

インドネシア

2016年度 外部事後評価報告書

円借款「メラピ山プロゴ川流域及びバワカラエン山緊急防災事業」

外部評価者：新光オーエムシー株式会社 杉本 正実

0. 要旨

本事業はジョグジャカルタ特別州におけるメラピ山噴火による同山麓・プロゴ川下流部、及び南スラウェシ州のバワカラエン山カルデラ大崩壊によるジェネベラン川流域及びビリビリ・ダムに対するハード、ソフトの両面からの防災対策を行う2事業より構成される。両事業のうちメラピ山・プロゴ川流域事業においては人命及び公的・私的財産保護の促進、及び同地域の持続可能な防災体制の構築を図り、もって地域開発の促進に寄与すること、バワカラエン山事業においては土石流から人命及び農地等を含む公的・私的財産を保護し、被災地域からの土砂流出を防止することで下流のダム機能を改善することを図り、もって州都マカッサル市及びその周辺地域への安定的な水供給等を通じて同市及びその周辺地域の社会経済活動の維持に寄与することを目的として実施された。

本事業の実施はインドネシアの開発政策、自然災害に取り組む国際枠組み、開発ニーズ及び事前評価時の日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。一方、事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

メラピ山事業においては事業実施中に発生した想定外の大噴火により当初設定した定量指標である土砂制御率は効果が測定不能となったが、過去の被災統計及び受益者調査その他より事業の防災効果及び地域開発効果が確認できた。またバワカラエン山事業でも各種指標の達成状況及び受益者調査その他により防災及び地域開発効果が確認できた。以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性、インパクトは高いといえる。

整備された砂防施設の維持管理体制、公共事業・国民住宅省水資源総局の責任機関である両流域管理事務所の技術、財務には問題が認められないが、本事業で計画された土砂採掘管理公社設立が実現されなかったことによる違法土砂採掘のコントロール体制整備が未実現であり、また予警報システム機器等の運営・維持管理には懸念がみられる。従って本事業の運営・維持管理の体制面、状況には軽度な問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 案件の概要



(プロジェクト位置図)



(床固め工 <Consolidation Dam> : バワカラエン山事業)

1.1 事業の背景

<メラピ山・プロゴ川流域>

メラピ山は標高 2,986m、インドネシアの古都ジョグジャカルタ市の北北西約 30 km に位置する世界でも有数の活火山であり、記録の残っている 1800 年以降 40 回以上の噴火を繰り返している。1990 年代に入っても 2、3 年に 1 度の噴火が続き、大量の不安定土砂が堆積し土石流の発生可能性も高まっていた。またメラピ山周辺では土砂の採掘が盛んに行われており、管理されない土砂採掘により既存砂防施設の損傷、河道の変動、下流での河床低下、騒音・粉塵等による環境悪化、過積載車両による道路の破壊等の問題が生じており、火山、土砂災害防止及び土砂採掘管理体制の整備といった総合的な対策を講じる必要があった。

<バワカラエン山>

2004 年 3 月 26 日、スラウェシ島南部・ジェネベラン川源流域のバワカラエン山（標高 2,833m）のカルデラ壁の大崩壊が起こった。崩壊土砂は 2.5 km 下流の村にまで到達し、死者・行方不明者 32 名、総額 220 億ルピア（約 3 億円<審査時為替レート 0.012 円/ルピア>）の被害を与えた。カルデラ内外に堆積した崩壊土砂量は 2~3 億 m³ と推定され、崩壊後の降雨により土石流が繰り返し発生し 2004 年 6 月までの 3 か月間に約 1,400 万 m³ の土砂が堆積地点から流出したと推定されている。これによりカルデラより 5 km 下流にある砂防ダムが完全に埋没したほかジェネベラン川流域の農地の埋没や河川を横断する交通障害等の被害が発生した。また、崩壊地点から下流 35 km には円借款により建設されたビリビリ多目的ダムがあり、マカッサル市への上水、電力供給及びマカッサル市周辺地域への灌漑用水供給などの機能を有しているが、崩壊土砂の流入及びそれに伴う水質の劣化によるダム機能低下が懸念されており、人口 120 万人を有するマカッサル市及びその周辺地域の社会経済活動を妨げる要因の排除と地域住民の安全確保の措置を講ずる必要があった。

1.2 事業概要

<メラピ山及びプロゴ川流域>

ジョグジャカルタ市の北約 30 kmにあるメラピ山麓・プロゴ川下流部において、火山砂防対策、河床低下対策、予備警報システム整備及び土砂採掘管理の改善等といったハード・ソフト両面からの対策を行うことにより、人命及び公的・私的財産保護の促進、及び同地域の持続可能な防災体制の構築を図り、もって地域開発の促進に寄与する。

<バワカラエン山>

2004年3月の南スラウェシ州バワカラエン山の大规模崩壊によって土砂災害が発生したジェネベラン川流域において、既存インフラ（橋梁等）の修復、砂防施設及び土石流予警報システムを整備することにより、土石流から人命及び農地等を含む公的・私的財産を保護し、被災地域からの土砂流出を防止することで下流のダム機能を改善することを図り、もって州都マカッサル市及びその周辺地域への安定的な水供給等を通じて同市及びその周辺地域の社会経済活動の維持に寄与する。

円借款承諾額／実行額	16,436 百万円／16,385 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2005 年 3 月／2005 年 3 月
借款契約条件	金利 1.5% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 調達条件 一般アンタイド
借入人／実施機関	インドネシア共和国／公共事業・国民住宅省水資源総局
貸付完了	2014 年 7 月
本体契約	PT. WIJAYA KARYA (インドネシア) / HAZAMA CORPORATION (日本)、PT. ADHI KARYA (インドネシア) / PT. BRANTAS ABIPRAYA (インドネシア) / PT. GUNAKARYA NUSANTARA (インドネシア) PT. WIJAYA KARYA (インドネシア) / SHIMIZU CORPORATION (日本)
コンサルタント契約	八千代エンジニアリング(日本)、建設技術インターナショナル(日本)
関連調査 (フィージビリティ・スタディ：F/S) 等	-
関連事業	(技術協力) <メラピ山及びプロゴ川流域> メラピ山火山防災基本計画 (1977-1980)

	<p>火山地域総合防災(ISDM)プロジェクト(2000-2006) インドネシアにおける地震火山の総合防災策プロジェクト (2009-2012) 「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究プロジェクト」 (2014-2019) (円借款) <メラピ山及びプロゴ川流域> メラピ火山緊急防災事業 (1985-1993) <円借款貸付契約 (以下、「LA」という) : 1983年 10月> メラピ火山およびスメル火山防災事業 (2) (1995-2001) <LA: 1995年 12月> メラピ山緊急防災事業 (II) <LA: 2014年 2月> (事後評価時点で実施中) <バワカラエン山> ビリビリ多目的ダム建設事業(1)(2)(3) (1990-2001) <LA: (1) 1990年 12月 (2) 1992年 10月 (3) 1994年 11月> ビリビリ灌漑事業 (1996-2005) <LA: 1996年 12月> 多目的ダム発電事業 (1996-2007) <LA: 1996年 12月></p>
--	--

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

杉本 正実 (新光オーエムシー株式会社)

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2016年 10月～2018年 1月

現地調査：2017年 3月 5日～3月 21日、2017年 7月 20日～7月 29日

2.3 評価の制約

(1) 防災事業は、天変地異を含む大規模な自然現象の変化そのものを対象とする。一般の事業の評価においては、これを事業効果とインパクト測定にとっての外部要因として排除する場合がある。かかる自然現象の発生は不規則であり、それゆえ事前にその発生の頻度、タイミング、規模を的確に予測することは極めて困難である。したがって適切な定量指標を設定すること自体が困難であり、仮に設定できたとしてもそれをもって単純に事業の効果、インパクトの有無、強弱を測ることはできないという制約がある。想定外の 2010 年大

噴火により砂防施設の一部に損傷が発生し、事前設定の土砂制御率といった定量指標の有効性が失われたメラピ山はその極端な例であるが、バワカラエン山のケースも同様であり、本事業の効果・インパクトの評価にあたっては、現地調査における受益者調査、現場状況の視察、現地関係機関へのヒアリング、過去の被災状況に関する結果を重視した。

(2) 本事業は公共事業・国民住宅省水資源総局の下で行われた別個の2事業であり、事業実施管理はそれぞれの流域管理事務所によって独立に行われた。しかしながら一つの円借款事業としての包括的な事業管理が完全には行われておらず、コンサルタント人月数、政府予算から拠出分の事業費がプロジェクトとして管理されておらず、総事業費実績、コンサルタントの投入実績総人月数の把握ができず、事業の効率性判定の根拠に制約が生じた。

(3) 砂防施設の運営・維持管理のトレーニングは主にジョグジャカルタ市の砂防技術センター (STC: Sabo Technical Center) により一括して行われているが、そこでのトレーニング実施実績の情報提供が同センターより入手できず、持続性の一部の技術に関する客観的な裏付け情報に制約があった。

3. 評価結果 (レーティング : B¹)

3.1 妥当性 (レーティング : ③²)

3.1.1 開発政策との整合性

インドネシア政府は1969年の大災害を機にメラピ山周辺を国家災害管理プログラムの最重要地域に指定し、そのもとにJICA開発調査によるメラピ火山防災基本計画が1980年に策定され、さらに円借款による砂防事業が1985年より2001年までの2期にわたり実施されていた。また、バワカラエン山の場合は崩壊による土石流及び土砂流出を緊急に抑制するという高い必要性から支援要請があったものである。審査時の国家中期開発計画 (RPJMN: Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional) 2005~2009においても、地域開発促進のための地域経済に資するインフラの整備が掲げられていた。

事後評価時のRPJMN 2015~2019は2014年10月20日に就任したジョコ・ウィドド大統領が提示した“Nawa Cita”と称する9つの優先課題を新開発計画に盛り込んでいる。その一つとして「国内経済における各戦略セクターの開発推進による経済の自立の実現」が掲げられているが、そのもとでの優先分野の一つとして位置づけられているのが「災害対策及び災害リスクの軽減 (Penanggulangan Bencana dan Pengurangan Risiko Bencana)」である。このように本件の開発政策との整合性は一貫して高いといえることができる。

2005年の第2回国連防災会議で採択された「兵庫行動枠組 2005-2015」は①防災を国、地方の優先課題に位置付けての実行のための制度基盤の確保 ②災害リスクの特定、評価、観測による早期警報の向上、③全てのレベルでの防災文化構築のための、知識、技術、教育の活用 ④潜在的なリスク要因の軽減、⑤効果的な応急対応のための事前準備の強化を優

¹ A:「非常に高い」、B:「高い」、C:「一部課題がある」、D:「低い」

² ③:「高い」、②:「中程度」、①:「低い」

先行動として掲げている。一方 2015 年の第 3 回国連世界防災会議の仙台防災枠組においては ①災害リスクの理解、②災害リスク管理のための災害リスク・ガバナンスの強化、③強靱化に向けての災害リスク軽減への投資、④効果的な応急対応に向けた準備の強化と「より良い復興 (Build Back Better)」といった優先事項を提示しており、本事業は自然災害に取り組む国際枠組にも沿っているといえることができる。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

<メラピ山及びプロゴ川流域>

メラピ火山周辺はボロブドゥール、プランバナン等の遺跡を有する有数の観光地であり、ジョグジャカルタ地域は人口 270 万人を数える地域の中心である。審査時活火山メラピ山の断続的な噴火による火砕流、土石流被害の危険が高まっている中で同地域の経済発展を妨げる要因を排除するためには、砂防ダムの建設といったハード面の対策に加え、観測、予警報・避難体制の整備といったソフト面の対策の双方が必要であった。また、不十分な管理体制での過剰かつ不適切な土砂採掘が引き起こす砂防施設の不安定化、河床低下等の対策として、土砂採掘管理体制の整備が必要であるとともに、河床低下の結果倒壊の危険があるプロゴ川下流の 2 橋梁についても河床安定のための対策が緊急の課題となっていた。

活火山メラピ山の噴火活動は予測できる将来において休止することはなく事後評価時点においても本事業に対するニーズは継続的に高い。本事業は第 1 期事業 (1985~1992) 第 2 期事業 (1995~2001) に続く第 3 期事業として位置付けられ、引き続いての第 4 期事業 (事業名称は「メラピ山緊急防災事業(II)」 LA:2014 年 2 月 <IP-566>) も現在実施中である。メラピ山は事業実施中の 2006 年、2010 年にも噴火を繰り返しており本事業へのニーズは一層高まっている。

<バワカラエン山>

バワカラエン山の大規模崩壊により、審査時においてジェネベラン川流域は土石流の危険性が高まっており、すでに発生した土石流により、既存の橋梁や砂防ダムといったインフラも被害を被っており修復が必要な状態となっていた。これに対する対策を行わない場合は下流のビリビリ・ダムへの多量の土砂が流入する恐れがあり、灌漑、発電、上水のための用水供給といったダム機能が著しく低下することが予測され、その結果人口 120 万人を有するマカッサル市及びその周辺地域の社会経済活動に多大な影響を与えることが懸念されていた。そのため、緊急対策としての流出土砂の除去と共に、長期的な対策として砂防ダムの建設による流下土砂の抑制のみならず、堆積土砂の状況、推移等の観測、予警報、住民意識向上、避難体制の整備といったハード・ソフト両面の対策が必要であった。

メラピ山と異なり、バワカラエン山事業は 2004 年 3 月 26 日に発生したカルデラ壁の大崩壊に起因するものであるが、大量の崩壊残土の存在、将来の拡大崩壊の可能性、砂防施設では捕捉困難な微細浮遊土砂 (Wash Load) のビリビリ・ダム貯水地への絶え間ない流入対策等により本事業への継続的なニーズは高い。本事業での提言に基づき、現在継続事業の準備が進められている。2004 年以降崩壊は起こっていないが 2004 年崩壊時の土砂がまだ

上流にはたまっており雨季の降雨等による流出は続いている。また事業実施中の追加調査により今後の崩壊の可能性が指摘されている。

以上、メラピ山、バワカラエン山両地域とも開発を阻害する自然災害リスクの存在は継続しており、それらを軽減、防止するための本事業に対するニーズは一貫して高いものと判断することができる。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

3.1.3.1 対インドネシア国別援助計画

日本政府の「対インドネシア国別援助計画」（2004年11月）では、重点分野・重点事項として「民主的で公正な社会造り」のための支援を掲げており、その中の基礎的公共サービスの向上において、頻発する洪水・土砂災害、渇水等の自然災害対策等の支援を行うとしている。また同方針では援助の重点分野の一つの柱として「民間主導の持続的な成長」を掲げておりそのための支援として「投資環境改善のための経済インフラ整備」等を掲げている。本事業はインドネシアの主要経済地域であるジョグジャカルタ地域の火山災害・土砂災害防止、またマカッサル市を中心とした地域の社会活動を妨げる土砂災害及びビリビリ・ダムへの土砂流入を排除するものであり、審査時の援助計画の掲げる「民主的で公正な社会造り」「投資環境改善のための経済インフラ整備」の方針に合致するものと判断する。

3.1.3.2 海外経済協力業務実施方針

JICAの海外経済協力業務実施方針（2002年4月）では、対インドネシア支援の重点分野として、経済改革を通じた持続的成長軌道への回復努力に不可欠な「経済インフラ整備」及び「環境改善・公害防止への支援」を掲げている。本事業は同業務実施方針の掲げる「経済インフラ整備」の方針、及び特にバワカラエン山事業によるジェネベラン川流域の環境破壊の軽減、水質低下が引き起こすマカッサル市都市環境への悪影響軽減は審査時の「環境改善・公害防止への支援」の方針に合致するものと判断する。

3.1.3.3 国別業務実施方針

JICAの海外経済協力業務における国別業務実施方針（2004年9月）では、重点課題の一つとして「民間主導の成長のための環境整備」を挙げており、その一環として「主要経済地域に対して防災インフラの整備を集中的に支援する」こととしている。インドネシアの主要経済地域の一つであるジョグジャカルタ地域の火山災害・土砂災害防止、またマカッサル市を中心とした地域の社会活動を妨げる土砂災害、及びビリビリ・ダムへの土砂流入排除に寄与する本事業は「主要経済地域に対して防災インフラの整備を集中的に支援する」審査時の同方針に合致するものと判断する。

以上のとおり、本事業の審査時の日本の援助政策との整合性は高い。

以上より、本事業は審査時、事後評価時のインドネシアの開発政策、自然災害に取り組む国際枠組み、開発ニーズ及び審査時の日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3.2 効率性（レーティング：②）

3.2.1 アウトプット

<メラピ山及びプロゴ川流域>



図1 メラピ山周辺地図

出所：実施機関提供資料より評価者作成

注：メラピ山 (Gunung Merapi) の原語の発音はムラピ山であり、図中にはそのように表記されている。

3.2.1.1 メラピ山及びプロゴ川流域の本体事業

本事業の中味は多岐に渡るがその内容は(a)土石流・火砕流対策、(b)プロゴ川河床低下対策、(c)土砂採掘管理、(d)メラピ山麓の地域開発と、事業実施中の2006年の地震、噴火 (e)、2010年の噴火災害への緊急災害対応 (f) に分類される。以下、本事業による実績と計画との相違について記す³。

³ 事業費のうち非適格項目である用地取得費、一般管理費、税金はすべて政府負担分となっている。審査時には物的予備費の一部（審査時の見積もりでは1.9%）も政府負担分となっていたが、実際には上記非適格項目以外の事業費はすべて円借款より支出されている。

表 1：実績アウトプットの主な内容 <メラピ山及びプロゴ川流域>

区分		主な実績内容
(a) 土砂流出対策	構造物対策	・砂防施設建設 (30 基)
	非構造物対策	・土石流観測・予警報システム整備 (雨量観測所 6 カ所、マスター・ステーション 1 カ所、コントロール・ステーション 1 カ所、モニタリング・ステーション 3 カ所) ・避難シェルター (3 棟)、避難用道路整備 (5.82 km) ・火山防災 GIS データベース構築 ・災害復旧活動用重機調達、整備棟建設 ・地域防災組織能力強化支援 ・教育機関と連携した防災知識普及啓発 ・避難訓練実施
(b) プロゴ川河床低下対策		・床固工 (Groundsill) 建設 (2 基)
(c) 土砂採掘管理		・砂利採掘管理計画作成 ・住民主導型モニタリング活動実施
(d) メラピ山麓の地域開発		・灌漑設備補修 (14 基) ・灌漑施設安定化のための床固工建設 (1 基)
(e) 2006 年地震及び噴火後の緊急災害対応		・砂防施設建設 (6 基) ・灌漑設備補修 (35 カ所) ・水資源施設補修 (20 カ所)
(f) 2010 年噴火後の緊急災害対応		・砂防堰堤補修 (5 基) ・護岸工、導流堤建設 (2 基)

注

出所：JICA 提供資料及び本事後評価質問票回答から評価者作成

注：住民の防災意識の向上、訓練等としては、参加型のコミュニティ活動（四面会議制度の導入によるファシリテーターの教育、アクションプランの策定等）、子供たちをも巻き込んだ防災トレーニング（防災ダンス、防災ダックの導入等）、防災マニュアルの作成等を行った。（P.24 の写真参照）

3.2.1.2 メラピ山及びプロゴ川流域のコンサルティング・サービス

事業実施支援等のため、次の内容によるコンサルティング・サービスが供与された。

1. 事業実施支援（詳細設計、入札補助、施工管理、運営・維持管理補助）
2. 土砂採掘管理公社設立のための各種調査、設立支援
3. 砂防コミュニティの設立支援、住民の防災意識向上、避難体制確立

総人月の対計画実績値は以下の通り。

表 2：コンサルティング・サービス総人月計画・実績対比

単位：MM

	計画	実績	差異
国際コンサル	187.00	317.68	130.68
ローカル・コンサル	780.00	801.79	21.79

出所：本事後評価質問票回答

計画に比較して実績人月が増加した主な理由は、2010年の大噴火の勃発に起因する以下の業務が追加となったためである。

1. 損傷状況の分析評価及び最緊急事業対応のための調査
2. パッケージ3（砂防ダム工区2）、7（監視・予警報機材調達）内容変更に伴う業務
3. 損傷砂防施設の修復対応及びプティ川分水路建設工事に関する詳細設計

3.2.1.3. メラピ山及びプロゴ川流域の計画からの主な変更事項

3.2.1.3.1. 土砂採掘管理公社の設立キャンセル

計画では本事業の支援により土砂採掘管理公社(SMMI: Sand Mining Management Institution)を設立し、同公社が諸施設の維持管理を担うことになっていたが、1999年に始まったインドネシア政府の地方分権化政策への転換により、施設の維持管理はスラク・オパック流域管理事務所 (BBWS-SO: Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak、以下BBWS-SOという)と砂防コミュニティによることとなり⁴、同公社の設立に替わってコミュニティ開発に力が注がれた。計画にあるSMMI設立準備作業はすべて行われたがその設立は上記の理由により頓挫したため、2009年BBWS-SOはそれに代わって同様の機能を付与したBLU: Badan Layanan Umum <Public Service Board>を内部で組織しようと試みた。同年1月財務省にその申請を提出後BBWS-SOはJICAに対してSMMIに替わって同様の機能を果たすBLUを組織して土砂採掘管理にあたる旨の通知を发出、JICAはBLU設立準備に関する情報を徴求の後、2010年1月BLU設立を条件としてオフィス建屋の詳細設計の開始に同意した。しかしながら結局現在に至るまでその設立は実現していない。利権調整の困難が主たる障害である、との現地意見が優勢である。しかし、主な設立準備活動としての地域住民との協議 (Public Consultation Meetings)、参加型村落調査 (PRA: Participatory Rural Appraisal)の結果をもとにしたSMMI及び砂防コミュニティの組織枠組、業務、規則等の決定及土砂採掘管理マニュアルの策定は計画通り実施された。

⁴ 砂防施設周りの清掃、その他マイナーな損傷の修復等、住民レベルで可能な維持管理活動は地元のコミュニティ自らの手で行われる。

3.2.1.3.2 スコープの追加

(1) バントウル地震対応

事業開始直後の 2006 年 5 月 27 日に発生したバントウル地震により地域のインフラ設備が大きなダメージを受け、最緊急事業として下記が追加され、まずその実施が行われた。

- ・ バントウル、グヌン・キドウル、クロン・プロゴ、スレマン、ジョグジャカルタ市の灌漑施設の修復。(35 カ所)
- ・ スレマン、バントウル、クロン・プロゴ、ジョグジャカルタ市の水資源施設の修復。(20 カ所)

(2) メラピ山噴火対応

① 2006 年 6 月 3 日噴火

噴火災害対策の実施（追加パッケージ DCME <Disaster Countermeasures for Mt. Merapi Eruption>）のもとにゲンドル川に 3 基、オパック川に 3 基の砂防ダムを 3 カ月の緊急工事により設置した。

② 2010 年 10 月～11 月噴火（100 年に 1 度の大噴火）

噴火により損害を受け緊急修復を行う必要のあった砂防施設等は 150 以上に渡り（灌漑施設 42、取水施設 2 カ所を含む）、工事施工自体のほとんどは政府予算で行われたが、16 施設修復・建設の詳細設計を本事業内で行った。なお、後続事業「メラピ山緊急防災事業 (II)」で工事が行われているプティ川の河道改修、ゲンドル川のサンド・ポケット建設の詳細設計も本事業で行われている。重機の追加購入も 2010 年大噴火を起因とし、借款の未使用残を使って行われた。主な追加内容は以下の通り。

(a) 被災設備の調査と被災した砂防ダム修繕の詳細設計（コンサルティング・サービス）
内容は上記 3.2.1.2 コンサルティング・サービスの項を参照。

(b) 重機の追加調達

- 堤防作業のための振動ローラー突き固め機 1 台
- 飲料水運搬用給水車 1 台
- 緊急作業用ピックアップ・トラック 6 台

③ 地方政府の能力強化

州水資源事務所等の地方政府に対する、参加型開発等に関する能力開発を行った。

噴火災害復旧・防災事業は実施中の火山活動の進行、追加災害の発生に応じての臨機応変の対応を要する。本事業中に追加された上記スコープは事業実施中に生じた計画時に予測のできなかった事象発生に対応した適切なものであったと判断できる。

<バワカラエン山>

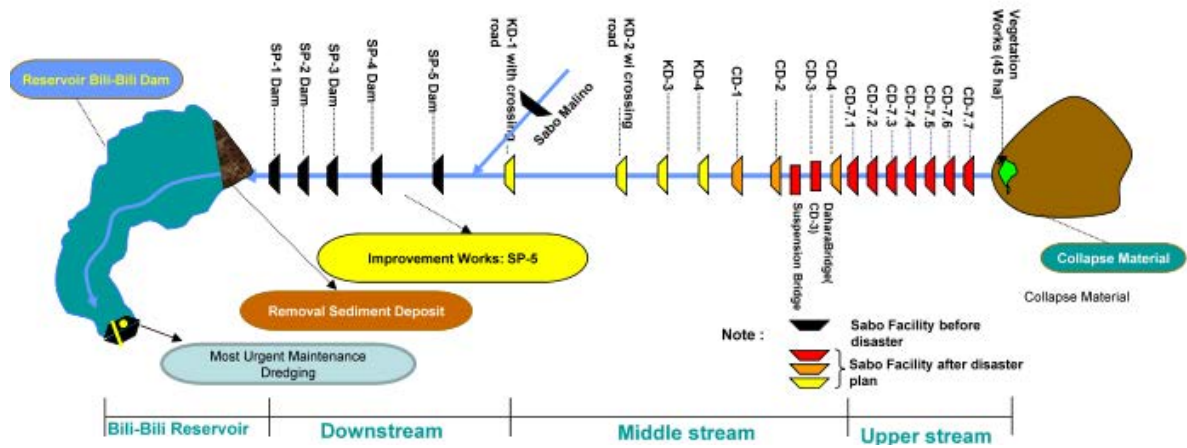
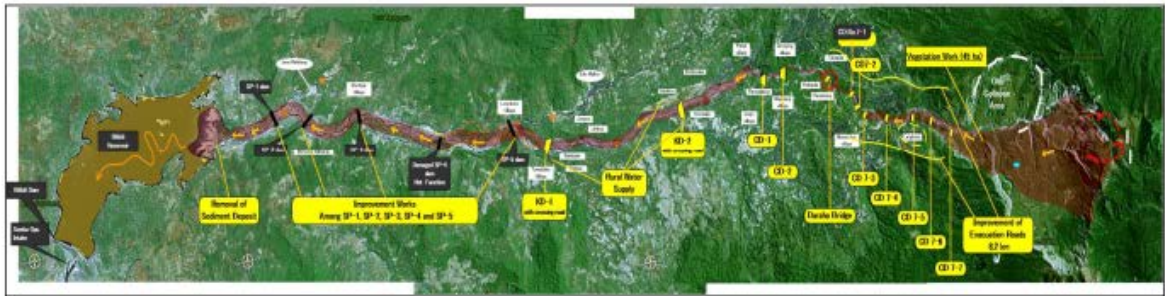


図2 バワカラエン山事業の概念図

出所：実施機関提供資料

注：図中の赤、オレンジ、黄色の砂防施設が本事業によるもの

3.2.1.4 バワカラエン山の本体事業

本事業の中味は多岐に渡るがその内容は(a)土砂流出対策、(b)地域コミュニティ開発、(c)掘削・浚渫 に分類される。以下、本事業による実績と計画との相違について記す⁵。

表 3：実績アウトプットの主な内容 <バワカラエン山>

区分		主な実績内容
(a) 土砂流出対策	構造物対策	(上流域砂防施設建設) ・砂防ダム (7カ所) ・チェック・ダム (4カ所：うち1カ所は橋梁兼用<ダラハ橋>)

⁵ 事業費のうち非適格項目である用地取得費、一般管理費、税金はすべて政府負担分となっている。審査時には物的予備費の一部（審査時の見積もりでは1.8%）も政府負担分となっていたが、実際には上記非適格項目以外の事業費はすべて円借款より支出されている。

		(中流域砂防施設建設) ・床固め工 (Consolidation Dam) (4カ所：うち2カ所は河川横断構造)
	非構造物対策	・予警報システム整備 (雨量観測所3カ所<うち兼りピーターステーション1カ所>、水位観測所1カ所、土石流振動センサー2カ所、マスター・ステーション1カ所) ・ビリビリ・ダム・テレメトリーシステム改善 ・避難路 ・避難体制の改善 ・住民の防災意識の向上 } 注
(b) 地域・コミュニティ開発		・村落道路 (15.6 km) ・吊り橋 (1 橋) ・村落給水 (1,000 世帯) ・カルデラ内土砂植林 (45 ha)
(c) 掘削・浚渫	貯水池末端、河道河床掘削	総掘削量 (6.9 百万 m ³)
	ビリビリ・ダム既設取水口機能維持浚渫	・浚渫機器調達・製作 ・パイプライン敷設 ・沈殿池建設 ・試験施工

出所：JICA 提供資料及び本事後評価質問票回答から評価者作成

注：住民の防災意識の向上、訓練等としては参加型コミュニティ活動、防災トレーニング、ドラ、サイレン等の警報グッズの配布、モニタリング小屋の設置等を行っているが、恒久的に常に噴火危機にさらされているメラピ地域に比べ相対的に活動の深度、密度は低いといった印象はある。

3.2.1.5 バワカラエン山のコンサルティング・サービス

事業実施支援等のため、次の内容によるコンサルティング・サービスが供与された。

1. 事業実施支援 (詳細設計、入札補助、施工管理、運営・維持管理補助)
2. 砂防コミュニティ運営支援による住民の防災意識の向上、避難体制確立
3. 地域・コミュニティ開発の促進

2.3 評価の制約 に記したとおり、メラピ山及びプロゴ川流域、バワカラエン山両事業の事業実施管理はそれぞれの管轄流域管理事務所 (BBWS) によって独立に行われており、実施機関としての公共事業・国民住宅省水資源総局による包括管理が完全には行われていない。特に2社により別々に行われているバワカラエン山事業の場合には、総人月実績に関する記録がなく、計画総人月 1,227MM (内訳：国際コンサルタント 179MM、ローカル・コ

ンサルタント 1,048MM) に対して量的にどれだけの人月が投入されたかの実数は不明であるが、ビリビリ・ダム貯水池堆砂対策のフィージビリティ・スタディに 143.5MM、浚渫実施監理に 30MM の追加人月を要した。

その他コンポーネントは多岐に渡っており個別コンポーネントごとの数値については実施時の状況変化等に対応して一部細かい変更は加えられているが、以下の点を除き項目ごとに基本的な変更はない。

3.2.1.6 バワカラエン山の計画からの主な変更事項

3.2.1.6.1 土砂流出対策

- (1) サンドポケット・ダム No.4、5 建設の JICA 無償資金協力への移管に替わってビリビリ・ダム際の河床及びビリビリ貯水池末端部分浚渫の追加
- (2) 床固め工 4 基の追加
- (3) ビリビリ・ダム取水口付近の緊急浚渫

3.2.1.6.2 地域・コミュニティ開発

- (1) 市の取水口と浄水施設の建設
- (2) 既存アクセス道路の改修
- (3) Sepakat に小学校建物建設

細砂は砂防施設でも捕捉困難で、また採掘ビジネスの対象ともならないためビリビリ貯水池に流れ込む。それによって貯水池末端に堆積した細砂の浚渫はビリビリ・ダムの洪水制御機能維持のため、またビリビリ・ダム取水口付近の土砂の継続的な浚渫による除去は、既設取水口機能維持のために必要となった。河床浚渫は河床の低下を招き灌漑取水に影響が出るとの住民の訴えもあり最小限とし、浮いた資金を貯水池末端の浚渫作業に回した。「床固め工」は、本事業内で見直しを行った施設計画により新たに必要性が認識され、追加されたものである。

また、本事業の主な目的はビリビリ・ダムへの土砂流入阻止と、ジェネベラン川流域住民のための地域経済社会開発であり、後者のためのインフラ整備が追加された。



ビリビリ・ダム貯水池取水口付近の浚渫作業

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

本事業の総事業費は、計画では193億3,700万円（うち円借款部分164億3,600万円：融資比率85%）であった。円借款部分貸付実行総額は163億8,500万円であったが、インドネシア側からの支出事業費の記録が取られておらず総事業費の実績額は不明である。円借款部分の内訳は以下のとおり。

表4：円借款部分事業費の計画・実績対比

（単位：百万円）

	計画	実績	実績－計画
	借款対象 事業費	貸付実行額	
メラピ山及びプロゴ川流域	6,050	6,174	124
本体工事	4,099	4,313	214
資機材調達	633	429	-204
コンサルティング ・サービス	1,318	1,432	114
バワカラエン山	10,386	10,211	-175
本体工事	8,363	8,494	131
コンサルティング ・サービス	2,023	1,717	-306
合計	16,436	16,385	51

出所：JICA 提供資料及び本事後評価質問票回答

<メラピ山及びプロゴ川流域>

実施途中に発生したバントゥル地震、2度にわたるメラピ山の噴火による施設損害修復のための追加工事、追加調達、コンサルティング・サービス（調査、設計業務）の投入人月増加が生じたが、計画値に対しての増加率は僅少で、資機材調達費はむしろ計画を下回っている。主な要因としては次の二つが考えられる。

- (1) 土砂採掘管理公社の建設が上記のとおりキャンセルとなり、その分の支出額（建物建設及び付帯設備費、アクセス道路整備費等）がゼロとなった。
- (2) 審査時の設定交換レートが¥1=Rp.83であったのに対し、事業終了時には¥1=Rp.116と事業実施中のルピア価値下落が大きく、内貨の円建て支出換算額が大幅に計画を下回った。

<バワカラエン山>

スコープ追加があったにも拘らず総事業費が計画値を若干下回ったのは、主に事業実施中の対円ルピア・レート下落があったことによる。

総合的にみると円借款部分につき実際事業費は計画（借款承諾額）の99.7%に達している。「妥当性・開発ニーズとの整合性」の項で示したとおり両地域の防災ニーズは継続的に高く、後続事業も実施中（メラピ）または準備中（バワカラエン）である。本事業実施中には円借款未使用残の動向を睨みながら必要な工事を適宜追加して行っていったことにより、承諾額目一杯の事業資金使用となった。

以上、事業費実績合計額は不明であるものの⁶、円借款部分事業費は計画内に収まった。なお本事業は2事業に分かれているうえそれぞれが細かいコンポーネントに細分されており、またそれぞれの個々の施工ボリュームの増減もあるのでそれらを計画、実績から加減するのは困難である。

3.2.2.2 事業期間

<メラピ山及びプロゴ川流域>

事業期間は、計画では2005年3月～2011年12月（82カ月）であったが、実際には2005年3月～2013年10月（104カ月）と計画比127%となり計画を上回った。主な遅れの要因は次のとおりである。ただし、下記要因のうち天変地異に起因する(2)と(3)による遅れは事業期間実績に含めていない。また、メラピ山及びプロゴ川流域のすべての事業内容は本事業全体の完了予定時期であった2013年11月までには完了している⁷。

(1) コンサルタント選定

計画ではL/A調印前にコンサル選定手続きを開始する予定であったが、実現しなかった。また選定作業に入る前の準備期間が、選定委員会の組織化、国内公共調達諸規則とJICAコンサル雇用ガイドラインとの調整、ショートリスト作成のためのPQ（事前資格審査）等の作業に時間がかかったことにより長引いた。（選定開始に16カ月、選定手続きの終了に6カ月の遅れ）

(2) コンサルティング・サービスの実施

以下の原因によりコンサルティング・サービスの実施期間が計画に対して31カ月長引いた。

- ・サービス開始前の2006年に発生した地震と噴火により必要となった最緊急復旧対策により詳細設計、調達計画、工事監理業務に多大の変更が生じた。
- ・2010年の大規模噴火により、被災砂防施設の調査・評価、修復のための詳細設計、プティ川分水路修復のための詳細設計が新たに追加となった。
- ・緊急に追加で必要となった重機の調達管理が加わった。

⁶ 前記脚注3、5に記したとおり、実際に政府予算により支出されたのは用地取得、一般管理費、税金から成る円借款融資非適格項目のみであり、本体事業、コンサルティング・サービス支出はすべて円借款により支出されている。

⁷ 事業完了の定義は、保証期間を含む施設の実施機関への最終引き渡し時である。

(3) 工事の実施

実施途中のバントゥル地震、メラピ山の噴火に起因して、オリジナル・スコープに4つの契約パッケージが追加されたことによる工事期間の延長26カ月が生じた。

<バワカラエン山>

事業期間は、計画では2005年3月～2013年11月(105カ月)であったが、実際には2005年3月～2014年6月(112カ月)と計画比107%となり計画を上回った。本コンポーネントは2004年3月26日の大規模崩壊への緊急措置の必要性に基づき、次の通り基本的にスピーディな対処がなされた。

- ・事業準備とそれに続く円借款供与決定も極めてスピーディに行われ、すでに決まっていたメラピ山及びプロゴ川流域事業に合流する形での事業形成が行われた。
- ・最も緊急を要したジェネベラン川における浚渫による流出土砂の除去、1基の砂防ダム建設、及びコンサルティング・サービスは審査時計画を前倒して2005年～2006年の間に実施され、期待されたよりも早期からの事業効果発現がみられた。

事業完了の7カ月遅れは主に前項3.2.1 アウトプット に列挙した、実施中に必要となった土砂流出対策のための追加作業のうちのビリビリ貯水池取水口付近浚渫作業の継続実施によるものであり、その他のコンポーネントは計画で設定された完了予定時期の2013年11月にはすべて完了している。

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である⁸。

3.3 有効性⁹ (レーティング：③)

3.3.1 定量的効果

<メラピ山及びプロゴ川流域>

審査時においては有効性を測る指標として、「ケース1：砂防施設のみ」と「ケース2：砂防施設及び土砂採掘管理の合併効果」といった2つの異なるケースについて「土砂制御率」が採られており、基準値26%(2004年：ケース1)に対して、施設完成予定2年後(2012年)の目標値としてケース1：50%、ケース2：75%が設定されていた。しかし、次の三つの事実より、この「土砂制御率」を指標としての効果測定は適切性を欠く。

1. 3.2.1 アウトプットの項で記したとおり、計画されていた土砂採掘管理公社(SMMI)の設立は実現せず、ケース2の適用は不能となった。
2. 本事業実施中の2010年に1872年以来といわれる大規模噴火が起き、2001年改訂の「メラピ火山砂防基本計画」で対象とする10年確率規模の火砕流量5百万m³の28倍に相

⁸ 効率性レーティングにあたっては、メラピ、バワカラエン両事業の事業費と事業期間に基づく個別サブレーティングをまず行い、両者の均等なウェイト付けによって本事業全体の効率性レーティングを出している。

⁹ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

当する総量 140 百万 m³の火山噴出物が放出され、250 基の砂防施設のうち 77 基が損傷を受けた。そして、本事業の中でそれらの緊急補修が追加で行われている。過去の噴火に比べ 2010 年噴火の被災面積が桁違いに広いのも（下記表 5 を参照）その未曾有の噴火規模を物語っている。審査時における目標値の設定においてはかかる事態の発生（100 年以上に一度の大噴火、それによる砂防施設の損壊等）は想定しておらず、計算の前提自体が適用不能となり、事前計算と総合的に比較できる実際制御率の計算は困難である。

3. 砂防施設はこれまで国家予算及び第 1 次、第 2 次円借款事業（本事業は第 3 期事業と位置付けられる）で整備されており、本事業設置の設備のみの効果を切り分けて測るのも困難である。

以上より、代替手段としてメラピ山のこれまでの噴火災害履歴及び 2010 年大噴火の際のインドネシア政府の公式見解により、本事業を含む一連のメラピ山防災事業の効果を推定することにする。

表 5：メラピ山の噴火災害履歴

噴火発生年	死者／行方不明 (人)	被災家屋数 (戸)	被災面積 (ha)
1930 年	1,869	1,109	
1954 年	64	144	
1961 年	6	103	
1969 年	6	322	125
1971 年			10
1973 年 (1 月)			10
(10 月)			19
1974 年 (1 月)		9	
(10 月)	9	6	
(11 月)		10	
(12 月)		4	
1975 年		107	30
1976 年	27	385	
1986 年	1		
1994 年	66	40	295
2001 年			1,200
2006 年	2		3,230
2010 年	341	3,722	31,470

出所：「メラピ火山及びスメル火山防災事業 (2)」事後評価報告書及び本事後評価質問票回答

噴火の大きさそのものに比例する被災面積、被災家屋数に比べて死者／行方不明者数は砂防施設効果をよりよく表す指標となりうる。1872 年噴火の死者／行方不明者数 1,400 人以上、及び噴出物の量では 2010 年を下回るとされる¹⁰1930 年噴火の死者／行方不明者数 1,869

¹⁰ 2010 年 11 月 6 日付じゃかるた新聞記事「ジョグジャカルタ火山研究調査所スバンドリオ所長談」によ

人と比べても、地域人口が増加している状況下での 2010 年大噴火犠牲者 341 名は桁違いに少なく、設置された砂防施設の防災効果は大きかったものと推定される（本事業による砂防施設はパッケージ 2 及び 3 で建設されているがこのうちパッケージ 2 は 2008 年 7 月に完成、パッケージ 3 は 2010 年噴火の際に施工中でそれによって工事が一時中断したが 2012 年 11 月に完成している）。また同所長は「噴火前から行っている避難活動が功を奏した」との見解を表明している（出所：同上）¹¹。

<バワカラエン山>

審査に直接関する JICA 提供資料で特定化された運用・効果指標による実績値は以下のとおりである。

表 6：運用・効果指標による比較 (1) (バワカラエン山)

指標	基準値 (2004)	目標値 (2013) (砂防ダム 完成 1 年後)	2013 実績
砂防ダムによる制御土砂量 (千 m ³)	0	22,500	33,500
浚渫土砂量*1*2 (千 m ³)	0	15,000	15,800 (8,900)*
保全された灌漑、水力発電、上水容量 (千 m ³)	0	14,200	記録なし

出所：本事後評価質問票回答

- *1: ここでの「浚渫土砂量」は主に河川部分の堆積土砂除去量であり、ビリビリ貯水池での浚渫は含まない。また目標値は取り除く必要のある総量で事業のみで浚渫する量ではない（下記*2 参照）
- *2: 河川部分の浚渫は、「河床の低下を招き灌漑取水に影響が出る」との住民の訴えと、浚渫の契約単価が高かったため予定通りには行わなかったが、民間人による土砂採掘には事業による浚渫と同様の効果がある。除去すべき目標値の 15,000 千 m³は適正量であり、そのうち参考数値として記した 8,900 千 m³は民間の収益事業としての土砂採掘によって自発的に行われた量で、本事業では残量の 6,900 千 m³の浚渫を行っている。
- *3: 追加スコープとなったビリビリ・ダム取水口付近の浚渫作業によりバワカラエン事業全体の完了は 2013 年 10 月になったが、砂防施設自体は 2012 年までにすべて完了している。

その他の JICA 提供資料によれば上記以外の以下の効果指標が掲げられており、それらの実績値は以下のとおりである。

る。

¹¹ 避難訓練を含む防災活動に関しては 3.4.1 インパクトの発現状況 のメラピ山の項、防災効果を参照。

表 7：運用・効果指標による比較 (2) (バワカラエン山)

指標	基準値 (2004)	実績値 (2009)	2013 年 実績
5 年間の農地被害面積 (ha)	4,500	2,500	0
5 年間のビリビリ・ダムへの土砂流入量 (千 m ³) *	54,300	15,800	87,100

出所：本事後評価質問票回答

*: 2004 年数値は崩壊時の年間流入量。2009 年数値は崩壊後 5 年間に流入した実際流入総量。

上記注記*と同量の流入が毎年続いたとすると 2013 年までの予測流入累積量は 82,740 千 m³ (54,300 + 15,800 x 9/5) となる。流入量自体は降雨等の気候その他の要因によっても左右され、事前に設定した目標値自体の土砂流下量は流動的ではあるが、実績値 (2013 年までの流入累積量) は目標値を若干超えている。これは違法土砂採掘により 2009 年 2 月に No.1 サンド・ポケットに損傷が生じ (2012 年に修復)、そこから多くの土砂が一時的にビリビリ貯水池に流れ込んだためであるが、その超過割合は 5% ((87,100-82,740)/82,740) と僅少で目標をほぼ達成しており、本事業砂防施設の効果は概ね発揮されているといえる。

また上記のとおり保全された灌漑、水力発電、上水容量を直接示す定量的記録はないものの、ビリビリ・ダム管理記録によると直近 2016 年のビリビリ・ダム貯水池から灌漑、上水、水力発電への実績放流量は 22.6 m³/秒と計画放流量 16.9 m³/秒を 33% 余り上回っており、砂防施設及び堆積土砂の浚渫によりそれぞれのサービス供給へのダム機能を維持するのに十分な水容量の保全が行われていることを間接的に示している。以上より、保全された灌漑、水力発電、上水容量への定量的効果は不明なるも、その他の指標の目標値は達成されており、本事業の効果は発揮されているものと判断される。

3.3.2 定性的効果

<メラピ山及びプロゴ川流域>

(1) 人命並びに公的・私的財産の保護及び持続可能な防災体制の構築

① ハード面

2010 年の大規模噴火時の砂防施設の被害軽減効果は様々な文献で認められている。この噴火に起因する土石流による被害が発生したのは 15 河川のうち 4 河川のみ。最大の被害が出たプティ川でも噴火後土石流の発生は 11 日にのぼったが、それらは砂防施設により食い



クラサク川で土石流捕捉後の砂防堰堤
(出所：実施機関提供資料)

止められ、それを越える土石流の氾濫が発生したのは1カ月以上経過後であり、避難、応急対策のための時間確保に貢献した¹²。ただし、これら砂防施設は円借款による先行2事業及び国家予算により整備されたものをも含む一群の施設と一体となって効果を発揮したものであり、本事業によるものだけを切り分けての効果は測定困難である。また、本事業内で建設された一時避難用のシェルターの役割は大きく、これは本事業独自の防災効果として特筆できる。



本事業設置のシェルターに避難した住民
(出所：実施機関提供資料)

② ソフト面

本事業で防災、施設の維持管理マニュアルの作成と並んで参加型によるコミュニティ・ベースの啓発、訓練活動が行われた。活動にあたっては老人、子供、女性に特に重点を置いた内容を盛り込む等の災害弱者への配慮も行われている¹³。また、3カ村の3つの村落ベース・コミュニティを対象に防災管理のパイロット活動が行われたが、そのうちの1村では活動が継続している。他の2村は2010年噴火の火砕流、土石流で被災、1村は集落自体

が他地域に移転、もう1村は活動を休止していたがBBWS-SOの説明によると最近復活の見込みがある。

(2) 土砂採掘管理

本事業内で土砂採掘管理公社 (SMMI) を設立し、土砂採掘管理 (認可、料金徴収、活動監理等) を一括して行う体制を作る計画であったが、準備活動のみで本体実現に至らなかったことはアウトプットの項で述べたとおりである。ただし準備活動の一環としての詳細な内容の土砂採掘管理マニュアルの作成、トレーニングの実施は行われている。SMMI が担うべきであった機能は Kabupaten (県) 政府の所掌となったが、実効は上がっていないのが実情である。また上記3パイロット村落で行われたコミュニティ・ベースの土砂採掘管理は一部事業終了後も行われているが、地域全体に普及されている状態にはない。また、受益者調査による住民の声によっても現場における土砂採掘管理は十分に行われていないのが現状である。これに関して2017年7月13日のインドネシアの全国紙 Kompas は、プラノウォ中部ジャワ州知事の「違法な無許可採掘が JICA 支援により整備された砂防施設に損害を与えており、それらの者は直ちに違法採掘を中止し、許可された地域への移動を促す」とする警告に関する記事を掲載したが、実効を期待する住民の声はあまり聴かれない。

¹² 溝口昌晴、福島淳一、下田義文「メラピ火山2010年噴火における砂防施設の効果と被災」2014年砂防学会研究発表論文による。

¹³ 後掲24ページの防災訓練、教育の写真を参照。

3. メラピ山麓の地域開発

本事業内では灌漑堰の修復、砂防施設の多目的利用（橋、道路、取水）を行っているが、両施設の地域経済活性化効果は大きい。（インパクトの項参照）

<バワカラエン山>

(1) 人命並びに公的・私的財産の保護

2004年のカルデラ壁大崩壊の犠牲となったレンケセ村及びバワカラエン山近くの地域における防災管理活動により、将来起こりうる崩壊事故への対処が強化されたほか、個別には次の効果が現地調査により確認された。

- ・導流堤 (Training Dyke) の建設による、以前の雨季には河川逆流によって頻繁に発生していた洪水被害地域における防災効果 (サロ・マリノ地域) <上記表7指標における農地被害発生額実績ゼロに貢献>
- ・床固め工 (Consolidation Dam) 下流流域における斜面保護工事 (Slope Protection) による河岸崩壊の防止効果

(2) ビリビリ・ダムへの土砂流入抑制によるダム機能の持続性保持

ビリビリ・ダム貯水地を水源とする水道、水力発電、灌漑のそれぞれの運営管理機関への訪問調査の結果は以下のとおりである。

① 上水

土砂流入により生じる機能障害は「取水量」及び「水質」であるが、砂防施設による土砂流入量の制限、取水口付近の継続的浚渫により双方に深刻な障害は生じておらず、マカッサル市の60%の水需要を問題なく満たしている。透明であった崩壊前の貯水池原水の水質は崩壊後には茶色く濁ってはいるが、供給される上水の水質確保は上水供給機関ソンバ・オプ°浄水場 (Penjernihan Air V Somba Opu) の浄水強化、綿密な水質モニタリングによる努力の結果でもある。



浄水場沈砂池：手前が原水



水質のモニター：手前の原水から一番奥の上水へ

② 水力発電

発電所の稼働開始は崩壊後の 2005 年なので崩壊前との比較はできない。貯水池への土砂流入による発電所機能への悪影響は水道と同じ質、量の 2 要素であるが、量に関しては特に問題なく、水質に関しては土砂の混入により発電機タービンの羽根に傷がついたケースとか、冷却装置への影響の懸念があるが、いずれも発電所の通常の運営・維持管理業務により対処、予防できる範囲内である。当水力発電所は円借款によるものであるが、水源汚濁への対処のため計画段階でスペア発電機を追加設置したのと、冷却水設備の一部に水中土砂を除去するサイクロン・セパレーターを装備したという自己努力の貢献もある。

③ 灌漑

土砂堆積による貯水量の減少は灌漑用水供給に直接影響はない。水力発電での水使用により取水量に制限がかかることがあるが、灌漑独自の取水路を持っており、いざというときも問題はない。上水とは異なり灌漑の場合水質の問題もさほど影響はない。

(3) 持続可能な防災体制の構築

事業内の「土砂流出対策」として避難体制の改善、防災意識の向上といった内容が含まれ実施もされているが、実施機関との協議及び住民インタビューによる感触では、継続的噴火被害に半ば恒久的に脅かされており潜在的な防災意識が非常に高いメラピ地域ほどの範囲、深度を持った活動は行われていない。なお当地域は JICA 技術協力による「火山地域総合防災(ISDM)プロジェクト」のモデル地区の一つとして、同プロジェクト内でソフト面の総合的技術支援が行われている。

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

本事業のインパクトは主に受益者調査によって検証した。

(受益者調査の方法)

本事業が期待するインパクトは、砂防施設、防災設備・活動による防災、地域インフラによる経済活性化（道路、橋、水資源・上水施設、植林）に渡り、整備した施設により受益者が異なるため、それぞれの受益地域ごとにフォーカス・グループ・ディスカッション（FGD）及び戸別訪問によるインタビューの併用により行った。多岐の種類に渡る事業施設の各受益者母集団の特定化困難、信頼できる住民リスト不在等により無作為抽出は不能でありサンプル抽出は有意抽出によっているが、男女、年齢、地域差等のバイアスを極力排除するようサンプルの抽出には留意した。

(訪問調査対象受益地域)

- (1) 防災（砂防）施設
- (2) 道路、橋

(3) 水資源（上水）施設

(4) 灌漑施設

（インタビュー対象人員）＜FGD、戸別訪問の回答者双方を含む＞

メラピ山：100人（2カ村）（うち、戸別訪問対象者の属性は＜年齢：20~30才台（20%）、40~50才台以上（80%）、性別：男（59%）、女（41%）＞）

バワカラエン山：125人（3カ村）（うち、戸別訪問対象者の属性は＜年齢：20~30才台（17%）、40~50才台以上（83%）、性別：男（59%）、女（41%）＞）¹⁴

本事後評価における受益者調査とは別途、本事業内でもメラピ山に関しては山腹斜面に位置する20村でPRA (Participatory Rural Appraisal)（以下「20カ村PRA」という）による住民意識調査（ガジャマダ大学に委託）を2008年に実施している。

＜メラピ山及びプロゴ川流域＞

(1) 防災（砂防）施設・設備、防災訓練

① 防災効果

本事業による砂防施設に対する信頼性は高く、防災施設に関するインタビュー調査はカリウーラン、クプハルジョの2カ村で実施したが、下記の受益者調査結果のとおりほとんどの住民が噴火に対する恐怖感が軽減したと答えている。また本事業内で実施した防災教育、訓練により噴火災害、それへの対処に関する知識が増し安心感が増幅している。また、事業内で行った防災活動は政府（流域管理事務所、県政府等）の継続的なサポートにより地域社会に根付いている。ただし「砂防コミュニティ」といった形での活動はあまり見られなかった。



防災ダンス導入による防災訓練

出所：いずれも実施機関提供資料



幼稚園での防災教育(砂防施設)



住民の避難実地訓練

¹⁴ FGDに参加した住民の内訳はとっていないので、戸別訪問対象者のみの割合を示す。

(主な質問内容¹⁵:噴火時の被災状況、本事業により施された防災対策・それぞれの効果、当該対策後の災害に対する安心感・移住意志)

(住民回答:砂防施設の防災効果:非常に効果的<65%>、効果的<25%>、災害に対する安心感:砂防施設により安心感が増し移住は全く考えていない<75%>、村に居住し続けるのは心配ではあるが引っ越しは考えていない<25%>。防災への役立ち感:避難道路<90%>、シェルター<85%>) ¹⁶

② 収入創出効果

砂防施設によってせき止められた土砂は建築材料としての価値が高く、地域住民にとっての収入創出源となっている(砂利販売、採掘作業の賃労働)。

ただし、そのような所得効果が大きいため、その活動抑制にもつながる県政府による適切な土砂採掘管理がほとんど行われていないといった裏腹の問題点もある。地元住民の間にも収入源といったプラスの面と、砂防施設への損害*といったマイナス面のジレンマが存在する。

*:砂防施設近傍の河床が掘削されると、小規模な出水でも砂防施設の基礎が洗掘され、破損・倒壊に至るケースがある。

(主な質問内容:砂防施設からの土砂採掘と家計収入との関係、ルールを守らない採掘による砂防施設への悪影響認識の有無、違法採掘を発見した時の行動)

(住民回答:砂防施設敷設により創出された土砂採掘の仕事によって家計の収入が増えた<85%>、違法土砂採掘により砂防施設、周囲の環境への悪影響があると認識<99%>、違法採掘を目撃した場合、注意警告をし当局に通報する<61%>、注意だけする<23%>、無駄なので何もしない<16%>) ¹⁷

(2) アクセス道路、橋

砂防施設の一部に含まれるアクセス道路、川を横断する橋梁として機能する砂防施設の、地域交通、物流活動の大幅な円滑化、社会生活向上に資する地域経済・社会開発効果は多岐、多大である。

(主な質問内容:橋として機能する砂防施設による日常生活、経済活動に役立っているか、役立っている場合の具体例)

¹⁵ 質問内容は各調査項目につきメラピ、バワカラエンに共通なので、バワカラエンの項では記載を省略した。

¹⁶ 上記「20カ村 PRA」からも67%の住民が将来にわたっての居住を希望し、さらなる防災知識取得を望んでいる。

¹⁷ 「20カ村 PRA」の結果から、土砂採掘が地元住民の追加的所得獲得手段になっている事実を示している一方、住民は無統制な土砂採掘による砂防施設の損傷リスク、環境への悪影響を認識しており、政府及びコミュニティによる統制システムの確立を望んでいる。

(住民回答：非常に役立っている<100%>、通学、通院、日常生活の改善<いずれも100%>)。また外部からの人の流入により砂防施設絡みの観光ビジネスが生まれている¹⁸。

(3) 灌漑、水資源施設

事業実施中に発生した地震、噴火によって損害を受けた灌漑施設を含む水資源施設の修繕を行っているが、それらによる農業生産(養魚を含む)増大を通じた所得増大効果による家族の健康、子供の教育にも大きなインパクトを及ぼしている。

(主な質問内容：事業によって改修された施設の種類の種類、当該改修によって生じた具体的なプラスの効果)

(住民回答：灌漑農業による所得増大が子供の教育、家族の健康にもたらしているプラスの影響<100%>)

以上メラピ山事業により建設された砂防施設による防災効果は認められ、また砂防施設によってせき止められた土砂採取・販売がビジネスにつながり、収入源創出といったインパクトをもたらしている。土砂採掘管理公社の設立が頓挫し、県政府による採掘管理も十分に行われていない現状から、不法採掘による砂防施設の損傷が懸念される。また、砂防施設の建設と並行して行われた灌漑、水資源施設の修復による地域経済活性化、社会生活改善へのインパクトの大きさが確認できた。

<バワカラエン山>

受益者調査によって把握されたバワカラエン山事業における効果、インパクトもメラピ山事業と共通しているので、特徴的な点のみを以下に記述する。

(1) 防災(砂防)施設・設備、防災訓練

① 防災効果

継続的な噴火により広範な地域が危険にさらされているメラピ山とは異なり、バワカラエン山の場合は2004年3月のカルデラ壁崩壊によるものであり、被災地域は山麓にあり33人の犠牲者を出したレンケセ村を中心とした地域に限定される。レンケセ村での調査では、やはり本事業による砂防施設に対する信頼性は高く、事業以前は風、雷の音にも恐怖感から敏感に反応していたが、砂防施設完成後はそのようなことはなくなり安心感が増し、災害への不安から他の地域に移住したいという住民回答は皆無であった。また、本事業により行われた防災教育、訓練の効果も根付いており(「砂防コミュニティ」が形成されている)、事業により設置された警報器具(サイレン、ドラ、ラジオ等)を備え防災意識は高い。ただ、住民回答からは、被災から日がたつて被災体験を持たない次の世代にまで引き継がれるかどうか、といった懸念も表明された。

(住民回答：砂防施設により安心感が増し移住は全く考えていない<80%>、村に居住し続けるのは心配ではあるが引っ越しは考えていない<20%>)

¹⁸ 上記「20カ村PRA」によっても、砂防ダムの道路等の多目的利用によるインフラ開発は地域経済の活性化に役立っていることが示されている。

② 収入創出効果

土砂採掘ビジネスによる新規収入源創出効果もメラピ山と同様にあるが、メラピ山ほどは活発ではなく、砂防施設へのダメージが大きく懸念されるほどには至っていない。また、本事業によって開始された崩壊斜面への植林はその後の崩壊防止効果だけではなく、田畑への土石流被害で収入源を断たれた住民の植林活動参加による臨時収入源をもたらし、また同地域で栽培されているコーヒーの木の保護にもつながっている。

2. アクセス道路、橋

崩壊事故被災地であるレンケセ村では道路整備が行われ、また砂防施設自体が橋の機能を有するほか、ダラハ地区では鉄橋が新規に架設された。これらはメラピ事業と同様、地域経済活性化に大きな効果をもたらしている。

(住民回答:非常に役立っている<100%>、通学、通院、日常生活の改善<いずれも100%>)



ダラハ橋

3. 灌漑、水資源施設 (上水)

メラピ山事業では地震、噴火により損害を受けた施設の修復であったが、バワカラエン山事業では新たに上水施設と、灌漑取水口の新設を行っている。それらによる農業生産(養魚を含む)増大を通じた所得増大効果による家族の健康、子供の教育にも大きなインパクトを及ぼしている。また水汲みから解放された時間で市場への行商等による副収入獲得機会ができたとの回答もあった。それぞれの施設に対する受益者の

回答を要約すると以下のとおりである。

灌漑：(米の単作から米作と緑豆、米二期作から三期作への生産拡大)。上水施設：(以前は山の水源からバケツで運んでいた。水汲み<学校でも>、川水浴 (mandi) から解放され学習への集中が可能となった<教育効果>。清潔な水で腹痛、皮膚掻痒等の障害が軽減した<健康効果>)。

総括：上記の典型例を含め何らかの教育、健康効果があったと回答した割合はいずれの施設についても100%、また所得効果については70%が肯定的な回答を寄せた。



簡易上水施設

3.4.2 その他、正負のインパクト

3.4.2.1 自然環境へのインパクト

<メラピ山及びプロゴ川流域>

本事業は自然災害による環境破壊の防止・軽減による保全をもたらすものであり、基本的に自然環境への特段の負のインパクトは確認されなかった。事業実施中には環境影響評価 (AMDAL: Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) で作成される環境モニタリング計画書に基づいてモニタリングを実施、半年ごとに州環境局に報告を行っているが、特段の問題はなしとの評価を得ている。環境への影響の緩和策としては、灌漑水路や生活用水の取水口への流量のモニタリング、濁水流入防止等の施策が講じられた。また動物、植物相のモニタリングを行い、掘削等によるかく乱要因を最小限とする配慮がなされた。プロゴ川流域の床固め工の建設にあたっては魚道を確保し、魚類の遡上を妨げることのないよう配慮もなされている。なお、メラピ山頂部は国立公園に指定されているが、本事業範囲の地域は指定範囲外となっており、また希少野生生物の生息地には該当していない。

<バワカラエン山>

メラピ事業と同じく本事業は自然災害による環境破壊の防止・軽減による保全をもたらすものであり、基本的に自然環境への特段の負のインパクトは確認されなかった。また事業実施中にはAMDAL作成される環境モニタリング計画書に基づいてモニタリングを実施、半年ごとに州環境局に報告を行っているが、特段の問題はなしとの評価を得ている。河床及びビリビリ貯水池での浚渫にあたっては、貯水池わきに浚渫土砂貯留場を設置しそこに植生を行う等によって環境への影響緩和を行っている。バワカラエン山は国立公園等の自然保護区ではなく、また希少生物の生息地にも該当していない。

3.4.2.2 用地取得と住民移転

<メラピ山及びプロゴ川流域>

合計 254.1 千㎡の用地が取得された。用地取得総費用は 9,927 百万ルピア。なお、土砂採掘管理公社のストックヤード用に必要であった 150 千㎡の用地取得は同公社の設立そのものがキャンセルとなったため不要となった。質問書回答、BBWS 説明及び提出を受けた関連文書によると、上記用地取得は当時の用地取得規則 (大統領規則 No.65, 2006) に基づき地方官房長 (Sekretaris Daerah) を長とする「九人委員会」を組織し、同規則に準拠して行われ、過程において特段の問題は生じていない。補償についてもインドネシア国内法規、環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン (2002) に沿って行われ、特段の問題は生じていない。当時の水資源法 (2004 年法律第 7 号) に基づき施設ごとに詳細設計時、建設着工前など数回にわたって住民協議を行ったが、その過程で特段の反対意見、苦情は表明されず、工事はさしたるトラブルもなく基本的に順調に進んだ。また住民の要望は必要に応じて施設設計、施工に反映されている。住民移転はなし。

<バワカラエン山>

計画時の浚渫土砂置き場としては政府用地が充てられることになり用地取得は不要になったが、カルデラ壁崩壊による土砂で河川の水路が変わったこともあり、ほぼすべての砂防施設の新規設置にあたって、用地取得と補償が生じることとなった。またアクセス道路の整備も同様である。用地取得総面積、補償総額に関する記録はない。質問書回答、BBWS説明及び提出を受けた関連文書によると、いずれも上記の法規に従った手続に沿ってそれらが行われ、特段の問題なく実施された。補償についてもインドネシア国内法規、環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン（2002）に沿って行われ、特段の問題は生じていない。住民協議に関してはメラピ山及びプロゴ川流域事業と同様であり特段の反対意見や苦情もなく工事は順調に進み、住民の要望は必要に応じて施設設計、施工に反映された。住民移転はない。

3.4.3 有効性・インパクトのまとめ

<メラピ山及びプロゴ川流域>

事業実施中 2010 年の大噴火による事業で想定した 28 倍の火砕流量と、それによって本事業により建設中のものを含む多くの砂防施設が損傷を受けたといった状況下、審査時に採用された「土砂制御率」を効果指標としての実績を定量的に測ることはできない。また代替指標として設定を試みた過去の噴火災害履歴のレビューや学術研究結果等も本事業の厳密な効果を測るものではなく、参考値とするにとどまる。一方、受益者調査により本事業の防災効果は高いものと判断できる。また受益者調査の結果、事業によって整備されたアクセス道路、橋梁としても機能する砂防施設、灌漑、水源施設の修繕による地域社会・経済の活性効果、インパクトは十分に発現していることが確認できた。よって、本コンポーネントの有効性・インパクトは高いといえる。

<バワカラエン山>

審査時に採られた 3 つの運用効果指標のうち事業によって保全された灌漑、水力発電、上水容量については実績データが取られていないが、それぞれ 3 つの運営機関への直接個別訪問調査により、それぞれの運営に必要な容量、水質は保全されていることを確認した。審査時に採られたその他の指標である砂防ダムによる制御土砂量及び浚渫土砂量は目標値を達成している。補助的に設定した 2 指標のうち「農地被害面積」の目標値は達成され、「ビリビリ・ダムへの土砂流入量」についても概ね達成が認められる。また受益者調査の結果、砂防施設の防災効果は上がっており、本事業によって整備されたアクセス道路、橋梁、灌漑、上水施設による地域社会・経済の活性効果、インパクトは十分に発現していることが確認できた。よって、本コンポーネントの有効性・インパクトは高い。

以上より、本事業の実施により概ね計画通りの効果の発現がみられ、有効性、インパクトは高いといえる。

3.5 持続性（レーティング：②）

3.5.1 運営・維持管理の体制

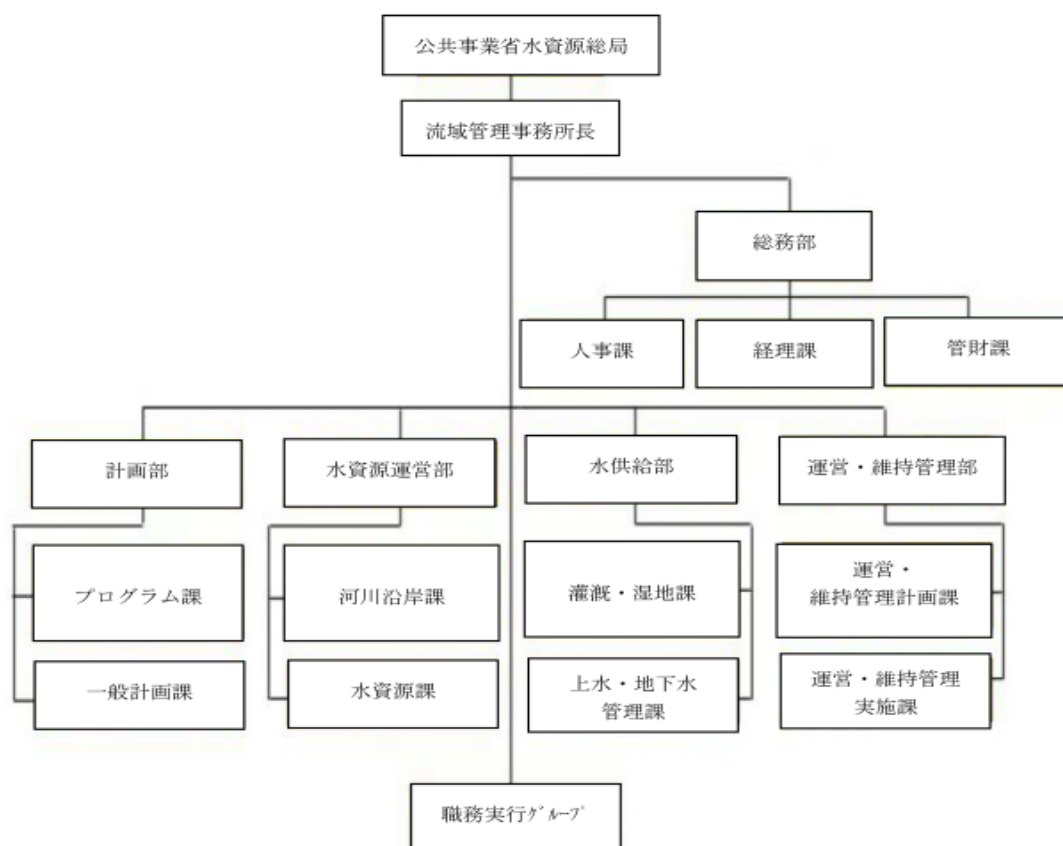


図3 流域管理事務所 (BBWS) 一般組織図

<メラピ山及びプロゴ川流域>

2016年5月制定の公共事業・国民住宅省の組織及び業務手続に関する公共事業大臣規則 No. 20/PRT/M2016 により、公共事業・国民住宅省水資源総局策定の政策ガイドラインのもと、スラク・オパック流域管理事務所 (BBWS-SO) が砂防施設及びそれに付随する施設の維持管理を行うことになった (プロゴ川河床低下対策床固め工、予警報装置 <ただし Balai Sabo に設置の機器類を除く>、水源施設、アクセス/避難道路を含む)。実際の維持管理業務にあたる部署はスラク・オパック運営維持管理特別業務ユニット (Satuan Kerja Non Vertikal Tertentu Operasi & Pemeliharaan Serayu Opak) である。

観測、予警報・避難体制の整備にかかる機器類は2014年に設立された公共事業・国民住宅省砂防研究所 (Balai Sabo: Experimental Station for Sabo) に設置され、同研究所がその運営・維持管理にあたる。Balai Sabo は JICA 技術協力により1982年に設立された砂防技術センター (STC: Sabo Technical Center <1992年に火山砂防技術センター(VSTC)より改称>) を、公共事業・国民住宅省水資源調査開発センターの下に発展的に改組した調査研究機関で対象領域は全国に及ぶ。

土砂採掘管理、地域インフラ施設の維持管理は各県政府の責任で行うことになっている。

<バワカラエン山>

メラピ山と同様の政策背景の下、基本的にポンペンガン・ジェネベラン流域管理事務所 (BBWS-PJ: Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang、以下 BBWS-PJ という)が本事業によって整備された施設の維持管理を行う。BBWS-PJ は土砂堆積状況、カルデラ壁の状況の調査を継続的に行い、それに基づいて既存砂防ダムの修復、床固め工の建設等の防災対策を実施していく。橋、道路の維持管理も同様に BBWS-PJ が責任を持つが、小規模上水、灌漑設備については地域住民がゴトン・ロヨン体制（地域ベースの相互扶助体制）のもとに自ら維持管理を行っている。

以上、メラピ、バワカラエン両事業とも砂防施設を中心とした本事業の運営・維持管理体制は基本的に整っている。しかしながら 3.2.1.3.1 土砂採掘管理公社の設立キャンセル、及び 3.3.2 定性的効果で指摘した通り本事業で計画した SMMI の設立が挫折し、現行体制の下では不法土砂採掘統制の統一的な管理体制が不備であるところから体制面には一部問題があると言わざるを得ない。

3.5.2 運営・維持管理の技術

<メラピ山及びプロゴ川流域>

BBWS-SO は本事業の実施にあたり事業のあらゆる分野においてコンサルタントと協働し、それによって技術力、管理能力を備えた実力組織に育っている。

BBWS-SO スラユ・オパック運営・維持管理特別業務ユニットは大卒エンジニア 24 名（うち修士 5 名）を含む質・量ともに十分な技術スタッフを配備し、維持管理に関する技術水準は十分である。ただし、既存施設の台帳管理、GIS データベース、ニーズ基準コストイング等の分野での継続的なトレーニングが必要との言明あり。また、本事業内で詳細な維持管理マニュアルが作成され業務に用いられている。

<バワカラエン山>

メラピ事業と同様、BBWS-PJ は本事業の実施にあたり事業のあらゆる分野においてコンサルタントと協働し、それによって技術力、管理能力を備えた実力組織に育っている。本事後評価の質問票回答においてもコンサルティング・サービスによる BBWS-PJ の能力強化が実を上げた、との回答を寄せている。また、ISDM 技術協力プロジェクトによる総合的な防災モデル構築の一環として行われた技術者の育成活動により強化された技術力の底上げは BBWS-PJ にも及んでいる。また、BBWS-PJ ポンペンガン・ジェネベラン運営維持管理特別業務ユニット 20 名のうち大卒エンジニアは 1 名であるが、BBWS-PJ においては簡単なものを除き砂防施設の修繕は原則としてコントラクターに委託して実施している。

以上、メラピ、バワカラエン両事業の持続性に関する技術的な問題は認められない。

3.5.3 運営・維持管理の財務
 <メラピ山及びプロゴ川流域>

BBWS-SO の年次維持管理予算と費用は次表の通り。

表 8：砂防施設年次必要修繕費用と予算付与額（メラピ山及びプロゴ川流域）

(単位：百万 Rp.)

年度	予算付与額	必要修繕費用
2013	393	300
2014	97	103
2015	140	128
2016	20	20
2017*	148	*

出所： JICA 提供資料 (2016 年まで) 本事後評価質問票回答 (2017 年)

* 2017 年度の必要修繕費用については未回答

砂防施設の維持管理業務は概ね、重機を使っての岩石の除去、損傷を受けた砂防ダムの修復、川の浸食が深い場合の補助ダムの追加等の作業であるが、砂防施設の維持管理予算は運営維持管理特別業務ユニットが見積もった必要費用に基づいて BBWS-SO が中央の公共事業・国民住宅省に予算を要求する。上記のとおり概ね必要な予算が BBWS-SO に供与されている。なお 2014 年度は予算付与額が必要修繕費用を若干下回っているが、各施設の修繕のタイミングは硬直的なものではなく前後年度の必要額を超える予算配賦があることから、修繕は問題なく行われている。

<バワカラエン山>

BBWS-PJ の年次実績修繕費用と予算付与額は次表の通り。

表 9：砂防施設年次必要修繕費用と予算付与額（バワカラエン山）

(単位：百万 Rp.)

年度	O&M 予算	O&M コスト
2012	8	7
2013	147	138
2014	-	-
2015	67	67
2016	-	-
2017	200	189

出所： 本事後評価質問票回答

注：2014 年、2016 年には砂防施設の修繕は生じなかった。2017 年は予定額

BBWS-PJ の場合には小規模なものを除いて砂防施設の修繕はコントラクターに外注しており、上記はそれらの金額と予算の供与額である。なお外注するまでもない小規模な修理に関しては一般予算により自己で行っており上記表の数値には含まれていない。

以上、メラピ、バワカラエン両事業の財務的持続性については特段の問題はない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

<メラピ山及びプロゴ川流域>

事後評価時点で機能に障害のある施設と修復措置の状況は以下のとおりである。

表 10：事後評価時機能不全施設と修復措置（メラピ山及びプロゴ川流域）

施設名 (いずれもゲンドル川)	不備の状況	修復措置
砂防ダム GE-D2	2010 年噴火時の火砕流による損傷	後続事業 IP-566*により修復予定
砂防ダム GE-D3	土石流の頻発による橋台部の摩耗	後続事業 IP-566 により修復予定
砂防ダム GE-D4	2010 年噴火時の火砕流により大部分が埋没	損傷状況調査の上修復予定

出所：本事後評価質問票回答

*本事業の後続事業である「メラピ山緊急防災事業 (II)」。ただし本事業 (IP-524) の前にも先行事業としての「メラピ火山およびスメル火山防災事業 (2)」があるので、IP-566 は実質的には第 3 期事業になる。

いずれも通常の維持管理不良によるものではなく 2010 年大規模噴火の後遺症で、後続事業 (IP-566) 等により修繕が図られる予定。

現地視察において、2010 年の大噴火の際に効果を発揮した一時避難場所 (シェルター) 建物のメンテナンスが十分でない (ドア、窓の破損) 様子が確認された。

<バワカラエン山>

(1) 砂防施設の状況

事後評価時点で機能に障害のある施設と修復措置の状況は以下のとおりである。

表 11：事後評価時機能不全施設と修復措置（バワカラエン山）

施設名	不備の状況	修復措置
砂防ダム CD-3	副々ダム直下での局所洗堀	下流側に床固工を建設
砂防ダム CD-1	ダム側面部分の水叩き及び副々ダム袖部の損傷	下流側に床固工を再建、新設
砂防ダム No.7-1	副ダム直下流での局所洗堀	砂防ダムの下流に先端ブロック設備を建設
床固め工 (Consolidation Dam) KD-2	副々ダムの一部及び水叩き部分の損傷	水叩きの建設及び鉄製レール設置による副々堰堤の強化

出所：本事後評価質問票回答

いずれも流下土石による砂防施設としての通常の劣化であり維持管理不良によるものではなく、適切な修復措置が取られている。

(2) 予警報システム機器の状況

本事業における予警報システム機器設置の目的は、雨量、水位、振動等の変化データの継続的な集積によって将来の土石流等発生の危険性の客観的な予測を行っていこうとするものであり、災害の発生そのものの危険性を直接に事前キャッチするためのものではない（メラピ山も同様）。バワカラエン山事業の第2回目現地調査において予警報装置の現状視察を行ったが、マスター・ステーションのPCサーバーが故障中で、本来現場設置の測定装置から自動的に伝送されるべきデータの収集がマニュアルで行われている等、必ずしも良好な維持管理が行われていない状況にあった。担当者の説明によるとすでに修理の発注はかけており近日中に修復の見込みとのことであった。しかし、ビリビリ・ダム・コントロールシステムを訪問視察した際に目撃した事実では、別のビリビリ・ダム事業で導入した機器類のほとんどが故障し、また旧式のまま更新が行われていないためメーカー側に修理部品がないといった状況で再使用不能になっている。担当者へのヒアリングによると、修理、更新等の維持管理予算の不足が主な原因とのことであり、まだ新しいため今現在は上記PCサーバーの不具合を除きそれほど支障なく稼働している本事業で設置の機器類の近い将来の運命を垣間見ることにもなり、予警報システムに限っての持続性は懸念されるところである。

3.5.5 総括

本事業砂防施設の運営・維持管理は公共事業・国民住宅省水資源総局の当該地域を管轄する各流域管理事務所の責任で行われており体制面、技術面、財務面での問題は基本的に認められないが、以下の要因により持続性への懸念が払拭できない。

- (1) 本事業で目論んだ土砂採掘管理公社の設立が挫折し、また本来その責任を有する県（Kabupaten）政府による管理も十分に行われていない状況下、依然として違法な土砂

採掘が横行しているのが実態であり、本事業砂防施設への負の影響が懸念される。

- (2) 上記基本的な不安要因はあるものの、両流域管理事務所及び地元住民による砂防その他の施設の維持管理は概ね適切に行われている。しかしながら現地視察調査において、本事業予警報機器の一部に故障が生じており適時の修理が行われていないこと、先行円借款事業で導入されたビリビリ・ダム・コントロールシステム機器類の維持管理が適切に行われず、現時点でほとんど稼働していない状況が観察された。この事実を鑑みるに、本事業設置予警報システム機器の今後の維持管理の徹底に懸念がある。
- (3) 同じく現地視察調査において、2010年の大噴火の際に効果を発揮したメラピ山事業の避難場所（シェルター）建物のメンテナンスが十分でない（ドア、窓の破損）様子が確認された。

以上より、本事業の運営・維持管理は運営体制、技術面、財務面で基本的に問題はないものの、土砂採掘管理、予警報機器類等の今後の維持管理に不安があるため、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業はジョグジャカルタ特別州におけるメラピ山噴火による同山麓・プロゴ川下流部、及び南スラウェシ州のバワカラエン山カルデラ大崩壊によるジェネベラン川流域及びビリビリ・ダムに対するハード、ソフトの両面からの防災対策を行う2事業より構成される。両事業のうちメラピ山・プロゴ川流域事業においては人命及び公的・私的財産保護の促進、及び同地域の持続可能な防災体制の構築を図り、もって地域開発の促進に寄与すること、バワカラエン山事業においては土石流から人命及び農地等を含む公的・私的財産を保護し、被災地域からの土砂流出を防止することで下流のダム機能を改善することを図り、もって州都マカッサル市及びその周辺地域への安定的な水供給等を通じて同市及びその周辺地域の社会経済活動の維持に寄与することを目的として実施された。

本事業の実施はインドネシアの開発政策、自然災害に取り組む国際枠組み、開発ニーズ及び事前評価時の日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。一方、事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

メラピ山事業においては事業実施中に発生した想定外の大噴火により当初設定した定量指標である土砂制御率は効果が測定不能となったが、過去の被災統計及び受益者調査その他より事業の防災効果及び地域開発効果が確認できた。またバワカラエン山事業でも各種指標の達成状況及び受益者調査その他の防災及び地域開発効果が確認できた。以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性、インパクトは高いといえる。

整備された砂防施設の維持管理体制、公共事業・国民住宅省水資源総局の責任機関である両流域管理事務所の技術、財務には問題が認められないが、本事業で計画された土砂採

掘管理公社設立が実現されなかったことによる違法土砂採掘のコントロール体制整備が未実現であり、また予警報システム機器等の運営・維持管理には懸念がみられる。従って本事業の運営・維持管理の体制面、状況には軽度な問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

役割・貢献

一般に防災案件はすでに起こった被災からの復旧、及び起こりつつあるもしくは近い将来起こりうる災害への迅速な対応が求められるため、実施及び支援機関はその必要性の認識後速やかな準備、実施に努める必要がある。また対象が時々刻々進展する事前予測困難な変化を伴う自然現象であるため、変化する事態に臨機応変に対応する融通自在性（フレキシビリティ）が求められる。バワカラエン山事業はそれらを実践しており、2004年3月に発生したカルデラ壁大崩壊に緊急対処するための迅速な準備が行われ、継続案件としてすでに準備が進んでいたメラピ山・プロゴ川流域事業に合流する形で形成が図られた。また事業開始後には施設設計の適切な見直しによる内容の補足（河床固めダムの追加、ビリビリ貯水池末端及び取水口付近の浚渫作業の追加等）が行われた。メラピ山・プロゴ川流域事業においても事業実施中の想定外の地震、噴火による施設損害対処策が適切かつ迅速に補足された。またそれらへの措置を最大限に行うための借款資金の使用が、両事業を通算して有効に図られた。このように本事業における実施機関及びJICAの対応はそれに見合うものであったため、事業効果の発揮が適時かつ十分に実現されている。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

4.2.1.1 土砂採掘管理体制構築の継続的努力

メラピ山事業の当初計画に含まれていた土砂採掘管理公社（SMMI）設立がその準備段階の実施のみで未実現に終わったことにより、現場での土砂採掘管理が適切な形で体系的に行われていないのが現状である。土砂採掘は地域住民の収益事業として地域社会経済に寄与する半面、適切な管理を欠く作業は砂防関連施設等へのダメージを及ぼす可能性もあり、実施機関は速やかにその管理体制の構築と実施に真摯に取り組むべきである。

4.2.1.2 事業施設維持管理の徹底

メラピ山、バワカラエン山両事業とも砂防ダム、インフラ設備といった主要施設の維持管理は基本的に適切に行われているが、メラピ山事業の一時避難所建物（シェルター）、バワカラエン山事業のモニタリング小屋、予警報システム機器等一部の施設・機器の維持

管理に問題が見受けられる。両流域管理事務所には今後すべての施設についての徹底した維持管理の実施が望まれる。

4.2.2 JICA への提言

4.2.2.1 土砂採掘管理体制構築と実施への働きかけ

上記土砂採掘管理体制の構築と実施は、地元の利権にも関わる現実より、外部よりの圧力が必要であり実施機関の役割が求められると同時に、後続事業の継続実施の過程でも JICA はその実現に対しての要請を強めるべきである。

4.3 教訓

4.3.1 災害復旧・防災事業に対する迅速かつ弾力的な対応

今後特に災害復旧・防災事業のように緊急対応を要し、かつ状況が変わりやすい案件を行う場合には、事業実施機関及び支援機関はその必要性の認識後、直ちに関係諸機関をも含めた効率的な相互コミュニケーションを開始し、また事業形成の手続きの出来得る限りの弾力的な適用を行うことによって事業形成の速やかな準備と実施開始に努めるべきである。また事業実施中は変化する事態に臨機応変に対応する融通自在性を持ち、必要な場合には方法、内容の調整を行う必要がある。

4.3.2 実施中の事業管理

プロジェクト管理はプロジェクト実施ユニット等のプロジェクト実施監視機関により統括的に行われなければならない。本事業では実施機関による総合管理が十分になされておらず統括的なプロジェクト会計も行われていなかったために、事業実施中のプロジェクトの管理が的確に行えず、また総事業費等の正確な把握もできないため、評価を行う上でも制約が生じた。特に本事業のような独立した複数コンポーネントを有する事業の管理は、事業実施全体を統括するプロジェクト実施ユニットを中央の実施機関内に設け、各サブ・プロジェクトサイトでの個別管理体制と中央実施ユニットへの規則的な報告体制を案件形成時に組織し、JICA は実施中にそのとおりの管理が行われているかのモニタリングをするべきである。

以上

主要計画／実績比較

項目	計画	実績 (先方政府支出分実績の有無・内容は不明)
①アウトプット	<p>(メラピ山及びプロゴ川流域)</p> <p><本体事業></p> <p>1. 土石流・火砕流対策 砂防施設の建設・避難道路の修復、土石流予報警報・水文観測網システム整備、避難体制の改善、住民の防災意識の向上、防災のための人材の育成</p> <p>2. プロゴ川河床低下対策 底固め工の建設</p> <p>3. 土砂採掘管理 管理公社の設立、土砂採掘管理手法策定、アクセス道路・ストックヤード建設、採掘機材購入、土砂採掘管理・O&Mへの地域住民の参加促進</p> <p>4. メラピ山麓の地域開発 灌漑堰の修復、砂防施設の多目的利用(橋、道路、取水)</p> <p><コンサルティング・サービス> 国際: 187.0MM ローカル: 780.0MM (バワカラエン山)</p> <p><本体事業></p> <p>1. 土砂流出対策 砂防ダム建設、既存砂防ダム近辺土砂浚渫、既存砂防ダムの修復、土石流予報警報システム整備、避難体制改善、住民防災意識の向上</p> <p>2. 地域・コミュニティ開発 既存橋梁架け替え、アクセス道路改良、その他地域インフラの修復・改善、植林</p> <p><コンサルティング・サービス> 国際: 179.0MM ローカル: 1,048.0MM</p>	<p>(メラピ山及びプロゴ川流域)</p> <p><本体事業></p> <p>1. 土石流・火砕流対策 2006年の噴火被害対応で6基の砂防ダム追加設置、2010年の噴火被害対応で5基の砂防ダム補修、2基の護岸工、道流堤建設。その他は概ね計画どおり</p> <p>2. プロゴ川河床低下対策 計画どおり</p> <p>3. 土砂採掘管理 管理公社の設立、アクセス道路・ストックヤード建設は実施されず、その他は概ね計画どおり</p> <p>4. メラピ山麓の地域開発 2006年の地震被害対応で下記項目の追加実施。他は概ね計画どおり 水資源施設修復(4地域20カ所) 灌漑施設修復(5地域35カ所)</p> <p><コンサルティング・サービス> 国際: 317.68MM ローカル: 801.79MM (バワカラエン山)</p> <p><本体事業></p> <p>1. 土砂流出対策 サンドポケット・ダム2基に替わり床固め工4基を新設。また、ビリビリ貯水池取水口付近の土砂浚渫を追加。他は概ね計画どおり</p> <p>2. 地域・コミュニティ開発 追加工事として市の取水口と上水施設、小学校建物建設を実施。他は概ね計画どおり</p> <p><コンサルティング・サービス> 総MM実績は実施機関によって把握されていない。</p>
②期間	2005年3月~2013年11月(105カ月)	2005年3月~2014年6月(112カ月)(先方政府支出分実績の有無・内容は不明)
③事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	<p>8,205百万円 11,132百万円 (927,667百万ルピア) 19,337百万円 16,436百万円 1ルピア=0.012円 (2004年9月時点)</p>	<p>円借款部分以外不明</p> <p>16,385百万円 1ルピア=0.010円 (実施期間中平均レート)</p>
④貸付完了		2014年7月