

2017 年度案件別外部事後評価：
パッケージ I-3 (インドネシア)

平成 30 年 8 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先
オクタヴィアジャパン株式会社

評価
JR
18-07

本評価結果の位置づけ

本報告書は、より客観性のある立場で評価を実施するために、外部評価者に委託した結果を取り纏めたものです。本報告書に示されているさまざまな見解・提言等は必ずしも国際協力機構の統一的な公式見解ではありません。

また、本報告書を国際協力機構のウェブサイトに掲載するにあたり、体裁面の微修正等を行うことがあります。

なお、外部評価者とJICAあるいは相手国政府側の事業実施主体等の見解が異なる部分に関しては、JICAあるいは相手国政府側の事業実施主体等のコメントとして評価結果の最後に記載することがあります。

本報告書に記載されている内容は、国際協力機構の許可なく、転載できません。

0. 要旨

本事業は、ジャワ島の洪水常襲地域であるソロ川下流域において、洪水被害の軽減、周辺地域の農業生産性の向上及び経済活性化に資するため、河川改修工事を行った。本事業は、「国家中期開発計画」及び「戦略計画」等を通じた災害被害リスクや洪水被害軽減に必要なインフラ施設の整備方針に合致し、ソロ川下流域における堰・ダム建設による洪水制御、堤防の整備・改修にかかる開発ニーズ、また、日本の援助政策との整合性が確認されることから、妥当性は高い。効率性に関して、アウトプットはおおむね計画どおりに実施されたものの、コンサルティング・サービスや管理費の増加、貸付完了以降（2004年以降）も用地取得費や工事費が発生しており、事業費は当初計画を超過した。事業期間は、事後評価時においても実施機関による用地取得が未完了のため、効率性は低い。定量的効果に関して、事後評価時の流下能力は目標値以上であり、ババット堰で観測されている水位は同地点の堤防天端高以下であり、本川堤防から氾濫による洪水被害は発生していない。また、住民・農民へのインタビュー、及び経済・農業生産統計データに基づく地元経済の活性化を下支えしていると考えられる。したがって、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理業務を担っている組織・部署の体制面・技術面・財務面に特に懸念はない。したがって、本事業の実施によって発現した持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



ソロ川とババット堰

1. 1 事業の背景

ジャワ島最大の河川規模であるソロ川は、流域面積約 16,000km²、流路延長約 600km を誇る。本事業開始前、ソロ川下流域では人口の増加に伴い流域の開発が進行していたが、毎年のように洪水が発生していた。都市化による経済的資産の集積に伴い洪水被害も深刻化し、人的・経済的損害は無視できないものであった。このため、ソロ川下流域において河川改修工事を行い周辺地域の洪水被害を軽減することは喫緊の課題であった。

1. 2 事業概要

ジャワ島の常襲氾濫地域であるソロ川下流域において、10 年確率の洪水に対応する河川改修工事（河口～ババット堰間の護岸工事等）を行い、洪水被害の軽減を図り、もって周辺地域の農業生産性の向上及び経済活性化に寄与する。

円借款承諾額/実行額	10,796 百万円 / 10,781 百万円
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 2.1-2.3% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 調達条件 複合タイド
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 (Directorate General of Water Resources, Ministry of Public Works and Housing; 以下「DGWR」という)
事業完成	2018 年 2 月 (未完成)
本体契約	・ PT. Adhi Karya (インドネシア)、PT. Teguh Raksa Jaya (インドネシア)
コンサルタント契約	・ PT. Indah Karya (インドネシア) / PT. Wiratman & Associates (インドネシア) / PT. Bina Karya (インドネシア) / PT. Barunadri Engineering Consultant (インドネシア) / 日本工営株式会社 (日本) (JV)
関連調査 (フィージビリティ・スタディ: F/S) 等	マスタープラン: 海外技術協力事業団 (OTCA)、(ソロ川水資源総合開発計画書、1974 年 4 月)
関連事業	(技術協力) ・ 河川流域機関実践的水資源管理能力向上プロジェクト・フェーズ 1 (2008 年～2011 年)、フェーズ 2 (2014 年～2018 年) (円借款) ・ 「ウォノギリ多目的ダム建設事業」 (借款契約調印は 1977 年 8 月) ・ 「マディウン川緊急治水事業」 (借款契約調印は 1985 年 2 月) ・ 「ソロ川上流域河川改修事業」 (借款契約調印は 1985 年 12 月)

	<ul style="list-style-type: none"> ・「ソロ川下流域河川改修事業（2）」 （借款契約調印は2005年3月） ・「ウォノギリ多目的ダム・貯水池堆砂対策事業（I）（II）」 （借款契約調印：第1期2009年3月、第2期2014年2月）
--	--

2. 調査の概要

2. 1 外部評価者

稲澤 健一（オクタヴィアジャパン株式会社）

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：2017年7月～2018年8月

現地調査：2017年10月16日～27日、2018年2月16日～25日

2. 3 評価の制約

本評価に際して、本事業完成（2004年）以降、定量的効果（河川流量・洪水確率）に関する実施機関のモニタリングが十分でなく、十分なデータが入手できなかった。関係者へのインタビュー等に依拠せざるを得ない面が多かった。

また、実施機関側は事後評価時までにソロ川全体の治水安全度を高めるために他流域で堰や堤防を自己資金にて実施していることに加え、本事業の後続である「ソロ川下流域河川改修事業（2）」も実施されている。かかる状況を踏まえ、ソロ川下流域（本事業対象地域）における定量的効果の判断を行っており、本事業に特化した効果やインパクトを断定することは困難である。

加えて、本事業は用地取得が一部エリアにおいて未了であるため、定義上、本事業は未完成であるものの、一定の効果発現が見られることから、効果発現状況の見通しや傾向を分析し、評価判断を行っている。

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

審査時、インドネシア政府は国家中期開発計画である「第6次五カ年計画」（REPELITA VI、1994－1999年度）を作成した。その中で、人口、資産の集積した都市域、灌漑施設が整備

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」

された農業地域における洪水制御事業を重要視していた。ソロ川周辺地域の洪水被害軽減を図ることを目的とした本事業は当該開発計画と合致していた。

事後評価時、インドネシア政府は「国家中期開発計画」(RJPMN、2015-2019年度)を策定し、国内の経済的自立の実現のために7つの優先事項(①食糧自給の向上、②水資源の確保・向上、③エネルギー自給の向上、④自然資源の保全及び環境・災害管理、⑤航海・海洋経済の発展、⑥金融セクターの強化、⑦国家財政能力の強化)を定めている。その中で、④自然資源の保全及び環境・災害管理については、洪水制御、火山性堆積物・溶岩、沿岸の防護等を通じて、洪水被害を受けやすい地域を減らすこと等が提唱されている。また、DGWRは「戦略計画」(RENSTRA、2015-2019年度)を定め、水資源管理の方策のひとつとして、洪水被害地域の管理を通じて、気候変動を含む災害被害リスクの軽減を、沿岸部及び河川護岸壁の改修や保護を行い、必要なインフラ施設の整備を企図している。

以上より、審査時・事後評価時を通じて、インドネシア政府は洪水制御分野及び災害対策の重要性を引き続き重要視している。また、審査時の「第6次五カ年計画」(REPELITA VI)での洪水制御事業の重要性との整合性は引き続き確認される。したがって、事業開始前・事後評価時ともに国家計画、セクター計画等それぞれにおいて政策・施策との整合性が認められる。

3. 1. 2 開発ニーズとの整合性

審査時、ソロ川周辺地域周辺では毎年のように洪水被害が発生していた。特に雨季には大規模な洪水が発生し、多くの死傷者、被災者、被災家屋が生じていた。1993年3月に発生した洪水では、64,000haが浸水し、死傷者24名、被災者約30万人、被災家屋は約6万戸に至り、周辺地域の農業・経済への被害も大きかった。常襲氾濫地域を洪水被害から守り、人的被害や農産物を中心とする経済活動への被害を軽減することは喫緊の課題であった。

事後評価時、本事業で整備された堤防から氾濫による周辺地域への洪水被害は生じていない。その一方、本事業で整備されたババット堰の北側に位置するジャブン調整池³が完成していないため、周辺農地では雨季に冠水があることに加え、ソロ川本川につながる支川や沼地周辺では洪水被害が生じている。そのため、本事業施設の運営・維持管理を担っているDGWR傘下のソロ川流域事務所(Balai Besar Wilayah Sungai, Bengawan Solo; BBWS(以下、「BBWS」という))は、引き続き河川改修や洪水制御の徹底に努め、全流域において洪水制御施設整備(堰・ダム建設、堤防の整備・改修等)を進めている。

以上より、審査時・事後評価時を通じてソロ川流域における洪水制御施設整備のニーズは

³ 本事業の後続であるフェーズ2事業で整備中。

高いといえる。したがって、審査時・事後評価時ともに開発ニーズとの整合性が認められる。

3. 1. 3 日本の援助政策との整合性

本邦外務省は1994年2月に「対インドネシア国別援助計画」を作成し、その中で1) 公平性を確保した国全体の均衡ある開発、2) 競争力確保の観点からの教育水準の向上・広範な分野の人造り、3) 急速な開発に伴い生じてきた環境問題への対応、4) 健全なマクロ経済運営と裾野の広い経済発展のための産業構造の再編成、5) 投資の継続的な導入のための産業基盤の整備、の5つの項目を重点分野とした。

本事業は、ソロ川下流域周辺において河川改修工事を通じて洪水被害の軽減を図り、経済活性化に資するインフラ支援を行うものであり、上記の「対インドネシア国別援助方針」の重点項目と合致している。したがって、日本の援助政策としての整合性が認められる。

以上より、本事業の実施はインドネシアの開発政策、開発ニーズ、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: ①)

3. 2. 1 アウトプット

本事業は、ソロ川河口からババット間において10年確率の洪水に対応する河川改修工事を行うものであった。具体的な整備場所は図1に示す。表1は本事業のアウトプット計画(審査時:1995年)、詳細設計後の変更(1998年)、及び事後評価時実績(2017年)である。

表1: 本事業のアウトプット計画及び実績

アウトプット		審査時 (1995年)	詳細設計後 (1998年)	事後評価時実績 (2017年)
1) 河川改修 (パッケージ I-1~I-5)	堤防	約126km	約138km	約131km *注
	低水護岸工	約4km	約2.6km	約2.6km
	高水護岸工	約3km	約2.7km	約2.7km
2) 放水路 (パ ッケージF)	セダユラワス小 規模放水路	延長12.4km、 底幅25m	計画どおり	計画どおり
3) 用地取得	用地取得 (①堤防)	用地取得・住民移転(約3,000戸)		おおむね計画どおりと推定される(移転戸数にかかるデータはない。また、金銭交渉でも立ち

			退かない一部世帯があり、交渉が難航している)
	用地取得 (②新河道部)	カラングネン・ショートカット部 周辺の用地取得	おおむね計画どおり(移転戸数にかかるデータはない) *ただし、①堤防と②新河道部を併せた得面積は41,300㎡であることが判明している
4)	コンサルティング・サービス	入札補助、施工監理、ジャブン調整池及びセダユラワス小規模放水路拡幅の詳細設計等	計画どおり
<p>【追加アウトプット】</p> <p>1) ババット堰及び周辺の護岸壁及びアクセス道の整備 (パッケージB-1 及び B-2)</p> <p>2) ジャブン調整池の流入路(インレット)における橋梁整備、放水路(アウトレット)における水門整備 (パッケージJ-1 及び J-3)</p> <p>3) 上記1) ババット堰及び周辺の護岸壁及びアクセス道の整備に関するコンサルティング・サービス</p>			

出所：JICA 提供資料、BBWS へのインタビュー、質問票回答、現場視察

*注：この131kmには、貸付実行期限(2004年)後にインドネシア側負担によって実施された工事も含まれる。

1) 河川改修工事に関して、事業開始後の詳細設計(1998年)によりアウトプット計画が若干変更となった。詳細設計後の計画は、堤防が約138km、低水護岸工：約2.6km、高水護岸工：約2.7kmとなった。事後評価時実績に関して、低水護岸工と高水護岸工は計画どおりであったが、堤防は事後評価時点で約131kmと、詳細設計時の延長数との間に差(約7km)がある。その理由として、事後評価時において用地取得が未完了であることが挙げられる。該当箇所は図1のとおりである。

2) セダユラワス小規模放水路は計画どおり整備された。

3) 本事業の審査時、堤防及びカラングネン・ショートカット部周辺の用地取得及び家屋移転が必要とされていた。影響を受ける世帯は、近隣の土地や洪水被害を免れる堤内地への移動が想定されていた。

表2に堤防に関する用地取得実績(堤防延長ベース)の変遷と残存区間を示す。用地取得が未完了である背景・要因については、3.4.2.2 インパクト 住民移転・用地取得にて詳述する。

表 2：堤防延長ベースの用地取得実績の変遷・残存区間

(単位：km)

審査時	詳細設計後	貸付完了時 (2004 年)		事後評価時 (2017 年)	
		取得済	未取得	取得済	未取得
約 126	約 138	約 112	約 26*	約 131	約 7*

出所：JICA 資料及び BBWS へのインタビュー

*注：取得すべき残存区間を示す。本事業の貸付完了時 (2004 年)、未完成であった約 26km の区間をインドネシア側の負担とすることで日本側・インドネシア側が合意している。

4) コンサルティング・サービス

入札補助、施工監理、ジャブン調整池及びセダユラワス小規模放水路拡幅の詳細設計等のコンサルティング・サービスは、計画どおり実施された。

【追加アウトプット】

追加アウトプットは 1998～1999 年にかけて計画され、2000～2002 年に実施された。ババット堰は、洪水をジャブン調整池へ流すためにソロ川横断方向に堰を整備することが望ましいと判断されたことに加え、ソロ川下流域全体で、より効率的な河川流量の管理等の理由として整備された。また、ババット堰周辺の護岸壁やアクセス道も整備された。加えて、ジャブン調整池の流入路における橋梁整備、放水路における水門整備は、当初は後続事業であるフェーズ 2 事業を通じて実施が構想されていたものの、1990 年代後半のアジア通貨危機のルピア安に伴い、当時インドネシア側は円借款資金 (円資金アカウント) からルピアに多く換金できる状況下にあったため、当初計画以上の土木工事が可能となったため⁴、フェーズ 2 事業に先んじて実施された経緯がある。

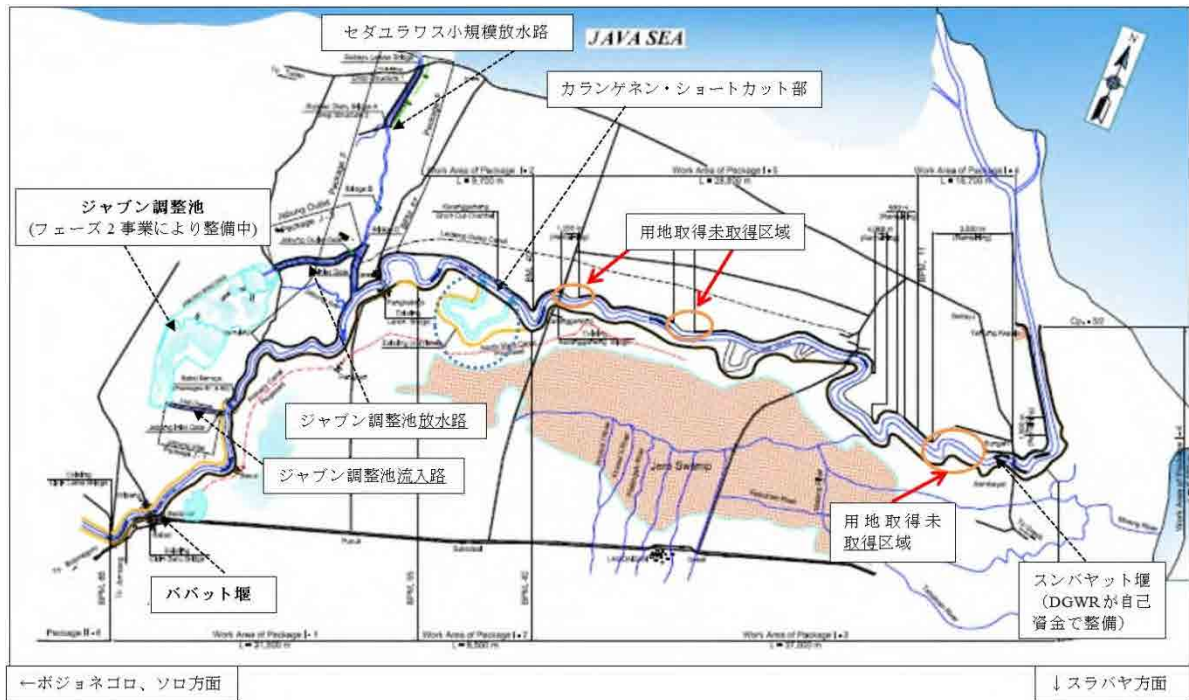


写真 1: ババット堰周辺の護岸壁



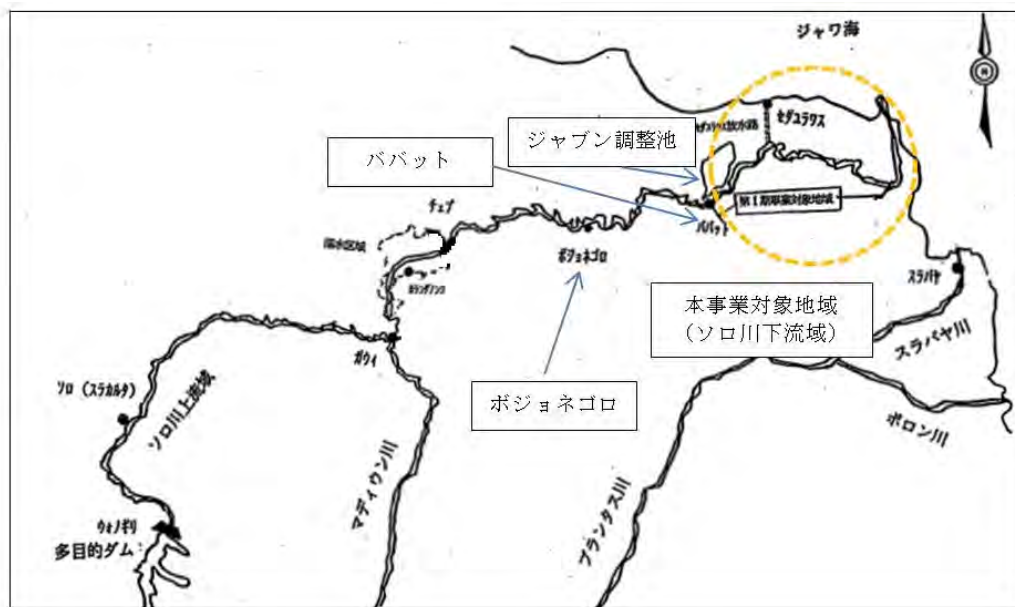
写真 2: ババット堰の水門制御室

⁴ 国内業者へのルピアでの支払いが多くできたため、工事を増やすことが可能となったことを意味する。



出所：BBWS

図1：ソロ川下流域及びプロジェクトサイトの位置図



出所：JICA 資料

図2：ソロ川全域（上流～下流域）

3. 2. 2 インプット

3. 2. 2. 1 事業費

審査時計画では総事業費 13,563 百万円（うち円借款対象は 10,796 百万円）であったのに

対し、事後評価時点での実績額・総額は 15,132 百万円（うち円借款対象は 10,781 百万円）と当初計画を若干超過した（対計画比 112%）。その主な理由として、追加アウトプット実施により、当初計画以上の土木工事を行うに至った一方で、事業期間延長に伴う先方負担によるコンサルティング・サービスや管理費の増加、貸付完了以降（2004 年以降）も用地取得費や工事費を要した⁵こと等が挙げられる。

3. 2. 2. 2 事業期間

審査時、本事業の期間は 1995 年 12 月～2001 年 12 月までの 6 年 1 ヶ月（73 カ月）と計画されていたのに対し、実績期間は事業未完成であるが 1995 年 12 月～2018 年 2 月 時点までで 21 年 15 カ月（267 カ月）であり、計画を大幅に上回った（計画比 366%、かつ未完成）。表 3 に、各事業コンポーネントの当初計画及び実績を示す。遅延の主な理由は、既出のとおり、用地取得が未完了により堤防が完成していないことが大きな要因である⁶。このため、事業期間の判断材料の時期は、事後評価時を結点とする。また、土木工事やコンサルティング・サービスも当初計画比で約 3 年弱遅延したが、その理由として 1990 年代後半のアジア通貨危機によるインドネシア政府内における資金充当や DGWR 組織内部手続きの遅れ等が挙げられる。

表 3：本事業期間の当初計画及び実績

	当初計画（1995 年）	実績
（事業全体）	1995 年 12 月～2001 年 12 月 （73 ヶ月）	1995 年 12 月～2018 年 2 月 （267 ヶ月）
各事業コンポーネント		
1) コンサルタント選定	1995 年 12 月～1996 年 6 月	1995 年 12 月～1996 年 2 月
2) 施工業者の選定	1996 年 7 月～1998 年 12 月	1996 年 4 月～1997 年 6 月 ⁷ 1996 年 4 月～1996 年 9 月 ⁸
3) 詳細設計	1996 年 7 月～1997 年 7 月	1996 年 4 月～1997 年 6 月
4) 土木工事	1997 年 12 月～2001 年 12 月	1997 年 7 月～2004 年 4 月 ⁹ 1996 年 10 月～2001 年 8 月 ¹⁰

⁵ 事後評価時点で未完了であるため、今後も事業費（インドネシア側負担）が増える可能性がある。

⁶ 追加アウトプットを含むほとんどの土木工事の完成時期は 2004 年 4 月である。その後、用地取得の進捗に則して堤防工事も進んだが、具体的な実施時期について BBWS より情報が得られなかった。いずれにしても、事後評価時において用地取得の未完了により堤防の一部が未完成であるため、当初想定された事業完成時期を迎えているとは言い難い。

⁷ パッケージ I-1～I-5

⁸ パッケージ F

⁹ パッケージ I-1～I-5。なお、2015 年までに用地取得進捗に伴う工事が一部実施されているが、実施時期については情報が得られなかった。

¹⁰ パッケージ F

5) 用地取得	1995年12月～2000年11月	1995年12月～2018年2月 (事後評価時、未完了)
6) コンサルティング・サービス	1996年7月～2001年12月	1996年3月～2004年8月
追加工事		
1) 施工業者の選定	-	2000年1月～2000年9月 ¹¹ 2001年2月～2001年9月 ¹²
2) 詳細設計	-	1999年1月～2002年9月
3) 土木工事	-	2000年10月～2004年4月 ¹³ 2001年8月～2002年12月 ¹⁴

出所：JICA 提供資料、質問票回答

3. 2. 3 内部収益率（参考数値）

経済的内部収益率（EIRR）

本事業の審査時において、洪水被害の軽減期待額（家屋・事業所・公共施設などの資産、米・大豆・メイズ・養殖魚などの生産品）、増収期待額（浸水頻度低下及び作付増による収量増及び耕作不能地の新規開発に共なる収量増）を便益、建設費、運営・維持管理費、予備費、コンサルティング・サービス費を費用、プロジェクト・ライフを50年として、経済的内部収益率（EIRR）は15.9%と計算されていた。一方、便益関連データの収集を試みたものの、審査時～事後評価時まで実施機関や周辺自治体には蓄積されておらず、類推できるような基礎データも欠如し、収集できなかったため、EIRRの再計算はできなかった。

財務的内部収益率（FIRR）

本事業は、審査時においてFIRRは計算されていなかった。そのため、事後評価時においても再計算を行わなかった。

以上より、本事業は事業費が計画を上回り、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。

¹¹ パッケージ B-1 及び B-2

¹² パッケージ J-1 及び J-2

¹³ パッケージ B-1 及び B-2

¹⁴ パッケージ J-1 及び J-2

3. 3 有効性・インパクト¹⁵（レーティング：③）

3. 3. 1. 有効性

3. 3. 1. 1 定量的効果（運用・効果指標）

1) 運用指標

本事業では流下能力と最高水位が運用指標と想定されていた。流下能力は表4のとおり、河道・放水路共に目標値以上の値である。BBWSは本体工事完成以降（2004年以降）、流下能力や河川流量に関するデータを定期的に算定していないものの、事後評価時（直近数年）のみ確認できた。BBWS、及びババット堰・放水路・ジャブン調整池のアウトレット（放水路）の運営・維持管理を担っている公共事業・国民住宅省の関連国営企業である Jasa Tirta I（東ジャワ）公営企業（以下「Jasa Tirta I」という）¹⁶、後述する住民・農民へのインタビュー等を通じて、豪雨時において整備された堤防等から氾濫による洪水被害は事後評価時まで生じていないことを確認した。本事業による河川改修工事の結果、河積（河川の幅・堤防の高さ）が確保され、おおむね流下能力は確保されていると推察される¹⁷。

表4：流下能力及び最高水位にかかる実績値

指標名	目標値 (完成時：2001年)	実績値 (事後評価時：直近数年)
流下能力*注1 (単位：m ³ /秒)	河道：2,500～2,530 放水路：125～365	河道：2,960～3,500***注3 (10～50年洪水規模への対応) 放水路：400～640****注4 (10～50年洪水規模への対応)
最高水位**注2 (単位：m)	7～8	6.36～8.20m (*詳細は表5のとおり)

出所：BBWS及びJasa Tirta Iへの聞き取り、BBWS保有資料

注1：流下能力は氾濫せずに流れる設計上の流量を示す。実際の河川流量は観測されていない。

注2：事後評価時においてババット堰で観測されている。

注3：ソロ川河口～ババット堰間の流下能力。場所によって2,960～3,500 m³/秒と差がある。

注4：セダユラワス小規模放水路区間における流下能力。場所によって400～640 m³/秒と差がある。

最高水位について、実績値は本事業で整備されたババット堰周辺の観測されたものである。表5に、各年の最高水位とその記録日を示す。BBWS及びJasa Tirta Iによると、本事業完成年（2004年）以降に記録した最高水位は、2009年2月28日の8.20mであることが判

¹⁵ 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。

¹⁶ BBWSとの運営・維持管理上の関係について、3. 5. 1 持続性・運営・維持管理体制にて説明する。

¹⁷ その一方、本事業の本体工事完了から約17年、追加アウトプット工事完了から約13年が経過した事後評価時において、BBWSは既にソロ川上流・中流域での堰や堤防の整備（本事業の後続事業であるフェーズ2事業（ボジョネゴロ周辺地域での河川改修事業）も含む）、下流域ではセンバヤット堰（図1参照）等、さらにソロ川流域全体で洪水制御施設を自己資金でも整備している状況である。ソロ川全体で流下能力が向上し、治水安全度の向上がより着実になっているため、表4のとおり実績値が目標値を超えている要因のひとつになっている。つまり、本事業のアウトプットに特化した、あるいは本事業に限って流下能力を定量的に特定することは議論の余地がある。

明した。表 6 に、ババット堰の警戒水位基準を示す。上記の 8.20m は「赤」の水準（8.00m）を超えているものの（加えて、2016 年 12 月 1 日及び 2 日、2007 年 12 月 30 日及び 31 日、2008 年 1 月 1 日には 8.00m を記録しているものの）、いずれにしても堤防天端高（9.20-9.50m）以下であり、整備された堤防から氾濫していない。また、3. 3. 1. 2 定性的効果における住民に対するインタビューを通じて、対象地域の堤防周辺では洪水被害が生じていないことが確認できていることから、洪水被害が軽減されていると判断される。したがって、当初想定された本事業の目的（洪水被害の軽減を図ること）は達成しているといえる¹⁸。

表 5：ババット堰周辺における最高水位（実績）

年	最高水位	記録日
2005 年	6.70m	4 月 7 日
2006 年	6.70 m	1 月 6 日及び 7 日、5 月 4 日
2007 年	8.00 m	12 月 30 日及び 31 日
2008 年	8.00 m	1 月 1 日
2009 年	8.20m	2 月 28 日
2010 年	6.99m	5 月 18 日
2011 年	7.04m	5 月 4 日
2012 年	7.00m	1 月 18 日
2013 年	7.85m	12 月 20 日
2014 年	6.36m	12 月 22 日
2015 年	6.99m	2 月 13 日
2016 年	8.00m	12 月 1 日及び 2 日
2017 年	7.35m	2 月 5 日

出所：Jasa Tirata I、BBWS

（参考）表 6：ババット堰の警戒レベル

分類		高さ
堤防天端高		9.20-9.50m ¹⁹
水 位	赤	8.00m
	黄	7.50m
	緑	7.00m

出所：Jasa Tirata I、BBWS

¹⁸ 3. 2. 1 効率性・アウトプットにて述べたとおり、用地取得未了による堤防未整備地域周辺（約 7km 周辺）に限ると、ソロ川の水位上昇時に一部地域で氾濫する可能性は否定できない。BBWS や Jasa Tirata I へのインタビューによると、「堤防未整備地域周辺の水位上昇時の具体的な被害はわからない。住民やコミュニティ・リーダーからも苦情や報告、対策の要請もこれまで出ていない。商業用地や住宅地への被害はほとんど皆無と考えられる。仮に、被害が生じていたとしても限定的と考えられる」とのコメントがあった。当該部分周辺に限っては治水安全度の向上に至っていない可能性は排除できないものの、後述の「（参考）ソロ川下流域の洪水被害」及び「3. 3. 2 定性的効果」にて説明する住民へのインタビューでも洪水被害が生じている場所の話は出てこなかった。いずれにしても、BBWS は可能な限り当該地域周辺の用地取得問題の解決に努めることが望ましいと考えるが、未整備地域周辺の洪水被害は限定的と推察される。

¹⁹ 周辺地域には高低差があるためこのような基準となる。

(参考)【ソロ川流域の警戒水位基準 (分類)】

赤：天候、水位、護岸壁などの構造物のモニタリングが常時実施され、15分～1時間毎に関係諸機関 (BBWS、周辺自治体、地方防災局 (BPBD)) に報告される。BBWS は東部ジャワ州・中部ジャワ州政府と洪水警報発令について協議を行う。

黄：天候、水位、護岸壁などの構造物のモニタリングが1時間毎に実施され、3時間毎に関係諸機関 (上記と同じ) に報告される。BBWS は地方防災局 (BPBD) 地方支部 (トゥバン、グレスック、ラモンガン) や周辺自治体と住民の避難や洪水警報発令に関して協議を開始する。

緑：天候、水位、護岸壁などの構造物のモニタリングが2時間毎に実施され、6時間毎に関係諸機関 (上記と同じ) に報告される。洪水対策用の資材が準備される。

2) 効果指標

本事業では、ソロ川下流域の治水安全度の確保 (洪水確率の低下) が効果指標とされていた。BBWS によれば、本事業開始前は雨季の豪雨の度に洪水が頻発し、下流域周辺では被害が甚大であったとしている。すなわち、毎年、もしくは数年に1度の間隔で氾濫し周辺地域において洪水が発生していたと推察される。表7に、ソロ川下流域の治水安全度の確保 (洪水確率の低下) にかかる目標と実績を示す。BBWS の見解として、自己資金にてセンバヤット堰を整備済であることに加え、ソロ川上流・中流域での堰や堤防の整備完了も相まって、ソロ川流域全体の洪水制御をより行えるようになってきている。また、「既に大部分の堤防が完成してから16年以上が経過した本事業に特化した洪水確率を判定できない状況にある。ただしソロ川下流域に限ると、用地取得未解決の地域以外の場所において、既に1/10～1/50 (10～50年に1度の洪水規模への対応) に近い状況が達成できている」との見解を示している²⁰。正確な判断に必要な定量的な根拠が若干薄い面があることが否めないものの、今後、後続事業であるフェーズ2事業におけるジャブン調整池や、本事業の用地取得未解決による未整備箇所周辺の堤防が完成すると、洪水規模1/10への対応は盤石であり、1/50への対応の実現はより確実になると推察される。

表7：ソロ川下流域における治水安全度の確保について

	目標値 (完成時)	実績値 (2017年)
治水安全度の確保 (洪水確率の低下)	1/10 (10年に1度の洪水規模への対応)	1/10～1/50 (10～50年に1度の洪水規模への対応)

出所：BBWS へのインタビュー結果

²⁰ 本調査を通じて BBWS は洪水確率の推計を定期的に行っていないことを確認した。用地取得未解決による未整備箇所周辺の堤防の区域周辺における洪水被害の状況については既出のとおりである。

(参考) ソロ川下流域の洪水被害

参考まで表 8 に、ソロ川下流域において発生した洪水被害（2011 年以降、ラモンガン地域²¹周辺のみ）を示す。洪水被害に関して、2011 年以降のデータのみ地方防災局（BPBD）より入手できた。ただし表 8 の内容は、ソロ川本川の氾濫により生じた洪水被害ではなく、豪雨時における近隣の用水路・小川・湖・沼地、未整備のジャブン調整池（フェーズ 2 事業）等からの洪水被害であることを BBWS、ソロ川下流域周辺の農家、周辺自治体の職員へのインタビューにより確認した²²。裏付けとして、既出の表 5・表 6、及びその説明も根拠となる。すなわち、本事業で整備した堤防との関連性がないため、表 8 の内容は参考扱いとする。その一方で、農家へのインタビューでは、「(フェーズ 2 事業の) ジャブン調整池と連結水路（流入路・放水路）の工事が完了しなければ、豪雨時にはわれわれの農地が冠水する恐れが引き続きある」といったコメントが出された。すなわち、本事業で整備された堤防を超えての氾濫はなく、洪水被害も発生していないものの、周辺地域では引き続き本事業以外の要因により被害が引き続き生じていることを示すものといえる²³。

(参考) 表 8：ソロ川下流域において発生した洪水被害

年	洪水被害世帯数	農地（田）への被害(ha)	総被害額 (百万 Rp.)
2011	2,106	0	9,657
2012	1,361	146	8,138
2013	2,462	305	1,250
2015	1,361	146	7,384
2016	246	91	955.5
2017	3,346	0	6,343.58

出所：地方防災局（BPBD）ラモンガン支部

注*：地方防災局（BPBD）ラモンガン支部は 2011 年に設立されたため、2010 年以前のデータは存在しない。同委員会自体、その設立は 2008 年である。なお、BBWS に十分な洪水被害データは保管されていない。

²¹ ラモンガン地域はソロ川下流域の大部分を占める地域である。

²² BBWS は今後、沼地や小川を水路で連結させ、水量・水流の制御やポンプ施設でたまった水をくみ上げて排水する等の事業計画を有している。

²³ 用地取得未了部分（約 7km）に関する洪水被害の説明は脚注 18 のとおりである。



写真3：建設された堤防
(トゥバン地区)



写真4：ジャポン調整池の流入路（追加アウトプットとして実施）の様子

3. 3. 1. 2 定性的効果

本事業実施を通じて洪水被害の軽減

本調査ではソロ川下流域周辺の住民及び農民にインタビュー²⁴を行ったところ、「本事業開始前は洪水が頻発していた。特に1994年3月の洪水時には水位が地面から約2mに達し、甚大な被害があった。被害により家の建て替え・大きな修繕を迫られていたが、現在その必要は全くない。洪水による交通遮断や堤防整備によるアクセスの改善といったことは特に感じないが、ソロ川の増水時でも安心して二輪バイクや自転車で出かけることができる。1994年3月時のような洪水が起こらなくなっていることで安心して暮らしている」等のコメントが出された。また、地元自治体（トゥバン、ラモンガン県）からは、「洪水確率の定量データは説明できないものの、本事業により周辺地域での洪水被害はないと思う。本事業がなければ、豪雨による人的・物質的被害は引き続き大きかったと思う」といったコメントが出された。加えて、BBWS 幹部のコメントとして、「セダユワラス放水路がなければ、長雨や豪雨の後、住宅や農地では水が逃げずに滞留しているはずである。20年以上前（本事業開始前）の洪水時、少なくとも5時間以上は浸水後の水位が変わらなかった。同放水路は排水を適切に行う存在として大きな役割を果たしている」といったコメントも出された。

以上を踏まえると、本事業はソロ川下流域周辺地域における洪水被害の抑制に貢献していると考えられる。

²⁴ 本調査では、ソロ川下流域のトゥバン、ラモンガン周辺地域の自治体傘下の村落コミュニティ（トゥバン傘下のバンジャール、テガルレジョ、シモレジョ、ラモンガン傘下のケデュン：全てソロ川本川に近い4村落）において住民・農民に集合してもらい、グループ・インタビュー、及びコミュニティのリーダー格の人物に対して別途キー・インフォーマント・インタビューを実施した。対象者は合計18名（男性16名、女性2名）であった。



写真 5: 本事業の裨益者へのインタビューの様子



写真 6: ソロ川から離れた支川 (豪雨時に氾濫することがある)

3. 3. 2 インパクト

3. 3. 2. 1 インパクトの発現状況

ソロ川下流域周辺の農業生産性の向上及び経済活性化への貢献

1) 定量的効果

表 9 は、ソロ川下流域周辺自治体の域内総生産額 (Gross Regional Domestic Product; 以下「GRDP」という) 及び農業セクターの生産額の推移である。本事業開始前のデータ (1991 年)、完成翌年の 2005 年から 2010 年、そして直近 2015 年の直近 6 カ年の推移を示す。事業開始時 (1995 年) 及び事業完成時 (2004 年) より時間が経過している事後評価時 (2017 年) において単純比較はできない²⁵ものの、ソロ川下流域周辺の 3 自治体 (グレスック、ラモンガン、トゥバン県) では、2005 年以降、GRDP と農業セクターの生産額が増加傾向にある。既出のとおり、ソロ川本川沿いの大部分の地域で洪水被害が大きく減少している中で、以下 2) 定性的効果の農家のコメントのとおり、農家は雨季に安心して米・トウモロコシを作付けし、年間を通じて安定した収益を確保していると推察されることも踏まえると、本事業は周辺地域の経済活性化を下支えしていると考えられる。

表 9: ソロ川下流域周辺自治体の GRDP 及び農業セクターの生産額

(単位: 10 億ルピア)

	1991 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2015 年
【域内総生産額 (名目 GRDP)】								
a) グレスック県	1,189.9	19,746	20,990	24,337	28,353	33,247	59,069	100,724
b) ラモンガン県	333.7	5,306	6,016	6,807	10,358	11,774	17,360	28,831

²⁵ 一例として、1990 年代後半にアジア通貨危機により、インドネシアではルピアの大幅な変動を経ていることに留意する必要がある。

c) トウバン県	279.1	7,689	8,995	10,325	12,160	16,978	28,018	47,691
【農業セクターの生産額】								
a) グレシック県	121.1	1,925	2,183	2,409	2,688	3,173	3,581	8,274
b) ラモンガン県	157.7	2,179	2,368	2,643	2,980	4,749	5,293	11,520
c) トウバン県	173.6	1,873	2,092	2,240	2,513	4,321	5,346	10,277

出所：インドネシア国家統計局（BPS）

2) 定性的効果

ソロ川下流域周辺地域の農業を取り巻く環境について住民・農民にインタビュー²⁶を行ったところ、「ババット堰の完成後は雨季・乾季を通じて安定した灌漑用水を確保することができている（補足説明：ソロ川本川沿いの堤防では取水堰が整備されており、近隣の農地に配水が行われている）。特に堤防が整備される前は乾季の取水が不安定で、米の収量が安定しなかったが、現在は変わり、乾季の米作による収益が増えている。以前は1期作であったが、現在は2～3期作が中心である。農地の価格も上がっていると思う²⁷。本事業開始前の20年前と比較するならば、洪水の心配が少ないため、雨季には安心して米・トウモロコシの作付けができる。安定した収益を確保し、また増えていることで、資金に余裕ができて家屋を頑丈に作り替えることができた（以前は主体構造が竹製であったが、現在はコンクリートブロックやレンガ構造となった）。二輪バイクを購入できるようになった。20年前は洪水時に家屋が浸水し、修繕の経済的負担が大きく、貯蓄もできなかったが、現在はそのようなことはなくなった。村の子供は地元の中学校までしか通わせることができなかったが、現在は専修学校や4年制大学に通う子もいる」といったコメントが出された。

以上のインタビュー結果を踏まえると、本事業はソロ川下流域周辺の農作物生産量の増加、住民・農家にとって収益の増加や購買力の上昇に一役買っており、ひいては地元経済の活性化に貢献しているものと考えられる。

3. 3. 2. 2 その他、正負のインパクト

1) 自然環境へのインパクト

本事業は「環境配慮のための OECF ガイドライン」（1989年10月）に適用されている。

²⁶ 実施方法や対象者については、3. 3. 1. 2 有効性・定性的効果（本事業実施を通じて洪水被害の軽減）の説明同様である。なお、本事業施設周辺の自治体傘下の村の住民のうち、80～90%が農業に従事している。

²⁷ ソロ川下流域の中心に位置するトゥバン傘下のテガルレジョ村のリーダーによれば、本事業完成時（2004年）と事後評価時（2017年）を比較して、住宅地・農地・商業地の土地価格は少なくとも150～200%程度は上昇していると述べている。

本事業に関する環境影響評価（EIA）は 1992～1994 年に環境影響調査が実施され、公共事業大臣の承認を得て正式に事業実施が承認された。

本事業実施中、大気・水質汚染、廃棄物による問題、生態系への影響はなかったことを BBWS へのインタビューにより確認した。騒音については、BBWS によると、河川改修工事時に短期間において大きな音が発生したが、周辺住民からは苦情が出なかったとのことである。事業完成（2004 年）以降も環境面における負のインパクト（大気汚染、水質、騒音・振動、生態系への負の影響等）は発生していないことを BBWS へのインタビューや現地視察を通じて確認した。

BBWS、及び本事業で整備された堤防の運営・維持管理を担っている BBWS の下部組織の「運営・維持管理 エリア 4 ボジョネゴロ事務所」（Area 4 Kantor Bojonegoro；以下「ボジョネゴロ事務所」という）によれば、仮に自然環境への負のインパクトが確認される場合、BBWS とボジョネゴロ事務所が協議の上、ソロ下流域の管轄自治体に内容を確認してもらい、自治体名義で DGWR 本部宛の要請レターを送付し、対処の指示・判断を仰ぐとのことである。その後、同本部は（必要に応じ予算を付け）BBWS とボジョネゴロに対処を指示する体制とのことである。いずれにしても、事後評価時までには自然環境への負のインパクトは生じていないため、この体制が機能したことはない。

2) 住民移転・用地取得

3. 2. 1 効率性・アウトプットの項目で述べたとおり、新河道部（カランゲネン・ショートカット部周辺）については計画どおり用地取得・住民移転は実施された。BBWS や地元自治体が交渉・締結を行った土地保有者は 201 人、総取得面積は約 41,300 m²、支払われた補償金額は 97,815 百万ルピアである。BBWS によれば、用地取得手続きはインドネシアの法律（土地法）に則り適切に行ったとのことである。ただし用地取得による具体的な移転家屋数や移転住民数は把握していない²⁸。

なお既出のとおり、堤防周辺でも大部分は用地取得・住民移転がおおむね完了したもの、一部地域（約 7km 沿いの地域）の用地取得は解決していない。解決しない理由は、古来よりソロ川沿いに居住する一部住民が豪雨時の水位上昇を顧みず住み続けていることである。典型例を図 3 に示すが、必ずしも用地提供や移転に必要な補償金の多寡によらない。中には自前で簡易堤防を建設し、その効果を過信して住み続けている住民群もいる。本事業実

²⁸ 移転家屋数や移転住民数が不明な理由は、BBWS や地元自治体が土地保有者とのみ交渉を行ったことに起因する。土地保有者が有していた土地には、複数の家屋や居住者がいたケースが多く、BBWS や地元自治体は直接交渉を行うことができなかった。そのため記録が存在せず、取得後のモニタリング等も行われていない。なお、被影響住民に対する補償や生計回復支援策については支払われた補償金額に含まれている。

施中より、BBWS や地元自治体は用地取得交渉を重ねたが、残り約 7km の部分を取得できていない²⁹。なお BBWS によれば、「われわれも地元自治体も対象住民へのセミナーや説明会を通じて事業への理解を求めるなど鋭意取り組んだと思うが、自治体やコミュニティ・リーダーの住民との調整・交渉能力は期待したほどではなかったと感じられた。当時、われわれは住民との交渉・調整に直接的に関与できず、前提として自治体やコミュニティ・リーダーの協力・調整がありきであったが、彼らは高い調整能力や積極性が思うほど見られない場合が多かった。用地取得が 2004 年までに完了しなかった要因の一部には、その実態も少しは作用していると思う」とのことであった。上記のとおり、移転を頑なに拒む住民も存在するため、実施機関側は事業開始前に先だって十分前広に住民との協議準備を進め、より早い段階で自治体やコミュニティ・リーダーの調整能力や影響力を見極めた上で対応策を検討することが望ましかったと考えられる。

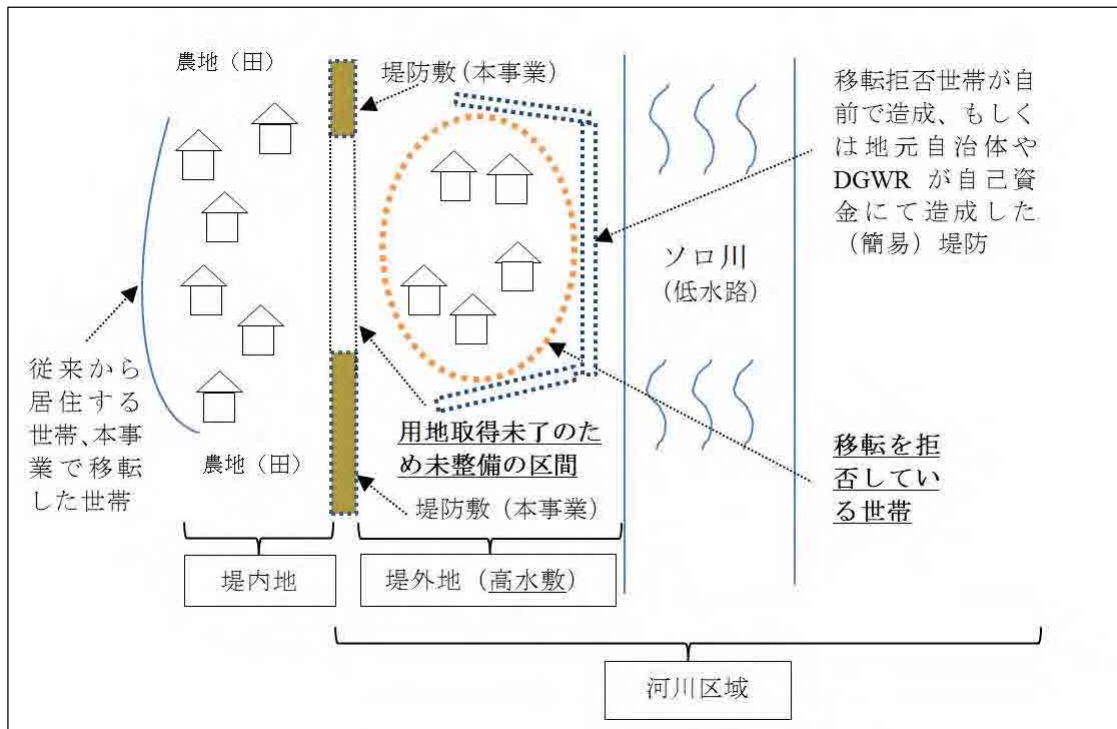


図 3：用地取得未完了区域の説明（一例）
 （低水路は常時水が流れる区域、高水敷は増水時に冠水する区域を示す）

²⁹ 事後評価時現在、BBWS は残り約 7km 区間周辺の土地に関して具体的な土地保有者の洗い出し作業を進めていることに加え、必要な予算も確保できる状況にある。



写真7: ソロ川下流域と河川沿いに居住する移転拒否世帯（写真左側）



写真8: BBWS 自己予算により整備された堤防と用地取得未完了による未整備部分

[有効性・インパクトのまとめ]

定量的効果に関して、事後評価時の流下能力（設計上の流量）は河道・放水路共に目標値以上の値である。整備された堤防から豪雨時において本川の氾濫による洪水被害は発生していない。ババット堰で記録されている水位は同地点の堤防天端高以下であり、当初想定されていた事業目的（洪水被害の軽減を図ること）は達成していると判断される。また、住民・農民へのインタビュー、経済・農業生産統計データによると、農家は農作物生産量の増加、住民・農家の収益の増加を実現させていると推察され、地元経済の活性化にも作用していると考えられる。したがって、有効性・インパクトは高い。

3. 4 持続性（レーティング：③）

3. 4. 1 運営・維持管理の体制

事後評価時、本事業の実施機関は DGWR である。DGWR は、インドネシア国内の洪水制御、水資源開発、灌漑事業の計画立案、事業実施、運営・維持管理を担っている。ソロ川流域では DGWR の下部組織である BBWS が新規水源開発や治水事業の計画・実施、運営・維持管理を担っている。

本事業で整備された堤防の運営・維持管理を担っているのは BBWS の一部門であるボジョネゴロ事務所³⁰である。主に堤防と河道にかかる点検、巡回、修繕、必要に応じて河道掘削、水資源の管理等を中心とする運営・維持管理業務を担っている。一方、本事業で整備されたババット堰、放水路、ジャブun調整池のアウトレット（放水路）の運営・維持管理

³⁰ ボジョネゴロ市は本事業対象地域の上流域に位置するため、ボジョネゴロ事務所は、より本事業対象地域に近い場所のババット市にプロジェクト事務所（以下「ババット事務所」という）を設置して、業務に当たっている。

を担っているのは、公共事業・国民住宅省の関連国営企業である Jasa Tirta I である³¹。主に、堰周辺の清掃、周辺アクセス道路の除草、水門ゲートの開閉、ゲート開閉ケーブル・ワイヤーの点検・交換・グリス塗布、欄干など構造物のペンキ塗装等を中心とする日常的な維持管理に加え、ババット堰におけるソロ川の水位観測・BBWS への報告等を行っている³²。

事後評価時、BBWS の職員数は約 1,300 名（うち治水事業を担う職員数は約 330 名）、BBWS 傘下のボジョネゴロ事務所の職員数は 30 名、Jasa Tirta I の職員数は 12 名である。現場視察時、ボジョネゴロ事務所及び Jasa Tirta I の現場職員へのインタビューを通じて、それぞれの職員数は十分と見受けられた。過不足なく、適材適所に各課に職員が配置されて業務を行っていることを確認した³³。

図 3 は本事業の運営・維持管理にかかる組織関係図(概略図)である。DGWR 本部、BBWS、ボジョネゴロ事務所の間では監督や業務報告が行われている。

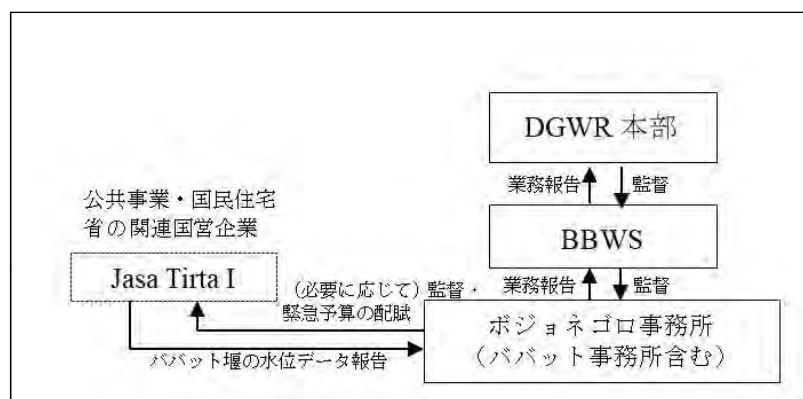


図 4：本事業の運営・維持管理にかかる組織関係図（概略図）

以上を踏まえると、本事業の運営・維持管理に係る体制面での問題は特に見られないと判断される。

3. 4. 2 運営・維持管理の技術

ボジョネゴロ事務所において、所属職員は年 2 回研修・トレーニングを受講することが必須となっている。河川の堰や堤防の点検、水門ゲートの開閉、水位観測手法、堰の維持管理、排水ポンプの使用手法といった研修・トレーニングが国内の研究・大学機関などの

³¹ Jasa Tirta I は運営・維持管理に特化した国営企業である。DGWR は本事業アウトプットの瑕疵担保期間後に、より効率的な運営・維持管理の実現を目指したため、Jasa Tirta I と施設の運営・維持管理の合意書 (MOU) を締結した。

³² Jasa Tirta I では維持管理に必要な機材（水位観測室・機器、重機、車両等）を保管していることを現場視察時に確認した。

³³ 職員の勤務状況に関して、ボジョネゴロ事務所では平日（月～金曜日）の日中勤務体制である。一方、Jasa Tirta I はババット堰で常時水量や水位の監視を行っているため、365 日、24 時間、3 交代制で業務に当たっている。

施設で行われている。受講した職員は他の職員と内容を共有し、日々の維持管理業務に役立てている。また、新規職員向けの OJT も適時実施されている。職員の入職要件は、専門職系の学校卒業（専修学校や四年生大学）が必須となっている。職員は入職後に組織内にて業績評価が定期的に行われ、能力・経験が確認されている。Jasa Tirta I でも定期的に職員の研修・トレーニングが実施されている。機械・電気関連の運用、消防、事故防止等に関する内容が実施されている。ボジョネゴロ事務所同様、国内の研究・大学機関などの研修施設で行われている。職員の入職要件や OJT 実施状況も同様である。現場視察及び両組織へのインタビューを通じて、熟練した職員が適材適所に配置されていることを確認した。加えて、本事業施設に関する維持管理に係るマニュアルも両組織に配備されており、適時活用されていることも確認した。

以上より、本事業の運営・維持管理に係る技術面での問題は見られないと判断される。

3. 4. 3 運営・維持管理の財務

表 10 にボジョネゴロ事務所の運営・維持管理予算（直近 4 カ年）を示す。

表 10：ボジョネゴロ事務所の運営・維持管理予算

(単位：百万 Rp.)

2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
約 8,000	約 8,000	約 12,000	約 14,000

出所：BBWS

ボジョネゴロ事務所及び BBWS によれば、「毎年十分な予算が維持管理業務に投じられている。予算不足による維持管理不足は発生していない」といったコメントがあった。2016 年以降は、増額傾向にある。その背景として、上水・灌漑・洪水制御を担う DGWR の事業の重要性・必要性を中央政府が重く認識する傾向が強まっていることが挙げられる。本事業の施設に限ると、現場職員の増員、適切な流量管理（水位観測、各種データの整備を含む）に手厚い対応をとるといったことに維持管理予算が過不足なく配賦されるようになっており、資金的な問題は生じていないことを同事務所へのインタビューにより確認した³⁴。

以上より、予算の不足による維持管理不足といったことが生じていないことを踏まえると、本事業の運営・維持管理の財務面には特に問題はないと考えられる。

³⁴ Jasa Tirta I が扱う本事業施設の運営・維持管理予算について、具体的な金額データは入手できなかったものの、同組織の幹部職員へのインタビューでは、金額自体は大きいものではないが必要十分な予算が毎年配賦されているとのことである。なお同企業によると、本事業とは別に、ソロ川を取水源として浄水場で水道事業を行っており、潤沢な料金収入を有しているとのことである。

3. 4. 4 運営・維持管理の状況

事後評価時、本事業で整備された堤防、放水路、ババット堰等の施設及び維持管理状況に特に問題ない。ボジョネゴロ事務所及び Jasa Tirta I では、毎年維持管理計画が策定され、各施設の点検や維持管理は重点的な必要な箇所の洗い出しが行われた上で各業務が実施されていることを両組織へのインタビュー・現場視察により確認した。

ボジョネゴロ事務所及び Jasa Tirta I ではスペアパーツの購入・保管に問題はない。毎年必要な予算を計上している。ただし、Jasa Tirta I では相対的に大がかりな維持管理が必要とされていないため、購入・保管は必要最低限である。仮に大がかりな修繕や交換が必要となる場合、Jasa Tirta I 内で対処、あるいはボジョネゴロ事務所に支援を要請して対処することになっている。

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4. 1 結論

本事業は、ジャワ島の洪水常襲地域であるソロ川下流域において、洪水被害の軽減、周辺地域の農業生産性の向上及び経済活性化に資するため、河川改修工事を行った。本事業は、「国家中期開発計画」及び「戦略計画」等を通じた災害被害リスクや洪水被害軽減に必要なインフラ施設の整備方針が示され、ソロ川下流域における堰・ダム建設による流量管理、堤防の整備・改修にかかる開発ニーズ、また、日本の援助政策との整合性が確認されることから、妥当性は高い。効率性に関して、アウトプットはおおむね計画どおりに実施されたものの、コンサルティング・サービスや管理費の増加、貸付完了以降（2004年以降）も用地取得費や工事費が発生しており、事業費は当初計画を超過した。事業期間は、事後評価時においても実施機関による用地取得が未完了のため、効率性は低い。定量的効果に関して、事後評価時の流下能力は目標値以上であり、ババット堰で観測されている水位は同地点の堤防天端高水位以下であり、本川堤防から氾濫による洪水被害は発生していない。また、住民・農民へのインタビュー、及び経済・農業生産統計データに基づく地元経済の活性化を下支えしていると考えられる。したがって、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理業務を担っている組織・部署の体制面・技術面・財務面に特に懸念はない。したがって、本事業の実施によって発現した持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

4. 2 提言

4. 2. 1 実施機関への提言

・BBWS は事後評価時においてソロ川の水位は日常的に観測しているものの、Jasa Tirta I と河川水位や洪水被害データについて十分に共有していない様子がうかがえた。かかるデータは洪水制御事業における効果分析にとって有益であるため、可能な限り当該データを関係者間で共有する体制を整えておくことが望ましい。また、過去のデータもきちんと蓄積・管理することが望ましい。

・事後評価時において、ソロ川下流域の一部地域（約 7km）では用地取得が完了していない。BBWS は DGWR と連携しつつ、速やかに対処することが望ましい。

4. 2. 2 JICA への提言

・特になし。

4. 3 教訓

用地取得・住民移転にかかる早い段階での調整の重要性

・ソロ川下流域では、用地提供を頑なに拒む住民もいるため容易でないものの、実施機関は事業開始に先立って十分前広に住民との協議を進め、早い段階で、BBWS は自治体やコミュニティ・リーダーの調整能力や影響力を見極めて、連携を密にし、取り得る手段・方策を全て取り（例：自治体に根気よく住民との協議を重ねてもらおうよう BBWS から随時申し入れ・働きかけを続ける等）、取得交渉に当たることで進展はあった可能性も排除できない。また、事業実施中の取り得る方策として、BBWS 及び自治体はソロ川沿いの堤外地（高水敷）に住み続ける住民に対して、洪水被害を受けないエリアへの移転が進むよう啓発活動や金銭面以外での有益なインセンティブの提供やその検討も積極的に行う余地はあったかもしれない。このため、事業開始の早い段階で用地取得に困難が伴うことが予想される場合は、関係機関間でできる限りの調整や予測を立てて交渉に臨むこと、できる限りの対処を行う姿勢は常時必要と考える。

以 上

主要計画/実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	1) 河川改修 ・堤防(約126km) ・低水護岸工(約4km) ・高水護岸工(約3km) 2) 放水路 ・セダユラワス小規模放水路(延長12.4km、底幅25m) 3) 用地取得 ・堤防(用地取得・住民移転(約3,000戸)) ・新河道部(カラングネン・ショートカット部周辺の用地取得) 4) コンサルティング・サービス ・入札補助、施工監理、ジャブン調整池及びセダユラワス小規模放水路拡幅の詳細設計等	1) 河川改修 ・約131km(注:この131kmは、貸付実行期限(2004年)後にインドネシア側負担による工事も含まれる) ・約2.6km ・約2.7km 2) 放水路 ・計画どおり 3) 用地取得 ・おおむね計画どおりと推定される ・おおむね計画どおりと推定される 4) コンサルティング・サービス ・計画どおり 【追加アウトプット】 1) ババット堰及び周辺の護岸壁及びアクセス道の整備 2) ジャブン調整池の流入路(インレット)における橋梁整備、放水路(アウトレット)における水門整備 3) 追加アウトプットの1)ババット堰及び周辺の護岸壁及びアクセス道の整備に関するコンサルティング・サービス
②期間	1995年12月～2001年12月 (73カ月)	1995年12月～2018年2月 (267カ月、未完成)
③事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	7,238百万円 6,325百万円 (140,541百万ルピア) 13,563百万円 10,796百万円 1Rp.=0.045円 1USD=98.3円 (1995年4月時点)	2,032百万円 13,100百万円 (871,726百万ルピア) 15,132百万円 10,781百万円 1Rp.=0.015349円 1USD=117.04円 (実施中1995年～2004年平均) 1Rp.=0.008713円 1USD=104.18円 (実施中2012年～2017年平均) (出所は国際通貨基金の国際金融統計データ)
④貸付完了	2004年8月30日	

2017年度 外部事後評価報告書
円借款「クラマサン火力発電所拡張事業」

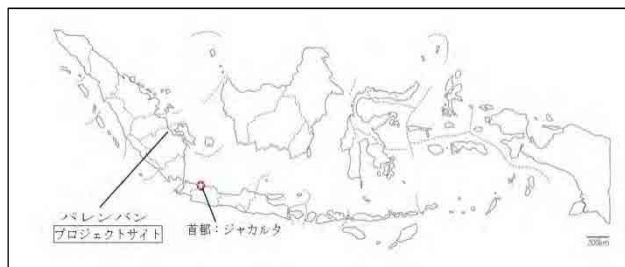
外部評価者：オクタヴィアジャパン株式会社 稲澤 健一

0. 要旨

本事業は、スマトラ島南スマトラ系統に接続するクラマサン火力発電所において、電力供給能力の増大、同系統における電力需給逼迫状況の緩和と供給の安定性の改善を図り、同島南部地域の投資環境改善と経済発展に資するため、コンバインドサイクル発電設備の増設を行った。インドネシア政府が策定した「国家電力設備開発計画」及び実施機関である国有電力会社（以下、「PLN」という。）が策定した「電力供給事業計画」等を通じて新規発電設備の整備や電力供給の方針が示されており、電力需要の拡大に対する開発ニーズや日本の援助政策との整合性が確認されることから、妥当性は高い。効率性に関して、アウトプットはおおむね計画どおりで、ガスタービン用発電装置にかかる課税免除及び為替変動の影響により、事業費は当初計画内に収まった。一方、事業期間はコンサルタントやコントラクターの選定手続きに想定以上の時間を要し、計画を大幅に超えたため、効率性は中程度である。本事業の定量的効果指標に関して、最大出力、設備利用率、稼働率、発電熱効率、送電端発電量は2015年以降、目標値をおおむね達成し、同系統における電力需給逼迫リスクの緩和及び電力の安定供給を下支えしていると考えられることから、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理を担う PLN クラマサン管区事務所（以下、「PLTGU Keramasan」という。）の体制面・技術面・財務面に特に懸念はない。2017年2月にガスタービン用発電装置1号機の燃料ノズルが焼損し、修復作業が必要となり、同年10月末まで稼働を停止したが、事後評価時には修復工事が完了し稼働を再開している。その他の施設・機材の運営・維持管理状況に特に問題は生じていない。したがって、本事業の実施によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



本事業により整備された発電施設

1. 1 事業の背景

インドネシアでは、人口増加及び経済発展に伴い電力の需給状況が逼迫しつつあった。本事業開始前（2004年）、電力需要は年平均約6.4%で今後伸びると見込まれ、2013年までに必要とされる電源設備の全体容量はジャワ・バリ地域では約7,400MW、南スマトラ地域では約1,300MW、北スマトラ地域では約1,200MW、バタム地域では約600MW、南スラウェシ地域では約400MWと試算され、増大する電力需要に対応する必要性に迫られていた。とりわけ、本事業が位置する南スマトラ地域では、活発な投資活動から高い経済成長が将来的に見込まれると同時に、早々に電力需給が逼迫することが予測された。加えて、1997年のアジア通貨危機以降、PLNの自己資金のみでは新規電源開発を進めることが困難であったため、国外など他の資金源による開発が喫緊の課題とされていた。

1. 2 事業概要

スマトラ島南スマトラ系統に接続するクラマサン火力発電所において、コンバインドサイクル発電設備を増設することにより、電力供給能力の増大、同系統における電力需給逼迫状況の緩和及び供給の安定性の改善を図り、もって同島南部の投資環境改善及び経済発展に寄与する。

円借款承諾額/実行額	9,736 百万円 / 9,677 百万円
交換公文締結/借款契約調印	2005年3月29日 / 2005年3月31日
借款契約条件	金利 1.3% 返済 30年 (うち据置10年) 調達条件 一般アンタイト

借入人/実施機関	インドネシア共和国 / 国有電力会社 (State Electricity Company (PT.PLN))
事業完成	2014年12月
本体契約	・丸紅株式会社 (日本)
コンサルタント契約	・PT. Connusa Energindo (インドネシア) / 中部電力株式会社 (日本) / 電源開発株式会社 (日本) / PB Power (NZ) Ltd (ニュージーランド) (JV) ・ニュージェック (日本)
関連調査 (フィージビリティ・スタ ディ:F/S) 等	F/S 2003年3月
関連事業	なし

2. 調査の概要

2. 1 外部評価者

稲澤 健一 (オクタヴィアジャパン株式会社)

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：2017年7月～2018年8月

現地調査：2017年10月2日～15日、2018年2月11日～15日

3. 評価結果 (レーティング：A¹)

3. 1 妥当性 (レーティング：③²)

3. 1. 1 開発政策との整合性

2004年4月にインドネシア・エネルギー鉱物資源省が作成した「国家電力設備開発計画³」によると、同国全体の発電設備容量は経年劣化等により減少傾向にあった。また、同計画は南・北スマトラ系統において将来は人口増加や経済成長に伴い、電力需給の逼迫を見込んでいた中で、将来のエネルギー源として、北スマトラ州の水力、南スマトラ州のガス、ランプン州の地熱源等の重要性を挙げている。すなわち、南スマトラ地域においてガスをエネルギー源とするコンバインドサイクル発電設備増設を行う本事業は、インドネシアの開発政策に整合したものであったといえる。

事後評価時、インドネシア政府は2014年1月に「国家エネルギー政策⁴」を策定し、その

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」

³ インドネシア語名は Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN)

⁴ インドネシア語名は Kebijakan Energi Nasional (KEN)

中で、全国の発電容量を 2014 年実績である 51GW から、2025 年までに 115GW、2050 年までに 430GW に増強する目標を掲げている。また、事後評価時における「国家電力設備開発計画」（2012 年～2031 年）では、電力供給不足の回避や、石油燃料利用の最小化を目指したガス、揚水発電によるピーク電力負荷向けの発電所の整備等を中心とする電力供給計画を掲げている。さらには、本事業の実施機関である PLN は、2012 年に「電力供給事業計画⁵」（2012 年～2021 年）を策定し、その中で達成すべき目標として、電力供給不足の解消、電力の信頼性と質のさらなる向上、最適な電源構成による生産基本費用の縮小等を提唱している。同時に PLN は、「環境を視野に入れた活動」を理念に掲げ、温室効果ガスの排出削減に向けた方向性を示し、その中で、石油燃料の使用を削減するため、石油燃料の利用からガス火力発電所等でのガス利用への移行を目指している⁶。

以上より、審査時及び事後評価時を通じて、インドネシア政府は電力供給能力の向上を含む電力セクターの整備方針を引き続き重要視している。したがって、審査時・事後評価時ともに国家計画、セクター計画等それぞれにおいて政策・施策との整合性が認められる。

3. 1. 2 開発ニーズとの整合性

本事業開始前、南スマトラ系統のピーク需要は2003年の1,132MWから2013年の2,429MWまで約2倍に伸びることが見込まれていた。2003年の同系統における発電設備容量は1,607MWであったが、2007年には稼働中のディーゼル発電設備が老朽化のため停止することが見込まれ、その分の容量である約273MWの供給能力が減少すると見込まれていた。これを受けてPLNでは、2008年以降は電力の安定供給が困難になり、将来のピーク需要への対応も困難になることを予測した。すなわち、同系統において新規発電設備容量の増加を図ることは喫緊の課題であった。

事後評価時、インドネシアでは電力の需給状況が逼迫のリスクが高い状況が続いている。PLN によれば、同国では電力の供給予備率が 30%を切ると需給逼迫のリスクが高くなると認識されている。表 1 に南スマトラ系統の電力需給・実績を示す。電力需要は増加傾向にあり、2016 年までの実績を見る限り予備率は低下傾向にあることがうかがえる。2016 年は 16.2%と依然として改善が必要な状況にある。また、表 2 に南スマトラ系統における電力需給・将来予測（2018 年～2021 年）を示す。2018 年までの需給状況は逼迫傾向にあることがうかがえる。以上の状況を踏まえインドネシア政府は、出力約 35,000MW の発電施設増強を推進するプログラムである「インドネシアのための 35,000MW⁷」を、南スマトラ地域を

⁵ インドネシア語名は Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL)

⁶ 「電力供給事業計画」及び PLN によれば、この背景に燃料移行の歩みは直接的に温室効果ガスの排出削減に直結することを理由に挙げている。

⁷ インドネシア語名は 35.000 MT Untuk Indonesia

含む全国で推進し、発電容量の確保を努めている。また、PLN は独自に南スマトラ州・グマワンの「変電施設拡張事業」、南スマトラ系統における電力供給体制の強化を目指す「電力グリッド強化スマトラ・プログラム」を推進し、電力の安定供給の実現に努めている。

表 1：南スマトラ系統における電力需給・実績（2010 年～2016 年）

	単位	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
ピーク需要	MW	2,140.7	2,321	2,520.5	2,749.2	2,955.4	3,143.4	3,513.4
設備容量	MW	2,569.3	2,858	3,164	3,227.9	3,836.1	3,904.7	4,083.3
予備率 *注	%	20	23.1	25.5	17.4	29.8	24.2	16.2

出所：PLN

*注：PLN による予備率は「(設備容量÷ピーク需要) -1)」で算定される。

(参考) 表 2：南スマトラ系統における電力需給・将来予測（2018 年～2021 年）

	単位	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
ピーク需要	MW	3,889	4,279	4,958	5,679
設備容量	MW	4,634	6,204	7,480	8,756
予備率	%	19	45	51	54

出所：PLN

以上より、審査時及び事後評価時を通じて発電容量の確保及び安定した電力供給の実現は南スマトラ系統では主要課題である。したがって、本事業は審査時・事後評価時ともに開発ニーズとの整合性が認められるといえる。

3. 1. 3 日本の援助政策との整合性

日本政府の「対インドネシア国別援助計画」（2004 年 11 月）では、重点分野の一つとして「民間主導の持続的な成長」を掲げていた。またそのための支援策として、投資環境改善のための経済インフラ整備等を挙げていた。一方 JICA は、「海外経済協力業務実施方針」（2002 年 4 月）を策定し、その重点分野として「経済成長に向けた基盤整備」及び「地方開発への支援」を掲げ、その具体的な対策として電力を含む経済・社会インフラの整備を通じて経済成長を促進するための支援を行うことを明記していた。加えて、JICA は「国別業務実施方針」（2004 年 9 月）を策定し、重点課題の一つとして民間投資主導の成長のための環境整備を掲げていた。主要セクターへの支援方針の中では、電力セクターの課題として、電力の安定供給、電力セクターの効率化、電化率の向上、環境対策の 4 点を掲げていた。また、「主要経済圏であるスマトラ島及びスラウェシ島における電力の安定供給に向けて、当該地域における発電設備の新設・増強及び連携送電網拡充事業等を積極的に支援する」方針を掲げていた。

以上を踏まえると、本事業で整備される発電設備による電力供給はスマトラ島における

経済成長の下支えが期待できるため、日本の援助政策との整合性は確保されていたといえる。

以上より、本事業の実施はインドネシアの開発政策、開発ニーズ、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

本事業は、スマトラ島南スマトラ系統に接続するクラマサン火力発電所において、コンバインドサイクル発電設備を増設するものであった。表 3 は、本事業のアウトプット計画及び実績である。アウトプットはおおむね当初の計画どおりであった。

表 3：本事業のアウトプット計画及び実績

審査時計画（2004年）	事後評価時実績（2017年）
1) 土木工事、調達機器等	
(a) ガスコンバインドサイクル発電設備（80MW級） ①ガスタービン用発電装置×2基の設置 ②蒸気タービン発電装置×2基の設置 ③排熱回収ボイラ×2基の設置 ④上記装置に必要な付属設備（ガス供給設備、150kV開閉所等）の拡張 (b) 関連土木・建築工事 (c) 冷却塔設備 (d) 脱塩、純水装置 (e) スペアパーツ（運転開始後2年分の運転・補修に必要な物量）	おおむね計画どおり。 （ガスコンバインドサイクル発電設備の容量は75MWに変更となった）
2) コンサルティング・サービス	
(a) 本発電所建設・運用にかかる TOR ①詳細設計、②入札補助、③施工監理、④性能評価、⑤運用・保守補助、⑥環境管理補助、⑦技術移転及び人材育成等 (b) PLN及び南スマトラ地方政府職員の計画機能強化支援 ①電力需給予測能力支援、②予測システム	計画どおり。

構築、③最適電源開発計画能力支援、④送配電線建設計画支援、⑤投資計画立案支援	
--	--

出所：JICA 提供資料、質問票回答及び現場視察（事後評価時実績）

1) 土木工事、調達機器等のガスコンバインドサイクル発電設備容量に関して、事業開始後の詳細設計時に当初計画の 80MW から 75MW に規格が変更となった。この変更の背景には、クラマサン火力発電所周辺では日中の気温が高く発電効率が落ちるといった性質があるため⁸、ガスタービンの性能上、出力が 80MW まで上昇しにくいことが詳細設計時の現場踏査を通じて確認されたことが挙げられる⁹。

3. 2. 2 インプット

3. 2. 2. 1 事業費

審査時の計画では総事業費 11,455 百万円（うち円借款対象は 9,736 百万円）であったのに対し、実績額総額は 10,414 百万円（うち円借款対象は 9,677 百万円）と計画内に収まった（対計画比 91%）。その理由として、ガスタービン用発電装置など国外からの輸入品に対する税金がインドネシア政府により課税される可能性が排除されなかったために予算として計上されていたが、実際は事業開始後に課税免除となったことが挙げられる¹⁰。加えて、事業期間中の為替変動（円高ドル安・ルピア安）も要因として挙げられる。

3. 2. 2. 2 事業期間

審査時、本事業の期間は 2005 年 3 月～2011 年 2 月までの 6 年（72 カ月）と計画されていた。一方、実績は 2005 年 3 月～2014 年 12 月 までの 9 年 10 カ月（118 カ月）であり、計画を大幅に上回った（計画比 164%）。遅延の主な理由は、1) コンサルタントの選定に関して PLN 内部の手続きに想定より時間を要し、選定開始時期が遅れたこと、2) 詳細設計・調達に関して、コントラクターの選定手続き及び交渉に想定以上に時間を要したこと、3) 試運転開始時期が遅れたことであるが、具体的にはガスタービンへの初回の点火圧力（ガス噴射）が、ガスタービン製造業者によって指定されている圧力より低かったこと等が挙げられる。表 4 に各事業コンポーネントの当初計画及び実績を示す。

⁸ 通常のガスコンバインドサイクル発電では、ガスタービンの排気温度と外気温の差が大きい場合、ガスタービンによる発電量は増えるが、逆に排気温度と外気温の差が小さい場合、ガスタービンの発電量は小さくなるという性質がある。

⁹ なお審査時の発電設備容量「計画値 80MW」は、施工業者の入札結果により変更の可能性があるとされた上で設定されていた。

¹⁰ PLN によると、インドネシアの政府系事業に関し、ほとんどの輸入品は非課税となるが、時には免税としない場合があるとしている。制度上、免税申請の手続きを行う必要があり、中央政府による判断が下されることを待つ必要がある。そのため事業開始前に事業費として計上されていたとのことであった。

表4：本事業期間の当初計画及び実績

	当初計画 (審査時：2004年)	実績 (事後評価時：2017年)
(事業全体)	2005年3月～2011年2月 (72カ月)	2005年3月～2014年12月 (118カ月)
1) コンサルタント選定	2005年4月～2006年9月	2006年5月～2007年11月
2) コンサルティング・サービス	2006年4月～2011年2月	2007年11月～2014年12月
3) 詳細設計・調達	2006年4月～2008年3月	2008年8月～2011年3月
4) 建設工事	2008年4月～2010年2月	2011年4月～2012年11月
5) 試運転	2009年10月～2010年2月	2013年5月～2013年12月
6) 保証期間	2010年3月～2011年2月	2013年12月～2014年12月

出所：JICA資料、質問票回答

3. 2. 3 内部収益率（参考数値）

財務的内部収益率（FIRR）

審査時において、売電収入を便益、本事業に要する費用及び運営・維持管理費を費用、供用開始後のプロジェクトライフを20年とした財務的内部収益率(FIRR)は14.1%であり、同条件での再計算結果は12.7%である。数値が下がった理由としては、投資期間(工事期間)が若干長くなり、投資回収のタイミングが遅くなったことが挙げられる。また、プロジェクトライフの起点をL/A調印年とした場合、審査時のFIRRは12.8%、事後評価時の再計算結果は8.8%であった。これはL/A調印から供用開始までに時間を要したため、プロジェクトライフ中の供用期間が短くなり便益が縮小したためである。なお、本事業に要する建設費用は当初計画内に収まり、審査時に想定されていた売電単価が想定より上昇したこと(審査時：US7セント/kWh→事後評価時US8セント以上/kWh)、天然ガス購入費(燃料費)及び維持管理費も当初の想定範囲であったことにより、再計算値の減少幅は抑えられているといえる。

以上のとおり、アウトプットはおおむね計画どおりであり、ガスタービン用発電装置にかかる課税免除や為替変動の影響により、事業費は当初の計画内に収まった。一方、事業期間は、コンサルタントやコントラクターの選定手続きに想定以上の時間を要した結果、当初計画を大幅に超えた。したがって、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。

3. 3 有効性・インパクト¹¹（レーティング：③）

3. 3. 1 有効性

3. 3. 1. 1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業では、ガスコンバインドサイクル発電設備としてガスタービン用発電装置 2 基（1 号機及び 2 号機）が主要コンポーネントとして整備された。表 5 に、本事業の定量的効果指標を示す。目標値は審査時（2004 年）に設定された数値であり、実績値は同発電設備の運転が開始された以降の数値である。

表 5：本事業の運用・効果指標（目標値・実績値）

指標	目標値 2012 年	実績値			
		2014 年	2015 年	2016 年	(参考) 2017 年 注 3
	事業完成 1 年後	事業完成年	事業完成 1 年後	事業完成 2 年後	事業完成 3 年後
【運用指標】					
1) 最大出力(単位:MW)	82 注 1	75.0	73.23	75.23	75.0 注 4
2) 設備利用率(単位:%)	75 以上 注 2	57.15	83.54	92.05	48.90
3) 稼働率(単位:%)	85 以上	55.25	83.80	97.73	52.74
4) 発電端熱効率 (単位:%)	46 以上 注 1	39%(1号機) 41%(2号機)	39%(1号機) 39%(2号機)	40%(1号機) 41%(2号機)	N/A (算定されて いない)
【効果指標】					
5) 送電端発電量 (単位:GWh/年)	523 注 1	430	542	598	211

出所：JICA 資料（目標値）、質問票回答（実績値）

注 1：審査時、今後の入札結果によっては変更の可能性があると言われていたが、実際には新たな目標値の設定は行われなかった。

注 2：同様に、審査時において給電運用により変更の可能性があると言われていた。

注 3：2017 年は 8 月末頃までのデータである。事後評価時（2017 年 10 月）で年間を通じたデータが算定されていないため参考扱いとする。

注 4：2017 年 1 月～2 月にかけては 73～75MW（1 号機・2 号機）、2 月途中から 8 月頃までは 40MW 程度（2 号機のみ）であった。2017 年 8 月までの平均出力は 56.0MW である。

以下は各指標に関する分析・レビューである：

1) 最大出力の目標値と実績値の差に関しては、3. 2. 1 効率性・アウトプットにて説明のとおりであるが、おおむね当初の目標値を達成しているといえる。2017 年の実績値（平均値）は 56MW と目標値に対して低い結果となっている。理由としてはクラマサン火力発電所の運営・維持管理を担う PLTGU Keramasan が同年 2 月に 1 号機の大がかりなメンテナンス（ガスタービン用発電装置の据付後、約 16,000 時間経過後に実施される定期メンテナ

¹¹ 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。

ンス)を行った際に、同発電装置 1 号機の燃料ノズルが焼損し、同タービンの修復作業を行う必要に迫られ 10 月末まで稼働を停止したことが挙げられる。1 号機の燃料ノズル焼損および稼働停止の経緯は次のとおりである。PLTGU Keramasan は同年 2 月に定期メンテナンスとして同 1 号機の燃料ノズルの交換を行う際に、現地インドネシアの業者に燃料ノズルの部品を配送し、点検・加工・再利用のための処置を行った。同部品を再度 1 号機に取り付け、ガスタービンを稼働させたところ、不規則な燃料噴射が生じ、燃焼管内筒とタービン内部が焼損し、タービンプレード等も損傷した。PLTGU Keramasan は直ちに自己資金によりタービン製造業者¹²に修理を委託し作業を進めた。同年 10 月中旬までに修理が完了し、事後評価時において 1 号機は正常に稼働している。かかる経緯に関して、同業者にヒアリングを行ったところ、「本事業のガスタービンは高性能であり熱効率や出力が高く、部品の交換も慎重に取り扱う必要がある。同タービンは世界でも数少ない形式¹³のものであり、その関連部品となると、本来は製造業者の純正品調達が望ましい」とのことであった¹⁴。燃料ノズルのような精密部品は、通常、摂氏 1,300 度以上の高温に耐えなければならないため、高い品質が求められる。インドネシア国外からの部品調達は時間がかかり、納入までのコストも高い¹⁵ことは理解できるものの、PLTGU Keramasan は高い品質が求められる部品を交換する場合については、現地業者ではなく、純正品を調達して交換を行うことが望ましかったと考えられる¹⁶。

2) 設備利用率¹⁷、及び 3) 稼働率¹⁸に関して、2015 年の設備利用率は目標値を達成し、稼働率はほぼ達成している。2016 年は両指標とも当初の想定以上を達成している。2017 年は既出のとおり、ガスタービン用発電装置 1 号機が稼働を 2 月～10 月までの間に停止したため、出力低下に伴い数値はそれぞれ低下した。なお補足情報として、2014 年の数値が他年の実績値に比較してそれぞれ低い理由は、同 2 号機の吸気フィルタ（外部から空気を取り入れ

¹² 本事業のコントラクターを通じてガスタービン用発電装置を製造・納入していた業者。

¹³ 2017 年現在、150 台程度とのことである。

¹⁴ なお、同製造業者は、タービン修復作業に伴う PLTGU Keramasan の維持管理職員の技能・作業内容に問題はなかったとの見解を示している。またガスタービン用発電装置 1 号機が 2017 年 2 月に稼働停止してから、修理委託、部品の調達、実際の修理までのプロセスも迅速であったとの見解を示している。修理後の試運転及び実際の稼働を通じて、本来の出力や熱効率を確保していることインタビューによりも確認した。

¹⁵ PLTGU Keramasan の幹部へのインタビューによると、部品の種類にもよるが、特殊な部品を国外から調達する場合、手続き・配送・据付まで 6 カ月～1 年と長い時間を要するとのことである。また、国内業者から調達する費用と比較して、国外からの場合は約 60%コスト高と見解を示している。

¹⁶ ガスタービン用発電装置 2 号機の定期メンテナンス(1 号機同様 16,000 時間経過後に実施される)は 2017 年 11 月中旬に実施された(11 月 11 日～18 日の 9 日間)。PLTGU Keramasan は、1 号機の経緯を踏まえ、交換パーツは純正品を入手している。1 号機も 2 号機も本来は 10 日前後で定期メンテナンスが実施されるものであり、業務内容に違いはないことを PLTGU Keramasan へのインタビューにより確認した。なお、蒸気タービンなど本事業の他の施設・機材については事後評価時において定期メンテナンスの時期を迎えていない。一例として、蒸気タービンは運転開始約 10 年毎の間隔で主要部品の交換が行われる。

¹⁷ 年間発電量÷(定格出力×年間時間数)×100 により算定される。

¹⁸ (年間運転時間÷年間時間数)×100 により算定される。

るフィルタ)が一部破損し、修理期間が生じたことが主な要因である¹⁹。停止期間が生じたため、同年の設備利用率及び稼働率も低下している。

4) 発電端熱効率²⁰に関して、本事業完成以降、おおむね 40%前後で推移している。目標値より若干低いが、PLTGU Keramasan によると、「目標値はあくまで計画時の設備仕様に基づいたものであり、ターゲットではない。スマトラ島において電力系統の運用計画を担っている P3BS と呼ばれる PLN の部門²¹が指令を出して発電所の運用方針が決められている。実際、施設の稼働に問題はなく、PLTGU Keramasan で出力を調整し熱効率を上下させることは可能であるが、P3BS の指令に従っている。設計時の値とは異なることはあり得る」とのことであった。

5) 送電端発電量²²に関して、2015 年と 2016 年は当初の想定以上を達成している。2017 年は 8 月末までのデータであるが、既出の理由のとおり、ガスタービン用発電装置 1 号機が稼働を一定期間停止したことに伴い、前年と比較して低迷している²³。

いずれにしても、事後評価時点で修復工事は完了し、ガスタービン用発電装置が正常に稼働していることを踏まえると、当初想定された効果はおおむね発現していると判断できる。



写真 1：本事業発電施設の管理制御室



写真 2：ガスタービン用発電装置 1 号機

¹⁹ 事後評価時において、PLTGU Keramasan も製造業者も原因は不明としている。製造業者へのインタビューによれば、同フィルタ通過後に施されているダクト内のアルミ膜が剥がれしまった結果、剥がれたアルミ膜でダクト内部を塞いでしまい冷却が行われなくなった。そのため 2014 年 9 月～12 月までの 4 ヶ月間、同タービンは停止していた。2013 年 12 月～2014 年 12 月までは保証期間中であったため（参照：3. 2. 2. 効率性・事業期間）、主に製造業者が無償で修理を行った。

²⁰ $(\text{年間発電端発電量} \times 860) \div (\text{年間燃料消費量} \times \text{燃料発熱量}) \times 100$ により算定される。

²¹ P3BS はインドネシアのスマトラ島中部リアウ州の都市プカンバルにある PLN の一部門である。火力発電の運営指令及び電力の供給調整を担当している。

²² 送電端発電量とは、発電所で生産した発電量（電力生産量）から発電所内で使用された電力を引いた発電量を示す。設備利用率や稼働率により発電量は影響を受ける。

²³ 補足情報として、2014 年の数値が低い理由は、既出のとおり同 2 号機が一定期間稼働を停止していたことによる。

3. 3. 1. 2 定性的効果（その他の効果）

・南スマトラ系統における電力需給逼迫状況の回避及び供給の安定性の改善

本事業開始前、南スマトラ系統では今後人口増加や経済成長に伴い、また南スマトラ地域への投資額が大きく、早々に電力需給が逼迫することが見込まれていた。そのため、電源開発を通じた安定的な電力供給の実現は喫緊の課題であった。前掲表 1 のとおり電力需要は増加傾向にあり、予備率が低下傾向にある。PLN によれば、予備率が 30% を切ると需給逼迫のリスクが高くなるとしている。南スマトラ系統の全設備容量は前掲表 1 が示すとおりである一方、クラマサン火力発電所の総発電能力（最大値）が約 350MW、うち、本事業の設備容量が 75MW である（構成割合全体の約 21%）。同系統全体の設備容量割合から見ると大きいとはいえない。ただし、前掲表 1 のとおり本事業が完成した前後である 2013 年～2014 年にかけての同予備率が上昇している事実を踏まえると、本事業の設備容量は南スマトラ系統における予備率を底上げするものといえ、電力需給逼迫状況の回避に寄与していると推察される。

参考：南スマトラ州における電力消費量の推移

表 6 に、2005 年以降の南スマトラ州における電力消費量を示す。電力消費量は増加傾向にあることがうかがえる。

(参考) 表 6：南スマトラ州における電力消費量の推移

(単位：GWh)

2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
1,621.57	1,769.47	1,969.61	2,217.13	2,654.79	3,031.49
2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
2,958.02	3,834.93	4,127.33	4,431.95	4,737.48	4,938.55

出所：PLN

参考：南スマトラ系統における今後の電力需要・将来予測

前掲表 2 のとおり 2018 年までの需給状況は逼迫傾向にあるが、2019 年以降は、3. 1. 2 開発ニーズとの整合性で述べた発電能力増強プログラム「インドネシアのための 35,000MW」が南スマトラ系統での実施を含め完了し、設備容量が増える見込みである。その結果、以後の予備率は大きく改善する見込みである。

3. 3. 2 インパクト

3. 3. 2. 1 インパクトの発現状況

- ・スマトラ島南部の投資環境改善及び経済発展への貢献

表7は、南スマトラ州における PLN の電気サービスへの接続契約者数の推移、表8は南スマトラ州の地域経済生産額（GRDP）の推移、表9は南スマトラ州への投資額（国内外からの投資額）の推移、表10は南スマトラ系統における売電収入額の推移である。

表7：南スマトラ州の PLN 電気サービスへの接続契約者数の推移

分類	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
一般住宅	1,197,649	1,179,848	1,304,651	1,630,885	1,746,804	1,845,736
工場	421	449	488	547	598	687
民間企業	49,093	44,298	47,617	60,188	63,267	68,110
公共施設	20,859	19,240	21,145	27,772	30,234	33,326
政府機関	4,434	3,922	4,268	5,649	6,203	6,573
公道の街灯	2,956	3,004	3,365	4,093	4,658	5,176
合計	1,275,412	1,250,761	1,381,534	1,729,134	1,851,764	1,959,608

出所：PLN

表8：南スマトラ州の地域経済生産額（GRDP）の推移

(単位：10億ルピア)

2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年*
194,013	226,667	253,265	281,997	308,406	332,727

出所：インドネシア統計局（南スマトラ支局）

*注：2015年は推計値

備考：本 GRDP は天然ガス・石油セクターを含む実勢価格

表9：南スマトラ州への投資額（国内外からの投資額）の推移

(単位：1兆ルピア)

	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
国内	1,115	690	313	643	855	193
国外	525	905	1,408	1,109	1,121	2,955
合計	1,640	1,595	1,721	1,752	1,976	3,148

出所：南スマトラ州政府

表10：南スマトラ系統における売電収入額

(単位：百万Rp.)

2014年	2015年	2016年
5,542,416	6,490,702	6,660,273

出所：PLN

表7のとおり、すべての分類における契約者数は直近6年間において増えている。表9を見ると、国内からの投資は増えているとはいえないものの、国外からの投資額は増加傾

向にある。実態として、農業分野と鉱業分野の伸びが大きい。2016 年は前年比で大きく増加しているが、鉱物資源採掘の投資と農業分野の投資が州都パレンバン市において大きかったこと、鉱業セクター主体の国外大手企業 4 社が進出したことが要因に挙げられる。かかる企業は大口電力需要家と推察され、旺盛な電力需要の増大を説明するものといえる。表 10 は売電収入額の推移を示す。契約者タイプ、地域、条件により料金額は異なるため、具体的な電力料金単価は判明しなかったものの、直近 3 年においておおむね増加傾向にあることが確認できる²⁴。

ただし、既出のとおり本事業の設備容量は南スマトラ州全体の設備容量と比較して大きくはないため、契約者数や表 7 が示す GRDP、表 9 が示す投資額、表 10 が示す売電収入額への貢献は大きいとはいえない。その一方、PLN 本部、PLTGU Keramasan にインタビューを行ったところ、「もしクラマサン火力発電所からの送電がなければ、南スマトラ系統における予備率は低く、投資環境や経済にも何らかのかたちで影響は出る。州都パレンバン市を中心に経済発展・人口増加が進む中で安定供給を行う必要があり同発電所の役割は今後ますます重要になる」といったコメントがあった。よって、PLN は同州全体の電力供給の安定に本事業による貢献があったと判断していると考えられる。

以上を踏まえると、発電施設の容量増加による電力の安定供給が州都パレンバン及び南スマトラ地域の経済成長を下支えするものであり、本事業はその一翼を担っているといえる。

3. 3. 2. 2 その他、正負のインパクト

1) 自然環境へのインパクト

本事業は「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 年 4 月制定）の適用案件である。インドネシア国内の手続き上、本事業に係る環境影響評価（EIA）報告書の作成は義務付けられなかった。PLN は本事業実施に際して、環境管理方針（UKL）及び環境モニタリング方針（UPL）を作成し²⁵、2004 年 10 月にパレンバン市地方環境影響監視局（BAPEDALDA）の承認を取得した。

PLTGU Keramasan は UKL や UPL に基づいたモニタリングを行っており、事業完成後において環境面における負のインパクト（主に、大気汚染、水質、騒音・振動、生態系への

²⁴ 補足情報として、南スマトラ州の人口増加率は 1.48%（2015 年、出所は <https://knoema.com/atlas/Indonesia/South-Sumatra/Growth-Rate-of-Population>（2017 年 12 月 15 日アクセス））、一方、インドネシア全体の人口増加率は 1.04%（2017 年、出所は <http://worldpopulationreview.com/countries/indonesia-population/>（2017 年 12 月 15 日アクセス））である。前者の人口増加は相対的に高いため、かかる統計データの実績値に作用している可能性も考えられる。

²⁵ 環境管理方針（UKL）は、大気汚染、振動・騒音、水質、生態系への影響等を管理するものであり、環境モニタリング方針（UPL）は、UKL の進捗や実際の状況のモニタリングを行うものである。

負の影響等)は発生していないことを PLTGU Keramasan へのインタビュー、現地視察を通じて確認した。なお、クラマサン火力発電所周辺は、住宅密集地域でも商業地域でもない。

表 11 は、直近のクラマサン火力発電所における環境モニタリング結果である。実績値データはインドネシア環境基準の範囲内に収まっていることから、周辺地域に与える影響は少ないと判断される²⁶。また、住民の健康被害といった事例や苦情もないこともインタビューにより確認した。

表 11：環境モニタリング結果
(最新データ：2017年8月21日計測)

モニタリング指標	単位	インドネシア 環境基準	実績値 *注
二酸化硫黄 (SO ₂)	µg/Nm ³	365	41.75
炭化水素 (HC)	µg/Nm ³	160	0
粉塵 (Dust)	µg/Nm ³	230	134.25
二酸化窒素 (NO ₂)	µg/Nm ³	150	39.25
騒音 (dB)	dB	70	49.25

出所：PLTGU Keramasan

注：クラマサン火力発電所内の4つのサンプリング・ポイントの平均値を示す

PLTGU Keramasan では、本事業で整備された施設を含む事業サイト内において定期的な環境モニタリングを実施している。組織内には K2L と呼ばれる部門があり、職員 5 名がモニタリング業務を担っている。仮に、何らかの問題が発生すれば K2L が中心となり直ちに解決に向けた対応を取ることになっている。南スマトラ州政府やパレンバン市役所とも必要に応じてモニタリング結果を共有している。本事業完成後、特に環境に関する負の影響や問題は発生していないため、モニタリング結果を踏まえて実施された対策は特にないことを同部門へのインタビュー等を通じて確認した。

2) 住民移転・用地取得

本事業では、住民移転・用地取得は発生しなかった。本事業の発電施設はクラマサン火力発電所敷地内に建設するものであったことから、新たな用地を取得する必要も住民移転も必要なかった。

[有効性・インパクトのまとめ]

運用・効果指標（定量的効果指標）の目標年（事業完成1年後）にあたる2015年の実績値は、目標値をおおむね達成している。また、本事業は将来予見される電力需給の逼迫状

²⁶ 水質、振動、生態系への影響に関するデータは確認できなかったが、PLTGU Keramasan へのインタビューを通じて、インドネシア環境基準をクリアしていることを確認した。

況の回避及び電力の安定供給の一翼を担い、スマトラ島南部の投資環境改善及び経済発展を下支えしているといえる。以上を踏まえると、有効性・インパクトは高い。

3. 4 持続性（レーティング：③）

3. 4. 1 運営・維持管理の体制

本事業の実施機関は PLN である。本事業で整備された発電施設の運営・維持管理を担っているのは、PLTGU Keramasan であり、本事業で整備されたガスコンバインドサイクル発電設備の運営・維持管理に従事する職員数は 52 名である。PLN 本部（ジャカルタ）は PLTGU Keramasan の監督を行い、運営・維持管理業務に関する定期的報告が双方で行われている²⁷。

PLTGU Keramasan の職員数は十分と見受けられる。職員は、過不足なく、適材適所に各部門に配置されて業務を行っていることを現地視察及び PLTGU Keramasan 幹部へのインタビューを通じて確認した。なお、本事業で整備された発電施設は 24 時間 365 日の運営体制で業務が行われ、職員は 3 交代制で管理・保守・定期点検を行っている。

以上より、事後評価時における運営・維持管理の体制面について、特段大きな問題はないものと考えられる。

3. 4. 2 運営・維持管理の技術

PLTGU Keramasan には業務経験・知識が豊富な職員が多く配属されている。運営・維持管理を担う職員を対象に年 1 回、その業務知識を測る試験（実地・筆記試験）が行われている。能力水準は 3 段階（Level 1～3）に分類され、Level 3 の職員は他職員を監督・指導する立場にある。これらにより、運営・維持管理の技術力が確保されている。

本事業施設に関する運営・維持管理に係るマニュアルも配備されており、適時活用されていることを現地調査時に確認した。なお、事業完成直前の同施設の試運転時において、ガスタービン等の製造業者から運転に関する実地訓練・講習が PLTGU Keramasan の職員向けに行われた。当時参加した職員からは「その内容は、提供されたマニュアルと併せて日々の維持管理・保守業務に役に立っていると思う」とのコメントがあった。

研修・トレーニング実績に関して、事業完成後の 2017 年には「蒸気タービン運転研修」及び「施設資産マネジメント研修」に PLTGU Keramasan から職員がそれぞれ 34 名・7 名が参加している。新規採用職員への OJT トレーニングも随時行われている。

以上より、本事業の運営・維持管理に係る技術面での問題は見られないと判断される。

²⁷ PLN 本部によれば、本事業に関する PLTGU Keramasan の運営・維持管理上の組織体制については人員も充足しており特に問題はないとのことである。

3. 4. 3 運営・維持管理の財務

表 12 は本事業で整備された施設・機材にかかる維持管理費（直近 4 カ年）を示す。2014 年の稼働開始後、PLN 本部から PLTGU Keramasan への予算は過不足なく配賦されている。2017 年は 16,000 時間毎に実施される大がかりな定期メンテナンスの時期であったため、相対的に予算増となった。PLTGU Keramasan によると、「毎年十分な予算を維持管理業務に投じている。予算不足による維持管理不足は起こっていない」といったコメントが出された。

表 12：本事業で整備された施設・機材にかかる維持管理費

(単位：百万 Rp.)

	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
予算配賦額	N/A (データなし)	N/A (データなし)	17,259	105,708
執行額 (実績)	2,097	5,248	15,711	7,793 *注

出所：PLN

注：2017年9月末時点データ

参考までに、PLN 全体の財政収支報告書（損益計算書）を表 13 のとおり示す。PLN の電力売上は毎年増加傾向にある。しかし、表内④のとおり、中央政府の電力補助金がなければ赤字という状況であり、すなわち PLN の財務は政府補助金によって支えられている。PLN は中央政府の方針である「公共サービス義務」に従って、供給コストよりも安い価格でも電力を売ることになっており、これにより発生する損失が政府からの補助金によって補填されている。その一方、発電事業の安定経営を企図して電力料金は徐々に上げていることを PLN 本部へのインタビューにより確認した。

(参考) 表 13：PLN 全体の財政収支報告書（直近 3 カ年の損益計算書）

(単位：百万 Rp.)

費目	2014 年	2015 年	2016 年
①営業収入 (売電収入等)	193,417,941	217,346,990	222,821,956
②営業費用	247,806,289	225,574,076	254,449,802
③営業収支 =①-②	(54,388,348)	(8,227,086)	(31,627,846)
④中央政府による電力補助金	99,303,250	56,552,532	60,441,520
⑤補助金配賦後の営業収支 =③+④	44,914,902	48,325,446	28,813,674
⑥財務収入・費用等の収支	(29,910,833)	(64,238,881)	(12,837,193)
⑦税引前損益 =⑤+⑥	15,004,069	(15,913,435)	15,976,481

⑧税控除手当	(3,934,699)	21,939,942	(5,427,843)
⑨税引後損益 =⑦+⑧	11,069,370	6,026,507	10,548,638

出所：PLN

注：カッコ内の数値はマイナスを示す

表 14 は、PLN 全体の貸借対照表である。2014 年から 2015 年にかけて会計基準の変更に伴う有形固定資産の減価償却方法等の見直しが行われ、2014 年の 518,235,453 百万 Rp. から 2015 年の 1,235,026,088 百万 Rp. に増えた。その後 2016 年の例では、固定負債は前年比で減少、流動負債は前年比で同等水準の一方で、流動資産は拡大し、資本は一貫して減少に転じていないことを踏まえると、財務の安全性は特段懸念があるような状況とは判断されない。

(参考) 表14：PLN全体の貸借対照表（直近3カ年）

(単位：百万Rp.)

費目	2014 年	2015 年	2016 年
①固定資産	518,235,453	1,235,026,088	1,173,608,898
②流動資産	85,423,738	79,344,793	100,967,332
③資産合計 (①+②)	603,659,191	1,314,370,881	1,274,576,230
④資本	164,671,226	804,709,617	880,797,712
⑤固定負債	351,429,688	389,441,371	272,155,163
⑥流動負債	87,558,277	120,138,893	121,623,355
⑦負債資本合計 (④+⑤+⑥)	603,659,191	1,314,370,881 ²⁸	1,274,576,230

出所：PLN

以上より、本事業の運営・維持管理の財務面は特に問題はないと考えられる。

3. 4. 4 運営・維持管理の状況

事後評価時、本事業で整備されたガスコンバインドサイクル発電設備、冷却塔設備及び関連設備の稼働状況は良好である。維持管理業務は定期的と日常的メンテナンスに分類されて実施されている。定期的メンテナンスに関しては、16,000 時間毎に 1 度、大規模な予算が充当され大がかりなメンテナンスが実施される。日常的メンテナンスについては半年毎・3ヶ月毎・毎月・毎週・毎日、それぞれ業務が分担され実施されている。なお、既出のとおり、PLTGU Keramasan では毎年メンテナンス実施計画を策定し、同計画に基づき運営・維持管理業務を実施している。

2017 年 2 月、ガスタービン用発電装置 1 号機の定期的維持管理ではスペアパーツの調達・

²⁸ ④～⑥の数値を合計すると 1,314,289,881 百万 Rp.となる一方、PLN 提供のデータであるため、現記載としている。

対応は必ずしも適切であったとはいえないものの、それ以外ではおおむね適切に調達・確保されている。2017年2月に生じたガスタービン用発電装置1号機（燃料ノズルの件）の故障・修理に関して、同年末までに、PLNは日系企業とガスコンバインドサイクル発電設備におけるガスタービン用発電装置の維持管理点検・支援について合意した。具体的には、同発電装置の維持管理業務はPLN職員が担う一方（既出のとおり技術・能力には問題はない）、大がかりのメンテナンス（16,000時間毎の定期メンテナンス）時のアドバイスや純正品を含む部品交換時の調達支援を同企業が担う内容である。なお、既出のとおり、既に同2号機の交換パーツは純正品を調達し、定期メンテナンスを実施した。

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務、状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は、スマトラ島南スマトラ系統に接続するクラマサン火力発電所において、電力供給能力の増大、同系統における電力需給逼迫状況の緩和と供給の安定性の改善を図り、同島南部地域の投資環境改善と経済発展に資するため、コンバインドサイクル発電設備の増設を行った。インドネシア政府が策定した「国家電力設備開発計画」及びPLNが策定した「電力供給事業計画」等を通じて新規発電設備の整備や電力供給の方針が示されており、電力需要の拡大に対する開発ニーズや日本の援助政策との整合性が確認されることから、妥当性は高い。効率性に関して、アウトプットはおおむね計画どおりで、ガスタービン用発電装置にかかる課税免除及び為替変動の影響により、事業費は当初計画内に収まった。一方、事業期間はコンサルタントやコントラクターの選定手続きに想定以上の時間を要し、計画を大幅に超えたため、効率性は中程度である。本事業の定量的効果指標に関して、最大出力、設備利用率、稼働率、発電熱効率、送電端発電量は2015年以降、目標値をおおむね達成し、同系統における電力需給逼迫リスクの緩和及び電力の安定供給を下支えしていると考えられることから、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理を担うPLTGU Keramasanの体制面・技術面・財務面に特に懸念はない。2017年2月にガスタービン用発電装置1号機の燃料ノズルが焼損し、修復作業が必要となり、同年10月末まで稼働を停止したが、事後評価時には修復工事が完了し稼働を再開している。その他の施設・機材の運営・維持管理状況に特に問題は生じていない。したがって、本事業の実施によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4. 2 提言

4. 2. 1 実施機関への提言

なし。

4. 2. 2 JICA への提言

なし。

4. 3 教訓

高い品質性が求められるスペアパーツの着実な確保

ガスタービン用発電装置の燃料ノズルのような精密部品は高い品質性が求められるが、本事業の精密機械のスペアパーツ交換を含む修理に関しては、インドネシア国外からの部品調達は時間がかかる上、納入コストも高いこと等により、PLN は現地企業への委託を行った。その結果、現地製造品の欠陥によるタービンの破損という問題が生じた。今後の類似案件において高い品質性が求められる部品の調達に関しては、たとえ現地製造品の調達がコスト安・納入も短期間で実現という前提があったとしても、事業完成後においても純正品が着実に使用されるよう、また、パーツ購入の予算も数年分が確保されるよう、事業実施中、あるいは完成時までには実施機関内で調達方針を確認し、着実に実行することが望ましい。

以 上

主要計画/実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	<p>①土木工事</p> <p>(a) ガスコンバインドサイクル発電設備 (80MW 級)</p> <p>1) ガスタービン用発電装置×2基の設置</p> <p>2) 蒸気タービン発電装置×2基の設置</p> <p>3) 排熱回収ボイラ×2基の設置</p> <p>4) 上記装置に必要な付属設備 (ガス供給設備、150kV 開閉所等) の拡張</p> <p>(b) 関連土木・建築工事</p> <p>(c) 冷却塔設備</p> <p>(d) 脱塩、純水装置</p> <p>(e) スペアパーツ (運転開始後2年分の運転・補修に必要な物量)</p> <p>②コンサルティング・サービス</p> <p>(a) 本発電所建設・運用にかかる TOR</p> <p>1) 詳細設計、2) 入札補助、3) 施工監理、4) 性能評価、5) 運用・保守補助、6) 環境管理補助、7) 技術移転及び人材育成等</p> <p>(b) PLN 及び南スマトラ地方政府職員の計画機能強化支援</p> <p>1) 電力需給予測能力支援、2) 予測システム構築、3) 最適電源開発計画能力支援、4) 送配電線建設計画支援、5) 投資計画立案支援</p>	<p>①土木工事</p> <p>: おおむね計画どおり</p> <p>(ガスコンバインドサイクル発電設備の容量は75MW に変更となった)</p> <p>②コンサルティング・サービス</p> <p>: 計画どおり</p>

② 期間	2005年3月～2011年2月 (72カ月)	2005年3月～2014年12月 (118カ月)
③ 事業費		
外貨	8,090百万円	9,169百万円
内貨	3,365百万円	1,245百万円
	(280,416百万ルピア)	(132,644百万ルピア)
合計	11,455百万円	10,414百万円
うち円借款分	9,736百万円	9,677百万円
換算レート	1 Rp.=0.012円	1Rp.=0.009386円
	1USD=110.36円	1USD=88.862円
	(2004年9月時点)	(事業実施中(2007年～2014年))
		平均：出所は国際通貨基金の国
		際金融統計データ)
④ 貸付完了	2016年1月	

0. 要旨

本事業は、ジャカルタ特別州北ジャカルタ市に位置するプレイット排水機場において、機能不全に陥っていた東排水機場の緊急改修及び防潮堤の整備を行うことにより、同排水機場の排水機能の回復を図り、同排水区域及びジャカルタ首都圏¹の洪水被害を軽減することを目的とした事業である。事後評価時において、本事業は水資源管理の改善による洪水多発地域の削減、水害リスクの軽減を掲げた「国家中期開発計画」等の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。本事業は事業費が計画内に収まったものの、事業期間は計画を超えており、効率性は中程度である。有効性に関しては、プレイット排水機場全体及び、東排水機場の設計排水能力としての指標を満たしたと判断する。一方、ジャカルタ特別州では、治水・排水対策事業が他にも実施されている。更に、洪水の発生、規模、被害拡大の要因には降雨量や水路・貯水池の深さ等多様な条件が関わる。よって、インパクトに関し、本事業のみにより洪水被害が軽減されたと判断することは難しい。しかし、本事業によりプレイット排水機場の排水能力が回復されなかった場合、洪水被害は拡大しているものと考えられることから、洪水被害の軽減を下支えしたと判断される。そのため、有効性・インパクトは高い。加えて、本事業の運営・維持管理の体制・技術・財務面に特に問題はなく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

¹ 本事業では、ジャカルタの地域をジャカルタ首都圏（居住者約 2,400 万人＝間接受益者）、ジャカルタ特別州（またはジャカルタ中心市街、ジャカルタ中心部）（約 662.33 km²、居住者約 914 万人＝第二次直接受益者）、プレイット排水機場排水区域（34.2 km²）内の北ジャカルタ市（居住者約 18 万人＝第一次直接受益者）と分け設定している。（人口の出所は 2008 年政府推計）図 1 の左側の地図のハイライト部分は、実施機関であるジャカルタ特別州水資源局の管轄区域である西部、中央、東部流域を示す。プレイット排水機場排水区域の南端は、中央流域の中央ジャカルタ市である。

1. 事業の概要



事業位置図



改修後のプリーツ東排水機場²

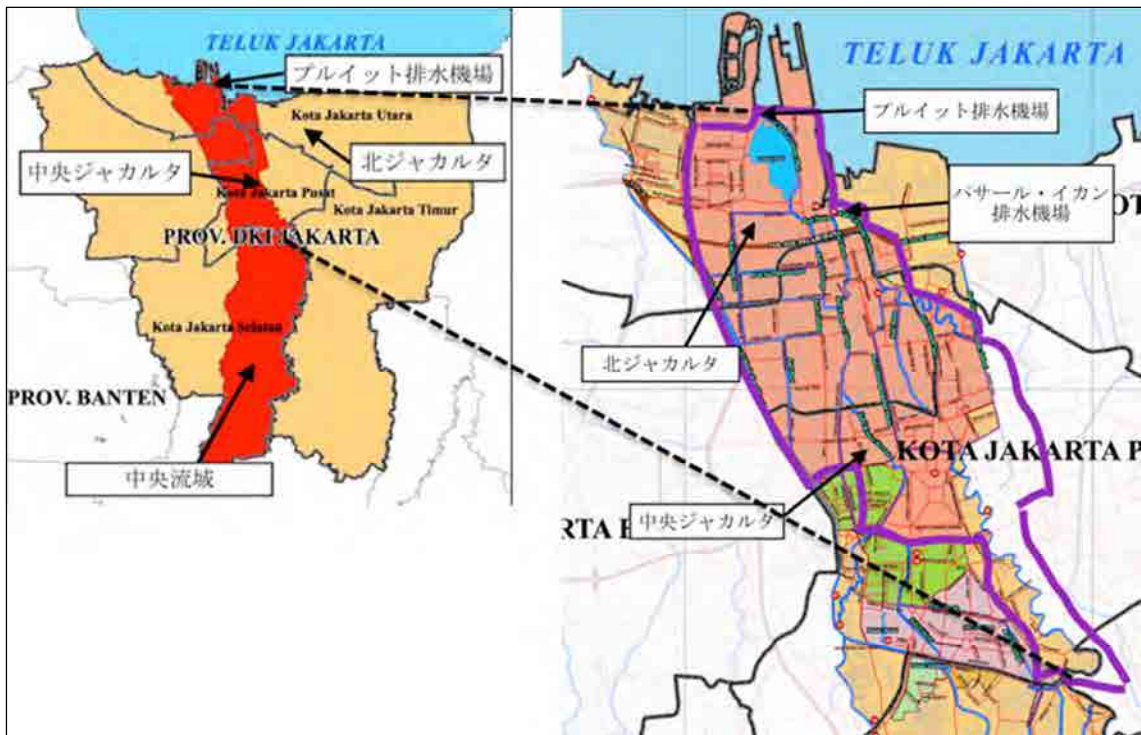
1.1 事業の背景

ジャカルタ首都圏は、地形的条件から洪水に対して脆弱であり、長年にわたり洪水被害が繰り返されてきた。また、過度の人口集中と無秩序な住宅密集地の形成、地下水の過度な汲み上げによる地盤沈下、治水・排水対策の遅れ、排水設備の不整備による内水、外水氾濫³等による洪水が発生することに加え、気候変動に伴う洪水等の発生頻度も増加し、経済的被害も甚大であった。プリーツ排水機場は、ジャカルタ特別州の広範囲の内水排除を受け持つ重要な施設であり、東、中央、西の三カ所の排水機場からなる。うち東排水機場は老朽化が進み、その排水路の側壁（防潮壁）に亀裂が発生し、排水路内の海水が排水路外に流出するに至り、それに伴う大規模なパイピング破壊⁴により、東排水機場全体の機能喪失が危惧された。仮に排水機場全体の機能喪失が起こった場合、対象地域の排水調整機能が止まり、人口が極度に密集した北ジャカルタ市を含む地域で大規模な洪水被害の発生が予想された。かかる状況を改善するため、インドネシア政府は、日本政府の無償資金協力事業による同排水機場の建て替え支援を要請した。

² 出所：八千代エンジニアリング株式会社提供資料

³ 国都交通省によると、河川の水を「外水」と呼ぶのに対し、堤防（河川）の外の土地にある水を「内水」と呼ぶ。内水氾濫とは、河川へ排水する下水路等の排水能力等が原因で、降雨の排水処理が不可能となり引き起こされる氾濫。外水氾濫とは、河川の堤防からの溢水、破堤により家屋や田畑が浸水すること。

⁴ パイピング破壊とは、浸透力によって土粒子が流失し、地盤内にパイプ状の水みちができる現象。一部でパイピングが発生すると、それに接する土中の動水勾配が増えて浸透力が増大し、さらにパイピングが進行する。埋立地あるいは掘削地盤の破壊の原因となる。



出所：ジャカルタ州水資源局提供資料を評価者が加工

図1：ブルイット排水機場排水区域（右の図太線枠内）と関連排水機場の位置図

1.2 事業の概要

ジャカルタ特別州の北ジャカルタ市に位置するブルイット排水機場の緊急改修を行うことにより、ジャカルタ中心部及びブルイット排水機場排水区域における雨水、下水の排水調整機能の回復及び防潮機能の回復を図り、もってジャカルタ周辺の洪水による被害の軽減に寄与する。

供与限度額/供与額	74 百万円/72 百万円（詳細設計） 1,985 百万円/1,825 百万円（本体工事）
交換公文締結/贈与契約締結	2011 年 1 月/2011 年 2 月（詳細設計） 2011 年 8 月/2011 年 9 月（本体工事）
実施機関	監督責任機関及び実施機関：公共事業・国民住宅省 実施機関：ジャカルタ特別州水資源局
事業完成	2014 年 11 月
案件従事者	本体 株式会社安藤・間
	コンサルタント 八千代エンジニアリング株式会社
協力準備調査	2009 年 10 月～2010 年 7 月

関連事業	<p>【技術協力】 ジャカルタ首都圏流域水害軽減組織強化プロジェクト (2007年3月～2010年3月) (有償勘定技術支援 円借款附帯プロジェクト) ジャカルタ首都圏総合治水能力強化プロジェクト (2010年10月～2013年10月)</p> <p>【円借款】 気候変動対策プログラム・ローン (2008年、2009年、2010年)</p> <p>【その他国際機関、援助機関等】 世界銀行「ジャカルタ緊急洪水軽減プロジェクト (Jakarta Urgent Flood Mitigation Project)」 (2012～2019年)</p>
------	--

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

伊藤 解子 (オクタヴィアジャパン株式会社)

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：2017年8月～2018年8月

現地調査：2017年10月2日～17日、2018年1月28日～2月3日

3. 評価結果 (レーティング：A⁵)

3.1 妥当性 (レーティング：③⁶)

3.1.1 開発政策との整合性

インドネシア政府は、1973年に「排水・洪水制御基本計画」、1993年に「ジャカルタ治水・排水計画」を策定し、既存の河川の排水幹線における排水機場や排水路の整備等を掲げていた。本事業計画時には、「国家中期開発計画」(2010～2014年)の中で、総合的水資源管理を通じた洪水被害の軽減を重要な戦略プログラムの一つとして掲げていた。

事後評価時、インドネシア政府は、「国家中期開発計画」(2015～2019年)の中で、洪水管理を通じた洪水多発地域の削減と耐水性の確保を、経済的自立の実現に向けた戦略的優先課題の一つとして位置付けている。また、「公共事業・国民住宅省セクター戦略計画」(2015～2019年)では、沿岸のインフラ施設の整備等、水資源管理の改善による水害リスクの軽減を掲げている。加えて、ジャカルタ特別州は「ジャカルタ特別州中期開発計画」

⁵ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁶ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

(2013～2017年)を策定し、重要かつ緊急課題を解決するための戦略の一つとして、各種洪水⁷の脅威に対し、都市の社会経済活動を持続的に維持することを目的に、排水施設・インフラ施設の整備、維持管理を掲げている。

以上により、本事業の実施は、計画時及び事後評価時において、インドネシアの開発政策と整合している。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業対象のプルート排水機場は、ジャカルタ中心部を含む排水区域約42.1km²のうち、34.2km²という広範囲の内水排除を受け持つ重要な施設である。計画時、東排水機場は、建設から45年以上経過し老朽化が進み、パイピング破壊が起っていた。排水機場全体の機能喪失が危惧され、対象地域の排水調整機能が止まった場合には、大規模な浸水被害の発生が予想された。特に、プルート排水機場の排水区域には、大統領官邸やジャカルタ特別州の行政機関等重要施設が位置するジャカルタ中心部が含まれている。かかる状況を改善するため、同排水機場の建て替えは喫緊の課題であった。

一方、事後評価時において、本事業の監督責任・実施機関である公共事業・国民住宅省水資源総局 (Directorate General of Water Resources of Ministry of Public Works and Housing、以下、「水資源総局」という。)及び、本事業の実施機関であるジャカルタ特別州水資源局 (Water Resource Agency of Special Region of Jakarta Province、以下、「ジャカルタ州水資源局」という。)を中心とした関係行政組織により、多様な洪水要因への対策が進められている。「ジャカルタ首都圏湾岸統合開発計画 (National Capital Integrated Coastal Development) (第1期: 2014年～2018年)」では、地盤沈下及び洪水対策を目的として、ジャカルタ湾を囲う防潮堤の整備、新住宅地や交通路の整備、地盤沈下対策のための地下水に代わる水源の確保等 (第2期以降)が計画されている。また、水資源総局及び、ジャカルタ州水資源局は、「ジャカルタ緊急浚渫イニシアチブ (Jakarta Emergency Dredging Initiative)」(2015～2017年)を通じて、ジャカルタ特別州内を流れる河川の堤防強化、貯水池の浚渫等の洪水対策を実施している。

以上により、事後評価時においてもジャカルタ特別州の洪水・排水管理による洪水被害の軽減が優先課題とされており、プルート排水機場の安定的な排水能力の確保の必要性は高いことから、計画時及び事後評価時ともに開発ニーズとの整合性が認められる。

⁷ ジャカルタ特別州内で発生する洪水には、大きく三つ要因があると分析されている。i) 河川の氾濫と居住区の冠水を引き起こす上流域への極度に強い降雨、ii) 地形の低い下流やジャカルタでの極度に強い降雨、iii) 高潮。2002年、2007年にジャカルタ特別州に大きな経済的損失を起こした大洪水はこれら三つが要因であると考えられている。(出所：ジャカルタ特別州中期開発計画 2013-2017 p119)

3.1.3 日本の援助政策との整合性

我が国の「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いた。この中で、「基礎的公共サービスの向上」として、地方の自立発展のため、頻発する洪水等の自然災害対策の支援、「環境保全・防災」として、気候変動対策、都市住民の居住環境整備（自然災害対策も含む）への支援を行うとしていた。同援助計画を踏まえ、JICAの「インドネシア国別援助実施方針」（2009年7月）では、緊急的な災害対策及び気候変動対策支援を協力プログラムとして位置付けていた。本事業は、ジャカルタ特別州に対し、上記の重点分野・重点事項にかかる自然災害対策及び、気候変動対策支援を行うものであり、日本の援助政策としての整合性が認められる。

以上より、本事業の実施はインドネシアの開発政策、開発ニーズ、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

表1：本事業のアウトプット（計画／実績）

計画 (2009年、事業開始前)		実績 (2017年、事後評価時)
【日本側投入】（プルート排水機場の改修及び付帯施設の改修）		
1	東排水機場建屋の建設（鉄筋コンクリート造、鋼管杭基礎、3階建、延床面積約400㎡）	計画どおり
2	東排水機場排水設備の設置（排水ポンプ設備3基（縦軸斜流形式5.0㎡/秒/基）、地上配管方式パイプ3台（口径1,500mm）、自家発電機設備一式（1,500kVA）、除塵機3台、水平ベルトコンベヤ1台）	計画どおり
3	防潮堤改修（堤防延長約145m、自立式鋼管矢板式護岸、鋼管矢板直径1,200mm）	計画どおり
【インドネシア側投入】		
1	工事資機材搬入用道路の整備	計画どおり
2	既存施設撤去後の廃棄物の処分地の準備及び廃棄物の管理・処分	計画どおり
3	電力供給系統の付け替え	計画どおり
4	東排水機場改修工事期間中の代替排水設備の設置	計画どおり
5	非正規繫留船舶の移動、海上警察等の施設移動	計画どおり
6	環境管理計画及び環境モニタリング計画の作成、承認取得、及び実施	計画どおり
7	その他無償資金協力に必要な一般的な相手国負担事項	計画どおり

出所：JICA 準備調査報告書、実施機関への質問票回答

日本側・インドネシア側のアウトプットは、おおむね計画どおり実施された。ただし、事業実施中、施工方法と構造等について、JICA 本部の承諾を得て、施工監理コンサルタントとインドネシア政府との契約変更が 5 回行われた。契約変更の目的は、施工中の排水能力の確保、止水性の確実性と信頼性の向上、更に工期の短縮等であった。具体的な内容は、防潮堤東西端部と既存護岸との接続の構造、防潮堤吐口部分の施工方法と構造、東排水機場の既設建屋の地下構造物撤去の施工方法等である。水資源総局と施工監理コンサルタントによると、この変更が発生した理由は、「詳細設計調査時、プルート排水機場に面した防潮堤に違法船舶等があったため、詳細の調査が不可能であったこと。既設建屋は古く、竣工図等の資料がない状況で事業が計画されたこと。水中の透明度が低く、施工期間中の潜水士による調査でも確認が不可能で、排水した結果、既存の構造物が確認されたこと。インドネシア政府の要請を考慮したこと等」とのことであった。詳細設計時の調査期間の制約、予測できなかった点を踏まえると、契約変更はやむを得ないものであったと考えられる。



写真 1：改修後の東排水機場全景⁸



写真 2：改修後の防潮堤西側から

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

本事業の総事業費について、当初計画では約 2,229 百万円（日本側負担は 2,059 百万円、インドネシア側負担分は約 170 百万円）であったのに対し、インドネシア側の実績額は入手できなかった。日本側実績は 1,897 百万円と、ほぼ計画どおりであった（計画比 92%）。

3.2.2.2 事業期間

本事業は 2011 年 7 月より 34 ヶ月間での完成（詳細設計期間を含む）が計画されていた⁹。

⁸ 出所：八千代エンジニアリング株式会社提供資料

⁹ 事業期間は、事前評価表では 36 カ月となっているが、起点が不明である。よって、根拠が明確な準備調

日本側の実績は、2011年7月～2014年11月までの41ヶ月で、計画を上回った¹⁰（計画比121%）。施工監理コンサルタント、水資源総局管轄の事業実施中の担当部署であるチリウン・チサダネ流域開発事務所（Ciliwung- Cisadane River Basin Development Agency）担当者へのインタビュー等によると、「①停止ポンプ数を減らすようインドネシア政府の要望を受け、中央及び西排水機場前の防潮堤吐口の工事を東排水機場改修の完成後としたこと、②東排水機場既設建屋の施工方法変更に伴う準備、③2013年1月に発生した洪水による約1カ月の工事中断等を受け工事期間を設定し直した結果、事業期間の延長の必要性が生じた」とのことであった。結果、事業実施中、コンサルタントの業務、施工業者の履行期限について、各7カ月の延長変更が行われた。同時並行で進行する作業もあり、東排水機場完成（2014年3月）後に実施した①について、延長分の7カ月を要し、2014年11月に事業が完成した。

以上より、本事業は事業費についてはほぼ計画どおりであったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.3 有効性・インパクト¹¹（レーティング：③）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

プルート東排水機場は、事業計画時、パイピング破壊によりポンプ全4台（各排水能力3.2 m³/秒）の機能が停止していた。本事業により、ポンプ計3台（各排水能力5.0 m³/秒）が整備された。また、定量的効果の指標として、計画時に①プルート東排水機場の排水能力が運用指標として、②排水域の降雨確率規模が効果指標として設定されていた。事後評価時、③プルート排水機場全体の排水能力を運用指標の補完指標として設定した。今次調査を通じて該当の情報を入手し、その分析結果を以下に示す。

1) プルート東排水機場の排水能力

表2：プルート東排水機場の排水能力（設計能力）

（単位：m³/秒）

基準値 2009年	目標値 2014年 事業完成年	実績値		
		2015年 事業完成 1年後	2016年 事業完成 2年後	2017年 事業完成 3年後
3.2m ³ ×2台=6.4	通常時：	10	10	10

査報告書記載の工程表を計画値として採用し、起点を詳細設計契約時とする。延長期間は、本体施工期間で、計画25ヶ月に対し実際は32ヶ月であった。

¹⁰ インドネシア側負担工事も2014年11月までに完了した。

¹¹ 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。

(応急対策で使用可能としたポンプ2台の排水能力)	5.0m ³ ×2 台=10 (<-0.9mPP ¹² 、最低ポンプ1台スタンバイまで)			
	緊急時: 5.0m ³ ×3 台=15 (-0.9mPP ¹² ≤、全ポンプ稼働時)	15	15	15

出所：準備調査報告書（事業開始前）、質問票回答（事業完成後）

ジャカルタ州水資源局中央流域沿岸河川部、中央流域運営・維持管理課（Operation and Maintenance System of Central Flow System Section of Coastal and River of Central Flow System Division、以下、「担当課」という。）¹³ 担当者によると、「原則として、プルート排水機場操作規則（補足資料 表 1）に沿い、貯水池水位によってオペレーターがポンプを操作している」とのことである¹⁴。担当課長及びオペレーターによると、「ポンプの排水能力の実測はしていないものの、東排水機場完成後、事後評価時まで、維持管理が行われ、おおむね問題なく稼働しており¹⁵、排水能力は設計能力を満たしていると考えている。また、緊急時は、年（雨期）に数回程度発生するが、事後評価時までに稼働時の排水に問題はない」とのことである。結果、東排水機場の排水能力の実績値は、通常時、緊急時共に目標値に達していると判断される。

2) プルート排水機場全体の排水能力

表 3：プルート排水機場の排水能力（設計能力）

(単位：m³/秒)

基準値	目標値	実績値				
		2014 年 事業完成年	2015 年 事業完成 1 年後	2016 年 事業完成 2 年後	2017 年	
1～2 月					3～12 月	1 月
2009 年				事業完成 3 年後		事後評価 第 2 次現地 調査時
通常時： データ なし	34	34	34	34	データ なし	34
緊急時： 40.4	49	49	49	49	33	49

出所：準備調査報告書（目標値）、質問票回答（事業完成後）

通常時の目標値（34m³/秒）は、各排水機場のポンプ一台を一時停止する原則に沿った設

¹² 「PP」は、1925年にタンジュンプリオク港に設置された最低海水位（プリオクペイル）を意味する。インドネシアで水位の基準となっている。本報告書でも基準水位とする。PPより水位が低いと、mPPはマイナスになる。

¹³ 事後評価時、ジャカルタ州水資源局でプルート排水機場運営・維持管理を担当する部門である。

¹⁴ 排水機場オペレーターによると「貯水池水位以外に、上流の降雨量や天気予報等もポンプ操作開始の判断の基準になる。また、操作規則では明記されていないものの、各排水機場のポンプごとに、一定時間稼働した後には、スタンバイとする」とのことである。

¹⁵ 指標 3) にて後述するとおり、排水機が一時的に停止したことはある。

計能力の合計（東排水機場（5m³/秒×2台）、中央排水機場（4m³/秒×3台）、西排水機場（6m³/秒×2台））で、計 34 m³/秒となる。緊急時の目標値は、全ポンプの設計能力の合計（東排水機場（5m³/秒×3台）、中央排水機場（4m³/秒×4台）、西排水機場（6m³/秒×3台））で、計 49 m³/秒となる。2015年～2017年2月の実績については、事後評価時のジャカルタ州水資源局担当課の操作規則（補足資料 表1）に沿って算出した。2017年3月～12月の間は、中央排水機場が電子ケーブルの修理のため稼働していなかった。この間は、東及び西排水機場の稼働実績が変則的であることから、通常時の値は算出しないこととした。設計能力では、中央排水機場の修理中は、緊急時の排水能力が、目標値を 16 m³/秒下回った。しかし、ジャカルタ州水資源局担当課の担当者によると、「修理期間中、東及び西排水機場のみを稼働したが、排水状況に問題は生じなかった」とのことである。

以上のとおり、事後評価時、プルート排水機場全体の排水能力は、おおむね目標値の排水能力を達成していると判断される。

3) プルート排水機場排水能力を示す降雨確率規模の設定内容（計画時）

表4：計画時に設定した降雨確率規模に対する24時間降雨量とプルート貯水池水位¹⁶

	基準値	目標値	実績値
	2009年	2014年 事業完成年	2014～2017年
降雨確率年	1/5 確率年	1/10 確率年	
24時間降雨量 (mm/24hr)	220.7	267.0	データなし
プルート貯水池水位 (mPP)	-1.18	-0.36	データなし

出所：準備調査報告書（目標値）、ジャカルタ州水資源局提供資料（降雨量）、質問票回答（事業完成後）をもとに作成

計画時に設定された効果指標は、プルート排水機場の排水能力を示す降雨確率年である。しかし直接「降雨確率年」としてのデータは入手できなかった。また、事業計画時以降、降雨量は毎年変化していることから、事業計画時と事後評価時で算出する降雨量の確率規模は異なり、基準とする年により降雨確率規模が異なると考えられる。そこで、事後評価では、表4のとおり、事業計画時に確率年を設定するために使用した24時間降雨量及び、プルート貯水池水位を目安とすることも考慮した。しかし、結果として下記の理由から、評価判断には活用できないと判断した。

第一に、計画時に採用した24時間降雨量の出所、測定地点が不明であった。加えて、事後評価で入手したジャカルタ州水資源局の24時間降雨量データは、ジャカルタ特別州内の

¹⁶ 24時間降雨量と貯水池水位の読み方について、例えば、排水機場の回復後の排水能力が、設計どおりに機能すれば、1/10年の降雨確率規模である24時間降雨量267.0mm/24hrの際、プルート貯水池水位は最高で-0.36mPPとなると算出されている。

広範囲にわたる 16 地点で測定されており、各地点の降雨量に大きな差があった¹⁷。必ずしも、プルート排水機場排水区域ではない地点も含まれている。局地的大雨が平均値に影響すること、測定地によってプルート貯水池水位への影響が異なる可能性が考えられる。よって、16 地点の平均値を分析に用いることは適当ではないと判断した。また、事業完成前までに、プルート排水機場の上流に新たな排水機場が整備されていることから、プルート貯水池における排水能力を降雨量と関連づける条件が、事業計画時から変化したと考えられる¹⁸。

第二に、プルート貯水池水位に関して、事業完成前後に、ジャカルタ首都圏では、前述のとおり（3.1.2 妥当性、開発ニーズの整合性）、チリウン・チサダネ流域開発事務所とジャカルタ州水源局により大規模なプルート貯水池、水路の浚渫・清掃、河川の堤防強化事業等、複数の治水・排水対策事業が行われている。施工監理コンサルタント及び、ジャカルタ州水資源局によると、「プルート貯水池水位は、貯水池の堆積物、浚渫状況や、高潮等の影響を受ける」とのことである。よって、事業計画時に設定された水位を目安に排水能力を判断することも適切ではないと判断した。また、プルート貯水池水位は、事業完成後、事後評価までの全期間を通じてデータが取りまとめられておらず入手できなかった。以上を踏まえると、事業計画時に算出された確率年によって、事業の効果を判断することは困難と判断した。

参考ではあるが、ジャカルタ特別州平均値について、事業完成後（2014 年 11 月）から事後評価前月（2017 年 9 月）までの 16 地点の 24 時間降雨量平均の最大値が、1/5 確率年の降雨量の目安である 220.7mm/24hr を超えた記録はない¹⁹。よって、24 時間降雨量平均の実績からは、目標値である 1/10 確率年の排水能力を達成できているかどうか確認できなかった。ただし、ジャカルタ州水資源局担当課の担当者によると「プルート排水機場では、年に数回、全ポンプを稼働することがあるが、事業完成後、州内の河川の治水事業との相乗効果もあり、（後述の）2015 年 2 月の洪水時以外には、貯水池水位の上昇による洪水が発生していないと認識している²⁰」とのことである。

一方、ジャカルタ特別州内の 24 時間降雨量平均について事業完成後の最大値

¹⁷ 一例として、2015 年 2 月 9 日、ジャカルタ特別州の 16 測定地点の 24 時間降雨量の平均値は、180.6mm/24hr であった。最大値を記録したスナル・コダマ（Sunter Kodamar）では、367 mm/24hr であり、最低値を記録したポンパ・チデン（Pompa Cideng）では、12mm/24hr であった。

¹⁸ 2013 年後半、プルート排水機場のあるプルート貯水池の約 3.4km 上流に、パサール・イカン（Pasar Ikan）排水機場が完成した。6 台の大ポンプ（各 5.0m³/秒）と 4 台の小規模ポンプ（各 250mm³/秒）を備えており、緊急時に全ての大ポンプを稼働した場合、排水能力は 30 m³/秒の規模となる。

¹⁹ プルート排水機場排水区域外であるが、注 17 のとおり、観測地点によってはこの目安を超えた記録がある。

²⁰ 例えば、プルート貯水池水位について、プルート排水機場の 2017 年 4 月末、8 月末の各 1 週間の記録では、ポンプ停止時を含め、それぞれ-2.00~-1.65mPP、-1.90~-1.65mPP の間で推移していた。オペレーターによると「貯水池水位-1.70mPP 前後で、ポンプを稼働する」とのことである。

(180.6mm/24hr) を記録した 2015 年 2 月 9 日の翌日、プリーツ貯水池の最高水位は、+1.50mPP を記録した。これは、計画時の 1/10 確率年の設定水位を大きく超えている。この時、大規模な洪水となり、ジャカルタ特別州地方災害管理局 (Regional Agency for Disaster Management、以下「地方災害管理局」という。) によると、ジャカルタ特別州内各地で最高 150~200cm の浸水を記録した。ジャカルタ州水資源局によると、この原因は、「プリーツ東排水機場が当日 11 時から数時間停止したため」とのことである。市内の漏電防止の措置の関係で国営電力会社からの電力供給が停止し、東排水機場が停止した²¹。プリーツ貯水池では高潮も重なり水位が上がり、安全配慮のため水位が下がるのを待つ等したため、自家発電機への切り替えに時間を要した。この数時間の間、プリーツ排水機場では中央・西排水機場のみ稼働した。

水資源総局担当副局長及びジャカルタ州水資源局担当課長によると、「プリーツ東排水機場が数時間停止したことは、ジャカルタ特別州の洪水の拡大に大きく影響したと考えられる²²。この一件は、プリーツ排水機場の排水機能が、ジャカルタ中心部の洪水に大きく関与することを実証したと考える」とのことである。以上を踏まえると、洪水被害の拡大を軽減するためには、プリーツ排水機場の中央・東・西排水機場全てが健全に稼働することが必要であると考えられる。

3.3.1.2 定性的効果 (その他の効果)

1) 地盤沈下、パイピング発生、海面上昇等のリスク回避、軽減

プリーツ排水機場周辺は、地盤沈下、気候変動による海面上昇等にさらされており、排水機場の喪失リスクに直面してきた。東排水機場は、本事業により、地上配管方式の排水機が設置され、事後評価時、排水機場オペレーターが、パイプ部分の地盤沈下の有無を目視点検していることを確認した。また、排水機場前面の防潮堤が改修され、事後評価までに高潮等の影響は発生しておらず、気候変動による海面上昇及び地盤沈下への対応が可能となったと考えられる。また、頻度は多くないものの、中央及び西排水機場前の排水路に設置した角落とし²³を使い、海水を止めて修理・点検が行われている。排水機場オペレーターによると、「中央・西排水機場のパイピング破壊も発生していない」、とのことで、中央及び西排水機場の排水機能喪失のリスクが軽減されたと考えられる²⁴。以上より、各種問

²¹ この一件の後、事後評価時までに、代替電力の供給源が確保された。同排水機場への国営電力会社からの電力供給が停止することがないよう改善されている。

²² 「東排水機場の停止が、この洪水拡大の要因となったことは、インドネシア大統領、ジャカルタ特別州知事にも報告された」とのことである。

²³ 角落としとは、水門や護岸開口部に抜き差し可能な角材を積み重ねて堰とする構造。

²⁴ 一方、事後評価時、現地視察において、本事業対象施設ではないものの、中央排水機場の海側の排水路側面からは、漏水が見られた。施工監理コンサルタントによると、「排水路内の海面水位までの水圧により漏水が生じていると考えられる」とのことである。

題発生リスク回避、軽減が可能な構造を備えた排水機場となったと判断される。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

1) ジャカルタ周辺の洪水による被害の軽減（定量的効果）

ジャカルタ州水資源局、地方災害管理局では、事業完成前の洪水被害、事業完成後を通じて発生した全ての洪水の規模や被害等を取りまとめたデータがないため、事業完成前後の洪水の発生と被害状況の推移を把握できなかった。よって、表 5 のとおり、事業開始後に発生した代表的な大規模洪水の規模と被害状況を確認した。

表 5：ジャカルタ特別州の洪水被害状況

洪水発生年月	降雨量（ジャカルタ特別州平均値）		被災状況				プリーツ排水機場等稼働状況等
	24時間最大値 (mm/24hr)	月間 (mm/月)	ジャカルタ特別州		北ジャカルタ ²⁵		
			区数 町数	世帯数 被災者数 犠牲者数	区数 町数	世帯数 被災者数 犠牲者数	
① 2013年1月	データなし	621.9	35 124	506,164 1,226,487 38	5 24	11,349 78,445 0	西・中央稼働
② 2014年1月	95.1	1,075.0	37 123	70,459 235,634 0	6 25	1,356 3,445 0	西・中央稼働 パサール・イカン稼働
③ 2015年2月	180.6	639.0	38 133	64,458 231,566 5	6 29	25,695 91,820 3	西・中央稼働 東 一時停止 パサール・イカン稼働

出所：降雨量はジャカルタ州水資源局、ジャカルタ特別州、被災状況は地方災害管理局

三つの洪水について、24時間降水量平均の最大値、月間降水量平均とジャカルタ特別州と同州内でプリーツ排水機場が位置する北ジャカルタの被災状況、プリーツ及びパサール・イカン排水機場の稼働状況をそれぞれ確認した（表 5）。しかし、これらのデータから、プリーツ排水機場の稼働状況と洪水被害状況との相関関係を確認することはできなかった。ジャカルタ州水資源局担当課長によると、①の洪水被害が拡大した主な要因は、「内水氾濫に加えて、ジャカルタ中心地の水路が決壊した外水氾濫にあると考えられる」とのことである。③の洪水では、前述のとおり、プリーツ東排水機場が一時停止したことが洪水被害拡大の一因と考えられている。よって、洪水発生、被害拡大の要因は様々で、被害地域・被災状況にも違いが生じると考えられる。また、有効性（定量的効果）で確認し

²⁵ プリーツ排水機場は、ジャカルタ特別州の北ジャカルタ市に位置する。州内で様々な治水・排水事業が行われているため、排水機場の排水効果が現れやすいと考えられる排水機場周辺地域を含む北ジャカルタの被災状況も確認することとした。

たとおり、ジャカルタ特別州では、事業完成前後を通じて、様々な排水・治水事業が実施されており、水資源総局関係者は総じて、「排水機場の排水能力以外に洪水の要因が複数あることから、洪水被害について、本事業のみのインパクトを測ることは困難」との見方である。よって、一概にプルート排水機場の洪水被害の軽減へのインパクトを、入手し得る上記のデータから判断することは困難と判断した。

ただし、③の洪水発生時、24時間降雨量平均の最大値が表5の洪水②より多かつたものの、ジャカルタ特別州の被災規模は、洪水②とほぼ同じだった。北ジャカルタ市の被災規模は洪水③が洪水②を大きく上回った。なお、月間降雨量平均は洪水②が洪水③より多いものの、24時間最大値を記録した前後3日を含む1週間の降雨量平均は、洪水②が42.1mm、洪水③が44.6mmであった。洪水③では、短時間で大量の降雨があったと考えられる。また、北部での24時間降雨量が多く北ジャカルタ市の被害規模が大きくなった可能性も考えられるが、プルート東排水機場が一時停止することなく正常に機能していれば、洪水被害は、更に軽減されていた可能性が高いと考えられる。更に、ジャカルタ特別州における月間降雨量について、事業完成前と事業完成後では、特段の増減傾向はない²⁶。その状況において、洪水発生頻度、規模や被害が軽減している場合には、本事業や他の治水、排水事業の効果が影響した可能性があると考えられる。ジャカルタ州水資源局担当課長によると、「特に洪水に脆弱なプルート排水機場周辺地域において、大規模な洪水は別として記憶に残るような洪水の数は減っている。ジャカルタ特別州の洪水被害は、軽減している印象がある」とのことである。以上より、本事業のみでは、洪水被害へのインパクト発現の有無についての判断はできなかったが、他の事業との相乗効果により、ジャカルタ中心部周辺の洪水被害の軽減を下支えしていると考えられる。しかし、説得性のあるロジックの根拠になりうる定量データが入手できないことから、定性的効果でも分析する。

2) 洪水被害の軽減実現による裨益住民の生活衛生環境の改善（定性的効果）

事後評価では、プルート排水機場周辺である北ジャカルタ市の区町行政機関、住民へのキー・インフォーマント・インタビュー調査を実施した²⁷。町の行政機関によると、「以

²⁶ 事業完成前の2010～2014年11月と事業完成後の2014年12月～2016年のジャカルタ特別州の平均月間降雨量を比較すると、雨期に2カ月、乾期に3カ月、後者が前者の降雨量を上回っている。局地的な集中豪雨や大規模な降雨のあった際に平均値が引っ張られることが考えられ、単純比較には留意が必要である。しかし、事業完成前後で、降雨量には特段増減の傾向はないと考えられる。（出所：Statistics of DKI Jakarta Province, Jakarta in Figures 2011-2017）

²⁷ プルート排水機場排水区域で、ジャカルタ州水資源局の仲介により、プンジャリンガン区長（秘書）、プンジャリンガン町長、プルート町長を行政機関代表として選出した。住民に関しては、事業完成前後の状況を把握している人材として、プルート排水機場東側地域の2箇所の元隣組長を選出した。また、衛生環境を把握するため、女性にもインタビューを実施した。プンジャリンガン区は、プルート排水機場排水区域を管轄する。プンジャリンガン町は、プルート排水機場東側から南側、貧困地域を含む地域を管轄する。プルート町は、プルート排水機場西部、富裕層の住宅地を含む地域を管轄する。同排水

前は洪水が年に 4、5 回発生していたが、この数年は大きな被害が減った印象である」。住民代表の元隣組長によると、「プルート排水機場周辺では、以前の雨期には洪水による浸水が月に 2 回程度発生し、年 5、6 回は 40～50 cm、2～4 日間浸水する場所もあった。しかし、家屋の浸水時間や水深等からの印象では、日常生活へ被害を及ぼしていた洪水が減っている。2015 年 2 月以降は、記憶に残る洪水は発生していない」とのことである。

また、元隣組長によると、「一度洪水が発生すると、下痢症状の件数が増える傾向があった」。同地域の 20 代の母親によると、「以前は洪水による浸水が多く子どもは皮膚炎になった。コレラ、デング熱も時には発生していた。最近では、洪水が減り感染症の発生は聞いていない」とのことである。ただし、ブンジャリンガン町長によると、「貧困地域周辺は、もともと衛生環境が悪い。2015 年から洪水対策のため実施されているプルート貯水池湖畔の整備、不法居住者対策（新設公営住宅への移転等）等により、貯水池周辺の環境改善が見られる」とのことである。

一方で、元隣組長や母親によると、「洪水頻度、被害が減ったことで、地域住民の洪水に備えるストレスが軽減し、より安心感を持って生活している」とのことである。区町行政機関、元隣組長によると、「プルート排水機場排水区域は長く洪水に脆弱な地域であり、様々な洪水対策を実施し最近では洪水被害が減っている。排水機場は重要な役割を果たしていると考えており、地域は依存している」とのことである。

前述のとおり（インパクト、定量的効果）、事業完了前後で月間降雨量に増減傾向は見られないと考えられる。インタビュー調査では少人数対象であったため、関係者全体の意見ではないことに留意が必要であるが、以上より、地域では、2015 年 2 月の大規模洪水以降記憶に残る洪水が減り、浸水時間等、日常生活への洪水被害の軽減が実現され、衛生環境も多少改善している様子が見える。すなわち、本事業のみによるものではないと考えられるが、本事業が洪水の軽減に一役を担っているものと推測できる。

3) 浸水区域の重要施設の経済活動への被害軽減（定性的効果）

事後評価では、プルート排水機場排水区域の経済施設へインタビューを実施した²⁸。洪水被害を受けていた漁業公社や企業によると、「以前は年 4～5 回浸水被害があり、建物、機材等が被害を受けていた。洪水前には電子機器や備品、商品の移動をする必要があり、

機場東側の地域は、プルート貯水池と防潮堤を隔てた海や港湾施設、ジャカルタ中心部から流れる河川に囲まれた海拔以下の地域である。人口が密集し不法居住者もあり、ジャカルタ特別州の中でも貧困地域とされている。

²⁸ 水資源総局との協議の結果、ジャカルタ州水資源局の仲介により、国営企業省管轄の漁業公社（Perusahaan Umum Perikanan Indonesia）ジャカルタ港支店、ジャカルタ港内の被災企業である冷凍食品加工・輸出企業、プルート排水機場東側地域に位置する、靴製造企業、プルート排水機場西部沿岸に位置する火力発電所（PT. Pembangunan Jawa Bali (PJB) ムアラ・カラユニット）をインタビュー先として選出した。

停電による営業停止もあり、経済的な被害を受ける会社も多かった²⁹。漁港内企業からのクレームは多かった。2015年2月にも多くの企業が浸水した。それ以降、記憶に残る被害は起こっておらず洪水発生時の対応や経済的被害へのストレスは軽減している」とのことである。火力発電所では「独自の対策により、洪水発生時、発電機、発電への被害は特にない。しかし、以前はあった敷地内の浸水等の被害は軽減している印象がある」とのことである。

前述のとおり、入手データの制約及び、降雨量と洪水の要因の関係には留意が必要であるものの、浸水被害が軽減しているという印象が持たれており、仮に、2015年2月に、プルート排水機場が全て健全に機能していれば、港湾内の企業の洪水被害は、更に軽減していたとも推察される。明確なインパクトは立証できないものの、本事業は、排水地域に位置する重要施設の経済活動への洪水被害の軽減を下支えしていると判断される。

4) ジャカルタ首都圏地域の住民約2,400万人の経済活動等への影響（定性的効果）

プルート排水機場排水区域は、政府機関や多くの企業が位置するジャカルタ中心部を含み、働く多くの人口は首都圏に居住し通勤している。ジャカルタ州水資源局担当課長によると、「ジャカルタ中心部の洪水は、周辺地域人口の労働従事機会や通勤手段にも影響し、間接的に生活に影響する。また、中央流域の排水機場は一カ所でも機能しないと、ジャカルタ中心部の排水に大きな支障をきたす。ジャカルタ中心部の洪水対策には、全排水機場が予定された排水能力を発揮することが大変重要である」とのことである。本調査では、他の治水・排水事業の実施や多様な洪水要因等を鑑み、本事業のみによるジャカルタ首都圏地域の住民約2,400万人の経済活動等への影響のインパクトは測れない。しかし、プルート排水機場は、その設計排水能力が保たれる限り、他の複数の排水機場、治水・排水事業との相乗効果により、ジャカルタ中心部の洪水被害を軽減し、ジャカルタ首都圏地域の経済活動の被害軽減を下支えしていると判断される。

²⁹ 浸水を伴う大きな洪水一回の経済的被害について、漁業会社によると「管轄する港湾全体（約110ha）で企業は100社以上あり、被害額は、計約1,000億インドネシアルピア（以下「IDR」という）（=約8億4,000万円）以上になるのではないかと、また、インタビューした冷凍食品企業によると、「約2,000万～3,000万IDR（=約17万～25万円）」（1円=118.64IDR、2017年10月1日為替レート）とのことであった。



写真3：プルート東排水機場
地上配管方式になった排水パイプ



写真4：プルート排水機場
目視で貯水池水位を確認する

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

1) 自然環境へのインパクト

計画時、本事業は既存施設を改修するものであり、環境影響評価（EIA）は不要と判断された。ただし、施工監理コンサルタントによると、「ジャカルタ市環境局の承認を受けたより簡易な環境管理計画と環境モニタリング計画に則り、環境モニタリングを実施した」とのことである。しかし、事業評価時、水資源総局、ジャカルタ州水資源局共に資料を保管しておらず、ジャカルタ州水資源局による環境モニタリング実施体制は組まれていない。そこで、事業実施中及び事業完成後における排気ガス発生や騒音・振動、交通事故の発生がなかったことを、施工監理コンサルタント、プルート排水機場周辺区・町行政機関、東側居住区の元隣組長へのインタビューを通じて確認した。また、ジャカルタ州水資源局担当課長によると、「必要が生じれば適宜対応を行う」とのことである。事業完成後、環境面の負のインパクトが生じている可能性は低いと考えられる。

2) 住民移転・用地取得

本事業は既設施設の改修が主体であり、新たな用地取得は発生しなかったことをジャカルタ州水資源局担当課長へのインタビューを通じて確認した。事業開始までに、プルート貯水池側の排水機場内の不法居住者数世帯が、ジャカルタ特別州や世界銀行の事業で建設された公営住宅に移転した。苦情等も出ておらず、移転プロセスに問題はなかったことを、該当地域の元隣組長へのインタビューを通じて確認した。

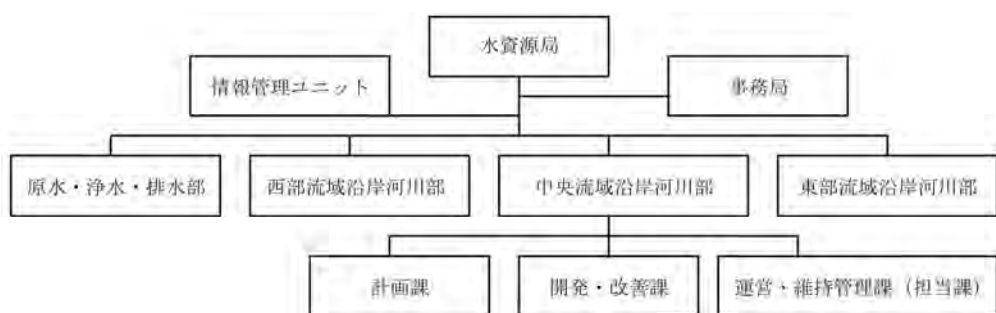
以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・イ

ンパクトは高い。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 運営・維持管理の体制

本事業の実施機関で、事業完成後の監督責任機関は水資源総局である。一方、改修されたプルート排水機場の運営・維持管理は、ジャカルタ州水資源局が管轄責任を有している。ジャカルタ州水資源局の組織図を図2に示す。



出所：ジャカルタ州水資源局提供資料より作成

図2：ジャカルタ特別州水資源局組織図

事後評価時の組織スタッフ数は、ジャカルタ州水資源局全体で5,578名、中央流域沿岸河川部運営・維持管理課で、プルート排水機場を含めた17カ所の排水機場のオペレーター219名を含め343名である³⁰。事後評価時、プルート排水機場では、チーフ1名の下、オペレーター14名が7名ずつの2チームに分かれ、24時間毎のシフト体制で、排水機場の運営・維持管理を行っている³¹。現地調査時にプルート排水機場を訪問し、オペレーターへのインタビューを通じて同排水機場の運営を担うにあたり、オペレーター数は充分であることを確認した。維持管理に関しては、オペレーターが基本的点検、修理を実施し、必要に応じ外注している。

なお、水資源総局とチリウン・チサダネ流域開発事務所は、事業完成後、プルート排水機場の運営・維持管理に関わっていない。改修された東排水機場施設、防潮堤関連施設は、事業完成後にチリウン・チサダネ流域開発事務所から、ジャカルタ州水資源局の所有

³⁰ ジャカルタ特別州では、2014年に組織編成が変わった。事後評価時のジャカルタ特別州水資源局は、以前は同公共事業局であった。2014年に組織が分割され、排水機場を管轄する水資源局が独立した組織となった。更に、組織分割前は、当時の管轄部署であった水資源保全局の下に、水資源保全計画、設備管理活用、洪水制御施設保全等業務内容をもとに管轄する部署が組織されていた。事後評価時には、地域ごとの管轄に編成されている。

³¹ 計画時、オペレーター数は計12名であり、事後評価時までには2名増員されている。

資産として移管されることが決まっていたが、事後評価時点で移管されていなかった。ジャカルタ州水資源局担当課長によると、「ジャカルタ特別州が所有していない資産に予算配賦・人員配置が行なわれていることになり、監査の観点からは本来移管が必要」とのことである。ジャカルタ州水資源局は、プルート東排水機場の管轄機関であることを認識しており、予算配賦・人員配置面でもプルート排水機場全体を一施設としている。プルート東排水機場は、同中央・西排水機場と分けられることなく、水資源局による運営・維持管理が実施されている。以上を踏まえると、本事業の運営・維持管理の体制面については、事後評価時において大きな懸念は見受けられないと判断される。

3.4.2 運営・維持管理の技術

ジャカルタ州水資源局担当課の管轄下、プルート排水機場に配属されている 14 名のオペレーターは、11～13 年の経験豊富なオペレーター 3 名を筆頭に、本事業実施中に施工業者が実施した電気系統機器の操作・修理の研修を受けた人材も 8 名が配置されている。ジャカルタ州水資源局の操作規則に沿い、必要に応じて本事業の運営・維持管理マニュアルの使用を通じて、十分な排水機操作の知識



写真 5：東排水機場建屋内でポンプ操作するオペレーター

を有している。電気系統の修理・点検は必要に応じ民間業者に外注することもあるが、軽微な補修は、オペレーターが対応できている。新人オペレーターは、職務実地研修と年 1 度程度の研修を通して、プルート排水機場の全排水機の運営・維持管理方法の知識・技能を習得する。以上より、運営・維持管理の技術面には特段大きな問題はないと判断される。

3.4.3 運営・維持管理の財務

表 6 は、ジャカルタ州水資源局中央流域沿岸河川部の運営・維持管理費（17 カ所の排水機場のオペレーター等契約職員人件費含む³²）である。同課によると、正規職員人件費と排水機場の水道・光熱費は、ジャカルタ州水資源局内の他の部門の管轄となるため含まれない。

³² ジャカルタ州水資源局担当課によると、同課では 343 名中、一部事務系職員とオペレーター等、計 307 名が契約職員である。

表6：ジャカルタ州水資源局中央流域沿岸河川部 運営・維持管理費

(単位：10億IDR)

年度	予算	実績	プルート排水機場 オペレーター人件費 ³³	
			予算	実績
2015	52.941	9.975	データなし	0.421
2016	45.441	27.455	データなし	0.671
2017	58.414	24.739	データなし	0.714
2018	59.295	データなし	0.827	データなし

出所：ジャカルタ州水資源局中央流域沿岸河川部提供資料より作成

実績は年度により増減があるものの、承認予算は増加傾向にある。プルート排水機場オペレーター人件費も増加傾向にある。2017年度には、中央排水機場の修理費用、貯水池水位の監視小屋建設を含め、プルート排水機場の運営・維持管理業務に関する費用は、問題なく支出されており、今後の予算配賦見込みも問題はないとのことを、担当課長へのインタビューにより確認した。かかる点を踏まえると、事後評価時において運営・維持管理費を含め財務面での懸念はうかがわれなかった。以上より、本事業の運営・維持管理予算の不足等は特に生じていないと判断され、財務面に関して大きな問題は見受けられないと判断される。

3.4.4 運営・維持管理の状況

事後評価時において、プルート東排水機場は稼働状況に不具合や破損はなく、防潮堤にも破損はなく、点検や補修等の維持管理によって排水機場として機能を発揮していることを、現地調査時の視察、インタビューにより確認した。

スペアパーツに関して、保管状況に特に問題はなく、スペアパーツの入手に時間がかかる使用機器については、故障を回避するために室温管理をする等、対処されている。スペアパーツの調達体制に特に問題は見られないことを視察、インタビューを通じて確認した。

日々の排水機稼働状況（稼働ポンプ、稼働時間、水位）についてはおおむね記録がとられているものの、機械及び電気的特性にかかる一部の情報（ポンプ温度等）の記録が行われていない。しかし、オペレーターが、随時ポンプ温度の確認は行なっていることを現地調査時の目視及びインタビューで確認した。また、防潮堤構造物、本体施設の劣化状況（コンクリート躯体のひび割れ・欠損・剥離、漏水、地盤の沈下・陥没等）の確認等、事業で定められた施設の定期点検事項（排水管、土木施設、防潮堤）について、定期的なスケジュール、記録はないものの、オペレーターによる目視点検は実施されているとのことである。

³³ 事前評価時、2010年度人件費の想定額は、3.68億IDRとされていた。

った。ジャカルタ州水資源局担当課長によると、「担当課長の交代により、全てのモニタリング項目は認識していなかった」とのことである。事後評価時までには問題は生じていないものの、将来の問題発生リスクの把握のためには、これら点検業務を実施する必要があると考えられる。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題ない。運営・維持管理の状況については、モニタリング、点検事項の徹底について改善すべき点が見受けられるが、事後評価時点で大きな問題は発生しておらず、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は、ジャカルタ特別州北ジャカルタ地区に位置するプルイット排水機場において、機能不全に陥っていた東排水機場の緊急改修及び防潮堤の整備を行うことにより、同排水機場の排水機能の回復を図り、同排水区域及びジャカルタ首都圏の洪水被害を軽減することを目的とした事業である。事後評価時において、本事業は水資源管理の改善による洪水多発地域の削減、水害リスクの軽減を掲げた「国家中期開発計画」等の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。本事業は事業費が計画内に収まったものの、事業期間は計画を超えており、効率性は中程度である。有効性に関しては、プルイット排水機場全体及び、東排水機場の設計排水能力としての指標を満たしたと判断する。一方、ジャカルタ特別州では、治水・排水対策事業が他にも実施されている。更に、洪水の発生、規模、被害拡大の要因には降雨量や水路・貯水池の深さ等多様な条件が関わる。よって、インパクトに関し、本事業のみにより洪水被害が軽減されたと判断することは難しい。しかし、本事業によりプルイット排水機場の排水能力回復されなかった場合、洪水被害は拡大しているものと考えられることから、洪水被害の軽減を下支えしたと判断される。そのため、有効性・インパクトは高い。加えて、本事業の運営・維持管理の体制・技術・財務面に特に問題はなく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

- ・ 本事業による施設は事後評価時もチリウン・チサダネ流域開発事務所の資産である。事後評価時、問題は生じていないものの、将来、ジャカルタ州水資源局の資産ではない施

設への人材配置、予算配賦に運営・維持管理には支障が生じる可能性がある。水資源総局は、速やかに資産を移管するよう、適宜 JICA から必要な情報を取得し、手続きに移ることが望ましい。

- ・ プルイット排水機場の電気系統や防潮堤構造物、本体施設の劣化状況確認等の定期点検、記録が徹底されていない。洪水被害拡大を防ぐ施設としての、施設の耐久性と長期的な排水能力の安定性の確保のため、プルイット排水機場の施設、維持管理マニュアルに沿った点検方法を確認し、維持管理を確実にすることが望ましい。
- ・ 事後評価時、西排水機場の老朽化により排水機場全体の排水能力が不安定になっている。ジャカルタ中心部の洪水被害の軽減のためには、全排水機が健全に機能することが必要であるとのことであった。効果の長期的確保のため、西排水機場の改修に向け、資金調達を行なう等して早期に対処することが望ましい。

4.2.2 JICA への提言

なし

4.3 教訓

適切な有効性・定量的効果指標の設定の必要性

本事業では、排水機場の排水能力の回復に関する事業効果の定量的指標の設定に関して、降雨確率規模（降雨確率年）が効果指標として設定された。しかし、次の理由から排水能力回復の効果を判断することが、困難な指標であった。降雨確率規模は、それ自体は直接排水機場の排水能力を示す数値ではないこと、過去の降雨量により算出されるものであり、基準とした年によって変化すること、目標値として設定された確率規模の降雨が発生しなかった場合に、効果の発現有無が把握できないこと、計画時に降雨確率規模を算出した降雨量の測定地点と出所が不明で降雨量が把握できないこと、隣接貯水池の水位に関わるが、事後評価までに複数の大規模な排水・治水事業が実施され変化していた広い地域の排水環境等、外部条件が影響すること。降雨確率規模は、事業完成後すぐに事業評価が実施される場合、あるいは排水能力の設計根拠としては妥当であったかもしれない。今後、類似の案件では、経年の変化や環境の変化等の影響を受けずに、排水能力の回復の直接的効果を測り、入手可能な指標の設定が検討に値したと考えられる。また、降雨量については、どの測定地点のデータか、あるいは、複数の測定地点の平均値か、また出所等、指標の測定条件を明確にすることが必要である。

以上

補足資料 表1 プルイット排水機場排水能力と操作規則

貯水池 水位 (mPP)	吐出力 合計 (m ³ /秒)	各排水機の吐出力 (m ³ /秒)									
		東			中央				西		
		1	2	3	1	2	3	4	1	2	3
-0.8以上		下記に同じ									
-0.9	49.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0
-1.0	37.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0		
-1.1	31.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0			
-1.2	31.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0			
-1.3	26.0		5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0			
-1.4	22.0	5.0	5.0		4.0	4.0	4.0				
-1.5	18.0		5.0	5.0			4.0	4.0			
-1.6	14.0	5.0	5.0		4.0						
-1.7	8.0				4.0	4.0					
-1.8	8.0				4.0	4.0					
-1.9	4.0					4.0					
-2.0											

出所：ジャカルタ州水資源局