

メラピ火山およびスメル火山防災事業（2）

現地調査：2003年7月

1. 事業の概要と円借款による協力



メラピ火山の砂防ダム



事業位置図



スメル火山の床固め工

1.1. 背景

インドネシアには全部で129の活火山があり（全世界の約20%）、その火山活動により生ずる火砕流（一次災害）や土石流・泥流（二次災害）が周辺地域にもたらす被害は深刻である。

ジャワ島中部のメラピ火山（標高2,968m）はジョグ・ジャカルタ市の北方約30kmに位置し、ジャワ島東部のスメル火山（標高3,676m）はスラバヤ市の南南東約160kmに位置している。いずれも同国有数の活火山であり、雨期の集中豪雨の際に噴火堆積物が火山泥流となって流下し、周辺地域に被害をもたらしていた。両火山に対しては、わが国の協力により1980年3月に火山防災マスタープランが策定され、それにそった形でメラピ火山防災第1期事業（1985年度借款、1992年度完成）およびスメル火山防災第1期事業（1982年度借款、1991年度完成）が実施され、危険度の高い斜面を中心に砂防施設が整備された。

その後、メラピ火山は92年2月に大噴火を起こし新たな溶岩ドームを西側に形成した。さらに94年11月にも再度噴火が起こり、砂防施設が脆弱であった南側斜面に噴出物が流下し66人もの犠牲者を出した。溶岩ドームや噴火堆積物は依然として相当量が残存しており、二次災害の危険性が高かったことから、南側斜面を中心に砂防施設の更なる拡充が急務とされていた。一方、スメル火山も92年と94年にそれぞれ大噴火を起こし、火砕流による犠牲者を出している（92年に3人、94年に8人）。その後も砂防施設が不十分な南東斜面における二次災害の発生が予想されたことから、メラピ火山と同様に、砂防施設の拡充が強く求められていた。

1.2. 目的

中・東部ジャワにあるメラピ火山およびスメル火山周辺への砂防施設の建設により、火山噴出物による火山泥流等の被害防止・軽減を図り、もって地域社会の安定および経済成長に寄与せんとするもの。

1.3. アウトプット

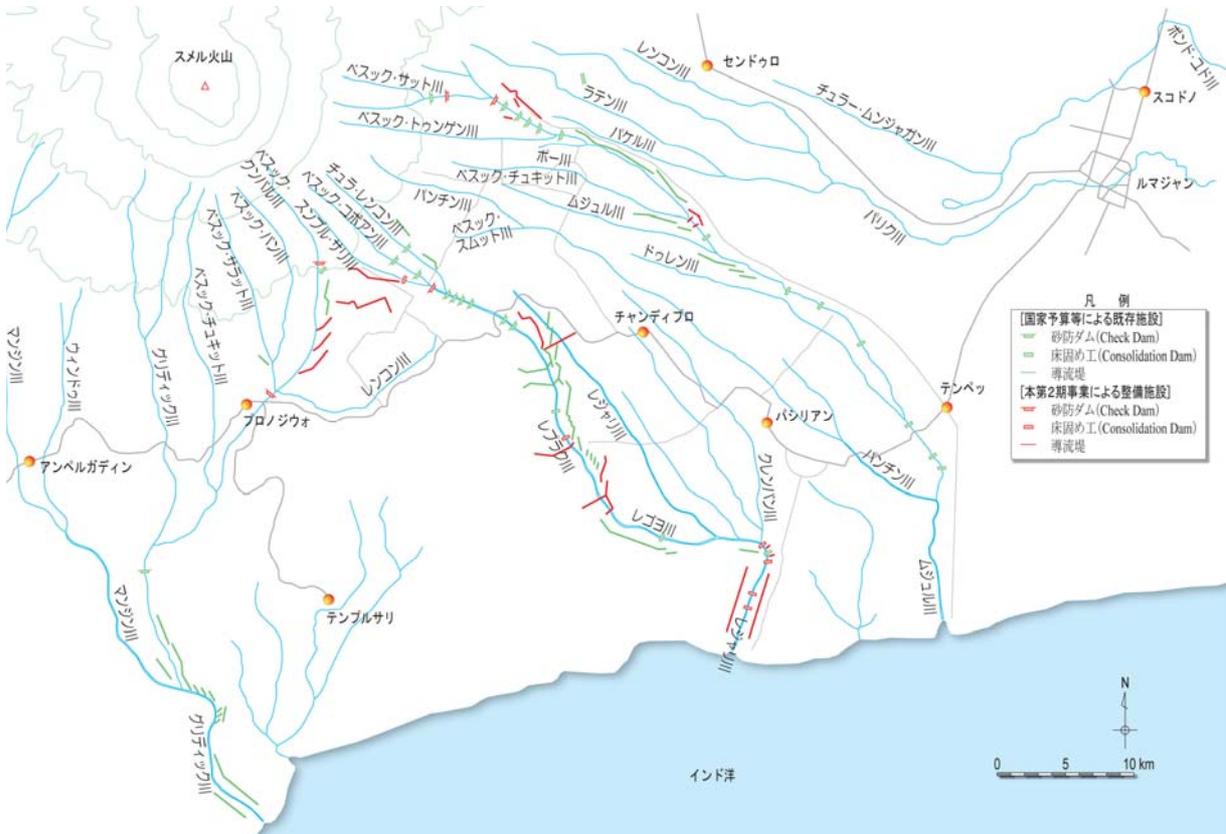
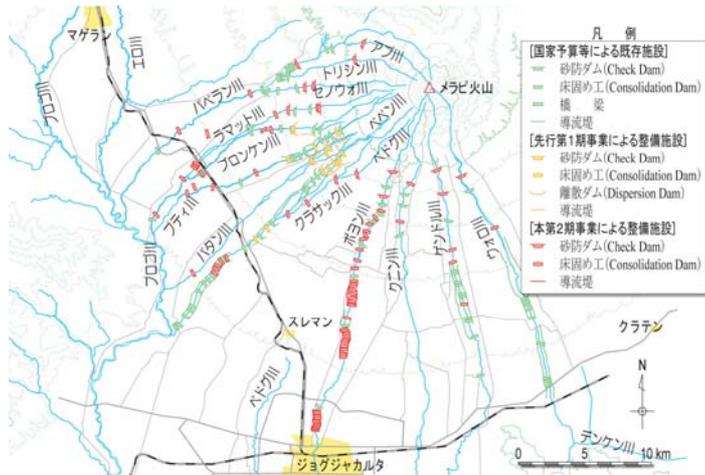
本事業は下記の土木工事、資機材調達およびコンサルティング・サービスからなる。

- (1) メラピ火山およびスメル火山周辺への砂防施設(砂防ダム 13 基、導流堤延べ 12km 等)の建設
- (2) スメル火山への土石流警報システム¹の設置
- (3) コンсалティング・サービス: 詳細設計、入札補助、施工監理

図 1: 本事業の対象地域

(2つの地図は同縮尺。図中赤色が本事業で整備された砂防施設)

メラピ火山(上)およびスメル火山(下)



の管理、および処理を行う情報処理システム(中央監視局)、処理された情報に基づき連帯なく危険地域に住む住民に避難警報を伝える広報システムからなる。

1.4. 借入人／実施機関

インドネシア共和国／公共事業省水資源総局

1.5. 借款契約概要

円借款承諾額／実行額	44 億 500 万円／43 億 8,700 万円
交換公文締結／借款契約調印	1995 年 12 月／1995 年 12 月
借款契約条件	金利 2.3% 返済 30 年(据置 10 年) 一般アンタイト
貸付完了	2001 年 12 月

2. 評価結果

2.1. 妥当性

本事業はジャワ島中部の大都市ジョグ・ジャカルタ市近郊に位置するメラピ火山と東ジャワ州都スラバヤ市の近郊地域ルマジャン県に位置するスメル火山を対象に、主として周辺地域における二次災害防止のための砂防施設整備を行うものとして計画・実施された。当時の国家開発計画（REPELITA VI: 1994-98）においては、本事業を含む天然資源・環境セクターで「国土の開発および保全」という大方針の下に農業振興を図る方向にあり、本事業の目的である「火山噴出物による火山泥流等の被害を防止・軽減すること」は、農業生産を含む経済活動の安定的発展を支えるものとして妥当性が高かった。

現行の国家開発計画（PROPENAS: 2000-04）では、国家開発のプライオリティの一つとして「経済再建の促進および国民経済システムに基づく持続的で公正な開発基盤の強化」が挙げられ、そのなかで「国土の保全」に重きが置かれている。本事業の目的は、火山噴出物による火山泥流等の被害を防止・軽減することであり、現行の国家開発の観点からも本事業の妥当性は確保されている。

2.2. 効率性

2.2.1. アウトプット

<メラピ火山>

本事業下のメラピ火山防災事業は、1992 年から 94 年にかけて断続的に発生したメラピ火山の噴火による火砕流（一次災害）、および土石流・泥流（二次災害）に対応すべく計画・実施された。先行して実施・完成した第 1 期事業は 84 年の噴火に対応しており、主に南西斜面（スレマン県）を対象としていたが、本事業では南側および西側地域（ジョグ・ジャカルタ市街地方面およびマゲラン県）を中心に、ジョグ・ジャカルタ特別地域、スレマン県、ボヨラリ県およびマゲラン県の 4 つの行政区域が広く対象とされた。なお、実施期間中の 97 年および 98 年に起こった噴火により、想定以上の土

砂が堆積したため、新たな砂防ダムおよび床固め工²が追加された。(詳しくは「主要計画／実績比較」を参照)。

表 1：メラピ火山における主要施設の計画と実績

	計 画	実 績
砂防ダム(Check Dam)	11 カ所	14 カ所
床固め工(Consolidation Dam)	2 カ所	29 カ所
導流堤	2 カ所	2 カ所

注：事業完成報告書を基に作成



砂防ダム



床固め工



導流堤

<スメル火山>

本事業下のスメル火山防災事業は、1990年代に断続的に発生したスメル火山の噴火による火砕流、および土石流・泥流に対応すべく同火山の南東地域（ルマジャン県）を受益地域として計画・実施されたものである。本事業の実施期間中に断続的に噴火が続き、想定以上の土砂が堆積したため、ムジュール川上流域における土石流対策、レブラク川における施設建設、および同火山西側においてプランタス川に流れ込む火山灰の泥流を対象とした床固め工等が追加された（「主要計画／実績比較」を参照）。

表 2：スメル火山における主要施設の計画と実績

	計 画	実 績
砂防ダム(Check Dam)	2 カ所	4 カ所
床固め工(Consolidation Dam)	7 カ所	13 カ所
導流堤	3 カ所	5 カ所

注：事業完成報告書を基に作成

2.2.2. 期間

本事業は2000年6月に完成する予定であったところ、上述の追加工事のため、事業は約1年延長され01年9月に事業が完成した。ただし、審査時に計画したアウトプットは、00年6月までに完成した。

² 「床固め工 (Consolidation Dam)」は、主として河床が侵食されて低下するのを防止し、上下流方向の河床の勾配・形状を安定させる目的で河川を横断して設置する構造物である。「砂防ダム (Check Dam)」は、急勾配の河川・溪流区間に設けられるダム式構造物であり、山腹崩壊や河道浸食による土砂生産の抑制、河床に堆積した不安定な土砂の流出防止、土石流の抑止等を目的とする。「導流堤」は、土石流の流向を制御し、無害に流下させるために設置する堤防。河川の合流点や河口に設置する導流堤とは、機能が異なる。

2.2.3. 事業費

予定総事業費 51 億 9,600 万円のところ、実際の事業費は 51 億 7,800 万円³、円借款限度額 44 億 500 万円のうち実際の供与額は 43 億 8,700 万円であった。先述のようにアウトプットの変更・追加があったものの、実施期間中に起こったアジア通貨危機によるルピアの減価のため、当初予定よりも少ない外貨（円建）でまかなえたのが主因である。

2.3. 有効性

(1) 砂防施設の整備水準

両火山とも現在も活動が続いており、噴火の頻度・方角は異なるものの断続的に噴火堆積物（土石流・泥流のもと）が発生している。そのため、砂防施設によって制御すべき土砂量、すなわち計画超過土砂量⁴が時間の経過とともに方角を変えながら増加していく傾向にある。メラピ火山では、先行して実施・完成した第 1 期事業は、マスタープランによって緊急の対策が必要とされた同山の南西斜面を対象としており、周辺地域だけでなく道路や鉄道といった交通インフラに対する土石流災害を防ぐことに寄与した。これに対し、本事業は特にジョグ・ジャカルタに直接流れ込むボヨン川における対策を主とし、第 1 期事業では整備されなかった南側並びに西側斜面の広範囲をカバーしている。一方スメル火山では、第 1 期事業により当時被害が集中していた東から南東の斜面にかかる受益地域がカバーされたが、本事業ではその後の噴火方向の変化に対応すべく、主に南側の地域が対象となっている。

表 3 に、審査時における砂防施設の状況、および事業完成後（2001 年時点）の状況を示す。

³ 事業完成報告書によると、メラピ火山の工事発注額は 1,669 億 5,300 万ルピア（21 億 8,600 万円）、スメル火山の工事発注額は 1,004 億 9,200 万ルピア（約 13 億 600 万円）である。

⁴ 計画超過土砂量は、計画流出土砂量から計画許容土砂量を差し引いた残りの土砂量であり、砂防施設等により制御される対象となる。計画許容土砂量は、計画流出土砂量のうち、社会的・自然的条件に鑑み下流域へ流出させてもよい、または、下流や海岸の維持のために流下させる必要のある土砂量である。一方、計画流出土砂量は、計画生産土砂量のうち、下流域へ流下すると見込まれる土砂量である。なお、計画生産土砂量は、流域全体において一定期間の間に斜面や河床近くの土砂（本事業における火山堆積物も含む）のうち、河道や溪流に流入すると見込まれる土砂量である（下図参照）。

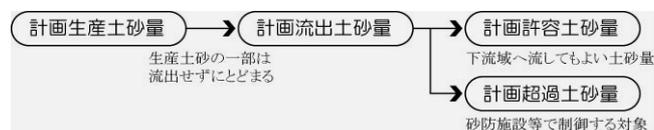


表3（その1）：本事業の完成による砂防施設整備水準の向上

■メラピ火山

対象河川	審査時(1995年)の整備目標					完成後(2001年)の現況 2001年のマスタープラン見直し後		
	計画超過 土砂量※ (千 m ³)	事業実施前		事業完成後(計画)		計画超過 土砂量 (千 m ³)	制御可能 土砂量 (千 m ³)	制御率 (%)
		制御可能 土砂量 (千 m ³)	制御率 (%)	制御可能 土砂量 (千 m ³)	制御率 (%)			
パペラン川	2,427	797	32.8	1,260	51.9	3,921	2,969	75.7
ブロンケン川	--	--	--	--	--	6,304	3,126	49.6
バタン川	--	--	--	--	--	18,062	9,319	51.6
クラサック川	19,510	17,282	88.6	18,122	92.9	19,510	12,852	65.9
ポヨン川	4,110	1,400	34.1	2,860	69.6	4,360	3,608	82.8
クニン川	4,548	445	9.8	883	19.4	2,274	1,535	67.5
ゲンドル川	2,480	250	10.1	443	17.9	2,480	1,608	64.8
ウォロ川	3,725	1,080	29.0	2,415	64.8	3,725	3,416	91.7
計	36,800	21,254	57.6	25,983	70.6	64,976 (36,270)	38,433 (25,988)	63.4 (71.6)

注1： 審査時資料および事業完成報告書より 審査時点の計画調査土砂量は1994年の噴火後の修正値

注2： ブロンケン川、バタン川の砂防施設はアウトプットの追加によって整備されたため、審査対象としていなかった。また事業完成時における括弧内の値は、ブロンケン川、バタン川の値を除いたもの。

注3： 事業実施中に、クラサック川において河床の上昇が見られ、2001年におけるマスタープランの見直しにより、制御可能土砂量が大幅に減少した。

まずメラピ火山について、審査時点における計画超過土砂量は36,800千m³であり、当時すでに整備されていた砂防施設によって制御される土砂量、すなわち制御可能土砂量は21,254千m³であった。その結果、計画超過土砂量に対する制御可能土砂量の比で表される制御率⁵は57.6%であった。実際の事業時には、ブロンケン川とバタン川が追加されたため、計画超過土砂量は64,976千m³、制御可能土砂量は38,433千m³となり、制御率は63.4%となった。なおアウトプットの追加によって整備されたブロンケン川およびバタン川を除くと、事業実施段階の1998年および2000年に発生した噴火により計画超過土砂量が増加したものの、制御率は71.6%（計画値70.6%）となり、本事業によって砂防施設の整備水準が計画の水準まで向上したことがうかがえる。

⁵ 計画超過土砂量に対する制御可能土砂量の割合を示す。実際の災害事例分析では、流出土砂量が砂防ダム等による制御土砂量を上回るケースもみられる。制御率は安全性を計るための一参考指標なので、同率が100%を超えるケースにおいても、完全に安全であるとはいえない点に留意する必要がある。

表3 (その2) : 本事業の完成による砂防施設整備水準の向上

■スメル火山

対象河川	審査時(1995年)の整備目標					完成後(2001年)の現況 2001年のマスタープラン見直し後		
	計画超過 土砂量 (千 m ³)	事業実施前		事業完成後(計画)		計画超過 土砂量 (千 m ³)	制御可能 土砂量 (千 m ³)	制御率 (%)
		制御可能 土砂量 (千 m ³)	制御率 (%)	制御可能 土砂量 (千 m ³)	制御率 (%)			
ムジュル川	--	--	--	--	--	5,040	1,800	35.7
レジャリ川	5,220	2,550	48.9	3,280	62.8	5,220	4,851	92.9
グリディク川	4,500	0	0.0	1,740	38.7	4,500	856	15.9
計	9,720	2,550	26.2	5,020	51.6	14,760 (9,720)	7,507 (5,707)	50.9 (58.7)

注1 : 審査時資料および事業完成報告書より (一部計算修正)

注2 : ムジュル川の砂防施設はアウトプットの追加によって整備されたため、審査時点の値は不明。
また事業完成時における括弧内の値は、ムジュル川の値を除いたもの。

またスメル火山について、審査時点においては計画超過土砂量9,720千m³に対して、制御可能土砂量は2,550千m³であり、制御率は26.2%であった。一方で、事業完成時の制御率は29.5%であり、アウトプットの追加によって整備されたムジュル川を除くと、制御率は58.7%となり、審査時の計画値51.6%を上回っている。

(2) 災害からの防御

表4に、両火山におけるこれまでの主な火山災害履歴を示した。メラピ火山では、1994年の大噴火以降、評価時点(2003年)に至るまで人身・家屋・農地にかかる災害は記録されていない。受益地域の住民および実施機関関係者によれば、本事業実施前には土砂災害を起こしていた規模の土石流が頻繁に発生しているものの(次頁の事例を参照)、人身・家屋・農地にかかる災害は発生しておらず、本事業により整備された砂防施設が災害からの防御に貢献している。一方、スメル火山も94年の噴火以降、人身・家屋・農地にかかる災害は生じていない。

表4 : 事業対象地域における噴火災害履歴

■メラピ火山 発生年	死者/行方不明 (人)	被災家屋数 (戸)	被災面積 (ha)	備考
1930年	1,869	1,109	-	牛2,140頭死亡
1954年	64	144	-	牛59頭死亡
1961年	6	103	-	牛19頭死亡
1969年	6	322	田畑:125	18橋梁損壊
1971年	-	-	田:10	-
1973年	-	-	田:10	(1月)
	-	-	田:19	(10月)
1974年	-	9	-	(1月)
	9	6	-	(10月)
	-	10	-	(11月)
	-	4	-	(12月)
1975年	-	107	田:30	10橋梁損壊
1976年	27	385	-	5橋梁損壊等
1986年	1	-	-	南西斜面
1994年	66	40	田:295 森林火災:700	南斜面 牛33頭死亡

注 : Review of Master Plan 2001 および実施機関記録より (下表とも)

■スメル火山		死者/行方不明 (人)	被災家屋数 (戸)	被災面積 (ha)	備考
発生年					
1909年		208	1,449	1,380	-
1976年		119	200-300	880	-
1981年		365	1,002	679	レジャリ川、グリディ川
1992年		3	52	500	同上
1994年		8	9	296	同上

(3) ケース別の災害防御の事例

ここでは、本事業によって整備された砂防施設が、実際に土砂災害を防いだ事例に基づいて、本事業の効果について検証する。

【メラピ火山】

(a) ボヨン川の砂防ダム

1998年にメラピ火山で起こった噴火の際に、ボヨン川で土石流が発生した。その際、それまで空き容量を確保していた砂防ダム（図2参照）に土砂が流れ込み、砂防ダムの満杯まで土砂が貯留し、土石流の勢いを止めることができた。また、付近の村長へのインタビューによると、住民の記憶では最も大きな土石流は、69年の噴火の際に起こったものであり、98年の土石流の際は、砂防ダムのおかげで被害はなかったとの回答が得られた。砂防ダムが整備されなかった場合に、どの程度の被害が起こっていたのかを推定することは困難であるが、本砂防ダムによって土砂流による周辺地域の住民への被害を防ぐことができたと考えられる。

図2 ボヨン川の砂防ダム
(右が上流側)



(b) アプ川の砂防ダム

2003年1月にアプ川で土石流が発生し、この砂防ダムは完全に満砂の状態になった。土石流によって、砂防ダム上部の道路のガードレールが一部破壊されており、当時の土石流の激しさが窺えた。プロジェクトマネージャーによれば、砂防ダムがなかった場合には、当河川の下流に位置する街(ムンティラン)が大きなダメージを受けていた可能性があるとのこと。以上により、本事業による砂防ダムが効果を上げたものと推測される。

図3 アプ川の砂防ダム



【スメル火山】

(c) ムジュール川上流の導流堤

本事業により、ムジュール川上流域に導流堤が建設された。付近には国家予算で建設された砂防ダムがあり、土砂で満砂の状態であった。プロジェクトマネージャーによれば、以前は洪水が発生した時に付近の集落まで土砂が流れ込むこともあったが、本事業の導流堤が建設されたあとはそのような被害はなくなった。付近の村の住民にインタビューしたところ、昔は洪水が発生したときに土砂が集落まで流れ込んでいたが、現在は導流堤のおかげでそのようなことはなくなったとのことであった。

以上より、本事業により整備された砂防ダムによって、土石流災害を防ぐという本事業の効果は発現したものと考えられる。

図4 ムジュール川上流の導流堤



(4) EIRR の再計算

本事業審査時の計算条件および事業完成時のデータを参考に両火山における EIRR を再計算した結果、いずれも審査時の計算値を上回る結果となった（下表）。

表5： EIRR の再計算結果

	メラピ火山	スメル火山
審査時の値	12.0%	11.7%
再計算の値	20.8%	17.2%

便益計算にあたっては、審査時と同様に資産、農業生産等が土石流災害により被る被害額の減少を計上し、構造物の耐用年数 50 年をプロジェクトライフとした。その結果、それぞれ予定事業費の範囲内で当初計画以上のアウトプットが整備されたことにより便益が増加し、事業の経済性は当初の見込みを上回る水準となった。

2.4. インパクト

(1) 地域経済発展

本事業の対象地域における人口数、世帯数および域内総生産（GRDP）といった指標値は全体として増加基調にあり（GRDP は 1997 年のアジア通貨危機の影響により一時的な落ち込みがあったものの近年は回復基調にある）、各地域における経済活動は拡大、活発化している。インドネシア全体での年平均経済成長率(1995-2002)は 1.2%であるのに対し、マゲラン県およびスメラン県（メラピ火山）でのそれは 1.2%、ルマジャン県では 1.9%であり、本事業が、各地域の経済活動を下支えしているといえる。

表 6：事業対象地域の経済指標（GRDP は 1993 年価格ベースの実質値）

■メラピ火山 マゲラン県+スレマン県

年	人口 (人)	世帯数 (戸)	GRDP (10 億ルピア)
1995 年	1,858,490	471,698	2,300
1996 年	1,877,090	469,273	2,500
1997 年	1,895,880	473,970	2,700
1998 年	1,914,860	478,715	2,400
1999 年	1,934,040	483,510	2,400
2000 年	1,953,430	488,358	2,400
2001 年	1,973,020	493,255	2,400
2002 年	1,992,810	498,203	2,500

出所：各県統計資料

■スメル火山 ルマジャン県

年	人口 (人)	世帯数 (戸)	GRDP (10 億ルピア)
1995 年	927,363	185,473	756
1996 年	929,153	185,831	810
1997 年	930,075	186,015	890
1998 年	934,228	186,846	820
1999 年	941,609	188,322	810
2000 年	944,528	188,906	820
2001 年	947,456	189,491	850
2002 年	950,393	190,079	860

出所：各県統計資料

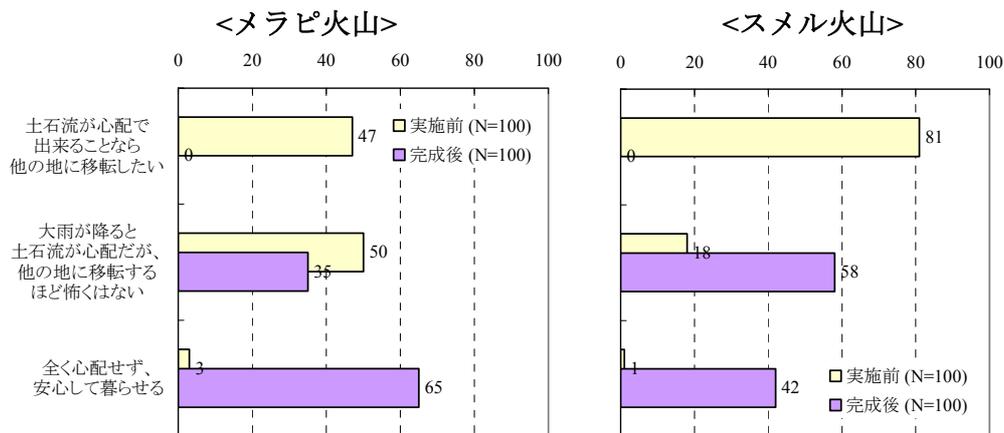
なお、想定受益者数は、メラピ火山で約 200 万人（マゲラン県+スレマン県）、スメル火山で約 95 万人（ルマジャン県）である。

(2) ケーススタディ

今次調査で訪問した両火山の受益者（各 100 人）を対象に受益者調査⁶を行ったところ、いずれも本事業の完成により、地域の安全性が向上したという評価結果が得られた（下図参照）。

⁶ メラピ火山では受益地域のうちチャンディ・ピナグン村、ブルウォ・ピナグン村、ソモカトン村およびメルディコレジョ村の 4 村から、スメル火山ではスンプル・ウル村、クルトサリ村およびクロボサウイット村の 3 村からおのおの被験者を選定し、集会形式のインタビューを行った。

図 5：本事業の実施前と完成後（現在）における地域の安全性にかかる評価



注：データは受益者調査による

同調査結果によると、メラピでは半数近く、スメルでは8割の回答者が、本事業実施前は「土石流が心配で、できることなら他の地に移転したかった」としているが、完成後の評価時点において、そのような深刻な状態は解消されている。両火山ともに、人々の過去の記憶が鮮明なためか、大雨が降ると依然として土石流を心配する傾向がみられるものの、メラピでは6割以上、スメルでは4割強の人たちが「まったく心配せずに安心して暮らせる（ようになった）」と答えており、両対象地域における安全性が著しく向上したと言える。

また本受益者調査では、地域に対する経済的なインパクトの有無とその内容も尋ねている。これによると、両地域のほぼすべての回答者が「本事業は地域に経済的なインパクトを与えた」と評価している。具体的には、農閑期における砂利採取販売という形で雇用や収入の機会が増えたこと（全体の7～8割）、灌漑機能を備えた砂防施設周辺地区における農地の利用が増えた（約7割）といった回答が主であり、ほかにも（管理用道路整備や砂防施設に付帯する道路により）地域の交通アクセスが向上したなどの意見もみられる。

(3) 環境面インパクト

本事業の実施に先立ち、実施機関の委託により、ガジヤマダ大学（メラピ火山）とブラウィジャヤ大学（スメル火山）が環境影響調査を実施し、水質汚濁や動植物の生息域への影響がないことを確認のうえ、本事業は実施された。完成後は本事業による直接的な環境への負のインパクトは生じていない。また本事業において住民移転は発生しておらず、火山上流部を中心に用地取得が行われたものの、特段の問題は生じていない。

2.5. 持続性

2.5.1. 実施機関

(1) 技術

メラピ火山事務所、スメル火山事務所ともにスタッフは約100人ずつおり、いずれも約半数が技術スタッフ。定期的な巡回パトロールや必要に応じた施設修繕活動を行

っており、メラピ火山およびスメル火山防災事務所長によれば、現在の活動の範囲においてスタッフの技術水準は十分である。

(2) 体制

両火山の防災事業はそれぞれ中央政府（居住・地域インフラ省）下のメラピ火山防災事務所およびスメル火山防災事務所により実施され、完成後の運営・管理も両事務所が担っている。

(3) 財務

両火山の砂防関連施設にかかる運営・管理費合計は、完成年の 2001 年度で 3 億 4,300 万ルピア、2002 年度で 3 億 5,000 万ルピアである。実施機関関係者によると、日常的な修繕・定期的な浚渫等には必ずしも十分ではないとの声もあった。なお、護岸工の修繕等大型のメンテナンスにかかる費用は別途中央政府から措置（年間 3～4 億ルピア）される。

2.5.2. 運営・管理

以下に、メラピ火山、スメル火山における砂防施設にかかる運営・管理の現状を示す。

<メラピ火山>

本事業では、メラピ火山の南側地域を中心に砂防施設の整備が実施されており、同地域における施設の状態はおおむね良好である。本事業の追加工事として、南西から西側にかかる地域を流れる河川（ブロンケン川、バタン川）において砂防施設の整備が行われたが、この地域では民間企業等による砂・砂利の採掘が活発であり、違法な砂採掘により構造物が若干のダメージを受けている例もみられたものの、国家予算により適宜修復されている。

<スメル火山>

本事業で整備されたムジュール川、レジャリ川において、上流部の砂防ダムは満砂状態に近く、一部砂防施設の損傷が見られる。砂防ダムに溜まった砂・砂利は、小規模の洪水によって徐々に下流に流れていくものの、次に大きな土砂流が発生した時の土砂災害が懸念される。上流部は交通アクセスが悪く、民間業者が砂採掘に入らない。火山防災事務所として、損傷施設のリハビリ、新たな砂防ダムや堤防の建設を中央政府に要請している。

同事務所では 1986 年にわが国の資金協力により、メンテナンス用の資機材（ドーザーやダンプ・トラック）を導入したものの、すでに経済耐用年数を過ぎている。同事務所はメンテナンス資機材等の導入について日本への無償協力を要請している。

本事業にて整備された土石流の予警報システムも完成後 2 年間機能していたものの、2003 年 1 月以降故障しており外部への修繕依頼を検討中であるとのこと。

なお、現在スメル火山の活動が再活発化の兆しを見せており（02 年 12 月には概算 1,000 万 m³ の火山噴出物）、また南側斜面のグリディック川への土石流が増加している。同事務所では、この状況を考慮し、現在国家予算により同河川下流部に堤防を建設中である。

2.5.3. 砂採掘とその取組み

<メラピ火山>

降雨時に発生する土石流が砂防ダムに堆積するにつれて、砂防ダムの容量は少なくなるため、メラピ火山防災事務所は、必要に応じて砂防ダムに堆積した土砂を除去する必要がある。ただし、メラピ火山の噴火により生じる砂・砂利が市場価値を有しているため、民間業者による砂採掘を政策的に誘導することで、同事務所は運営・管理費の削減を図っている。

一方で、民間業者が砂採掘を行う際には、重機等により砂防施設が損傷することが考えられるところ、民間業者による砂採掘を適切に管理する必要がある。現在、メラピ火山における砂採掘は許認可制⁷であり、県政府が技術的な審査を行い、許認可権を施行している（たとえば森林保全上問題があるとか、構造物に影響する恐れがあるなどの問題がある場合、許認可が与えられない）。最も砂採掘が盛んなマゲラン県では、現在 12 者（採掘区域面積が 1ha 未満のものを除く）が砂採掘権を有している。砂採掘業者には政策的に 1,500Rp./m³ の税金が課せられており、その一部はメラピ火山防災事務所の運営・管理予算に充てられ、財務面での持続性の確保につながっている。また、同事務所が砂採掘にかかるガイドラインを制定しており、各構造物周辺に立て看板等で砂採掘をしてよい箇所（構造物上流側で 100m 以上離れたところ等）を示しており、一部ガイドラインが守られていない例がみられるものの⁸、全体としてはガイドラインはよく守られている。

採取された砂・砂利は、主にスマラン市（中部ジャワ州都）に運ばれ、同市で取引されている（積出価格は 15,000Rp./m³、スマラン市での引取価格は 100,000 Rp./m³）。このような砂・砂利の採取・販売は、受益者調査でも聞かれたように、メラピ火山周辺住民の所得向上に寄与しているものと考えられる。また、本事業で整備された避難道路は直に国道に接続しており、採取した砂・砂利の運搬にも利用されている。

図 6：メラピ火山における砂採掘（左）と構造物周辺の立て看板（右）



ただし、プティ川上流域の森林保全地域において違法な砂採掘が行われている例が

⁷ 砂採掘権を有する者には、採掘区域や期間（通常 3 年有効）を示す看板を設置する義務、採掘量等を報告する義務、現地連絡事務所を設置する義務が課せられる。

⁸ 一部、違法な砂採掘により砂防施設の損傷が見られるものの、これを取り締まることが困難な状況。厳正に取り締まるためには、警察の力も借りて、彼らの活動にあわせて 24 時間体制で監視する必要があるが、現在の体制・予算によりこれを徹底することは不可能。また損傷が見られた砂防施設は適宜修復されており、現在のところ砂防施設の損傷による悪影響が生じる前に対処されている。

みられ、森林への被害に懸念が生じている。これに対し、森林保全、採掘許可区域の管理、砂採掘許認可の強化を目的として、2002年9月にメラピ火山砂採掘規制庁(Badan Pengendali Penambangan Pasir Merapi: BP3M、長官は森林事務所の職員)が県知事令の下に設立されている。

以上のように、現在までに事業効果の持続性確保のためのさまざまな政策的な取組みがなされており、今後も引き続きこのような取組みが行われることが望まれる。

<スメル火山>

ルマジャン県で砂採掘免許を有する企業は4社(うち1社は1996年設立の県公社(PT. Perusahaan Pertambangan Semeru)あり、採掘箇所は交通アクセスの便利なレジヤリ川最下流部に集中している。スメル火山防災事務所としては、各河川の上流部から砂を採ってもらいたい意向であるが、交通アクセスが問題。

スメル火山で採れる砂は建設骨材として非常に良質であり、巨大コンクリート構造物(発電所や橋梁)の建設に用いられている。値段はスラバヤ市場価格で1m³あたり80,000~90,000ルピアと、一般の50,000~60,000ルピアより高値で取引されている。メラピ火山では、一部構造物へのダメージや上流森林区域への侵入が問題となっているものの、スメル火山では現在までそのような問題は生じていない。ここでは逆に、いかに砂採掘活動を振興するかが効果の持続性を確保していくうえでの課題である。

3. フィードバック事項

3.1. 教訓

噴火により生じる砂・砂利が市場価値を有する場合には、民間砂採掘業者を政策的に誘導することによって、運営・管理に対する財政負担を軽減することが可能である。

本事業では、メラピ火山において民間業者を政策的に誘導することによって、メラピ火山防災事務所が、砂防ダムに堆積した土砂を除去するために必要な運営・管理費を軽減する例がみられた。民間業者による砂採掘を誘導するための前提として、□近傍に大きな市場が存在するなど需要があること、□砂採掘現場からの採掘費用、運搬費用が安価であること等の条件が必要である。□の条件に関しては、砂採掘現場へのアクセス道路を整備しておくことで、民間業者による砂採掘を誘発することが可能である。これにより、運営・管理費のさらなる削減、事業効果の持続的な発現を支援でき、地域産業の発展に寄与することも可能である。さらに、採掘した砂・砂利に課税することによって、その財源をアクセス道路などの砂採掘に資する施設や、砂防施設の運営・管理費、環境対策に充当することも考えられる。

今後同様の事業を実施する場合は、F/S等の計画段階から、砂採掘にかかる法整備、政策誘導、組織体制、民間業者の砂採掘を促すアクセス道路等の付帯施設の設置等、効率的な運営・管理の枠組みを検討することが望ましい。

3.2. 提言

なし

主要計画／実績比較

項目	計画	実績
アウトプット メラピ火山関連工事		
1) 砂防ダム	11 カ所 (AP-D3, TR-D4, KR-D3, KR-D5, BO-D8, BO-D7, BO-D5, KU-D3, GE-D5, GE-D7, WO-D6)	同 左
2) 床固め工	2 カ所 (BO-C2A, BO-C4)	ほぼ計画通り (BO-C2A は BO-C2 に変更)
3) 導流堤	2 カ所 (BO-T1, BO-T2)	同 左
4) 流路工	1 カ所 (BO-CW)	ほぼ計画通り (BO-CW は BO-CH に変更)
5) 護岸工	3 カ所 (WO-R13, WO-R11, WO-R7)	同 左
6) 掘削用道路	2 カ所 (KR-ER, AP-ER)	同 左
7) 工事中噴火により生じた追加工事	---	- 床固め工 (BO-C1A, GE-C7, B O-C5, -C6, -C7, PA-C2, BL-C1 0, -C10A) - 流路工 (BO-CW2) - 既存ダム改良 (SE-D2, LA-C6) - 砂防ダム (SE-D3, LA-D0, LA-D 3) - Dam for Discharge Measuremen t of LA-C7 - ワイヤー・センサーにかかる護 岸工 - 警報システム
8) 沈砂量増大のための追加工事	---	- 床固め工(19 カ所 : KU-C1, GE- C10, -C12, BO-C8A, -C11A, K R-Kembang, KR-C1 to C4, C6, C7, PU-C0, -C8A, -C2, PA-D 1, -C5, BL-C2, -C1) - 追加施設 (BO-11B, KR-C2, PU -D2, PA-C4) - 掘削用道路 (6 カ所 : BS-ER, B C-ER, PK-ER, JS-ER, GS-ER, MS-ER) - ダム強化工事 (8 カ所 : BO-C8 t o C11, BO GS 1A, 1B, 2A, 2 B) - リハビリ工事 (KR-gedoyo, BA-C5) - 流路工 (A-11, M-7(Remaining), LA-CW, BL-CW) - 護岸工 (BA-R3)
スメル火山関連工事		

1) 床固め工	7 カ所 (RE SS KD-1, RE LE KD-2, RE RG KD-3, RE RE KD-4, RE RE KD-6, -7, -8, GL KL KD-1)	同 左
2) 砂防ダム	2 カ所 (RE CK CHD-5, GL BK CHD-1)	同 左
3) 導流堤	3 カ所 (RE SS TG-1, RE RG TG-1/U, RE RG TG-1/L)	同 左
4) 堤防工事	3 カ所 (GL BK TG-1/U, -1/M, -1/L)	同 左
5) 防砂堤工事	21 カ所 (RE LE KR-1 to -6, RE RE KR-1, 2, 1A, 1B, RE CN KR-1 to -11)	同 左
6) 護岸工	1 カ所 (RE LE PT-1)	同 左
7) 流路工	1 カ所 (RE RE CN-1)	同 左
8) アクセス道路	2 カ所 (RE CK AR-1, RE SS AR-1)	同 左
9) 沈砂量増加のための追加工事	---	- Dispersion Dam of RE LE DD-1, RE LE DD-3 - アクセス道路 (RE LE AR-1, RE B K AR-1, MU BS AR-1) - 床固め工 (RE RE KD-6A, RE RE KD-6B, MU BT KD-1, M U BT KD-2, BR LES KD-1, K D-2) - 砂防ダム (MU BS CHD-9, -5) - 導流堤 (MU BS TG-1, MU BT TG-1)
泥流警報システム		
1) 主局	スメル火山プロジェクト用の 1 カ所	同 左
2) 中継局	スメル火山プロジェクト用の 1 カ所	同 左
3) 観測所	3 カ所 (G. Leker, Besuk Kembar and Besuk Kobo'an)	G. Pakis に 1 カ所追加
4) 警報ステーション	3 カ所 (Sembergesang, Supiturang and Sumberwuluh)	Kertosari に 1 カ所追加
コンサルティング・サービス		
1) 外国コンサル A	109 M/M	256 M/M
2) 現地コンサル B	255 M/M	685 M/M
期間		
L/A コンサル選定 業者選定	1995 年 10 月 1995 年 7 月-1996 年 6 月 1996 年 10 月-1998 年 6 月	1995 年 12 月 1995 年 7 月-1996 年 7 月 1996 年 1 月-2000 年 1 月

資機材調達 コンサルティング・サービス	1996年7月-1997年3月 1996年7月-2000年6月	1999年6月-2001年8月 1996年7月-2001年9月
土木工事 用地取得 事業完成	1998年1月-2000年6月 1996年4月-1997年12月 2000年6月	1996年10月-2001年8月 1996年10月-1999年3月 2001年9月
事業費		
外貨	19億2,500万円	43億8,700万円
内貨	32億7,100万円	7億9,100万円
	(726億9,000万ルピア)	(632億8,000万ルピア)
合計	51億9,600万円	51億7,800万円
- うち円借款分	44億500万円	43億8,700万円
換算レート	1Rp. = 0.045 円 (1995年時点)	1Rp. = 0.013 円 (2001年時点)

Third Party Evaluator's Opinion on Mt. Merapi & Mt.Semeru Volcanic Disaster Countermeasures (2)

Erna Witoelar
Chair, KEHATI Foundation

Impact

Positive social economic impacts are quite visible & felt by communities living around the project location, in the form of protection from future volcanic disasters, which relieves the villagers from worries. This in turn is increasing their productivities, as economic activities are increasing and intensifying. There are increased uses of agriculture lands, improved transportation access by project-built roads, and improved income from sand and gravel collection. The indirect impacts of these improved economic conditions are the increased capacity to access social services like education and health facilities for their families.

This project has no negative environmental-impact during construction; on the contrary it has a positive impact of preventing environmental disasters. But it has post-operation negative environmental impact caused by illegal & over mining, which also caused destruction of access roads, and overflow of check-dams. Both negative impacts can cause sudden floods or long droughts, which need to be controlled to prevent further damages.

All the positive impacts mentioned above will cease or slow down, or will be forgotten as new generation of villagers will grow, who did not experience previous worst conditions. Hence an effort to communicate to surrounding communities the history & rationale of this construction, and the positive impacts it has brought and will continue to bring, is quite needed. It is especially important to expose the figures of economic impact, as in the era of decentralization and local autonomy starting the year 2000 in Indonesia, people are very ignorant of the rationale for central government to borrow loans in the past, causing them very reluctant to share the burden of repaying these loans in the future. It can be in the form of small permanent exhibitions or information posters in village/sub-district centers. This will ensure the ownership of the local communities and maintain their appreciation of the past & present positive impacts of the project.

Sustainability

Local ownership and local capacity for Operation & Maintenance are very important to ensure the sustainability of this project. This project was built during the centralized government system, and it was quite natural that O & M responsibilities were still designed for being undertaken by the central government, but sooner or later this need to be reviewed and decentralized to the local levels. There are several options: either to a joint program of several districts, to a provincial program coordinating the districts, or to a private company jointly recruited by the local governments with clear terms of reference and time frame. An independent assessment is needed to find the best & workable option.

The central government project holder, if necessary with JBIC support, need to develop an exit strategy and implementation plan to hand over these responsibilities and build-in rights in due time when the local set-up is ready. A transition of continued central funding for a few years is probably needed to ensure a smooth process of capacity building and transfer.

This will motivate the district/provincial leaders to intensify the law enforcements of sand & gravel mining activities. Existing mining licenses need to be reviewed, and wherever feasible, "illegal" activities need to be "legalized" with better governance and control, with more transparent & logical fee systems for O & M cost recovery. Continued illegal actions need to be punished or heavily fined, if necessary more than their potential profit. Upstream and downstream different conditions, opportunities and needs should be accommodated as much as possible, to prevent injustice or unfair share of burden.