

## 第2部 フィージビリティ調査

### 12. 概要、調査対象地域

2006年7月19日に開催されたステアリング・コミッティにおいて、ウォノギリ貯水池堆砂対策マスタープランがインドネシア政府と JICA 調査団の間で合意された。また、マスタープランで提案された緊急対策事業が優先事業として選定され、本調査フェーズ 2 で優先事業のフィージビリティ調査を実施することも合意された。選定された優先事業は以下のとおりである。

- 1) 新設ゲート付貯砂ダムの建設
- 2) クドワン川流域の流域保全事業
- 3) 維持管理浚渫用の浚渫船の調達

フィージビリティ調査は、2006年7月から2007年2月までの8ヶ月間に亘って実施された。その間に 1) 貯砂ダム建設地点の地形測量、2) 地質調査、室内試験、3) クドワン川流域の土地利用の精査、及び 4) 事業の環境影響評価が実施された。

フィージビリティ調査対象地域は、下記の通りである。

- 1) ウォノギリ多目的ダム貯水池（貯水池面積 90 km<sup>2</sup>）
- 2) クドワン川流域（流域面積 421 km<sup>2</sup>）
- 3) ウォノギリ多目的ダムからマディウン川合流点に至る間のソロ川

### 13. フィージビリティ調査対象地域の現況

#### 13.1 社会経済状況

##### (1) 概況

フィージビリティ調査の対象地域はクドワン川流域で、計 98 村、約 42,000 ha の流域面積を有する。このうち、82 村、36,900 ha がクドワン川流域保全事業対象地域（以降、流域保全対象地域と記述する。）として選定された。本節では、流域保全対象地域として選定された 82 村の現況の社会経済状況を概括する。

##### (2) 人口

流域保全対象地域は、中部ジャワ州のウォノギリ県に位置し、9 Kecamatan（郡）、82 村、517 Dusun（小部落）で構成されている。2004 年の総人口は 306,522 人である。2003 年から 2004 年の人口増加率は 1.26% である。人口密度は 817 人/km<sup>2</sup> で中部ジャワ州に比べ高い。流域保全対象地域から、多くの労働者が出稼ぎに出ており、ウォノギリ県の出稼ぎ労働者数の約 30% を占めている。出稼ぎ先は主にジャカルタ、スラバヤ、スラカルタ市である。

##### (3) 経済構造

2004 年時点で、流域保全対象地域の農業セクターは流域の総 GRDP の 52% を占め、全雇用の 49% を生み出している。流域保全対象地域の GRDP/人は 2.36 百万ルピア/年/人あるいは 6,500 ルピア（0.7 ドル）/日/人で、ウォノギリ県の平均値 2.6 百万ルピア/年/人を若干下回る。20 歳以上の労働者数は、約 183,000 人で流域保全対象地域の約 61.8% を占める。

##### (4) 社会構成

流域保全対象地域住民の約 98% がイスラム教徒で、次いで 1.4% がキリスト教徒（カトリック/プロテスタント）、0.4% が仏教徒である。対象地域住民の 55% が初等教

育を受け、15%が中等教育卒業生、11%が高等教育・大学卒業生である。流域保全対象地域の医療体制は十分な状態ではなく、一診療所当たりの患者数は50,200人、患者100人当たりの医者数は3.7人である。ウォノギリ県地方政府の分類基準によれば、同県の50%以上の住民が貧困層と評価されている。対象地域の道路網はよく整備されており、農業生産物の流通に関する支障はない。流域保全対象地域の飲料水の水源は、湧水(40%)、河川水(16%)、地方給水公社(5%)、ポンプ付井戸(5%)、水道(2%)となっている。

### 13.2 地形・土壌

流域保全対象地域の土壌は、Mediterranean（地中海土壌）44%、Latosol（ラテライト性土壌）34%、Litosol（岩屑土壌）23%で構成されている。

流域保全対象地域では、ラウ山の山麓を流下する多くの小河川が山麓を深く開析し、溪谷が形成され、急峻地が多い。調査対象面積の53%が傾斜度8%以上となっている。

### 13.3 土地利用

マスタープラン調査時に構築した土地利用データの精度向上を図るため、本フィールド調査において現地踏査による詳細土地利用調査を実施し、クドワン川流域の土地利用データをアップデートした。

ウォノギリダム流域並びにクドワン川流域の土地利用の比較を下表に示す。クドワン川流域では、ウォノギリダム流域に比べ村落や水田の面積占有率が高く畑地の面積占有率は小さいが、クドワン川流域からの土壌浸食は他のダム流入河川流域の中で最大である。

表 27 クドワン川流域及びウォノギリダム流域の現況土地利用の比較

土地利用地目	クドワン川流域		ウォノギリダム流域	
	面積 (ha)	比率 (%)	面積 (ha)	比率 (%)
(1) 水田	13,042	31	30,495	25
(2) 畑地	8,491	20	39,761	32
(3) 村落	11,064	26	26,764	22
- 村落内畑地	(7,250)	(17)	(19,475)	(16)
- 村落敷地	(3,814)	(9)	(7,289)	(6)
(4) 果樹・プランテーション	3,707	9	12,867	10
(5) 森林	213	-	281	-
(6) 森林公団地 *	5,027	12	12,779	10
- 森林	(201)	(-)	(385)	(-)
- 他の利用(植林過程の小 木や畑地)	(4,826)	(12)	(12,394)	(10)
(7) その他(湖、道路、河川 等)	337	1	1,384	1
合計	41,883**	100	124,331	100

\*: 森林並びに畑地状態の土地利用を含む

\*\* : MP 調査と FS 調査の差異は GIS の計算誤差によるもの推定される。

出典 : JICA 調査団

クドワン川流域の畑地は、大部分がベンチテラスの畑地(約70%)であるが、リップ、集水路・落差工、法面等が劣化している。また、リッジテラスが限定された範囲に分布し、残りがテラス無しの畑地である。畑地の土壌浸食が、ウォノギリ貯水池堆砂の最大の生産源となっている。畑地の主要作物はメイズ、キャッサバ、豆類で、その収量は季節毎の降雨量に依存している。

村落内に分布する土地は、敷地と畑地に区分される。敷地は樹木果樹等が植えられ、農家の貴重な収入源となっている。村落内に分布する畑地では、メイズ、キャッサ

バ等の畑作物が作付けられているが、十分なテラス工が整備されていない。この村落内畑地からの土壌浸食が、貯水池堆砂の主要な生産源となっている。

### 13.4 クドワン川流域の土壌浸食量の推定

マスタープラン調査時と同様に、土壌浸食モデルとして USLE 式を利用して、クドワン川流域の年平均流亡土量を算定した。その結果、クドワン川流域の年平均流亡土量は 4.79 百万トン/年と推定される。

### 13.5 新設ゲート付貯砂ダム建設地点の地質状況

#### (1) 新設ゲート、新設洪水吐

2006 年 9 月から 12 月にかけて、新設ゲート付貯砂ダム建設予定地点において、計 9 本のボーリング調査を含む地質調査を実施した。

新設ゲート、新設洪水吐建設地点の地質縦断図を図 29 に示す。新設ゲートの基礎部は、比較的堅硬な CL 級の凝灰角礫岩が分布している。新設洪水吐建設地点は火山性礫凝灰岩、火山性角礫岩、砂質凝灰岩、凝灰角礫岩が層理をなし、比較的やわらかい砂質凝灰岩が凝灰角礫岩の間に挟存している。地表から 2.5～8.0 m の深度に N 値が 50 以上の堅硬な地層が分布し、洪水吐の基礎岩盤に十分適するものと判断される。

#### (2) 締切堤

締切堤建設地点の地質縦断図を図 30 に示す。締切堤建設地点は、凝灰角礫岩層で構成されたクドワン川の元河床上に、非常に軟弱な貯水池堆砂が厚い堆積層を構成しており、その最大厚は約 21 m である。堆積層の主成分は粘土で、N 値は 1 以下である。堆積層の下に分布する凝灰角礫岩は、N 値が 50 以上で十分な強度を有しており、締切堤の基礎岩盤に適するものと判断される。

#### (3) 越流堤

越流堤建設地点は、ダム正面の半島部に位置し、火山性角礫岩、凝灰角礫岩、凝灰岩、砂質凝灰岩が層理をなしている。植生ゴミ等の残渣を含む表層土を除去すれば、当地点の岩盤は N 値が 50 以上で十分な強度を有しており、越流堤の基礎岩盤に適するものと判断される。

## 14. 新設ゲート付貯砂ダムの運用操作に関する検討

### 14.1 新設ゲート付貯砂ダムの計画洪水処理能力の照査

新設ゲート付貯砂ダム案の洪水調整機能を確認することを目的として、貯砂ダムならびに本貯水池の両貯水池の連動を考慮した水位変動計算を実施した。対象洪水は、計画高水流量、設計洪水量、異常洪水流量 (PMF) とした。

洪水流入時の貯水池安全性の観点から、できる限り貯砂ダムと本貯水池の二つの貯水池の水位差を小さくすることが望ましい。検討の結果、以下の結論が得られた。

- 1) 越流堤 (越流部標高は常時満水位 El.136.0 m に設定) の幅は、洪水流入時の両貯水池の水位差を小さくすること並びに経済性の比較の結果、250 m とする。
- 2) 計画高水流量 4,000 m<sup>3</sup>/s 以下の洪水は越流堤のみから分流させ、締切堤 (越流部標高は設計洪水位 El.138.3 m に設定) は越水させない。
- 3) 新設洪水吐の設計放流量は、計画高水流量 4,000 m<sup>3</sup>/s に対し 400 m<sup>3</sup>/s、設計洪水量 5,100 m<sup>3</sup>/s に対し 1,140 m<sup>3</sup>/s、PMF 9,600 m<sup>3</sup>/s に対し 1,270 m<sup>3</sup>/s となる。
- 4) PMF 流入時の貯水池水位は、貯砂ダム、本貯水池の両貯水池ともに異常洪水位

El.139.1m を下回る。PMF に対しダム越水に対する余裕高を確保しており、新設ゲート付貯砂ダム建設後もウォノギリ貯水池は越水に対し所要の安全性を確保している。

## 14.2 ウォノギリダム下流河川の濁度解析

新設ゲート付貯砂ダム建設後は、貯砂ダムの土砂フラッシングとスルーシング運用により、高濃度の濁水がダム下流河川に放流されることが予想される。ダム排砂時の下流河川への環境影響を最小化する効果的な排砂運用操作を検討することを目的として、ウォノギリダム下流河川の濁度解析を実施した。既往の豊水年（1998/1999）を対象としたダム下流河川の濁度解析結果を図 31 に示す。検討の結果、以下の結論が得られた。

- 1) ウォノギリダム直下流からチョロ堰間のソロ川では、河川の濁度はウォノギリダムの放流水の濁度が支配的となる。現況でも高濃度の濁水が、雨期の初期にダム下流河川にダムから放流される場合がある。将来排砂運用後の濁度のピーク値は、現況のソロ川で観測されている濁度のピーク値とほぼ同レベルとなる。
- 2) ジュルク橋（ダム下流 52 km 地点）とタンゲン橋（ダム下流 97 km 地点）間のソロ川では、支川流入量が少ない場合、河川の濁度はウォノギリダムの排砂放流に強く影響を受ける。このような場合、同区間では排砂運用時の濁度のピーク値が現況に比べ上昇する可能性がある。
- 3) ダム下流河川の濁度影響を評価する一指標であるストレス・インデックス（ $SI = \log_e(\text{排砂濃度(ppm)} \times \text{継続時間(hr)})$ ）を使用して、ジュルク橋、タンゲン橋両地点の排砂影響を評価した。濁度解析により推定した排砂運用後のこれらの 2 地点の SI の月別最大値は、同解析で得られた過去 15 年間（1990 - 2004）における現況河川の SI の月別最大値を若干下回る結果が得られた。このため、排砂運用後も、ダム下流河川環境に対し重大な影響はないものと判断された。

## 14.3 貯水池水位低下速度の検討

貯水池ダム排砂シミュレーションの結果、貯砂ダムの排砂放流時に水位低下速度が最大約 8 m/日となり、貯砂ダム水位が急激に低下することが示された。通常、貯水池の急低下は貯水池周縁の地すべりを誘発し、残留水圧により堤体の安全性を低下させることになる。ウォノギリ貯水池周縁には地すべりがなく、また貯砂ダム内の水位変動の影響を受ける既設副ダム上流法面上は既に土砂が堆積しており、貯水池水位の急低下による影響は小さいものと判断された。

また、貯砂ダムの水位低下速度を抑制するケーススタディとしてダム計画放流量を 400 m<sup>3</sup>/s から 100 m<sup>3</sup>/s に絞ったケースの検討を行った。結果、対策工の排砂効果を大きく損なわずに貯砂ダムの水位低下速度を 8 m/日から 3 m/日程度まで緩やかにできることが確認された。また、排砂濃度は貯水池の低下速度には依存せず、そのピークは貯砂ダムが空になった時点で生じることが確認された。

# 15. 新設ゲート付貯砂ダムのフィージビリティ設計

## 15.1 設計条件、設計基準

フィージビリティ設計は、マスタープラン調査において優先プロジェクトとして選定された本貯水池とクドアン川を分離し、クドアン川からの土砂を捕捉・制御する新設ゲート付貯砂ダム案を対象として実施した。この方式の利点は、i) 発電用の取水口に集積していたクドアン川からの土砂及びゴミの大部分を貯砂ダム内で排除できること、ii) 本貯水池の水位を下げることなくクドアン川の貯砂ダム単独で土砂排出のための排砂操作ができ利水に対する影響が小さいことである。また、iii) 施設

の大部分が PBS の所有地内に収まることから、社会環境への影響は大きく軽減される。

この貯砂ダム方式における主な構造物は、本貯水池からクドアン川を設計洪水水位 (EL.138.3 m) まで分離する締切堤、常時満水位 EL.136.0 m から設計洪水水位までの貯水池間の流水の移動をコントロールする越流堤、貯砂ダムの土砂排出と洪水調節機能を有する新設洪水吐より構成されている。貯砂ダム方式による施設計画図を図 32~図 35 に示す。また、設計条件を表 28、構造物及び数量を表 29 に示す。

表 28 設計条件

施設	項目	設計条件
(1)新設洪水吐	呑口敷高	EL.127.0 m (設計堆砂位)
	設計流量	Q=1,270 m <sup>3</sup> /s
	設計水位	EL.139.1 m
(2)締切堤	天端標高	EL.138.3 m (サーチャージ水位)
	基礎標高	EL.127.0 m (設計堆砂位)
	天端幅	W=10.0 m
(3)越流堤	天端標高	EL.136.0 m (乾期常時満水位)
	設計流量	Q=550 m <sup>3</sup> /s クドワン川貯水池水位 138.1 m 本貯水池水位 137.8 m.

出典：JICA 調査団

表 29 主要施設及び数量

施設	項目	数量
(1)新設洪水吐	形式	正面越流型
	ゲート	ラジアルゲート (170 トン) 幅 7.5 m×高 12.6 m×2 門
	洪水吐長	708.79 m
	導流部	162.55 m
	シュート部	452.24 m
	減勢工	94.00 m
	洪水吐幅	15.00 m
	コンクリート	93,320 m <sup>3</sup>
	掘削	389,240 m <sup>3</sup>
	埋戻し	134,970 m <sup>3</sup>
(2)締切堤	形式	土堤防 (W-ウォール鋼矢板付)
	堤頂長	658 m
	堤高	11.3 m
	築堤土量	167,800 m <sup>3</sup>
	W-ウォール鋼矢板	4,450 t
(3)越流堤	形式	コンクリート固定堰
	堰長	250 m
	堰高	2.0 m
	掘削土量	29,750 m <sup>3</sup>
	コンクリート	11,000 m <sup>3</sup>
	築堤土量	61,600 m <sup>2</sup>

出典：JICA 調査団

## 15.2 新設ゲート、新設洪水吐

新設洪水吐は貯砂ダムの土砂排出と洪水調節機能を有する。PMF 流入時の新設洪水吐きの設計流量は 1,270 m<sup>3</sup>/s である。洪水吐きの総延長は 715 m でウォノギリダム堤

体右岸部に建設する。流入部は正面越流型で、越流部標高は設計堆砂位 El.127.0 m に設定した。流入部には既設洪水吐きと同様のラジアルゲート（幅 7.5 m x 2 門）を設置する。導流水路は水路幅 15 m で、水路勾配は地形条件から 1/108 に設定した。減勢方式は既設洪水吐きと同様にスキージャンプ式を採用した。

### 15.3 締切堤

締切堤は本貯水池からクドアン川を設計洪水位（El.138.3 m）まで分離する構造物である。堤防形式は土堤防を採用し、新設洪水吐きの掘削土を締切堤法面の盛土材料として転用する。また、堤体本体構造は 2 重鋼矢板構造とし、耐越水構造とした。締切堤の総延長は 660 m で、天端幅は 10 m である

### 15.4 越流堤

越流堤は乾季の常時満水位 El.136.0 m から設計洪水位 El.138.3 m までの貯砂ダム - 本貯水池間の流水の移動をコントロールする構造物である。越流部の構造型式はコンクリート型固定堰で、双方向からの越流を考慮した構造を採用した。越流部の天端標高は El.136.0 m、幅は 250 m である。

越流堤の端部に、標高 El.132.0 m までの貯砂ダムの貯水を本貯水池に転流できるよう接続水路を設置した。

## 16. クドワン川流域保全計画

### 16.1 基本構想

クドワン川流域保全計画は、マスタープランで策定されたウォノギリダム全流域の流域保全計画の基本構想とアプローチに基づいて策定された。

基本構想およびアプローチは、下記の 3 点を考慮して策定した。

- 1) 水・土壌保全の観点から、ベンチテラスの造成・改善と関係構造物の改善（集水路）、植生によるベンチテラス・リップの機能強化を図る。
- 2) 農業生産と農業を基礎とした土壌保全の観点から、土壌・農業の改良技術及びアグロフォレストリイを導入する。
- 3) 社会組織的なアプローチの観点から、コミュニティを基盤とした住民参加による流域保全開発を導入し、また全ての事業活動の透明性を確保するため村落レベルで開発委員会（implementation committee）を創設し、また参加住民に対する動機付けの目的で適切なインセンティブを配慮する。

### 16.2 流域保全計画の策定

#### (1) 流域保全対象地域

フィージビリティ調査で実施した、現況土地利用状況、テラス整備状況確認調査結果に基づいて、前述の 9.2 (2) 項に示したマスタープランで適応した手法を使用し、クドワン川流域の流域保全対象地区を選定した。流域保全計画対象地区は、82 村を対象とする 11,120 ha である。

#### (2) 流域保全計画

クドワン川流域保全計画は、基本的にマスタープランで策定されたウォノギリダム全流域の流域保全計画で適用された手法に基づいて策定された。流域保全は以下の 3 対策から構成されている。

対策(1): ベンチテラス構築と植生手段による水・土壌保全

- i) ベンチテラスの造成と改善
- ii) 集水路と落差工の改善
- iii) 村落内のサイドディッチの改善
- iv) 植生によるテラス法面・リップ強化
- v) 村落敷地縁での低木植生による強化

対策(2): 土壌・農業改良技術とアグロフォレストリイの導入

- i) 土壌・農業の改良技術及び果樹・樹木によるベンチテラスへのアグロフォレストリイの導入

対策(3): 流域保全のための支援プログラム

- i) 村落評価、土壌保全のための村落アクション計画、開発委員会の設立、村落無償基金ガイダンス、教育等のコミュニティ開発支援プログラム
- ii) 農民・農民グループ啓発パッケージプログラム、保全の運営建設のパッケージ、フィールドスタッフの啓発プログラム等の土壌・水対策の支援プログラム
- iii) 技術開発プログラム、展示プログラム、果樹・樹木パイロット展示プログラム、農民・農民グループ訓練プログラム、耕種法支援プログラム、畑作物種子生産プログラム、普及活動のための後方業務強化等の土地管理・農業生産促進対策支援プログラム

(3) 工事数量と農民分担

クドワン川流域保全計画の総工事数量は下表の通りである。農民参加方式を導入し、切土・盛土、掘削、積石工事は、農民受益者が総工事量の 25%、政府が 75%を分担し、また、植生工事に関しては 50%づつ政府と受益者で分担する。必要建設資材・農業資材は、政府が 100%補助するものとする。

表 31 クドワン川流域保全対策の工事数量

工 種	単 位	工事数量 合計	工 種	単 位	工事数量 合計
		(1,000)			(1,000)
1. 土地造成 Land preparation			2. 側溝 (村落内敷地)		
1) テラス工			1) 側溝		
(1) 切土・盛土	m <sup>3</sup>	4,673	(1) 石材	m <sup>3</sup>	20
2) 集水路・落差工			(2) 掘削工	m <sup>3</sup>	29
(1) 石材	m <sup>3</sup>	44	(3) 石積工	m <sup>3</sup>	18
(2) 掘削工	m <sup>3</sup>	62	2) 生け垣用低木		
(3) 石積工	m <sup>3</sup>	40	(1) 生け垣用の低木	nr	4,467
3) リップ、法面被覆工			(2) 生け垣用低木の整備工	m <sup>2</sup>	558
(1) リップ被覆用草の種子	nr.	83,858	3. アグロフォレストリイ/畑作導入		
(2) リップ被覆用低木の種子	nr.	5,032	1) アグロフォレストリイ/畑作導入	Ls	1
(3) 法面被覆用草の種子	nr.	115,938	4. サポートプログラム		
(4) リップ被覆工	m	25,258	1) サポートプログラム	Ls	1
(5) 法面被覆工	m <sup>2</sup>	23,188			

出典：JICA 調査団

(4) 流域保全事業で期待される貯水池流入土砂量軽減効果

貯水池流入土砂量は、マスタープランと同様に USLE 式を適用して推定した。現況および流域保全事業実施後のクドワン川流域全体の年平均流亡土量は、表 32 の通り

である。

年平均流亡土量は、現況の約 4,778,000 トンから計画実施後 2,973,000 トンになり、結果として現況の年平均流亡土量 38%が計画によって軽減されることが期待される。

表 32 クドワン川流域保全事業で期待される年平均流亡土砂量の地目別軽減量

地 目	年平均流亡土量 (1,000 トン)		軽減年平均年平均 流亡土量 (1,000 トン)
	現況	流域保全事業実施 後	
(1)水田	11	11	0
(2)村落			
(i) 村落敷地	957	849	108
(ii) 村落内畑地	1,698	803	895
(3)畑地	1,465	751	714
(4)果樹・プランテーション	363	363	0
(5)森林	11	11	0
(6)森林公団地			
(i) 森林	5	5	0
(ii) 他の利用（植林過程の小 木や畑地）	264	176*	88
(7)その他（湖、道路、河川等）	4	4	0
注 合 計	4,778	2,973	1,805

注 1: フィールドリサーチ調査では、外ワツ川流域の土地利用の精査を実施した。このため、マスタープラン時に比べ、土地利用情報の精度が向上しており、本表中の外ワツ川流域の現況・流域保全事業実施後の各流亡土砂量は表 21 とは異なる。

注 2: \*: 森林公団の他の利用地からの年平均流亡土量は、植林過程に発生する害虫被害やその他のリスクを考慮し、将来、森林公団の他の利用地の 90%が森林地になるものと仮定した。

出典：JICA 調査団

## 17. 環境影響評価（EIA）

環境影響評価（EIA）の結果を表 33 に示す。事業の実施により、以下の負の影響を生じる可能性が示唆された。

- 1) 建設工事中の大気汚染、騒音、振動レベルが、所定の環境基準を上回る。特に新設洪水吐きの建設中にこの影響が顕著となる。
- 2) 建設工事中の掘削土の搬出・搬送に伴い、現地の交通運輸へ支障を生じる可能性がある。

上記の影響が生じる期間は建設工事に限定され、また、その影響範囲も工事区域近辺の村落に限定される。従って、これらによる影響は深刻な社会環境問題を引き起こすものではないと判断される。但し、これらの影響を緩和していくために、適切な社会調整・補償を実施していく必要がある。

一方、以下の点に関する環境影響は完全には解明されておらず、その評価については現時点で断定できない。

- 1) ウォノギリダム排砂期間中のダム下流ソロ川の水質変化に伴う魚類への影響
- 2) 貯砂ダムから排出されるゴミによる下流ソロ川の河川環境への影響

これらの影響を評価するため、排砂期間中の河川の水質・衛生面に着目してソロ川の河川環境モニタリングを実施していく必要がある。それらの経験に基づき、その影響を緩和するような貯砂ダムの排砂操作運用を検討していくことが望まれる。

結論として、本堆砂対策事業は適切な管理・モニタリング活動の下で実施することにより、環境影響面においては十分妥当なものと判断される。

表 33 本事業の環境影響評価の結果

プロジェクト活動		プロジェクトの実施ステージ									
		建設前		建設工事中					運用操作時		
		地元住民に対するプロジェクトの周知・広報	プロジェクトに必要な土地の買収	資機材運搬・仮設工事	建設準備工	建設工事(特に掘削工)	掘削土の運搬	建設労働者の雇用	クドワン川流域の流域保全事業	ダムの排砂放流	維持浚渫
物理的影響	地下水					-TP					
	大気					-P	-P				-TP
	騒音・振動					-P	-P				
	水質・流量										-TP
生物的影響	陸上植物・動物				-TP				+TP		
	水生生物										-TP
	貴重種・保護区域										
社会経済的影響	土地買収および住民移転										
	地元住民の不安・反対等	-TP			-TP						-TP
	収入および生計の変化				-TP			+P			-TP
	下流域の経済活動*										-TP
	陸上交通・運搬			-TP			-P				
	公衆衛生			-TP		-TP	-TP				-TP

注： -P: 負の影響(大)、 -TP: 負の影響(小)、 +P: 正の影響(大)、 +TP: 正の影響(小)

\*: 本項目には1) 砂利採取、2) 舟渡し、3) 上水・灌漑用水利用、4) 漁業を含む。

出典：JICA 調査団

## 18. 事業費の積算

表 34 に事業費の総括表、表 35 に事業の全体工程表を示す。総事業費は税抜きで 76.3 百万ドルである。本事業の実施期間は、施設の対策の詳細設計を含め 4.5 年であり、貯砂ダムの建設に 2.5 年、浚渫船の調達に 1 年、クドワン川流域保全に 4 年を要する。

表 34 事業費総括表

対策工	事業費(千ドル)
1. 建設費	
a. 新設ゲート付貯砂ダムの建設	40,318
b. クドワン川流域の流域保全	11,017
c. 浚渫船(一台)の調達	3,579
2. コンサルタント業務費	5,491
3. 土地収用費	69
4. 管理費	691
5. 予備費	15,112
小計	76,277
6. 税金(1.2.及び5.に対し10%)	7,552
合計	83,829

出典：JICA 調査団

表 35 事業の全体工程表

主要工事	年						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1 資金調達	[Bar chart showing funding procurement from 2007 to 2008]						
2 新設ゲート付貯砂ダム	[Bar chart showing construction of new gate sand storage dam from 2008 to 2012]						
詳細設計	[Bar chart showing detailed design from 2008 to 2009]						
業者選定・入札	[Bar chart showing contractor selection and bidding from 2009 to 2010]						
建設工事	[Bar chart showing construction work from 2010 to 2012]						
3 クドワン川流域の流域保全	[Bar chart showing watershed conservation in Kudwan River basin from 2008 to 2012]						
村落開発、事業実施計画	[Bar chart showing village development and project implementation plan from 2008 to 2010]						
建設工事	[Bar chart showing construction work from 2009 to 2012]						
サポートプログラム	[Bar chart showing support program from 2008 to 2012]						
4 浚渫船の調達	[Bar chart showing dredging vessel procurement from 2009 to 2011]						
設計	[Bar chart showing design from 2009 to 2010]						
製造	[Bar chart showing manufacturing from 2010 to 2011]						
搬入	[Bar chart showing transportation from 2011 to 2012]						

出典：JICA 調査団

## 19. 事業の経済評価

緊急対策事業の経済的妥当性は、事業実施後 50 年間の経済的内部収益率（EIRR）で評価し、機会均等費用は 12%と想定した。事業便益は、“事業を実施した場合”、“事業を実施しなかった場合”に得られる将来便益の差で算定した。

本事業の事業便益は、灌漑、発電、流域保全便益から成る。灌漑及び発電便益の算定は“事業無し”の場合、2022 年にダム前面のクドワン川流入部が満砂状態となるため、その時点で灌漑用水・発電取水の供給が不能となり取水機能が完全に損失するものと想定した。流域保全便益は、土地の改善による農業生産の向上とアグロフォレストリーによる果樹生産の向上から発生する便益である。

本事業の EIRR は 16.9%である。これより、本事業は経済的に実施可能性が高いものと評価される。

## 20. 事業実施計画

### 20.1 事業の実施機関

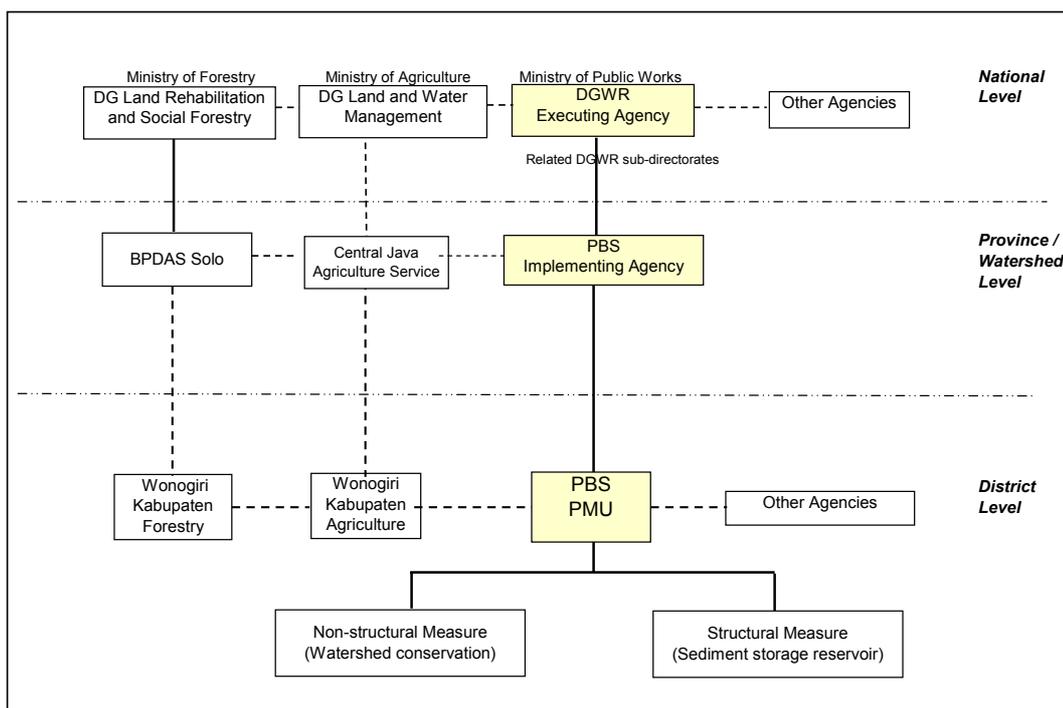
国レベルでの事業実施機関を公共事業省水資源総局とし、現場レベルの実施組織をソロ川流域開発事務所（Bengawan Solo River Basin Development Project (PBS)）とする。

### 20.2 事業の運営組織

事業の実施運営組織は図 36 の通りである。本開発事業は、貯砂ダムの建設と流域保全対策（ベンチテラス建設、農業改善、アグロフォレストリ等）など多岐分野にまたがっている。本事業を総合的且つ効率的に実施するために、関係各省庁との密接な協力関係が必要である。その為、これらの関係各省庁の代表者で構成する調整委員会（委員長を水資源総局長）を総局レベルでジャカルタに設置する。州（流域レベル）にある水資源総局の直轄下にある PBS が事業の総括的な現場での管理を行い、その下に県レベルで事業運営ユニット(Project Management Unit (PMU) )を新設し、PMU が貯砂ダム及び流域保全事業建設に関する日々の管理と調整業務を行う。

実施にあたって関係各省庁の事業実施範囲、責任分担等に関わる細則を決め、細則に関する合意書 (Memorandum of Understanding:MOU)を作成し、関係各省庁の総局長

レベルが署名捺印する。この合意書に基づいて、各関係省庁が管理調整業務を行う。



出典：JICA 調査団

図 36 実施運営組織

### 20.3 現地・村落レベルの流域保全活動組織の構築

本流域保全事業は、農地からの流亡土量を軽減することが主目的であるため、流域内の耕作農民の事業に対する理解と協力を得ることが、事業実施の上で最重要課題となる。そのため、事業実施にあたっては個々の農民に基づいた村落を基盤とした農民参加方式を導入して流域保全事業を実施するものとする。

各村落（対象流域全体で 82 村落）に、(i) 村落内の全ての保全事業の監督、(ii) PMU 及び関係機関との調整、(iii) 村落無償基金の運営を主な業務とする実施委員会（Implementation Committee）を設置する。なお開発委員会のメンバーは、事業開始初期に PMU の指導・支援の基で、公平・透明性を保持した方法で選定されるものとする。

図 37 に示すように、実施委員会の下部機関として、各村落内で、土壌・水保全農民グループ（K2TA）を工事開始 1 年前までに結成すると共に、社会開発支援プログラムを実施する。K2TA の役割は、テラス工事、アグロフォレストリィ、モニタリング・評価、地域社会開発の支援事業活動等の業務である。

## 21. 維持管理計画

### 21.1 流域事務所の設立に伴う組織改変

2006 年 12 月、インドネシア国公共事業省は省令 No.12/PRT/M/2006 により、既往の水資源管理・運営にあっていた組織の枠組みを改変し、主要河川流域に新たに流域管理事務所（Balai Besar Wilayah Sungai）を設立することを決定した。これにより既往の河川開発事務所、治水・海岸保全事務所、水公団（PJT 1）が一つの流域事務所の組織に統合されることとなった。主要河川以外の河川では、同種の組織として河川事務所（Balai Wilayah Sungai）が設立されることになる。

図 38 に流域事務所組織構成を示す。国家・州レベルの技術的実施機関 (UPT) が、必要に応じて州や県の水資源部局へ支援を行う。さらに、州や県の水資源部局は、財務支援を受けて国家・州政府レベルに対する任務を遂行する。

ソロ川流域では、2007 年 1 月に既存のソロ川開発事務所 (PBS) の組織改変が行われ、新たにソロ川流域事務所 (Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo) が設立された。ソロ川流域事務所の組織図を図 39 に示す。

## 21.2 貯砂ダムの運用・操作

ウォノギリ貯水池は、締切堤の建設により貯砂ダムとウォノギリ本貯水池の二つの貯水池に分離される。貯砂ダムの雨期制限水位 (El.135.3 m) までの貯水容量は約 1,100 万 m<sup>3</sup> であり、貯水池回転率が高く、排砂操作後も 1 週間程度で貯水位を回復できる。

事業実施後のダム操作規則は現行から大きな変更はなく、既往のダム操作規則を原則準用して運用される。下表に貯砂ダム、ウォノギリ本貯水池の操作規則の要点を示す。

表 36 ウォノギリダム操作規則

条 項	ウォノギリ本貯水池	貯砂ダム
1. 操作期間の定義 (第 3 条) 洪水期 非洪水期 回復期	12 月 1 日 - 4 月 15 日 5 月 1 日 - 11 月 30 日 4 月 16 日 - 4 月 30 日	12 月 1 日 - 4 月 15 日 5 月 1 日 - 11 月 30 日 4 月 16 日 - 4 月 30 日
2. 洪水流量 (第 2 条)	ダム流入量 400 m <sup>3</sup> /s 以上	ダム流入量 400 m <sup>3</sup> /s 以上
3. 洪水期の貯水池水位 (第 13 条)	洪水期制限水位 EL.135.3 m 以下に保ち、洪水調節容量 (El. 135.3 m - El. 138.3 m) を確保する。	洪水期制限水位 EL.135.3 m 以下に保ち、洪水調節容量 (El. 135.3 m - El. 138.3 m) を確保する。
4. 非洪水期の貯水池水位 (第 13 条)	El. 127.0 m - El. 136.0 m の貯水位で運用し、灌漑用水、発電用水を供給する。	El. 127.0 m - El. 136.0 m の貯水位で運用し、接続水路を通じて本貯水池に給水する。

注: 上記の条項は “Manual for Operation and Maintenance, February 1984” に基づく。

出典: JICA 調査団

次頁に、現況ならびに貯砂ダム建設後のウォノギリ貯水池の月別運用の概要図を示す。洪水時の余水吐放流は、既設の洪水吐から新設の洪水吐を通して行われることになる。

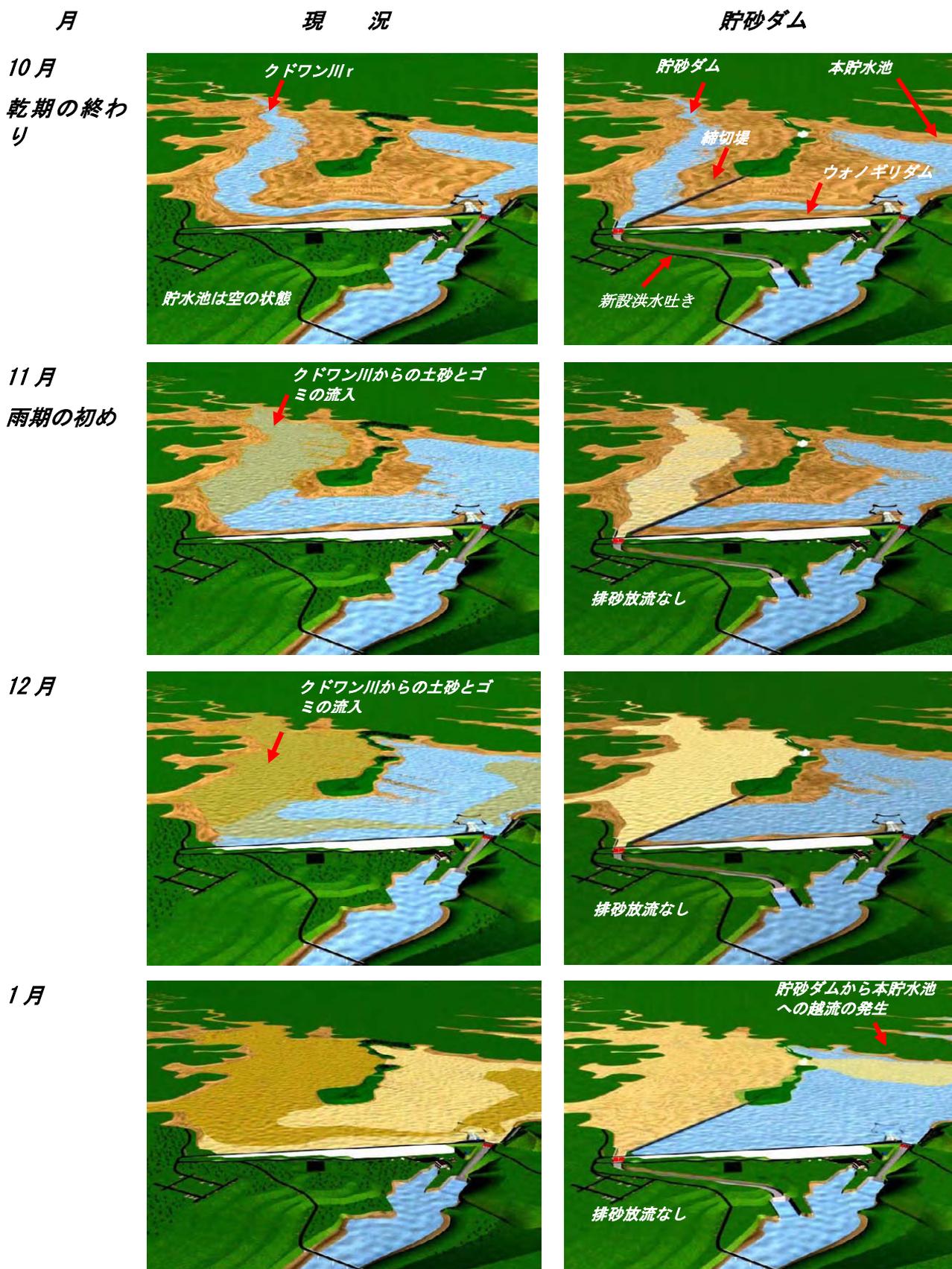


図 40 貯砂ダムの月別運用概要図 (1/3)

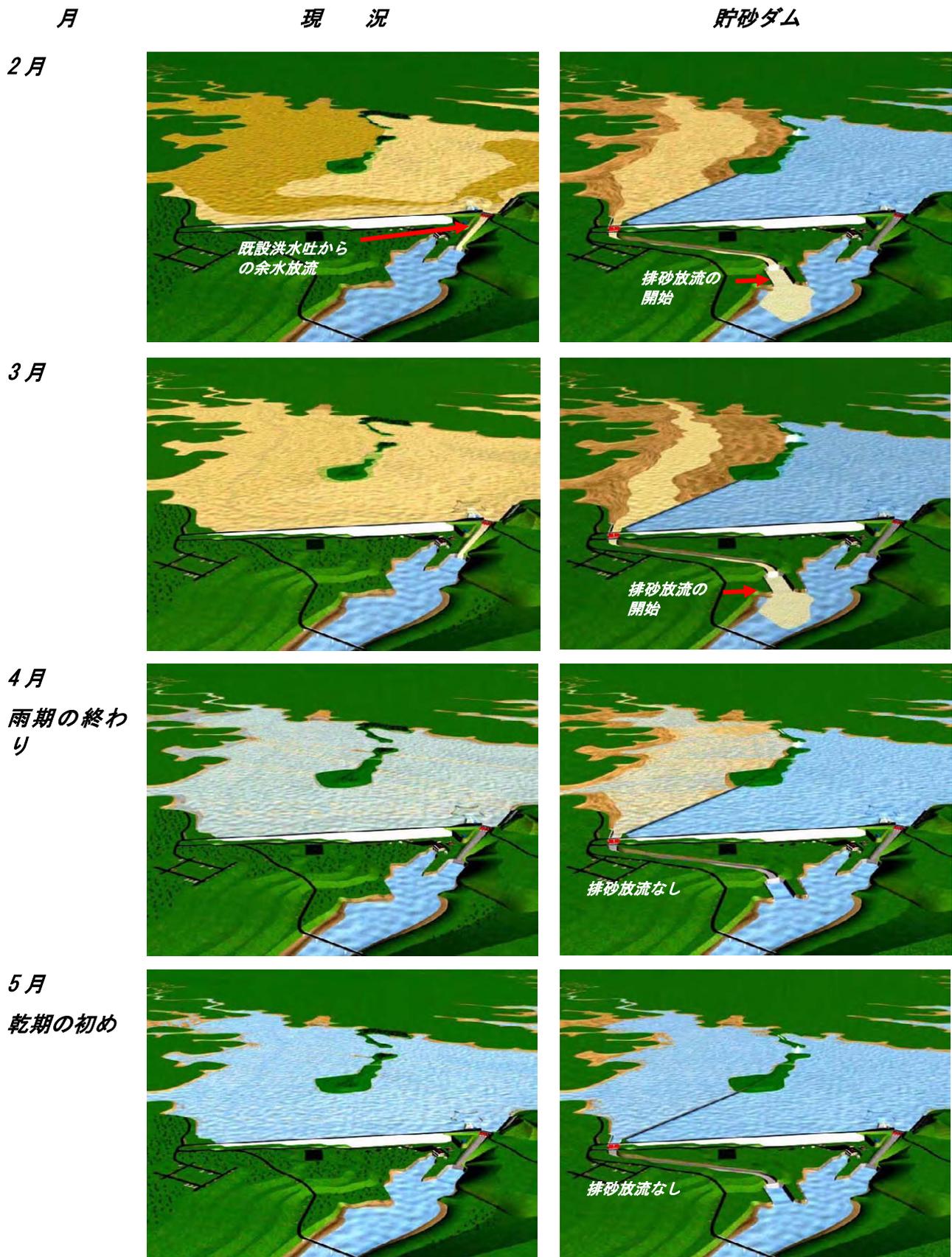
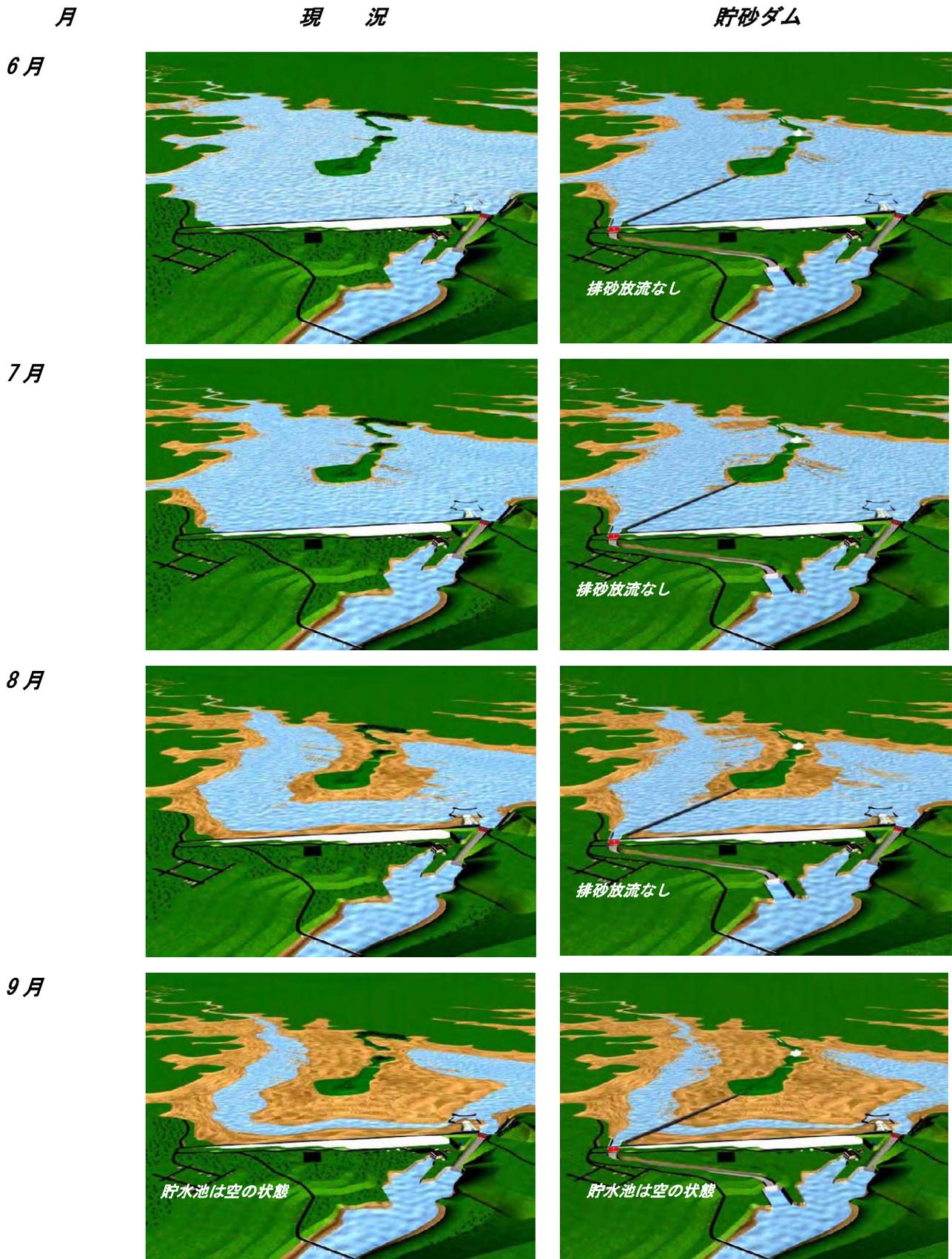


図 40 貯砂ダムの月別運用概要図 (2/3)



出典：JICA 調査団

図 40 貯砂ダムの月別運用概要図 (3/3)

## 22. 流域管理組織の強化

ウォノギリダム上流域と下流域（ウォノギリ灌漑地域）受益者間の不公平感は、長い間上流域コミュニティの不満源となっており、その事についてワークショップやフォーラムでたびたび議論がされてきた。しかし現在まで何の進展もない状態である。一つの方法として下流域の受益者からの基金を上流域農民へ譲与するスキームがワークショップで提案された。このスキームはウォノギリダムから恩恵を受けている下流域住民からお金を徴収し、その基金を流域保全の管理費用として上流域の村落へ譲与し、流域保全の仕事量に見合った割合で村落あるいは村落の下部組織へ割り当てる提案である。可能性は低いと思われるが、もし妥当であれば個人農家へ割り当てることを提案している。譲与されたお金は、出来るだけ正式に計画されている流域保全対策に対して使用されるものである。

スキームの計画に必要な事項、実施の順序に関して、計画実施に関係すると思われるステークホルダー機関からの意見・提案を基に予備的調査を実施した。関係するステークホルダーの対象範囲は広く、約 250,000 人の農民（ウォノギリ上流域の農民数約 204,000 人及びウォノギリ灌漑地域の農民約 45,000 人）、中部ジャワ州 7 県の森林・農業・財務関係地方政府組織、中部ジャワ州、NGOs にわたる。それゆえ、スキームの実施は多大のデザイン・ワーク、費用、協議が必要となるため、さらなる妥当性調査は、上流域・下流域農家とコミュニティ諸組織の完全な理解と合意の基で実施されなければならない。

ウォノギリ流域保全調整委員会（Wonogiri Watershed Conservation Coordination Committee: WC3）を試験的に設置することを提案する。この設置は現在、i) ウォノギリダム流域のような上流域の流域管理と、ii) 河川流域の水資源管理のフレームワークの観点からの流域管理があり、これらの調整を改善する必要性が強くなってきているからである。この問題は GNKPA（国家水保全運動プログラム）によって国家的に焦点が当てられている。WC3 の設立目的はウォノギリダム流域の流域管理に関わる計画、実施、モニタリング、評価を調整する事である。この調整は責任ある地方政府機関によって実施され、その地域で利益を得ている関係者あるいは技術的助言・支援が出来る人によって支援される必要がある。

流域管理組織強化については、ウォノギリ県農業部局及び森林部局の 2 部局の予算、職員及び資機材の強化と特に現場職員に対する訓練強化をし、流域管理を担当する部局の組織強化を図る事を提案する。また職員に対し適切なキャパシティ・ビルディングを実施するために、中央政府から十分な資金の供給が必要である。

## 23. 技術移転

技術移転は本調査の主目的の一つである。本調査では OJT 並びに定期的なカウンターパート会議、ワークショップ（技術移転セミナー）を通じて、堆砂対策調査に関わる技術移転を実施した。

### カウンターパート会議

第 1 次現地調査期間中の 2004 年 11 月に第 1 回カウンターパート会議を開催して以来、計 19 回のカウンターパート会議を開催した。当会議は、i) 開発調査の全体報告、ii) 現地再委託調査等の進捗結果報告・協議、iii) 調査団からの要素技術に関するプレゼンテーション、iv) 調査期間中に生じた課題、疑問点に関する質疑応答、v) 意見交換を目的として定期的実施した。

当会議を通じて、カウンターパート 34 名を含めインドネシア政府の各種関係機関・大学等の教育機関・NGO に対して、貯水池堆砂対策や流域保全の調査・計画・設計

手法、ダムの運営及び流域保全行政に係わる技術が着実に蓄積され、能力の向上が図られた。

### GIS トレーニングセミナー

GIS は、貯水池堆砂対策や流域保全の調査・計画・設計を進めるデータを有効に管理するための技術ツールである。本調査では、GIS トレーニングセミナーを 2005 年 12 月、2006 年 12 月の計 2 回開催し、本調査で作成した GIS マニュアル等を用いて、GIS データベースの活用に関する知識・技術の向上を目的とした技術移転が図られた。また、同トレーニングセミナーにおいて、本調査で構築した GIS データベースを持続的に活用するための組織・制度整備について議論し、その管理組織の枠組みを構築した。

上記活動に加え、本調査で協働したスラカルタ市にあるスブラスマレット大学からの要請に基づき、2006 年 12 月 23 日に「流域管理における GIS 技術の活用」というテーマで特別講義を行い、GIS 技術を紹介した。

### ワークショップ

ワークショップ（技術移転セミナー）は、2004 年 12 月 28 日（第 1 回）、2005 年 9 月 8 日（第 2 回）、2006 年 2 月 14 日（第 3 回）、2007 年 1 月 18 日（第 4 回）の計 4 回開催され、中央・地方政府機関、JICA 関係者、国内支援委員会、大学機関、NGO その他住民代表等から毎回 100 名程度のステークホルダーが出席し、様々な意見・要望を聴取した。これらの意見は堆砂対策マスタープラン立案に反映されている。

また、ワークショップで得られた貴重な意見・要望は、News Letter（全 4 回発行）にとりまとめ、次回のワークショップ時に関係機関各所に配布した。News Letter はプロジェクトの事業形成・実現に向け、ステークホルダーに向けた当調査の情報提供手段として重要な役割を果たした。



## 24. 結論・提言

### 24.1 結論

マスタープラン調査及びフィージビリティ調査の結論を以下に示す。

- 1) ウォノギリ多目的ダムは 1981 年の完成以降、ソロ川流域で唯一の大規模貯水池として、流域の社会的繁栄、地域並びに国家の経済発展に多大な貢献を果たしている。
- 2) ウォノギリダム堤体直上流から流入するクドワン川からの土砂及びゴミ流入によりダム取水口の機能に支障が生じている。2006 年の調査結果から、取水口上流に位置するクドワン川流入部の堆砂の厚さは最大 20 m に達していることが判明

した。既に堆砂が取水口周辺に達しており、取水口埋没の危険性も予測されている。適切な貯水池土砂管理システムを構築することが緊急の課題である。

- 3) ウォノギリ貯水池に堆積した土砂の主な生産源は、流域内の畑地と村落からの土壌浸食によるものと特定された。流域の年平均土壌浸食量は年平均貯水池流入土砂量約 320 万 m<sup>3</sup> の約 93% を占める。このような高い土壌浸食率は、土壌保全技術の未熟さや流域住民の貧困に起因し、急峻な山岳地域まで開墾が進んだ過度の土地利用によるものである。支流別では、クドワン川流域が最大の土壌浸食源である。
- 4) マスタープラン調査の結果、緊急対策案（本事業）が提案された。本事業は、施設的対策と流域保全対策を組合せ、クドワン川から貯水池へ流入する土砂対策を講じて、取水機能の維持を図ることを目的としたものである。“クドワン川流域保全対策”は、流域の活発な土壌浸食を抑制し、これにより流域から貯水池へ流入する土砂量を低減させるものである。施設的対策として提案された“新設ゲート付貯砂ダム”は貯水池を貯砂ダムと本貯水池に分離し、クドワン川から流入する土砂を新設するゲートからダム下流へ排出するもので、これにより取水口周辺部の堆砂量は著しく減少することになる。
- 5) クドワン川から流入する大部分の土砂とゴミは、貯砂ダム内に完全に捕捉されることになり、現在の取水口の堆砂問題は完全に解決されるであろう。貯砂ダム内に捕捉された土砂とゴミは、新設ゲートから容易に排出することが可能である。
- 6) 流域保全対策はコミュニティベースの管理下で実施され、土壌浸食を防止すると共に、土地利用形態を改善し、収量を増加させることで、現地の農民の生計向上が図られることになろう。包括的な流域保全事業は農民の経済状況を安定化させ、貧困解消に大きく貢献することになる。
- 7) 本事業は技術的及び経済的観点から妥当と判断された。内部経済収益率（EIRR）は 16.9% である。本事業はウォノギリダムの持続的な運用を可能にし、地域住民の生活の安定を図るとともに国家経済発展の観点からも社会的繁栄をもたらすことになろう。

## 24.2 提言

マスタープラン調査及びフィージビリティ調査結果に基づき、以下を提言する。

- 1) ウォノギリダムは、インドネシア国における最重要の社会資本施設の一つであり、同国のライフラインである。ウォノギリダムの貯水効果による経済的価値は計り知れないほど高い。DGWR と JICA で 2004 年 3 月に交わされた合意事項において、本調査の上位目標として、長期的にウォノギリ貯水池の機能を維持するためマスタープランで提案された緊急対策プロジェクトの事業化を掲げている。貯水池流入土砂問題に対し緊急的な対応が必要であり、取水口機能を維持するため本事業を可能な限り早急に実施すべきである。
- 2) 人口密度の高いジャワ島では、貯水池の水は貴重な水資源で、万一貯水池が満砂した場合それを代替することは極めて困難である。現実的な観点からも、ウォノギリ貯水池と同規模の貯水池を新たに建設することは難しい。インドネシアの既存貯水池において、本調査で用いた技術的アプローチや解決策を駆使し、貯水池堆砂問題を解決していくことが強く望まれる。

## 25. 2007年5月30日開催のステアリング・コミティー会議

2007年5月30日ジャカルタにて開催されたステアリング・コミティー会議の席上にて、ドラフト・ファイナル・レポートの内容及び5月27日 JICA 本部で開催された国内支援委員会の討議結果の説明・協議が行なわれた。

国内支援委員会は、技術面での指導・助言を行なうことを目的として設立されている。国内支援委員会から、緊急案として提案されたゲート付貯砂ダムの建設により取水口の閉塞は回避できるので、クドワン川流域保全事業の投資効果が低いと考えられることから他の流域の保全事業を優先させる案もあるとの助言があった。このため、インドネシア政府がクドワン川流域で流域保全事業を優先して進めたい意向があるのか、ステアリング・コミティー会議の席上で確認・協議することになった。

ステアリング・コミティー会議で、インドネシア政府は下記の理由から、緊急案として本報告書で提案されたクドワン川の流域保全事業を進めることを表明した。

- 1) 公共事業省が主導して推進している水保全国家プログラム(GNKPA)の一環で、森林省と農業省の協力の下、農民参加型の流域保全事業をクドワン川流域中心に進めている。
- 2) 将来の貯砂ダムの土砂管理及びウォノギリダムの洪水調節機能維持の観点から、クドワン川流域の流域保全事業を進めて生産土砂の抑制対策を講じることが、最優先課題である。
- 3) 貯砂ダムの運用がうまく行なわれなければ、貯砂ダムが将来砂防ダムやサンドポケットになる可能性も否定できない。貯砂ダムが満砂すれば、クドワン川からの流入土砂の大部分がウォノギリ本貯水池に流入することになる。こういった危機的状況を回避するためにも、貯砂ダムの運用に加えてクドワン川の流域保全事業は非常に優先度が高い。

# 附表

表 8 取水口機能維持及びゴミ対策代替案の比較表

代替案	建設費	技術的評価	環境社会影響
1) 既設取水口の選択取水設備への改造	\$3,160,000	将来、堆砂が進行し現状と同様の取水口閉塞問題が再発する可能性があり、恒久対策にはならない。	建設期間中、灌漑用水供給、発電取水を一時的に停止する必要がある。
2) 取水口の付替	\$8,800,000	堆砂の進行速度は現況より遅くなるが、取水口付替地点でも将来堆砂が進行し、恒久対策にはならない。 新設取水口の定期的な浚渫が必要となる。	建設期間中、灌漑用水供給、発電取水を一時的に停止する必要がある。 大規模な土捨場が必要となる。
3) 既設取水口の2重スクリーン化	\$3,670,000	取水口のゴミによる閉塞問題は、定期的な除塵作業により解決される。 取水口周辺の堆砂対策として、別の対策が必要となる。	建設期間中、灌漑用水供給、発電取水を一時的に停止する必要がある。
4) クドワン川流入部の流木止工	\$1,370,000	取水口のゴミによる閉塞問題は、定期的な除塵作業により軽減される。 クドワン川からの土砂流入は継続するので、別の対策が必要となる。	クドワン川でのゴミ回収により貯水池の水質は改善されることになり、環境面では良い影響をもたらす。
5) 水位差利用型の排砂工法	\$2,875,000	排砂に水位差を利用するので、貯水池水位の条件や稼働範囲等の条件など、運用面で制約がある。	排砂放流により、ダム下流河川の水質に負の影響を及ぼすことが危惧される。
6) 浚渫工	\$4,456,700	貯水池堆砂を除去する対策として最も一般的な手法である。 巨大な土捨場が必要となる。	土捨場が確保可能であれば、世界的な実績からみて、影響は比較的小さい。

出典: JICA 調査団

表 10 クドワン川流入土砂対策代替案の比較表

代替案	建設費、単位排砂量当たりの事業費、年平均排砂量	技術的評価	環境社会影響
1) クドワン川土砂バイパス	\$82,940,000 \$10.7/m <sup>3</sup> 476,000 m <sup>3</sup> /year	技術的な適用条件を満足する。但し、バイパストンネルの設計流量が 50 m <sup>3</sup> /s であり、完全にクドワン川の洪水に含まれる高濃度の土砂をバイパス放流することはできない。対策実施後も相当量の土砂とゴミがクドワン川から貯水池へ流入し取水口周辺に堆積するので、恒久対策として機能させる場合、取水口機能維持のための補助対策が必要である。また、建設費が割高である。	深刻な負の影響が懸念される。掘削土約 270,000 m <sup>3</sup> の残土処理のため、巨大な土捨場が必要となる。ダム周辺に巨大な土捨場を確保することは難しい。建設期間中の影響として、地形や地質状況の改変、残土の不法処理、地下水位の低下、井戸利用への支障、大気汚染、騒音、これらによる住民からの訴訟問題の発生等が考えられる。
2) 新設ゲートによる土砂スルーシング	\$35,630,000 \$4.7/m <sup>3</sup> 509,000 m <sup>3</sup> /year	技術的な適用条件を満足する。スルーシング操作は雨期初期の貯水位が最も低い時期にのみ実施可能である。ゲートを完全に開放することで、相当量のゴミと土砂の放流が可能となるが、現操作規則では、計画高水以下の規模の洪水に対してゲート放流量を 400 m <sup>3</sup> /s 以下に調整する操作規則があり、十分に効果を発揮させるには操作規則の改変が必要となる。スルーシング運用により大量の貯水を使用するので、雨期の終わりに貯水位が NHWL まで回復しないリスクがある。クドワン川からの流入土砂の半分以上が貯水池に堆砂するので、取水口機能維持のための補助対策が必要である。	クドワン川からの高濃度の土砂が放流されるので、ダム下流河川の水生生物特に魚類に負の影響を及ぼす可能性がある。最悪の場合、高濃度の SS は魚類の呼吸障害を引き起こすこともある。掘削土 (800,000 m <sup>3</sup> ) の残土処理のため、巨大な土捨場が必要となる。ダム周辺に巨大な土捨場を確保することは難しい。建設期間中の影響として、地形や地質状況の改変、残土の不法処理、大気汚染、騒音等が考えられる。
3) 新設ゲート付貯砂ダム	\$47,090,000 \$3.8/m <sup>3</sup> 1,280,000 m <sup>3</sup> /year	技術的な適用条件を満足する。土砂スルーシング (ルーチング) / フラッシングは自然河川の有する掃流力を効果的に利用するものである。貯砂ダムは本貯水池と独立して運用することができるので、現況の貯水池操作規則に準じて排砂操作を実施可能である。本貯水位が NHWL に達した後、本貯水池の水を使用することなく排砂操作を実施することができる。	クドワン川からの高濃度の土砂が放流されるので、ダム下流河川の水生生物特に魚類に負の影響を及ぼす可能性がある。最悪の場合、高濃度の SS は魚類の呼吸障害を引き起こすこともある。掘削土 (800,000 m <sup>3</sup> ) の残土処理のため、巨大な土捨場が必要となる。ダム周辺に巨大な土捨場を確保することは難しい。建設期間中の影響として、地形や地質状況の改変、残土の不法処理、大気汚染、騒音等が考えられる。

(注) 対策工の排砂量は、1998/1999 年の豊水年のダム流入量条件下において、貯水池堆砂シミュレーションにより推定された値である。排砂量 1m<sup>3</sup> 当たりの事業費は、建設費ならびに将来 50 年間に必要な維持管理費を元に算定した値である。

出典：JICA 調査団

表 11 その他の支川からの流入土砂対策代替案の比較表

代替案	建設費	技術的評価	環境社会影響
1) 貯砂ダムの建設	\$225,460,000	技術的な適用条件を満足するが、恒久対策としては非現実的な案である。 その他の支川からの年平均流入土砂量 200 万 m <sup>3</sup> を全量捕捉するには約 83 基の貯砂ダムが必要となる。さらに、毎年 200 万 m <sup>3</sup> の貯砂ダムの排砂が必要である。	巨大な土捨場が必要で、定期的な維持管理掘削が必要である。貯水池周辺に 200 万 m <sup>3</sup> の土捨場を確保することは現実的に不可能である。
2) 貯水池の浚渫	\$44,567,000	技術的な適用条件を満足するが、恒久対策としては非現実的な案である。 その他の支川からの年平均流入土砂量 200 万 m <sup>3</sup> を全量処理するには約 10 台の浚渫船が必要となる。さらに、莫大な維持管理費用と巨大な土捨場を必要とする。	巨大な土捨場が必要で、定期的な維持管理掘削が必要である。貯水池周辺に 200 万 m <sup>3</sup> の土捨場を確保することは現実的に不可能である。
3) 貯水池堆砂の乾期掘削	\$287,990,000	技術的な適用条件を満足するが、恒久対策としては非現実的な案である。 その他の支川からの年平均流入土砂量 200 万 m <sup>3</sup> を全量処理するには莫大な台数の建設機械（ブルドーザー、クローラクレーン、ダンプトラック）が必要となる。さらに、莫大な維持管理費用と巨大な土捨場を必要とする。	巨大な土捨場が必要で、定期的な維持管理掘削が必要である。貯水池周辺に 200 万 m <sup>3</sup> の土捨場を確保することは現実的に不可能である。 掘削期間中の大気汚染、騒音、交通機関への支障等の問題が発生する可能性がある。
4) 既設取水口を利用した堆砂の貯水池内移動	\$0	最大 70 m <sup>3</sup> /s の発電取水量を使用して、既に有効貯水容量内の堆砂を堆砂容量へ移動させ、有効容量の回復を図る案である。 しかし、取水口のゴミによる閉塞の恐れもあり信頼性は低い。	雨期初期に大量の貯水を放流することになるので雨期後半に貯水位が NHWL まで回復せず、乾期の灌漑用水供給に支障をきたす可能性がある。
5) ダムの嵩上げ	(未評価)	本工法はダムを嵩上げし、有効容量を増加させる案である。将来、貯水池容量が極度に減少した際に適用される可能性がある。2005 年 8 月 22 日のステアリングコミッティにおいて、現時点で対策案として採用することは困難と判断されている。	本工法の実施は、大規模な土地収用と住民移転を必要とするので、社会的議論を要する。社会面だけでなく大規模な土木作業を伴うので、地域住民の生活に負の影響をもたらす可能性がある。

出典: JICA 調査団

表 14 流域保全対象地区の土地単位のコード

テラスの形状と管理状況	傾斜区分 (%)				
	0-8	8-15	15-25	25-40	>40
畑地					
- ベンチテラス (良好)	US1T1	US2T1	US3T1	US4T1	US5T1
- ベンチテラス (普通)	US1T2	US2T2	US3T2	US4T2	US5T2
- ベンチテラス (不良)	US1T3	US2T3	US3T3	US4T3	US5T3
- 伝統的テラス	US1T4	US2T4	US3T4	US4T4	US5T4
- 複合的畑地 *	US1T5	US2T5	US3T5	US4T5	US5T5
村落内畑地					
- 混合的畑地 **	PS1T6	PS2T6	PS3T6	PS4T6	PS5T6
村落	HS1	HS2	HS3	HS4	HS5

出典: JICA 調査団

\*: リッジテラスとテラスなしの複合

\*\* : 複合的畑地と伝統的テラスの混合

表 15 流域保全対象地区の土地単位の面積(ha)

テラスの形状と管理状況	傾斜区分 (%)					合計	(%)
	0-8	8-15	5-25	25-40	>40		
畑地							
- ベンチテラス (良好)	475	213	147	83	68	980	1
- ベンチテラス (普通)	482	418	334	243	319	1,800	3
- ベンチテラス (不良)	4,644	2,508	2,539	2,904	5,263	17,860	27
- 伝統的テラス	701	654	935	1,119	1,633	5,040	8
- 複合的畑地 *	1,351	1,629	2,482	3,366	5,249	14,080	21
村落内畑地	9,526	4,152	2,660	1,617	1,520	19,470	29
村落	2,480	1,620	1,259	933	997	7,290	11
合計 (ha)	19,660	11,190	10,350	10,270	15,050	66,520	
(%)	30	17	15	15	23		100

出典: JICA 調査団

注 ; 対象地区は森林公園の所有地は含まない。

\*: リッジテラスとテラスなしの複合

表 16 支流域別の目標流域保全対象地区

単位: ha

Land use		Code of land	Keduang	Tirtomoyo	Temon	Upper Solo	Alang	Ngungga-han	Wuryan-toro	Remnant	Total (ha)	(%)		
Upland Field	Bench terrace	good	US1T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			US2T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			US3T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			US4T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			US5T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bench terrace	medium	US1T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			US2T2	23	30	0	0	0	0	86	0	139	0	
			US3T2	20	10	0	0	1	16	121	23	191	1	
			US4T2	19	17	0	25	19	7	41	22	150	0	
			US5T2	12	32	0	18	20	11	28	17	138	0	
	Bench terrace	fair/poor	US1T3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
			US2T3	736	217	245	89	378	3	169	11	1,848	5	
			US3T3	868	339	166	190	160	13	97	29	1,862	5	
			US4T3	807	440	110	211	62	6	38	19	1,693	5	
			US5T3	1,322	710	110	262	53	25	22	11	2,515	7	
	Traditional terrace	US1T4	7	0	0	0	2	0	0	0	9	0		
		US2T4	147	46	7	204	3	49	14	58	528	2		
		US3T4	101	100	16	397	7	96	36	99	852	2		
		US4T4	58	112	15	439	19	81	15	72	811	2		
		US5T4	128	102	4	408	0	120	67	71	900	3		
	Composite (ridge and non terrace)	US1T5	51	99	47	61	0	15	12	27	312	1		
		US2T5	74	209	96	350	316	176	31	40	1,292	4		
		US3T5	92	456	144	664	471	251	50	46	2,174	6		
		US4T5	79	694	157	779	449	196	44	53	2,451	7		
		US5T5	201	1,128	162	826	337	150	68	84	2,956	9		
Settlement area under upland field condition	PS1T6	1,471	341	48	233	103	38	414	47	2,695	8			
	PS2T6	1,820	417	199	496	404	136	200	53	3,725	11			
	PS3T6	1,071	379	115	457	199	141	80	43	2,485	7			
	PS4T6	400	288	44	273	84	59	28	20	1,196	3			
	PS5T6	364	195	12	163	46	44	18	8	850	2			
Settlement area	HS1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0			
	HS2	566	82	40	71	22	13	27	7	828	2			
	HS3	363	131	26	96	30	25	14	7	692	2			
	HS4	190	158	16	101	20	16	9	9	519	2			
	HS5	269	157	6	85	23	15	9	5	569	2			
Total (ha)			11,260	6,890	1,785	6,898	3,228	1,702	1,738	881	34,382	100		
Total (%)			33	20	5	20	9	5	5	3	100			

出典: JICA 調査団

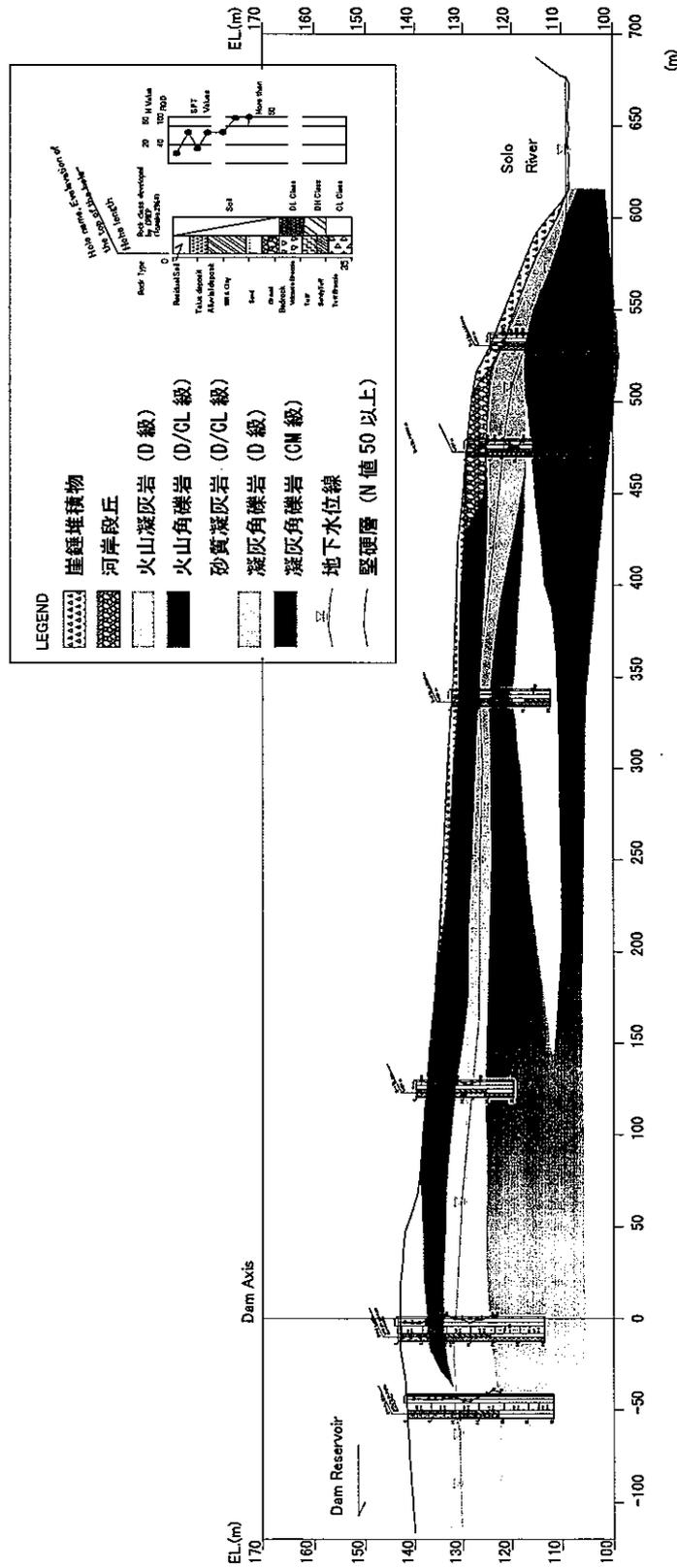
表 30 クドワン川流域の流域保全対象地区

単位: ha

Land use		Code of land	Area (ha)	Land use	Code of land	Area (ha)
Upland Field	good	US1T1	0	Uplands in settlement area (complex)	PS1T6	1,520
		US2T1	0		PS2T6	1,765
		US3T1	0		PS3T6	1,039
		US4T1	0		PS4T6	394
		US5T1	0		PS5T6	365
		sub-total	0	sub-total		5,083
	medium	US1T2	0	Settlement area	HS1	0
		US2T2	6		HS2	569
		US3T2	8		HS3	372
		US4T2	7		HS4	185
		US5T2	3		HS5	270
		sub-total	24	sub-total		1,396
	fair/poor	US1T3	0			
		US2T3	984			
		US3T3	1,027			
		US4T3	870			
		US5T3	1,392			
		sub-total	4,273			
	Traditional terrace	US1T4	3			
		US2T4	40			
US3T4		33				
US4T4		26				
US5T4		71				
	sub-total	173				
Composite (ridge and non terrace)	US1T5	1				
	US2T5	9				
	US3T5	31				
	US4T5	44				
	US5T5	82				
	sub-total	167	Total		11,116	

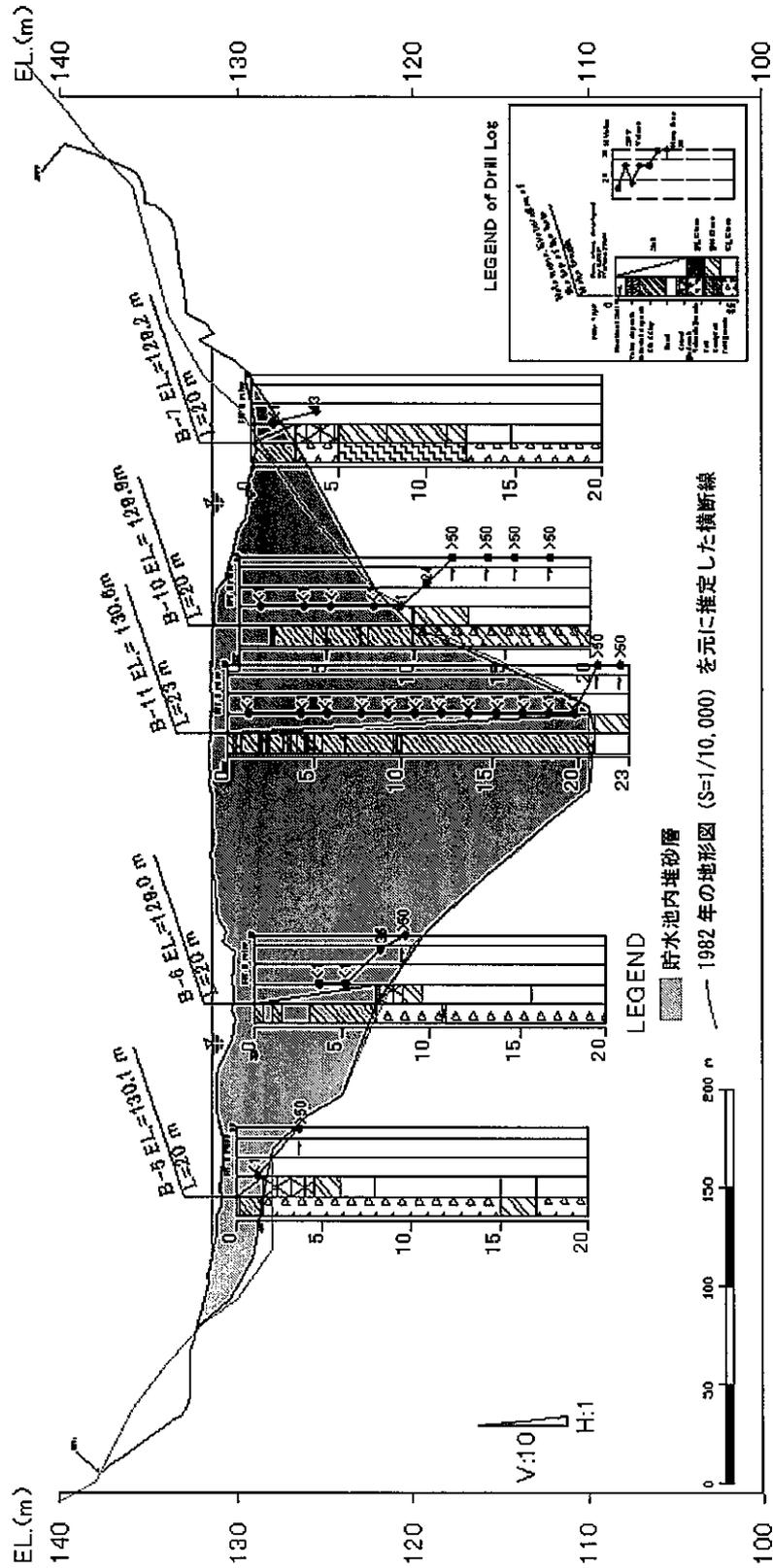
出典: JICA 調査団

付図



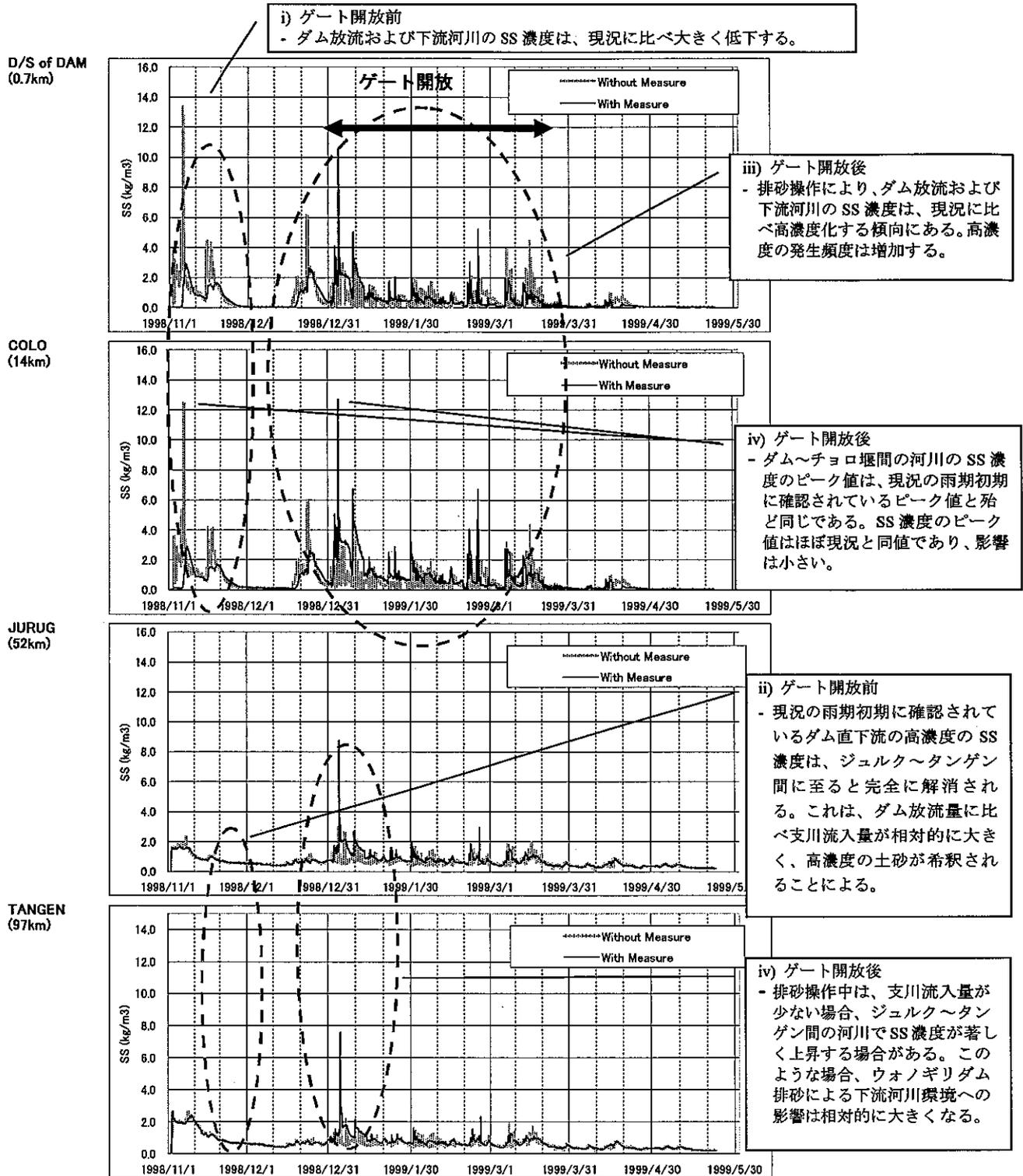
出典: JICA 調査団

図 29 新設スピルウェイ地点の地質縦断面図



出典: JICA 調査団

図 30 締切堤地点の地質縦断図



注: “Without Measure” のデータは、現況のダム操作規則に従いダム放流を実施した場合のダム下流河川の濁度解析結果である。“With Measure”のデータは、堆砂対策（新設ゲート付貯砂ダム案）実施後を想定したダム下流河川の濁度度解析結果である。

出典: JICA 調査団

図 31 豊水年 (1998/1999) における現況と堆砂対策実施後のダム下流河川の SS 濃度変動の比較結果

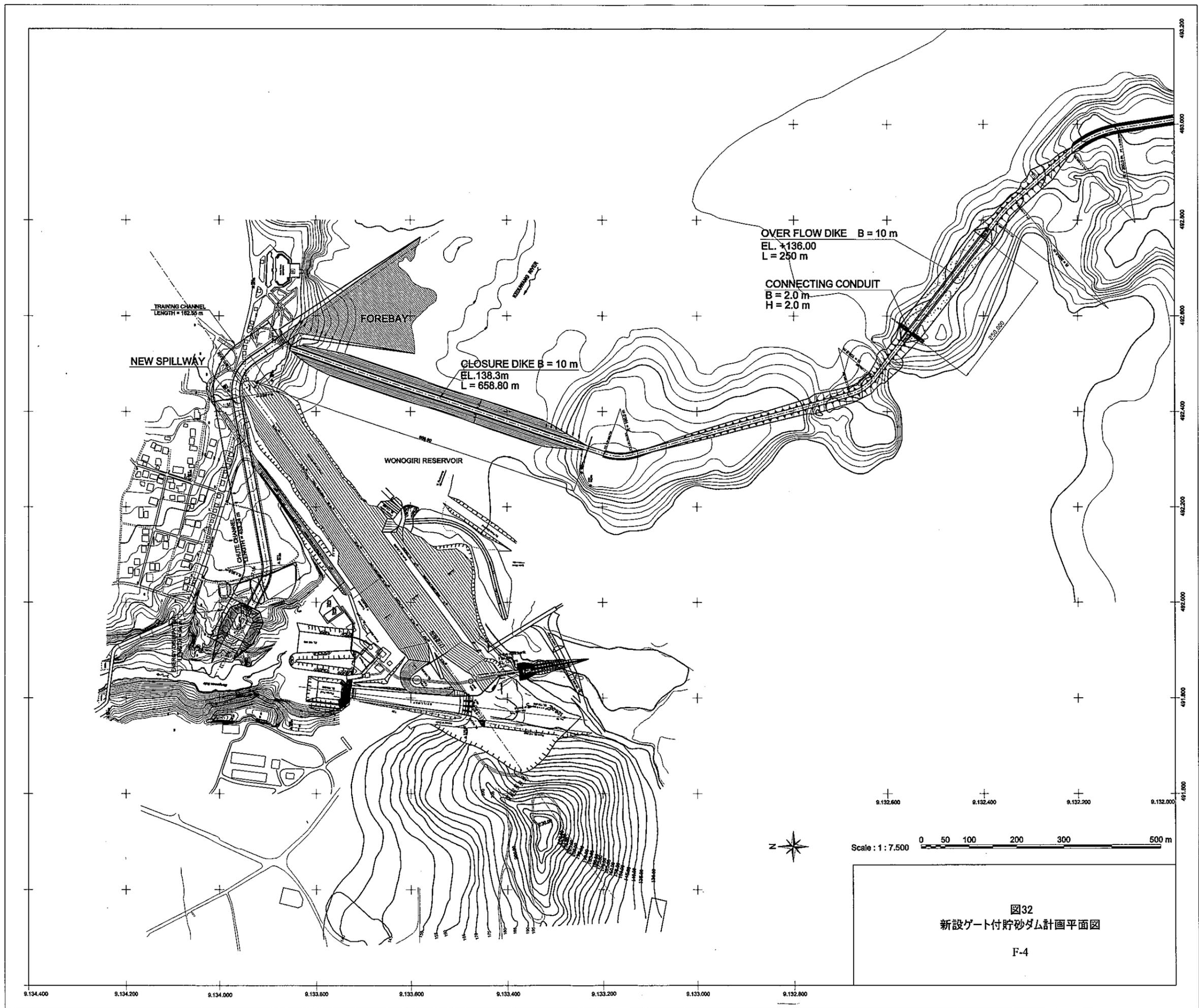


図32  
 新設ゲート付貯砂ダム計画平面図

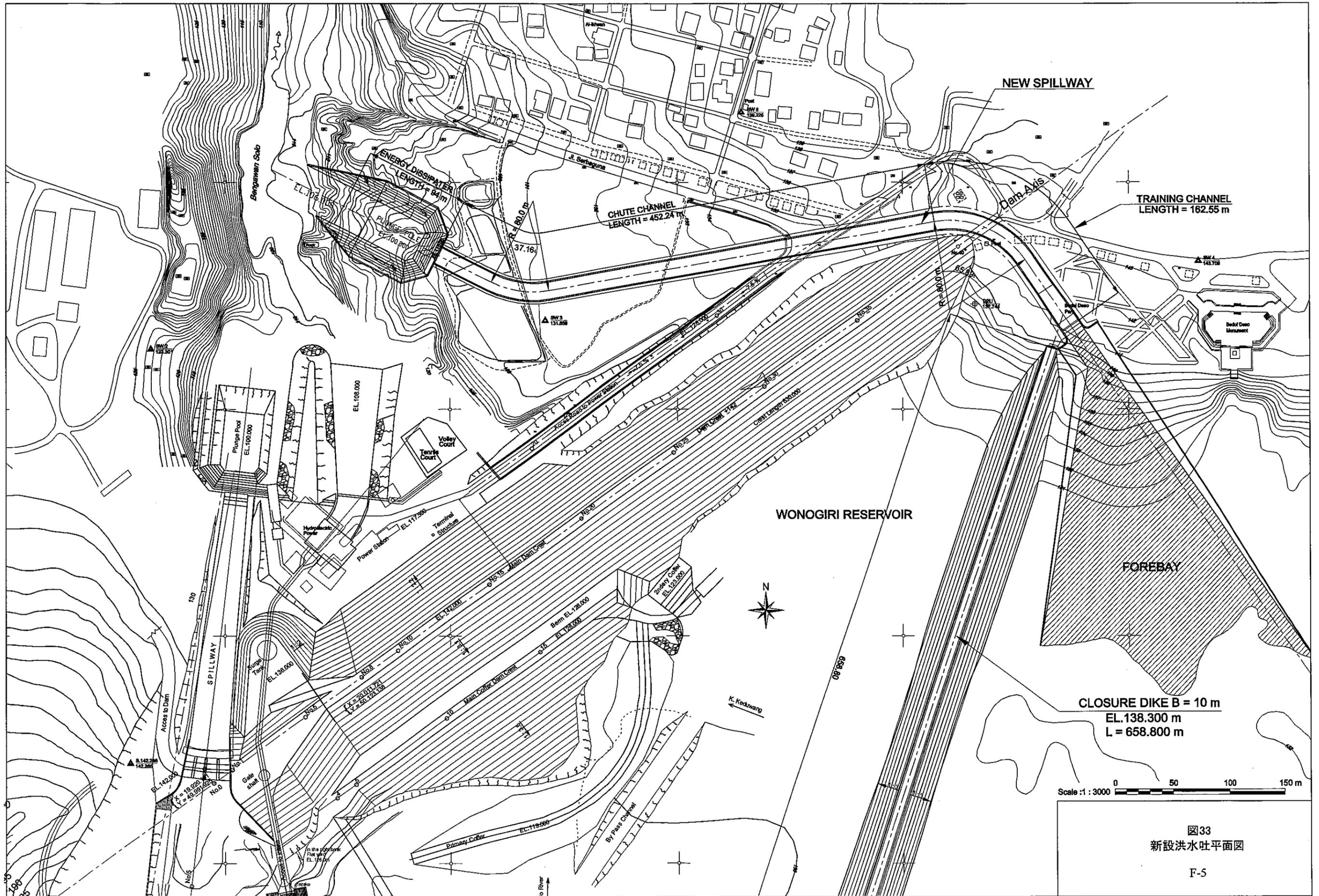
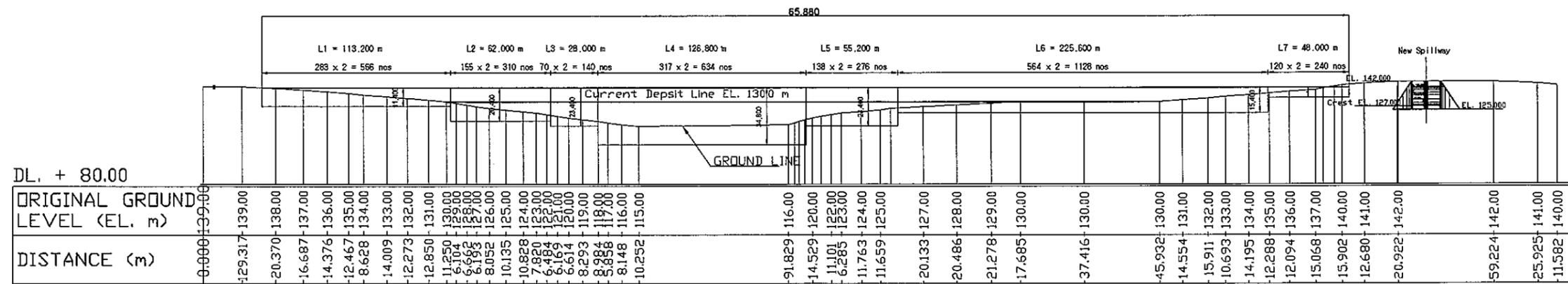
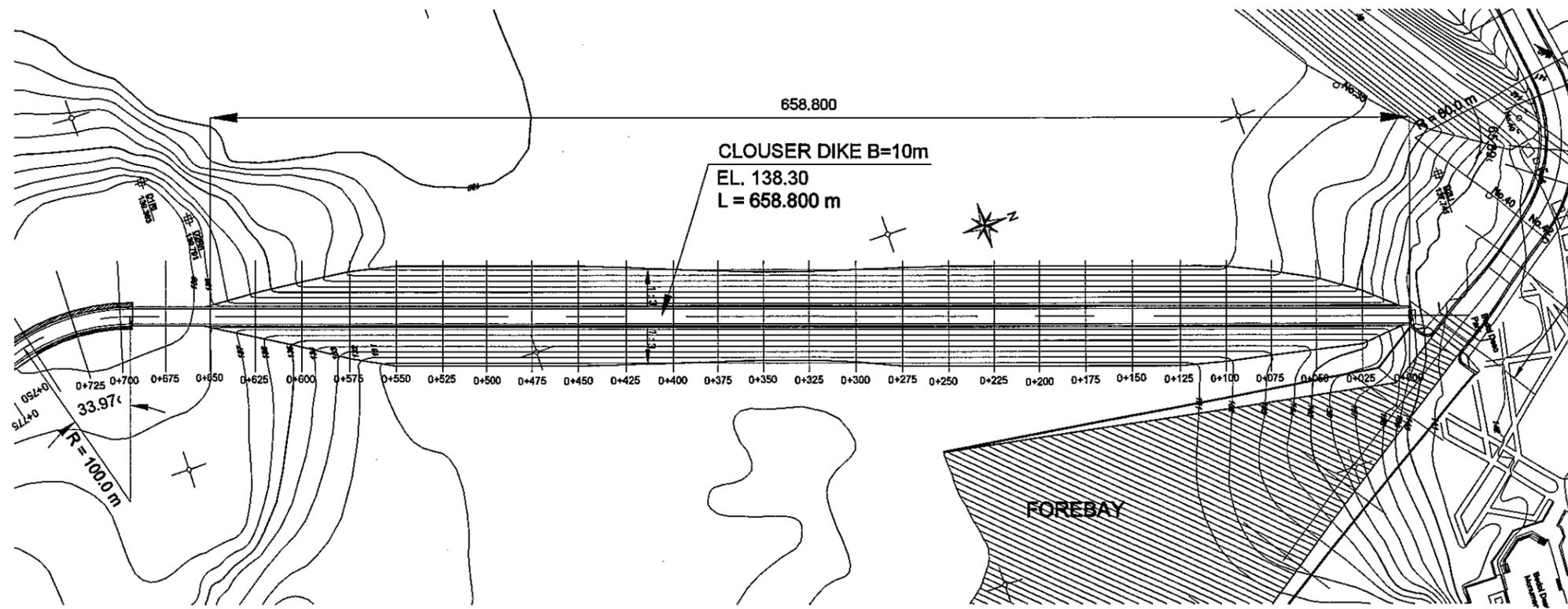


図33  
新設洪水吐平面図

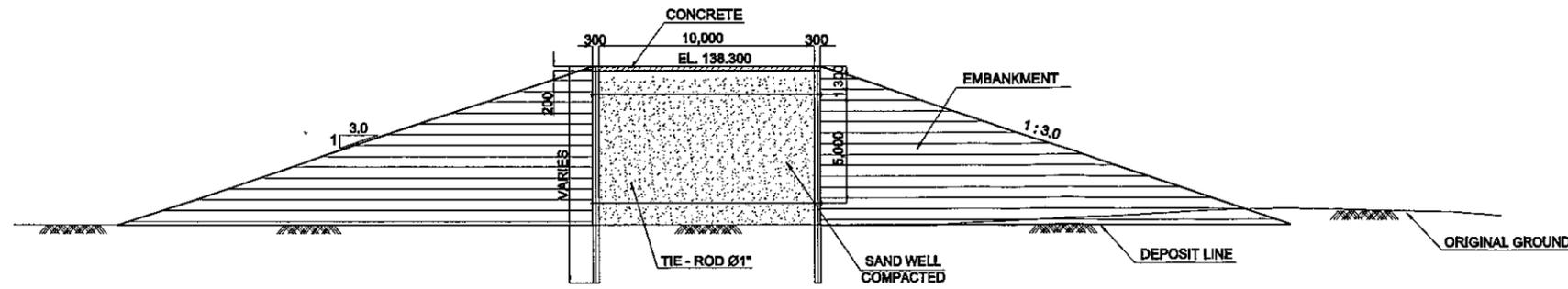
# PLAN OF CLOSURE DIKE

SCALE : 1 : 3000



## LONGITUDINAL PROFILE OF CLOSURE DIKE

Scale : 1 : 2500

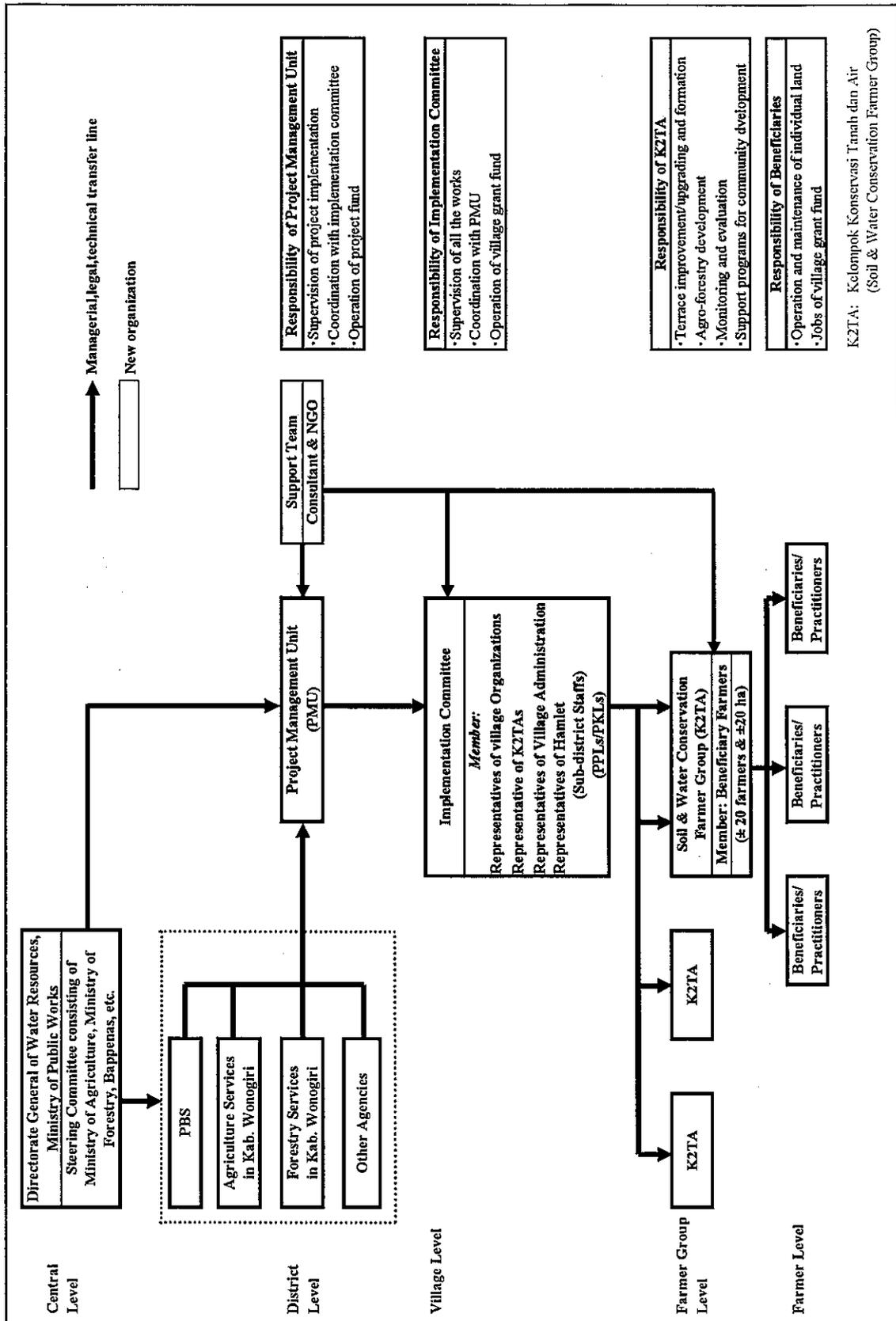


## TYPICAL CROSS SECTION

Scale : 1 : 300

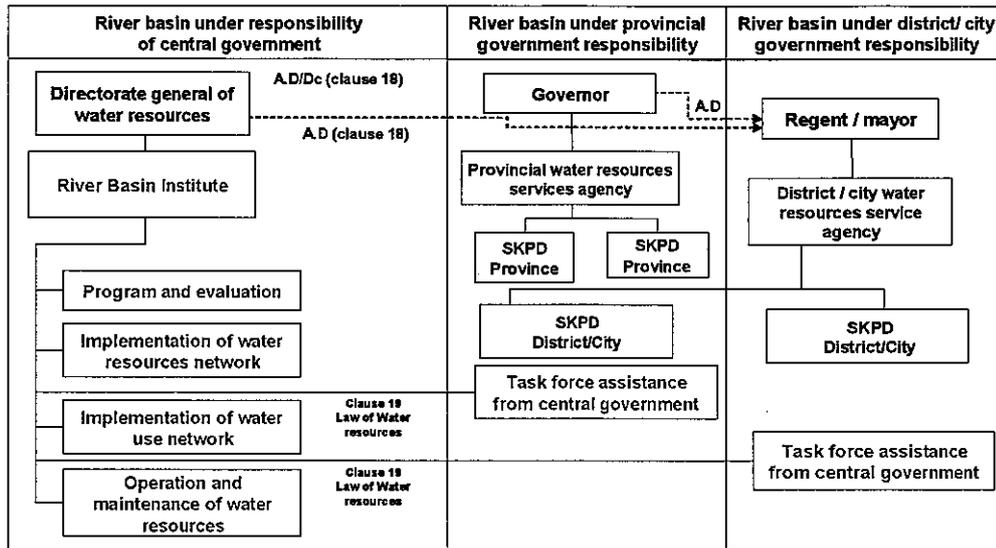
図34 締切堤平面図・構造図





出典: JICA 調査団

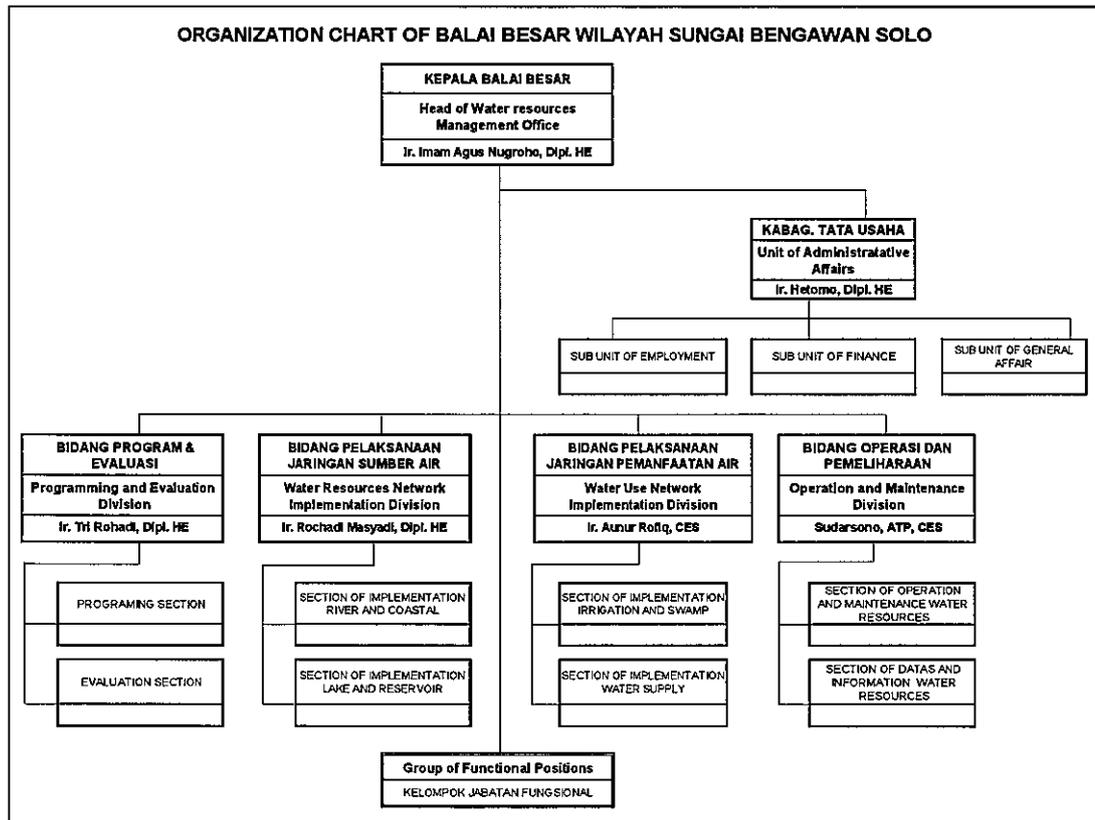
図 37 流域保全事業の村落、現地レベルにおける実施体制



注: 中央政府、州、県/市レベルにおける技術的な実施機関 (Technical Implementation Unit : UPT)は、  
 (1) 州政府の作業部署 (SKPD Prov.) が、州の水資源局下における技術的な実施機関 (UPT) である。その管理区域は関係する河川流域である。例えば、SKPD Porong の管理区域は Porong 川流域となる。  
 (2) 県/市レベルの作業部署 (SKPD Kab./Kot.) が、県/市レベルの水資源局下における技術的な実施機関 (UPT) である。その管理区域は関係する河川流域である。  
 略語: A.D. = Assistance Task (支援); Dc = deconcentration (分散); Clauses (条項)は水資源法 7/2004 による。

出典: インドネシア国水資源総局

図 38 中央政府、州、県/市レベルの水資源管理組織と流域事務所の関係



出典: ソロ川流域事務所

図 39 ソロ川流域事務所の組織図