ³
・砂防ダム修復	2 基 (1 基)	1 基	▲1 基
・導流堤	11.1km (12.3km)	13.7km	2.6km
(2) 追加工事※			
・導流堤	— (2.9km)	2.3km	—
・谷口固定工	— (3 基)	3 基	—
・床固工	— (2 基)	2 基	—
・沈砂池	— (3 基)	3 基	—
・砂防ダム	— (2 基)	2 基	—
(3) 機材調達※			
・ブルドーザー、バックホー	3 2 台	2 6 台	▲6 台
・ダンプトラック	4 0 台	3 5 台	▲5 台
・その他機器	各種	各種	—
(4) コンサルティング・サービス ※			
・詳細設計、入札補助	9 8 M/M	1 2 3 M/M	2 5 M/M
・施工監理等	2 0 7 M/M	3 8 3 M/M	1 7 6 M/M

(注) 1. ※印部分が借款対象。

2. 当初計画は緊急事業実施計画 (82年 3月) に基づき、変更計画は緊急事業実施計画の変更 (88年 4月) に基づく。

《メラピ事業》

	計画 (変更計画)	実績	差異
(1) 本体工事			
・砂防ダム	6 基 (1 1 基)	1 2 基	6 基
・床固工	2 基 (2 基)	2 基	—
・導流堤	12.1km (11.7km)	11.6km	▲0.5km
・水制工	120m (—)	—	▲120m
・谷口固定工	— (5 基)	5 基	5 基
(4) コンサルティング・サービス			
・詳細設計、入札補助	1 4 3 M/M	1 6 5 M/M	2 2 M/M
・施工監理等	2 4 6 M/M	2 8 1 M/M	3 5 M/M

(注) 1. 当初計画は緊急事業実施計画 (85年 4月) に基づき、変更計画は詳細設計の実施 (88年 1月) に基づく。

2. 上記砂防ダム及び床固工は、鋼製 (Steel Double Wall Type) を使用。

1.3.2 工期

《スメル事業》

	計 画	実 績	差 異
(1)コンサルタント 選定	1983年 8月～1984年 3月 (8カ月)	1983年10月～1985年10月 (25カ月)	19カ月 (17カ月)
(2)コンサルティング・サービス	1984年 4月～1987年 3月 (36カ月)	1985年10月～1990年 4月 (55カ月)	37カ月 (19カ月)
(3)機材調達	1984年 4月～1985年 4月 (13カ月)	1985年10月～1987年 3月 (18カ月)	23カ月 (5カ月)
(4)施工	1984年 6月～1987年 2月 (33カ月)	1985年10月～1987年 3月 (18カ月)	1カ月 (▲15カ月)
(5)追加工事			
コンサルティング・サービス	————	1989年 1月～1991年 8月 (32カ月)	— (ー)
施工	————	1990年 2月～1991年 6月 (17カ月)	— (ー)

《メラピ事業》

	計 画	実 績	差 異
(1)コンサルタント 選定	1985年11月～1986年 1月 (3カ月)	1986年 1月～1986年11月 (11カ月)	10カ月 (8カ月)
(2)コンサルティング・サービス	1986年 2月～1989年11月 (46カ月)	1987年 1月～1992年 6月 (66カ月)	31カ月 (20カ月)
(3)施工	1987年 5月～1989年11月 (31カ月)	1989年 6月～1992年 6月 (37カ月)	31カ月 (6カ月)

1.3.3 事業費

《スメル事業》

	計 画	実 績	差 異
外貨（基金分）	2,808 百万円	2,738 百万円	▲ 70 百万円
内貨	5,832 百万円	9,879 百万円	4,047 百万円
総事業費	4,871 百万円	3,578 百万円	▲1,293 百万円

〔為替換算レート〕 審査時：1円＝0.354 円
 実績時：1円＝0.085 円 （IFS 年平均市場レート 加重平均）

《メラピ事業》

	計 画	実 績	差 異
外貨（基金分）	4,672 百万円	4,628 百万円	▲ 44 百万円
内貨	14,318 百万円	24,735 百万円	10,417 百万円
総事業費	7,994 百万円	6,533 百万円	▲1,461 百万円

〔為替換算レート〕 審査時：1円＝0.232 円
 実績時：1円＝0.077 円 （IFS 年平均市場レート 加重平均）

2. 分析と評価

2.1 実施に係わる評価

2.1.1 事業範囲

(1) スメル事業

本事業では、1982年に作成された緊急事業実施計画に従い、①河道掘削、②本体工事（砂防ダム修復・導流堤建設等）、③建設資機材（ブルドーザー等）・スペアパーツの調達、④コンサルティング・サービス（詳細設計、入札補助、施工監理等）、が当初事業範囲とされた。

ところが、1984年以降レジャリ川における土石流災害が頻繁化するなど、当初想定していた堆積物の分布と異なる状況に至ったため、1988年に事業内容の拡充を目的として緊急事業実施計画が変更され、追加工事及び同コンサルティング・サービスが事業範囲に加えられることとなった。追加工事の具体的な内容は、導流堤、谷口固定工、床固工、沈砂池、砂防ダムの建設である。

当初計画と実績との差については、主なものから砂防ダム修復の1基減少（同一河川上での他事業実施により緊急性が失われたため）、工期延長によるコンサルティング・サービスのM/M増、状況変化に応じた導流堤の延長及び建設資機材の台数減である。なお、追加工事については概ね計画通りに実施された。

以上の事業範囲の変更については、工期遅延の影響を除けば、状況変化に対応した変更であり、やむをえなかったものと考えられる。

(2) メラピ事業

本事業では、メラピ火山マスタープラン（1980年）を基本としつつ、1984年のメラピ火山噴火による最新状況を踏まえて作成された緊急事業実施計画に従い、①本体工事（砂防ダム、床固工、導流堤等の建設）、②コンサルティング・サービス（詳細設計、入札補助、施工監理等）、が事業範囲とされた。

その後、1988年の状況変化に対応して詳細設計が実施され、砂防ダムの倍増（6→12基）、水制工の建設取り止め、谷口固定工の5基新設といった変更が行われた。

同変更は、スマル事業と同様、工期遅延の影響を除けば、長期間にわたる浸食がもたらした地形・河道の変化に対応した変更であり、やむをえなかったものと考えられる。

2.1.2 工期

(1) スメル事業

工期については、借款調印が1983年10月であったにもかかわらず、インドネシア側の国内調達優先政策等の影響により、コンサルタントの選定及び建設資機材の調達が当初計画に比べて大幅に遅延している。コンサルタントの選定で1年7ヵ月、建設資機材の調達で1年11ヵ月の遅延となった。

更に緊急事業実施計画の変更により本事業の対象に追加工事と同コンサルティング・

サービスが加えられたため、本事業全体の完成は4年5ヵ月の大幅な遅延となった。
(この工期遅延に対処するため、当初1988年10月であった基金借款の貸付実行期限を2ヵ月延長して1988年12月までとし、1988年12月には更に2年9ヵ月の再延長を行い、最終的な貸付実行期限は1991年9月となった。)

本事業の緊急性を考慮すれば、借入国の政策(国内調達優先政策)に起因してコンサルタント及び建設資機材の調達が遅れ工期が大幅に遅延したことは、本事業の意義を大きく減じた可能性があり、基金においても、中間管理の実施や必要に応じた実施機関へのアドバイス等を行うべきであったと思料される。

(2)メラピ事業

本事業もスメル火山緊急改修事業と同様に、インドネシア側の国内調達優先政策等の影響により、コンサルタントの調達が10ヵ月遅延、更に工事請負業者の応札価格が実施機関の見積価格を上回ったことに起因する再入札の実施などの影響により、土木工事のコントラクターの調達が2年9ヵ月遅延し、事業の完成は当初計画に比べて2年7ヵ月の大幅な遅延となった。

当該事業進捗の遅延については、基金側でもコンサルタント等を通じた関係資料の入手及び技術検討を行うなど調達手続促進に向けた努力を行っており、本事業とは直接関係しないインドネシア側調達政策にも問題があったものと考えられる。(スメル事業同様、この遅延に対応すべく貸付実行期限を当初の1990年12月から2年11ヵ月延長し1993年11月とした。)

スメル事業同様、本事業の緊急性を考慮すれば、借入国の政策に起因してコンサルタントの調達が遅れ工期が大幅に遅延したことは、本事業の意義を大きく減じた可能性があり、基金においてもより一層の進捗状況への留意が求められる。

2.1.3 事業費

(1)スメル事業

基金借款が全額をカバーする外貨分については、当初計画28億円に対し実績27億円と、ほぼ当初計画通りとなった。追加工事が基金借款対象となったにもかかわらず事業費に増加が見られなかった理由は、他事業における砂防施設設置により本事業での砂防ダム修復が1基不要となったためである。

内貨分については、緊急事業実施計画の変更に伴う追加工事の実施から、当初計画58億ルピアから99億ルピアと41億ルピアのコストオーバーラン(70%増)となった。なお、本事業の内貨分に係る資金手当てについては、当時のイ国における財政収支悪化(主要輸出品である石油の大幅な価格下落に伴う石油税収入減に起因)を支援する目的で供与された「実施中案件内貨融資」により、約67億ルピア(5.5億円)が充当されている。

総事業費(円ベース)で見ると、事業実施期間中の円高進行により加重平均で見たルピアの対円レートが審査時レートの約1/4に下落したことから、当初計画49億円に対し36億円と13億円のコストアンダーラン(28%減)となった。

以上より、事業費に関しては特段の問題はないものと考えられる。

(2)メラピ事業

本事業の外貨分については、当初計画47億円に対し実績46億円と、ほぼ当初計画通りとなった。

内貨分については、当初計画の見直しによる土木工事量の増加等により、当初計画143億ルピアに対し実績247億ルピアと104億ルピアのコストオーバーラン(73%増)となった。また内貨分の資金調達については、スマル事業と同様に約73億ルピア(5.8億円)に対して「実施中案件内貨融資」が充当された。

総事業費(円ベース)については、スマル事業と同様に為替レートの変化の影響を受け、当初計画80億円に対し65億円と15億円のコストアンダーラン(18%減)となった。

以上より、本事業においても事業費に関しては特段の問題はないものと考えられる。

2.1.4 実施体制

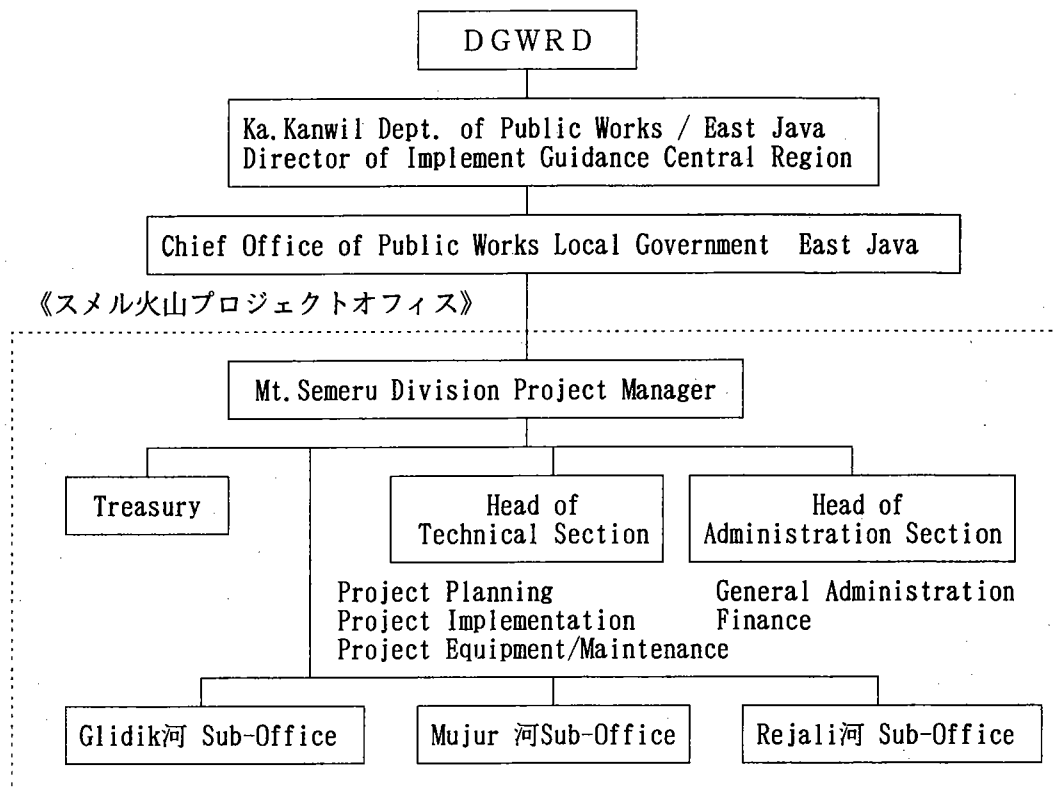
本事業の実施機関は、プランタス総合開発を始め基金借款事業の豊富な経験を有する公共事業省水資源総局(DGWRD)であり、実際の業務はDGWRD河川局が管轄するスマル火山プロジェクトオフィスならびにメラピ火山プロジェクトオフィスが実施した。

工期の項で述べたように、本事業は実施においてコンサルタント雇用・建設資機材の調達に係わるかなりの遅延を生じているが、この遅延は主に国内調達優先政策を踏まえた上部機関における調達手続きレビューの遅延に起因するものであり、実施機関としての対応には限界があったものと思われ、実施機関のパフォーマンス自体には問題は無かったものと考えられる。

実施の概要は次の通りである。まずスマル事業の場合、土木工事(本体工事及び追加工事)はローカルテNDERによる請負方式で実施され、借款で調達された建設資機材が同受注業者に貸与された。コンサルティング・サービスについては、F/Sの作成者である本邦コンサルタントが、緊急事業ということもあり随契で雇用され、ローカル・コンサルタントとの共同企業体にて本事業のコンサルティング・サービスを実施した。メラピ事業では、土木工事は国際競争入札が実施されたものの応札価格が実施機関による見積価格を大きく上回ったため再入札が行われ事業遅延の原因となった。コンサルティング・サービスについてはメラピ事業と同様であり、同一の本邦コンサルタントが随契で雇用されローカル・コンサルタントと共同で実施した。実施に関しての主な問題点は、スマル・メラピ両事業ともに国内調達優先政策に係わる調達手続の遅延によるもので、建設資機材の供給及び土木工事の実施内容については特に問題点の指摘はなく、サプライヤー、工事請負業者のパフォーマンスも良好であったと報告されている。

本事業の実施に係わる組織図を以下に掲げる(両事業ともに同様であるため、メラピ事業については省略)。

〔図2-1〕 スメル事業の実施体制



(出所) インドネシア側提供資料

2.2 運営維持管理に係わる評価

本事業の維持管理に関しては、JICAの技術援助の果たす役割が大きいことから、まず同援助が直接的に関わりを持つ「技術者・専門家の養成」に関して説明を行い、次に事業そのものの維持管理体制・維持管理状況について述べる。

2.2.1 技術者・専門家の養成

JICAによる技術援助は、メラピ火山の防災対策支援を目的とした1970年の砂防技師の長期派遣に始まった。(このような専門家派遣による協力は、公共事業省、メラピ事務所他への継続的派遣を通じて現在までも続いている。)

同技師派遣は、JICA最初の火山防災プロジェクト案件としてのメラピ火山マスタープラン作成へとつながるが、この中に同国の火山砂防技術者の養成と火山砂防技術の進展を目的とした研究機関の必要性が盛り込まれていた。このため、1982年に「インドネシア火山砂防技術センター(VSTC; Volcanic Sabo Technical Center)」が、JICAの技術援助により設立された。VSTCは1992年に「インドネシア砂防技術センター(STC; Sabo Technical Center)」に名称を変え、研究対象防災分野は一般砂防まで拡大された。

両技術センターでは、現地に則した研修活動及び技術開発活動を通じ、F/S・詳細設計の策定ならびに適正かつ経済的な工事の施工を行える技術者の養成が図られ、同時に、災害の予知・予警報技術の向上や住民への啓蒙なども目指された。

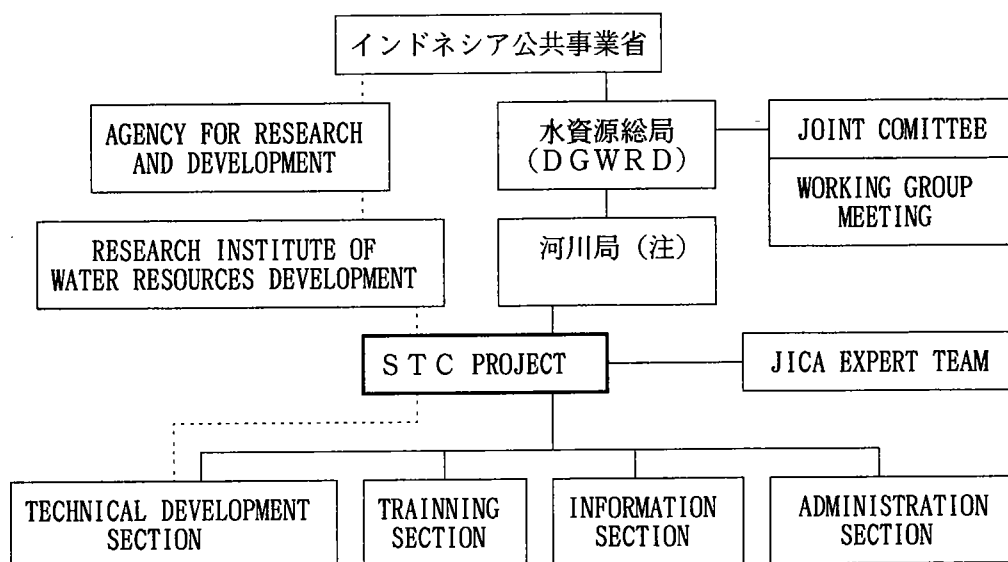
なお、VSTC及びSTCにて研修を修了した者は、1994年現在で約400名に達している。

〔表2-1〕STC研修コース内容

	公開コース	砂防技術者コース	応用砂防技術者コース
目的	「火山災害対策事業」の概念・目的・効果を解説することで、同事業への興味と実行意欲を持たせる。	「火山災害対策事業」に関する基礎的な知識・実用技術の教授を通じ、技術者の能力向上を図る。	「火山災害対策事業」に関する上級の知識・実用技術の教授を通じ、インドネシア政府の中核的技術者の専門性向上を図る。
対象者	地方公共団体職員・村落指導者等	大学講師、民間及び公機関の技術者	VSTC研修終了者、砂防技術者コース受講者

(出所) STC資料

〔図2-2〕STCの組織運営（1994年8月のDGWRD組織改変以前）



（出所）STC資料

（注）河川局は1994年8月以降、大統領令 No. 18に基づく組織改編により、地域事業局（西部、中部、東部）に変更。

2.2.2 維持管理体制

本事業（スメル・メラピ両事業）の維持管理は、実施を担当したDGWRD河川局管轄のスメル火山・メラピ火山両プロジェクトオフィスが担当している。

プロジェクトオフィスの総人員数は両オフィス各々130名程度で、うちエンジニア数（専門学校卒業レベル以上）は約20%である。火山砂防施設の維持管理を始めとする砂防技術については、STCでの技術研修を通じて人材の育成・強化が図られており、エンジニアの大半はSTCにて研修済である。この中には日本（JICA）にて技術研修を受けた者も存在する。

また、プロジェクトオフィスは各河川毎に現地事務所を有しており、砂防施設等の維持管理については、プロジェクトオフィスの維持管理担当部門と現地事務所が共同で実施している。

尚、プロジェクトオフィス全体の人員構成は下表の通りである。

〔表2-2〕 スメル火山・メラピ火山両プロジェクトオフィスの人員構成

(単位：人)

	スメル火山		メラピ火山		計
	専門学校以上	高卒以下	専門学校以上	高卒以下	
管 理	11	28	0 (0)	59 (0)	98
技術・運営	6	52	18 (11)	32 (12)	108
現地事務所	9	24	9 (7)	14 (7)	56
※ () 内は、VSTC/STC研修済の者。					262

2.2.3 維持管理状況

維持管理の内容は、①砂防施設内滞留土砂の洗掘・均平化、②砂防施設の修復、③ブルドーザー等資機材のスペアパーツの確保等であり、マニュアルに従って全砂防施設の点検及びリハビリが適宜（最低でも4半期毎）に行われている。また、トレーニングも実施されている。

維持管理に係る問題点としては、メラピ事業に関して、民間の砂利採取業者（注）による砂防施設及びラハール検知器への損傷があげられる。同対策として、現在政府により砂利採取の管理組織野設立について検討がなされている。

2.2.4 ソフト対策の実施状況について

本事業の事業範囲には直接含まれるものではないが、事業効果の発現上不可欠なソフト対策の実施状況について、以下に述べる。

ソフト面における防災対策は、政府・自治体の政策実施者（防災事業者）と住民との連携行為によるものであり、ハード対策をより効果的にするものである。

(1) 法制面での対策

事業実施後のスメル火山災害（1994年2月）ならびにメラピ火山災害（1994年11月）において、火砕流被害を中心に立入禁止地域における住民及び砂利採集業者の一部を中心に死者23名、重傷者85名など、多数の被害が発生した。

被災確率が極めて高い立入禁止地域では、居住が法律上禁止されている。しかしながら、同地域における居住者は、移住省が策定した移住プログラムにより1989年以降の約2千人の減少が見られたものの、1993年現在でも多数の居住者が依然として残っている事が確認されている。移住プログラムの充実と歩調を合わせつつ、法制度の適切な運用による退去の促進を図っていくべきである。

（注）メラピ火山地域で採取される土砂の質が建築材料に適していることから、従来より砂利採取業者が存在していたものの、建設需要の伸びに応じて業者数及び採取量とも拡大化の傾向にある。同業には州政府ライセンス取得が義務づけられているにもかかわらず、同拡大化に従い無秩序な採取も増え始め、砂防施設への損傷が問題化されている。

なお、特に危険な地域における砂利採集業者による砂防施設の損傷については、自治体が行う行政監督権の明確化及び権限強化といった法整備の促進が求められる。

(2)技術面での対策

①予知・予測

火山噴火の予知及び予測については、鉱山・鉱物資源総局下の火山学研究所（V S I ; Volcanological Survey of Indonesia）が担当しており、同総局火山局に属する各観測所において火山活動の観察や計測器による測定が行われ、V S I に対して報告がなされている。

具体的には、火山性微動に関する振動回数、最大振幅、継続時間の増加及び溶岩の流出回数の増加に関する測定に基づく統計データの蓄積がなされ、噴火前の火山活動の傾向から予知・予測が行われている。メラピ火山の場合、火山活動の開始から終了に至る一連の過程は、経験則から4段階に特徴づけられて把握されている（注1）。

尚、これらの火山情報はプロジェクトオフィス及び関係機関にも提供されており、火山防災対策の実施に当たり各方面で活用されている。

②警戒避難情報システム

火山活動が活発化した場合には、メラピ火山観測局（M V O ; Merapi Volcanological Office）が火山活動の程度に対応した警報を関係地方庁に発する。避難命令を含む各段階の警報は、火山活動の程度により区分され地方庁により正式に発令される。

(1)注意警報（Caution）

(2)警戒警報（Ready for Preparation of Evacuation）

(3)避難準備警報（Ready for Evacuation）

(4)避難命令（Evacuation Order）

(3)広報・教育面

①ハザードマップの作成・配付

ハザードマップも、V S I により過去の観測結果に基づき作成されており、スメル火山及びメラピ火山においては下記の3種類のハザードエリアが設定されている。（図-4、5参照）

(1)立入禁止地域（Forbidden Zone）

噴火による直接被害を受ける可能性の高い地域が対象。法律上、居住は許されないが耕作は可能である。

(2)第1種危険地域（Hazard Zone 1）

火山の中腹部で主に火砕流や溶岩流による被害が想定される地域が対象。居住は許されるが有事の際には迅速な避難が求められる。

（注1）1994年11月のメラピ火山噴火に至る溶岩ドームの成長過程が、従来の研究結果と一致するものであることが確認されている。

(3)第2種危険地域 (Hazard Zone 2)

火山を源流とする各河川の中下流域で、主に土石流、土砂流による被害の危険性がある地域が対象。

ハザードマップは、防災施策・事業の立案・実施上極めて重要な役割を果たすものであるが、現在作成されているものは縮尺5万分の1であり、州や県レベルでのマクロな危険地域把握には適するものの、集落レベルでのミクロな把握には不十分なものとなっている。

危険地域付近の住民による保有土地利用の検討、地方行政による同住民への防災施策実施に際して、有効利用されるべく情報内容・精度の向上が望まれる。

②警報・避難訓練

避難訓練は地方政府が主として担当する。メラピ火山については、地方政府、軍隊、自警団を交えた総勢千名に及ぶ大規模な避難訓練が、1983年、1988年、1993年に実施され、シナリオに基づく警報発令（木製の半鐘を利用）から避難、被災者救済の演習が行われている。もっとも、現地サンプル調査に基づく危険地域付近の村民へのインタビュー結果では、村民全体を対象とした避難訓練は行われておらず、村長を始めとする村の代表者数名が今まで1～2回のセミナーに参加したのみとなっている。

住民の日常における防災意識を高め緊急時の適切な行動を促すべく、定期的かつ村レベルといった小さな単位での、きめ細かい避難訓練が要請される。

2.3 事業効果について

本事業を含む一連の防災事業によって、主に危険地域を中心に災害への不安感が緩和され、生命、身体及び財産の安全性に対する信頼性の向上がもたらされたことは間違いない事実である。

具体的には、移住の減少や新たな流入により人口が増加し始め、耕作地及び住居等への投資が活発化するなど、コミュニティ発展の基礎作りに貢献がもたらされたことが現地調査で確認されている（注2）。そもそも火山周辺地域は、土地が肥沃で農業生産性が高く場所によっては灌漑用水にも恵まれていることや、災害頻発地域のため地価が他地域と比べ安いなどの利点がある。このため、今後防災事業が進んでいくに従いさらに人口の流入と投資の活発化が増加していくものと期待される。

このようなコミュニティ発展が引きがねとなり、危険地域ばかりでなく近隣地域をも含めた地域経済圏において、政府による道路整備等の産業インフラ投資や教育・医療等の社会インフラ投資が促進され、経済発展へと結び付いて行くものと期待される。

もっとも、設置施設的能力以上の災害が発生した場合には、これら経済発展による資本ストックの増加分に被害が生じることが予想される。災害のリスクを念頭においた開発政策及びソフト面での防災事業推進が、より一層政府・自治体に対して要請される。

（注2）現地調査例

- ・スメル事業対象区域のルマジャン県カウディプロ郡スンバ・ウルー村の場合
〔世帯数増〕 過去5年間で約3割増加（約150世帯→約200世帯）
〔投資増〕 家屋、肥料・農業への投資が活発化
- ・メラピ事業対象区域のスレマン県スルブン郡カリウラン／ケミレン村の場合
〔世帯数増〕 資料ないものの明らかに増加
〔投資増〕 家屋、肥料・農業への投資が活発化
〔インフラの充実〕 通電世帯の増加

3. 今後の対応

前章までの内容を踏まえた本事業（スメル・メラピ両事業）に係わるハード・ソフト両面からの対応策について、以下に提案する。

3.1 ハード面での対応

本事業はハード対策としての防災事業であり、堅固な構造物により破壊力の大きい災害を回避しようとするものである。このため、設置施設は必然的に大規模かつ固定的なものとなり、実施後に災害発生の危険性が低下したからといって他所に移設する訳にはいかない。さらに、状況の変化に対応した新規設置や補強などの追加投資が、事業目的の達成上不可欠である。

以上を踏まえた上で、今後対応が必要と考えられることは以下の通りである。

(1) スメル事業

① 砂防ダムの整備促進

本事業の完成によって、スメル火山F/Sが対象とした事業範囲に対する砂防施設の整備率は下表の通りとなった。同表より、導流堤の整備率に比べて砂防ダムの整備率が低いこと、グリディク河流域における砂防施設整備率が他の河川に比べてかなり低いことがわかる。

これらのことに留意して、今後も引き続き砂防施設の整備に努める必要がある。

〔表3-1〕 スメル火山F/Sに対する整備率

	砂防ダム	導流堤
ムジュール河	23%	92%
レジャリ河	32%	94%
グリディク河	0%	26%

② レジャリ河・グリディク河流域堆積土砂への対応

1994年の火砕流によって、レジャリ河流域では1,038万㎡、グリディク河流域では300万㎡の土砂が堆積した。過去の災害で堆積した土砂量と比較しても非常に多いうえ、現行F/Sが抑制可能とする土砂量と比較しても各々2倍、0.6倍の堆積量に達している。

上記に対応して、導流堤の補強・高上げや砂防ダム・床固工の建設等による土砂抑制能力の向上を急ぐ必要がある。また、土石流が既存の砂防施設に与えた損壊・損傷に対しては、政府により改修工事が実施されているものの十分な状態には至っておらず、緊急対応が今後も継続して行われることが要請される。

(2)メラピ事業

本事業の完成によって、マスタープランにおいて緊急度が最も高いものとされた地域の砂防施設設置が完了し、火山南西斜面のハード面での防災体制はほぼ十分な状態に至った。

しかし、本事業実施後の火砕流は、1992年にラマト河流域等の西斜面で、また1994年にクラサク河、ボヨン河、クニン河など南斜面を中心に発生したことから、砂防施設設置状況が不十分な同地域において堆積土砂が急増し今後のラハール発生の危険度が高まっている。このため、同地域での砂防事業への取組について優先度を高めるなどの対応が要請される。

また、砂利採取業者による砂防施設への損傷に対して、現状不十分な補修の促進が望まれる。

3.2 ソフト面での対応

防災事業は、施設設置等のハード面における対策だけで成り立つ事業ではなく、政府・自治体の政策実施者（防災事業者）と住民の連携による、ソフト面の対策が同時に必要とされる。しかし、ソフト面の対策は、緊急対応が可能なハード対策に比べコストはかからないものの、防災技術者の養成や住民への教育など短期対応が困難なものが多い。

以下、今後主に中長期での対応が求められるソフト面での対策について述べる。

(1)防災関係法令・制度の整備と運用

火山防災に関連する法令・制度の整備については、防災に関する政策を立案・実施する組織を定める法令として、大統領令第28号（1979年）、同第43号（1990年）、国民福祉調整大臣令第2号（1992年）、同第14号（1992年）、同第2号（1993年）が公布されている。これらを根拠法令に、中央組織として災害管理調整委員会（以下、Barkonas PB）が、地方組織として災害管理実施ユニット（以下、Satlak PB）が設置されている。

Barkonas PB は、国民福祉調整大臣を議長とする関連省庁の大臣が中心的メンバーとなっている組織で、各種防災施策の国家レベルでの調整が行われている。また、Satlak PB は、県及び市の首長を議長、インドネシア国軍、警察、自警団の各地域における長を主なメンバーとしている組織で、防災活動の実務にあたる災害管理機動部隊を組織、指導している。

このように、組織の枠組み作りに関しては十分な状況と言えるが、Barkonas PB は事務局に災害管理の専門家を欠き実務面での信頼性が低く、また、Satlak PB も個々の自治体ごとに災害管理体制に大きな差がある状況にある。従って、運用面においては現状では不十分と言わざるを得ない。

直近の問題として、立入禁止地域における違法居住者の存在（1993年現在で約3万5千人（注3））が挙げられる。移住省や州政府は移住プログラムの提供など努力を行っているが、依然としてこれら多くの違法居住者が存在している。このことは、同プログラムにおける受入可能世帯数（住居面）や生活再建（就業機会面）等の問題とも深い関わりがあり、解決は容易でないと考えられる。しかし、噴火毎の多数の死者発生を回避

するためにも、政府のより一層の努力が必要である。

今後の対応策としては、移住プログラムに農民へのインセンティブをさらに附加すると同時に、立入禁止地域に危険地域も含めた行政監督強化が要請される。行政監督強化の具体策としては、安全地域への住民移転推進、違法行為（立入禁止地域への違法居住、砂利採取業者による砂防施設棄損等）の監視、砂防設備設置必要用地の収用促進、防災教育の義務化などである。

また、砂防施設内における砂利採取業者に対しては、砂利採取が可能な区域を指定することにより砂防施設の保全に配慮すると同時に、採取業者を登録制とし、登録業者には租税減免等のインセンティブを与えることで、適正な砂利採取を奨励しダムの貯砂容量の確保に努めるべきである。（メラピ火山マスタープラン対象地域における砂利採取事業は、近年の建設材需要の伸びに応じ拡大しており、砂利採取量で年平均30万トンに達している。）

（参考）日本の火山防災関係法

（法文の内容）

- ・災害対策基本法――災害に対する政府・自治体の責務、防災に関する組織の設定、災害復旧・緊急事態の対応方針など。
- ・砂防法――砂防設備及び設置土地に対する自治体の管理・監督・警察権など。
- ・活動火山対策特別――火山災害の被災予想地域における防災・避難施設整備措置法
計画策定、降灰除去事業者補助、火山現象研究観測体制及び避難体制の整備など。

(2)防災関連技術の向上

噴火の予知に関する研究ならびにラハール災害に関する研究（ラハールの発生と降雨との関係、ラハールの発生・流下・堆積地域の予測、ラハール災害の回避及び防止対策等の研究）を今後も更に推進する必要がある。これら研究内容を充実させると同時に実地適用も可能とすべく、V S I 及び S T C の強化や大学における講座及び研究環境の充実を通じた防災技術者の育成が望まれる。

また、ラハールの発生を予知し災害を回避するために、降雨観測所、ラハールセンサー、避難情報連絡システム等の施設を更に充実させる必要がある。特にスメル事業の場合は、上記設備が未設置の状態にあり整備が急がれる。

（注3）出所：マゲラン県及びスレマン県地域 Satlak PB発行1993年統計報告

(3)防災に係わる教育・広報の充実化。

防災技術に関連した研究成果を利用して災害発生のシュミレーションを行い、ハザードマップの精度及び利便性を高めることで、危険地域住民の日常の諸活動ならびに公共・民間の投資活動（基金借款による開発事業を含む）への利用と注意深い配慮を促す必要がある。

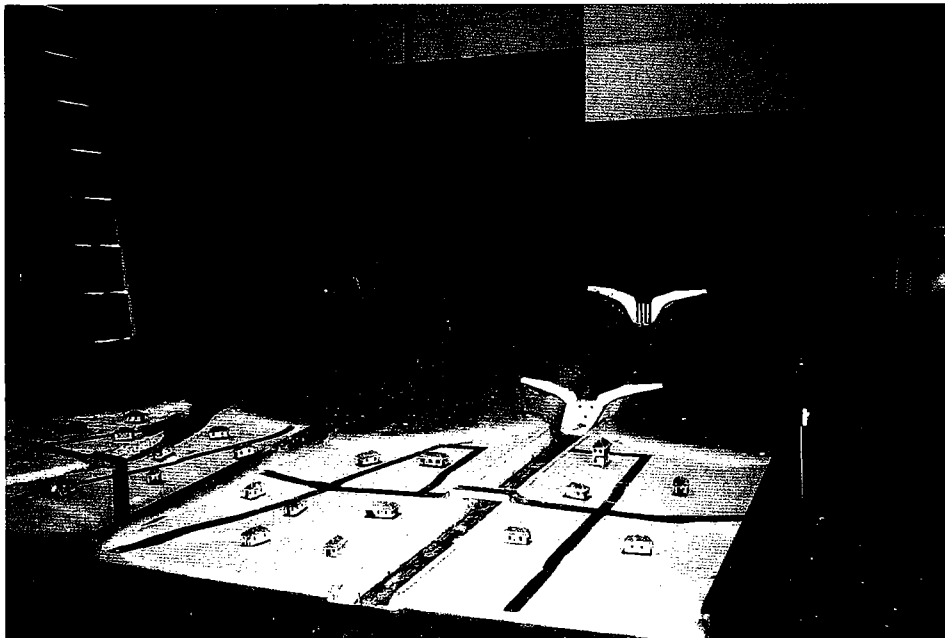
また、防災用マニュアルの作成・配付、定期的な避難訓練の実施などにより、災害発生時の適切な対処方法を住民に身につけさせ、人命・身体への被害軽減への素地を作っておく必要がある。

(4)その他

被災可能地域における事業者ならびに住民の被災リスクを分散させ被災時の復旧を容易ならしめるために、損害保険事業の育成発展が要請される。（同事業の自然災害対応は、先進国においても必ずしも十分な状況にはなく、将来的な課題としたい。）



スメル火山砂防ダム



STC（砂防技術センター）砂防施設実験設備