

インドネシア国  
ウオノギリ多目的ダム  
貯水池堆砂対策計画調査  
事前調査報告書

平成 16 年 4 月  
(2004 年)

独立行政法人 国際協力機構  
地球環境部

環 境

JR

04-001

## 序 文

日本国政府は、インドネシア国政府の要請に基づき、同国のジャワ島東部に位置する中部ジャワ州のウオノギリ多目的ダム貯水池の堆砂対策についての調査を実施することを決定し、国際協力機構がこの調査を実施することといたしました。

当機構は、本格調査に先立ち、本件調査を円滑かつ効果的に進めるため、平成16年2月29日から同年3月23日までの24日間にわたり、独立行政法人土木研究所水工研究グループ 上席研究員の柏井条介氏を団長とする事前調査団を現地に派遣しました。

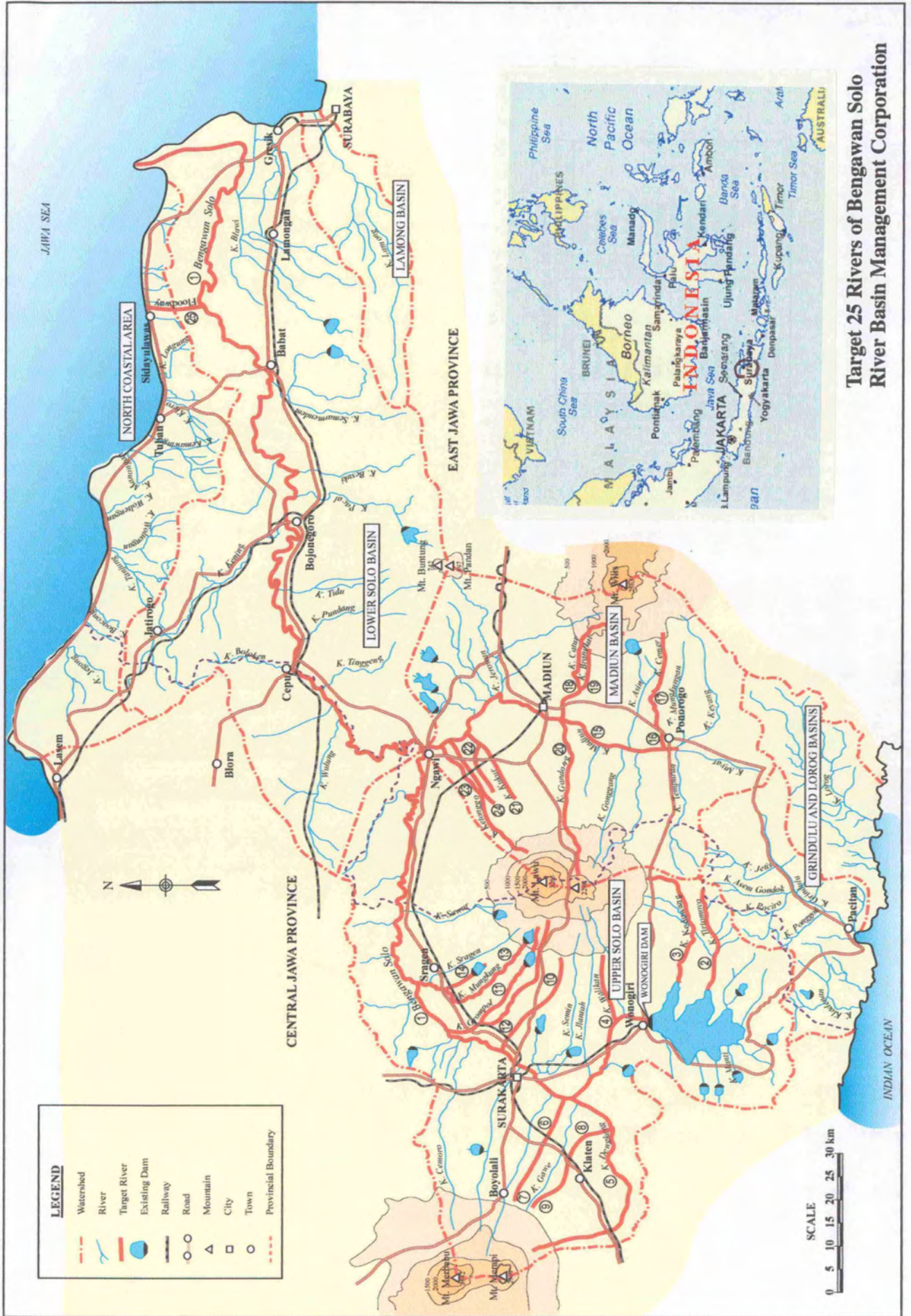
事前調査では、本件要請の背景を確認するとともに、インドネシア国政府の意向を聴取し、かつ問題の分析や状況の把握をするために、調査対象地域において現地踏査を実施しました。この調査の結果、本件調査の妥当性が確認され、またインドネシア国側と調査内容について合意形成がなされたため、平成16年3月9日、本格調査に関する実施細則 (Scope of Work : S/W) について署名・交換を行いました。

本報告書は、今回の事前調査を取りまとめるとともに、引き続き実施を予定している本格調査に資するため、作成したものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成16年4月

独立行政法人 国際協力機構  
理事 北原悦男



調査対象地域図



写真 1 : ダム軸付近 ( 1 )  
左岸より Kuduang 川方向を望む。



写真 2 : ダム軸付近 ( 2 )  
左岸付近より貯水池縦断方向を望む。



写真 3 : 貯水池内養魚施設



写真 4 : スポイルバンク  
緊急堆砂対策で行われた取水口付近浚渫土砂は、畑・水田などに利用されている。



写真 5 : 砂防ダム ( Kuduang 川 )



写真 6 : ダム上流域の水田と畑の状況



写真7：ラテライト土壌の畑地利用



写真8：ダム下流取水施設  
(チョロ堰)



写真9：ダム下流の洗掘状況



写真10：Solo、Madiun 川合流点



写真11：S/W 協議  
水資源総局にて



写真12：S/W 署名後  
写真中央が Basuki 水資源総局長

## 略 語 表

Balai PSDA	Regional Water Resources Management Office 地方水資源管理事務所
BMG	Meteorological and Geophysical Agency インドネシア気象庁
BRLKT	Land Rehabilitation and Soil Conservation of Solo Sub-Center 森林保全センター
BTPDAS	Watershed Management Technology Center of Surakarta スラカルタ流域管理技術センター
CDMP	Comprehensive Development and Management Plan Study for Bengawan Solo River Basin ソロ川流域総合開発管理計画
DGWR	Directorate General of Water Resources 水資源総局
Dinas PUPP	Provincial Water Resources Service Office 州水資源局
DPU	Ministry of Public Works 公共事業省（現居住地域インフラ省）
KIMPRASWIL	Ministry of Settlement and Regional Infrastructure 居住地域インフラ省
OTCA	Overseas Technical Cooperation Agency 海外技術協力事業団（現 JICA）
OECE	Overseas Economic Cooperation Fund 海外経済協力基金（現 JBIC）
PBS	Bengawan Solo River Basin Development Project Office ソロ川流域開発事務所
PJT	Public Water Service Cooperation 水管理公団
PKSA	Water Resources Development and Conservation Section 水資源開発保全事務所
PLN	National Electric Company インドネシア国営電力会社
PSAPB	Water Resources Management Committee 水資源管理・洪水調節プロジェクト事務所
USBR	U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation アメリカ内務省干拓局

インドネシア国 ウオノギリ多目的ダム貯水池堆砂対策計画調査  
事前調査報告書

目 次

序 文

対象調査地域図

写 真

略語表

第 1 章	事前調査の概要.....	1
	1 - 1 要請の背景.....	1
	1 - 2 事前調査の目的.....	1
	1 - 3 調査団の構成.....	2
	1 - 4 調査日程.....	3
	1 - 5 相手国受入機関.....	4
	1 - 6 協議概要.....	4
第 2 章	団長所感.....	7
	2 - 1 堆砂に伴う問題の現状.....	7
	2 - 2 堆砂対策検討上の留意事項.....	8
	2 - 3 堆砂対策の方針.....	8
	2 - 4 検討モデルの構築.....	13
	2 - 5 おわりに.....	14
第 3 章	事前調査結果.....	15
	3 - 1 対象地域の概要.....	15
	3 - 2 堆砂対策 / 維持管理体制調査結果.....	28
	3 - 3 流域保全.....	62
	3 - 4 環境・社会配慮調査結果、環境予備調査結果.....	68
第 4 章	本格調査への提言.....	133
	4 - 1 調査対象範囲.....	133
	4 - 2 調査により求められる成果と調査フロー.....	133
	4 - 3 要員構成.....	134
	4 - 4 調査実施上の留意事項.....	136

【付属資料】

1. T/R .....	143
2. S/W .....	197
3. M/M .....	203
4. 主要面談者リスト .....	209
5. 打合せ議事録 .....	211
6. Q/N 及び回答 .....	217
7. 収集資料リスト .....	235
8. ローカルコンサルタントリスト .....	238
9. スクリーニング資料 .....	241

通貨単位

1 ルピア (IDR) =約 0.0124 円

1 ドル (US\$) =約 106.85 円

( 2004 年 3 月 24 日 <http://www.oanda.com/convert/classic> )



# 第 1 章 事前調査の概要

## 1 - 1 要請の背景

ウオノギリ(Wonogiri)多目的ダム(貯水池面積 90km<sup>2</sup>、集水域 1,260km<sup>2</sup>、集水域人口 710 千人)はジャワ島最大の河川である Solo 川流域(河川全長 600km、流域面積 16,100km<sup>2</sup>、人口 17 百万人)で唯一の大規模貯水池であり、洪水調節(40 年対応)、灌漑用水供給(約 30,000ha)、生活用水供給、発電(13,000kW)を目的とした多目的ダムである。同ダムは、1974 年に OTCA(現 JICA)によるマスタープランで提案され、最優先事業として OECF(現 JBIC)の資金協力で 1982 年に完成した。

Solo 川流域では日本の技術/資金協力で灌漑事業や河川改修事業が継続して実施され、経済的発展を続けてきたが、なだらかな丘陵地帯である貯水池上流域には入植者の開墾が後を立たず、貯水池上流域の 80%以上の土地が耕作地となっている。このような原因もあり、同流域では土砂の流出が非常に多く、ウオノギリ多目的ダム貯水池の利水容量が約 64%程度まで減少し、そのまま放置すると治水・利水機能が著しく損なわれる可能性が出てきた。特に、取水口前面については、Keduang 川からの流入土砂により閉塞し、ダムの機能不全に陥りかねない状況になっていた。

これに対し、現在実施中(2001-2004 年)のウオノギリ多目的ダム貯水池緊急堆砂対策(日本の無償資金協力)では、当初、大量土砂供給源となっている Keduang 川に砂防ダム 2 基の建設、及び浚渫船調達が検討されていた。しかし、流入土砂の粒子が微細であるため、砂防ダムによる土砂流入抑制効果は低く、また浚渫船についても浚渫効率が低く浚渫費用が高額になることから、これらの対策の採用は見送られた。その結果、同無償資金協力では、当ダムの取水口の埋没を防ぎ、その機能の延命のために、取水口前面の緊急浚渫(約 25 万 m<sup>3</sup>)を主に実施することとなった。この緊急浚渫による延命期間は工事完成後約 5 年程度という調査結果があり、流域保全を含めた抜本的な対策を早急に実施する必要性が前述の緊急堆砂対策の報告書にて提言された。

また、今回、要請の中で具体的に示されているハイドロタイプ排砂システムは、上述の無償資金協力の基本設計調査でも検討された。結果として、土質、地形といった条件や運営・維持管理費用が小さいことから同国の経済状況を考慮すれば最適であると考えられたが、実例が少なく、技術的な信頼性の確認が必要とされた。

このような状況のもと、インドネシア国はウオノギリ多目的ダム貯水池の堆砂対策に係るマスタープラン及び優先・緊急事業に係るフィージビリティ調査(F/S)の実施を我が国に要請した。

## 1 - 2 事前調査の目的

本格調査に係わるインドネシア国の実施体制を確認し、現地調査及び資料収集を行い、本案件の方針や方法を検討する。また、本格調査の実施細則(Scope of Work: S/W)及び、S/W の協議の議事録

(Minutes of Meetings: M/M)の署名・交換を通じ、インドネシア国側と調査方針を確認する。現地での確認事項は以下のとおり。

- ・本調査に関する要請背景
- ・インドネシア国政府の意向
- ・上位 / 関連計画との整合性
- ・他援助機関の本分野援助動向
- ・本格調査内容(本格調査の成果、調査範囲、調査規模、調査期間、調査要員など)
- ・本格調査時留意事項
- ・調査地域の現況(自然状況、施設、住民など)
- ・必要資料、入手可能資料
- ・先方政府実施体制及び関係機関と能力(カウンターパート機関、ステークホルダーなど)
- ・事業化のためのスケジュール(予算、法制化、資金協力要請、意思決定プロセスなど)

### 1 - 3 調査団の構成

氏名	担当業務	所属	派遣期間
柏井 条介	総括 / 流域管理	独立行政法人土木研究所 水工研究グループダム水理チーム上席研究員	2/29 ~ 3/11
白石 眞之	堆砂対策 / 維持管理体制	東電設計株式会社 海外水力部	2/29 ~ 3/23
田中 一郎	環境社会配慮 / 流域保全	OYO インターナショナル株式会社 技術一部長	2/29 ~ 3/23
松元 秀亮	調査企画 / 事前評価	JICA 社会開発調査部社会開発調査第二課	2/29 ~ 3/11

## 1 - 4 調査日程

日付		調査工程	
		(官団員)	(コンサルタント団員)
2/29	日	成田発 - ジャカルタ着	
3/1	月	JBIC 山村氏と協議 DGWR 中部地域局長等と協議 JICA 加藤事務所長と打ち合わせ	
3/2	火	BAPPENAS との協議 DGWR 関係機関との S/W 協議	
3/3	水	ジャカルタ発 - ソロ着 ウオノギリ県表敬、ダムサイト視察 Solo 川開発プロジェクト事務所、PJT-I、Balai PSDA との協議	
3/4	木	ウオノギリ県 BAPPEDA 等との協議 Solo 川開発プロジェクト事務所、PJT-I、Balai PSDA との協議	
3/5	金	林業省関係機関から情報収集 Balai PSDA 訪問、資料収集	
3/6	土	上流域視察	
3/7	日	下流域、最上流域視察	
3/8	月	ソロ発 - ジャカルタ着 DGWR S/W、M/M 協議	
3/9	火	林業省 中田専門家から情報収集 DGWR 援助関係部局と協議 DGWR S/W、M/M 協議 S/W、M/M 署名	
3/10	水	JBIC 報告、大使館報告、JICA 事務所報告 ジャカルタ発 (官団員)	
3/11	木	東京着	バンドン工科大学、水資源研究所訪問
3/12	金	/	データ・資料収集および整理
3/13	土		データ・資料収集および整理
3/14	日		ジャカルタ - ソロ
3/15	月		スラカルタ大学、PJT1、Balai Sungai、BTPDAS 他訪問
3/16	火		ガジャマダ大学訪問
3/17	水		BAPPEDA 資料収集、WB Project Site 視察
3/18	木		ソロ ジャカルタ 内務省榎本専門家他より情報収集
3/19	金		環境省藤塚専門家他より情報収集 JICA 事務所報告
3/20	土		データ・資料収集および整理
3/21	日		データ・資料収集および整理
3/22	月		データ・資料収集および整理 ジャカルタ発
3/23	火		東京着

## 1 - 5 相手国受入機関

相手国受け入れ機関は、居住地域インフラ省水資源総局 (Directorate General of Water Resources, Ministry of Settlement and Regional Infrastructure: DGWR) であり、現地ソロでの受け入れは、Solo 川流域開発プロジェクト事務所及びウオノギリ県であった。

## 1 - 6 協議概要

事前調査では、ジャカルタにて、居住地域インフラ省水資源総局関係者、ソロ (スラカルタ) 及びウオノギリにて現地関係者 (州、県、PJT-I, Solo 川流域開発プロジェクト事務所) との協議を行った。合意事項等については、Minutes of Meetings の通りであるが、主なポイントを以下に示す。

### (1) 調査スケジュール

調査スケジュールについて、要請で2年間であったところ、JICA 案として3年間で提案したが、取水口付近の問題の緊急性のためか、現地ではなぜ3年間必要なのかという点について、説明を求められた。これについては、緊急性の高い取水口付近の問題は2年間で結果を出すこと、貯水池全体の堆砂対策については、ウオノギリダム の特性 (容量の大きさ、形状、堆砂粒子など) から考えて、詳細なデータを必要とし、解析・分析、考察において十分に検討しなければならないことを説明し、現地ではこれで了解を得た。

また、ジャカルタにおいては、JBIC の調査 (Brantas 川の河川施設リハビリ) では短期間で実施していること、もともとの要請が2年であることから、3年に変更するのは困難であるとのコメントがなされたが、これについて、JBIC と JICA の調査目的の違い等の説明と、要請で挙げられている取水口付近の対策及び流域保全対策については2年間で実施するという事で了解を得た。

### (2) 環境社会配慮について

本件調査では、貯水池内の堆砂を下流に流すことや、上流域での流域保全対策では住民の参加が求められることから、環境社会配慮の視点も重要な項目となりうる。新しい環境社会配慮ガイドラインでは、インドネシア国政府の主導の元で利害関係者との協議も求められているため、この点について説明した。これに対し、インドネシア国側も、基本的に利害関係者に対する説明責任や調査期間中からの説明会については、主導で行うことは了解した。一点、開催のための経費の準備は困難であることが示されたが、これについては、他の調査と同様に調査団の活動とリンクさせるなどの工夫により支援は可能と考えられるので、本部持ち帰り事項として了解を得た。

### (3) その他合意事項

#### 1) ステアリングコミッティ

本件調査実施にあたり、インドネシア側でステアリングコミッティを設立する。現時点で確認しているメンバーは以下のとおり。

- a) 居住地域インフラ省 (議長、Ministry of Settlement and Regional Infrastructure)
- b) 国家開発計画局 (BAPPENAS)
- c) 森林省 (Ministry of Forestry)
- d) 内務省 (Ministry of Home Affairs)
- e) 環境省 (State Ministry of Environment)
- f) 農業省 (Ministry of Agriculture)

#### 2) テクニカルワーキンググループ

調査の技術面について確認し、必要な各種データ・情報を入手するためにテクニカルワーキンググループを設立する。現時点において決まっているメンバーは以下のとおり。

##### 流域保全

- a) 居住地域インフラ省
- b) 森林省
- c) 内務省
- d) 環境省
- e) 中部ジャワ州政府
- f) ウオノギリ県政府

##### 取水口周り堆砂対策、貯水池全体堆砂対策

- a) 居住地域インフラ省
- b) 環境省
- c) Solo 川流域開発プロジェクト事務所
- d) ブランタス公団 (PJT I)
- e) 中部ジャワ州政府
- f) 中部ジャワ州流域管理事務所

#### 3) インドネシアにおける大学及び研究機関との連携

調査活動のサポート及び調査終了後のモニタリングやフォローアップをインドネシア国側で十分に実施するために、大学及び研究機関と連携し調査を進めることを確認した。

なお、どの大学・研究機関と連携するかについては、事前にインドネシア国側及び JICA インドネシア事務所で協議し決定することとした。

#### 4) 基礎的調査

調査に必要な基礎的な調査については、S/W に記載されていないが、本格調査団により実施されるということを確認した。

#### 5) 実証試験

特に取水口周りについては実証試験の実施も想定しているが、同試験については調査によって代替案の中から選定後に実施に移るということで了解を得た。

#### 6) インドネシア語レポート

各レポートの要約についてはインドネシア語版も作成することを確認した。

#### 7) インドネシア国側便宜供与

S/W に記載されている「インドネシア国側便宜供与」について、以下の点を確認した。

- ・ 20 人が作業できる事務所 (机、椅子、電話回線付) を用意する。
- ・ パーソナルコンピュータ、コピー機、FAX 機等の電子事務機器については用意できないため、JICA 側で用意してほしい。

#### 8) セミナー及びワークショップ

調査期間中に、セミナーもしくはワークショップを開催することを確認した。

#### 9) カウンターパート研修

カウンターパート研修について、インドネシア国側から要請があったため、本件については JICA 本部への持ち帰り事項として了解を得た。

#### 10) カウンターパート人材

インドネシア国側は、各調査団員に対し1名のカウンターパート(パートタイム)と調査団全体に対し 2,3 名のカウンターパート(フルタイム)を配置し、調査開始までに JICA にリストを提出するということを確認した。

#### 11) インドネシア国のコンサルタント

インドネシア国側政府職員の質・量の不足を補うため、インドネシア国側の経費でコンサルタントを雇うことも可能とし、それらコンサルタントに対しても、政府職員に対するのと同様技術移転を行うこととした。

## 第2章 団長所感

### 2 - 1 堆砂に伴う問題の現状

#### 2 - 1 - 1 問題の概要

本調査の要請書によれば、ウオノギリダム堆砂における問題点は次のようにまとめることができ、今回の事前調査においてこれらの問題が深刻であることを確認した。

支川の Keduang 川からの土砂流入による堆砂が取水口周辺を覆っており、取水に支障が生じている。

堆砂の進行がダム建設時の計画より遙かに速く、ダム完成の 1982 年から 2000 年の間に利水及び洪水調節容量の 30%以上が消失し貯水池機能が損なわれている。

堆砂による洪水調節容量の減少により、ダムの洪水処理能力が減少しており、堤体越流に対する安全性が低下している。

本堆砂対策調査にかける地元の期待は大きいですが、同時に当初計画に対する不信感が表明される場面もあった。本格調査では、現象の解明・予測に十分な労力を注ぎ、技術的な不信感を深めることのないよう配慮する必要がある。

#### 2 - 1 - 2 取水口の堆砂

上記問題のうち、については、ウオノギリダム特有の事情がある。すなわち、Keduang 川の流域面積がウオノギリダム集水面積の 1/3 弱に達するとともに、流域に 3000m級の山を有し流出土砂量が多いと推定されるのに対し、貯水池流入部から取水口までの貯水池容量が非常に小さく(河床勾配が大きいと考えられる)、貯水池全体の堆砂進行に先行して取水口部分の埋没が生じている。堆砂は、取水口周辺に既に到達しており、早急な対応が必要である。現地において最も深刻に受け取られているのは、取水口の問題である。

#### 2 - 1 - 3 有効貯水容量の減少

は と比較してより長期の問題であるが、それ程時間がある訳ではない。

ウオノギリダムの堆砂進行が速いことは、建設直後から確認されていたようであり、1989 年～1994 年には、流域からの流出土砂低減のためのプロジェクトが世界銀行の支援により実施されている。これにより、堆砂の進行速度は低減したとされるが、依然として流入土砂量は多く、2002 年～2004 年には、応急対策として、日本の無償資金協力による取水口周りの堆砂除去等が実施されるに至っている。集水域は、ダム建設当初から 80%近くが開墾されており、現在も同様の状況にある。

要請書のデータによれば、年平均で 1,500 万 $\text{m}^3$  程度の容量損失が生じており、このまま堆砂が継続するとすれば 20 年程度で貯水池機能の大半が失われることになる。早急に対策方針を決める必要がある。

#### 2 - 1 - 4 ダムの安全性の低下

はダムの安全性に係わる問題である。本事前調査により、本ダム洪水吐きが可能最大洪水を対象に計画されていることが確認されており、ダムの安全性が堆砂の影響を受けるのは間違いないようである。現時点での具体的な安全性(例えば、現在の洪水吐きがどの程度の確率年相当の洪水に対応できるかといった評価)は不明であり、堆砂量の精度の良い把握を行うと共に、現状での安全性評価を早急に実施する必要がある。なお、本問題は、洪水吐きの容量不足の問題として捉えることも可能であり、放流設備の増設による対応も可能である。

### 2 - 2 堆砂対策検討上の考慮事項

ウオノギリダム堆砂対策を検討する上で考慮すべき事項として、次の事項が挙げられる。

堆砂により既に貯水池運用に支障が生じていること。特に取水口の埋没に対しては数年程度の近い将来に何らかの対策を講じる必要があること。

例えば、100 年以上といった長期に亘り貯水池機能を維持できるものであること。

ウオノギリダムは既に広い地域に水を供給しており、用水供給機能を維持しつつ対策を講じる必要があること。

維持管理コストが小さいこと。

ここで、のうち取水口埋没に対する対策は、の対策が実施されるまでの暫定的な対応として考え計画する必要がある。堆砂は徐々に取水口周りの広いエリアに影響を及ぼすようになり、取水口付近のみの対策では限界があると考えられるからである。

について、現地では計画時点の有効貯水容量を回復しこれを維持することが求められたが、後に述べるように、こうした要望に応えるにはかなりの困難が予想される。現況の貯水容量を維持するなど柔軟な目標設定を行っていく必要があるものと思われる。

### 2 - 3 堆砂対策の方針

#### 2 - 3 - 1 対策概要

ウオノギリダム堆砂対策は、緊急(又は暫定)対策と長期間の貯水容量維持対策に分けることができる。緊急対策は、

取水口周りの堆積土砂を排出し、当面の取水機能を維持する対策



であり、長期間に亘り貯水容量を維持していくための対策として次の2つの対策が考えられる。

貯水池流入土砂を迂回、又は排出するための対策

集水域からの生産土砂量を減少させるための対策

要請書からも分かるように、現地は、**（1）**の対策については具体的対策案のイメージを持っているようである。一方、**（2）**についてのイメージは余り具体化されていないが、ウオノギリダム<sup>（注）</sup>の堆砂進行状況を勘案すると、長期間の貯水容量維持対策は、確実性と共に即効性が要求される。従って、最も期待されるのは**（1）**の対策であると思料する。ただし、**（2）**については、現在のところ確立された検討スキームがあるわけではなく、本格調査では技術開発を含む検討が必要になるものと予想される。以下に各対策についての検討方針について見解をまとめる。

## 2 - 3 - 2 取水口周りの土砂の排出

### (1) 工法選定の基本方針

取水口周辺の対策は、緊急を要するものであり、計画、実施の比較的容易な浚渫がその主たる候補になると思われる。この場合、維持費用の低減という意味で、可能であれば貯水位と河道間の落差を利用した流水エネルギーの利用が望まれる。要請書にあるハイドロ式はその一つであり、有力な候補であるが、その適用の妥当性については必ずしも十分には整理されていないので、他の方法との比較を通じ再評価する必要がある。実証試験の必要性、あるいは有用性もそうした検討を通じて明確にされなければならない。

要請されているハイドロ式には浚渫（移動）式と固定式のものがある。固定式のものについては操作を簡便にする利点があるが、維持補修の労力を要する可能性がある。このような管路を固定する方式も評価の対象とする他、実施の容易な他の手法も比較・検討する必要がある。

### (2) 実証試験

要請書にはハイドロ式の実証試験が求められている。ハイドロ式以外の工法が選定される場合にも、必要に応じ現地材料による実証試験を実施していく必要がある。工法の適用性に関し、懸念される現地材料特性として以下の事項が考えられ、改良・開発が必要になる場面も想定される。

火山灰系の土粒子のうち微細粒子が対象になること。

堆積土砂間に塵埃を挟んでいる可能性が高いこと。

ある程度深部、或いは水面上に露出した経験のある領域では、微細粒子の圧密が進行している可能性があること。

実証試験では、上記事項等に対する適用性を確認すると同時に、現地材料での最適な操作

方法、排出効率(流量と排出量の関係、管路の抵抗など)のデータを得ることが重要な目的となる。特にハイドロ式は実施例が非常に少ないので、施設設計のためにはこうした資料の収集が必要と思われる。また、固定式を考えるのであれば、排出後の安息角を知ることも目的の一つになる。

なお、緊急対策として、無償資金協力による取水口周辺の浚渫除去(5年間の機能維持対策)が実施されたところであるが、堆砂現象は年変動の激しい現象であり、大きな出水がある年の場合には短期間でその効果を失うこともあり得る。調査期間中は取水口周辺の堆砂進行状況に留意し、実証試験を取水口機能維持対策の一環として有効に活用することも考慮することが望まれる。

### (3) 排出計画の策定

実証試験等により、施設的能力算定が可能になったとして、排出計画の策定では、以下の事項に留意する必要があると思われる。

既に堆砂が取水口周りに達しており、今後、取水口周辺の堆砂高が漸次高くなっていくことが予想される。排出エリア及び排出頻度の設定に当っては、排出部の埋め戻し現象とともに、経年的な堆砂変化も考慮した検討が必要である。

流水のエネルギーを用いるものとする、排出土砂は下流河道に放出する必要がある(実際、捨て土場所を将来に亘って確保することは困難と考えられる)。排出濃度はかなり高くなることが予想されるので、発電放流での希釈等を考慮し、環境への影響を最小にする操作方法を考える必要がある。

## 2 - 3 - 3 貯水池流入土砂を迂回、又は排出するための対策

### (1) 対策手法の種類

本対策は貯水池周辺で実施する貯水容量確保方策であり、いわゆる土木技術としての堆砂対策の範疇になる。対策メニューとしては、貯砂ダム、掘削、浚渫、土砂フラッシング、土砂スルージング、土砂バイパスなどがあるが、いずれも一長一短を有するものであり、ダムの条件に合わせて、その適用性を検討する必要がある。

堆砂対策技術は発展途上にあり、新しい技術の開発も視野に入れ検討を行っていくことが望まれるが、上記方法についての適用可能性について現時点での見解を以降に示す。

なお、以降に示す方法は、水理条件等の制約により何れも”長期的”に確保できる容量は制限されるものであることに留意する必要がある。つまり、現地からは、計画時点の貯水容量の回復が求められているが、これを”長期的に”維持するのは困難な可能性が高い。

仮に現地からの要望に従い、計画時点の貯水容量を確保するものとする、この容量は、数十

年といった比較的短期間の耐用年数に対する容量となることが推察される。フィージビリティの問題であり、こうした計画を否定する必要はないと思うので、本格調査では、時間的な容量変化を念頭に入れた貯水池計画を検討することが望まれる。

因みに、計画時点の貯水容量の回復する場合を考えると、現貯水池内には、既に有効貯水量(利水、洪水調節)内に2億 $m^3$ 程度の土砂が堆積しており、この膨大ともいえる土砂量を短期間内に排出することはかなりの困難を伴うことが予想される。堆砂対策と合わせてダムの高上げについても検討対象になるものと思われる。

## (2) 貯砂ダム、浚渫掘削

現状の流入土砂量は1千万 $m^3$ /年を超えることが予想され、堆砂量全体に対する貯砂ダムによる流入土砂の捕捉効果はあまり期待できないであろう。また、掘削、浚渫による対応も非現実的である。

ただし、例えば粒径の比較的大きな土砂について、掘削して有効利用するなどの方法は考えられる。従って、本方法を排除すべきではないが、補助的な対策に留まるものと思われる。

## (3) 土砂フラッシング、土砂スルージング

### i) 適用の可能性と検討方針

貯水容量を一定レベルで維持するためには、流入土砂を貯水池外に排出する必要があり、そのための輸送エネルギーの確保、排出先の確保が必要となる。ウオノギリダムのような大きな流入土砂量に対しては、輸送エネルギーについては、貯水池を流下する流水のエネルギーを用いることが、排出先については下流河川が適当と一般に考えられており、土砂フラッシング、土砂スルージングは検討すべき対策工法といえることができる。

土砂フラッシング、土砂スルージングの計画検討に当たっては、流水のエネルギーを利用するための工夫、具体的には流速を得るために流路の変更や貯水位の低下操作などを実施する必要があり、貯水池運用計画との整合性を常に念頭に入れておく必要がある。

なお、貯水池を流下する流水を利用するためには、比較的大規模な土木構造物やゲートが必要になることが予想され、下流への放流が確実に実施できる施設であれば、先に述べたダムの安定のための放流設備として位置づけることも可能と思われる。

### ii) 下流河道への影響

下流河道を土砂の排出先とする場合には、排出土砂の下流での挙動を推定し、その影響を把握する必要がある。河道については、濁度(SS)の変化や河床変動が場としての変化となる。また、灌漑等の取水・配水施設内の挙動についても、必要に応じ検討する必要がある。なお、Solo川は濁りの大きい河川であり、現地では濁度変化についての言及は余りなく、灌漑施設内での堆積の影響が指摘されることが多かった。

排出土砂は、本来河道を流下しているものであるが、ダム完成後、既に 20 年以上の歳月が経過しており、ダム下流河川はダムが存在している状態で安定化する方向に向かっていると思われる。従って、ダムからの土砂排出による影響の評価はダム完成後の河道の変化も含めて実施されることが望まれる。また、集水域の土地利用状況の変化についても把握し、ダム建設前からの流出土砂量の変化を評価することも必要であろう。仮に従前の河道と同じ土砂量を下流に排出するものとしても、排出の方法により流量と濃度の関係が変化することが考えられるので、こうした影響についても念頭に置く必要がある。

#### (4) 土砂バイパス

土砂バイパスはバイパス水路(トンネルの場合が多い)の建設コストが大きい問題がある。ウオノギリダム貯水池では、Keduang 川の土砂に対して適用の可能性がある。Keduang 川の土砂流出が大きければフィージブルとなり得るし、取水口の埋没を防止する上でも効果的となる。

土砂バイパスは基本的には流入土砂をそのまま下流に放流するものである。従って、下流への影響は土砂フラッシングやスルージングと比較して小さいと考えてよい。

#### 2 - 3 - 4 集水域からの生産土砂量を減少させるための対策

所謂流域対策である。流域対策は根元的な対策と考えられているが、対象としている地域が面的に広がっているため、対策の完成に長期を要するとともに、効果発現の定量的な予測が困難な問題がある。こうした理由により、日本では貯水池の堆砂対策計画に土砂生産量の抑制計画が含まれる場合はほとんどないが、ウオノギリダムでは、土壌侵食不適切な農地開発が広範囲に行われているようであり、集水域対策により流入土砂量の大幅な低減を得る可能性がある。また、堆砂データから土砂流出量の総量が把握可能なこと及び集水域の土砂流出形態がそれ程複雑でないことから、土砂生産量の把握、流域保全対策による土砂量低減効果の予測は可能なものと思われる。

流域保全対策については、世界銀行の事業をレビューするとともに現状での効果を再評価し、より効果的かつ継続的に効果の得られる対策手法の提案、実施・維持方法の提案を行う必要がある。また、世界銀行によるものの他、現地政府等により種々の事業が実施あるいは計画されているようなので、これらについても併せて分析が必要であろう。

流域保全対策については、これまでの経緯から現地においてもある程度の体制はできているようである。行政の意識も比較的高いようなので、これらを更に有効に活用し実行のある計画を策定することが期待される。

## 2 - 4 検討モデルの構築

### 2 - 4 - 1 貯水池上流域モデル

現状の堆砂の進行現象を明らかにし、将来の問題を明らかにするとともに、各種対策効果を精度良く予測するためには、良質な物理モデルの構築が不可欠である。従来の計画ではこうしたツールの構築が十分でなかったように思われるので、ここで、モデルについての見解を述べておく。

物理モデルは貯水池上流域、貯水池、貯水池下流河道に大別することができる。上流域については、これまで各種調査が実施されてきているようなので、これら知見を整理し、土砂生産の観点から土地の分類を行い、土砂流出モデルを作成する作業となろう。この場合、分類した各地区の侵食特性を明らかにするため流出先調査も必要に応じて実施する必要があると思われる。

作成した流出モデルは堆砂実績により検証評価する必要がある。流出モデルの作成は土地の流出特性を細分化した精微なものを求めようとするると多大な時間と費用を要するものになる可能性がある。本調査では貯水池流入点での流入土砂量が再現できればよいので、堆砂実験との回帰分析により、未知の部分を補足するなど予測精度を維持しつつ、不必要な時間と労力を省略する方法を検討する必要があるものと思われる。

なお、次に述べる貯水池モデルでは、流入土砂量は流量との関係で与える必要があるが、流出モデルでこうした関係を再現するのは理想的ではあるが困難なことが予想される。従って、例えば年当たりあるいは乾期・雨期といったより長期の期間の平均量をアウトプットとし、流量との関係については、こうした平均量をもとに、流砂量式に基づく流量と土砂量の変化特性を用いて設定するといった方法が現実的と思われる。実作業においては、時間の許す範囲内で最良の精度を確保するための方策を模索する必要がある。

### 2 - 4 - 2 貯水池内のモデル

貯水池のモデルは、河床変動モデルが基本になる。河床変動モデルとしての問題は、非線形性の強い微細粒子の挙動が大きなウェイトを占めることであり、微細粒子の浮遊、沈降、再浮上の再現可能なモデルを開発・作成する必要がある。

確認が必要であるが、ウオノギリダムでは貯水池水深が比較的小さく、温度成層の影響はあまり考えなくても良いように思われる。一方、貯水池面積は広く形状が複雑であり、流域面積の比較的大きい支線が多数存在する。従って平面的には幅方向に一様とするのは無理があり、平面二次元によるモデル化が基本になるものと思われる。但し、平面二次元計算はかなりの計算時間を要することが予想されるので、例えば流量が小さく貯水位が高い場合のような現象が幅方向に一定と仮定し得るような場合(実際こうした期間が長いと思われる)には、一次元計算により代用するなど計算時間の節約を検討する必要があると思われる。なお、一次元計算を導入する場合にも、二次元計算との接合方法を明らかにするため、二次元計算との併用をある程度考えていく必要がある。また、

一次元計算においても、支川については合流計算によりできるだけ忠実にその影響をモデル化する必要があるであろう。

以上は、堆砂形状全体についてのモデル化に関するものであるが、各種対策効果の検討では、対策方法に合わせて必要なモデル化を実施する必要がある。対策方法の検討を念頭に置いたソフトの作成が求められる。

貯水池モデルの再現・予測精度を良いものとするためには、現地堆砂の詳細なデータが不可欠となる。必要データとして、三次元的な堆砂面形状、堆積土砂の粒度構成及び深度と間隙率の関係、出水時及び常時の流入 SS、貯水池内 SS、放流 SS、貯水池の水温分布などが考えられる。また、微細粒子の沈降特性や再浮上特性を知るためには、室内試験も必要になることが考えられる。更に、水質問題を検討するためには、有機物の含有状況、有害物質などに対する調査も必要となる。こうしたデータの収集は時間と費用を要するものであるが、これらのデータの量、質がモデルの精度を直接左右することを理解する必要がある。

#### 2 - 4 - 3 貯水池下流のモデル

貯水池下流のモデルは、基本的には貯水池のモデルと同様の河床変動モデルである。幅方向の変化を余り考慮する必要はないと思われることから一次元の河床変動モデルで十分に思われる。

問題は、合流支川からの流入条件、取水施設からの取水条件の設定にある。流入条件についてはウオノギリダムの流入条件の他、下流域におけるこれまでの観測資料を用いて設定することが、取水条件については各施設構造・運用方法に合わせた条件設定を行うことが考えられる。下流の予測は影響予測として実施するのが目的になると思われるので、これら条件の精微化を図るというよりは、パラメーターを変化させてその影響を見てみることも含めて条件設定を検討する必要がある。

#### 2 - 5 おわりに

ウオノギリダムは日本とのつながりの深いダムである。本ダムの有用性、必要性は現地において十分に認識されている。一方、当該ダムの堆砂については、建設当時の計画と大幅に異なる進行が生じていること、その後も有効な対策が得られていないことから、我が国の技術に対する現地の不信感を招来する懸念がある。本格調査においては、堆砂問題に関する現在の知見、技術を結集し、現地の不信感の招来を未然に防止することを祈念したい。

なお、本格調査を通じて提案される方策、或いは検討ツールであるモデルは、堆砂問題を抱える他のダムでも適用可能であることが期待される。現地には技術継承能力のある有能な人材が存在するので、技術の継承についても十分配慮されたい。

## 第3章 事前調査結果

### 3 - 1 対象地域の概要

#### 3 - 1 - 1 自然状況

##### (1) 流域の概要

ウオノギリ多目的ダムを要する Solo 川は、流域面積約 16,100km<sup>2</sup>、河川延長約 600km を有するジャワ島内で最長の河川である。セウ山系に源を發し、途中いくつもの支川と合流しつつ、スラバヤ(Surabaya)市の北でジャワ海に流出する。

ヌガアワイ(Ngawi)市付近で Madiun 川と合流するが、これより上流は Solo 川上流域と呼ばれ、流域面積 6,072km<sup>2</sup> を有する。

ウオノギリ多目的ダムは、スラカルタ(Surakarta)市の上流約 40km、ウオノギリ県北部に位置し、流域面積 1,350km<sup>2</sup>(貯水池面積約 90km<sup>2</sup>、集水域面積 1,260km<sup>2</sup>)、総貯留容量 735,000,000 m<sup>3</sup> を有する大ダムである。主な流入河川は、Keduang 川、Tirtomoyo 川、Alang 川、Temong 川、Wuryantoro 川そして Solo 川本川である。

行政区域としては、集水域の大半をウオノギリ県が占めるが、集水域の東端には一部パチタン(Pacitan)県に属する地域がある。

##### (2) 地形・地質

流域の東方には、標高 3,265m の Lawu 山が聳え、富士山のような火山丘陵地地形を示す。Keduang 川はこの山岳地を主な集水域としている。西方は、標高 800m 程度以下の丘陵地である。一方、南方は、低平な丘のようなカースト地形を示す。また、谷部には、河川により形成された段丘地形が各所に見られる。

流域の基盤を構成する地質は、主に中生代に堆積した頁岩、砂岩、石灰岩である。流域の中央部の低平な丘陵地には、東西方向に頁岩、砂岩類の堆積岩が分布する。また、流域南端の低平な丘陵地には主に石灰岩が分布する。

一方、Lawu 山を構成する地質は新しい第四紀第四紀火山碎屑岩類であるが、流域である南側斜面には、同じ第四紀火山碎屑岩類でも時代の古いものである。Keduang 川沿いの岩は、広域的な東西方向の地質構造に支配され、概ね東西方向の走行を持ち、かつ 40~70 度北側へ傾斜した構造となっている。そして、河川沿いの低位な部分では、これらの岩を覆って上位に第四紀以後~現在に至るまで形成中である河成堆積物と表土が分布する。Keduang 川の堆積物は多くが凝灰岩、凝灰角礫岩など、Lawu 山起源の岩石である。また、Keduang 川に並行する

ように、断層や節理が NW-SE 方向に走っている。

### (3) 土 壤

ウオノギリ県内に分布する土壌の特徴を次の一覧に示す。

表 3-1-1 ウオノギリ県内に分布する土壌

土 壤 名	特 徴
アンドソル	火山ガラスに富む母材に由来する土壌。発達程度は弱い。
リソソル	固い岩盤上の浅い土壌
ラトソル	三二酸化物の含有量が多く、強度に風化した土壌。いわゆるラテライト土壌。
メディテラニアン	一般的には、石灰岩地域で形成される土壌の名称であり、熱帯湿潤地域ではラテライト化することがある。しかし、地質図を参照すると、石灰岩分布域とは異なる地域に分布しているため、インドネシア特有の分類の可能性がある。
グラムソル	黒色を呈し、割れ目を生ずる粘土質土壌
レゴソル	もろい非固結岩屑土
コンプレックス	複合土壌。

流域の1/3を占める Lawu 山には、山頂付近にはアンドソルが、中腹斜面にはラトソル、山麓付近にはメディテラニアンが分布する。一方、流域の2/3を占める低平な丘陵地には、リソソルおよびコンプレックスが分布する。

また、赤色を呈するラテライト土壌は、土壌中の土中水の動きによって鉄やアルミニウムが、ある限られた層に濃縮され形成された土壌である。栽培作物にとっては養分の乏しい土壌である。

### (4) 気 象

調査対象地域は熱帯モンスーン型気候であり、11月から4月までは南西から北西にかけて吹く季節風が大量の雨をもたらす、雨季となる。一方、7月から10月にかけては南と南東の季節風が吹き乾季となる。

月平均気温は29度程度であり、季節による温度差は2度程度である。また、月平均湿度は1年を通じて大きな変化はなく、77%程度である。

過去最高風速は30m/sec程度であるが、平均風速は2.3m/secである。また、月平均蒸発散量は5mm/day程度である。

調査対象地域には、PBS が観測・運営している気象観測所がある。調査対象地域におけるデ



一タ収集の可能な観測所は次表のとおりである。

表 3-1-2 気象観測所概要

番号	観測所名	経度	緯度	標高 (m)	気温	相対 湿度	風速	蒸発 散量
1	Baturetno	110・・55'59"E	7・・58'53"S	154				
2	Wonogiri Dam	110・・55'29"E	7・・50'19"S	142		×	×	
3	Pabelan	110・・45'E	7・・34'S	106				

3観測所の、1975年～2000年の月別平均気温、相対湿度、風速、蒸発散量を次に示す。

表 3-1-3 気象観測結果概要

月	気温 ( )	湿度 (%)	風速 (m/sec)	蒸発(mm/day)
1月	29.3	79.4	1.95	2.8
2月	29.1	77.6	1.76	2.9
3月	29.6	77.2	1.73	3.7
4月	29.6	77.9	1.53	4.4
5月	29.1	77.1	1.58	4.9
6月	28.7	77.1	2.07	4.7
7月	28.3	77.3	2.32	6.3
8月	28.7	76.1	3.09	7.55
9月	29.6	76.5	3.41	8.8
10月	30.4	75.4	3.47	7.6
11月	30.2	77.9	2.71	5.5
12月	29.5	79.7	2.13	3.8
平均	29	77	2.31	5

注) 気温、蒸発散量: Wonogiri dam 観測所データを使用。その他は Baturetno 観測所のデータを使用。

図 3-1-3 にウオノギリ多目的ダム流域の雨量観測所の位置図を示す。調査対象地域において 1976年から2000年までの25年間のデータを持つ7雨量観測所の月別平均降雨量を以下に示す。年平均降雨量は約1,900mmである。

表 3-1-3 雨量観測結果概要 (単位:mm)

観測所	Song Putri	Nawangan	Paranjoho	Ngancar	Wonogiri Irrigation	Wonogiri Dam	Jatisrono
1月	385	323	293	362	343	325	358
2月	302	301	253	367	325	296	337
3月	264	262	252	314	299	269	318
4月	206	164	185	204	173	176	199
5月	105	74	76	92	117	97	95
6月	59	59	58	70	63	56	64
7月	36	26	38	26	31	24	29
8月	20	16	19	17	21	21	28
9月	30	28	27	31	20	20	49
10月	74	71	82	88	115	92	147
11月	180	154	168	174	179	159	231
12月	281	229	234	300	222	210	277
合計	1942	1707	1685	2045	1908	1745	2132

### 3 - 1 - 2 社会状況

#### (1) 経済・財政

インドネシアは6年余り続いたIMF支援プログラムを、2003年12月31日に終了した。

表 3-1-4 インドネシアの国家予算の推移 (2000 年 ~ 2004 年)

(単位: 兆ルピア, %)

予算項目	2002 国会可決予算(2001.10)			2003 補正予算(アチェ作戦後:2003.5)			2004 国会可決予算(2003.11)		
	GDP比	歳出入比		GDP比	歳出入比		GDP比	歳出入比	
<b>A. 歳入</b>	<b>301.9</b>	<b>17.9</b>	<b>1000</b>	<b>342.8</b>	<b>19.1</b>	<b>1000</b>	<b>349.9</b>	<b>17.5</b>	<b>1000</b>
1. 租税収入	219.6	13.0	72.8	248.5	13.9	72.5	272.2	13.6	77.8
a. 国内租税	207.0	12.3	68.6	236.9	13.2	69.1	260.2	13.0	74.4
うち所得税	104.5	6.2	34.6	122.4	6.8	35.7	134.0	6.7	38.8
付加価値税	70.1	4.2	23.2	75.9	4.2	22.1	86.3	4.3	24.7
土地建物税	8.1	0.5	2.7	8.9	0.5	2.6	8.0	0.4	2.3
国際貿易租税	12.6	0.7	4.2	11.6	0.6	3.4	12.0	0.6	3.4
2. 税外収入	82.2	4.9	27.2	94.0	5.2	27.4	77.1	3.9	22.0
a. 天然資源ロイヤルティ収入	63.2	3.7	20.9	65.0	3.6	19.0	47.2	2.4	13.5
b. 国営企業利益配分	10.4	0.6	3.4	12.3	0.7	3.6	11.5	0.6	3.3
c. その他税外収入	8.7	0.5	2.9	16.7	0.9	4.9	18.4	0.9	5.3
3. 贈与	-	-	-	0.3	0.0	0.1	0.6	0.0	0.2
<b>B. 歳出</b>	<b>344.0</b>	<b>20.4</b>	<b>1000</b>	<b>377.2</b>	<b>21.1</b>	<b>1000</b>	<b>374.4</b>	<b>18.7</b>	<b>1000</b>
I. 中央政府歳出	246.0	14.6	71.5	257.9	14.4	68.4	255.3	12.8	68.2
1. 経常歳出	193.7	11.5	56.3	191.8	10.7	50.8	184.4	9.2	49.3
a. 人件費	41.3	2.5	12.0	50.4	2.8	13.4	56.7	2.8	15.1
b. 物件費	12.9	0.8	3.7	16.2	0.9	4.3	17.3	0.9	4.6
c. 債務利子支払い	88.5	5.3	26.6	72.2	4.0	19.1	65.7	3.3	17.5
国内債務	59.5	3.5	17.3	48.9	2.7	13.0	41.3	2.1	11.0
対外債務	29.0	1.7	8.7	23.3	1.3	6.2	24.4	1.2	6.5
d. 補助金	41.6	2.5	12.1	34.7	1.9	9.2	26.4	1.3	7.1
石油燃料補助金	30.4	1.8	8.8	24.5	1.4	6.5	14.5	0.7	3.9
その他補助金	11.2	0.7	3.3	10.2	0.6	2.7	11.0	0.5	2.9
e. その他経常歳出	9.5	0.6	2.8	18.3	1.0	4.9	18.4	0.9	4.9
2. 開発歳出	52.3	3.1	15.2	66.1	3.7	17.5	70.9	3.5	18.9
a. ルピア資金	26.5	1.6	7.7	51.1	2.8	13.5	50.5	2.5	13.5
b. プロジェクト資金	25.8	1.5	7.5	15.1	0.8	4.0	20.4	1.0	5.4
II. 均衡資金(地方交付金)	98.0	5.8	28.5	119.3	6.7	31.6	119.0	6.0	31.8
1. 歳入の地方分与	24.6	1.5	7.2	29.9	1.7	7.9	26.9	1.3	7.2
2. 一般配分資金	69.1	4.1	20.1	77.0	4.3	20.4	82.1	4.1	21.9
3. 特別配分資金	0.8	0.0	0.2	3.0	0.2	0.8	3.1	0.2	0.8
4. 特別自治資金・調整資金	3.4	0.2	1.0	9.4	0.5	2.5	6.9	0.3	1.8
<b>C-1. 財政収支(A-(B-B1c.))</b>	<b>-6.4</b>	<b>2.8</b>	<b>135</b>	<b>-37.8</b>	<b>2.1</b>	<b>100</b>	<b>-41.2</b>	<b>2.0</b>	<b>11.0</b>
<b>C-2. 財政収支(A-B)</b>	<b>-42.1</b>	<b>-2.5</b>	<b>-122</b>	<b>-34.4</b>	<b>-1.9</b>	<b>-9.1</b>	<b>-24.4</b>	<b>-1.2</b>	<b>-6.5</b>
<b>D. 財政補填</b>	<b>42.1</b>	<b>2.5</b>	<b>12.2</b>	<b>34.4</b>	<b>1.9</b>	<b>9.1</b>	<b>24.4</b>	<b>1.2</b>	<b>6.5</b>
I. 国内補填	23.5	1.4	6.8	31.5	1.7	8.4	40.5	2.0	10.8
1. 国内銀行部門	-	-	-	8.5	0.5	2.3	19.2	1.0	5.1
2. 非銀行部門	23.5	1.4	6.8	26.0	1.5	6.9	10.0	0.6	2.7
a. 国営企業民営化	4.0	0.2	1.1	6.4	0.4	1.7	5.0	0.3	1.3
b. 資産売却	19.5	1.2	5.7	19.6	1.1	5.2	5.0	0.3	1.3
3. 国債(純)	0.0	0.0	0.0	-3.0	-0.2	-0.8	11.4	0.6	3.0
a. 国債発行・売却	3.9	0.2	1.1	11.7	0.7	3.1	32.5	1.6	8.7
b. 国債償還	-3.9	-0.2	-1.1	-14.6	-0.8	-3.9	-21.1	-1.1	-5.6
II. 海外補填(純)	18.6	1.1	5.4	2.9	0.2	0.8	-16.1	-0.8	-4.3
1. 外国援助引出し(租)	35.4	2.1	10.3	20.5	1.1	5.4	28.2	1.4	7.5
a. プログラム・ローン	9.5	0.6	2.8	5.7	0.3	1.5	8.5	0.4	2.3
b. プロジェクト・ローン	25.8	1.5	7.5	14.8	0.8	3.9	19.7	1.0	5.3
2. 対外債務元本支払い	-16.7	-1.0	-4.9	-17.6	-1.0	-4.7	-44.4	-2.2	-11.9
<b>【予算の前提条件】</b>									
GDP成長率(%)	4.0			4.0			4.8		
インフレ率(%)	9.0			6.0			6.5		
為替レート(Rp/US\$1)	9,000			8,500			8,600		
原油価格(US\$/バレル)	22			28			22		
原油生産量(MBCD)	1,320			1,092			1,150		
SBI3カ月平均金利	14.0			10.1			8.5		

(出所) インドネシア大蔵省ホームページ(www.depkeu.go.id)より作成

(独立行政法人日本貿易振興機構アジア経済研究所 <http://nexi.go.jp>から引用)

しかし、経済再建コストは、主に政府の対外借款と国債発行により賄われたため、政府の国内外債務残高のGDP比は2000年末に102%に達している。この比率は、その後低下しつつあるが、依然として財政赤字を抱えたままである。現状の課題として注目されているのは、第一に財政の持続性、第二にIMF経済支援終了後の経済政策、である。インドネシア自身が、経済の安定・再建・振興政策を適切に遂行していけるか否かが問われている。

2004年度予算は、歳入・歳出GDP比が過去2年間よりも低下しており、歳出は実額でも前年度予算を下回る緊縮財政となっているが、このような状況の中、財政投資は増額されている。

## (2) 人口

Wonogori 県内には 25 の Kecamatan があるが、さらに 294 の sub Village がある。このうちウオノギリ多目的ダム貯水池の流域に属するのは、BULKERTO、PURWANTORO、KISMANTORO、PARANGOUPITOを除いた 21 Kecamatan である。(流域界と行政界が必ずしも一致しないため、詳細は確認する必要がある。また KOTA は Surakarta のような市であり、Kabupaten(県)とは独立した行政区域である。)

人口の変遷は下記のとおりである。インドネシアの中でもジャワ島は人口密度が高く、その中でも Solo 川上流域は人口密度が高いことが判る。

表 3-1-5 インドネシア国の人口の変遷

地域	人口(単位:千人)		
	1908年	1990年	1998年
インドネシア全体	147,500	179,400	204,400
ジャワ島	91,300	107,600	119,600
Solo 川上流域	5,280	5,740	5,940

地域	人口密度(単位:人/km <sup>2</sup> )		
	1908年	1990年	1998年
インドネシア全体	76	93	106
ジャワ島	716	844	938
Solo 川上流域	923	1,003	1,037

一方、ウオノギリ県のみ最近の人口の変遷を次に示す。これによればウオノギリ県の人口密度は、Solo 川上流域での平均値より低く、さらにジャワ島全体の平均値よりも低い状態にあることが判る。

表 3-1-6 ウオノギリ県の人口変遷

年	1998	1999	2000	2001	2003
人口(人)	1,095,042	1,103,073	1,111,197	1,117,869	1,106,418
密度(人/km <sup>2</sup> )	601	605	610	613	607

## (3) 産業構造

最近のウオノギリ県の産業構造を示すと、次のとおりであり、農業の占める比率が圧倒的に高いことが判る。この数年では変化は見られない。

表 3-1-7 ウオノギリ県の産業構造

業 種	年				
	1998	1999	2000	2001	2002
農 業	50.04	50.33	50.59	48.09	47.37
鉱業	1.19	1.20	1.09	1.15	1.13
製造業	4.84	4.33	4.50	4.73	4.60
電気・ガス・上水	0.70	0.73	0.78	0.95	0.96
建物	2.87	3.07	2.95	2.94	2.92
畜産業	12.00	11.77	11.58	11.27	11.42
運輸	8.46	8.79	8.68	9.46	9.58
金融	5.08	5.03	4.86	4.91	5.01
その他	14.82	14.76	14.97	16.50	17.01

#### (4) 土地利用

貯水池上流域 Solo 川沿いの低平地は農地として利用され、特に米作、砂糖黍作りが多い。標高 200m ~ 1,000m の地域でも農地利用が主である。灌漑農業の歴史も長い。

丘陵地は、ほとんど尾根近くまで開墾され、小さな面積しか取れない急斜面にも棚田が見られる。溜池などの灌漑施設はあまり見られない。

ウオノギリ県の南方を含め、中部ジャワの南部に分布する石灰岩大地(インド洋側)は「シンコン地帯」と呼ばれ、米の採れない丘陵地帯を指し、貧困地帯の別表現となっている。ちなみに、シンコンとはキャッサバのことである。

1975 年および 2003 年のウオノギリ県の土地利用状況は次表のとおりである。二つの年次で総面積に違いがあるため、一概には言えないが、この情報だけから見ると森林域はかえって増加しており、一般に言われている森林の荒廃状況とは異なる可能性があるので注意が必要である。また、土地登記上での森林と現実の土地利用が異なっている可能性もある。そのため、航空写真、衛星写真等でチェックすることが重要であろう。

表 3-1-8 ウオノギリ県の土地利用の変化

Item	1975		2003	
	水田	39,181 ha	21.1 %	30,859 ha
畑	57,406 ha	33.9 %	60,487 ha	33.2 %
住宅周辺地 (Yard)	47,274 ha	27.9 %		
住宅	-	-	37,101 ha	20.4 %
森林(国有林)	18,399 ha	10.9 %	16,290 ha	15.3 %
森林(私有林)			11,568 ha	
その他	7,094 ha	4.2 %	25,931 ha	14.2 %
総計	169,354 ha	100 %	182,236 ha	100 %

出典: 1) FEASIBILITY REPORT ON THE WONOGORI MULTIPURPOSE DAM PROJECT  
 2) Wonogiri Dalam Angka (Wonogiri In Figures 2002)  
 ただし、総面積の違いの理由は現況不明である。

#### (5) 地方分権化

地方行政法(法律 1999 年第 22 号)および中央財政均衡法(法律 1999 年第 25 号)は 1999 年 5 月に成立し、2001 年 1 月から施行されている。この地方分権化二法に基づく新しい地方分権化の特色は、「分散よりも分権の重視」、「中央 州 県・市 村・区、というこれまでの垂直関係から、地方首長 = 地方議会、という水平関係への責任関係の変化」、「中央から地方への政府間資金移転の規定の明確化」、「村落自治の復活」にある。

「中央政府の代理機能」は、新法では州のみが担うことになった。県・市は 100% 地方自治を実施できる。中央省庁の出先機関は廃止され、その機能と人員は、州等に吸収されている。中央政府の持つ外交、国防、司法、金融、宗教以外の権限はすべて県・市に委譲され、州は複数の県・市にまたがる事項を調整するとともに、中央政府の代理機能を持つ名代として、県・市を監督・指導する。法律上、州と県・市の間には上下関係がなくなったため、地方分権化基礎自治体としての県・市の発言力が増大し、州による監督・指導が機能しない場合が増えている。

次に、これまで地方首長は中央政府に対して責任を負ってきたが、新法では基本的に議会に対して責任を負う。地方首長は必ず年次報告を地方議会に対して行い、それが不十分な場合には地方議会から罷免され得る。

中央政府から地方政府への資金配分では、石油など天然資源収入の地方への還元分を細かく定めるとともに、日本の地方交付税交付金に似た一般配分金(Dana Alokasi Umum)システムが導入された。このシステムは、資源賦存が不均衡な地域間の資金配分の是正を目的に導入されたもので、人口、面積、経済力などの指標をもとにした算出式で毎年決定される。これに加え

て、特定需要<sup>\*)</sup>を満たすための特別分配金も用意されている。

この地方分権化を巡っては現在、中央＝州＝県・市の責任関係、役割分担、調整システムに混乱が見られる。三者間の責任関係を定めた政令 2000 年第 25 号は、中央と州の権限のみを定め、それ以外を県・市の権限と位置付けているが、位置付け方も大まかであり、具体的な実際の事業運営・実施上の権限を事細かに想定していないためである。責任関係の点で特にクローズアップされているのが、地方インフラ整備案件における維持管理の責任関係である。これが不明確なため、地方インフラの維持管理がなされず、経済活動に支障をきたす恐れが強まっている。  
(参考文献:「インドネシアの構造改革と日本の援助政策」平成 15 年 3 月、財団法人国際金融情報センター)

### 3 - 1 - 3 関連機関・法規

#### (1) 関連機関

以下に本調査関連機関の概要を示す。なお、C/P 機関予定機関は新規採用枠のほとんどないケースが多く、職員数が少なくかつ高齢化が進んでいるため、本格調査を進めるに当たっては注意が必要である。

##### 1) 居住地域インフラ省(KIMPRASWIL)

同省には 5 つの局があり、その中の一総局である水資源総局(DGWR)がインドネシア全体の水資源開発に責任を持っている。洪水防御、灌漑、沼沢地開発などの事業を実施している。また、財務省と協力し、ブンガワン・ソロ流域開発事務所、プランタス川流域開発事務所、クルド・スメル火山砂防事務所に対し、予算配分を行っている。また、ブンガワン・ソロ流域開発事務所や水管理公団に対し、若干の人員派遣を行っている。

##### 2) 中部地方局

水資源総局の下部組織であり、本格調査のメインカウンターパート機関である。ジャワ島およびカリマンタン島の水資源開発に責任を持っている。

##### 3) 水資源管理局

水資源総局の下部組織のひとつである。流域の計画と維持管理、水資源の保全、水資源に係る法制度の策定等に責任を持っている。

##### 4) ブンガワン・ソロ流域開発事務所(PBS)

Solo 川流域における水資源開発・河川改修等を担当している。1969 年よりインドネシア政府により Solo 川開発が進められ、当初はブンガワン・ソロプロジェクト庁が

---

\*) : 一般配分金で賄えない特定の需要を満たすため、地方(県・市)を特定して配分されるもので、原資の一部は緑化基金である。

その任を担ったが、途中ブンガワン・ソロ川流域開発事務所に改編された。現在では、居住・地域インフラ省の組織下にある。

現在、4つのプロジェクトを抱えており全体では約400人の職員を擁する。ソロ市のPBSにはそのうち約150人が勤務している。

**5) 水管理公団ソロ支店(PJT1)**

Solo川本川を含む25河川を管轄し、ダム運転・維持管理およびSolo川上流域の灌漑施設の維持管理業務を担当する。組織構成については、未だ検討中であり、発展途上にある組織である。

**6) プラントス川流域開発事務所(PKB)**

同事務所は1965年に設立された。居住・地域インフラ省の管理のもと、水資源開発事業、洪水対策事業等を実施している。

**7) 地方水資源管理事務所(Balai PSDA)**

ウオノギリ多目的ダムより下流の水資源管理施設および灌漑施設の維持管理を行っている。

**8) 中部ジャワ州水資源局(Dinas PUPP)**

州水資源局は独立機関として、州知事に対し州内全河川にかかわる計画と水資源管理実施の責任を負っている。州水資源局は各州の水資源開発、計画、実施を行うが、維持管理については地域に応じて地方水資源管理事務所(Balai PSDA)を通して実施している。

**9) 居住地域インフラ省水資源開発研究所(Balai Sungai)**

大学などと協働して全国を対象に模水理模型実験等を行う。元Balai Sungai Saboが2001年にBalai Sungai(スラカルタ市内)とBalai Sabo(ジョグジャカルタ市内)に分離され、現在に至っている。水理実験施設、土質試験室、測量機器を保有している。

**10) 森林省**

流域保全管理全般の政策樹立、関連法制度の制定などを行う他、流域保全啓蒙活動として緑化全国キャンペーン等を行っている。

**11) 土地改良・土壌保全事務所(BPDAS)**

森林省の出先機関であり、土地改良および土壌保全にかかわる計画と評価を行っている。事業の実施は県の関連部署である。事業費が国から出ている場合には、この事務所に実施・モニタリング方法等について相談する必要がある。

**12) 流域保全技術スラカルタ事務所(BTPDAS)**

森林省の出先機関であり、インドネシアに二つある技術事務所の一つである。インド



ネシアの西部（ジャワ島全域、カリマンタン島、スマトラ島）を担当している。流域保全にかかわる技術的な事項の研究・開発および技術の普及活動を行っている。

### 13) 環境省

環境管理に関する国家政策の樹立、環境関連法制度の制定など、国の環境政策全般に係る業務を行う。また、個々の開発計画に関する環境影響評価、環境マネージメントを担当。環境省の直接の出先機関は、デンパサール(バリ、ヌサトンガラ)、プカンバル(スマトラ)、マカッサル(スラウェシ)の3箇所のみである。この他に関係機関として州および県の環境管理部局（BAPEDAL/BAPEDALDA）がある。

### 14) 県環境森林鉱山部(Dinas LHKP)

旧 DPKT(Forestry and Social Conservation Service)である。地方分権の流れを受けて名称が変更された。組織の中に、それぞれ独立した環境課、森林課、鉱山課を擁する。ウオノギリ県の流域保全活動はこの組織を中心に行われている。

### 15) 内務省

地方政府の行政を指導および規制している。例えば、地方政府で出された条例の中で法律や政令などの上位法規あるいは公益に反するものについては、内務省は容認しない等の方針を打ち出している。財政は別である。組織内に、地域開発総局、村落開発総局がある。

### 16) その他

この他にも関係省庁として、農林省、国家開発計画局（BAPPENAS）、州地方開発計画事務所（BAPPEDA）等がある。

## (2) 関連法規

### 1) 水資源管理に関する基本的法令等

インドネシアの水資源管理にかかわる法律は大きく、次の四つに分けられる。

- ・ 水資源管理に係る基本精神、行政機関の義務等に係るもの
- ・ 地方行政に係るもの
- ・ 水資源管理の財源および税金に係るもの
- ・ 水公団に係るもの

#### i) 水資源管理に係る基本精神、行政機関の義務等に係るもの

##### 新水資源法

これまで水資源管理に係る基本法は、Law No.11/1974 on Water Resources Development であったが、WATSAL の条件のひとつとして改定され、2004 年 2 月 19 日に議会承認された。旧法に付け加えられた点あるいは改正された点

は、地方分権、国家予算共有、水資源政策決定プロセスでのステークホルダーの参加、水資源開発および維持管理への民間企業の関与、受益者（特に農民）への権限委譲である。その他の重要な規約は下記のとおりである。

- ・ 個人および灌漑のための水需要については、許可は不要である。
- ・ 表流水および地下水資源管理は流域単位で行う。
- ・ 河川が2つ以上の村、市、県、州にまたがる場合の各行政組織の義務
- ・ 水資源管理事業の財源
- ・ この法律に違反した場合の罰則

Government Regulation No.22 of 1982 on Regulation of Water Management

水資源管理の原則について規定している。流域管理のために各流域では総合的水資源マスタープランを策定する事を求める。

Government Regulation NO.35 of 1991 on Rivers

河川は国により統制され、河川管理は政府により実施されるという原則を明示している（水需要の増大、水質汚染の進行などから包括的河川管理の指導方針確立が必要となったため）。

Ministerial Regulation No.63/PRT/1993 on River Boundaries

湖や貯水池も含め、河川管理区域の境界を明示している。

Government Regulation No.82 of 2001 regarding management of water quality and control of water pollution

水質管理における中央政府、州政府、県、市の一般的義務を定めている。

その他、Presidential Degree No.9 of 1999 on the Coordination Team for River Utilization and Sustainable Watershed Management、Presidential Degree No.123 of 2001 on Coordination Team for Water Resource Management 等がある。

## ii) 地方行政に係るもの

Law No.22 of 1999 on Regional Administration

中央政府の権限をマクロレベルの国家計画、開発管理政策、財政均衡資金、国家機構及び国家経済組織、人的資源開発、天然資源利用、戦略的高度技術、環境保全、標準化に関する政策に限定し、それ以外の権限は地方政府、特に県・市政府に移管することを定めている。

Law No.25 of 1999 on Financial Proportion between Central and Regional Government

中央政府と地方政府間の財源配分について規定している。

Law No.25 of 2000 on Autonomy and Decentralization

州に対して行政活動を県同士、市同士間で組織しうる権限を与えている。

### iii) 水資源管理の財源および税金に係るもの

Government Regulation No.6 of 1981 on Fee for Water Resources Infrastructure

灌漑施設の操業及び維持に必要な資金の徴収に関しての基本的考え方を規定している。

Law No. 18 of 1997 on Regional Taxes and “REtribution”

Kabupaten および Kota の税金には地下水および表流水利用税を含むことを規定している。

Government Regulation No.65 of 2001 on Regional Taxation

地下水および表流水の開発・利用率はそれぞれ、20%、10%に設定されるべきことを規定している。

この他に、最近のものでは、Presidential Decree No.42 of 2002 on Implementation of Budget Guidelines for Central Government Resources and Expenditure、Law No.17 of 2003 on State Finance 等がある。

### iv) 水公団に係るもの

Government Regulation No.13 of 1998 regarding Public Corporation

水公団の目的、事業の特性について記されている。特に公益と収益性の連立が強調されている。

Law No.19 of 2003 on State-owned Enterprises

国有企業に関する旧法を改訂したものである。公益と収益性の両立、政府支出金が大蔵省決定でなされること等を規定している。

Draft Government Regulation on Public Corporation for Water Resources Management

河川流域での新たな水公団設立の法的根拠とすることを意図して準備されている。

Draft Government Regulation on the Establishment of a Public Corporation for the River Basins of Bengawan Solo, Jratunseluna, and Serayau Bogowonto

表記3 河川流域における水資源管理を目的とした新しい水公団の設立に関する法案である。

## 2) 環境関連法規

環境関連法規については、「3 - 4 環境・社会配慮調査結果、環境予備調査結果」を参照されたい。

## 3 - 2 堆砂対策 / 維持管理体制調査結果

### 3 - 2 - 1 ウオノギリ多目的ダムの概況

#### (1) 概要

ウオノギリ多目的ダムは日本政府の技術援助のもと、OTCA(JICA の前身)による Solo 川流域水資源開発マスタープラン調査で最優先案件と判断された後、フィージビリティ調査が実施され、OECF(JBIC の前身)の円借款によって詳細設計及び工事が行われ、1982 年完成された。1982 年 12 月 29 日に湛水が開始され、約 1 年後に満水された。ウオノギリダムは、

- ア) 洪水調節(スラカルタ市(ソロ市)を中心とする地域の洪水氾濫被害の軽減)
  - イ) 発電(出力 12.4MW)
  - ウ) 灌漑用水(ウオノギリ灌漑システム(3 万 ha)及び下流域 5 県の揚水灌漑対象地(1 万 4,000ha))
  - エ) 上工水(周辺 3 県への生活用水供給、Solo 川最下流のグレジック市への工業用水供給)
- の 4 つの目的を有し、ダム下流の農業、工業などの地域開発に大きな貢献を果たしている。

#### (2) 主要諸元

ウオノギリ多目的ダムの主要諸元(詳細設計段階)は以下のとおりである。図 3-2-1 にダム貯水池湛水前のウオノギリダム貯水池の水位 容量 湛水面積曲線を示す。

ウオノギリ多目的ダム主要諸元

施設	項目	諸元
ダム (メインダム)	ダム型式	中央遮水型ロックフィルダム
	提高	40 m
	提頂長	830 m
	提体積	1,223,300 m <sup>3</sup>
	ダム天端標高	EL. 142.0 m
洪水吐き	ゲート型式	ラジアルゲート
	設計洪水流量	7.5m(H) x 7.8m(W) x 4 門 5,100 m <sup>3</sup> /s (100 年確率洪水の 1.2 倍)
	異常洪水流量	9,600 m <sup>3</sup> /s (PMF)
	越流頂標高	EL. 131.0 m
貯水池	集水面積	1,350 km <sup>2</sup>
	総貯水容量	735 million m <sup>3</sup>
	有効貯水容量	
	治水容量	220 million m <sup>3</sup>
	利水容量(灌漑及び発電)	440 million m <sup>3</sup>
	堆砂容量	120 million m <sup>3</sup> (100 年堆砂量)
	堆砂位	EL. 127.0 m (水平堆砂を想定)
取水口敷標高	EL. 116.0 m	

	制限水位（洪水期） 常時満水位 設計洪水水位 異常洪水水位	(設計堆砂位より 11m 低い) EL. 135.5 m EL. 136.0 m EL. 138.3 m EL. 139.1 m
水力発電	設備容量 定格落差 最大使用流量 年間発生電力量 (6 時間ピーク運転)	12.4 MW 20.4 m 75 m <sup>3</sup> /s (2x37.5 m <sup>3</sup> /s) 32,600MWh (現在は 50,000MWh に変更)
洪水調節	ピーク流入量 ピーク流出量(洪水調節後)	4,000 m <sup>3</sup> /s (60 年確率洪水) 400 m <sup>3</sup> /s (一定放流量方式)

ウオノギリダムの諸元に関しては、F/SとD/Dでは若干の変更があり、変更点についての詳細は後述することにする。

### (3) ウオノギリダム集水域

ウオノギリダム上流域の総面積は 1,350km<sup>2</sup> で、貯水池面積およそ 90km<sup>2</sup>、貯水池周辺の 1,260km<sup>2</sup> から成る。貯水池に流れ込む主要な支流は 6 河川である。行政的に見ると、ウオノギリダム集水域の殆どはウオノギリ県(面積およそ 1,822km<sup>2</sup>)に含まれている。ウオノギリ県内には 24 の地区(Kecamatan)と 224 の村落(Desa)が存在する。

1995 年時点では、表層土壌侵食に対して最も脆弱であると分類される高地農作地及び宅地周辺の平地は流域全体のおよそ 70%を占め、灌漑による耕作地は 18%を占める。森林の割合は僅か 13.2%ほどしかなく、流域内人口密度の高さを反映している。1998 年のデータによると、流域内人口はおよそ 71 万人で、1 ヘクタールあたり 6 人である。

### (4) ウオノギリ貯水池の堆砂

1980 年代からウオノギリ貯水池の堆砂調査が行われてきた。1993 年の貯水池内の横断測量によってウオノギリ貯水池で発生している大規模な堆砂が明らかになった。フィージビリティー調査で推定された計画堆砂容量(1 億 2 千万 m<sup>3</sup>、標高 127m 以下)の約 50%がダム完成後僅か 11 年で堆砂されたことが判明された。また、洪水調節容量と有効貯水容量全体では計画の約 30%が堆砂によって損失されたことも分かった。ウオノギリ貯水池集水域全体では平均 11mm/年の土壌浸食率になる。

2000 年の時点で、貯水池の約 34%が流入土砂で埋まっていると推定され、特に取水口の前面は、2003 年 1 月初旬時点でほぼ取水口天端まで堆砂位が上昇している。

2003 年から 2004 年の 2 月にかけて、JICA 無償による緊急対策として取水口周辺約 25 万 m<sup>3</sup> の浚渫が実施されたが、今後 5 年間の流入堆砂量に対する耐用年数しかない。

### 3 - 2 - 2 ウオノギリダム関連データ

#### (1) 気象

##### 流域平均降雨量

調査対象地域では年間の雨季乾期の区分が明瞭であり、7月から10月にかけての乾期と11月から4月にかけての雨季とに分かれる。年降雨量は1,700mmから2,300mm程度に変化し、平均では2,000mm程度である。下記にウオノギリ貯水池近傍の月別平均降雨量(2002年に行われた JICA 無償ウオノギリダム浚渫工事にかかわる EIA 調査報告書から抜粋)を示す。雨季(11月から4月までの6ヶ月間)における降雨量は年間の凡そ80%に達し、1月から2月にかけての2ヶ月間が降雨量のピークである。図3-2-2にSolo川流域の年平均等雨量曲線を示す。

ウオノギリ貯水池近傍の月平均降雨量

月	降雨量(mm)	%
1	361	18
2	336	16
3	298	14
4	192	9
5	98	5
6	70	3
7	42	2
8	28	1
9	52	3
10	118	6
11	193	10
12	264	13
年降雨量	2,052	100

#### (2) 水文

ウオノギリダム貯水池集水域の主要支流河川、流量、流域特性に関し、下記に概要を示す。

図3-2-3にウオノギリダム貯水池集水域と主要な支流を示す。

##### 1) 主要支流河川

ウオノギリ貯水池上流は以下に示す通り6つの支流に分割される。

ウオノギリ貯水池上流の主要支流河川

支流名	流域面積(km <sup>2</sup> )	%
Keduang	426	34
Tirtomoyo	206	16
Temong	69	5
Bengawan Solo	200	16
Alang	235	19
Wuryantro	73	6
その他の支流	51	4
総面積	1,260	100

2) 支流の流量

各支流の月平均流量（2002年に行われた JICA 無償ウオノギリダム浚渫工事にかかわる EIA 調査報告書から抜粋）は以下の通り。

各支流の月平均流量(m<sup>3</sup>/s)

月	Keduang	Tirtomoyo	Temong	B. Solo	Alang	Wuryantro
1	15.2	14.3	2.3	16.3	5.3	2.4
2	18.4	17.4	3.1	14.6	6.2	2.3
3	15.8	13.4	2.1	12.3	4.5	1.9
4	11.7	9.2	1.1	7.4	2.9	1.5
5	8.1	8.1	0.8	3.0	1.8	1.3
6	5.9	5.1	0.5	2.8	0.9	1.0
7	3.7	2.7	0.5	1.2	1.1	0.8
8	3.3	2.9	0.4	0.9	1.3	0.7
9	4.4	3.7	0.3	6.3	1.0	0.7
10	5.8	4.4	0.5	8.3	2.2	1.3
11	9.9	7.3	1.1	12.3	2.4	1.6
12	10.5	13.4	1.3	15.2	4.2	1.4
平均	9.4	8.5	1.2	8.4	2.8	1.4

Keduang、Tirtomoyo、Solo 川本流が流域全体で支配的な流量を有している。3 河川で 83%を占める。

### 3) 支流域の特性

#### A) KEDUANG 川

Keduang 川は 5 つの Kecamatan( Sidoharjo、Jatisrono、Slogohimo、Girimarto、Jatiroto ) をその流域とする。

Keduang 川はウオノギリダム貯水池の直上流の右岸から Bengawan Solo 川本流に合流している。流域面積はウオノギリダム貯水池流域の 34% を占め、流域最大の支流河川である。

Keduang 川本流の河川勾配は 5.7% で、Keduang 川流域全体の平均勾配は 21.1% である。流域の形状はほぼ円形である。河川形状は Keduang 川北部では樹木状で河川延長が長く、南部では河川延長は短い。

#### B) TIRTOMOYO 川

Tirtomoyo 川は 3 つの Kecamatan ( Nguntoronadi、Tirtomoyo、Batuwarno ) をその流域とする。

Tirtomoyo 川は河川延長が凡そ 81 k m であり、河川勾配は 4.4% である。流域形状は細長である。

#### C) その他の支流

支流名	流域内の Kecamatan	河川形状、勾配など
Temong 川	Baturetono、Batuwarno	流域の形状は細く長い
Bengawan Solo 本流	Giriwoyo、Batuwarno	河川の形状は樹木状で、河川勾配は 0.24% である
Alang 川	Eromoko 、 Giritontro 、 Pracimantoro	
Wuryantro 川	Wuryantoro、Semin	

### (3) ウオノギリダム貯水池の運用

現在、ウオノギリダムにおける利用水量は主に 30,000ha に及び Solo 川上流域の灌漑用水と発電、都市用水、河川維持用水から成る。利用水量の詳細は以下の通り。図 3-2-4 に PBS が利用している貯水池運用曲線を示す。

- ア) 灌漑用水: 最大使用水量は  $13\text{m}^3/\text{s}$ 、最小使用水量は  $2\text{m}^3/\text{s}$
- イ) 発電: 最大使用水量は  $60\text{m}^3/\text{s}$ 、最小使用水量は  $13\text{m}^3/\text{s}$
- ウ) 河川維持流量:  $2\text{m}^3/\text{s}$



工) 都市用水:40 リットル/秒(ただし、1998 年より利用停止された)

ダム完成後の 1983 年から 1999 年までの月平均流入量は以下の通り推定されている。

### 1) 月平均流入量

1983 年から 1999 年までのウオノギリダム貯水池への月平均流入量を下記に示す。

1983 年から 1999 年までの月平均流入量 (m<sup>3</sup>/s)

年	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	平均
83	68.5	23.9	23.6	77.3	84.5	27.4	26.6	22.2	23.3	24.6	29.2	31.0	38.5
84	88.8	150	110	41.6	40.9	28.2	25.7	25.3	33.5	47.3	19.0	65.0	56.3
85	66.4	65.9	146	45.5	30.8	21.0	22.6	23.4	23.9	25.7	26.3	65.4	46.9
86	70.6	87.3	125	105	22.1	20.6	22.3	21.4	22.4	22.8	32.3	23.6	47.9
87	63.2	93.5	69.8	22.9	16.1	20.3	15.2	12.9	17.7	11.9	11.3	47.1	33.5
88	53.1	108	24.8	16.8	17.5	19.5	24.4	23.8	26.1	22.0	43.3	60.3	36.7
89	33.0	30.9	67.0	37.2	25.7	22.6	17.8	19.0	24.0	24.0	30.3	32.2	32.0
90	30.8	32.8	86.9	20.7	16.7	16.8	17.3	21.8	17.8	19.2	20.5	15.5	26.4
91	23.3	155	37.8	27.9	32.3	26.9	21.3	19.8	21.1	21.4	20.8	24.5	36.0
92	36.1	38.9	86.0	60.9	22.0	19.9	20.0	20.0	33.1	28.7	24.4	56.6	37.2
93	94.3	56.4	56.7	78.5	23.5	22.5	22.5	26.6	28.6	33.1	32.3	37.0	42.7
94	46.5	60.3	101	44.5	21.1	20.7	18.7	17.3	25.4	25.0	23.2	12.4	34.6
95	11.0	55.4	110	45.0	19.5	19.2	20.4	21.9	28.9	30.7	30.2	145	44.8
96	56.4	59.7	40.9	19.0	16.8	16.6	16.6	15.0	23.4	32.7	33.7	41.5	31.0
97	35.5	41.2	25.5	17.0	17.7	12.8	9.7	11.9	13.9	15.6	10.2	2.2	17.8
98	4.0	3.0	41.4	72.1	40.3	22.3	42.0	27.1	38.2	46.0	85.5	36.0	38.2
99	91.2	102	94.5	41.9	24.0	23.6	20.7	25.5	30.3	19.1	15.8	20.1	42.4
平均	52.5	68.5	73.2	45.5	27.7	21.2	21.4	20.9	25.4	26.5	28.7	42.1	37.8

### 2) 月平均貯水池水位

また、1983 年から 1999 年までのウオノギリダム貯水池の月平均貯水池水位を下記に示す。

ウオノギリダム貯水池の月平均貯水池水位 (EL.m)

年	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	平均
83	133.7	134.1	135.2	136.1	136.4	136.2	135.1	133.9	132.6	131.2	131.5	132.6	134.0
84	134.3	135.0	134.7	135.6	136.0	134.9	134.0	132.5	131.6	129.2	127.7	129.4	133.0
85	129.7	133.4	134.9	134.6	134.6	134.4	133.7	132.6	131.2	129.5	128.2	129.3	132.0
86	131.1	134.2	134.8	134.6	133.7	134.4	132.9	131.6	130.2	128.9	128.4	128.5	132.0
87	132.3	134.6	134.8	134.1	133.8	133.1	132.0	131.0	129.8	128.4	127.2	129.3	132.0
88	130.1	133.8	134.3	135.1	135.4	135.7	134.9	133.7	132.3	130.9	130.6	129.7	133.0
89	129.0	132.1	134.8	135.0	135.0	134.5	135.7	135.5	134.6	133.5	132.8	131.6	134.0
90	132.6	134.8	135.5	135.0	134.9	135.6	133.9	132.8	131.6	130.1	128.4	128.4	133.0
91	133.1	135.6	135.5	136.4	139.7	136.4	134.6	133.5	132.3	130.8	129.3	129.7	134.0
92	131.5	134.5	136.2	137.0	136.8	136.2	135.7	134.9	134.6	133.5	133.6	134.5	135.0
93	135.2	135.6	135.5	136.5	136.7	135.4	135.5	134.4	133.0	131.0	128.8	129.4	134.0
94	130.5	132.9	135.9	136.5	136.2	134.4	134.4	133.4	132.1	130.3	128.1	126.9	133.0
95	128.9	134.1	135.8	136.5	136.2	135.3	135.3	134.3	132.9	131.0	130.1	132.7	134.0
96	131.9	133.8	134.9	135.7	135.6	134.1	134.1	133.2	132.2	130.8	129.8	130.4	133.0
97	131.0	132.8	133.2	133.4	133.5	132.1	132.1	131.2	130.1	128.8	127.0	127.7	131.0
98	128.5	130.9	135.2	136.5	136.3	136.4	136.4	135.8	134.3	132.9	133.3	132.6	134.0
99	135.2	135.4	136.3	136.7	136.8	135.5	135.3	134.2	132.6	131.1	131.3	132.0	134.0
平均	131.7	133.9	135.1	135.6	135.6	135.1	134.4	133.5	132.2	130.7	129.8	130.3	133.0

月平均流入量及び貯水池水位表が示すとおり、1997年に渇水が発生し、貯水池水位が初めて127.0mまで下降した。

### 3) 洪水調節の現況

雨季の貯水池運用は、承認された操作規則を厳守せずに運転されており、1990年代以降殆どの雨期の後半には制限水位を超えているのが実状である。年間平均の洪水吐きからの放流回数は30回であり、1998年以降では洪水吐きからの放流回数は平均値を大きく超えている。これは、承認された操作規則を用いずに独自に作成した貯水池運用規則に基づき運用することで、雨期に定められた制限水位(EL. 135.3m)を超えた運用を行っており、小規模出水に対してもこまめに対応する必要が生じ放流回数が増加している。

また、放流量としてはダム完成後設計洪水に相当する洪水が貯水池上流で発生してい

ないため、400m<sup>3</sup>/s以上の放流は実施されていない。

#### 4) ウオノギリ発電所の発電現況

ウオノギリ発電所完成時の計画値は、最大使用水量 75m<sup>3</sup>/s、年間発生電力量 32,600MWhであった。しかしながら、実績の発生電力量から年間発生電力量の計画値が見直され、現在は 50,000MWh に変更されている。

年間発生電力量としては、2000 年まで大きな減少傾向は見られないが、雨期の 12 月から 4 月までの発生電力量に着目すると 1999 年以降減少傾向があることが分かる。主な原因は、PLN が 1999 年頃から取水口前面の堆砂の影響で貯水池水位を EL. 130.0 m までしか低下できず、発電のための取水量も最大で 60m<sup>3</sup>/s に制限していることであると推察される。図 3-2-5 にウオノギリダムにおける発生電力量の推移を示す。

#### 5) ウオノギリ灌漑の現状

ウオノギリ灌漑計画は、1976 年に経済性調査 (F/S)、1976 年から 77 年に詳細設計 (D/D) が実施され、OECF (現 JBIC) の資金で 1987 年に工事が完成している。

図 3-2-6 にウオノギリ灌漑プロジェクト位置図を示す。

現在の灌漑面積は当初の 23,200ha から 29,590ha に拡張されており右岸水路による灌漑面積が 21,790ha (ポンプ灌漑 1,700ha を含む)、左岸水路による灌漑面積が 7,800ha (ポンプ灌漑 450ha を含む) となっている。

1997 年から 2000 年までの実績調査が「水資源セクター構造改善に対する世銀ローン」(Water Resources Sector Adjustment Loan、以下 WATSAL) のフィードバックスタディーで実施されている。これによれば、1999/2000 年は 1997/98、1998/99 年に比べ作付面積は増加しており大きな問題は発生していない。また、取水が深刻となる乾期においても取水量の大きな変化は見られない。

しかし、堆砂の影響により貯水池水位を EL. 130.0m 以下に低下させない運用を行っているため、本来の利水容量である EL. 127.0-130.0m 間の水量を灌漑に利用できない。これによって利水容量が減少しているが、実際の運用は雨期の終わりに貯水池水位を常時満水位より上げているため過去 3 年間乾期の後半に EL. 130.0m まで下げる必要がなく農業用水が需要に合わせて供給されているのが原状である。

### (4) 気象・水文観測

#### 1) 雨量/水位・流量/浮遊砂

##### A) 雨量

雨量観測は現在 PBS と BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika, Meteorological and

Geophysical Agency)が行っている。図 3-2-7 に Solo 川上流域に設置されている雨量観測所を示す。

## B) 水位・流量

Solo 川流域全体で 120 箇所の水位観測所がある。その内、42 箇所が自記水位計で、残り 78 箇所が水位標による。図 3-2-8 に Solo 川流域の水位観測所を示す。

## C) 浮遊砂

PBS による浮遊砂観測は 19 ヶ所の水位観測所で行われており、Solo 川下流では 1975 年から、Solo 川上流及び Madiun 川では 1980 年から観測が行われている。

## 2) 洪水予警報システム

ウオノギリダムの詳細設計の段階で、ウオノギリダム下流域に対する洪水予警報システムの基本計画が策定されている。貯水池上流に 8 箇所の雨量観測所及び 4 箇所の水位観測所、ダムサイト及び下流 Colo 取水堰にそれぞれ 1 箇所が提案された。

詳細は未入手であるが、PBS 職員のコメントによれば、貯水池上流に設置された雨量観測所（最終的に 4 箇所設置された）などのテレメーターが故障しており現在洪水予警報システムは機能していないとのことである。

本格調査では、洪水予警報システムの現状を調査し、システムのリハビリり或いは再構築まで視野に入れて検討する必要がある。

## (5) Colo 取水堰の概要

ウオノギリダム貯水池下流の主要な河川構造物はウオノギリ灌漑システム(3 万 ha)の Colo 取水堰である。Colo 取水堰はウオノギリダム貯水池下流 13km の位置にあり、Solo 川右岸及び左岸の灌漑用水路に水を供給する機能を果たしている。

本取水堰下流及び両灌漑用水路の使用水量との水配分は(月平均流量)は以下の通り。

Colo 取水堰下流及び両灌漑用水路の月平均流量 (m<sup>3</sup>/s)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
東水路 (右岸)	16.0	13.3	16.2	17.0	17.0	15.1	15.5	15.5	18.4	18.1	17.4	18.2
西水路 (左岸)	2.3	2.8	2.6	2.9	2.8	2.9	2.9	2.7	3.3	2.9	2.8	2.5
取水堰 (下流)	38.4	56.0	62.0	31.2	5.6	3.3	2.5	2.4	3.8	7.1	13.1	21.8

現在、Colo 取水堰とウオノギリダム間の Solo 川河床は堆砂で上昇しており、ウオノギリダム直下との標高差が2mほどとなっている。また Colo 取水堰直上流左岸においても堆砂による取水口閉塞の問題を抱えている。

## (6) 貯水池堆砂の経緯

### 1) 水山 JICA 短期専門家の調査(1993 年)

1993 年に、京都大学助教授(当時)である水山高久博士がジョクジャカルタ市の砂防技術センターに派遣され、ウオノギリダム貯水池の堆砂状況を調査した。

報告書によれば、1990 年時点での貯水池損失量は以下の通りである。

1990 年時点での貯水池損失量推定(1993)

容量	EL.m	容量(百万m <sup>3</sup> )			1990 年での容量損失	
		1980 年	1985 年	1990 年	百万m <sup>3</sup>	%
洪水調節	135.3-138.3	594	550	506	88	15
有効貯水量	127.0-136.0					
堆砂容量	127.0 以下	124	82	55	68	55

### 2) CDMP の調査(2000 年)

2000 年に CDMP(JBIC 融資による Solo 川流域総合開発管理計画)によるウオノギリダム貯水池に関する予備的調査が行われ、また 2010 年時点での将来容量損失量についても検討している。将来予測の条件は、今後の土地利用が不変であり、土壌浸食率が変わらないこととしている。

容量	EL.m	初期容量 (百万m <sup>3</sup> )	容量損失率(%)	
			1980-2000	1980-2010
洪水調節	135.3-138.3	220	33	53
有効貯水量	127.0-136.0	440	37	56
堆砂容量	127.0 以下	120	58	71

図 3-2-9 から図 3-2-16 に、2000 年までに調査された貯水池及び各支流での堆砂状況を示す。

CDMP の調査では、堆砂によるウオノギリダムの洪水調節容量の減少とダム堤体の

洪水越流の危険性について初めて警鐘を鳴らしている。PMF の再検討及び洪水調節運用計画の見直しを提言している。

## (7) 流域の土地利用

ウオノギリダム貯水池上流の土地利用状況(1995 年)は流域保全技術センター (Watershed Management Technology Center of Surakarta: BTPDAS Surakarta) によって、下記の主要河川流域ごとにまとめられている。

ウオノギリダム貯水池上流の土地利用状況(1995 年)

支流域	森林 %	高地 耕作地 %	宅地周辺の 平地 %	灌漑 %	全体 %	流域面積 k m <sup>2</sup>
Keduang	14.5	30.1	33.5	21.8	100	426
Tirtomoyo	13.3	55.4	17.4	13.9	100	206
Temong	11.4	52.5	22.9	13.3	100	69
Bengawan Solo	9.8	58.4	18.1	13.3	100	200
Alang	12.9	28.1	37.9	21.1	100	235
Wuryantro	16.0	33.1	38.3	12.5	100	73
全体	13.2	40.2	28.7	17.9	100	

上記の表が示すとおり、ウオノギリ貯水池上流域の 69%は畑作(40.2%)及び宅地周辺の平地(28.8%)で占められている。森林の占める割合は僅か 13.2%しかない。

森林の占める割合が最も多いのは Wuryantro 川流域で 16.0%を占める。しかしながら、Wuryantro 川流域はウオノギリ貯水池上流域全体の僅か 6%に過ぎず、土壤浸食を緩和させる森林の役割は限定的と言える。

未確認の情報であるが、ウオノギリダム貯水池の建設によって、約6万人の住民が移転を余儀なくされ、貯水池上流域の移転地での開墾開発によって流域の荒廃が進行したとされる。然しながら、ダム建設直後の85年当時と95年の土地利用を比較しても格段の土地利用の相違は見られない。また、他の情報によれば、6万人の移転住民の内、およそ85%はスマトラ島などに移民したという。本格調査では、人口統計などの情報により実態を明らかにする必要がある。

## (8) 流域の土壌分類

流域保全技術センター (Watershed Management Technology Center of Surakarta: BTPDAS Surakarta) が 1995 年に調査した結果を下記に示す。図 3-2-17 には OTCA 調査時に作成された

ウオノギリダム上流域の土壌分布図を示す。

ウオノギリダム貯水池流域の土壌分類

支流域	岩 屑 土 (Lithosol) %	Grumosol %	Mediteran %	可溶物の浸出 した赤黄色の 熱帯性土壌 (Latosol) %	全体 %	流域面積 k m <sup>2</sup>
Keduang	24.4	1.0	42.4	32.3	100	426
Tirtomoyo	40.2	27.2	32.6	0.0	100	206
Temong	0.0	48.9	51.1	0.0	100	69
Bengawan Solo	23.3	28.5	48.2	0.0	100	200
Alang	41.7	50.5	7.9	0.0	100	235
Wuryantro	27.3	60.4	12.3	0.0	100	73
全体	29.1	25.9	33.6	11.4	100	1,211

(9) 流域の表層土壌及び貯水池堆砂粒度分布比較

流域保全技術センター (Watershed Management Technology Center of Surakarta: BTPDAS Surakarta) が調査した流域の表層土壌及び貯水池堆砂粒度分布を下記に示す。

流域の表層土壌及び貯水池堆砂粒度分布比較

支流域	表層土壌/ 貯水池堆砂	シルト粘土 分 %	砂分 %	礫分 %	全体 %
Keduang	表層土壌	62.6	20.2	17.2	100
	貯水池堆砂	50.0	33.1	16.9	100
Tirtomoyo	表層土壌	58.0	23.2	18.8	100
	貯水池堆砂	18.1	35.5	46.4	100
Temong	表層土壌	63.4	16.6	20.0	100
	貯水池堆砂	13.8	44.7	41.6	100
Bengawan Solo	表層土壌	50.0	33.4	21.6	100
	貯水池堆砂	11.4	46.7	41.7	100
Alang	表層土壌	66.7	15.7	17.6	100
	貯水池堆砂	14.1	24.8	61.2	100
Wuryantro	表層土壌	61.5	24.4	14.2	100
	貯水池堆砂	16.1	25.5	58.4	100
全体	表層土壌	60.4	22.5	17.0	100
	貯水池堆砂	19.8	35.5	44.6	100

### (10) ウオノギリダム周辺の地形図

日本に国土地理院にあたる、BAKOSURTANAL より2万5千分の 1 の地形図が入手できる。地図情報は 1993 年から 1994 年、地形測量は 1996 年から 1998 年にかけて行われた。

地形図はハードコピー及びデジタルデータで入手可能である。ハードコピーは1枚 25,000 ルピア、デジタルデータでは 500,000 ルピアである。デジタルデータは AutoCad で処理され、入手には1週間程度かかる。ウオノギリダム貯水池の集水域は 14 枚の地形図でカバーできる。図 3-2-18 にウオノギリダム貯水池集水域の地形図番号(2万5千分の1)を示す。

### 3 - 2 - 3 ダム事業の経緯

#### (1) 概要

ここでは、1970年代初頭に実施されたマスタープランから現在に至るまでのウオノギリダム事業の経緯、問題点に関して整理する。

#### (2) OTCA マスタープラン (1972 年から 1974 年)

Solo 川における水資源開発事業は 1969 年に開始された。事業実施機関として Solo 川流域開発事務所(PBS)が同年開設されている。当初の事業は 1966 年及び 1968 年に発生した洪水被害に対する応急的な対策工であった。

1972 年には、国際協力事業団の前身である海外技術協力事業団(OTCA)の技術協力のもと、総合的な調査計画が開始され、1974 年に Solo 川流域で最初の水資源開発マスタープランが策定された。OTCA によるマスタープランは多目的ダム、灌漑及び農業開発プロジェクト、河川改修及び洪水制御プロジェクト、水力発電プロジェクト、砂防プロジェクトなどから構成される Solo 川流域総合開発計画である。

Solo 川上流域で提案されたプロジェクトは以下の通り。図 3-2-19 に OTCA マスタープランによる水資源開発計画を示す。

プロジェクト	位置	諸元
1 多目的ダム	ウオノギリダム (1,350 k m <sup>2</sup> )	ダム高：31.5m 有効貯水量：440 × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 灌漑面積：22,000ha 発電：13.3MW 洪水調節：3,600m <sup>3</sup> /s
2 灌漑	ウオノギリ ソロ上流(支流)	22,000ha 6,100ha(小規模ダム6箇所)
3 灌漑(改修、リハビリ)	ソロ上流	86,400ha
4 河川改修及び洪水防御	ソロ上流	80km(ウオノギリからスラーゲンまで)
5 砂防	ワロ川 ウオノギリ上流	チェックダム(1箇所) 砂防ダム(4支流、10箇所) 床固め工(40箇所) 流路工(4支流)



マスタープランに基づき、JICA、OECF の技術協力・資金協力により、優先順位の高い事業が進められ、下記の資金協力事業が行われてきている。図 3-2-20 から図 3-2-24 に Solo 川流域の既存及び計画中の主要なプロジェクトを示す。

我が国の有償・無償資金協力による Solo 川流域開発事業

開発事業名	実施期間
ウオノギリ多目的ダム事業	1977 1982
ウオノギリ灌漑開発事業	1980 1988
Solo 川上流域河川改修事業	1987 1994
Madiun 川河川改修事業	1987 1995
Solo 川下流ポンプ灌漑場整備計画（無償）	1991 1992
Solo 川下流域河川改修事業	1996 進行中

### (3) OTCA フィージビリティ調査（1975 年）

OTCA マスタープランで提案されたプロジェクトの中で最も優先度の高いプロジェクトがウオノギリ多目的ダムであった。マスタープラン終了直後の 1975 年に調査計画が行われ、1 年後に調査報告書が提出されている。

フィージビリティ調査報告書が PBS 図書館にて保管されている事を確認し、ダム軸などチェックをしたが、堆砂量推定の詳細部分については未確認である。本格調査での確認が必要である。図 3-2-25 にフィージビリティ調査によって決定されたダム平面図を示す。

### (4) OECF 詳細設計（1976 年から 1978 年）

OTCA によるフィージビリティ調査終了直後に OECF による詳細設計が開始され、3 年後の 1978 年完了している。

フィージビリティ調査による設計との主要な相違点につき、下記にまとめる。図 3-2-26 に詳細設計で最終的に決定されたダム平面図を示す。

F/S との相違点

項目	F/S	D/D
水文		
観測年数	1953年から1972年までの20年間	73,74年の実測記録を追加し22年間
推定平均流量	29.3m <sup>3</sup> /s	31.7m <sup>3</sup> /s
設計洪水流量	5,200m <sup>3</sup> /s	5,100m <sup>3</sup> /s
異常洪水流量	(100年確率洪水の1.2倍) 6,200 m <sup>3</sup> /s (推定方法未確認)	(100年確率洪水の1.2倍) 9,600 m <sup>3</sup> /s (PMF)
貯水池		
設計洪水位	EL. 138.4 m	EL. 138.3 m
異常洪水位	EL. 138.9 m	EL. 139.1 m
ダム		
ダム軸	左岸尾根から80m下流部 (全ての構造物をKeduang川合流点下流に設置することから決定)	左岸尾根の中央部 (ダム左岸堤体の岩着、洪水吐基礎地盤強度を高めるため変更)
天端標高	EL. 141.6 m	EL. 142.0 m
取水口		
最大流量	60 m <sup>3</sup> /s	75 m <sup>3</sup> /s
敷標高	EL. 121.0 m	EL. 116.0 m (経済性と工事の容易さから変更)
発電所		
設備容量	10.2MW	12.4MW

(5) 貯水池堆砂に関わる確認事項

1) 概要

ウオノギリ多目的ダム貯水池計画において、貯水池堆砂に関わる確認すべき事項として、ダム地点の選定過程、堆砂容量の推定方法、取水口の敷標高の決定、PMFの推定方法などを関係者へのインタビュー及び既存資料から調査し、以下の通り報告する。

2) ダム地点の決定

OTCA マスタープランの段階で、現ダム地点（右岸の支流 Keduang 川と Solo 川本流との合流点直下流地点）から Solo 本流上流約 2 キロ地点の狭窄部（Keduang 川が含まれない集水域）でのダム軸案も検討されたが、

所定の利水計画を満足するための貯水池容量を得るためには、ダム高をさらに上げる必要があり、上流湛水地域の拡大に対する地元有力者の反対によって上流案は採用されていない。

現ダム地点では、集水域全体の 3 分の 1 を占める Keduang 川から平均流量約 10m<sup>3</sup>/s

の流量が得られ、所定の利水計画を満足することができる。

の理由によって、現ダム地点が最終選定されている。F/S 調査及び D/D 調査の段階では現ダム地点以外の代替案は検討されていない。

### 3) 堆砂容量の決定

ダム貯水池の堆砂容量は、水平堆砂を想定した 100 年堆砂量を設計堆砂量としている。F/S 調査の段階で堆砂容量：1 億 2 千万 $m^3$ 、堆砂位：EL. 127.0m が設定され、D/D 段階では堆砂容量及び堆砂位の再検討はされていない。

推定方法については、70 年代ジョクジャカルタ市のガジヤマダ(Gadjah Mada)大学が周辺のダム堆砂状況を調査し、その結果を基に推定したとの情報がある。Solo 川上流では、80 年代になって初めて浮遊砂調査が開始されており、F/S 調査時には浮遊砂調査の結果が得られていないことになる。

ジャワ島における過去の調査計画における設計堆砂量では、表層侵食率 0.7mm/年から最大で 3.9mm/年程度と推定されており、全般的に見ても推定量の低さが伺える。ウオノギリダムでの現在の表層侵食率は 8.8mm/年から 11mm/年程度と推定されている。

### 4) 取水口の敷標高

F/S 調査での取水口敷標高は、EL. 121.0m で、堆砂位 EL. 127.0m より 6m 低く設定されている。D/D の段階では取水口の設計変更があり経済性と工事の容易さから取水口敷標高はさらに 5m 低い EL. 116.0m に変更されている。

同時期にインドネシアで開発された Asahan 川のシグラグラ取水ダム、タンガ取水ダムでは、いずれの取水口敷標高も設計堆砂位(100 年堆砂量)プラス 1m と設定されており、運転開始後 100 年間メンテナンスフリーの設計になっている。しかしながら、Asahan 川においてもダム完成から二十数年で設計堆砂位を超える堆砂があり、発電支障、設備損耗、発電効率の低下を引き起こす恐れが指摘され、ダム堆砂量推定の困難さを物語っている。2003 年には JBIC のインドネシア「アサハン水力発電所アルミ製錬事業」に係る援助効果促進調査(2)として土砂流入実態の調査、原因の調査ならびに対策案の提言などが行われている。

### 5) PMF の推定

F/S 調査では PMF は 6,200 $m^3/s$  と推定されていたが、D/D 調査では、流量データの追加で再検討され、9,600 $m^3/s$  と変更されている。この変更により、ダム天端高も若干上昇修正されている。PMF の推定方法については未確認であり、本格調査時の再検討が必要となる。

### 3 - 2 - 4 関連計画・調査

#### (1) 概要

ウオノギリダム貯水池完成以降、Solo 川流域開発計画の見直し、Solo 川河川構造物のリハビリ及び維持管理体制の見直し、ウオノギリ多目的ダム貯水池堆砂緊急対策計画及び工事などが実施されている。

#### (2) JBIC マスタープラン (CDMP)

1996 年から進行中の JBIC 融資案件である Solo 川下流河川改修プロジェクトのもとで、Solo 川流域全体を対象としたマスタープラン調査計画 (Comprehensive Development and Management Plan (CDMP) Study for Bengawan Solo River Basin) が 1999 年 12 月から 2001 年 4 月までの約 16 ヶ月間をかけて実施された。

調査の目的は Solo 川流域全体に対して 2025 年を目標年とした水資源開発管理計画マスタープランを策定することである。本調査の特徴は、地方分権化政策と整合性を取りつつ、住民参加型の計画手法を取り入れ、PCM を有効に活用して利害関係者の意見を計画に十分反映させるところにある。初期の PCM などによるニード評価によって、開発計画に対する下記に示す 6 つの条件を明確にしている。

- ア) 公平な地域開発を可能にする水資源開発
- イ) 流域管理
- ウ) 水質管理
- エ) 多様化する水需要に対する水配分管理
- オ) 洪水制御管理
- カ) 水利用配分に関わる地域間調整管理

水資源開発管理の基本的戦略は、以下に示す 5 項目とした。

- ア) 水源開発
- イ) 社会影響の少ない貯水池開発
- ウ) 上工水を優先とした水配分
- エ) 総合的流域管理手法
- オ) 水資源管理に関わる組織強化の枠組み

策定されたマスタープランは以下の 5 つのコンポーネントから成る。

- ア) No.1: 水資源開発の促進
- イ) No.2: 流域管理の強化
- ウ) No.3: 水質管理の枠組み強化
- エ) No.4: 洪水制御管理の強化
- オ) No.5: 水資源管理に関わる行政組織の強化

マスタープランで提案されたプロジェクトの内、ウオノギリダム貯水池に関わるプロジェクトを列挙する。

- コンポーネント No.1 : Pidekso ダムプロジェクト (ウオノギリダム貯水池上流の Solo 川本流に位置する)
- コンポーネント No.2 : ウオノギリダム貯水池緊急堆砂対策プロジェクト  
( JICA 無償にて実施済み )  
ウオノギリダム貯水池リハビリ及び流域管理  
( JICA 調査を実施予定 )
- コンポーネント No.3 : 水質管理の枠組み策定
- コンポーネント No.4 : Solo 川上流河川改修プロジェクト、フェーズ II  
Solo 川洪水予警報プロジェクト
- コンポーネント No.5 : Solo 川流域水資源管理のキャパシティービルディング

### (3) JBIC リハビリ候補完成案件に関わる援助効果促進調査 (SAPS)

2001 年 3 月から同年 7 月にかけて、Brantas 川のカランカテスダム建設事業など円借款により完成した河川、水資源及び灌漑インフラについてリハビリニーズが確認された案件につき、そのリハビリについての技術的検討などを行う SAPS が実施された。

#### 1) リハビリ事業の目的

リハビリ事業の主要な目的は下記の通りである。

- ア) 近年、同国の地方分権化の流れの中で、維持管理担当機関が中央組織から地方組織に移管されつつある。こうした組織の維持管理実施機能の強化を図る。
- イ) OECF(JBIC)の融資により建設された既存施設の中には、損壊または老朽化により機能が低下した施設がある。こうした施設のリハビリを実施し、原機能の回復を図る。

#### 2) 調査対象事業

調査対象とする事業は以下の 12 事業としている。

	事業名	実施期間	ローン金額 (百万円)	L/A No.
A1	Solo 川流域			
	Wonogiri Multipurpose Dam Project	1974, 9 - 1977, 8	320	IP-176
	- Ditto -	1977, 8 - 1982, 8	9,807	IP-177
	Upper Solo River Improvement Project	1985, 12 - 1994, 6	4,746	IP-300
	Madiun River Urgent Flood Control Project	1985, 2 - 1995, 7	6,400	IP-284
A2	カランカテス多目的ダム事業			
A3	ウリンギ多目的ダム事業			
A4	ポロン川河川改修事業			
A5	ブランタス川中流域河川改修事業			
A6	アチェ川河川改修・灌漑事業			
A7	ウラル川河川改修・灌漑改良事業			
A8	ワイジェバラ灌漑事業			
A9	ワイウンブ・ワイブングブアン灌漑事業			
A10	ランケメ灌漑事業			
A11	南スマトラ沼沢地整備事業			
A12	クルド山緊急砂防事業			

### 3) 調査の目的

本 SAPS 調査の目的は以下の通り。

- ア) 日本の政府開発援助により建設された既存施設のうち、緊急リハビリが必要と思われる施設について調査と解析を加え、リハビリに対する融資の必要性を検討する。これを目的とし、上述の 12 事業について技術的、経済的、財務的観点からリハビリ事業実施の妥当性を検証する。
- イ) 施設的な検討と同時に、イ国関係機関の維持管理体制の改善に対する提言を行う。
- ウ) これまでの円借款案件の経験と(2)での維持管理体制改善の提言を考慮して、地方分権化されたイ国の新体制化における円借款案件の実施体制に対する提言を行う。

### 4) 調査内容

本 SAPS 調査の内容は以下の通り。

調 査 内 容	
1.	対象案件に対する技術的評価・検討
	エンジニアングレビュー
	a. 現状把握
	b. リハビリが必要となった原因分析
	c. リハビリのスコープ：リハビリ事業の技術的妥当性
	d. 積算根拠
	持続可能性の確認
	経済分析のレビュー
	財務分析のレビュー
	リハビリ事業として取り上げる妥当性の確認
	事業実施計画書（I/P）の作成
	環境調査の必要性確認
	環境改善措置の提言(必要に応じて)
2.	リハビリ借款の事業実施・モニタリング体制
	サステナビリティ確保のための検討
	a. 維持管理体制の現状と問題点の調査・分析
	b. 担当機関の実施能力に関する調査・分析
	c. 維持管理体制・担当機関の実施能力の改善策の検討
	運用効果指標の設定・モニタリング方法/体制の検討・提言
	リハビリ実施に関するコンサルタント TOR の作成
	維持管理体制の改善についての提言

## 5) Solo 川流域におけるリハビリ候補事業の技術的評価

### a) ウオノギリ多目的ダム

本 SAPS 調査時には、JICA 無償によるウオノギリ多目的ダム貯水池堆砂緊急対策計画（下記参照）が実施中でウオノギリダム貯水池の改善計画が検討中であり、対策案が具体化されていないため、ウオノギリダム貯水池の浚渫と砂防施設計画はリハビリ事業に含めないこととされた。

### b) Solo 川上流域

Solo 川上流改修事業第一期（Upper Solo River Improvement Project Phase-I）は上流域 37km を対象として実施され 1994 年に完成した。同事業は捷水路、堤防など河川構造物の建設のほか Dengkeng 川の改修を含むものであった。

現在の最低河床高は、洪水防御マスタープランに基づいて決定された当初の計画河床高を 2-3m 下回っていると見られる。河床低下は極度の堤防侵食や、既設護岸・橋梁基礎・床固め工の不安定化などを引き起こしている。

本 SAPS 調査では、下記修復工事をリハビリ事業の一環として実施することを提案している。

Solo 川上流域において修復が必要な施設・構造物

河川	施設・構造物	必要な修復工事
Solo 本川 (Lawu 村地域を含む)	床固工	床固工・落差工・護岸工の新規建設、既設床固工の修復
Wingko 川	樋門 WKA-1	護岸工と放水口の修復
Jlantah 川	河道	床固工・落差工の新規建設
Dengkeng 川	Jarum 橋	護岸工の修復
	河道	護岸工の新規建設・修復、床固工・落差工の新規建設

## (4) リハビリ・維持管理改善事業（水資源セクター）の円借款事業

本 SAPS 調査結果を踏まえ、2002 年 10 月にはリハビリ・維持管理改善事業（水資源セクター）の円借款事業として契約調印されている。リハビリ・維持管理改善事業（水資源セクター）は円借款完成事業を対象に、緊急性・必要性の高いリハビリを実施し、維持管理担当期間の能力向上のための支援も実施することになっている。

Solo 川上流域のリハビリ事業に関しては、現在現地調査が進められている段階であり、今年度中にはリハビリ事業に関しての設計業務を完了させる予定になっている。

本事業はウオノギリダム貯水池から見て、排砂による上下流問題を生じる恐れがあり、本事業

との連携の必要性がある。

#### (5) JICA 無償によるウオノギリ多目的ダム貯水池堆砂緊急対策計画

2000年に部分的に深浅測量が実施され、取水口付近 Keduang 川の堆砂状況の把握が行われた。1993年の貯水池全体の測量結果から2000年の貯水池容量を推定したところ、堆砂容量の63%、利水容量の36%、治水容量の33%が堆砂で失われたことが判明した。特に、取水口前面の堆砂状況から取水口の閉塞の危険性が示唆された。

1996年と1999年に実施されたウオノギリダム前庭取水口の堆砂状況を図3-2-27に示す。また、2001年9月及び2002年4月の取水口周りの堆砂状況を図3-2-28及び図3-2-29に示す。

こうした状況を踏まえ、インドネシア政府側から日本の協力対象事業(JICA 無償案件)として、下記の3コンポーネントが要請された(2000年8月)。

ウオノギリ多目的ダムの貯水池への流入土砂軽減のための砂防ダム2基(Keduang川、合計容量で約55万m<sup>3</sup>の貯砂ダム)の建設

取水機能を維持するための取水口前面緊急掘削(約10万m<sup>3</sup>)

持続的に貯水池への流入土砂を浚渫するための浚渫システムの調達

JICA 基本設計調査団は、技術的観点や財政的観点から砂防ダム建設と浚渫システムをコンポーネントから除外することとし、日本の協力対象として、取水機能を維持するための緊急浚渫のみを取り上げることとした。具体的には、

ダム取水機能を5年間程度引き伸ばすための取水口前面の堆砂浚渫

取水口前面の浚渫中に必要に応じてダム下流に放流するために、緊急放流バルブ、洪水吐ゲート、他の点検、修理(図3-2-30を参照)

浚渫範囲は、下記の通りである。

- ア) 既設取水口水路の復旧
- イ) 貯水池水位がEL. 127.0m (LWL) – 130.0mに低下時、Solo川の水を取水口に導く導水路の新設
- ウ) Keduang川からの流入土砂及び洪水吐前庭の堆砂が直接導水管に流入することを軽減させるために取水口の右岸及び洪水吐前庭に平場設置

浚渫土砂量(塵芥を含む)は合計:251,000m<sup>3</sup>(2001年9月の深浅測量結果による土量プラス2001年9月から工事終了(2004年3月)までの流入土砂量である。浚渫計画の概要は図3-2-31に示す。また、取水口前面に設置された網場の詳細を図3-2-32に示す。

本事業は2004年2月中旬に浚渫工事を完了し、現在PJT-I職員に対するGPSによる深浅測量の技術移転等が行われている。GPSによる深浅測量システムを図3-2-33に示す。

本事業担当者からの情報によれば、GPSによる深浅測量の位置測定に関して注意が必要と



のこと。船上の GPS 移動局だけでは位置測定に大きな誤差が生じるため固定局を数箇所設置する必要があるが、固定局と移動局との無線によるデータ送受信は障害物などの影響で障害が出ている。JICA 本格調査時の GPS による深浅測量ではこの点に十分留意する必要がある。

### 3 - 2 - 5 関連機関の状況

#### (1) 居住・地域インフラ省

居住地域インフラ省 (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (KIMPRASWIL; Ministry of Settlement and Regional Infrastructure)の一総局である水資源総局 (Directorate General of Water Resources (DGWR) )がインドネシア全体の水資源開発に責任を持ち、灌漑・洪水防御・沼沢地開発他を実施している。同省は財務省と協力しソロ川流域開発事務所 (PBS) やプランタス川流域開発事務所 (PKB) やクルド・スメル火山砂防事務所 (PGKS) に対し予算配分を行っている。また DGWR は水管理公団 (PJT-I) に対し若干の人員派遣を行っている。

図 3-2-34 に 2001 年時点での水セクターに係る政府関連機関の概要を示す。

#### (2) 財務省 : Ministry of Finance (MOF)

財務省の国有公団として PJT - I が存在する。

#### (3) 州水資源局

州水資源局 (Dinas Pekerjaan Umum (PU) Pengairan Propinsi (Dinas PUPP; the Provincial Water Resources Service Office)は独立機関として、州知事に対し州内全河川にかかわる計画と水資源管理実施の責任を負っている。州水資源局は各州の水資源開発、計画、実施を行うが、維持管理については地域に応じて地方水資源管理事務所 (Balai PSDA) を通して実施している。

#### (4) ブンガワン・ソロ川流域開発事務所

現在、Solo 川流域の河川関係のプロジェクト実施機関は、居住地域インフラ省水資源総局の直轄事務所であるソロ川流域開発事務所 (Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Bengawan Solo (PBS; Bengawan Solo River Basin Development Project Office)である。

Solo 川流域の開発は 1969 年以來インドネシア政府によって進められた。当初はブンガワンソロ・プロジェクト庁が任を担い、後にブンガワン・ソロ川流域開発事務所に改偏され現在では居住地域インフラ省の管理下開発が進められている。図 3-2-35 に 2004 年 2 月時点での PBS の組織図を示す。

#### (5) 地方水資源管理事務所

中央政府は地方水資源管理事務所を流域単位の地方水資源管理機関として位置付けてい

る。地方水資源管理事務所 (Balai Pengelolaan Sumber Daya Air (Balai PSDA; the Regional Water Resources Management Office)は水資源管理施設と灌漑施設の維持管理を業務としている。

### (6) 河川流域管理公団

水管理公団 (Perum Jasa Tirta (PJT); ブランタス)は 1990 年に Brantas 川流域の水資源施設維持管理のために中央政府管理下の国有公団として設立された。

大統領令 No.129/2000 により、PBS の運営・維持管理部門は PJT-I に編成されることが決定し、PJT-I ソロとして 2002 年に設立された。PJT-I ソロは Solo 川を含む 25 河川を管理することになっており、第 2 期として 37 河川に拡張する予定であるが、これらに含まれない河川流域は Balai PSDA が維持管理作業を実施する予定である。

PJT-I ソロの実質的な運用開始は予算化された 2003 年からである。現在、最終的な組織体制を検討中である。

PJT-I 設立以前には、Solo 川流域の維持管理業務には 4 機関が携わっていた。河川施設の維持管理と修復業務に責任を持つ実施機関は以下のとおりであった。

維持管理・修復実施機関 (PJT-I 設立以前)

施設	実施機関		
	運用	維持・監理	修復
1. Wonogiri ダム 貯水池	PBS/PKSA PBS/PKSA	PBS/PKSA PBS/PKSA	PBS/PKSA PBS/PKSA
2. ダム	PBS/PKSA	PBS/PKSA	PBS/PKSA
3. 堰 (本川)	PBS/PSAPB	PBS/PSAPB	PBS/PSAPB
4. 灌漑取水堰 (支川)	Balai PSDA	Balai PSDA	DPU Pengairan
5. 堤防, 護岸	-	PBS/PSAPB	PBS/PSAPB
6. 灌漑取水施設	DPU Pengairan	DPU Pengairan	DPU Pengairan
7. 砂防, 床固工	-	PBS/PSAPB	PBS/PSAPB

\*出典: PBS ソロ事務所

業務内容や責任に重複や混乱が見られ、PJT-I ソロ支店の設立によってこの状況は改善され、各責任分担が明らかになる予定である。原則的には PBS ソロ事務所が行っていた Solo 川流域の維持管理修復業務全ては PJT-I ソロに移管されることになる。

## 3 - 2 - 6 大学及び研究機関の実態調査

### (1) 概要

本格調査ではハイドロ工法の実証試験や堆砂に関わる水理実験及びモデリングが予定されている。また、流域保全管理計画に関わる調査も含む。こうした調査活動に対する支援や調査終了後のフォローアップやモニタリングを目的として、インドネシア国内の研究所及び大学との連携

を図ることとした。

事前調査では下記に示す主要な国立大学及び政府研究機関を訪問し、研究活動、研究施設、現地再委託の可能性などの調査を実施した。

- ア) 水資源研究所(バンドン市)
- イ) 河川調査所(スラカルタ市)
- ウ) バンドン工科大学(バンドン市)
- エ) ガジャマダ大学(ジョクジャカルタ市)
- オ) スプラスマレット大学(スラカルタ市)

対象とする研究分野は、貯水池堆砂に関わる分野と流域保全管理に関わる分野の2分野とした。

## (2) 水資源研究所

居住地域インフラ省の水資源現研究所 (Research Institute of Water Resources Development) はバンドン(Bandung)市に位置し、同研究所の一部門として水文調査所 (Balai Hidrologi, Experimental Station for Hydrology) がある。

水文調査研究を行う調査所であるが、土壌浸食及び堆砂に関しても数値解析や実測などを行っている。土壌侵食のモデルとしては、RUSLE や ANSWERS を用いている。また堆砂に関しては1次元のHEC-6を利用している。水質、水理に関わる実験施設、調査機材も充実しており、エコーサウンダー、ADP(Acoustic Doppler Profiler)も保有している。JICA、JBIC 調査の委託調査分析、ローカルコンサルタントへの調査機材の貸与も行っている。1991年には、ウオノギリダム堆砂に関わる調査を行っている実績を持つ。

水文調査所の所長 Agung 氏の連絡先は以下の通り。

Dr. Ir. Agung B. Ibrahim M. Eng.

Head of Experimental Station for Hydrology

Jl. Ir. H. Juanda No. 193 Bandung 40135

Tel (022) 2503357

Fax (022) 2503357

E-mail bagiawan@bdg.centrin.net.id

## (3) 河川調査所 (Balai Sungai, Experimental Station for River)

スラカルタ市に位置する河川調査所は水文調査所と同様に居住地域インフラ省の水資源現研究所の一部門である。水質に関わる調査研究以外はほぼ水文調査所と同じ研究施設をもつ。水理実験施設、SS分析機器、水文調査機器、測量機器などを有する。

1995年から2001年まで、河川砂防調査所として設置されていたが、2001年に河川調査所とジョクジャカルタ市の砂防調査所(Balai Sabo)に組織分割されている。

Brantas川で行われている京都大学の河川モニタリング調査の委託としてSS調査を実施している。河川調査所所長であるIsnugroho氏の連絡先は以下の通り。

Mr. Isnugroho  
Head of Experimental Station for River  
Jl. Solo-Kartosuro, PO Box 159 Solo 57101  
Tel (0271) 719429  
Fax (0271) 716406  
E-mail isnudw@hotmail.com

#### (4) バンドン工科大学

バンドン工科大学(Institut Teknologi Bandung, 略称 ITB)は1959年にインドネシア政府によって国立大学としてバンドン市に設立された。土木工学部(Department of Civil Engineering)はオランダ統治時代の1920年に設立されており、インドネシアで最初の土木工学部である。2000年には、政府令 No. 155/2000によって独立行政法人(Badan Hukum)となり、対外的に自由な事業活動が可能となっている(他の国立大学も同様)。

貯水池堆砂に関わる研究は、水資源工学(Water Resources Engineering)教室によって進められている。主要な研究者は以下の通り。

- ア) Prof. Dr. Ir. Soebagiyo Soekarnen(水理、水文、水資源)  
仏国 National Polytechnic Engineering Institute of Electrotechnology, Electronics, Computer Science, and Hydraulics, Toulouse にて博士号取得。
- イ) Dr. Msc. Ir. M. Cahyono(Sediment Transport and Water Quality Modelling)  
英国 Bradford 大学にて博士号取得。二次元数値解析を専門とする。
- ウ) Dr. Msc. Ir. Indratmo Soekarno(河川工学、侵食/堆砂)  
英国 Strathclyde 大学にて博士号取得。侵食及び堆砂問題が専門。

バンドン工科大学土木工学部の連絡先は以下の通り。

Department of Civil Engineering  
Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132 Indonesia  
Phone: +62-22-2506445, 2504556, 2510713  
Fax: +62-22-2506445, 2510713  
e-mail: info@si.itb.ac.id

実験施設としては、水理実験モデル、流体力学実験室、コンピューター及び IT 室が整備されている。今回の事前調査では、バンドン工科大学での流域保全管理に関わる研究活動に関しては日程の関係で調査できなかった。

バンドン工科大学の代表連絡先は以下の通り。

Institut Teknologi Bandung (ITB)  
Jalan Tamansari 64 Bandung 40116  
Bandung 40116, INDONESIA  
Tel & Fax +62-22-2500935  
Email: info-center at itb.ac.id

## (5) ガジャマダ大学

国立ガジャマダ大学 (Universitas Gadjah Mada) は、独立後の 1949 年に創立されたインドネシアで最も古い大学で、理系・文系合わせて 18 学部を有する総合大学である。学生数約 4 万人、講師数約 2 千人と言われ、大学院、各種研究施設を持ち、中部ジャワ地域の高等教育の中心的役割を担っている。

今回の事前調査では、

ア) 地理学部

イ) 工学部土木工学科

にて、それぞれ流域保全管理と堆砂に関わる研究活動を調査した。

### 1) 地理学部

地理学部を設置している国立大学としてはインドネシア唯一である。地理学に関して幅広いプログラムを有している。地理学部には以下の 4 つの学科がある。

ア) Physical Geography

イ) Human Geography

ウ) Remote Sensing

エ) Regional Development Planning

地理学部全体で、約 80 人の研究者がおり、15 の実験施設がある。土質、水文気象、地下水、水質、リモートセンシングなどの実験棟が含まれている。

1985 年には、PBS からウオノギリダム貯水池の深浅測量を依頼された実績があり、また 2002 年にはウオノギリ県 BAPEDA によるウオノギリダム貯水池上流域の流域調査を実施している。

本流域調査の責任者及び連絡先は、以下の通り。

Dr. Suratman Worosuprojo M.Sc.  
Faculty of Geography  
Gadja Mada University  
Sekip Utara, Yogyakarta 55281  
Tel (0274) 902332, 902340, 902342  
Fax (0274) 589595  
E-mail geografi@ugm.ac.id

## 2) 土木工学科

バンドン工科大学と同様、インドネシアにおける土木工学教育の中心的役割を持ち、多くの土木技術者を輩出している。

学科長の Tri Utomo 氏及び水理研究の責任者である Legono 氏と面談し、水理、堆砂に関わる研究及び実験施設などを伺った。土木工学科全体で 58 人の研究者がおり、構造、交通、土質、水文水理など 4 つの専門コースを有する。Legono 氏を中心として、侵食、堆砂に関する研究がなされており、実測による数値解析の同定などが行われている。水理実験施設を見学する機会を得たが、水理モデル実験施設としては大型の水路施設（規模：幅 1.5m × 高さ 1.5m × 長さ約 30m）も有している。

また、ジョクジャカルタ市に JICA の支援によって設立されている砂防センターとの連携も強い。ガジャマダ大学には、防災に関わる大学院修士コース（MPBA, Master in Natural Disaster Management）が設置され、砂防センターや日本の各大学からの教授陣を配している。

水理研究の責任者である Legono 博士の連絡先は以下の通り。Legono 博士はロンドン大学で博士号を取得し、上記 MPBA の水理構造物を担当している。

Djoko Legono, Ir., Ph.D.  
Department of Civil Engineering  
Gadjah Mada University  
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281  
Tel (0274) 519788  
Fax (0274) 519788  
E-mail legono@tsipil.ugm.ac.id

## (6) スブラスマレット大学（スラカルタ大学）

国立スブラスマレット大学 (Universitas Sebelas Maret Surakarta) は調査対象地域に最も近いス

ラカルタ市にある総合大学である。バンドン工科大学やガジャマダ大学に比べると新しい大学で規模も小さい。

ちなみに、Sebelas Maretとはインドネシア語で「3月11日」を意味し、1966年3月11日、国内の混乱と国家の崩壊を憂えたスカルノが、ボゴール宮殿において「3月11日命令書」(いわゆる「スーパースマイル」)に署名し、大統領権限をスハルトに委譲したことに由来している。

工学部土木工学科の Qomariyah 氏との面談にて同大学の流域保全及び堆砂に関わる研究活動に関して調査を行った。土木工学科は構造、材料、水理、交通、衛生、土質などのコースを有している。水理関連の実験施設、機器は以下の通り。

- ア) Multi Purpose Flume
- イ) Fluid Friction Apparatus
- ウ) Hydro Static Bench
- エ) Sediment Transport Channel
- オ) Osborne Reynold Demonstration
- カ) Jet Impact Apparatus
- キ) Hydro Static Pressure Apparatus
- ク) Sediment Sampler
- ケ) Current Meter

また、大学には環境研究センター (Environmental Research Center) が設置され環境に関わる学際的な研究及び調査が行われている。2002年には、JICA ウオノギリダム貯水池の緊急堆砂対策によって行われた取水口周りの浚渫に関わる EIA を日本工営の委託で実施した。また、同年、森林保全センター (Land Rehabilitation and Soil Conservation of Solo Sub-Center: BRLKT Solo) のウオノギリダム流域の流域調査も行っている。

土木工学科の Qomariyah 氏の連絡先は以下の通り。

Ir. Siti Qomariyah, M.Sc.

Fakultas Teknik

Jl. Ir. Sutami 36 A Kentingan Surakarta

Tel (0271) 647069

Fax (0271) 662118

E-mail addin@uns.ac.id

## (7) その他

2003年3月京都で開催された第3回水フォーラムの総合的流域及び水資源管理(IWRM)分科会では流域管理の土砂管理(貯水池土砂管理に向けた挑戦)と題して講演が行われたが、インドネシアを代表としてブラウイジャヤ大学講師の Mr. Achmad Rusfardi Usmam も講演者の一

人であった。元 PJT-I の所長であり長年 Brantas 川流域プロジェクトに携わっている。貯水池堆砂に係る研究と実務に関して知見を有していると考えられる。

### 3 - 2 - 7 土壌浸食及び堆砂の数値解析モデリングに関わる動向

#### (1) 土壌浸食モデル

土壌浸食は土壌劣化の物理的過程で引き起こされる。土壌劣化に関わる因子には、気候、水文、地形、母材、植生などの自然因子と人口圧、土地利用、土木工事などの人為因子が挙げられる。

自然因子は例えば土壌の深さ、粒径組成(土性)、土壌を構成する粘土鉱物の種類などを通して土壌劣化の潜在的危険性を規定しているのに対して、人為因子は耕起方法、輪作体系、侵食対策の有無、あるいは土地所有制度や法律、慣習などを通して直接的に土壌劣化やその程度を規定していると考えられる。

土壌劣化を防止するとともに適切な修復対策を立案して実施するためには、その劣化過程の作用機構解析と要因パラメーターを用いたモデル化を行うことが必要である。そうすることによってどのパラメーターを制御する対策が最も効果的か、また、その対策はどのような自然、社会、経済環境に適用可能かといった側面を評価することが比較的容易になると考えられる。

世界で開発されている土壌浸食モデルは以下の通り。なお、それぞれのモデルに関する情報は下記の土壌浸食ウェブサイトを参照していただきたい。

[www.soilerosion.net](http://www.soilerosion.net)

- ア) AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution Model)
- イ) AGNPS-M (AGNPS, modified)
- ウ) ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)
- エ) CAESAR (Cellar Automation Evolutionary Slope and River Model)
- オ) CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems)
- カ) EGEM (Ephemeral Gully Erosion Model)
- キ) EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator)
- ク) EROSION-3D
- ケ) EUROSEM (European Soil Erosion Model)
- コ) GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems)
- サ) KINEROS2
- シ) LISEM (Limburg Soil Erosion Model)
- ス) MEDLUSH



- セ) MOSES (Modular Soil Erosion System) project
- ソ) MWISED (Modelling Within-Storm Sediment Dynamics) project
- タ) RillGrow 1 and 2
- チ) RUSLE 1 (Revised Universal Soil Loss Equation 1)
- ツ) RUSLE 2 (Revised Universal Soil Loss Equation 2)
- テ) SWAT (Soil and Water Assessment Tool)
- ト) USLE (Universal Soil Loss Equation)
- ナ) USLE-2D
- ニ) USLE EXCEL version
- ヌ) USLE-Modified
- ネ) USPED (Unit Stream Power-based Erosion Deposition)
- ノ) TMDL (Total Maximum Daily Load) USLE
- ハ) WATEM (Water and Tillage Erosion Model)
- ヒ) WEPP (Water Erosion Prediction Project)
- フ) GeoWEPP (Geo-spatial interface for WEPP)
- ヘ) WEPP interfaces (US Forest Service)

これら土壌浸食モデルの内、通常良く用いられているモデルは、USLE/RUSLE、WEPP である。

#### 1) USLE/RUSLE

1940 年に Zing が初めて土壌浸食量と斜面長、斜度の関係を式で表した。その後、アメリカ各地での侵食試験の結果を統計的に解析し、USLE (Universal Soil Loss Equation)が開発された。これは経験式であって、侵食課程の理論により修正が加えられ、コンピューター上で動作する RUSLE (Revised USLE)となった。USLE と RUSLE はともに水食による土壌の流出量を次式で算出している。

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

ここで、A：単位面積あたりの年間土壌浸食量 (t/ha)、R：降雨係数 (MJ \* mm/ha \* h)、K：土壌係数 (t \* ha/MJ \* mm)、LS：地形係数 (無次元)、C：作物管理係数 (無次元)、P (保全係数 (無次元) である。R は降雨エネルギー量と降雨強度の積の年間合計量である。一方、R 以外の各係数は標準状態 (傾斜 9%、斜面長 22m、裸地) からの相対的状态により得られるものであるが、長年のデータの蓄積により、侵食試験を行わずとも決定できるようになっている。

しかし、この式が開発されたアメリカとは大きく異なった自然条件をもつ地域に適用するには推定誤差を伴うことに留意すべきである。また、圃場単位での侵食量予測を目的とした本式を集水域などで適用する場合、域内での堆砂過程が考慮されていないため、侵食量を過大評価する可能性が高い。

## 2) WEPP

USLE/RUSLE が経験式であること、また堆積過程を考慮していないことなどの問題点を踏まえ、侵食/堆積過程の理論に則った予測式が WEPP ( Water Erosion Prediction Project ) である。本モデルの特徴は 1 日単位の侵食量や集水域での侵食量を予測することができ、必要とするパラメーターは透水速度、表面流去水量、植物あるいはその残渣による被覆、地表面の凹凸、リルの形状と密度などである。

上述の 2 モデルは入力するパラメーターが多く、またガリのような深くかつ大きな溝による土壌浸食を予測することは困難であるので、広域評価のためには必ずしも実際的ではない。一つの流域といった小縮尺予測を行う場合、既存の情報を基に調査者が係数を決定することが必要である。

## (2) 貯水池堆砂数値解析モデル

世界で開発されている貯水池堆砂の数値解析モデルは以下の通り。

- ア) GSTARS3: U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation
- イ) FLUVIAL-12: San Diego State University
- ウ) HEC - 6: US Army
- エ) SSIIM: Division of Hydraulic Engineering at the Norwegian Institute of Technology
- オ) MIKE 11: Danish Hydraulic Institute
- カ) RESSASS: HR Wallingford

HEC 6 及び MIKE 11 はインドネシアにおいても研究目的や実プロジェクトで良く用いられている。

また、アメリカ内務省干拓局 (U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation) の技術サービスセンター ( Technical Service Center ) 内には「堆砂と河川水理に関わるグループ ( Sedimentation and River Hydraulics Group )」が設立されており、堆砂に関わる研究開発が行われている。貯水池堆砂に関わる研究も行われ、GSTARS3 はその成果として開発された数値解析ソフトである。詳細については下記のウェブサイトを参照されたい。

[www.usbr.gov/pmts/sediment/gstars/3/](http://www.usbr.gov/pmts/sediment/gstars/3/)

このグループにはインドネシア政府も参加しており、本格調査においても比較検討される可能性がある。

### 3 - 2 - 8 ダム堆積土砂の浚渫排出工法に関わる動向

#### (1) 日本の動向

ダム貯水池堆砂問題の解決策として、掘削、浚渫をはじめ近年では排砂バイパストネル、排砂ゲートなどの対策が実施されている。その一方、ダム堆積土砂の排出工法として、ハイドロ工法、SY工法(最近SKY工法と改名)といった新しいダム堆積土砂排出工法が開発されている。

##### 1) ハイドロ工法

###### a) 技術の概要

ハイドロ工法はノルウェーのGTO Sediment社によって開発された技術で、自然の位置エネルギーの原理を利用したダム貯水池などにおける新しい排砂システムである。この技術では水頭差、粒径など与えられた条件に応じて、自然の流れで排出させるため、最小エネルギーで排砂できる。

ハイドロJ工法とハイドロパイプ工法の二つの工法があり、それぞれ単独で利用できるだけでなく、両方を組み合わせることで、より効率的な排砂システムの構築が実現可能とされる。

ハイドロJ工法では、船舶、台船などで任意の場所に移動して浚渫するシステムで、排砂に必要なエネルギーは、主に貯水池内外の水位差を利用する。条件によっては、ジェットポンプによる圧力水の導入、サクシオンポンプの利用も可能である。

ハイドロパイプ工法では、定置式のハイドロパイプによって随時排砂を可能とするシステムで、ハイドロJ工法と同様に水位差を利用する。

###### b) 特徴

低コスト：動力を必要とせず、設備も単純で設置工事も比較的小規模である。パイプ設置後の維持管理コストはバルブ操作に関する費用だけであり、大幅なコスト縮減が可能とされる。

高い排砂能力：ハイドロパイプ全長にわたり堆砂土砂を吸引し、スラリーは体積濃度で10%程度の高濃度の吸引が可能。

高い信頼性：吸引部の形状、スロットの位置が工夫されており、閉塞が生じる可能性が少なく、熟練技術者を必要としない。

通常のダム管理が可能：大幅な水位低下がなく、貯水池内の濁水発生も少なく、利水、発電の通常ダム管理に影響しない。

環境保全：貯水池の濁水発生が少なく、水質などの環境も保全される。騒音、振動の発生が殆どなく、燃料などを使用しないのでCO<sub>2</sub>の発生も少ない。

本工法に関わる日本でのパテントは、宏和エンジニアリングと青木あすなる建設が有している。国内の実績では、佐久間ダムにおける適正試験、和歌山県加太土砂採掘事業地（関空第2期工事）調整値における公開試験施工がある。また、ウオノギリダム貯水池緊急堆砂対策の排砂システムとしてハイドロパイプ工法を技術答申（2001年11月）した実績もある。提案されたハイドロ工法の概要を図3-2-36から3.2-39に示す。

## 2) SY工法

ダム貯水池に堆積した土砂を大量かつ効率的に排出するため、信州大学と吉川建設により既に砂礫堆積物を対象に検討・開発された工法「SY工法」を国土交通省中部地方整備局の「共同研究」制度に則り、美和ダムに堆積するシルト粘土に適用するために改良し、実証試験を行ってその効果を確認している。

### SY工法の原理

排砂システムに必要な諸エネルギーは、主に排出管出入口の水頭差によって管内に発生する圧力差を利用する。

昇降装置によって、排出管の吸入口を所定の定常的サイクルで上下動させて、輸送管路内で脈動流を得ると共に、前記吸入口をダム湖などの底面に対して上下動による所定の定常的サイクルで接離させることで、堆積されていた粒状物などの固体が他の部分より高い濃度で混合された流れと低い濃度で混合された流れとを交互に発生させる「プラグ流」を得る。以上を特徴とするダム湖などの土砂排出方法である。

## (2) 世銀の動向

世銀は1999年12月に「RESCON」と呼ばれる活動計画立ち上げた。RESCONとは「REservoir CONservation」から命名されたもので、貯水池の堆砂対策に関わる各手法への技術的・経済的評価を行っている。Hydro-suction removal system（サイフォンによる浚渫方式で日本のハイドロ工法と類似）の技術的・経済的検討も行われており、従来の方法との比較検討も含まれる。

また、貯水池の堆砂問題を「Reservoir Life Cycle Management」の観点から堆砂問題を総合的に扱っており世界的な堆砂問題の動向も分かる。2003年6月には、検討結果をまとめた報告書を作成している。

同報告書のタイトルは以下の通り。

Reservoir Conservation

Volume 1: The RESCON Approach

Volume 2: RESCON Model and User Manual  
Economic and engineering evaluation of alternative strategies  
for managing sedimentation in storage reservoirs

### 3 - 3 流域保全

#### 3 - 3 - 1 土砂生産と流出の現状

ウオノギリ多目的ダム貯水池内への流入土砂量は計画値を大きく上回っており、さらに今後も流域全体から年間約 5 百万 m<sup>3</sup> の土砂流入があると推定<sup>\*</sup>されている。

事前調査団が現地を訪れたのは雨季の終わりであり、ウオノギリ多目的ダム流域には緑が溢れていたが、河川水は低水状態時においても茶色く濁っており、特に Keduang 川、Madiun 川の濁度が高い状況であった。ウオノギリ多目的ダム支川の河床堆積物は、貯水池に近い地域では、礫分もあるが砂分が多く堆積しており、河川敷内では砂州に堆積した砂を採取している光景が見られた。搬出方法は、ダンプトラックあるいは人力であった。

既往の河床材料試験結果<sup>\*</sup>によれば、Keduang 川沿いの砂防ダムの堆積物は、圧倒的に礫分が卓越している(概略、礫分 80% 以上)。一方、ウオノギリ多目的ダム貯水池末端およびこれに近い Keduang 橋付近での河床堆積物は、80% 以上が細粒分である。

また、ウオノギリ多目的ダム貯水池内の堆砂の物理的性状についても、数は4つと少ないものの既往土質試験結果がある。これによれば、Solo 川、Tirtomoyo 川貯水池末端でさえも 99% が細粒分であり、しかも 80% 近くが粘土分であった。たったひとつ貯水池内の堆砂について行われた試験では 100% が細粒分であり、そのうち粘土分は 80% を越している<sup>\*</sup>。

以上の結果から、流入土砂のうち、粒径の大きな砂、礫はダム流入前の支川河床に堆積し、本来河川水とともに流下するはずのウォッシュロードが流速の激減する広大な貯水池内で沈降・堆積し、ダムの堆砂容量を狭めている状況が読み取れる。しかし、堆砂状況を断定するには堆砂量データを始めとしてあまりにも基本的データが少ないため、本格調査では、基本データを集積し、データに基づいて実態を明らかにすることが肝要である。一方、土砂の生産源となっているウオノギリ多目的ダム上流域の土地利用状況は、次のとおりある。

表 3-3-1 ウオノギリ多目的ダム各支川の土地利用状況<sup>\*</sup>

支川小流域	C.A (km <sup>2</sup> )	灌漑農業 (%)	天水農業 (%)	住居 (%)	森林 (%)	乾燥地 (%)	その他 (%)
Keduang 川	426	22.4	3.5	29.5	14.3	26.8	3.5
Tirtomoyo 川	206	11.7	5.5	24.3	16.0	38.3	4.2
Solo 川本川	200	3.5	4.8	7.5	32.1	46.7	5.4
Alang 川	235	5.2	0.2	14.2	30.3	48.1	2.0
Temong 川	73	11.8	4.2	17.9	5.5	23.6	37.0
Wuryantoro 川	69	13.2	3.0	15.5	1.0	22.3	55.0

<sup>\*</sup> ウオノギリダム多目的ダム貯水池堆砂緊急対策計画基本設計調査報告書 平成 13 年 12 月 JICA

(Wuryantoro 川の土地利用比率は、表の値を集計すると 100%を超えてしまう。数値に間違いがあるようなので、注意されたい。)

天水農業地が少なく、天水田では乾季にはキャッサバを栽培している。キャッサバの栽培は、雑草のない耕した裸地で行われており、土壌侵食を助長する一因になっている。

また、Solo 川本川流域、Alang 川流域は森林が 30%以上残っている一方、乾燥地の割合が 47%~48%と多い。ただし、一般的に土砂の主生産地と見られる乾燥地の実際の広さは、Keduang 川流域 114km<sup>2</sup>、Alang 川流域 113km<sup>2</sup>、Solo 川本川流域 93km<sup>2</sup>、Tritomoyo 川流域 79km<sup>2</sup> の順となる。

一方、図 3-3-1 に示した既往チェックダム位置および計画チェックダムの位置に着目すると、これらが極端に Keduang 川流域の Lawu 山南斜面に集中していることは一目瞭然である。このことから、Keduang 川流域からの土砂供給が卓越していることが予想される。

このことは、Keduang 川上流域は、標高 3265m の Lawu 山が主な集水域であり、他の小流域に比べて地形が急なこと、表土がラテライト化している地域が多く、土壌が流出しやすくなっていること、からも予想されることである。

また、土地利用が、森林 畑 鉱山と変化し定まらないため、効果的な対策がとれないことが、土壌侵食が止まらない理由、との話も大学の研究者からあった。

しかし、現地踏査で知りえた範囲では、尾根部まで開墾された耕作地の大半は段々畑や棚田の形をしており、テラスなど土壌・土砂流出防止に対しては、意識的な対策がとられているように感じられた。そのため、土壌・土砂の点的な流出源に着目するよりは、広域からの面的土壌・土砂流出が積み重なって大きな土壌・土砂流出量になっていると考えた方が現実を反映しているかも知れない。

いずれにしても、具体的データを積み重ねて土壌侵食・土砂流出の機構を解明することが効果的な対策の立案につながる、と言えよう。この際、後述する Upper Solo (Wonogiri) Watershed Protection Project (1989 年~1994 年)の流域保全の活動と成果および既往の砂防ダムの効果を入念にチェックし、対策検討に反映させることが、大切である。

### 3 - 3 - 2 既往の流域保全活動

ウオノギリ 多目的ダムの流域保全対策としては、世界銀行の技術・資金援助で 1989 年から 1994 年までの 6 年間に渡って行われた Upper Solo (Wonogiri) Watershed Protection Project がある。プロジェクトの主要目的は、次のとおりであった。

- ・ ウオノギリダムへの土砂流入量を軽減させるために土壌侵食軽減させること、
- ・ 習慣的な耕作手法を変更させ、農家の収入や農業生産量を増加させること、
- ・ 農民に土壌保全の重要性を認識させるための啓蒙活動や農民参加による耕作手法の普及活動を行うこと

事業実施機関は森林省とウオノギリ県地方政府で、その分担は下記のとおりである。

- ・ 実施計画の立案および設計：スラカルタ市にある森林省出先機関森林保全センター (BPDAS Solo: 造林土壌保全局に属し、全国 26 ヶ所の流域に設置され、荒廃地修復や土壌保全業務を担当。最近、略称が BRLKT から変更された) が担当
- ・ 事業実施：地方政府管轄下のプロジェクト事務所 (Wonogiri Watershed Protection Project) が担当
- ・ 事業のモニタリングと評価：森林省の研究機関である、流域保全技術センター (BTPDAS Surakarta) が担当
- ・ 同プロジェクト終了後は、ウオノギリ県の森林・土壌保全事務所 (Forestry and Soil Conservation Service) がウオノギリダム流域の流域保全事業を実施していた。この組織が現在、同県の環境・森林・鉱山部 (Dinas LHKP: Environment, Forestry and Mining) である。構造改革と地方分権政策のもと、改名された。この組織が、現在も流域保全の事業を継続実施している。

なお、先の世界銀行のプロジェクトで実施された具体的な流域保全対策は次表に示すとおりである。

表 3-3-2 実施事業一覧

事業内容	事業規模・面積等
ガリ浸食対策工 (gully erosion control)	
小規模なガリ頭首工 (gully head structure)	250 ヶ所
小規模ガリ・プラグ工 (small gully plug)	1,300 ヶ所
大規模ガリ・プラグ工 (big gully plug)	160 ヶ所
チェックダム建設 (sediment control by small dam)	40 ヶ所
護岸工 (stream bank erosion control structures)	10 km
斜面保護工：植生工 (sloping-gassing on steep slope land)	200,000 m <sup>2</sup>
路肩工：植生工 (road-side protection structures)	80 km
耕作地の浸食対策工 (terrace rehabilitation)	22,000 ha
私有地の植林 (community forest)	5,000 ha
グリーンベルト地域の修復 (Rehabilitation of the green belt)	500 ha
国有林の植林	一部

この他に、このプロジェクトでは4箇所に自動水位観測所を作っているおり、今も稼働している。また、プロジェクトの活動成果は次のように総括されている。

- ・ 流域の土壌保全とウオノギリダムの堆砂軽減に大きく貢献した。
- ・ 流域の農民や地域社会の社会経済的発展に大きな役割を果たした。

具体的な対策効果として、以下の内容が示されている。



### (1) 土壌浸食及び貯水池堆砂

事業実施前の 1985 年から事業実施後の 1994 年間で、土壌浸食を平均 46% 軽減することができた。軽減率が低かったのは、Alang 川の 38%、Solo 川本流の 34% である。

土壌浸食と堆砂の関係からウオノギリダムの寿命を推定すると、1985 年時の 27 年から 1994 年時でのデータでは 50 年に延命することが期待できる。

### (2) 農業生産

農業生産は事業実施前より事業実施後では増加した。天水による稲作は 45%、トウモロコシは 35%、ピーナッツ 23%、大豆 26%、キャッサバ 62% の生産高増が得られた。植林では 13.7%、畜産 65.2%、林業 22.3%、水産 37%、それぞれ生産高が増加している。家畜数も牛で 200%、やぎ 150%、羊 270% 増加している。

### (3) 農家収入

一人あたりの収入は 1988/1989 年の増加率 4.79% から 1992/1993 年の増加率 10.27% と急激に上がっている。本事業のテラスのリハビリ及び私有林に関わる事業に参加した農民の収入はそれぞれ 270% と 280% 増加している。

## 3 - 3 - 3 流域保全における他機関との連携

インドネシアにおける流域保全の活動は森林省を中心に展開されており、その活動は大学等の研究機関によりサポートされている。そのため、本格調査の実施に際しては、これらの組織の知識と経験を活用することが重要である。

### (1) 森林省の活動

#### 1) 中央政府の活動

森林省は以前は流域保全事業の実施機関であったが、1999 年の地方分権化以降、実施主体が県に移行したため、今はや流域保全のための法制度の整備やプロモーションが主な仕事になっている。最近では、流域保全実行マニュアルを発行しているとのことである。

#### 2) 流域保全技術スラカルタ事務所 (BPTDAS) の活動

ここでは、流域保全に関する研究と開発を行っている。その活動は、水理学、土壌と水の保全、社会経済の三つの分野にまたがっている。1999 年の地方分権化以降、実施主体が地方レベルに移行したため、流域保全事業の直接の実施はしていない。

研究開発は、ガジヤマダ大学、スラカルタ大学、バンドン工科大学等と行っており、現在は、ガジヤマダ大学の農学部、林学部、地理学部に委託している研究 (自動モニタリングシステム) がある。

技術図書の出版をして知識を広める広報活動もこの事務所の事業であり、例えば、「土壌・水保全マニュアル」を発行している。先に記した世界銀行の出資による流域保全プロジェクトの成果報告書もここで発行している。

## (2) ウオノギリ県の活動

環境森林鉦山部が世界銀行プロジェクトの終了後も、流域保全の活動を続けている。具体的には、グリーンベルトの設置、自然斜面の崩壊防止のための斜面緑化、スラカルタ大学との連携による流域保全活動等を行っている。

## (3) 大学・研究機関の状況

先にも記したように、ガジャマダ大学、スラカルタ大学、バンドン工科大学等が森林省、PBS、ウオノギリ県等から委託を受け研究活動を行っている。使われている土壌侵食モデルはアメリカ合衆国農務省農業研究所が発表した USLE モデル、RUSLE が使われている。その他に ANSWER モデルと呼ばれるモデルが使われている。ガジャマダ大学の地理学部では衛星画像データや GIS を駆使した解析が行われている。

### 3 - 3 - 4 森林の荒廃

森林省では森林の荒廃の進行を見るため、Citarum 川を例にとり、森林の変遷調査を行っている。Citarum 川は流域面積約 6,000km<sup>2</sup>、河川延長約 300km の西部ジャワの代表河川であり、開発が進んでいる。同河川には三つのダムがあるが、上流域からの汚濁水により水質が悪化し、養魚業に被害を及ぼしているほか、上水水源としての問題も提起されている。森林変遷調査の手法は、既往のランドサットデータを利用した衛星写真解析であり、1989 年、1992 年、1995 年、1997 年、1998 年、2001 年の各データを比較している。

これによれば、この 12 年間に原生林、松林、水田、二次林、ゴム造林は減少し、代わりに混合植林、居住開発地域、畑地、茶園が増加している。1997 年は民主化政策運動の年であるが、森林被覆率の減少傾向はこの前後で大きく変化している。すなわち、1997 年～2001 年間の一次林の減少割合は、1989 年～1997 年間の減少割合の 2 倍以上である。同様に松林の減少割合は 3 倍以上である。詳細にデータを見ると、森林被覆率の減少割合は、1997 年～1998 年の間で大きく、それ以降、変化率自身は鈍化するものの以前減少傾向が続いていると言える。これには、地方分権民主化政策の過程で具体的な責任主体が不明確になったことが一因として挙げられる。

(参考文献: Land Cover Changes In Citarum Upper Watershed, Dr.Hendrayanto, Magr, Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University)

これはジャワ島全域に見られる傾向とも言われており、ウオノギリ多目的ダムの流域も例外ではない、との見方もある。具体例としては、PERHUTANI と呼ばれる林業公社の存在が挙げられる。森林

はこの林業公社が管理しているが、地方分権化の混乱の中で、土地利用権を林業公社が無計画に売買していたりすることがあり、登記上は森林でも実際の土地利用は異なっている場合がある。

また、土地利用の境界確定制度について言えば、インドネシアには三つの制度が共存している状態である。これも混乱を招いている原因の一つである。古い順に記すと、まず初めにオランダ統治時代に作られた「レジスター」と呼ばれる制度がある。地元農家の人の意識はこの制度に寄っている。次が「TGHK」と呼ばれているもので、保全林、国有林の境界を定めている。一番新しいものが、「RTLA」と呼ばれるもので、地方政府が境界を決め、国がこれを確認し承認するものである。境界確定は、RTLA に従うのが基本である。

### 3 - 4 環境・社会配慮調査結果、環境予備調査結果

#### (1) 環境の現況

インドネシア国内の環境問題としては、人口増や商業活動に伴う土地利用の転換による森林の荒廃、産業排水や生活廃水による水質汚染、大都市における大気汚染、山火事による煙霧、などが挙げられている。

より具体的には、森林の減少は、開発に伴う伐採、焼畑・移動農業の影響、チーク生産林の土地利用の変更などが原因である。水質汚染の原因はし尿を含む家庭排水の無処理法流、下水道の未整備、浄化槽の維持不適切などが主原因である。また、大気汚染の原因は自動車・二輪車の排ガス、規制の実施不足等である。

調査地周辺では河川水の水質汚染が都市部周辺で目立っている。また、ウオノギリ県環境・森林・鉱山部によれば、深刻な状態にある土地(Critical Land)は26,742haに及んでいる。また、流域内には、3種類の立ち入り制限地(保護区、森林、農業)がある。この他に、Gunung Seribu(千の山)と呼ばれる石灰岩地域の文化遺産があるとのことである。貴重な動植物や絶滅危惧種などについては、特に報告されていない。

#### (2) 環境行政の動向

インドネシアの環境保全に関する国家政策の始まりは1972年にさかのぼる。この年、インドネシア政府はストックホルムで開かれた国連人間環境会議に参加し、自国の環境問題について報告書を発表した。この報告書の結論に基づき Presidential Decree No. 16 1972 により国家環境委員会が設置された。この委員会が天然資源・環境保全に関する国家計画を策定し、国家大綱と5年ごとに策定される国家開発計画に盛り込まれる仕組みができあがった。

その後、1978年には開発環境省(国務大臣を長とし、環境行政も扱う)が設置された。1982年には環境管理基本法が制定され、その後、開発環境省は人口環境省に改組された。さらに Presidential Decree No.23 1990 により環境保全に関するこれまでの組織構成が変更・拡大された。これに基づき発足したのが、環境管理庁(BAPEDAL)である。環境管理庁設立の背景には、

インドネシアにおける環境問題が量的にも質的にも拡大し、もっと焦点を絞った形の具体的な行動が必要になっていたこと、環境影響を管理する権限が複数の省庁にまがたり適切に行使されていなかったこと、人口環境大臣の権限が基本政策の調整と策定に限られていたこと、さらに州政府レベルにおいても環境部局は同じ状況にあったこと、の三つの理由があった。

さらなる環境行政の強化に向けて、1993年3月には人口環境省が分割され、環境行政に関する独立した組織として環境省が設置された。また、Presidential Decree No.77 1994 により環境

管理庁は大幅な組織改正と機能強化が図られるとともに、大統領直属の環境行政実施機関となった。これにより、環境省が環境問題に関する政策の企画立案などの調整機能を果たし、環境管理庁が具体的な環境保全対策や公害対策を実施する仕組みが整備された。

この2組織は、地方分権化と政治改革の流れを受けて、2002年3月に「環境省」一本に統合された。現在は、まだ省内各部局に業務内容の重複が見られ一部の業務に混乱が見られるが、近いうちに修正されるものとみられる。

また、環境省は、現在三つの地域事務所(バリ、スラウェシのマカッサル、スマトラのリアウ)を持っている。また州、県にはそれぞれ環境部局がある。

### (3) 環境関連法および規制

#### 1) 環境関連法および規制

インドネシアでは2000年以降、基本的な環境影響評価の手続きが大幅に変更された。それまでの環境影響評価は、例えばダムの単独プロジェクトであれば、居住地域インフラ省が中心となって評価委員会を設置し、評価を行い、工業開発・森林開発などと水資源開発が他と一体的に行われる多分野に渡るプロジェクトの場合には、環境管理庁が事業所管省と共同で評価委員会を設置・運営してきた。

しかし、今は、一定規模以上のプロジェクトについては、単独のプロジェクトであっても環境省と担当省が協同して関係地方政府及び学識経験者も含めた環境影響評価委員会を設置し、評価する仕組みとなっている。委員会の評価が中央の場で行われるか、地方の場で行われるかは計画の性格によって決められる。環境影響評価はマスタープランの段階から実施し、プロジェクトが具体化するにつれて評価内容も具体化されなければならない。また、評価過程では住民参加が義務付けられている。

例えば、近年施行された重要な環境関連法および規制には下記のものがある。

- i) GOVERNMENT REGULATION No. 27 OF 1999  
環境影響評価の全体に係る規定が項目ごとに記されている。
- ii) DECREE OF STATE MINISTER FOR THE ENVIRONMENT No. 2 of 2000  
この制令は AMDAL 文書評価のためのガイドラインについて規定している。具体的には、中央レベル、州レベルの AMDAL 評価委員会あるいはその技術チームが AMDAL 文書の評価する際の着目点について解説している。
- iii) DECREE OF HEAD OF ENVIRONMENTAL IMPACT MANAGEMENT AGENCY No. 08 OF 2000  
この制令は環境影響評価を行う際の住民参加と情報公開について規定している。
- iv) DECREE OF HEAD OF ENVIRONMENT IMPACT MANAGEMENT AGENCY No. 09 of 2000  
この制令は、環境影響評価調査の TOR 準備について規定している。ここでいう TOR とは、AMDAL 評価委員会等により同意された環境影響分析の範囲である。
- v) DECREE OF STATE MINISTER FOR THE ENVIRONMENT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA No. 40 OF 2000

環境影響評価における評価委員会の構成、職務、義務、手続き等について規定している。

- vi) DECREE OF STATE MINISTER FOR THE ENVIRONMENT OF THE REPUBLIC INDONESIA No. 41 OF 2000  
環境影響評価のための地域 / 地方政府の評価委員会設立ガイドラインである。評価委員会メンバー、施設の満たすべき要件、設立権限者、委員会の構成等について規定している。
- vii) DECREE OF STATE MINISTER FOR THE ENVIRONMENT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA No. 42 OF 2000  
環境影響評価における中央政府の評価委員会および技術チーム構成メンバーについて規定している。具体的には、その人のポストにより決められている。
- viii) DECREE OF STATE MINISTER FOR THE ENVIRONMENT No. 17 OF 2001  
環境影響評価の必要な事業種類および事業規模について規定している。

## 2) EIA の適用事業

ダム・河川整備等の地域インフラストラクチャーセクター関連事業のうち、環境影響評価が必要とされるものは下記のとおりである。

事業種類	規 模
ダムあるいは貯水池の建設	ダム高 $\geq$ 15m あるいは 停滞水域の広さ $\geq$ 200ha
河川整備と高水敷整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大都市 長さ <math>\geq</math> 5 km あるいは浚渫量 500,000m<sup>3</sup></li> <li>・ 中規模都市 長さ <math>\geq</math> 10 km あるいは浚渫量 500,000m<sup>3</sup></li> <li>・ 地方 長さ <math>\geq</math> 15 km あるいは浚渫量 500,000m<sup>3</sup></li> </ul>

## 3) 国際条約

インドネシア国は環境に関する下記の国際条約に署名、あるいは批准している。

- i) 生物多様性条約、
- ii) 気候変動枠組条約、
- iii) オゾン層保護のためのウィーン条約
- iv) 京都議定書
- v) 絶滅危惧種に関する動植物の国際取引に関する条約
- vi) ラムサール条約:特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約
- vii) 国連海洋法条約
- viii) MARPOL 条約

- ix) 海洋生物保全条約
- x) 有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約
- xi) 砂漠化防止条約
- xii) 熱帯木材協定 1983 (Tropical Timber 83)
- xiii) 熱帯木材協定 1984 (Tropical Timber 84)
- xiv) 部分的核実験禁止条約
- xv) 船舶による環境汚染防止

#### (4) 環境予備調査結果

##### 1) プロジェクト概要および立地環境

JICA 環境社会配慮ガイドライン(案) (2003年12月)が現在 JICA ホームページ上で公開されている。同ガイドラインは2004年4月から施行される予定である。そのため、本事前調査では、できるだけ同ガイドラインを遵守しつつ、既往の開発調査環境配慮ガイドライン「XVI. ダム建設」および「V. 河川・砂防」(1994年1月)も参考にして、スクリーニングおよび予備的スコーピングを行った。

予定されている本格調査は、対象地域においてウオノギリ多目的ダムの貯水池機能を維持することを目的として、取水口付近の堆砂対策、貯水池全体の堆砂対策、流域保全対策の検討を行い、マスタープランを作成し、優先プロジェクトについてそのフィジビリティスタディを行うものであり、「技術提案」の色彩の強いものである。そのため、現段階で将来提案実施される開発プロジェクトをある程度予想することは可能である。そこで、この本格調査のスクリーニングおよび予備的スコーピングを行うにあたっては、次のような提案される可能性のある開発プロジェクトを想定した。

- ・ 取水口付近の堆砂の下流への排砂
- ・ バイパストンネルの新設および下流への排砂
- ・ 排砂トンネルの新設およびインド洋への排砂
- ・ ダム堆砂の下流へのフラッシング
- ・ ダム嵩上げ
- ・ 砂防ダム、チェックダムの新設
- ・ 土木の土壌侵食対策

この想定に基づいて作成したプロジェクト概要、およびプロジェクト立地環境を表 3-4-1 および表 3-4-2 に示した。

##### 2) スクリーニングおよび予備的スコーピング結果

###### a) スクリーニング結果

スクリーニングの結果を表 3-4-3 に示す。この結果より、前日の開発プロジェクトが実施された場合、影響を受ける環境項目および影響を受けるかもしれない環

境項目が存在する。そのため、本格調査においては、初期影響環境調査を行うものとする。

#### b) 予備的スコーピング結果

予備的スコーピングの結果を表 3-4-4 に示す。この結果より、インパクトを受ける可能性のある環境項目のうち、重要と考えられるものは下記のとおりである。

- 住民移転
- 陸上交通への影響
- 観光等
- 廃棄物・排泄物の増加
- 斜面崩壊
- 下流河道への影響
- 底質組成変化
- 騒音・振動の発生
- 住民間の軋轢
- 水産業への影響
- 水域関連の疾病等の発生
- 工事中の衛生環境の悪化
- 背水領域堆砂
- 流況変化
- 排気ガス・悪臭物質の発生

#### 3) 本格調査における環境社会配慮

事前調査の結果、本格調査のマスタープランによって提言されるプロジェクトや優先プロジェクトの選定結果によっては、多種にわたる環境インパクトが発生する可能性がある。懸念される環境項目の多くは、重大な影響を受けるとは考えにくい状況である。また、先に記したインドネシア国における「EIA の適用事業」によれば、提案される可能性のあるプロジェクトのうち EIA の適用が必要な事業は浚渫程度と想定される。排砂トンネルに相当するものは適用事業中には見当たらない。カウンターパート機関である居住地域インフラ省水資源総局も、現状では、選定されるプロジェクトにより重大なインパクトが生じるとは想定していない。(巻末資料:「水資源総局によるスクリーニング結果」参照)

しかし、例えば下流への排砂対策が採用された場合、

- その影響はプロジェクトの外にまで及ぶこと、
- その影響は不可逆的であることから、

本格調査においては、環境社会配慮を段階的に行い、本格調査を進める過程で情報を収集し、マスタープランを策定して行く過程で、必要に応じて見直すことを提案する。したがって、現時点では、本格調査においては、提言するプロジェクトの内容を考慮しつつ初期環境調査を実施することとした。

また、フィジビリティスタディの段階では、調査対象となる対策プロジェクトの内容



およびインドネシア国の環境影響評価の規定、事業実施段階において想定されるドナーの環境配慮ガイドライン等を考慮しつつ、必要に応じて環境影響評価（EIA）を実施するものとする。

事前調査時点で重要とみなされた環境項目およびその根拠・理由に以下に挙げる。

**a) 住民移転**

堆砂対策としてダムの高上げが提案された場合、住民移転が生じる可能性がある。1 m ~ 2 m 程度の高上げでは、水没地域は現況ダム用地内で済むと想定されるが、グリーンベルトや周回道路用地取得の際に若干の住民移転が生じると考えられる。

**b) 住民間の軋轢**

上記により住民移転が生じた場合、既にウオノギリ多目的ダム上流域は開発が進んでいるため、新たな開発用地を確保することは難しく、確保できたとしても条件は決して良くないものと思われる。そのため、移転数にもよるが、上記の住民移転が同じ流域内で行われた場合には、移転先での十民間の軋轢の発生が想定されるため、これらの事項への配慮が必要である。

**c) 陸上交通への影響**

堆砂対策としてダム高上げが提案された場合、ダム周回道路・橋梁の付け替えが必要となる可能性が高い。これらは地域の主要幹線道路施設のため、陸上交通への影響が考えられ、工事中には、地域の交通に支障を来たさないよう、配慮が必要である。

**d) 水産業への影響**

貯水池内では、魚の養殖が行われている。提案される堆砂対策によっては濁度の増加が考えられ、魚の食欲の低下が懸念される。また、下流での漁業は多くは無いと想定されるが、排砂対策が提案された場合には、配慮が必要である。

**e) 観光等**

工事中は、一時的な景観の悪化等の影響が考えられる。

**f) 水域関連の疾病等の発生**

取水口でのスクリーン粕の発生が挙げられる。衛生的に処理する必要がある。

**g) 廃棄物・排泄物の増加**

工事の実施に伴い、一般的に廃棄物の発生が予想されるため、衛生的に処理する必要がある。

**h) 工事中の衛生環境の悪化**

工事の実施に伴い、一般的に衛生環境の悪化が予想されるため、そのための配慮が必要である。

**i) 斜面崩壊**

ダムの嵩上げが提案された場合、貯水位の上昇に伴い滑りへの抵抗力が低下し、貯水池周辺斜面の崩壊が懸念されるため、その検討および対策が必要である。

**j) 背水領域堆砂**

ダムの嵩上げが提案された場合、背水領域の拡大に伴う堆砂域の拡大が想定される。大きなインパクトではないと考えられるが、一応これが周辺環境に与える影響の検討が必要である。

**k) 下流河道への影響**

下流への排砂、工事实施時等による懸濁物(SS)の増加により、取水施設の埋没、水域生態系に影響が生じる可能性がある。特に排砂源である貯水池内堆砂については汚染物質について分析し、必要に応じて汚染を拡散させないように配慮する。これは不可逆的な影響のため、検討に際しては、十分な注意が必要である。

**l) 流況変化**

ダムの放水パターンが河川の流況、灌漑等の取水、景観、水産、水生生物などに影響しないよう配慮する必要がある。

**m) 底質組成変化**

提案される流域保全対策、堆砂対策によっては貯水池底質組成が変化する可能性がある。特に農薬を使用するような流域保全対策とダム排砂対策が併用される場合には、配慮が必要である。

**n) 排気ガス・悪臭物質の発生**

一般的に、工事車輛、浚渫機械等による発生が考えられるため、これらに対する配慮が必要である。

**o) 騒音・振動の発生**

一般的に、工事車輛、浚渫機械等による発生が考えられるため、これらに対する配慮が必要である。

表 3-4-1 プロジェクト概要

項目	内容
プロジェクト名	ウォノギリ多目的ダム貯水池堆砂対策計画調査
背景	<p>ウォノギリ多目的ダム(ダム面積90km<sup>2</sup>、集水域1,260km<sup>2</sup>、人口710千人)はジャワ島にあるソロ河流域(河川全長600km、流域面積16,100km<sup>2</sup>、人口17百万人)で唯一の大規模貯水池であり、洪水調節(40年対応)、灌漑用水供給(約30,000ha)、生活用水供給、発電(13,000kW)を目的とした多目的ダムである。同ダムは、1974年にOTCA(現JICA)によるマスタープランで提案され、最優先事業としてOECF(現JBIC)の資金協力で1982年に完成した。</p> <p>その後、ソロ河流域では日本の技術/資金協力で灌漑事業や河川改修事業が継続して実施され、経済的發展を続けてきた。貯水池上流域では、なだらかな丘陵地帯は言うに及ばず、標高3,265mを有するラウ山でさえ山頂近くまで開発が進み、貯水池上流域の80%以上の土地が開発されている。これに対して流域保全の試みも行われているが、目に見える効果をあげるまでには至っていない。この間、広範な地域からの土砂流出は予想をはるかに上回り、建設後20年余りでウォノギリ多目的ダム貯水池の利水容量は約64%程度まで減少している。また、特に取水口周辺部では堆砂が著しい。このまま土砂の堆積を放置すれば、治水・利水機能が著しく損なわれる可能性が指摘されている。</p> <p>これに対し、緊急的な措置として、2004年3月竣工を目途に日本の無償資金協力によって取水口周辺部の浚渫事業が実施されているが、これによる延命期間も5年とされており、同ダムの堆砂問題に対する抜本的な対策が必要とされている。</p>
目的	ウォノギリ多目的ダム堆砂問題に対する抜本的対策を確検討し、2020年为目标年次とする堆砂対策マスタープランを策定するとともに、優先プロジェクトに対してフィジビリティスタディを実施する。これにより、同ダムの機能を安定的に確保するためのプロジェクトの事業化を支援する。
位置	ウォノギリダム流域およびダム堆砂対策により影響を受ける下流域
実施機関	居住地域インフラ省 水資源総局
裨益人口	ソロ川上流部 5,940,000人(1998年)
計画諸元	
主要都市	ウォノギリ県、スコハルジョ市、スラカルタ市
主要産業	農業
主要産業インフラ	
主要インフラ	河川・砂防施設、発電施設、灌漑用水取水・移送施設
その他特記事項	取水口周辺部堆砂対策実証実験を含む。

注)記述は事前調査段階において分かる範囲とした。

表 3-4-2 プロジェクト立地環境

項目	内容	
プロジェクト名	ウォノギリ多目的ダム貯水池堆砂対策計画調査	
社会環境	地域住民 (居住者 / 先住民 / 計画に対する意識等)	地域住民は単一ジャワ民族からなるといってよいが、王朝系、政治色の違いなどで、文化的には細かく分かれているようである。また、農村を主体とする地方都市としては、人口密度が高く、裕福な地域とは言えない。
	経済活動 (工業 / 農林水産業 / 観光等)	流域の大半を占めるウォノギリ県の経済活動を見ると、2002年度の統計で、一次産業55%、二次産業10%、三次産業35%である。細かく見ると、農業の比率が47%と圧倒的に多い。
	交通・生活施設・土地利用 (輸送網 / 飲料水 / 都市等)	道路、灌漑水路網が発達している。河川水および地下水も含め、利用の大半を占めるのは灌漑用水である。土地利用は水田および畑が多い。
自然環境	地形・地質・景観 (山地 / 低湿地 / 土壌等)	ダム上流域の西方は、標高800m程度以下の丘陵地である。一方、東方には、標高3,265mのラウ山が聳え、富士山のような火山丘陵地地形を示す。クドウン川はこのラウ山を集水域としている。基盤を構成するのは、主に石灰岩・砂岩・頁岩である。これらの中には粗い火山性岩石が分布する。土壌はラテライト化した部分が多く見られる。
	湖沼・河川水系・海岸・気象 (水質・水量・降雨量等)	調査対象地域は熱帯モンスーン型気候であり、11月から4月が雨季、7月から10月にかけては乾季となる。年平均降雨量は約1,900mm、月平均気温は29度程度であり、季節による温度差は2度程度である。ソロ川は濁度が高い。また、スラカルタ市下流付近では、特に汚染がひどい。
	動植物・生息域 (希少動物 / マングローブ / 珊瑚礁等)	ダム上流域の8割以上が開発されており、自然はほとんど残っていない。しかし一部に、保護地区、動植物保護区等がある。「深刻な状態にある土地」(Critical land)はウォノギリ県では、26,742haに及ぶ。
公害	苦情の発生状況 (感心の高い公害等)	市街地直下流部の河川水質悪化、堆砂による河川内灌漑取水設備の埋没等が挙げられるが、詳細は不明である。
	対応の状況 (制度的な対策 / 補償等)	堆砂(土壌侵食)に対しては、世界銀行のプロジェクトに代表される流域保全の努力が行われているが、明確な効果はまだ得られていない。
その他特記すべき事項	陸水の水質環境基準は緩く、1,000mg/L程度である。多くの河川水の水質がもともと高いためと想定される。	

表 3-4-3 スクリーニング結果

環境項目		内 容	評 定	根拠等	
社会環境	住民生活	1 地域内人口分布の変化	有	ダム嵩上げの場合	
		2 住民移転	有	ダム嵩上げの場合	
		3 生活様式の変化	不明	環境変化の度合いによる	
		4 住民間の軋轢	有	移転の規模、移転先による	
		5 先住民・少数民族・遊牧民	無	ジャワ民族である	
	経済活動	6 農林業への影響	無	負の影響は考えられない	
		7 水産業への影響	有	高濃度濁水の発生	
		8 2次産業(鉱業、鉱山資源を含む)	不明	堆砂対策による	
		9 3次産業(観光等を含む)	有	工事期間中は可能性あり	
		10 所得格差の増大	不明	便益の偏り等による	
	コミュニケーション	11 地域分断(少数民族問題を含む)	無	特に考えられない	
	交通	12 陸上交通への影響	有	周辺道路、橋梁の付け替え	
		13 水上交通への影響	無	特に考えられない	
	水域とその利用	14 水利権・漁業権・山林入会権等	不明	放流量による	
	保健衛生	15 水域関連の疫病等の発生	有	スクリーン粕の発生	
		16 農薬使用量の増加、残留毒性の蓄積	不明	流域保全対策による	
		17 廃棄物・排泄物の増加	有	事業に伴う一般的予想	
		18 工事中の衛生環境の悪化	有	事業に伴う一般的予想	
	史跡・文化遺産等	19 史跡・文化遺産の損傷、破壊	不明	「千の山」と呼ばれる文化遺産について要調査	
20 貴重な景観の喪失、悪化		無	対象景観なし		
自然環境	地圏	地象	21 誘発地震等への影響	無	特に考えられない
			22 斜面崩壊	有	貯水位の上昇
		地形	23 背水領域堆砂	有	貯水位の上昇
			24 下流河道等への影響	有	取水堰等への影響
			25 土壌浸食	無	負の影響は考えられない
		地質	26 土壌塩類化	不明	可溶性塩類土壌の有無
			27 土壌汚染	不明	堆砂の含有物質および堆砂対策による
	28 流域変更		不明	堆砂対策による	
	水圏	水象	29 地下水への影響	有	バイパストンネルへの湧水
			30 流況変化	有	ダム放流との関係
			31 水温変化	不明	貯水池内冷水の存在の有無
		水質	32 富栄養化	無	特に考えられない
			33 汚水	無	特に考えられない
			34 底質組成変化	有	流域保全・堆砂対策による
	生物圏	35 貴重種・固有動植物への影響	不明	貴重種・固有種の存在	
	気圏	36 大気汚染	不明	排砂方法による	
		37 排気ガス・悪臭物質の発生	有	工用車輻による発生	
		38 騒音・振動の発生	有	工用車輻による発生	
総合評価: IEEあるいはEIAの実施が必要となる開発プロジェクトか。			要	影響有り、又は、プロジェクトの確定内容によっては影響ありの項目があるので、マスタープランの段階でIEEを必要とする。フィージビリティ調査の段階でEIAを必要とする。	

表 3-4-4 予備的スコーピング結果

環境項目		評 定	根拠	
社会環境	1	地域内人口分布の変化	B	ダム嵩上げの場合の住民移転
	2	住民移転	A	ダム嵩上げの場合の住民移転(小規模)
	3	生活様式の変化	C	対策による環境変化の度合いによる
	4	住民間の軋轢	B	ダム嵩上げの場合の住民移転
	5	先住民・少数民族・遊牧民	D	単一民族である
	6	農林業への影響	D	負の影響は考えられない
	7	水産業への影響	B	排砂対策による高濃度濁水の発生
	8	2次産業(鉱業、鉱山資源を含む)	C	堆砂の処理方法による
	9	3次産業(観光等を含む)	B	工事期間中は可能性あり
	10	所得格差の増大	C	地域の便益の偏りにより生じる可能性あり
	11	地域分断(少数民族問題を含む)	D	特に考えられない
	12	陸上交通への影響	A	ダム周辺道路、橋梁の付け替え
	13	水上交通への影響	D	特に考えられない
	14	水利権・漁業権・山林入会権等	C	設定されるダム放流パターンによる
	15	水域関連の疫病等の発生	B	スクリーン粕の発生。処理方法によってはインパクトが見込まれる
	16	農薬使用量の増加、残留毒性の蓄積	C	流域保全対策によってはインパクトが見込まれる
	17	廃棄物・排泄物の増加	B	事業に伴う一般予想
	18	工事中の衛生環境の悪化	B	事業に伴う一般予想
	19	史跡・文化遺産の損傷、破壊	C	「千の山」と呼ばれる文化遺産について要調査
	20	貴重な景観の喪失、悪化	D	大規模造成なし
自然環境	21	誘発地震等への影響	D	特に考えられない
	22	斜面崩壊	B	貯水位の上昇による貯水池周辺斜面の崩壊の可能
	23	背水領域堆砂	B	貯水位の上昇による背水範囲の拡大
	24	下流河道への影響	A	取水堰、漁業等への影響
	25	土壌浸食	D	負の影響は考えられない
	26	土壌塩類化	C	可溶性塩類土壌の有無による
	27	土壌汚染	C	堆砂の含有物質および採用される堆砂対策による
	28	流域変更	C	堆砂対策によってはインパクトが考えられる
	29	地下水への影響	C	パイパストネルへの湧水による地下水位低下
	30	流況変化	A	ダムの放流パターンによる
	31	水温変化	C	貯水池内の冷水の存在および放流量による
	32	富栄養化	D	特に考えられない
	33	汚水	D	特に考えられない
	34	底質組成変化	B	流域保全対策あるいは堆砂対策による
	35	貴重種・固有動植物への影響	C	貴重種等の存在は不明。ほとんど影響は考えられな
	36	大気汚染	C	排砂対策、堆砂対策による
	37	排気ガス・悪臭物質の発生	B	工事車輛、浚渫機械等による発生が考えられる
	38	騒音・振動の発生	B	工事車輛、浚渫機械等による発生が考えられる

(注) 評定の区分

- A: 重大なインパクトが見込まれる。
- B: 多少のインパクトが見込まれる。
- C: 不明(検討する必要は有り。調査が進むにつれて明らかになる場合もあり、十分に考慮にいれておくものとする。)
- D: ほとんどインパクトは考えられないためIEEあるいはEIAの対象としない。

## (5) 参 考

「ウオノギリ多目的ダムの取水口周辺の緊急堆砂排除プロジェクト」の実施に先立ち、環境影響評価が行われている。実際に影響評価を行ったのは、スラカルタ大学研究所環境調査センターであり、2002年5月に報告書が作成されている。

このEIAは、今回予定されている調査内容とも関連が深く、関連法規やウオノギリ多目的ダム周辺の環境についても整理されているため、環境影響評価を行うに当たっては、参考とする必要がある。また、環境影響評価を行える調査地周辺の組織としてはスラカルタ大学、ガジャマダ大学が挙げられる。

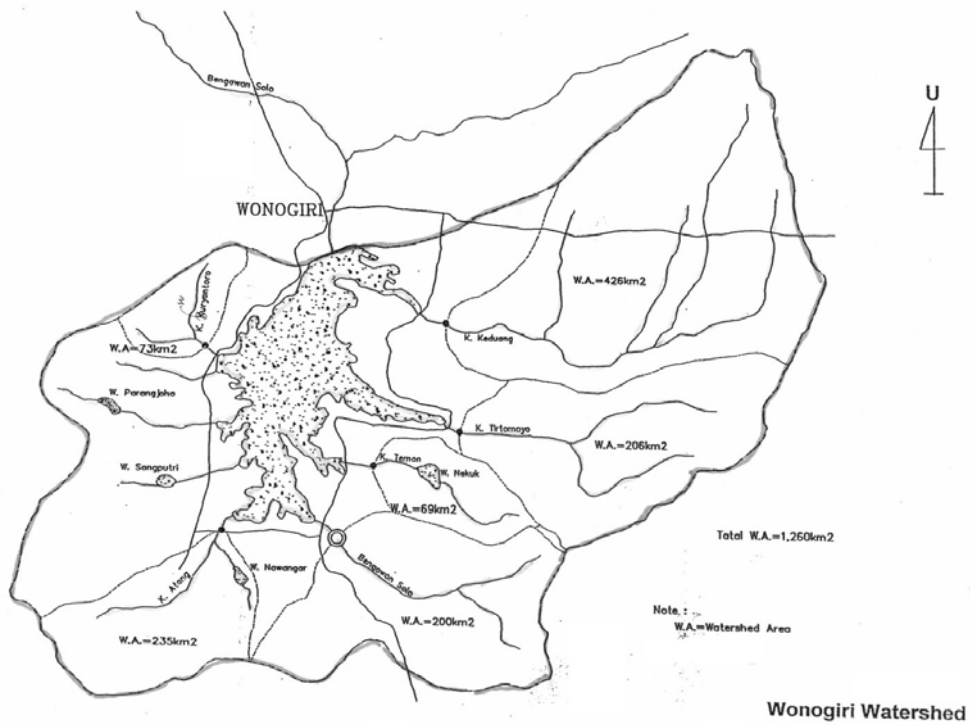


図 3-1-1 ウオノギリ多目的ダム流域概要図

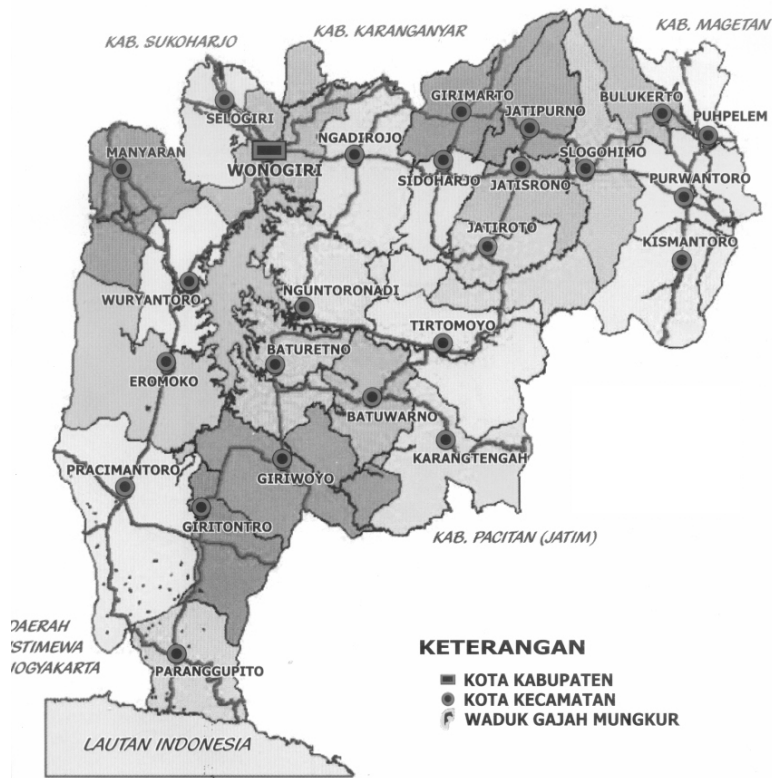


図 3-1-2 ウオノギリ県 Kechamatan 行政界図



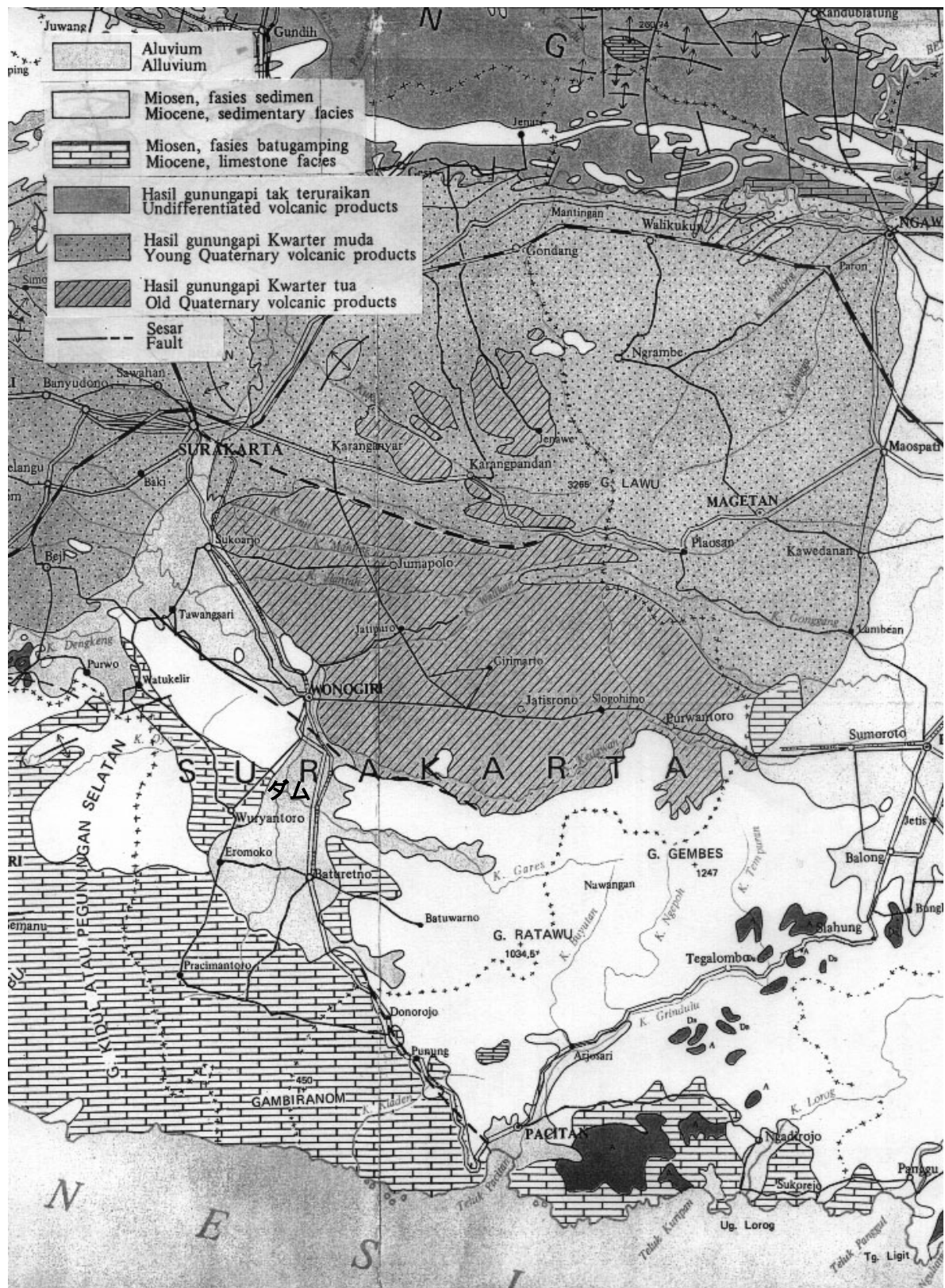


图 3-1-3 調查地周边地質図