

インドネシア

マディウン川緊急治水事業

評価報告： 2002年10月
現地調査： 2001年8月

1. 事業概要と円借款による協力



サイト地図



マディウン川（改修された区間）

1.1 背景

本事業の対象地域はソロ川流域に位置している。ソロ川はジャワ島最大の河川であり、その流域一帯はジャワ島有数の穀倉地帯となっている。この地域は人口が密集し、農業開発が進んでいるのが特徴である。ソロ川の本流・支流周辺地域は度重なる洪水による被害を受けており、ウオノギリ多目的ダム建設などの洪水制御に係る努力がなされてきた。

ソロ川の最大の支流であるマディウン川の流量は $320 \sim 1,200 \text{ m}^3/\text{秒}$ （平均 $800 \text{ m}^3/\text{秒}$ ）で、急峻な山地を流れているため、大雨の後などは頻りに氾濫を起こしていた。なかでも人口 186,000 人（1998 年時点）を有するマディウン市を含むマディウン川流域では事業審査時（1984 年）までの 10 年間に 7 回の洪水が起こっていた。度重なる洪水は同河川流域の農業・日常生活に多大な損害を与えていた。かかる状況に鑑み、マディウン川の氾濫による洪水被害を防止する目的で本事業が計画され、早期の実施が期待されていた。

1.2 目的

東ジャワ州のマディウン川に 5 年確率洪水¹制御計画に基づく治水工事を施すことにより、洪水被害を緩和するもの。

1.3 事業範囲

¹ 洪水の規模は最大洪水流量約 $1,500 \text{ m}^3/\text{秒}$ を想定。

(1) 河川改修工事

河川改修工事は3つの工区に分けて掘削、築堤、残土処理、護岸工事、橋梁・樋門建設、その他改良工事を行なう。詳細は以下のとおり：

第1工区：Kwadungan～Patihan 区間（±14 km）、マディウン川、ジェロワン川を対象（掘削、築堤、橋梁、排水、河川構造物）

第2工区：Patihan～Kali Catur 区間（±8 km）、マディウン川、ジェロワン川、ガンドン川、チャトゥル川を対象（掘削、築堤、橋梁伸長、排水、河川構造物）

第3工区：Kwadungan～Patihan 区間（±13 km）、マディウン川を対象（掘削、河川構造物）

(2) コンサルティング・サービス

詳細設計のレビュー、入札補助、施工監理を行なう。

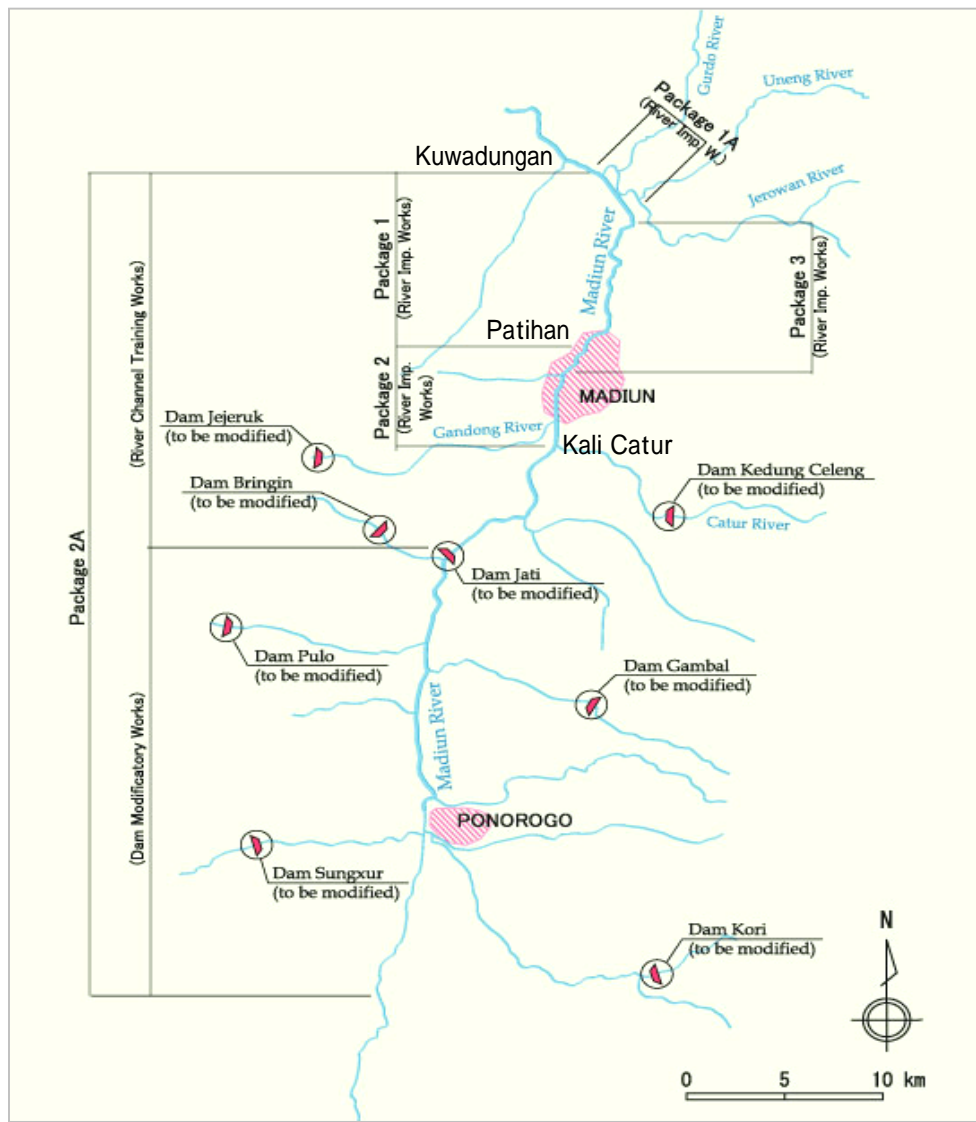


図1：事業サイト地図

*第1A工区及び第2A工区は事業審査後、追加作業として本事業に含まれたものであり、これで改修工事は5工区（第1工区、第2工区、第3工区、第1A工区、第2A工区）となった。事業の範囲と変更については2.2.1で詳しく述べる。

1.4 借入人/実施機関

インドネシア共和国政府/ 居住・地域インフラ開発省水資源総局 (DGWR)

1.5 借款契約概要

円借款承諾額	6,400 百万円
実行額	5,936 百万円
交換公文締結	1984 年 7 月
借款契約調印	1985 年 2 月
借款契約条件	金利 3.5% 返済期間 30 年 (据置期間 10 年) 一般アンタイト
貸付完了	1995 年 7 月

2. 評価結果

2.1 計画の妥当性

本事業の目的は、マディウン川の改修工事により洪水被害を緩和することにある。この緊要課題はソロ川流域開発マスタープラン²でも掲げられており、事業目的は妥当であった。また、本事業は、マディウン川流域に関連する地域・水資源開発の現在のマスタープランである「CDMP³調査」でレビューされている洪水制御計画に沿うものであり、目的の妥当性は現在でも維持されている。本事業はマディウン川中流に位置するマディウン市を慢性的洪水被害から守る目的で実施された。CDMP 調査によると、本事業の後続案件にあたる第 2 期・第 3 期事業が、洪水制御能力の向上及び公平な地域安全の向上を目的にマディウン川下流域を対象に実施される予定である。

2.2 実施の効率性

2.2.1 事業範囲

深刻な河床低下に対処するため、事業開始後に第 1A 工区及び第 2A 工区の追加工事が事業スコープに含められた。事業審査時において、これら追加工事の予測は困難であった⁴。

< 第 1A 工区 >

マディウン川、ウネン川、グルド川を含むクアドンガン地区を対象に捷水路建設及び洪水制御施設の拡充を行なう。

< 第 2A 工区 >

マディウン川上流からポノロゴ地域までの区間を対象にマディウン川本流の河川改修及びダムの改良工事を行なう。

結果として、「主要計画 / 実績比較」に見られるように、実際の工事量が変更・修正された。主な変更・修正は以下のとおりである：

練石張工、床固、パラペットウォールなど護岸工事の追加
橋梁・樋門の新設数の増加
8 ヶ所の取水ダム改修の追加
コンサルティング・サービスが 351 M/M から 1,242 M/M へ増加

と は第 1A 工区で、 は第 2A 工区で、 は全ての工区においてそれぞれ実施された。これらの変更・修正は事業目的に沿うものであり、妥当であったと考えられる。

² 出典：URAIAN SINGKAT PERBAIKAN DAN PENGATURAN SUNGAI KALI MADIUN (マディウン川改修・管理事業概要)

³ ソロ川流域を対象とした CDMP (総合流域開発マスタープラン) 調査は 2000 年に実施された。計画の 6 つの柱は： 均衡な地域開発に必要な水資源開発 流域管理 水質管理 多様な水需要に対する水配分管理 洪水制御管理 水利用に係る地域間管理となっている。

⁴ 詳細設計・工事段階で確認されたマディウン市周辺に広がる河床低下を調査するため、事業実施中盤の 1991 年 4 月に「河床変動調査」が実施された。その結果、河床低下は砂利の過剰な採取が原因である可能性が指摘された。本格的対策に先立って、1992 年 10 月に事前調査が行なわれた。同調査の結果、マディウン川での砂利・砂礫等の採取の制限、河道の保全、河川構造物の保護、ジャティダムを含む 8 ヶ所の既存小規模灌漑ダムの改修が提案された。

2.2.2 実施スケジュール

本事業は主に追加工事により、計画から約 5 年遅れた 1995 年 7 月に完了した。遅延の主な理由は以下のとおりである：

工期の延長

第 1A 工区及び第 2A 工区における工事实施に必要な土地取得の追加
移転住民に対する政府補償金の不足、または配分の遅れ

2.2.3 事業費

事業費の実績は 10,298 百万円と、計画 12,609 百万円よりも低い額となった。円借款で賄われた外貨分は、2 工区分の工事が追加されたにもかかわらず実績 5,936 百万円と、計画 6,400 百万円を下回った。これに対して、インドネシア政府により賄われた内貨分の実績は 48,705 百万ルピアと、計画 26,200 百万ルピアより 85%のコスト・オーバーランとなった。この内貨分の増加は、建設工事の遅延期間中に生じた物価上昇及び第 1A 工区・第 2A 工区の追加工事（土地取得対象面積の増加を含む⁵）で生じたコストが原因となっている。内貨の増加分は同政府により賄われたが、支払いは遅延した。

2.3 効果（目的達成度）

2.3.1 洪水被害の防止

図 2 は本事業の対象地域であるマディウン地区（ジェロワン地区を含む）及びンガウイ地区における洪水記録、すなわち、最大洪水流量（MFD： $\text{m}^3/\text{秒}$ ）及び洪水面積（ヘクタール：ha）を示したものである。同図では MFD のデータを規模の大小で並べ、洪水面積のデータはそれに対応している。1968 年の値は例外として、一般的に MFD の値が大きいほど洪水面積も大きくなる。

洪水面積は 1995 年の事業完成後は減少している。例えば、1998 年の洪水規模は 2 年確率洪水規模より大きい MFD $900 \text{ m}^3/\text{秒}$ であったが、洪水面積はわずか $1,000 \text{ ha}$ であった。事業実施前に同規模の洪水に見舞われた時には（例：1966 年、1978 年、1984 年、1989 年）、洪水面積は $12,000 \text{ ha}$ にも及んでいた。

これらのデータから、本事業は洪水被害の軽減に大きく貢献したと評価できる。ただし、本事業範囲外の幾つかの地域では支流での洪水制御が不十分なため、1998 年や 99 年に発生したような 2 年確率洪水規模以上の洪水が起こった時、現在でも氾濫の恐れがある。

図 3 は事業前後の洪水危険区域を示しているが、事業実施は、慢性的な氾濫区域を大幅に縮小したことが見てとれる。本事業の結果として、マディウン市における洪水の危険性はほぼなくなったものの、支流において十分な河川改修がなされていない地域（ンガウイ市やポノロゴ市）では、未だ河川氾濫の危険性がある。

⁵ 土地取得費の計画見積り額は 8,887 百万ルピアであったが、実績は 18,647 百万ルピアとなっている。

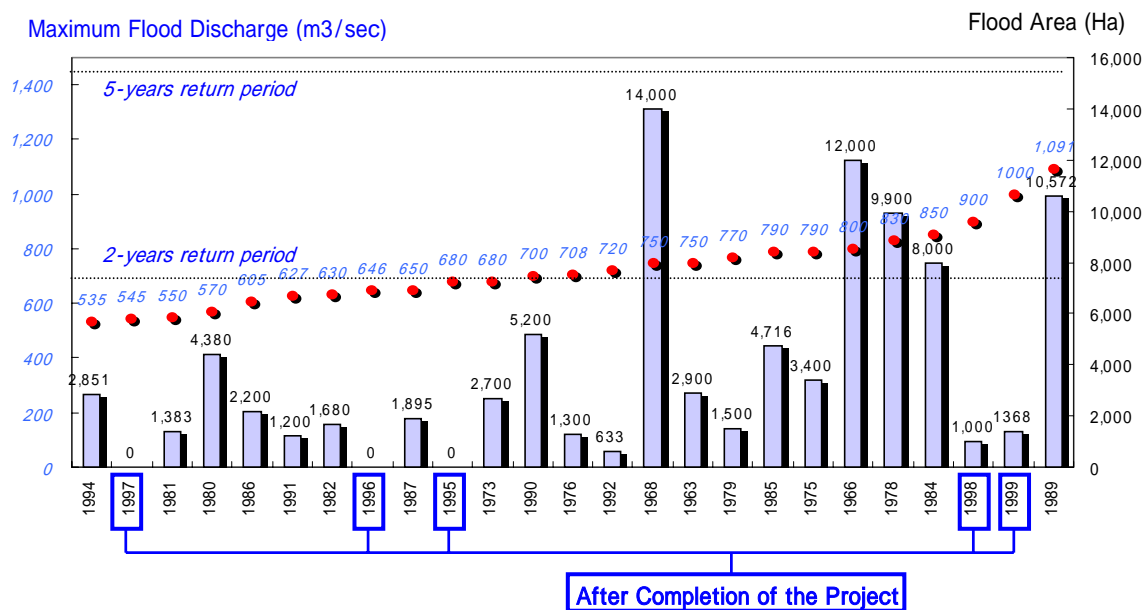


図 2：洪水記録

備考：(1) 洪水面積はマディウン地区及ビンガウイ地区を対象にしたもの。
 (2) 1999年のMFDはマディウン市のPBS 職員の記憶を基に推計した値。
 出典：PBS

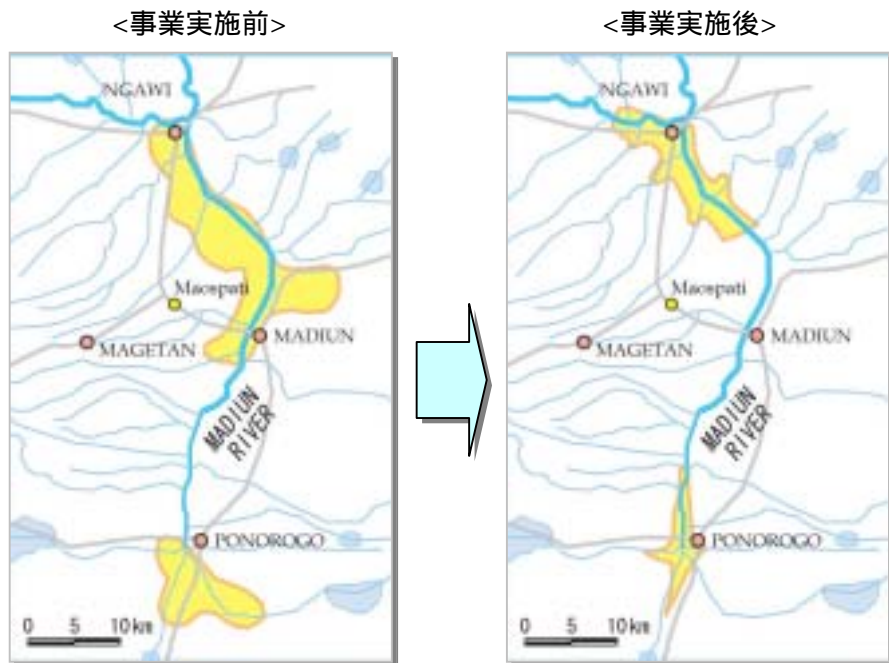


図 3：洪水危険区域

備考：危険区域は着色された部分。
 出典：PBS

2.3.2 受益者による評価（インタビュー調査の結果⁶）

本事業の効果を確認し、そのインパクトに対する洞察を深めるため、受益者を対象にインタビュー調査を実施した。図4に、事業前後における受益者の洪水経験を反映した回答を示す。立体グラフの2つの横軸はそれぞれ洪水による浸水の深さ（cm）と浸水期間（日）を表し、縦軸は有効回答率を表している。

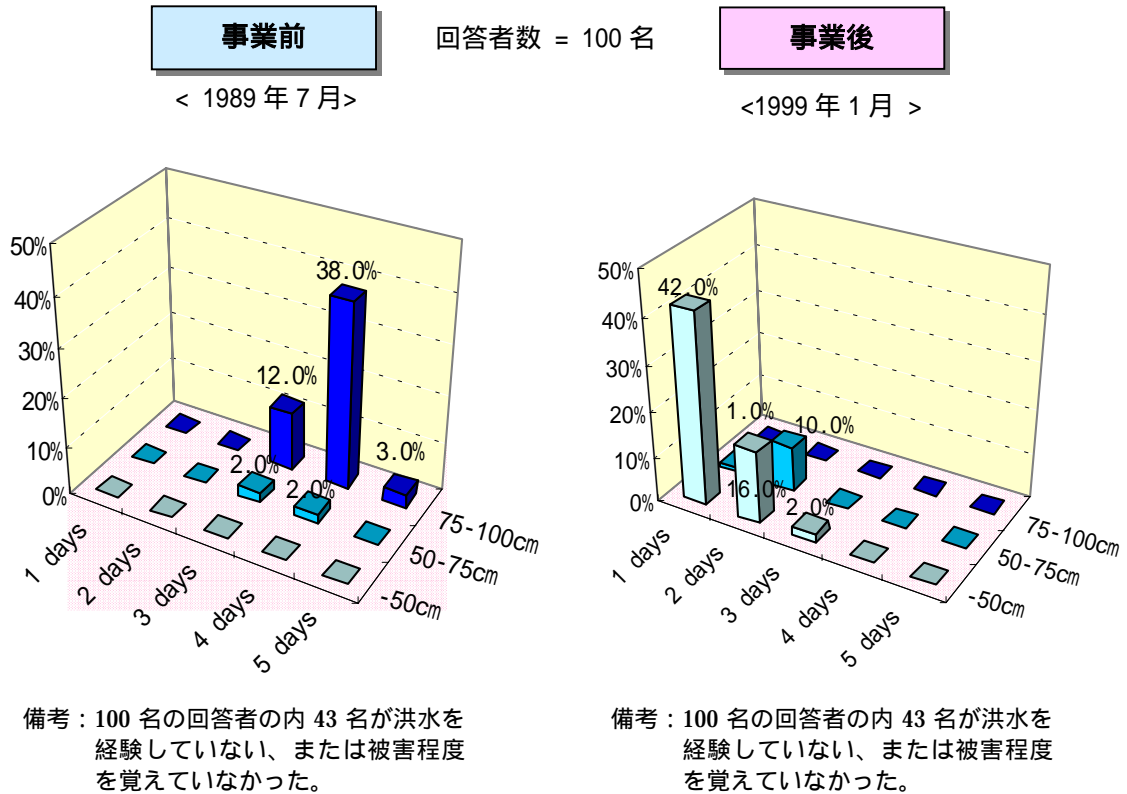


図4：受益者の洪水経験⁷

1989年7月の洪水規模は1,091 m³/秒、洪水面積は10,572 haであったのに対して、1999年1月の洪水規模は1,000 m³/秒⁸、洪水面積は1,368 haであった。これら2つの洪水規模はほぼ同じであるが、洪水面積は事後大幅に縮小している。上記調査結果によると、事業前、地域住民は通常100 cmまでの浸水を3日以上被っていたが、事後、浸水期間は3日以下、浸水の深さは75 cm以下に減少した。これらのデータから、洪水による被害は緩和されたと言えるだろう。

図5に事業前後の洪水被害規模の比較を、図6には本事業により地域の安全性がどの程度向上したか、についての受益者の評価結果を示す。

回答者は総じて事後洪水による被害規模が減少したと回答している。事業実施前は、洪水の危険性から多くの住民が移転を考えていたが、事後、ほとんどの住民が洪水の心配なしで生活を送れるようになったとしている。

⁶ 現地調査期間中に本事業の効果・インパクトを調べるため、受益者を対象に質問票によるインタビュー調査を実施した。インタビュー対象者をマディウン市及びビガウィ市から無作為に100名を選定した。インタビューの主な内容は洪水被害歴及び安全、衛生、社会経済便益に対する評価、本事業のインパクト・間接的効果、その他要望などである。

⁷ 7月はインドネシアでは乾季にあたるが、1989年7月の洪水は公式記録となっている。

⁸ マディウン市PBSの推計に基づく。

上記のような事業前後の比較は受益者の主観的的回答によるものであるが、本事業が安全性の観点から地域住民の生活状況改善に貢献したことを理解するうえで有用である。

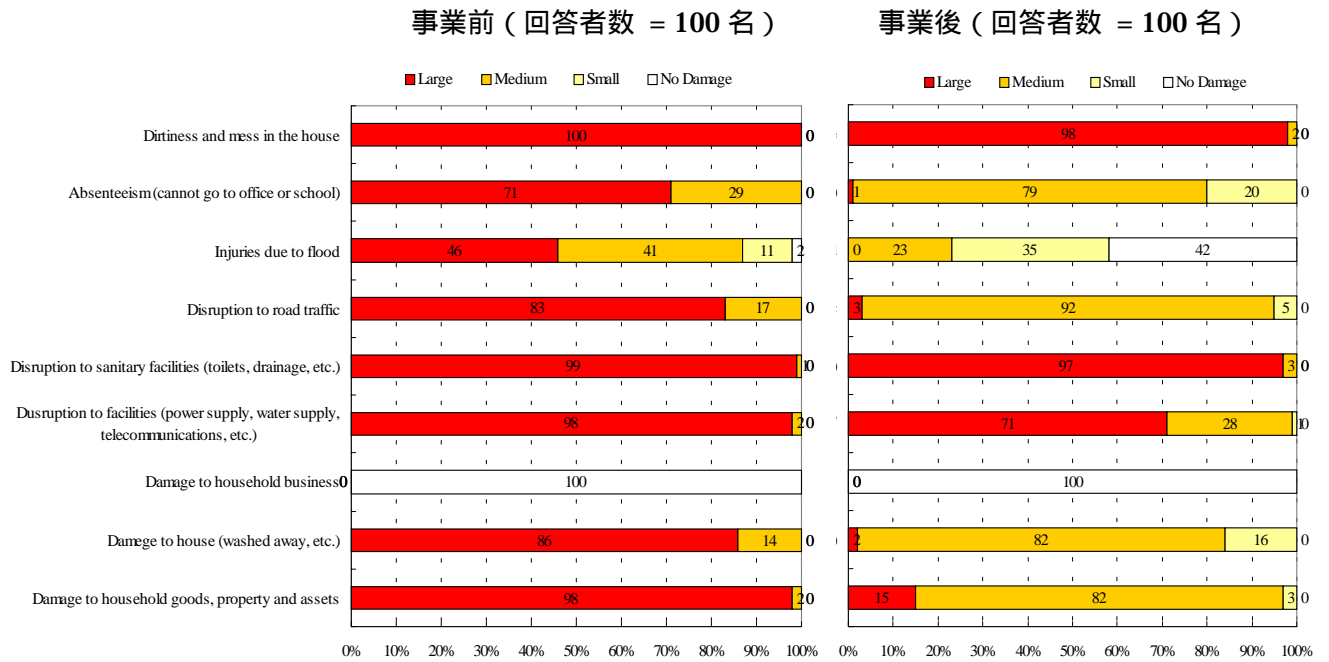


図 5：事業前後における洪水被害規模の比較

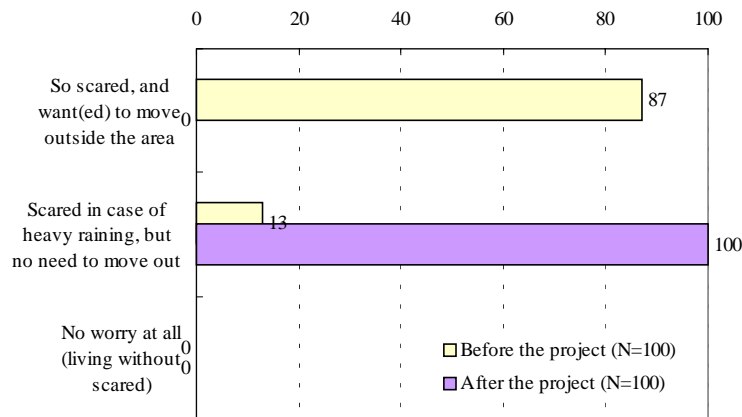


図 6：地域の安全性に対する評価

2.3.3 EIRR の再計算

本事業の EIRR(経済内部収益率) の再計算を審査時と同様の前提で行なった。再計算において、事業便益は予想便益⁹の 90%¹⁰を適用し、費用は実際の配分額を基にした事業費を経済費用換算率で調整したものを適用した。プロジェクト・ライフを 55 年とした EIRR の再計算は 5.1% と算出され、審査時の予測値 6.1% よりも多少低くなっている。この差は、実際の工期が計画より遅延したものの、事業費の実績が計画内に収まったことを反映したものである。便益の達成率は当初計画の 90% と考えられる。

2.4 インパクト

2.4.1 経済へのインパクト

本事業の地域経済への貢献度を定量的に分析するのは困難であるため、受益者を対象としたインタビュー調査結果を用いることにする。インタビュー調査の結果、回答者の 100% が、本事業は地域経済に大きく貢献したと回答した。次に、貢献の種類を尋ねたところ(図 7 参照) 全ての回答者が本事業により雇用の機会が拡充したと回答し、100 名中 94 名の回答者が生活水準は向上したと回答、43 名が土地利用が改善されたと回答した。この結果から、本事業は地域経済に望ましいインパクトをもたらしたと評価できる。

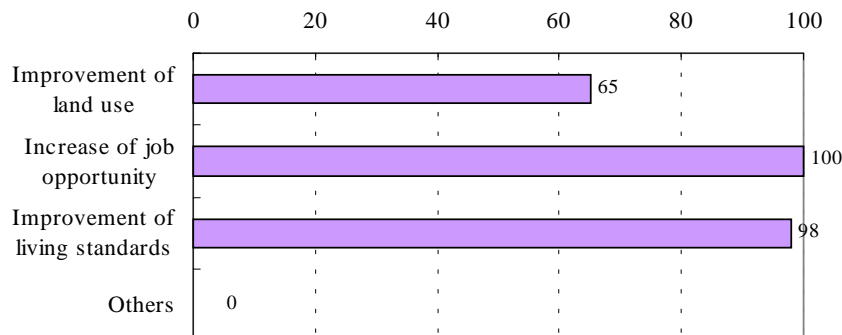


図 7 : 地域経済に対する評価 (回答者 100 名 : 複数回答)

2.4.2 水辺環境へのインパクト

審査時において、本事業により水辺環境を改善し、水系伝染病を減少させることが期待されていたところ、インタビュー調査への回答では、本事業が水辺環境に対して正のインパクトをもたらしたことが報告されている。「あなたの住む地域において水系伝染病の発生は減少しましたか？」という質問に対して、回答者全員が「はい」と回答した。図 8 に示すように、78% の回答者が下痢の感染は減少したと回答し、62% が皮膚病は減少したと回答、52% がデング熱は減少したと回答した。以上の回答結果には、医療保健の改善といったその他の要因も影響していると考えられるが、本事業もこれらの伝染病の減少に貢献したと評価できるであろう。

⁹ 第 1A 工区及び第 2A 工区の追加工事は事業開始後に含まれたものである。これらの追加工事により河床低下の進行を阻止することが期待されていたが、対象地域における便益の増加は期待されていなかった。

¹⁰ 2.3.1 で示した実際の洪水記録を基に便益達成率として設定したものである。

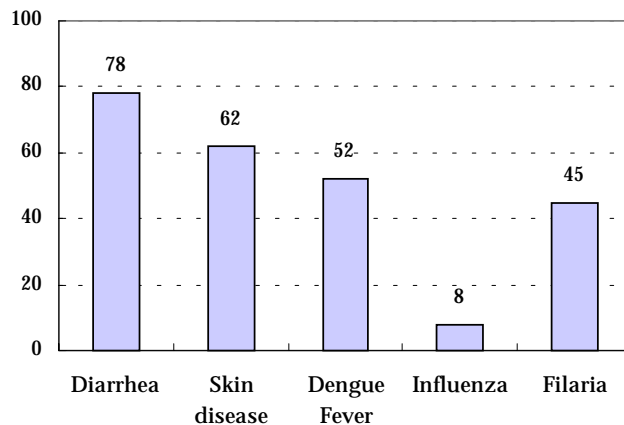


図 8：伝染病の減少（回答者 97 名：複数回答）

2.4.3 社会へのインパクト（土地収用）

パラペットウォール建設のため、およそ 5.5 ha の土地が収用され、その補償として 18,847 百万ルピアが土地収用対象者に支払われた。また、政府は移転の対象となった 114 戸に対して土地を提供した。インタビュー調査では、回答者の 83%（100 名中 83 名）が土地収用の対象となっており、その全員が政府の補償を受け取っている。

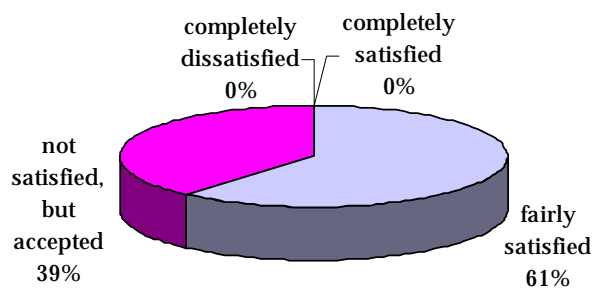


図 9：政府の補償に対する評価（回答者 83 名）

2.5 持続性・自立発展性

2.5.1 運用・維持管理

(1) 運用・維持管理機関

地域住民の利益及び国の繁栄のため、マディウン川を含む河川流域の水資源を最大限に活用することを目的に 1969 年、PBS（ソロ川総合管理事務所）が設立された。現在、本事業により建設・改修された施設は同事務所が運用・維持管理（O&M）している。

2001 年 2 月時点における PBS の組織図を図 10 に示す。計画、実施、運営の各部署にシニア・マネージャーがおり、ソロ市にある水資源保全開発局（PKSA）、マディウン市にある水資源管理・洪水制御局（PSAPB）及び水供給局（PAB）にはそれぞれプロジェクト・マネージャーが配置されている。そのうち、事業施設の O&M は PSAPB によって行なわれている。

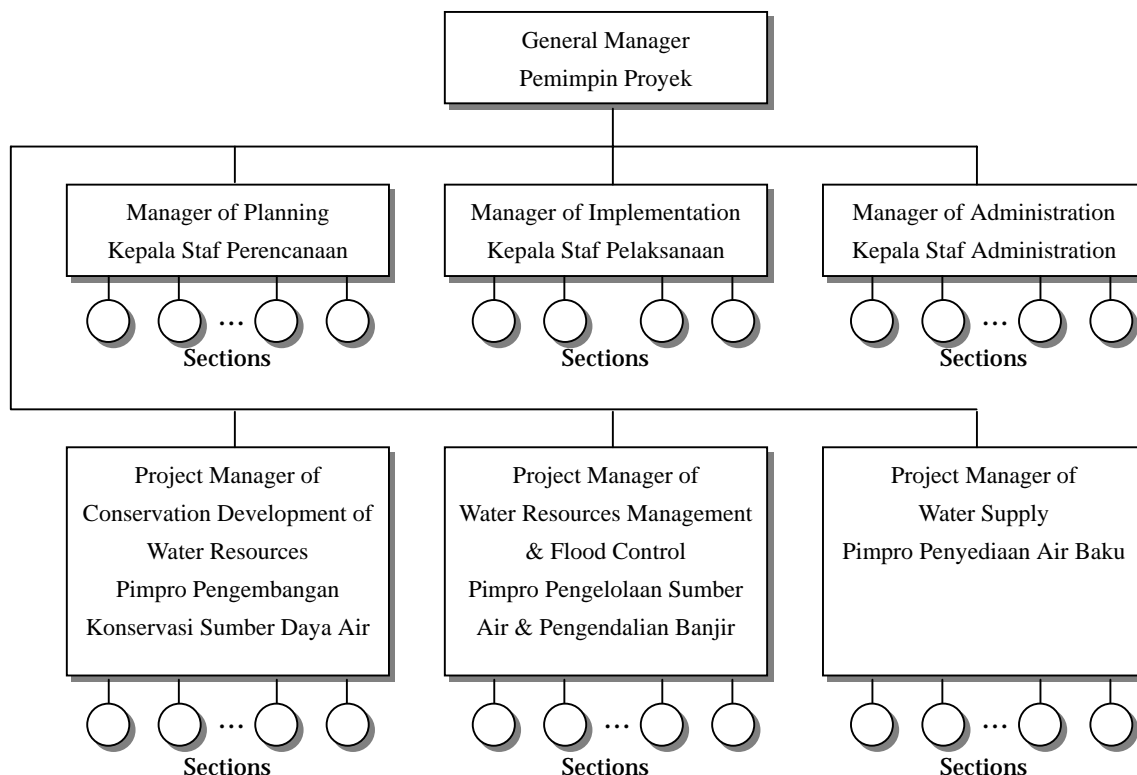


図 10 : PBS の組織図

マディウン川関連施設の運用・維持管理は、新たに設立される予定の PJT-I¹¹の支局に引き継がれることが計画されている。

(2) 施設の現況

本事業により完成した施設の現況について調査するため、2001年7月に事業サイトを訪問した。現地調査では、河床低下が事業地域に様々な問題を引き起こしていることが明らかになった。これらの問題には、深刻な河岸の侵食や既存護岸・床固の不安定な状態などがある。河床低下は次のような要因が結びつき引き起こされたものと考えられる。

1970年代及び80年代にマディウン川上流に建設された砂防ダムの影響による下流への土砂供給の減少。

同河川における活発な砂利採取。

建設された捷水路区画の上流部における河床洗堀。

河床低下により損傷した施設のリハビリは、本来の機能を取り戻すためにも早急に必要である。また河床低下に対処するため、床固及びそれに付随する水受け (drop structure) を建設し、河道の安定を図ることも必要である。更に、ジャティ堰及びコリ堰では、深刻な洗堀により既存の石工護岸が損傷している。下流域の河床施設の安定性を回復するために、損害の出ている護岸の早急な修繕が必要である。

灌漑用水を供給するために建設されたスングル堰にある3ヶ所のゴム樋門の内、1ヶ所が破裂により壊れており、応急的に石工堰が作られた。ジェティ堰にある2ヶ所のゴム樋門の1つが壊れたが、

¹¹ 水資源管理公社である PJT-I はブランタス川流域 (BUMN) における中央政府の O&M 機関として 1990 年に設立された。

灌漑用水の取水機能を確保するための一時的な修繕が施された状態にある。灌漑用水の継続的供給を確保するためにも、ゴム堰の再設置が緊要である。

2001年にJBICにより行なわれたリハビリのためのSAPS調査の結果、緊急にリハビリが必要な場所や施設が確認された(表1参照)。2002年に、表1にある全ての施設に対するリハビリが実施されることになった。

表1：マディウン川におけるリハビリが必要な施設

River	Structure	Necessary rehabilitation works
Madiun mainstream	Ground sill	Repair of ground sills
	Jati weir	Repair of revetment, Re-installation of rubber gate
	River stretches	Repair and construction of revetment
Jerowan river	River stretches	Construction of additional ground sills & drop structure, repair of revetment
Sungkur river	Sungkur weir	Re-installation of a rubber gate
Keyang river	Kori weir	Repair of revetment

出典：リハビリ SAPS 調査

河床低下及び河岸侵食にかかる補助的情報

マディウン川に注ぐ支流の幾つかの地域で深刻な洗堀・浸食や河床低下が発生している。事業スタッフによると、このような状況は事業開始後に発生し、徐々に進行してきたとのことである。このまま適切な処置がなされなければ、洗堀・侵食が進行し、やがて周辺住民の土地や建物にまで被害をもたらすのではないかと懸念されている。周辺住民は地方政府を通じて総合管理事務所に問題解決を依頼しているが、政府の財政難もあり、現在のところ適切な対策がとられていない。

問題河川区間の現況 (ジェロワン川)



2.5.2 技術能力

2000年7月に実施されたCDMP（総合開発マスタープラン）調査時において、PBSには総勢739名の職員が所属しており、そのうちPSAPBに所属する19名の職員が本事業施設の運用・維持管理を担当している。同職員は3ヶ月毎に以下の維持管理活動を行なっている：

- ・ 河道・施設の巡回検査とその報告。
- ・ 資機材の維持管理。
- ・ 既存河道及び新設された捷水路の維持管理、水路における障害物の除去などの活動。
- ・ 堤防、パラペットウォール、護岸、床固、水制工、樋門、水路、道路等の維持管理活動。

PBSの所長によると、職員の技術能力は主に職場での実践とコンサルタントからの技術移転を通して維持・向上しているとのことである。しかしながら、PBSには構造的問題があるようである。CDMP調査において、PBS職員の高齢化が指摘されている。それによると、「年齢41～45歳の職員が全体の36%、46～50歳が38%を占めており、5年以内で17%のPBS職員が定年を迎える。このような状況では、職員の機動性や柔軟性が低下し、人材管理が難しくなる。」と報告されている。これに対応するには、PBSが若い人材を確保し、組織に活力を取りもどす努力を図ることが必要であろう。

2.5.3 財政状況

表2に1996年から2000年の年間維持管理費を示す。経済危機や河川施設の修復にかかった追加費用などの影響から、上記5年間の維持管理費は名目上増加している。

表2：維持管理費の実績（PBS全体）

年	1996	1997	1998	1999	2000
維持管理費の実績 (10 ³ Rp/yr.)	65,124	116,430	362,684	389,513	998,166

出典：PBS

PBSは、年間支出を賄うだけの収入を確保するため、PJT-I管轄下に新しいO&M機関が設立された暁には、PLN（国家電力公社）やPDAM（地域水供給公社）など、主要な河川水利用者に対して、水利料金を課すことを計画している。

2.5.4 事業の持続性・自立発展性

本事業の完成によりマディウン市における慢性的な氾濫・浸水は緩和された。現在もマディウン市の下流域にあたるンガウィ市周辺では洪水の被害が生じているものの、本事業の目的は達成されたと言えるだろう。ソロ川総合管理事務所はマディウン川の洪水制御能力を高めるため、後続案件として第2期・第3期事業の実施を計画しているが、政府の財政難により一向に進展していない。政府の財政難は、本事業により改修・建設された施設の維持管理にも影響を与える可能性が高い。PBSは十分な維持管理費を確保できないため、修繕が必要な施設の維持管理活動が行なえない状況にある。

リハビリ SAPS 調査において確認された深刻な損害のある施設に関しては、適切なりハビリ工事が実施される予定である。しかし、リハビリだけでは本事業の持続性・自立発展性は確保できない。PBSが適切な維持管理活動を行なえるよう、資金源の確保に努める必要がある。

主要計画 / 実績比較

項目	計画	実績
事業範囲		
1. 河川改修工事		
(1) 掘削工事	- 3,900,000 m ³	- 3,943,400 m ³
(2) 築堤工事	- 2,100,000 m ³	- 2,228,700 m ³
(3) 残土処理	- 1,100,000 m ³	- 1,301,600 m ³
(4) 護岸工事		
芝付	- 760,000 m ²	- 838,900 m ²
練石張工	- 38,000 m ²	- 153,500 m ²
根固工	- 310 m	- 0 m
水制工	- 12ヶ所	- 2ヶ所
床固	- 3ヶ所	- 15ヶ所 (その内 11ヶ所は本流)
パラペットウォール	- 1,800 m	- 2,460 m
側溝	- 67,000 m	- 48,700 m
(5) 橋梁・樋門建設工事		
橋梁	- 2ヶ所	- 8ヶ所
樋門	- 1ヶ所	- 9ヶ所
(6) その他改良工事		
橋梁	- 5ヶ所	- 7ヶ所
灌漑水路	- 240 ha (水田)	- 0 ha (水田)
道路	- 0.8 km	- 2.26 km
取水ダム改修	- 0ヶ所	- 8ヶ所
2. コンサルティング・サービス		
(1) 詳細設計のレビュー	- 合計：351 M/M	- 合計：1,242 M/M*
(2) 入札補助	(海外：258 M/M)	(海外：424 M/M)
(3) 施工監理	(国内：113 M/M)	(国内：819 M/M)
事業実施期間		
1. 借款契約調印	1984年11月	1985年3月*
2. コンサルタント選定	1984年11月-1985年11月	1987年1月-1987年3月*
3. コンサルティング・サービス	1985年11月-1990年3月	1987年7月-1995年12月
4. 工事業者の選定	1984年11月-1986年4月	1985年7月-1992年9月
5. 住民補償	1985年6月-1989年9月	1985年7月-1995年5月
6. 主要工事(河川改修)	1986年2月-1990年3月	1988年2月-1995年7月
事業費		
外貨	6,400 百万円	5,936 百万円
内貨	26,200 百万円ルピア	48,705 百万円ルピア
合計	12,609 百万円	10,298 百万円
うち円借款分	6,400 百万円	5,936 百万円
換算レート	1 ルピア=0.237 円 (1984年4月)	1 ルピア=0.080 円

備考：*の実績値は2000年にJBICより派遣された調査団により修正済み。