

インドネシア

ソロ川上流治水事業

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



ソロ川の捷水路及び近隣農民

1.1 背景

ソロ（スラカルタ）市は15世紀以降王宮都市として発展し、審査時の1985年時点で人口48万人を擁する中部ジャワ州東部における政治、経済、文化の中心地となっていた。ソロ川はソロ市東側を北流し、ジャワ海に注いでいる。このソロ川の本流・支流沿いに頻発する洪水の被害を防ぐため、ウオノギリ・ダム建設などの治水事業が進められてきた。

ソロ川はマディウン川合流点を境に上流と下流に二分される。上流部はさらに3つの区間に分けられる。すなわち、水源～ウオノギリ ウオノギリ～ソロ市 ソロ市～ンガウイ市。本事業はこのうち、ウオノギリ～ソロ市区間54.5kmに位置するジュルグ～テムル区間15.3kmの河川を対象に治水事業を実施するものである。

1.2 目的

10年確率洪水対応の制御計画に沿ってソロ川上流を対象に河川改修工事を実施することにより、洪水など河川の氾濫による被害を緩和するもの。

1.3 事業範囲

(1) 河川改修

掘削、築堤、護岸工事、橋梁・ジュルグ橋～ケンバンガン川（テムル）間における捷水路建設。

(2) コンサルティング・サービス

- 入札評価及び契約交渉の支援
- 洪水予警報システムの詳細設計
- 土木施工管理
- 技術移転
- 各種報告書作成

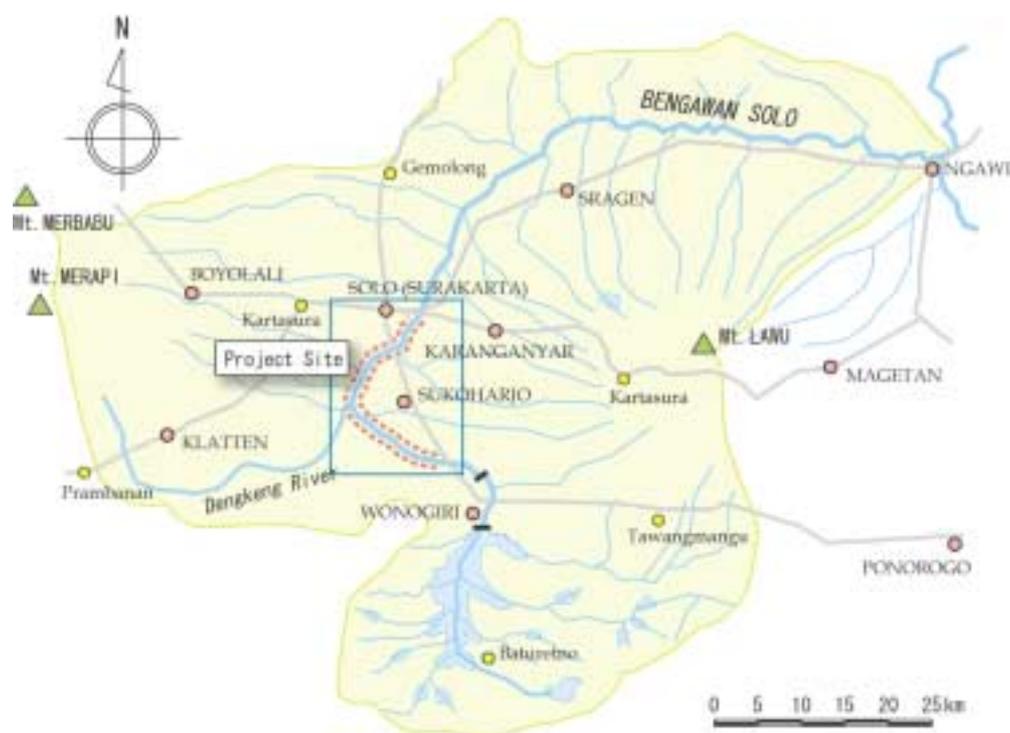


図1：事業サイト地図

* 上図の四角で囲まれている地域の詳細は図2に示す。

1.4 借入人/実施機関

インドネシア共和国政府/ 居住・地域インフラ省水資源総局 (DGWR)

* 事業実施主体は PBS (ソロ川総合管理事務所)

1.5 借款契約概要

円借款承諾額	4,746 百万円
実行額	4,611 百万円
交換公文締結	1985 年 12 月
借款契約調印	1985 年 12 月
借款契約条件	金利 3.5% 返済 30 年 (据置 10 年) 一般アンタイド
貸付完了	1994 年 6 月

2. 評価結果

2.1 計画の妥当性

本事業実施前、ソロ川流域開発基本計画に関連して1981年にウオノギリ・ダム建設が完了した。同年から運用が開始された当該ダムは、放水流量400～4,000m³/秒、60年確率洪水対応の施設能力を有していた。しかし、Nguter～Sragen区間における河道の流下能力が予想洪水流量780～1,850m³/秒(10年確率洪水)及び980～2,440m³/秒(50年確率洪水)に比べ低かったため、洪水による河川の氾濫が特にソロ川上流地域で起こっていた。かかる状況下、河道の流下能力を向上するため、河川改修・管理が必要とされていた。河川改修は審査時において緊要な課題であり、本事業目的は妥当であった。河川改修は地域開発¹の観点から現在も必要とされており、事業目的の妥当性は維持されている。また、本事業対象地域の治水能力を最大限に引き上げるため、事業実施段階で第3、第4、第5工区の実施が追加された。この事業範囲の変更は、事業目的に沿ったものであり妥当であったと評価できる。

完成事業の設計・技術に係る妥当性を評価するには、当該事業関連分野における技術的背景を理解することが不可欠である。審査時において、捷水路建設が洪水被害を緩和するための最適な方法であると考えられていたが、本調査において上記の方法が河床低下や河川構造の変化を引き起こす原因となっていることが確認された。近年では、環境に配慮した河川改修方法が好まれており、以前のような能動的アプローチから受動的アプローチに移行しつつある。これは、河川改修の思想が、自然環境、生態系、景観などに対する配慮を反映して、「河川の形態変化を伴う強制的治水」から「河川の自然の流れを活かし、形態変化を最小限に留めた治水」へと変わってきているということである。かかる状況下、河川改修工法においては、洪水の速やかな放水を目的とした捷水路建設から周辺自然環境へのインパクトを最小限に留めるべく河川本来の流れを保全しつつ流下能力を高める工法に重点が置かれるようになってきている。後者のアプローチは現在、河川エンジニアリング分野の主流となっている。

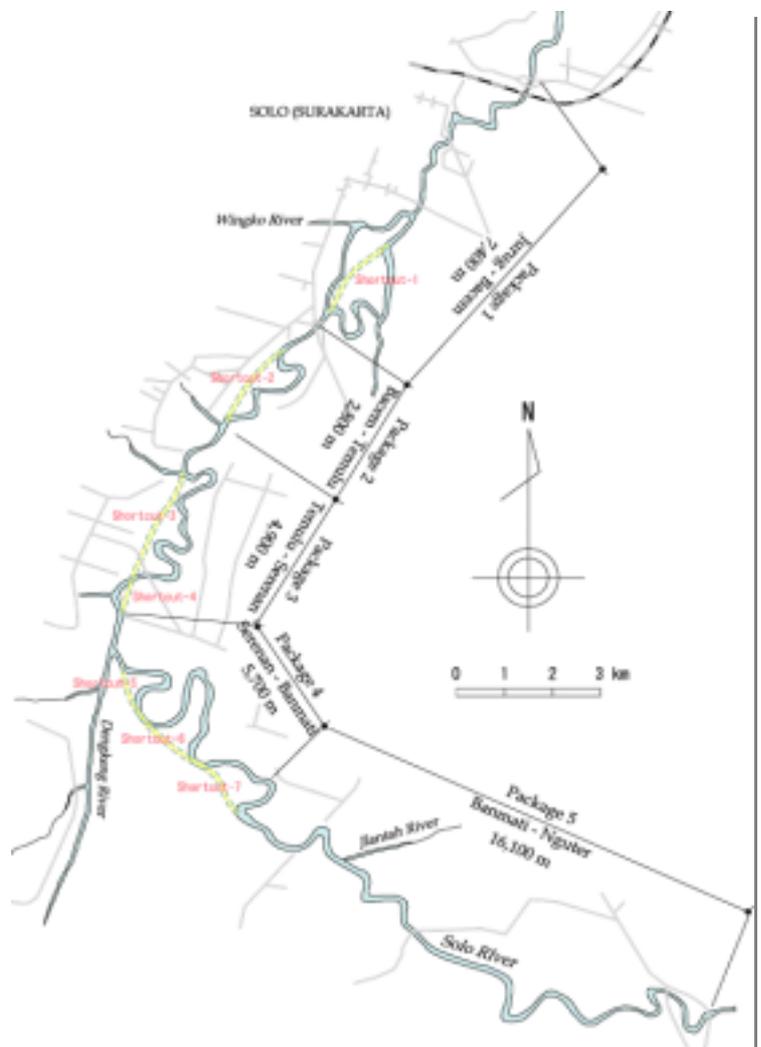


図2：事業サイトの詳細

¹ ソロ川流域を対象としたCDMP(包括的開発マスタープラン)における計画の6つの柱は： 均衡ある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調整である。

2.2 実施の効率性

2.2.1 事業範囲

前述したように、3つの工区が本事業範囲に追加された。図2に示した全ての工区が2.2.3に後述するように計画事業費内で完成している。

2.2.2 工期

本事業は公共事業省水資源開発局(DGWRD)、現在の居住・地域インフラ省水資源総局(DGWR)の地方事務所であるソロ川総合管理事務所(PBS)により実施された。本事業は上記の事業範囲変更により、計画から4年遅れの1994年に完成した。

また、第1工区を担当していた工事業者の企業経営問題が原因で、工事が未完成のまま中止されたため、残りの工事を追加の第1A工区により行なった。工期の遅延には、この一連の事態も影響している。

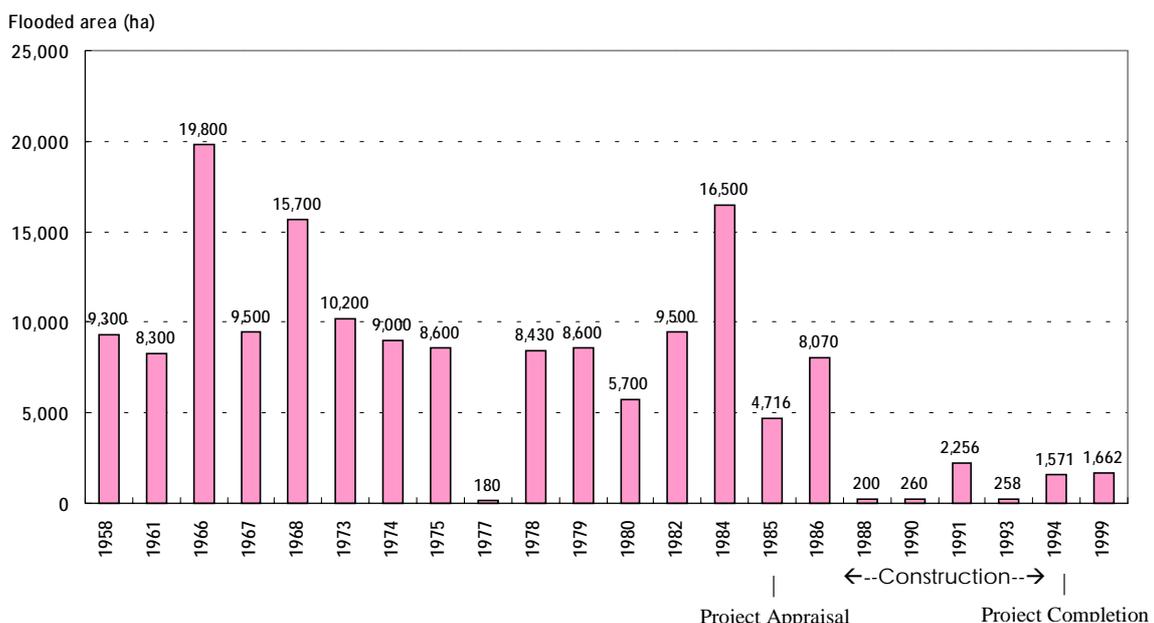
2.2.3 事業費

当初計画されていた2つの工区に係る事業費が確保された後、1988年から90年にかけての大幅な円高が原因で円借款資金に余剰額が生じた。その結果、本事業範囲が変更されることとなった。

2.3 効果(目的達成度)

2.3.1 定量的評価 ---洪水被害の緩和---

図3に本事業対象地域(ソロ市中心部を含む45,000ha)の洪水記録²データを示す。同図に見られるように、事業完成後、洪水面積は減少している。評価時において降雨量のデータは入手されなかったものの、本事業は洪水被害の緩和に大きく貢献したと評価できるだろう。



² データは洪水の発生した代表的な年を示している。

図3：洪水記録データ

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³---

本事業の効果を異なる側面から捉えるため、受益者に対するインタビュー調査を実施した。図4にインタビュー調査結果から得られた受益者の事前・事後における洪水経験を示す。ソロ川総合管理事務所によると、1975年に発生した洪水の規模は2～5年確率洪水（最大洪水流量 1,000m³/秒）と考えられ、1999年に発生したものは、10年確率洪水（最大洪水流量 > 1,500m³/秒）であると推計されている。

下図の立体グラフにおける、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。

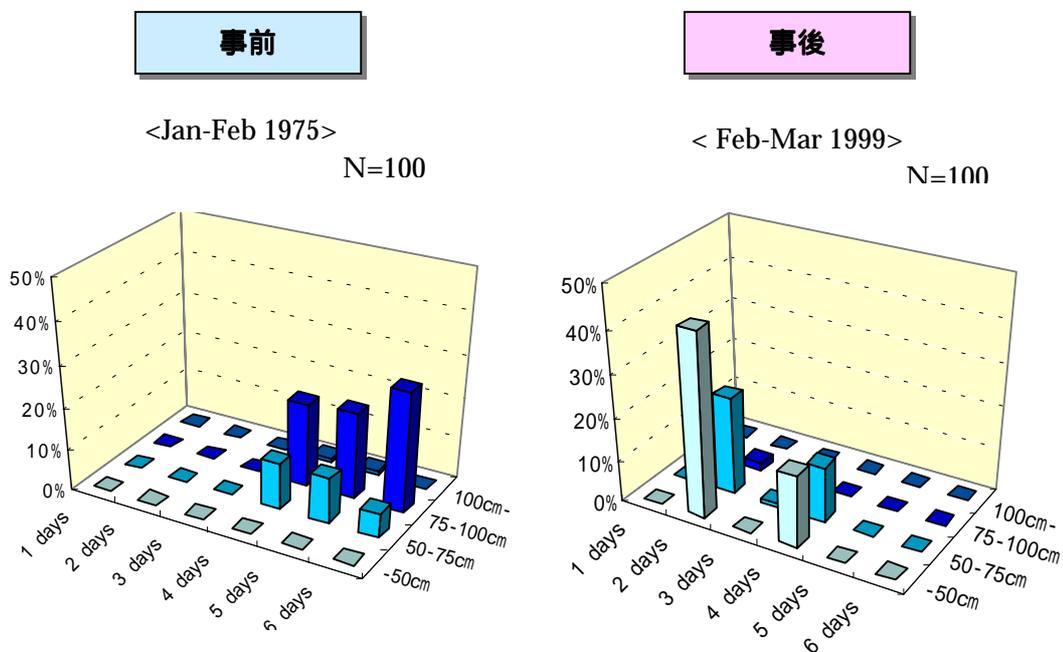


図4：受益者の洪水経験

事業実施前、受益者の多くが4～6日間にわたる深さ50cm以上の浸水被害を受けていたが、事後、浸水期間は4日以下、浸水の深さは75cm以下に緩和されたと答えている。1999年に起きた洪水被害は、主に不十分な都市排水施設が原因であった。1999年に発生した洪水の規模は1975年のものよりも大きかったにもかかわらず、洪水による被害は浸水の深さ、期間とも緩和されていると言えるだろう。

図5には、事業前後の洪水被害の程度の比較を、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。図5では、洪水被害規模は全般的に緩和されたことが分かる。また、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

³ 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。また、受益者100名を本事業対象地域（1998年におけるソロ市の人口は約59万人）から無作為に選定した。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。

多く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回答している。以上のような事業前後の比較は受益者の主観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改善に貢献したことを理解するのに有用である。

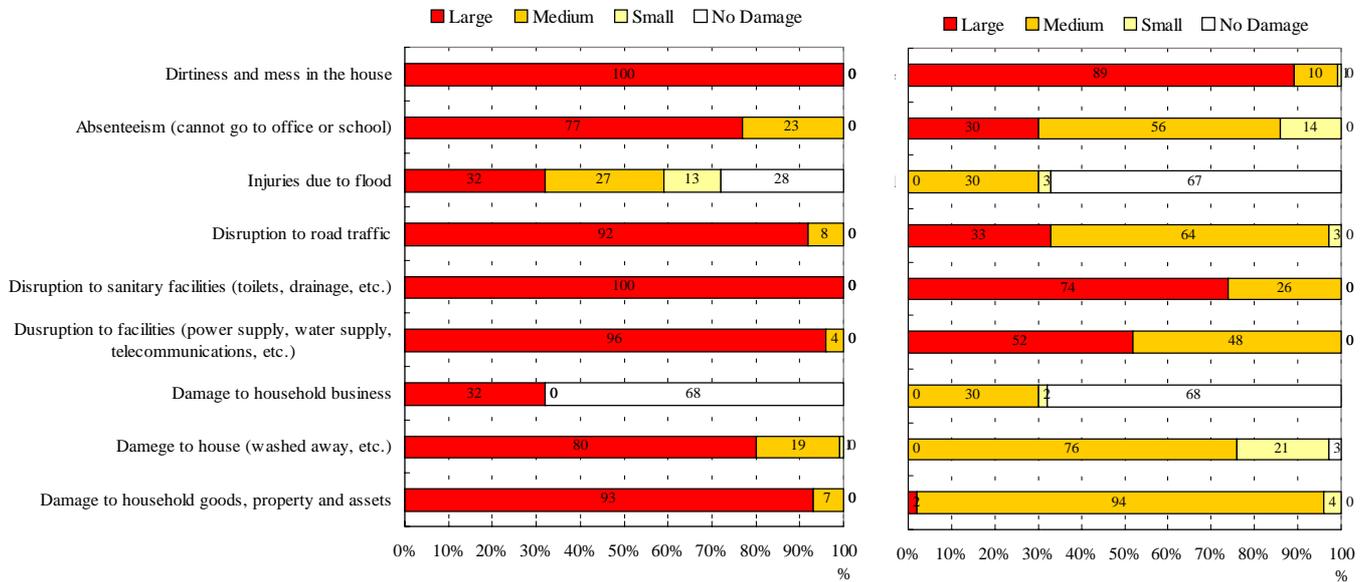


図 5：事業前後における洪水被害の程度比較

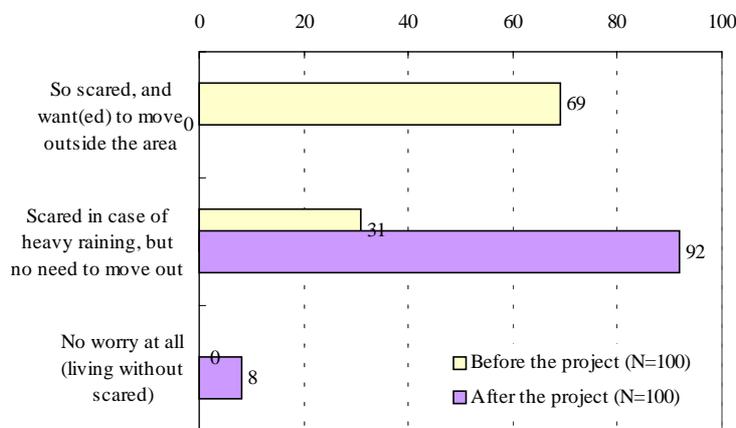


図 6：地域の安全性に対する評価

2.3.3 EIRR の再計算

本事業（第 1 工区～第 5 工区）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。すなわち、費用は実際の配分額を基にした事業費を適用し、その計算には経済費用換算率を用いた。審査時の予測値 7.8% に対して、プロジェクト・ライフを 50 年とした EIRR の再計算は 13.9% と算出された。この差は主に、事業実施段階で生じた事業費のコストアンダーラン（事業費の実績は計画値の約 70%）が原因である。特に大幅な円高により、5 つの工区が 2 つの工区（第 1・第 2 工区）を対象に見積もられた当初予算内に収まったことによる。

2.4 インパクト

2.4.1 環境へのインパクト

BOD（生物化学的酸素要求量）の季節毎の変化と Becam にて計測されたソロ川の水質を示したサンプルデータによると、第1工区～第2工区間におけるソロ川の水質はそのBOD含有量から、「比較的良好」と評価される。同区間の河川におけるBOD含有量は、年間を通じて最大で10mg/l⁴で、これは水質基準である10mg/l⁴のBOD含有量よりも平均して低い数値であることを示している。本事業による河川の水質に対する直接的インパクトはないものの、インタビュー調査結果に基づく受益者の評価から、事後、水質がある程度改善したことが分かる。一方で、受益者の大半が水質はまだ十分でないと感じていることも分かった。本事業実施後の環境に対する悪影響は確認されていない。

2.4.2 経済へのインパクト

インタビュー調査結果により本事業の地域経済への貢献度を把握を試みる。「本事業は地域経済の活性化に貢献しましたか？」という質問に対して、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、複数回答式で貢献の種類を尋ねた。その回答結果を図7に示す。99名中98名の回答者が「雇用機会が拡充した」と回答し、94名が「生活水準が向上した」と回答、また43名が「土地利用が改善された」と回答した。こららの結果から、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。

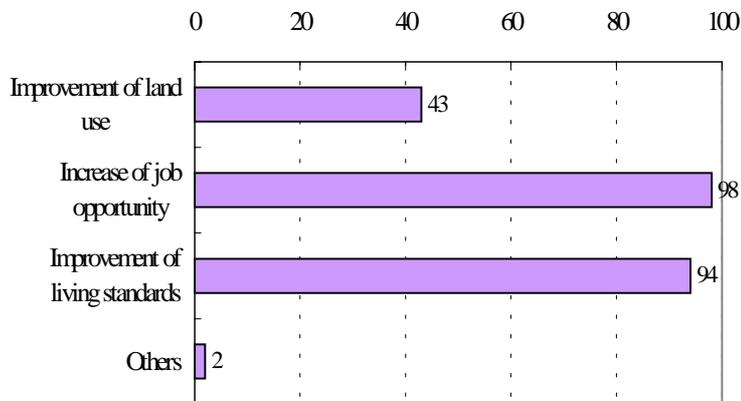


図7：地域経済に対する評価（回答者99名：複数回答）

2.4.3 社会へのインパクト ---土地収用---

事業実施中、捷水路沿いの幾つかの地域が土地収用の対象となった。捷水路建設用地に住んでいたほとんどの住民が、地方政府下に設置された土地収用委員会との協議の末、ソロ川流域の他の土地に移転した⁴。事業担当職員によると、移転対象となった住民は当初、政府の補償額（土地価格）に満足していなかったが、最終的には合意に至ったとのことである。受益者意識調査では、回答者の70%が土地収用の対象となっていたが、その全ての回答者が政府の提示した補償額に応じている。

⁴ PBSによると、土地収用に伴い約4,800世帯が移転の対象となった。

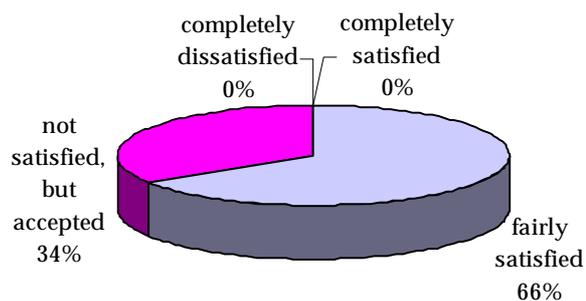


図9：政府の補償に対する評価（回答者70名）

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

1969年、地域住民及び国家利益のため、河川流域の水資源を最大限に活用することを目的にPBS（ソロ川総合管理事務所）が設立された。現在まで、本事業により建設・改修された施設の運用・維持管理（O&M）は同事務所が実施している。

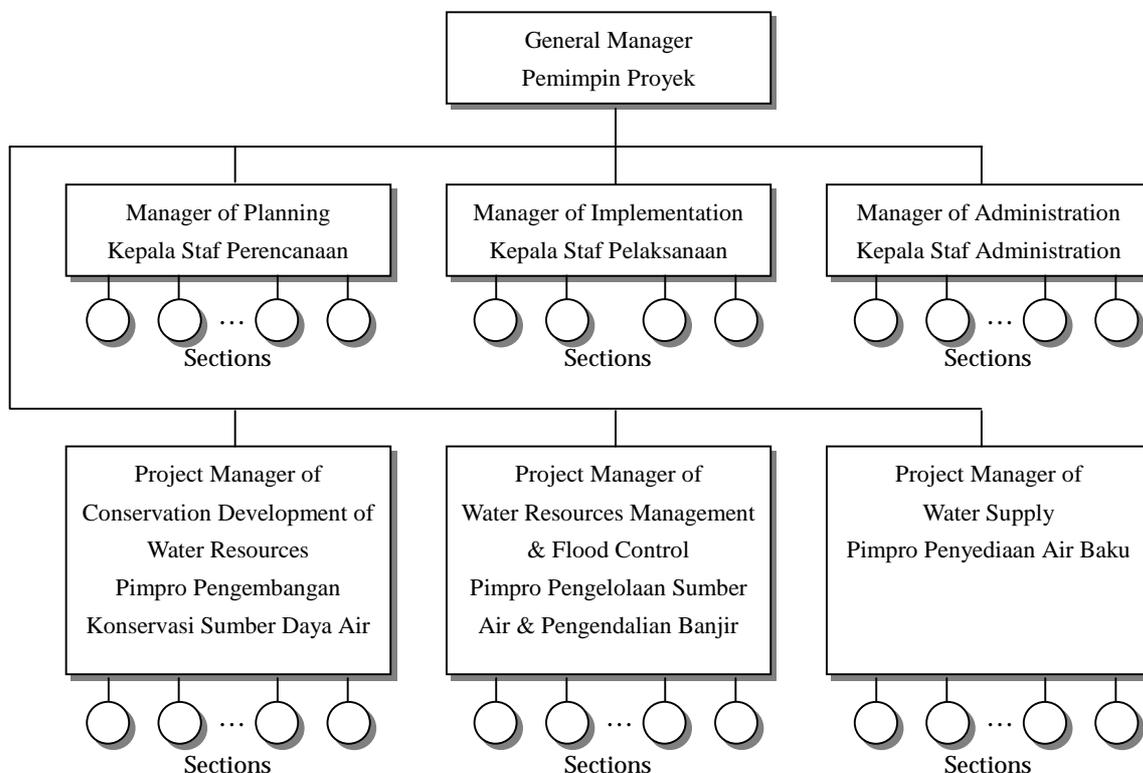


図9：PBSの組織図

2001年2月時点におけるPBSの組織図を図9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。

現下、ソロ川河川施設のO&Mを担当する新しい組織の設立が提案されている。当該新組織はPJT-I⁵の支局として設置される予定であり、当組織立ち上げの第1段階において、ソロ川本流を含む25の河川のO&Mを担当し、第2段階には37の河川にまで拡張するものと見込まれている。

(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。

河川の形態変化と、完成した治水施設の影響により、ソロ川の河川特性に変化が見られる。ソロ川上流及びデンケン川において現在のところ見られる顕著な変化は河床低下である。この河床低下により、河岸の侵食を含む様々な問題が引き起こされており、護岸、橋脚、床固などの既存施設の状態を不安定にしている。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。

スラカルタ～バンマティ間に捷水路が建設され、河道の傾斜が増加した。一般的に、捷水路は上流域における河床洗堀を加速させる。

メラピ山の火山活動の減少と砂防ダムの設置により、デンケン川からソロ川に流れる土砂供給量が減少した。さらに、デンケン川沿いで行なわれている砂利採取により土砂供給量が減少している。

1980年に建設されたウオノギリ多目的ダムにより、土砂が上流でせき止められている。

デンケン川に関する補助的情報

デンケン川上流において、深刻な洗堀・浸食が見受けられる。事業職員によると、このような状況は事業開始後から発生し、徐々に進行してきている。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、やがて堤防や管理用道路(写真の左側)を越え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。現在、周辺住民はスコハルジョ地区の地方政府を通じてソロ川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、適切な対策がとられていないのが現状である。

問題のある河川区間の現況

...河川は左から右へ向かって流れている。管理道路の後背地(写真左)に水田が広がっている...



2.5.2 技術能力

⁵ PJT-I(水資源管理公社)はプランタス川流域を対象としたO&M機関として1990年に設立された。

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30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訓練、事業実施の実践及び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には構造上の問題があり、それが徐々にではあるが、確実に事務所の能力に影響を及ぼしているようである。最も顕著な傾向がPBS職員の高齢化である。CDMP調査によると、「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。

このような状況に対応するには、PBSが若い人材を確保し、組織に活力・運用能力を取り戻すような努力を図ることが必要であろう。

2.5.3 財政状況

表1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。PBSの所長によると、例外的な出費により、支出が政府からの予算を超過したとのことである。

表1：維持管理費の実績（PBS全体）

Year	1996	1997	1998	1999	2000
Actual O&M Expense (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

既存施設は効果的に治水機能を果たしていると考えられるものの、関連河川構造物（護岸、橋梁、道路など）や周辺環境のさらなる劣化を防ぐためには、損傷を受けている施設の早急なりハビリが必要である。また、河道を安定させるため、水受け（drop structure）や床固の建設も必要であろう。

2000年に行なわれたSAPS調査（援助効果促進調査）において、緊急にリハビリが必要な場所や施設が確認された。また、今回視察した全てのサイトで河床低下、土砂供給の減少、砂利採取が確認されている。

表 2：ソロ川上流においてリハビリが必要なサイト

River	Structure	Necessary rehabilitation works
Solo mainstream (near Lawu village)	Ground sill	Construction of additional ground sills, drop structures and revetments
Wingko river	Sluiceway WKA-1	Repair of revetment and outlet
Jlantah river	River stretches	Construction of additional ground sills & drop structures
Dengkeng river	Jarum bridge River Stretches	Repair of revetment Repair and construction of revetment, construction of additional ground sills & drop structures, repair of bridge foundation protections

出典：援助効果促進調査（SAPS）

上記調査と同様、インタビュー調査においても、更なる施設改修の必要性が受益者により指摘されている。図 10 が示すように、受益者の主な懸念は「ゴミの除去(98%)」及び「治水容量の改善(97%)」であった。

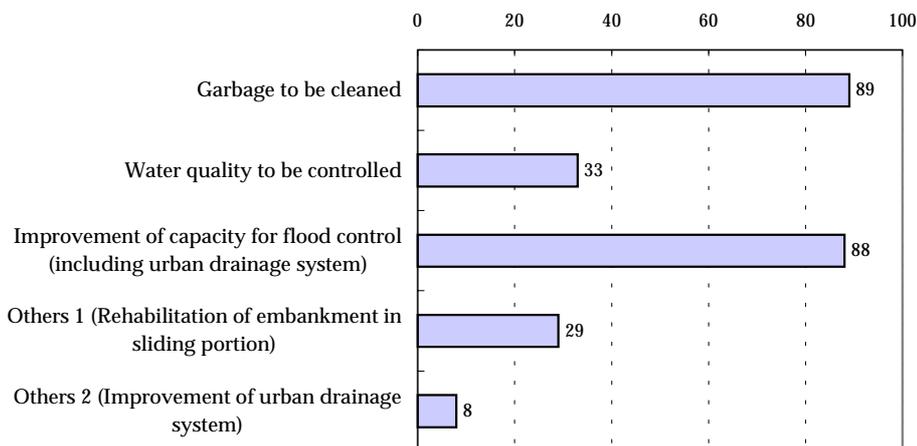


図 10：今後の本事業に対する要望（回答者 91 名：複数回答）

このような現在の施設状況を改善すべく、日本の円借款事業である「リハビリ・維持管理改善事業（水資源セクター）⁶」において上記リストにある施設のリハビリ及び O&M の改善が実施される予定である。ただし、施設のリハビリは確かに必要であるが、リハビリのみでは本事業の持続性・自立発展性は確保できない。適切な維持管理活動を行なうには、O&M 機関の財政能力の強化が必要である。PJT-I 管轄下に設置される予定の O&M 機関は、安定した財政状態の下、O&M 活動を行なうことが期待されている。

⁶ 同円借款事業の借款契約調印（L/A）は 2002 年 10 月 10 日に実施された。

主要計画 / 実績比較

項目	計画	実績
事業範囲		
1. 事業対象地域	- 中央ジャワ州スラカルタ市内及び周辺地域のソロ川	- スラカルタ市から Sukoharjo、Klaten、ウオノギリ特別区までのソロ川
2. 河川改修		
(1) 改修対象区域	- ジュルグ～テムル間 15.3 km の河川区間 ・ジュルグ– Bacem : 11.1 km (改修 : 7.4 km) ・Bacem – テムル : 4.2 km ... (改修 : 2.8 km)	- ジュルグ～Nguter 間 55 km の河川区間 ・ジュルグ– Bacem : 11.1 km (計画どおり) ・Bacem – Nguter : 43.9 km (改修 : 29.5 km)
(2) 改修方法	- 掘削、築堤、捷水路	- 掘削、築堤、捷水路、浚渫、築橋
(3) 設計洪水流量	- ジュルグ : 1,550 m ³ /秒 - Wingko : 1,550 m ³ /秒 - Samin : 1,450 m ³ /秒 - Kembangan : 1,400 m ³ /秒	- ジュルグ : 計画どおり - Wingko : 計画どおり - Samin : 計画どおり - Kembangan : 1,400 m ³ /秒 - Brambang : 1,330 m ³ /秒 - Pusur : 1,240 m ³ /秒 - Dengkeng : 840 m ³ /秒 - Jlantani : 780 m ³ /秒 - Walikan : 400 m ³ /秒 - ウオノギリ・ダム : 400 m ³ /秒
(4) 設計河床傾斜	- 1/1,807	- 計画どおり
(5) 設計高水位	- ジュルグ橋 : 86.33 m - Mojo 橋 : 87.34 m - Becam 橋 : 89.08 m	- 計画どおり - 計画どおり - 計画どおり - 計画どおり
(6) 主要工事		
- 掘削	- 1,765,000 m ³ (第1・第2工区)	- 2,698,630 m ³ (第1・第2工区) - 5,588,883 m ³ (第3・4・5工区)
- 築堤	- 845,000 m ³ (第1・第2工区)	- 捷水路総延長 : 13km - 1,200,161 m ³ (第1・第2工区) - 1,506,713 m ³ (第3・4・5工区)
- 護岸	- 47,800 m ² (第1・第2工区)	- 36km - 3,530 m ² (第1・第2工区) - 34,735 m ³ (第3・4・5工区)
- 水制工	- 67 カ所	- 9km
- 樋門	- 14 カ所	- 28 カ所
3. コンサルティング・サービス		- 43 カ所
(1) TOR	- 入札・契約交渉補助 - 洪水予警報装置の詳細設計 - 施工監理 - 技術移転 - 報告書作成	- 計画どおり
(2) 報告書作成	- 洪水予警報装置の詳細設計 ・進捗報告書 (毎月) ・中間報告書 ・設計報告書	- 計画どおり

<p>(3) 人員計画</p> <p>- 施工管理</p>	<p>- 施工監理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・進捗報告書（毎月） ・年間報告書 ・技術指導書 ・完成報告書及び設計図 ・O&M マニュアル <p>海外：180.5 M/M 国内：126 M/M 合計：306.5 M/M</p> <p>海外：127,5 M/M 国内：108 M/M 合計：235.5 M/M</p>	<p>海外：327 M/M 国内：496 M/M 合計：823 M/M</p> <p>海外：232 M/M 国内：464 M/M 合計：696 M/M</p>
<p>事業実施期間</p> <p>1. 借款契約調印 2. コンサルタント選定 3. コンサルティング・サービス 4. 施工業者の選定</p> <p>5. 土木工事</p> <p>6. (完成)</p>	<p>1985年12月 1985年11月 - 1986年11月 1986年11月 - 1990年7月 第1工区： 1986年11月 - 1987年11月 第2工区： 1986年11月 - 1987年11月</p> <p>第1工区： 1987年11月 - 1990年7月 第2工区： 1987年11月 - 1990年7月</p> <p>1990年7月</p>	<p>1985年12月 1985年11月 - 1986年 1985年11月 - 1995年 第1工区： 1987年7月 - 1988年3月 第2工区： 1987年7月 - 1988年3月 第3工区： 1989年10月 - 1990年9月 第4工区： 1989年10月 - 1990年9月 第5工区： 1989年10月 - 1990年9月 第1A工区： 1991年4月 - 1991年10月</p> <p>第1工区： 1988年3月 - 1991年3月 第2工区： 1988年8月 - 1991年6月 第3工区： 1990年10月 - 1993年9月 第4工区： 1990年10月 - 1993年9月 第5工区： 1990年10月 - 1994年6月 第1A工区： 1990年10月 - 1994年6月</p> <p>1994年6月</p>
<p>事業費</p> <p>外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート</p>	<p>3,533 百万円 4,838 百万円 (20,855 百万円ルピア) 8,371 百万円 4,746 百万円 1 ルピア=0.232 円 (1985年4月)</p>	<p>3,403 百万円 2,636 百万円 (33,267 百万円ルピア) 6,039 百万円 4,611 百万円</p>