

東ティモール民主共和国
インフラストラクチャー省
上下水道衛生局

東ティモール民主共和国
第二次ベモス-ディリ給水施設
緊急改修計画

事業化調査報告書

平成 22 年 12 月
(2010 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 三祐コンサルタンツ

資金
CR(1)
10-011

序 文

独立行政法人国際協力機構は、東ティモール民主共和国政府の第二次ベモス-ディリ給水施設緊急改修計画に係る事業化調査を実施することを決定し、平成22年10月13日から平成22年12月10日まで、株式会社三・コンサルタンツの広田浩介を総括とする調査団を組織しました。

調査団は、東ティモール民主共和国の政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終りに、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22年12月

独立行政法人国際協力機構
資金協力支援部
部長 古賀重成

要 約

(1) 国の概要

東ティモール民主共和国（以下「東ティ」国という。）は、400年以上に及ぶポルトガルの植民地時代から1976年にインドネシア国に併合され、独立抗争を経た後、国連安保理決議による多国籍軍の支援を受けて2002年5月に独立した新しい国である。インドネシアの東端に接し、国土面積約14,600km²、人口約1,065,000人（2008年IMF推定）で、13の県で構成される。首都ディリ市はティモール島のフローレス海に面した北海岸に位置し、南側に標高700～1,000m級の東西方向に連なる山脈を擁している。

ディリ市水道は1999年の独立をめぐる紛争で壊滅的被害を受け、水道システムは完全にマヒ状態となったが、日本を始めとする世界の援助機関により緊急復興支援が図られ、一時の壊滅的な状況を脱したが、大半の給水区域での水量、水圧不足は改善されないままであった。その後、国際協力機構（JICA）およびアジア開発銀行（ADB）によって本格的な既存水道の給配水施設の改修・整備およびインフラストラクチャー省水道衛生局（DNSAS）の人材育成、管理能力強化を図るプロジェクトが開始されたが、DNSASの実施能力は未だ脆弱であり、料金徴収システムの稼働、給配水システムの改修など多くの課題が残されている。

(2) 要請プロジェクトの背景、経緯および概要

「東ティ」国政府の現政権が掲げる開発計画には、長期計画である「開発戦略計画（Stragic Development Plan=SDP 2011-2030）」、中期計画である「セクター投資プログラム（Sector Investment Plan=SIP 2006-2010）」、年次計画である「開発優先課題（National priorities）」があるが、SDPは現在国会承認待ち、また、そのSDPの中で次期SIPの内容を盛り込む予定であるため、当面は、「開発優先課題」がそれらの国家の上位計画を代替している。2010年の開発優先課題の第一位は、「道路と水」であり、「国連ミレニアム開発目標（Millennium Development）」とも照らし合わせ、2015年までに人口の90%に、継続的に安全かつ十分な水へのアクセスを提供することを目的としている（2009年時点で、水道の設置された地域人口は都市部で54%、農村部で46%程度）。

現在稼働しているディリ市水道施設は、近郊河川表流水および地下水を水源とし、約16万人の市民（2006年3月現在の推定値）に日量32,000m³の水を供給している（2007年5月）。本件の改修要請対象である導水施設は、ディリ市人口の約35%にあたる57,000人への給水のために日量約6,200m³を、ベモス川（コモロ川上流部）から取水し、過去に我が国が協力事業を行ったディリ中央浄水場（2000年緊急無償で建設）およびベモス浄水場（「ディリ上水整備計画」で改修）に導水している。このベモス水源系は、インドネシア統治時代の施設が老朽化したことを受けて、日本政府資金によるUNDP緊急無償事業「ディリ水道施設改修計画」（2000年～2003年）で改修されたものである。

しかし、同導水管は2004年および2005年に発生した大規模豪雨の河川氾濫により著しい損傷を受け、DNSASにより応急的な修復が行われて機能は回復しているものの、十分な対応はできていない。一方、ベモス浄水場の下部配水池および弁室は1980年代に築造されたものでありコンク

リートの劣化が著しく漏水も見られることから、早急に更新が必要と評価された。洪水による導水管の折損や老朽化した配水池の崩落が発生した場合、給水システムが機能しなくなる事態が予測され、長期間に及ぶ水供給の停止により、市民の安全な水へのアクセスおよび衛生面の悪化を招くこととなる。

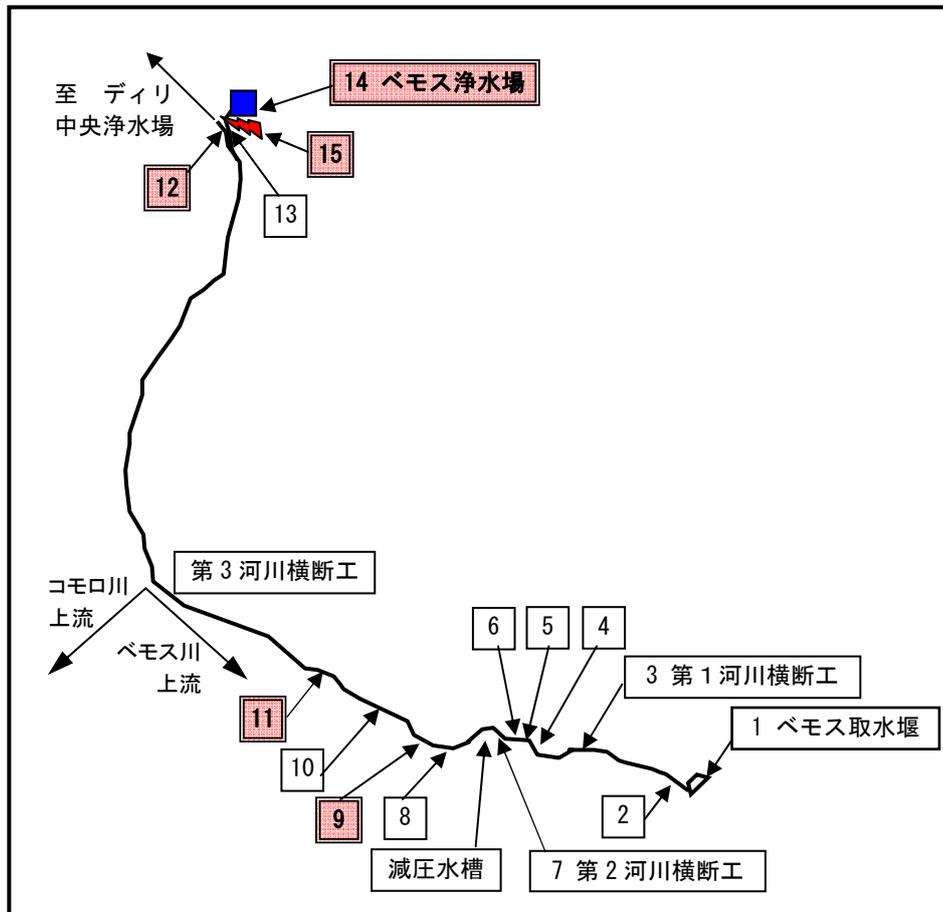
こうした背景から、ディリ市水道の基幹施設であるディリ導水管を防災的な観点から速やかに改修・保護し、洪水が発生した場合にもディリ市のベモス浄水場およびディリ中央浄水場へ安定して原水を供給し続ける機能を確保することを目的として、2006年1月「東ティ」国より日本政府に無償資金協力による事業実施が要請された。これを受け我が国では2007年に予備調査を実施し、事業の重要性、緊急性、妥当性を確認した後、2008年に基本設計調査を実施し、無償資金協力平成21年度東ティモール国「ベモスディリ給水施設緊急改修計画」(以下「平成21年度案件」)が開始された。

平成21年度案件は、E/N(交換公文)、G/A(贈与契約)が2009年5月26日に締結され、2010年1月に着工したものの、雨期の3～5月に掛けて大規模な洪水が発生し、その結果、14箇所の工事対象箇所のうち河川内工事である6箇所が被災し、大幅な設計変更が必要となった。また、ベモス浄水場アクセス道路において地滑りが発生し、車両が通行できない状況が続いており、これに係る対策も必要となった。

前述の設計変更及び新規に発生したベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工による追加経費は、平成21年度案件のE/N金額内で対応出来ない金額となったため、平成21年度案件の協力範囲の一部を除外し、緊急性が高い河川上流部の工事箇所を平成21年度案件の協力範囲とした。このため、平成21年度案件の協力範囲から外された、河川増水による浸食の比較的受けにくい河川中流部の改修箇所、ベモス浄水場関連工事およびベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工が、第二次案件として要請された。

平成21年度案件と第二次案件の対象となる改修箇所

平成21年度案件の当初コンポーネント	平成21年度案件 (設計変更後)	第二次案件
1) ベモス取水堰改修	○	
2) 沈砂池新設	○	
3) 第1河川横断工	○	
4) ベモス川右岸支流横断水管橋による路線変更	○	
5) 管路線変更、上流既設コンクリート擁壁嵩上げ	○	
6) ベモス川右岸河岸段丘部護岸工	○	
7) 第2河川横断工	○	
8) 下流既設コンクリート擁壁嵩上げ、根固め及び管路防護	○	
9) ベモス川左岸河岸段丘上流部管路防護		●
10) ベモス川左岸側河岸段丘下流部管路線変更、管路防護	○	
11) ベモス川左岸側斜面山脚部管路線変更、管路防護		●
12) コモロ川右岸急勾配道路部舗装、防壁		●
13) ベモス川上流部制水弁工、排砂弁工及び空気弁工	○	
14) ベモス浄水場 下部配水地及び弁改修		●
第二次案件での新規コンポーネント		
15) ベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工		●



■ No.9, 11, 12, 14, 15 が第2次案件の対象となる改修箇所
 注) 番号は改修箇所を示しており、1～14 は平成 21 年度案件における当初計画の対象改修箇所

改修箇所概略位置図

(3) 調査結果の概要とプロジェクトの内容

既述した背景から、JICA は第二次ベモスーデイリ給水施設緊急改修計画にかかる事業化調査を行うことを決定し、2010年10月16日から10月24日まで事業化調査団を現地に派遣した。同調査団は「東ティ」国政府側実施機関である DNSAS ならびに関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施した。

平成 21 年度案件では、デイリ市への安定給水を目的とする「東ティ」国の水道分野の国家開発計画の実施に資するため、ベモス取水堰及び取水口からベモス浄水場に至る導水管の改修とベモス浄水場の下部配水池及び弁室の改修が計画された。第二次案件に移された要請箇所の現状、維持管理状況を調査した結果、当初計画どおりの改修計画のままとした。

ベモス浄水場アクセス道路地滑りについては、地質調査および土質調査に基づいて地滑り解析を行った結果、すべり土塊を排除して河床砂礫等の透水性材料で置換し、コンクリート擁壁および滑落崖の斜面崩壊の進行を抑える保護工を計画した。また、地滑り対策工は降雨が本格的に始まる前に完了する必要があること、更にベモス浄水場下部配水池改修工事のアクセス道路確保という目的もあることを踏まえて施工計画を策定した。

確定した協力対象事業の内容は、以下のとおりである。

協力対象事業の内容

施設名	構造細目	内容	区間
1 改修箇所 No.9 ベモス川左岸河岸段丘 (起点から 1,938m 付近)	・練石積護岸工 ・土砂埋戻	・護岸工の設置 ・土砂埋戻による管路の保護	50m
2 改修箇所 No.11 ベモス川左岸側斜面山脚部 (起点から 2,365m～2,570m 区間)	・埋設鋼管 (φ300mm)	・落石の多い区間で当初から露出管として設計された管を移設・埋設	179m
3 改修箇所 No.12 コモロ川右岸急勾配道路部 (起点から 7,000m～7,053m 区間)	・鉄筋コンクリート ・練石積護岸工 ・コンクリート支台	・排水兼用道路の建設 (地覆付コンクリート舗装) ・路側工の設置 ・支台による導水管の支持と保護	100m
4 改修箇所 No.14 ベモス浄水場下部配水池、弁室	・鉄筋コンクリート ・配管及び弁類	・既設と同規模 (有効容量 500m ³) 及び同機能を有する施設に改築	—
5 改修箇所 No.15 地滑り対策工	・擁壁工 ・すべり土塊の撤去 ・法面保護工	・L型擁壁の設置 ・地滑り土塊の撤去、良質土置換 ・フトン籠による法面保護	—

(4) プロジェクトの工期および概算事業費

第二次案件を実施する場合、実施設計に 3.0 ヶ月、建設に 12.0 ヶ月を要する。また、協力対象事業を実施する場合の概算事業費は、2.76 億円 (日本側負担分: 2.75 億円、「東ティ」国側負担分: 0.0117 億円) と見積もられる。

(5) プロジェクトの評価

1) プロジェクトの妥当性

本プロジェクト(平成 21 年度案件と第二次案件)は、ディリ市人口の 35%を占める、ディリ市水道の配水区域 Zone3, Zone 4 の住民 5.7 万人 (2006 年) に、安全で持続的な水供給を確保することを目的とするものであり、「東ティ」国の BHN の向上に寄与するものである。また、給水施設の整備は市民の生活改善につながり、過去に暴動が発生しているディリ市では生活に必要な給水状況の向上は民生の安定をもたらす重要な要因の一つである。

本プロジェクトの対象施設が配置されているベモス川は急流河川であり、毎年雨期に発生する洪水が施設に与える影響が大きいことから、これまでに被災した施設の補修を速やかに実施する必要がある。更に、ベモス浄水場の下部配水池および弁室は劣化が進んでおり放置した場合は崩壊の危険もあることから早急な改修が求められる。また、地滑り対策工は浄水場の唯一のアクセス道路を確保するために必要である。

本プロジェクトの実施により改修される取水・導水施設は、これまでと同様に自然流下方式を採用しており、取水口の改良や排砂施設の追加によって定期的な排砂作業を容易にするものであり、管理担当部局である DNSAS の維持管理作業員および現在の予算に基づいて維持管理を行うことが可能である。また、ベモス浄水場の下部配水池および弁室についても現状の配水

方式から変更はなく、現任の浄水場運転員によって日常の保守操作を行うことが可能である。

「東ティ」国では国家開発計画の優先目標の一つである国民の健康の充実を達成するための戦略として都市人口の 80%が安全な水に 24 時間アクセス可能となることが目標に挙げられており、本プロジェクトの実施は上記の目標達成に資するものである。

以上のことから、協力対象事業の一部に対して我が国の無償資金協力が実施されることの意義は大きく、妥当なものである。

2) プロジェクトの有効性

平成 21 年度案件と本案件の実施により、ベモス川を水源とする給水施設が改修され、以下の効果が期待できる。

① 定量的効果

- ・ 導水管の被災箇所が改修・保護されることにより洪水時にも管が折損することなく、安定的かつ持続的な給水が可能となる。
- ・ 沈砂地及び排砂管の設置により管内の土砂流入が解消され、導水量が改善されるとともに、排砂作業が容易になることから、導水の年間停止日数を減らすことが可能となる。

定量的効果の指標

指標名	基準値(2009 年)	目標値(2013 年)
導水量	7.8 千 m ³ /日	8.8 千 m ³ /日
年間取水停止日数	7 日	0 日

② 定性的効果

- ・ ベモス導水管が改修され強固な施設となることにより、ディリ市水道への原水供給が安定し、ひいてはディリ市の給水・衛生の改善に貢献する。
- ・ 原水供給が安定することにより、水道施設の計画的な運転管理と給水が可能になり、水道衛生局の行う水道料金徴収体系の確立に寄与する。

以上のことから、本プロジェクトの妥当性は高く、また有効性も見込まれると判断される。

目 次

序 文

要 約

目 次

図表リスト/略語集

位置図/完成予想図/写真

頁

第1章 プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-1
1-1-3 社会経済状況	1-3
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要	1-4
1-3 我が国の援助動向	1-5
1-4 他ドナーの援助動向	1-6
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-2
2-1-3 技術水準	2-3
2-1-4 既存施設・機材	2-4
2-1-4-1 ディリ市の給水状況	2-4
2-1-4-2 第二次案件対象の改修施設の現状	2-5
2-1-4-3 運営・維持管理の状況	2-7
2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺状況	2-9
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-9
2-2-2 自然条件	2-10
2-2-3 環境社会配慮	2-16
2-3 その他（グローバルイシュー等）	2-17
第3章 プロジェクトの内容	3-1
3-1 プロジェクトの概要	3-1
3-1-1 上位目標とプロジェクト目標	3-1
3-1-1-1 プロジェクトの上位目標	3-1
3-1-1-2 プロジェクト目標	3-1
3-1-2 プロジェクトの概要	3-2

3-2	協力対象事業の概略設計	3-4
3-2-1	設計方針	3-4
3-2-1-1	要請範囲	3-4
3-2-1-2	導水管改修の基本方針	3-4
3-2-1-2-1	改修の基本方針	3-4
3-2-1-2-2	適用基準	3-4
3-2-1-2-3	洗掘・転石・落石に対する導水管の保護工の方針	3-5
3-2-1-2-4	管路移設および路線変更に関する方針	3-6
3-2-1-2-5	導水管管理施設の方針	3-7
3-2-1-3	ベモス浄水場下部配水池および弁室の改修方針	3-8
3-2-1-3-1	改修の基本方針	3-8
3-2-1-3-2	適用基準	3-8
3-2-1-4	ベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工の方針	3-8
3-2-1-5	自然条件に対する方針	3-10
3-2-1-6	社会経済条件に対する方針	3-10
3-2-2	基本計画（施設計画）	3-11
3-2-2-1	取水計画	3-11
3-2-2-2	設計洪水量	3-11
3-2-2-2-1	改修計画の対象とする超過確率年	3-11
3-2-2-2-2	ベモス取水堰地点の設計洪水量	3-12
3-2-2-2-3	支流の設計洪水比流量	3-13
3-2-2-2-4	各地点の設計洪水量および支配流量	3-13
3-2-2-3	基本計画における河川横断形	3-14
3-2-2-3-1	河川横断形	3-14
3-2-2-3-2	使用公式	3-14
3-2-2-3-3	各地点の水理諸元（流量、流速、限界掃流粒径など）	3-15
3-2-2-4	護岸工の選定	3-15
3-2-2-4-1	護岸工のタイプ	3-15
3-2-2-4-2	護岸工の最大許容流速	3-16
3-2-2-5	護床工の選定	3-20
3-2-2-5-1	護床工のタイプ	3-20
3-2-2-5-2	護床工の規格	3-20
3-2-2-5-3	護床工の適用条件	3-21
3-2-2-6	導水管の改修計画	3-22
3-2-2-6-1	導水方式	3-22
3-2-2-6-2	施設改修計画	3-26
3-2-2-7	ベモス浄水場下部配水池および弁室の改修計画	3-30
3-2-2-7-1	ベモス浄水場からの配水計画	3-30
3-2-2-7-2	ベモス浄水場配水池の改修範囲の検討	3-31

3-2-2-7-3	下部配水池の配置・構造	3-32
3-2-2-7-4	配管系統と運用	3-39
3-2-2-8	ベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工	3-41
3-2-2-8-1	地滑り対策工の方針	3-41
3-2-2-8-2	地滑り前の土質強度の推定	3-41
3-2-2-8-3	地滑り土塊の安定性	3-42
3-2-2-8-4	地滑り対策工の比較	3-43
3-2-2-8-5	地滑り対策工の基本設計	3-47
3-2-3	概略設計図	3-49
3-2-4	施工計画／調達計画	3-60
3-2-4-1	施工方針／調達方針	3-60
3-2-4-1-1	施工方針	3-60
3-2-4-1-2	現地建設業者の活用方針	3-61
3-2-4-1-3	技能工および技術者の派遣方針	3-62
3-2-4-1-4	調達方針	3-62
3-2-4-1-5	工期に係る方針	3-62
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	3-64
3-2-4-2-1	ベモス川の流量	3-64
3-2-4-2-2	断水時間の制限	3-64
3-2-4-2-3	配水池における仮送水設備の設置	3-64
3-2-4-2-4	既設下部配水池の撤去	3-64
3-2-4-2-5	事業用骨材・石材の採取	3-65
3-2-4-2-6	立木補償・用地補償	3-65
3-2-4-2-7	高温下でのコンクリート打設	3-65
3-2-4-2-8	仮設ヤード	3-65
3-2-4-2-9	建設作業員	3-65
3-2-4-2-10	輸送と通関	3-66
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	3-66
3-2-4-3-1	日本国側負担事項	3-66
3-2-4-3-2	「東ティ」国側負担事項	3-67
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	3-67
3-2-4-4-1	施工監理体制および留意点	3-67
3-2-4-4-2	実施設計	3-67
3-2-4-4-3	施工監理	3-68
3-2-4-5	品質管理計画	3-68
3-2-4-6	資機材等調達計画	3-69
3-2-4-6-1	工事資機材の調達	3-69
3-2-4-6-2	工事用建設機械の調達	3-71
3-2-4-7	実施工程	3-72

3-3	相手国側分担事業の概要	3-73
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-74
3-4-1	維持管理体制・人員配置	3-74
3-4-2	運営・維持管理の内容	3-74
3-5	プロジェクトの概略事業費	3-76
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3-76
3-5-1-1	日本国負担経費	3-76
3-5-1-2	「東ティ」国負担経費	3-76
3-5-1-3	積算条件	3-76
3-5-2	運営・維持管理費	3-77
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	3-78

第4章	プロジェクトの評価	4-1
4-1	プロジェクトの前提条件	4-1
4-1-1	事業実施のための前提条件	4-1
4-1-2	プロジェクト全体計画達成のための外部条件	4-1
4-2	プロジェクトの評価	4-3
4-2-1	プロジェクトの妥当性	4-3
4-2-2	プロジェクトの有効性	4-4

[資料]

1.	調査団員・氏名	A1-1
2.	調査行程	A2-1
3.	関係者（面会者）リスト	A3-1
4.	討議議事録（M/D）	A4-1
4-1	事業化調査現地調査時	A4-2
4-2	事業化調査概要説明時	A4-14
5.	参考資料	A5-1

図表リスト

図リスト

図 2-1.1	インフラストラクチャー省組織図.....	2-1
図 2-1.2	DNSAS 組織図.....	2-2
図 2-1.3	ディリ市水道 配水区域概念図.....	2-4
図 2-2.1	Mackintosh probe test N 値ヒストグラム.....	2-14
図 2-2.2	地質平面図.....	2-15
図 3-1.1	ベモスーディリ給水施設改修箇所概略位置図.....	3-3
図 3-2.1	地滑り対策工の設計方針概念図.....	3-9
図 3-2.2	基本計画河川横断面.....	3-14
図 3-2.3	現場打ち十字コンクリートブロック.....	3-20
図 3-2.4	水理縦断模式図.....	3-23
図 3-2.5	ベモス導水管圧力線図.....	3-25
図 3-2.6	改修箇所 No. 9 の計画断面図.....	3-26
図 3-2.7	改修箇所 No. 11 の計画断面図.....	3-27
図 3-2.8	コモロ川右岸急勾配道路標準断面図.....	3-27
図 3-2.9	ベモス浄水場 配水区域 (Zone 3) 概念図.....	3-31
図 3-2.10	現行案件詳細設計時の設計変更箇所.....	3-35
図 3-2.11	ベモス浄水場配置図.....	3-36
図 3-2.12	下部配水池 基本計画図.....	3-37
図 3-2.13	下部配水池 配管計画図.....	3-38
図 3-2.14	ベモス浄水場の配管系統図.....	3-40
図 3-2.15	安定計算結果 <CASE 1 : 地滑り発生前の斜面の安全性>.....	3-42
図 3-2.16	安定計算結果 <CASE 2 : 地滑り発生後の地形の安全性>.....	3-43
図 3-2.17	地滑り防止対策工法の種類 (土地改良事業計画基準 農地地すべり防止対策).....	3-44
図 3-2.18	安定計算結果 <CASE 3 : 地滑り対策後の斜面の安全性>.....	3-47
図 3-2.19	地滑り対策工の擁壁標準断面.....	3-48
図 3-2.20	地滑り斜面上部の法面保護工標準断面.....	3-48
図 3-2.21	ディリの過去 5 年の平均月降雨量 (2003-2007 年).....	3-62
図 3-2.22	水文観測所位置と等降雨量曲線図.....	3-63
図 3-2.23	事業実施工程表.....	3-72

表リスト

表 1-1.1	ディリ市水道の最優先プロジェクト	1-3
表 1-2.1	平成 21 年度案件と第二次案件の対象となる改修箇所	1-5
表 1-3.1	技術協力・有償資金協力の実績（給水・衛生分野）	1-6
表 1-3.2	無償資金協力の実績（給水・衛生分野）	1-6
表 1-4.1	他ドナー国・国際機関の援助実績（給水・衛生分野）	1-7
表 2-1.1	DNSAS の年間予算	2-3
表 2-1.2	ディリ市の給水施設	2-4
表 2-1.3	ディリ市の人口と水需要	2-5
表 2-2.1	ディリの月平均気温、月最高気温および月最低気温(2004 年)	2-10
表 2-2.2	ディリの月別降雨量	2-11
表 2-2.3	ベモス川取水点における水質計測結果（現位置試験）	2-11
表 2-2.4	コモロ川流域の地質状況	2-12
表 2-2.5	「東ティ」国周辺の地震発生記録（インドネシアを含む）	2-13
表 2-2.6	Mackintosh probe test 試験結果一覧表	2-14
表 2-2.7	土質試験結果一覧表	2-14
表 2-2.8	プロジェクトによる社会環境への影響	2-16
表 2-2.9	プロジェクトによる自然環境への影響	2-17
表 2-2.10	プロジェクトによる公害発生の可能性	2-17
表 3-1.1	DNSAS の優先プロジェクト	3-1
表 3-1.2	協力対象事業(第二次案件)の内容	3-2
表 3-2.1	高水敷の護岸工	3-5
表 3-2.2	雨期、乾期の期間と平均月間降雨量	3-10
表 3-2.3	河川の重要度と計画の規模	3-11
表 3-2.4	河川の種類と重要度	3-11
表 3-2.5	ディリ降雨量観測データによる確率最大日降雨量	3-12
表 3-2.6	コモロ川流域面積	3-12
表 3-2.7	ベモス取水堰地点の洪水量の解析結果	3-13
表 3-2.8	各地点の設計洪水量および支配流量	3-14
表 3-2.9	各地点の設計洪水および支配流量の水理諸元	3-15
表 3-2.10	護岸工法設計流速関係表（設計流速：計画洪水量時の流速）	3-16
表 3-2.11	主な材料の最大許容流速（用水路最大流量時の流速）	3-17
表 3-2.12	護岸工の適用条件表（支配流量時の流速）	3-18
表 3-2.13	河川護岸工法	3-19
表 3-2.14	捨石護床工の最大許容流速（計画洪水量時の流速）	3-21
表 3-2.15	現場打コンクリートブロック護床工の最大許容流速（計画洪水量時の流速）	3-21
表 3-2.16	護床工の適用条件表（計画洪水量時の流速）	3-22
表 3-2.17	導水管の管種・管径・延長	3-22
表 3-2.18	ベモス導水管の水理計算	3-23
表 3-2.19	導水管の強度 GSP ϕ 300mm	3-24

表 3-2. 20	導水管の強度 GSP ϕ 250mm.....	3-24
表 3-2. 21	アクセス道路の縦断勾配比較表.....	3-29
表 3-2. 22	ベモス浄水場の計画配水量.....	3-30
表 3-2. 23	ベモス浄水場からの配水の水質目標値 (WHO 飲料水水質ガイドライン値).....	3-31
表 3-2. 24	ベモス浄水場内の配水池の状況.....	3-32
表 3-2. 25	ベモス浄水場下部配水池および弁室の物理的評価.....	3-32
表 3-2. 26	計画下部配水池の諸元.....	3-35
表 3-2. 27	下部配水池の材料および工法.....	3-39
表 3-2. 28	下部配水池の配管系統.....	3-39
表 3-2. 29	下部配水池の運転操作方法.....	3-40
表 3-2. 30	抑止工の工法比較検討結果.....	3-46
表 3-2. 31	概略設計図面一覧.....	3-49
表 3-2. 32	雨期と乾期の期間および平均月間降雨量.....	3-62
表 3-2. 33	ディリの降雨量の記録 (2003 年~2007 年).....	3-64
表 3-2. 34	送水量.....	3-64
表 3-2. 35	日本国側負担事項.....	3-66
表 3-2. 36	品質管理計画の内容.....	3-68
表 3-2. 37	主要資材の調達区分.....	3-70
表 3-2. 38	主要なコンクリートの規格.....	3-70
表 3-2. 39	建設機械の調達区分表.....	3-71
表 3-4. 1	ベモス導水管およびベモス浄水場の維持管理体制・人員配置.....	3-74
表 3-4. 2	ベモス取水堰および導水管の運営・維持管理の内容.....	3-74
表 3-4. 3	ベモス浄水場下部配水池および弁室の運営・維持管理の内容.....	3-75
表 3-5. 1	ベモス導水管およびベモス浄水場に係る維持管理費.....	3-77
表 4-2. 1	定量的効果の指標.....	4-4

略語集

略語

インフラストラクチャー省	Ministry of Infrastructure (MOI)
水道衛生局	National Directorate of Water and Sanitation (DNSAS)
水道衛生サービス局	Water and Sanitation Service(WSS)
経済開発省	Ministry of Economy and Development (MOED)
国家環境サービス	National Directorate for Environmental Service (NDES)
財務省	Ministry of Planning and Finance (MPF)
初期環境影響調査	Initial Environmental Examinations (IEE)
環境影響評価	Environmental Impact Assessment (EIA)
環境管理計画	Environmental Management Plan (EMP)
環境開発審査担当局	Secretary of State for Environmental Coordination, Territorial Ordering and Physical Development (SSECTOPD)
交通・公共事業省	Ministry of Transport, Communications and Public Works (MTCPW)
東ティモール統合基金	Consolidated Fund of East Timor (CFET)
東ティモール信託基金	Trust Fund for East Timor (TFET)
オーストラリア国際開発庁	Australian Agency for International Development (AusAID)
合衆国国際開発庁	United States Agency for International Development (USAID)
合衆国東ティモール支援グループ (米国国防総省)	United States Support Group East Timor (USGET)
カナダ国際開発庁	Canadian International Development Agency(CIDA)
ドイツ技術協力公社	Geutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit(GTZ)
欧州委員会人道支援事務局 (EU)	European Commission Humanitarian Aid department (ECHO)
国際協力機構	Japan International Cooperation Agency (JICA)
国際連合	United Nations(UN)
国際連合東ティモール暫定行政機構	United Nations Transitional Administration in East Timor (UNTAET)
国際連合開発計画	United Nations Development Programme (UNDP)
国際連合児童基金	United Nations Children's Fund(UNICEF)
国際連合プロジェクト・サービス機関	United Nations Offices of Project Services (UNOPS)
アジア開発銀行	Asian Development Bank (ADB)
非政府組織、民間非営利団体	Nongovernmental Organization(NGO)
赤十字国際委員会	International Committee of the Red Cross(ICRC)
国家開発計画	National Development Plan (NDP)
セクター投資計画	Sector Investment Program (SIP)
年次行動計画	Annual Action Plan (AAP)
村落共同体給水・衛生プロジェクト	Community Water Supply & Sanitation Project (CWSSP)
村落共同体権限委譲 ・地方統治プロジェクト	Community Empowerment and Local Governance Project(CEP)
国内避難民	Internally Displaced People (IDP)
技術協力	Technical Assistance(TA)
運営・維持管理	Operation and Maintenance (O/M)

単 位

mm	millimeter	sec	second
cm	centimeter	min	minute
m	meter	hr	hour
km	kilometer	m/sec	meter per second
cm ²	square centimeter	m ³ /sec	cubic meter per second
km ²	square kilometer	kg	kilogram (=1,000 g)
m ³	cubic meter	kgf	kilogram force
t	ton (1,000 kg)	tf	ton force
N	newton	kN	kilonewton
L	liter	P	pascal
L/sec	liter per second	%	percent
Lpcd	Liter per Capita per Day		

通 貨

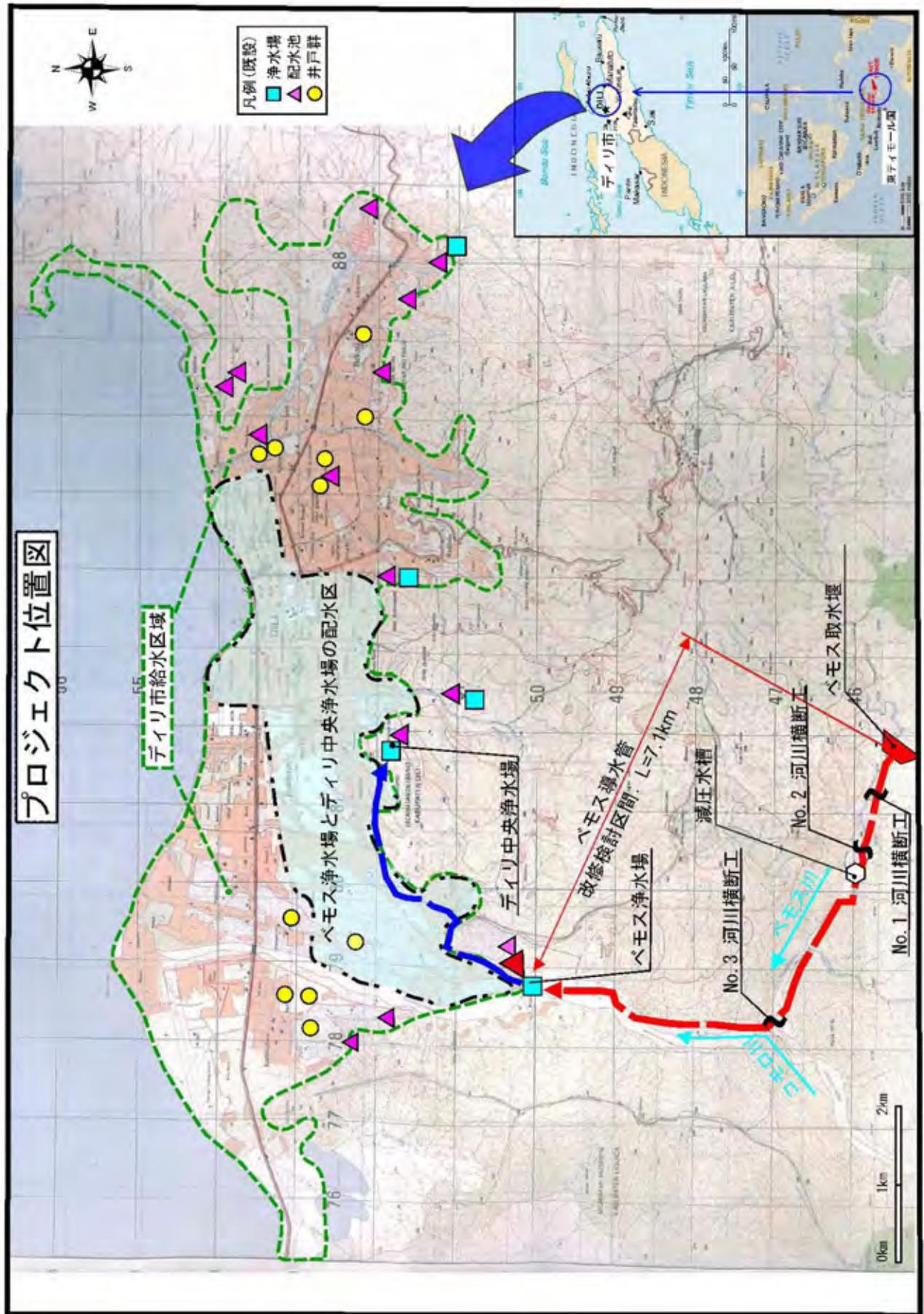
日本円	Japanese Yen (J. Yen)
アメリカ・ドル	US Dollar (US\$)

換算率

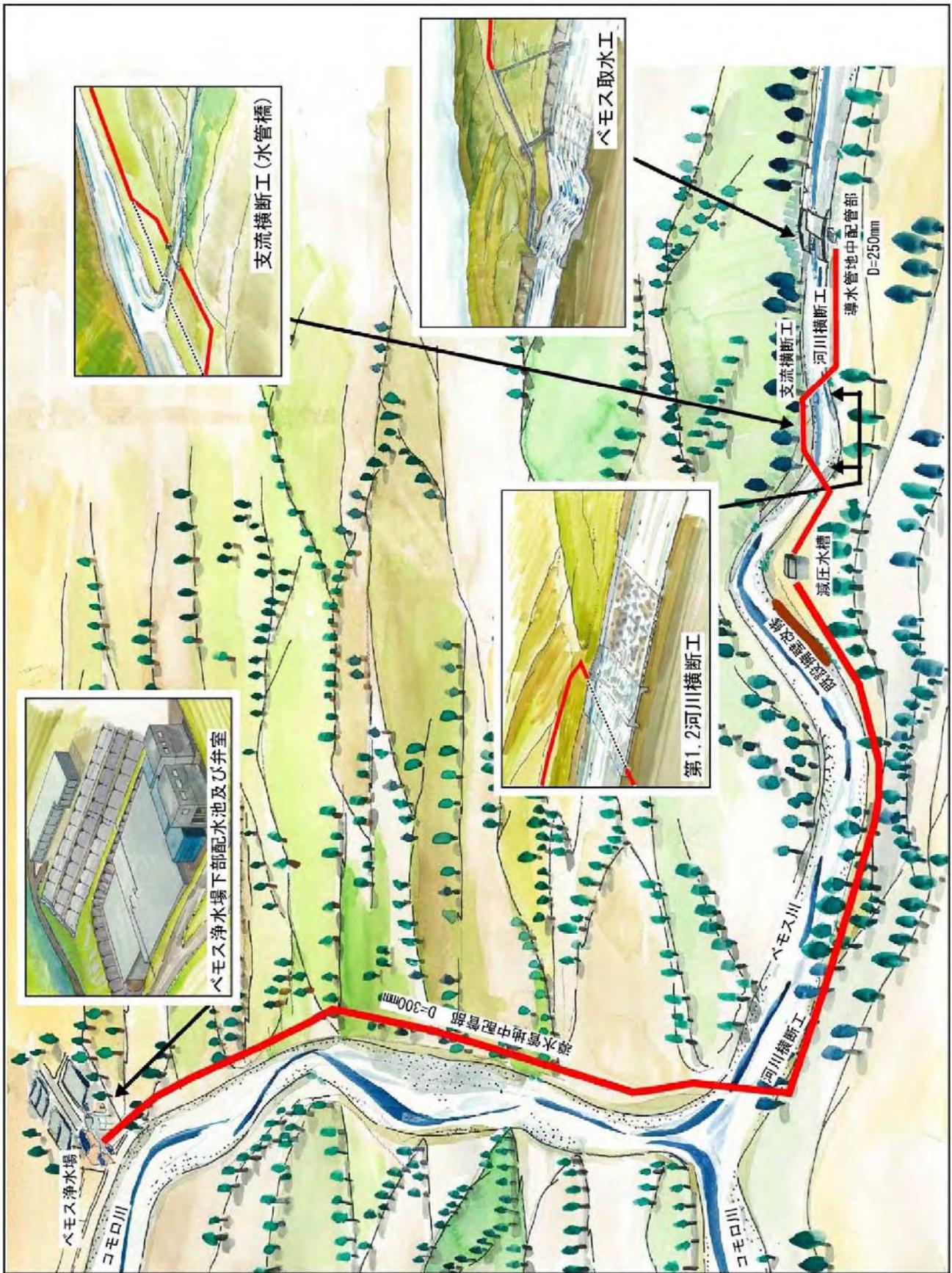
US\$ = J. Yen 89.91

位置図／完成予想図

(位置図)



(完成予想図)



ベモスデーデイリ給水施設 緊急改修計画 完成予想図



改修箇所 No.11

【写真-1：ベモス川左岸斜面山脚部】
当初から管が露出している区間であるが、周辺には落石が散在しており巨岩が管の上に落ちてきた箇所もある。



改修箇所 No.12

【写真-2：コモロ川右岸急勾配部】
雨期の強雨と車輛通行により未舗装路が浸食されて埋設管が露出している。車両が管路上を走行しているのに加え道路が浸食、崩壊して管が折損する可能性がある。



改修箇所 No.14

【写真-3：ベモス浄水場配水池】
下部配水池及び弁室は劣化が進んでおり、コンクリートの剥落が広い範囲に及ぶ箇所では天井が崩落する危険がある。内壁には補修跡や亀裂があり、弁室側の外壁には漏水が生じている。



改修箇所 No.15

【写真-4：浄水場アクセス道路地滑り】
ベモス浄水場アクセス道路横の斜面において地滑りが発生し、道路を塞いでいる。地滑り直後の土砂は大量の水を含んでドロ状になっていたが、乾期に乾燥が進んで安定化している。しかし、土塊内部は湿潤しており、雨期の降雨でまた軟弱化する。

第 1 章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

ディリ市水道は 1999 年以降の東ティモール民主共和国（以下「東ティ」国という）のインドネシアからの独立をめぐる紛争で壊滅的被害を受け、水道システムは完全にマヒ状態となった。この状態から立ち直るため、日本を始めとする世界の援助機関により緊急復興支援が図られ、一時の壊滅的な状況を脱することができた。しかし、ディリ市は、家屋を失った多くの市民であふれ、水道顧客登録さえも実施できない状況のまま、水道水は無償で給水されたが、節水意識の不足、老朽管からの漏水、配水管、給水管の整備の遅れ等により、給水状況は依然、暴動前の水準以下、大半の給水区域での水量、水圧不足は改善されないままであった。その後、JICA および ADB によって本格的な既存水道の給配水施設の改修・整備およびインフラストラクチャー省水道衛生局（DNSAS）の人材育成、管理能力強化を図るプロジェクトが開始された。

2004 年に施行された水道法に基づき、「東ティ」国全土の水供給と衛生については DNSAS が責任を有するが、ディリ市水道は約 16 万人の市民に日量 32,000m³の水を供給している（2007 年 5 月時点）。2006 年のディリ市の水道普及率は 70%（2006 年 SIP レポート）、有効率は 36%程度と推定されている。

このように、ディリ市の水道を始めとして、「東ティ」国の給水・衛生分野は多くの外国からの援助により復旧、改善が進められてきているが、ドナーによる多額の投資のわりに水状況の改善が遅れている事実も指摘されている（2006 年 9 月 ADB Audit Report）。また、行政サービスの所管官庁である DNSAS の実施能力は未だ脆弱であり、その職員の能力向上、料金徴収システムの稼働、給配水システムの改修など多くの課題が残されている。

1-1-2 開発計画

東ティモール政府は、2002 年 5 月に 2002/03 年度から 2006/07 年度にわたる「国家開発計画（NDP：National Development Plan）」を作成し、「貧困削減」及び「公平・持続可能な経済成長」の目標を定めた。また、PRSP をモデルとして 8 分野の開発戦略、行程表として詳細実施計画を取りまとめた。その後、現政権は長期開発計画として「開発戦略計画（Strategic Development Plan：SDP）」を作成し、現在国会承認待ちとなっている。なお、中期計画である「セクター投資プログラム（Sector Investment Plan; SIP 2006-2010）」については、SDP の中で次期 SIP の内容が盛り込まれる予定となっている。

このため 2007 年の現政権発足後は、2008 年 3 月時の開発パートナー会合から単年ベースで定められている「国家優先課題（National Priorities）」が実質的な国家開発の指針となっている。2010 年の開発優先課題の第一位は、「道路と水」であり、「国連ミレニアム開発目標（Millennium Development）」とも照らし合わせ、2015 年までに人口の 90%に、継続的に安全かつ十分な水へのアクセスを提供することを目的としている（2009 年時点で、水道の設置された地域人口は都市部で 54%、農村部で 46%程度）。

(1) 国家開発計画 (National Development Plan, 2002 年 5 月)

次の 2 項目を国家開発計画における最終目標としている。

- ① 貧困からの脱却—全地域、全民族
- ② 公平で持続可能な経済成長の推進と国民の健康、教育、福祉の拡充

上記最終目標の実現のため 16 の個別目標を掲げ、8 分野について開発戦略を提示しており、水道施設整備はこの枠組みの中の方針に沿って実施されている。DNSAS の責任として、法律および組織構築を行い、総合的な上水道事業を実施し、充分で安全で持続性のある水の供給を行うことを規定しており、水供給の目標とする成果指標として、次に示す目標値を掲げている。

目的-1：充分で安全かつ持続的な水供給

- 都市人口の 80% に対して、給水管を通じ安全な水道水を 24 時間連続供給する
- 地方人口の 80% に対して、水道施設もしくは独自運営の専用水道施設から安全な水道水を供給する

目的-2：村落が所有、運営する施設による充分で安全かつ持続的な水供給

- 地方都市の隣接区域の 100% に安全な水道水を供給する
- 地方人口 80% に対して、水道施設もしくは独自運営の専用水道施設から安全な水道水を供給する

目的-3：他省庁*と協力した水供給のための水資源管理

- 効率的な水利用、廃水に関わる立法化
- 公共用水供給の規制

(注：2002 年当時、DNSAS は運輸・通信・公共事業省水道衛生サービス局であったため。協力する省庁としては、インフラストラクチャー省、天然資源・鉱物・エネルギー政策省、経済開発省環境局などが挙げられる。2-1-1(1)プロジェクト実施機関の項を参照)

(2) ミレニアム開発目標 (Millennium Development Goals, 2005 年)

2015 年までに 86% の都市人口と 75% の地方人口が十分な水道水に、またおよそ 65% の都市人口と 40% の地方人口が衛生的なトイレにアクセスできるようにすることが挙げられている。

(3) 投資プログラム (Sector Investment Program: SIP)

国家開発計画を実施するために 2006 年 4 月にセクター投資プログラムが策定された。経済開発省 (Ministry of Economy and Development) が中心となり各省の協力で、17 分野のセクター別に中期的な開発戦略と優先プログラムが提示されている。援助機関への要請はこの SIP に基づいて行われる。SIP レポートでは、ディリ市の水供給状況 (2006 年 5 月以前) について以下のよう

- 9,200 件が正規の登録顧客で全 20,000 世帯の 46% を占める。
- 正規顧客の 28% (2,720 件) でとくに商業用、官庁用等の大規模顧客の給水管には既にメータが設置されている。
- 未登録の顧客を含めると全世帯の 70% が給水管に接続している。
- 全給水件数の 36% が 24 時間給水を享受し、残り 64% は 13 - 16 時間給水に甘んじている。

2000年以降、種々のプロジェクトが実施されたにもかかわらず、援助効果が必ずしも計画通りに具現化しておらず、国家開発計画、ミレニアム開発目標報告書に示される目標値達成には、さらなる努力（プロジェクトの実施）が必要であるとしている。これを受け、SIPでは分野ごとの優先プロジェクトを選定している。優先度に応じて最優先プロジェクトおよび中期的に優先すべきプロジェクトの2段階に分類している。水道衛生部門の優先プロジェクトのうちディリ市水道に関連する最優先プロジェクトには以下の4つのプロジェクトが挙げられている。

表 1-1.1 ディリ市水道の最優先プロジェクト

1) 水道料金徴収システムの確立
2) DNSAS 職員のトレーニング
3) ディリ市水道の給配水管整備
4) アタウロ島住民（ディリ市）の衛生改善

2006年から2010年までの5年間に、おおよそ65MUS\$（合計）の投資額が必要であるとされており、上記のディリ市水道に関する4つの最優先プロジェクトは、いずれもADBの技術支援の下で実施されている。本プロジェクトの実施によりディリ市の水道供給の安定性をさらに高めることが期待される。

1-1-3 社会経済状況

(1) 社会状況

「東ティ」国は、400年以上に及ぶポルトガルの植民地時代から1976年にインドネシア国に併合され独立抗争を経た後、国連安保理決議による多国籍軍の支援を受けて、2002年5月に独立した国である。インドネシアの東端に位置し、国土面積約14,600km²、人口約1,065,000人（2008年IMF）で、13の県で構成される。テトゥン族等のメラネシア系の民族が大半であり、99%がキリスト教（大半がカトリック）信者である。国語はテトゥン語およびポルトガル語であり、実用語にインドネシア語および英語を使用している。首都のディリ市はティモール島の北海岸（フローレス海）に面し、南側に標高700～1,000m級の東西方向に連なる山脈を擁している。この山脈のディリ市に近い斜面は薪の伐採により殆ど禿山となっており、雨期にのみ草が生えている。

2006年4月に、離脱した国軍兵によるデモに端を発した暴動と騒乱は首都ディリ周辺で、国軍・警察を巻き込んだ武力衝突に発展し、国家警察は崩壊し、政府機能も麻痺状態に陥った。その後、オーストラリア軍を主力とする国際治安部隊が展開し、さらに国連東ティモール統合ミッションが設立され、治安に落ち着きを取り戻し、2007年4月～6月にかけて実施された独立後初の国政選挙（大統領、議会）については、大きな混乱もなく平和裡に執り行われた。現在までに、国政選挙を始めとして、基本的国家機構の確立、荒廃したインフラ回復等において一定の進展が見られたものの、開発の基盤であるいわゆるガバナンス分野（統治機構、行政能力、制度等）においていまだに様々な課題を抱えており、長期化する国内難民問題や若年層の失業など多くの社会問題も山積している。また、「東ティ」国人自身による自立に向けた努力も必要であり、オーナーシップの定着も大きな課題となっている。

(2) 経済状況

1999 年独立投票に伴う騒乱の結果、社会構造の機能停止と経済の破綻が生じ、国民総生産（GDP）は 1999 年時点で 274 百万 US\$（IMF）まで落ち込んだ。1999 年国連暫定行政機構（UNTAET）の発足により治安が改善され、また、一時的な在留外国人の急増に伴う景気回復の影響から、GDP は 2001 年には前年比 16% の高成長を達成し、368 百万 US\$（2006 年世銀）まで回復したが、その後は停滞している。2006 年 5 月に発生した西部出身の離脱兵士による抗議活動に関連した暴動と騒乱により政府および民間セクターの経済活動が停止し、GDP、実質経済成長率は共に低下したが（IMF：2006 年の GDP 成長率-3.3%）、2007 年に入り石油・ガス開発からの収入増大により政府セクターを中心に回復傾向にある（同：2007 年 19.78%）。

2008 年の GDP は 489 百万 US\$（CIA-World Factbook 2009 年 2 月 5 日）であり、産業別内訳は第一次 32.2%、第二次 12.8%、第三次 55%（2005 年：同データ）となっている。また、2007 年の一人当たりの国民総所得（GNI）は 1,510US\$ となっている（世銀グループ資料 2008 年 9 月 17 日）。輸出産業は少なく、唯一品質が比較的良好であるコーヒーを輸出用作物として栽培に力を注いでいる。一方輸入は、燃料、機械類、自動車が必要な輸入品となっている。2007 年での輸出額（FOB）10 百万 US\$、輸入額（CIF）229 百万 US\$（世銀グループ資料 2008 年 9 月 17 日）である。石油、天然ガスは統計上計上されていない。2005 年での失業率は、地方部で 20%、都市部のディリで総合 27% であるが、15 歳から 24 歳の若者では 40% 以上と推定されている。失業率の低下には強力で継続的な経済成長が不可欠とされており、「東ティ」国では今後は石油、天然ガスの開発により得られる歳入に期待が持たれている。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要

本件対象のベモス導水管は我が国の支援で修復（2000 年度 UNDP 緊急無償）された後、2004 年と 2005 年に発生した大規模豪雨の際の河川の氾濫等により著しい損傷（一部の基礎の洗掘、管の損傷等）を受け、水道衛生局により応急的に修復されたが将来の洪水に対して十分な対応できていなかった。このため、今後、洪水による導水管の折損や、老朽化した配水池の崩落が発生した場合には、復旧に時間を要し安全な水の供給が長期にわたり停止されることが想定された。

かかる状況を受け、ベモス導水施設を改修してベモス浄水場及びディリ中央浄水場へ安定して原水を供給し続ける機能を確保し、併せてベモス浄水場内の施設を改修することによって、ディリ市への安全な上水の持続的な供給を可能にするため、2006 年に我が国に対し無償資金協力の要請があった。これを受け我が国では 2007 年に予備調査を実施して重要性、緊急性、妥当性を確認した後、2008 年に基本設計調査を実施して、2010 年 11 月現在、無償資金協力平成 21 年度東ティモール国「ベモスディリ給水施設緊急改修計画」（以下「平成 21 年度案件」）を実施中である。

平成 21 年度案件は、E/N（交換公文）、G/A（贈与契約）が 2009 年 5 月 26 日に締結された。2010 年 1 月に着工したものの、雨期の 3～5 月に掛けて大規模な洪水が発生し、その結果、14 箇所工事箇所のうち河川工事部分の 6 箇所が被災し、大幅な設計変更が必要となった。また、ベモス浄水場アクセス道路において地滑りが発生し、現在も車両が通行できない状況が続いており、これに係る対策も必要となった。

前述の設計変更及び新規に発生したベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工による追加経費は、平成 21 年度案件の金額内で対応出来ない額となったため、平成 21 年度案件の工事箇所から協力範囲の一部を除外し、緊急性が高い河川上流部の工事箇所が平成 21 年度案件の協力範囲となった。このため、平成 21 年度案件の協力範囲から外された、河川増水による浸食の比較的受けにくい河川中流部の改修箇所、ベモス浄水場関連工事およびベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工が、第二次案件として要請された。

表 1-2.1 平成 21 年度案件と第二次案件の対象となる改修箇所

平成 21 年度案件の当初コンポーネント	平成 21 年度案件 (設計変更後)	第二次案件
1) ベモス取水堰改修	○	
2) 沈砂池新設	○	
3) 第 1 河川横断工	○	
4) ベモス川右岸支流横断水管橋による路線変更	○	
5) 管路線変更、上流既設コンクリート擁壁嵩上げ	○	
6) ベモス川右岸河岸段丘部護岸工	○	
7) 第 2 河川横断工	○	
8) 下流既設コンクリート擁壁嵩上げ、根固め及び管路防護	○	
9) ベモス川左岸河岸段丘上流部管路防護		●
10) ベモス川左岸側河岸段丘下流部管路線変更、管路防護	○	
11) ベモス川左岸側斜面山脚部管路線変更、管路防護		●
12) コモロ川右岸急勾配道路部舗装、防壁		●
13) ベモス川上流部制水弁工、排砂弁工及び空気弁工	○	
14) ベモス浄水場 下部配水地及び弁改修		●
第二次案件での新規コンポーネント		
15) ベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工		●

1-3 我が国の援助動向

我が国は、これまで「東ティ」国における平和の定着・国づくりへの取り組みに対し積極的に協力し、特に① 教育、人材育成、制度づくり、② インフラ整備・維持管理、③ 農業、農村開発、④ 平和の定着、を重点 4 分野として支援してきた。2009 年 7 月に行った両国政府間の政策協議において、①を「行政基幹部門の人材育成・制度づくり」に改めるとともに、引き続き上記 4 分野を重点的に支援していくことで合意した（外務省ホームページ、最近の東ティモール情勢と日本・東ティモール関係、平成 22 年 11 月）。その中で、上記②の一環として同国の上水道施設復興のための支援を 2000 年 2 月より実施してきており、我が国が実施した上水道分野での援助額は 50 億円以上に達し、同国の国づくりに大きく寄与してきている。これまでに我が国の実施してきた給水・衛生分野における技術協力、開発調査の援助実績を表 1-3.1 に、また、無償資金協力の援助実績を表 1-3.2 に示す。

表 1-3.1 技術協力・有償資金協力の実績（給水・衛生分野）

協力内容	実施年度	案件名/その他	概要
技術協力プロジェクト	2008～2010年度	水道局能力向上プロジェクト（JICA）	・水道公衆衛生の責任機関である水道衛生局の人材育成。
開発調査	2000～2001年度	水供給システム緊急整備計画調査（JICA）	・ディリ市を含む全国主要都市（15都市）についての緊急リハビリ・整備計画の策定。 ・クイック・インパクト・プロジェクトとしてマナトゥト導水管、ディリ漏水防止対策などを実施。
	2005～2008年度	ラクロ川およびコモロ川流域住民主導型流域管理計画調査（JICA）	・土壌浸食・地滑りにより道路、給水・灌漑施設等が寸断している。実証を通じた住民主導型の流域管理計画およびパイロット・プロジェクト、ガイドラインの作成を目的としている。

表 1-3.2 無償資金協力の実績（給水・衛生分野）（単位：億円）

実施年度	案件名	供与限度額	概要
2000～2003年度	ディリ市水道施設改善計画	13.5億円 UNOPS（UNDPを通じた日本の緊急無償援助）	・ディリ中央浄水場の新設。 ・ベモス川からの導水管新設。 ・深井戸6基の改善、貯水池2基、配水管等の新設。
2002～2003年度	地方都市水道改善計画	2.9億円 UNOPS（UNDPを通じた日本の緊急無償援助）	・リキシヤ、ロスパロス、マナトゥト各都市の取水施設、導水管、送水管、配水池、配水管の補修、新設。リキシヤでは緩速ろ過池の改修を含む。 ・管路敷設総延長は19.8km。
2002～2004年度	ディリ市水道施設改善計画	3.6億円 UNOPS（UNDPを通じた日本の緊急無償援助）	・配水ゾーン2,3,4の配水管網情報の整備と図化および配水管計画。 ・ディリ東部用の新規井戸2基のための調査。
2004年度～2006年度	ディリ上水整備計画	0.7億円(国債)(JICA) 5.5億円(国債)(JICA) 5.7億円(国債)(JICA)	・ディリ市のベモス、ラハネ、ベナマウク浄水処理施設の更新、管理棟の建設、電気機械設備の更新。 ・漏水の著しい配水管19.6kmの敷設替え。
2005年度～2007年度	サメ・アイナロ上水道整備計画	0.7億円(国債)(JICA) 6.7億円(国債)(JICA) 3.2億円(国債)(JICA)	・エルメラ、サメ、アイナロ、マウビセの取水施設、 ・浄水施設、配水施設等の整備。
2009年度	ベモス・ディリ給水施設緊急改修計画	6.9億円(単債)(JICA)	・ベモス取水施設の改修、ベモス川導水管路の改修（一部第二次案件へ移行）、河川横断工の改修、導水管路護岸工の改修(落石対策工含む)、ベモス浄水場下部配水池の改修(第二次案件に移行)

1-4 他ドナーの援助動向

「東ティ」国に対する、初期段階の給水・衛生分野における多国間および二国間援助は国内の NGO および国際 NGO 等により実施されてきたが、その後（2000年頃）国際連合の地方行政管理下に集約された。その当時から給水・衛生分野の復興支援に携わってきた主な「東ティ」国内の NGO は Bia Hula, Forte, Hamoris および Timor Oa であり、また、主な国際 NGO は Care, Oxfam および ICRC（国際赤十字）である。

給水・衛生分野においては、我が国以外にオーストラリア、ポルトガル、カナダ、アメリカ、ドイツ、アジア開発銀行（ADB）、世界銀行等がさまざまな形で積極的な援助活動を行っている。これらの国および国際援助機関が実施してきた給水および衛生分野の復興/整備における主要な援助プロジェクトを表 1-4.1 に示す。

表 1-4.1 他ドナー国・国際機関の援助実績（給水・衛生分野）（単位：千 US\$）

実施年度	機関名*	案件名	金額	援助形態	概要
1998～2002年	AusAID	水供給 NGO、BiaHula への人材育成	不明	無償	簡易水道および水消費者グループのリハビリに関連しての「東ティ」国の NGO、BiaHula に対する人材育成支援
1999～2001年	AusAID	緊急給水・衛生プロジェクト	不明	技協	国際 NGO-Oxfam および国内 NGO-BiaHula との提携による給水・衛生施設改善
2001～2002年	AusAID	給水・衛生に関する人的資源開発支援	不明	技協	水道衛生局 (WSS) の人的資源養成・運転維持管理、財務・運営・管理の給水・衛生上級管理者に対する指導・助言
2002～2006年	AusAID (CWSSP)	村落共同体給水・衛生プロジェクト	不明	技協	・ NGO(IDSS, Oxfam, EGIS) との連携による緊急農村給水・衛生プログラムの実施 ・ 農村給水・衛生プログラムを推進する人材育成の実施
2001年	CFET	上水道施設・衛生施設の運転維持管理	不明	技協	・ デリおよび主要県の水道施設維持管理、 ・ デリの廃棄物および排水施設の維持管理、 ・ 村落共同体の水道施設の支援
2001～2004年	CIDA (カナダ)	村落給水・衛生プロジェクト	不明	技協	NGO-CARE による村落の給水・衛生改善支援
1999～2002年	GTZ (ドイツ)	給水システムのリハビリ・改善	不明	技協	6ヶ所のサブディストリクトにおける自然流下システムの改修/改善
1999～2001年	UNTAET	給水・衛生プロジェクト	不明	技協	人事派遣、技術援助、資機材およびトレーニングなどのサービス提供
2000年	UNICEF	農村給水・衛生プロジェクト	不明	技協	NGO 経由での ・ 学校、保健センター、地域共同体に対する給水、 ・ 衛生施設の供給、 ・ 衛生改善サポート
2001年	USGET	給水施設復旧支援	不明	技協	浄水場、配水施設、ラボ施設の運転・復旧のためのエンジニアを派遣
2000～2002年	UNOPS (UNDP に対するポルトガルの援助)	給水・衛生リハビリ・プロジェクト	不明	技協	ステージ 1: ・ 衛生・廃棄物についてのマスタープラン策定 ・ デリ：雨水排水・汚水についてのマスタープラン策定 ・ バウカウ：新市街地区における湧水取水場と配水管のリハビリ ・ アイレウ：貯水池、ポンプの小規模リハビリ ステージ 2: ・ アイレウ：ポンプ場リハビリ、新規貯水池建設 ・ バウカウ：ポンプ場リハビリ、貯水池拡張、配水管リハビリ、公共水栓設置
2000～2003年	TFET (ADB 所管)	給水・衛生リハビリプロジェクト	不明	技協	フェーズ-1・人材育成および組織強化 フェーズ-2・制度・組織強化、 ・ 料金徴収計画、 ・ デリ他 6 県における給水施設のリハビリ
2001年～	USAID (USA)	給水・衛生プロジェクト	不明	技協	28ヶ所についての小規模無償援助:村落給水、工器具・装置、便所用資材の供給
2001～2002年	ECHO (EU)	学校における給水・衛生プロジェクト	不明	技協	学校および近隣村落共同体における給水・衛生の改善
2000～2003年	世界銀行 (CEP)	村落共同体権限委譲・地方統治プロジェクト	不明	技協	村落共同体の提案/実施、CEP の審査/承認/監視/技術支援による水道、灌漑、衛生改善
2002～2004年	AusAID	人的資源開発プロジェクト	不明	技協	開発・管理・実施を指導する長期専門家(1名×24ヶ月)、短期専門家の派遣
2006～2007年	ADB (TA 4646-TIM)	都市給水・衛生プロジェクト	600	技協	次に予定されている設備支援プロジェクト (ハードコンポーネント) のフィージビリティ調査(F/S)の位置付けの支援プロジェクト
2006～2008年	ADB (TA 4646-TIM)	都市給水・衛生プロジェクト	5,500	技協	上記 F/S のフレーム・ワークを受けてのデリの給水・衛生設備支援プロジェクト

実施年度	機関名*	案件名	金額	援助形態	概要
2008～2010年	ADB (TA 4869-TIM)	ディリ給水改善プロジェクト	1,000	技協	上記設備支援プロジェクトをサポートする技術支援プロジェクト（ソフト・コンポーネント）である。
2005～2010年	AusAID	地方給水・衛生プロジェクト	不明	技協	フェーズ1ではプロジェクトの計画、契約、管理をコンサルタントが、フェーズ2では水道衛生局（DNSAS）が計画策定、フェーズ3ではDNSASが計画・管理、フェーズ4ではDNSASが全ての活動を実施する。
2007～2012年	AusAID	地方給水・衛生プロジェクト	23,333	無償	水道衛生施設の計画・設計・建設・管理をコンサルタントから水道衛生局に段階的に移譲

注： 機関名の略語については、巻頭の略語集を参照

上表に挙げた事業の中で、ディリ市の水道に対する援助は現在ADBによって実施されている。これまでに日本の援助がディリ市水道の基幹施設のうち取水・導水施設と浄水場を整備してきたのに対して、ADBのプロジェクトではディリ市内の配水管更新、各家庭への給水管接続および水道メータ設置、DNSASへの顧客登録など、末端施設の整備と人材育成によって給水普及率および有収率の向上を図るものとなっている。

第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

(1) プロジェクト実施機関

本プロジェクトの実施機関はインフラストラクチャー省水道衛生局である。以前は Water and Sanitation Service (WSS) の名称で運輸・通信・公共事業省 (Ministry of Transport, Communications and Public Works (MTCPW)) に属していたが、2006年の組織改正で天然資源・鉱物・エネルギー政策省 (Ministry of Natural Resources, Minerals and Energy Policy (RNMPE)) に属する National Directorate of Water & Sanitation Services (DNSAS) に改称され、2010年現在ではインフラストラクチャー省 (Ministry of Infrastructure (MOI)) の管轄下にある。MOI は公共のインフラ整備事業に係る4部局(水源管理局 (NDWRM)・電力局 (EDTL)・都市計画局 (NDUP)・水道衛生局 (DNSAS)) を統括している。MOI の組織図を図 2-1.1 に示す。

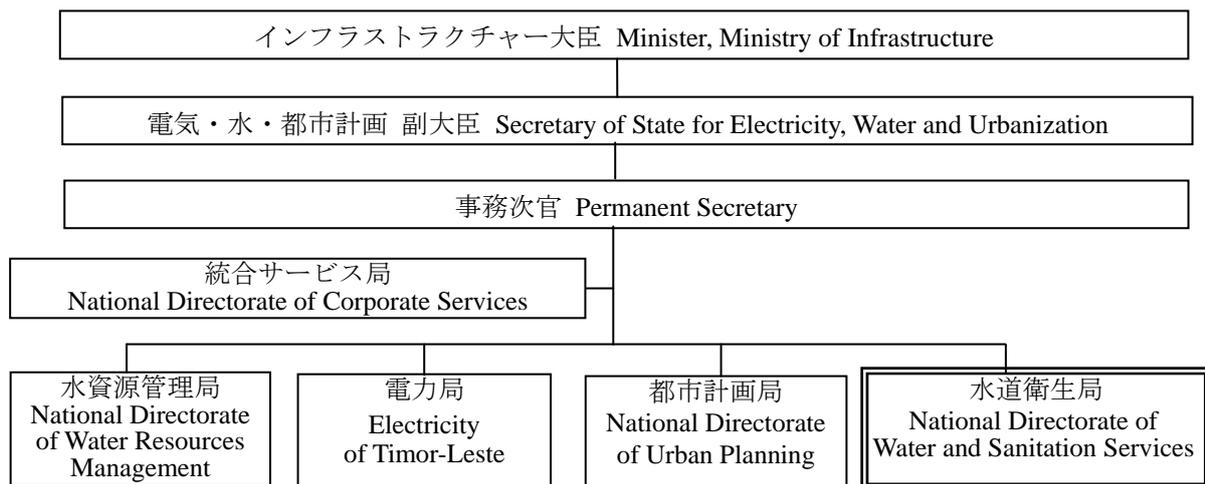


図 2-1.1 インフラストラクチャー省組織図

(2) 水道衛生局 (DNSAS) の組織

DNSAS は「東ティ」国全体の水道と衛生分野を統括する機関で、ディリに本局があり、12の地方都市に支所が置かれている。2010年10月時点のDNSASの正職員数は156人であり、「東ティ」国の公務員の等級区分に従い局長(レベル6)から一般職員(レベル1)までの階層に分かれて業務を担当している。そのほかに契約職員が114名在籍している。部長級・課長級の職員の中には日本の地方自治体の水道局において技術研修を受けた者が4名いる。また、我が国の支援により2004年度に「ディリ上水整備計画」、2005年度に「サメ・アイナロ上水整備計画」、2009年度に「ベモス-ディリ給水施設緊急改修計画」を実施した経験から無償資金協力事業の進め方について理解している。本局には AusAid による村落水道衛生プログラム、ADB による技術協力プロジェクト、我が国の技術協力である「水道局能力向上プロジェクト」の事務所が開設されており、オーストラリア人、ソロモン人、日本人の専門家やコンサルタントが常勤している。

DNSAS の組織図を図 2-1.2 に示す。DNSAS は、総務・経理・人事部、計画開発部、ディリ水道衛生部、地方水道衛生部、衛生部で構成されている。「東ティ」国の政府機関では頻りに組織編制が行われ、DNSAS も頻りに組織改定を行っている。本プロジェクトの対象であるベモス水源系の水道施設はディリ水道衛生部ディリ運営・維持管理課の所轄にある。この課には浄水場運転員や配管工を含めて 60 名(正職員 30 名、臨時職員 30 名)が在籍している。また、水道施設の改修計画や運転中の施設に事故が発生した場合、修理・復旧に関する施工業者への委託と業務発注は計画開発部調査計画設計施工監理課が担当しており、設計・積算を行う技術員が 10 名在籍している。

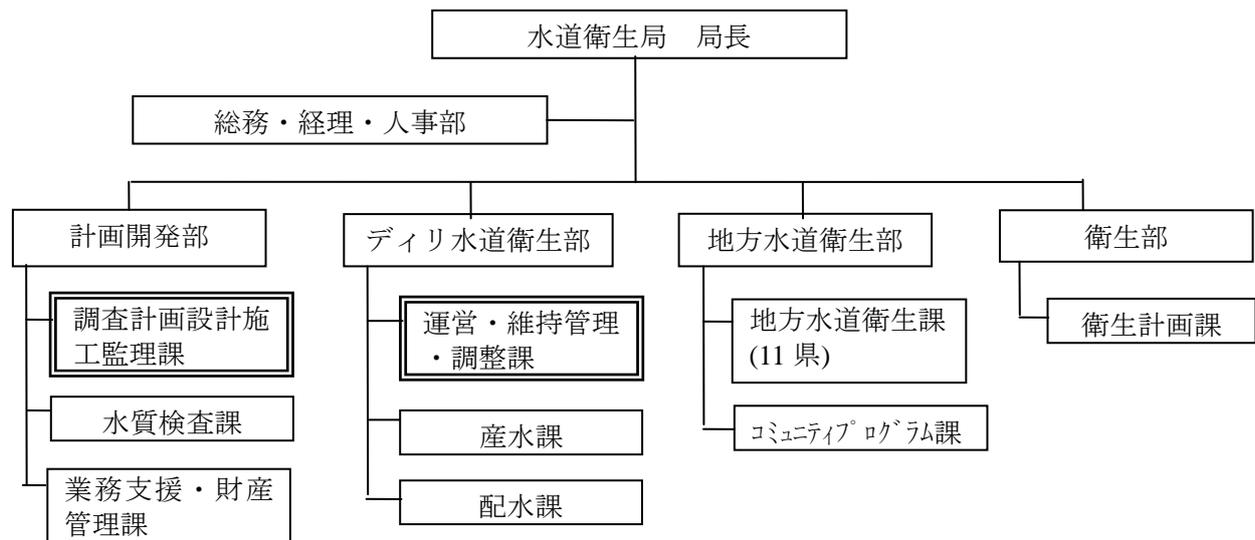


図 2-1.2 DNSAS 組織図

2-1-2 財政・予算

「東ティ」国政府の歳入は、石油収入・税収・ドナーからの援助に大きく分けられ、石油収入の占める割合が高い。石油価格の影響を受け変動幅が大きいものの国家財政は黒字基調にある。ティモール海油田からの石油収入は今後 20~30 年程度続くと見込まれており、枯渇後に備えて石油基金（東ティモール信託基金（Trust Fund of East Timor (TFET)）および東ティモール統合基金（Consolidated Fund of East Timor (CFET)）が設立されている。

DNSAS の過去 3 年間の予算を表 2-1.1 に示す。会計年度は 2007 年までは 7 月から翌年 6 月までであったが、2008 年からは 1 月から 12 月までとなっている。予算は人件費を含む経常予算と開発事業に関するプロジェクト予算に分かれている。プロジェクト予算は給水セクターの開発予算にあたり 2010 年の予算は 3,020 千 US\$であり、2010 年度がインフラ整備の年と位置づけられていたことから、例年に比べて大幅に増加された。今後も「東ティ」国の予算財源である石油および天然ガスからの収入が見込まれるため、DNSAS の予算は年間 3 百万 US\$の規模で継続するものと想定される。

また、本プロジェクトは現在使用されている施設の改修事業であり、計画実施後に運営・維持管理費が大きく増加することはない。ベモス導水管の維持管理とベモス浄水場の運営・維持管理に要する費用は、次章の表 3-5.1 に示すように年間約 6 万 US\$と推定される。これは DNSAS の 2009 年のプロジェクト関連予算の 4%に相当し、過去の実績を考慮すると負担可能な金額である。

表 2-1.1 DNSAS の年間予算

(単位：千 US\$)

内 訳	2006年7月 -2007年6月		2007年 7-12月	2008年 1-12月		2009年 1-12月		2010年 1-12月
	予算	実績	予算	予算	実績	予算	実績	予算
人件費を含む経 常予算	2,274	2,274	818*	1,668	1,681	2,021	2,007	1,780
プロジェクト関 連予算	1,799	552	—	1,490	1,495	1,495	1,495	3,020
同上伸び率 (2006年基準)	100%	—	—	82.8%		83.1%	83.1%	168%
合計	4,073	2,826	818*	3,158	3,176	3,516	3,502	4,800
所属官庁	天然資源・鉱物・ エネルギー政策省			インフラストラクチャー省				

注) 予算執行期間：2007年以前の会計年度は7月から翌年6月まで、2008年以降は1月から同年12月まで。

*：2007年7月から12月までは移行期間であり、半期分の予算。

2-1-3 技術水準

「東ティ」国は2002年に独立してまだ間もなく、それ以前のインドネシア統治時代は地方州の一部に過ぎなかったことから、国全体の技術水準はあまり高くない。また官庁の中には独立に際して技術と経験を持ったインドネシア人が自国に引き揚げたために弱体化した部局もあり、我が国を含む各ドナーは、インフラ整備事業に対する支援とともに、将来に向けた人材育成に対する協力を実施してきている。

DNSASでは現在までに第1章の表1-4.1に示すような技術協力が行われており、我が国も2008年9月から2011年3月までの予定で「水道局能力向上プロジェクト」を実施している。このプロジェクトでは想定される成果として、DNSASによる浄水場の運営・維持管理に関する能力の強化が挙げられ、実用的な維持管理マニュアルの作成とDNSAS職員へのOJTを通じた技術指導の実施が予定されている。本プロジェクトの対象であるベモス浄水場およびベモス導水管についても担当職員の能力向上が期待される。

本プロジェクトの対象施設であるベモス導水管およびベモス浄水場下部配水池の維持管理は、DNSASのディリ水道衛生部ディリ運営・維持管理課浄水係が担当している(図2-1.2参照)。同課には取水・導水・浄水施設を担当する職員として、ディリ中央浄水場に6名(1日2交代、3グループによるシフト)、ベモス浄水場に2名、ベモス導水管の保守担当として2名(主にベモス取水口の維持管理)が各施設で勤務しており、本局には機械技師1名および電気技師1名が配置されている。各浄水場では運転員が水質分析担当を兼ねており、水量・水質・薬品注入量・電力使用量等のデータが各施設から本局の浄水係に送られて一括管理されている。

ディリ運営・維持管理課配水係では給水管の接続工事のほか、業務会計部の顧客サービス課で受け付けた苦情を基にディリ市内の配水管の小規模な補修工事を行っている。大規模な補修工事はディリ水道衛生部から計画開発部へ依頼し、計画開発部が設計・積算・入札を行い、委託業者への発注と業務監理を行う。過去にベモス導水管に事故が生じた際も緊急補修作業を実施しており、本プロジェクトの実施後についても同様な措置を取ることが可能と考えられる。

2-1-4 既存施設・機材

2-1-4-1 デイリ市の給水状況

(1) デイリ市の給水施設

デイリ市水道の給水施設として4箇所の浄水場および12箇所の井戸が稼働中であり、計画給水量は表2-1.2のとおりである。現状でのデイリ市の浄水場と井戸からの給水能力は、同表より浄水場11,200 m³/日 + 井戸ポンプ22,356 m³/日 = 33,556 m³/日である。配水区域は図2-1.3に示すように10のZoneに分かれており、本プロジェクト対象のベモス浄水場の配水区域はZone 3である。また、ベモス導水管の終端はデイリ中央浄水場へ流入し、ここからZone 4に配水される。

表 2-1.2 デイリ市の給水施設

施設名	建設年度	最終補修年度	水源	計画浄水量	揚水量	配水区域
ベモス浄水場	1982-1984	2007	ベモス川	2,000m ³ /day		Zone 3
デイリ中央浄水場	2002-2003		ベモス川	6,000m ³ /day		Zone 4
ベナマウク浄水場	1993	2007	ベナマウク川	600m ³ /day		Zone 9
ラハネ浄水場	1954	2007	ベモリ & ベナマウク川	2,600m ³ /day		Zone 5
コモロ A/G	1986	2003	地下水	24hr× 64.5 l/s	5,573 m ³ /day	Zone 2
コモロ B	1986	1996-1997	地下水	24hr× 40 l/s	3,456 m ³ /day	Zone 2
コモロ D	1996	1999	地下水	24hr× 35 l/s	3,024 m ³ /day	Zone 1
コモロ E	1999		地下水	24hr× 20 l/s	1,728 m ³ /day	Zone 1
クルフン A	1994	1999	地下水	24hr× 14.7 l/s	353 m ³ /day	Zone 6,7,8
クルフン B	1995	1998	地下水	24hr× 40 l/s	3,456 m ³ /day	Zone 6,7
ベコラ 1	2001		地下水	16hr× 10 l/s	576 m ³ /day	Zone 7,8
ベコラ 2	2001		地下水	16hr× 14.9 l/s	(858 m ³ /day)	ラハネ浄水場
ビダウ 2	2000		地下水	24hr× 24.4 l/s	2,108 m ³ /day	Zone 10
ビダウ 3	2000		地下水	24hr× 9.1 l/s	786 m ³ /day	Zone 10
ヘラ A	1984	2004	地下水	24hr× 5 l/s	432 m ³ /day	
ヘラ C	1998	2004	地下水	24hr× 10 l/s	864 m ³ /day	
合計				11,200 m ³ /day	22,356 m ³ /day	

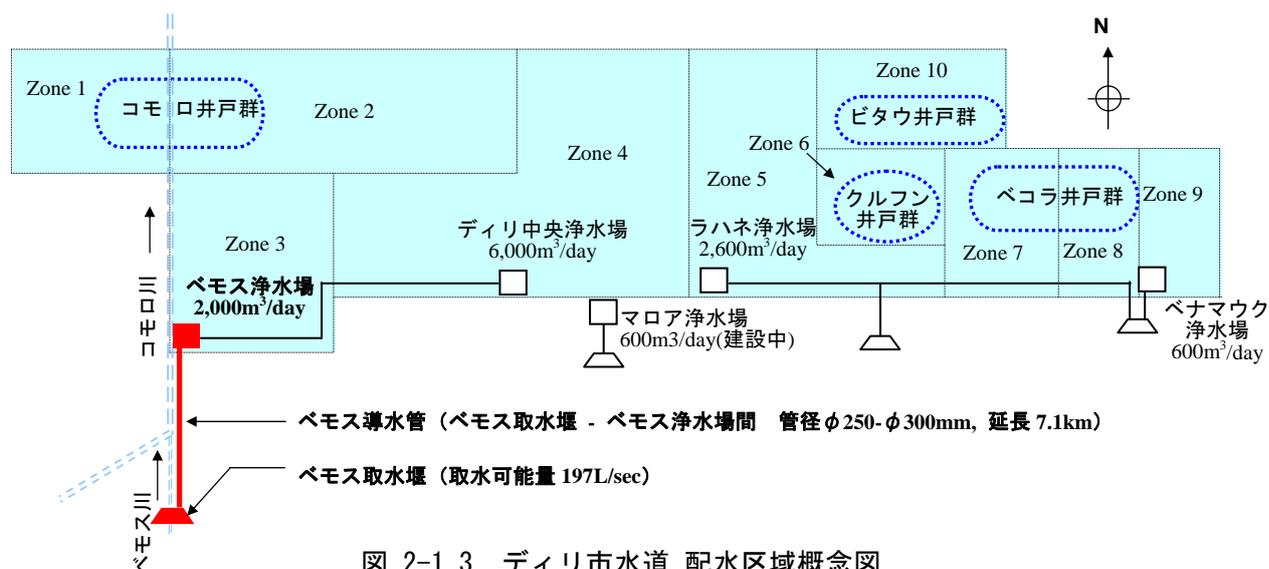


図 2-1.3 デイリ市水道 配水区域概念図

(2) デイリ市人口および水需要予測

2006年のSIPで明らかにされている人口増加率、水使用原単位を基に2010年、2015年における水需要量は下表に示すように予測され、現在の給水能力33,556m³/dayでは2010年以降の需要量に対応できなくなる。

表 2-1.3 デイリ市の人口と水需要

項目	2004年	2007年	2010年	2015年
デイリ市給水区域人口	153,300	177,500	205,400	262,200
人口増加率 (%)	5.0	5.0	5.0	5.0
普及率 (%)	70.0	72.0	75.0	80.0
給水人口	107.3	127.8	154.1	209.8
水使用原単位 (L/人/日)	80.0	85.0	90.0	95.0
家庭用水使用量(m ³ /day)	8,580	10,860	13,870	19,930
その他用途水使用量(m ³ /day)	2,145	3,258	4,855	7,972
小計	10,725	14,118	18,725	27,902
有効率 (%)	36.0	45.0	55.0	65.0
日平均水需要量(m ³ /day)	29,800	31,400	34,000	42,900
日最大水需要量(m ³ /day)	35,800	37,700	40,800	51,500

注：2004年の水使用原単位はAAPに示される水量

ベモス浄水場の配水池は早朝に流出弁を開くと2.5時間から4時間で配水池が空になり、またデイリ中央浄水場の配水池も約12時間でほぼ空になる。従って、ベモス浄水場から配水されるZone3およびデイリ中央浄水場から配水されるZone4では、配水管および給水管からの漏水などがあるものと考えられる。現在DNSASではADBによる人材育成に係る技術協力（デイリ水道機能向上プログラム）が実施されている。これに加えて配水支管敷設工事や給水管接続ほかの投資プロジェクト（デイリ都市水道プロジェクト）がZone2,4,5の3つの配水区域を対象として2009年から開始され、配水池から需要家に至るまでの配水管・給水管の漏水対策や、水道メーターの設置と顧客登録による有収率向上が目標とされている。デイリ市水道ではこうした支援事業の目標値も考慮したうえで2010年以降の給水計画を立てることが必要と考えられる。

2-1-4-2 第二次案件対象の改修施設の現状

(1) 改修箇所 No. 9、No. 11 の導水管路の状況

この地点での導水管はSGP管径φ300mmであり、ベモス川左岸側に露出配管されている。また、落石により管が損傷を受けている。配管ルート上の斜面の多くは土砂～強風化岩の斜面で、直径2～3m程度の大きな岩や石が散見され、降雨や地震等によって斜面の土砂流亡や地山の緩みが起こった場合、導水管上に巨石が落下することが懸念される。なお、2010年の洪水による被害は受けておらず、導水管の状況はBD/DD時の状況から特に変化は見られない。



改修箇所 No. 9 ベモス川左岸河岸段丘上流部



改修箇所 No. 11 ベモス川左岸側斜面山脚部

(2) 改修箇所 No. 12 の既設道路と露出管の状況

路肩の一部が降雨により浸食が進行していたが、全体としては BD/DD 時の状況と特に大きな変化は見られない。また、露出管も BD/DD 時の状況と特に大きな変化は見られない。



改修箇所 No. 12 コモロ川右岸急勾配道路部

(3) 改修箇所 No. 14 のベモス浄水場下部配水池および弁室の状況

基本設計時には、下部配水池のコンクリート中性化測定、コンクリート圧縮強度試験、漏水試験を行って劣化度を評価して全面改修との方針に至った。今回、目視による確認ではあったか、弁室天井のコンクリート劣化が進捗した印象を受けた。



2-1-4-3 運営・維持管理の状況

(1) 日常の運営・維持管理体制

① 人員体制

本プロジェクトの対象施設であるベモス導水管およびベモス浄水場下部配水池の維持管理は、DNSAS のディリ水道衛生部ディリ運営・維持管理課浄水係が担当している（図 2-1.2 参照）。同係の職員のうち、ディリ中央浄水場に 6 名（1 日 2 交代、3 グループによるシフト制）、ベモス浄水場に 2 名、ベモス導水管の保守担当として 2 名（主にベモス取水口の維持管理）が各施設で勤務しており、また本局には機械技師 1 名および電気技師 1 名が配置されている。各浄水場では運転員が水質分析担当を兼ねており、水量・水質・薬品注入量・電力使用量等のデータが各施設から本局の浄水係に定期的に送られて一括管理されている。

② ベモス導水管の維持管理

ベモス取水施設および導水管の日常の維持管理は、浄水係の職員としてベモス川上流のファチシ村とトフメタ村からそれぞれ1名の計2名の住民を雇用して行われている。対象施設は自然流下式でありポンプ等の機械・電気装置は含まれていない。ベモス川上流部の取水堰に至る管理用の里道は雑草が繁茂すると歩行困難になるため、職員が取水ロスクリーンの落葉や塵芥の除去と排砂作業を毎日行うことで同時に対象施設までの点検ルートが整備され、良好な維持管理状況が保たれている。

③ 浄水場での水質管理

ベモス導水管による原水供給先であるベモス浄水場とディリ中央浄水場には水質分析を行う部屋が設けられており、簡易な水質分析を行っている。水質分析室にはジャーテスタ（濁度分析装置）があるが、原水および浄水の各工程から採水して凝集剤の注入率の決定や注入量の監視、凝集沈殿処理の効果判定を行っている記録はない。雨期には原水濁度が上昇することから、凝集剤の増加や取水停止措置の判断を的確に行うことが必要である。

④ 配水水量・水圧の管理

各浄水場には原水の流入と浄水の流出を計測する流量計が設置されているがディリ中央浄水場の流量計は故障しており、浄水場の運転計画に沿った運転管理を行うためには早急に修理を行うことが望ましい。2008年6月現在、各需要家の水道メーターの検針に基づく水道料金徴収が行われていないため、末端に届いている水量の総計は不明であり、配水量分析に基づいて有効率向上対策を講じる段階にない。ディリ市内の給水栓の給水圧に関する定期的なモニタリングの記録はない。

(2) 被害時の修理体制

ディリ市水道の簡易な補修はDNSAS直営で行われている。DNSASディリ水道衛生部ディリ運営・維持管理課配水係では給水管の接続工事を行うほか、業務会計部の顧客サービス課で受け付けた苦情を情報源としてディリ市内の配水管の漏水補修工事を行っている。大規模な工事については、施設の維持管理を担当するディリ水道衛生部が異常箇所を発見し、または通報を受けて現場確認した後、計画開発部へ連絡し、計画開発が設計・積算・入札・委託業者への発注・事業監理を行う体制になっている。計画開発部には、過去にDNSASが現地施工業者に発注した各地の水道施設の入札図書（設計図面・数量計算書・工事仕様書）が整理されている

2005年3月に洪水によるベモス導水管の折損事故が生じた際には、DNSASが施工業者に委託して緊急補修作業を実施し、迅速な復旧工事が行われた。この時は、ベモス導水管からの原水供給停止に伴い、DNSASにより給水車の利用や深井戸施設からのバックアップによる給水の増援が行われた。また、その後の導水管補強対策として重力式無筋コンクリート保護壁設置等を実施した。これらの工事費は3万US\$であり、DNSASでは緊急時対応のための人員と工事費用の確保を行う体制が機能していることが窺える。こうした実績から、本プロジェクトによる改修が行われた後に、DNSASが対象施設を適切に維持管理し、洪水等による被害が起きた場合に対処することは可能であると考えられる。

2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 電力・通信

ディリ市の唯一の発電所であるコモロ発電所は1983年に運転を開始し、我が国の緊急無償「コモロ発電所改修計画」（2000年度、UNDP（国連開発計画）に拠出）により応急的な改修が行われた後、ノルウェーの援助や2004年度の無償資金協力事業「ディリ電力復旧計画」によって発電設備が強化された（ベースロード用発電機出力15MW）。ディリ市内はほぼ全域が電力局（EDTL）の配電範囲となっており、20kVの配電網から配電用変圧器を経て400V/230V、50Hzに降圧されている。一般の需要化に対する電力料金は10セント/kWhである（2008年）。なおベモス浄水場には停電時に備えて自家発電機が設置されている。

ディリ市ではポルトガルと「東ティ」国の合弁会社であるTimor Telecom社の固定電話の回線網が整備されている。また市内では同社の携帯電話サービスが利用されている。ベモス浄水場はディリ市の郊外に位置し、これより以遠のコモロ川上流およびベモス川流域は携帯電話の通話範囲外である。インターネットについては、Timor Telecoms社ほかのプロバイダ数社による接続サービスがある。

(2) 交通・運輸

首都ディリから地方都市へ向かう主要道路は舗装されており、ティモール島内のインドネシア領西ティモールとの間では国境を通じて陸路による農産物や生活物資の輸送が行われている。2005年6月まで駐留していたオーストラリア主体のPKFが道路の維持管理を行っていたほか、諸外国からの支援により逐次修復や新たな道路整備が行われており、我が国もPKO協力法に基づく自衛隊派遣（2002年～2003年）により幹線道路の整備や架橋を行った。また2004年度には、無償資金協力事業「ディリーカーサ道路補修計画」によってディリと南部を結ぶ道路の改修が行われた。

ディリ港は「東ティ」国で最も重要な貿易港であり、2006年度に無償資金協力事業「ディリ港改修計画」によって埠頭の改修が行われた。大型船舶の停泊・荷役が可能でありオーストラリア（ダーウィン）、マレーシア、シンガポール、インドネシア（スラバヤ）との間に定期便が就航している。また、ディリ市西端にはディリ空港（プレジデンテ・ニコラウ・ロバト国際空港）がありオーストラリア（ダーウィン）、シンガポール、インドネシア（デンパサール）との間に定期便が就航している。ディリで通関を行った貨物は、舗装道路を通行してベモス浄水場まで1時間以内に搬送することが可能である。

(3) 下水・廃棄物

DNSASは衛生施設の整備を管轄しているが、「東ティ」国では首都ディリ市においても下水道施設は未整備であり、一般家屋からの汚水の多くは未処理のまま排水路へ流されている。ホテルや集合住宅には浄化槽が設置されているところがあり、「東ティ」国およびオーストラリアの民間会社のバキューム車による汚泥吸引と運搬が行われている。雨水は道路側溝や排水暗渠から排水

路を通じて海へ放流されているものの、市内には生活污水の流入と排水不良による不衛生な状態の水路が多く見られる。

DNSAS にはごみ処理管理部局があり固形廃棄物管理者と助手の 2 名が在籍していたが、2007 年にディリ県に移管されている。ごみ収集事業は民間会社が行っているが、コンテナや収集車の数が人口規模に比べて大きく不足している。「東ティ」国の投資プログラム (SIP) の補足資料である年次別アクションプラン (AAP) の 2006 年版では公共サービスレベルとして、ディリの下水については、「人口密度に応じた浄化槽処理および地下浸透式トイレの使用」と「下水管接続による安定化池方式の下水処理場への流下」が短期・中期の目標とされている。ごみ収集については、「病原菌等の感染媒体の発生を減少させるため民間業者によるごみ収集と廃棄処分を実施すること」が目標に挙げられている。

2-2-2 自然条件

(1) 気象・水文・水質

① 気候

「東ティ」国は、雨期と乾期がはっきり区分された熱帯モンスーン型の気候であり、湿潤な北西季節風が 12 月から 3 月にかけて卓越し、これにより国内の殆どの地域が雷雨や豪雨を伴う雨期に入る。1 月には強風が吹き家屋に被害が生じることがあり、1993 年 1 月にはサイクロンにより 400 軒が被害を受けた。一方、5 月から 10 月はオーストラリア大陸方面から吹付ける乾燥した南東貿易風が卓越し、7 月まで雨期が続くティモール島南側の海岸部および南側斜面を除き乾期となる。「東ティ」国では、乾期の期間は場所によって 2~3 ヶ月から 10~11 ヶ月と異なるが、計画対象地域のコモロ川流域では乾期は 5~6 ヶ月の間続くため、河川に係る工事の期間が限定される。

② 気温

ディリ市の気温は、2004 年を例にとると月平均気温で 27~29℃の範囲にあり、月最高気温 30~33℃、月最低気温 23~26℃となっている。しかし、低緯度地域に位置しており日射が強く、日中の日向における気温は 40℃前後になることもあるため、特に取水堰等のマスコンクリート打設時の温度管理には十分な注意を要する。

表 2-2.1 ディリの月平均気温、月最高気温および月最低気温 (2004 年) 単位：℃

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月平均気温	29.0	28.3	28.1	28.7	28.3	27.4	27.2	27.3	28.7	29.3	28.4	28.4
月最高気温	32.5	31.5	31.8	32.7	32.2	31.8	31.9	29.9	32.1	32.8	31.7	32.5
月最低気温	25.5	25.0	24.4	24.6	24.3	23.0	22.5	24.7	25.2	25.8	25.0	24.3

③ 降雨量

「東ティ」国の年間降雨量は 500~2000mm である。地形と標高に影響され、地域による較差が大きい。ディリ周辺の年間降雨量は表 2-2.2 に示す様に 1,000mm 前後である。ここでは比較のた

めディリ導水施設が豪雨による被害を受けた 2004 年 2 月を含む月別降雨量を同表の下欄に示す。

表 2-2.2 ディリの月別降雨量

単位：mm

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
1953-1999年の平均値	156	125	147	115	74	43	22	17	15	26	70	138	940
2004年	38	518	181	85	156	11	16	0	0	28	23	135	1,191

④ 水質

本計画の改修対象施設であるベモス取水堰地点において、基本設計時に下記の 4 項目の水質計測を行った結果、取水堰上流からの顕著な汚水が流入している状況は確認されなかった。

表 2-2.3 ベモス川取水点における水質計測結果（現位置試験）

温度	電気伝導度	pH	大腸菌群数
16.0°C	114μS/cm	7.8	3/mg

(2008 年 6 月 7 日 ベモス川取水口 標高 228m 東経 125°33'32" 南緯 8°37'32")

取水堰上流の排水の状況は以下のとおりである。ベモス川水源は汚染の少ない源流域であり、河川水が直接汚染される要因は水を飲む鳥獣が沢に入る程度であると考えられる。

(a) 集落

ベモス取水堰上流部の水源地域を囲む尾根上にはディリから南方のアイレウ県に通じる幹線道路があり、道沿いに 100 人から 500 人規模の集落が見られる。水源の谷は急峻で、日照時間の長い北側の斜面に（南半球に位置しているため）に人家と農地が点在しているがその数は少ない。

(b) 生活排水

道路沿いには World Vision や Plan-Timor Leste などの NGO による給水事業で布設された管径 φ25mm 程度の簡易水道が通じており、住民は集落毎に配置された給水槽から生活用水を得ている。集落から発生する生活排水は主に洗濯と水浴びによるもので、集落内の沢に流されているが、排水量が少ないため地中に浸透している。戸外で排泄することによりトイレのない住居が多く、集積されたし尿がベモス川源流に流入している状況は見られない。

(c) 農業・畜産からの排水

ベモス川源流部の谷沿いの集落ではコーヒーが栽培され、中流部周辺の斜面ではバナナやキャッサバが植えられているが、用排水施設はなく農業排水がベモス取水堰の上流に流入する状況は見られない。豚を飼っている家庭は多いがそのほとんどが放し飼いであり、養豚場から多量の排水が生じている状況は見られない。

(d) 漁業

ベモス川左岸上部にあるトホメタ村での聞き取りによれば、ベモス取水堰より上流では魚採りはあまり行われておらず、漁業による顕著な汚染機会は確認されなかった。また、ベモス川中流

部ではうなぎに似たツナという魚が採れるとのことであった。

(2) 地形・地質・地盤条件等

① 地形

ディリ市はティモール島の北海岸（フローレス海）に面し、背後に標高 700～1,000m 級の東西方向に連なる山脈を擁している。この山脈のディリ市に近い斜面は薪の伐採により殆ど禿山となっており、雨期にのみ草が生える程度である。ディリ市の西側にはコモロ川（流域面積 212km²）がアイレウ県から北流してフローレス海に注いでいるが、この流域は河口の海拔 0m から最高峰のある流域西側の分水嶺（1,410m）まで標高が変化しており、南側の分水嶺は 1,000～1,300m、北側はディリ市の背後の山脈でその標高は 700～800m である。

ディリ市の水源の一部であるベモス川はコモロ川の右支流で、面積 43.9 km²の支流はディリ市の背後の山脈の裏側（南側）にあり、流路はほぼこの山脈沿いに西流しコモロ川に合流している。流域は概して北側の斜面（右岸側）が急峻で、植生が密なため開墾は一部を除き殆ど実施されていない。南側（左岸側）の斜面は急峻ではあるが、北側よりも緩く尾根付近の上部に集落が形成されバナナ畑等の開墾が進んでいる。ディリ市水道の貴重な表流水水源であるベモス川の上流域は、早急に水源林として保全されるべきであり、当該流域を含む「ラクロ川およびコモロ川流域住民主導型流域管理計画調査」(JICA)が2005年度から2008年度にかけて実施されている。

② 地質

ティモール島は、地質学的には基盤岩が堆積石灰岩からなるオーストラリアの大陸棚に属し、岩石で構成された標高 1,000～2,000m 級の山脈が連なる島である。ティモール島を構成する岩石は、一般に古生代から中生代の変成岩類、中生代の石灰岩類および細粒堆積岩、新生代の堆積岩と石灰岩類、新生代の堆積岩と隆起珊瑚礁石灰岩からなる。活動帯でありながら火成岩類が少なく、比較的新規の火成岩類がアタウロ島にみられる。全体的には塊状石灰岩、石灰質泥岩、マール等の石灰質岩の分布が多い。

表 2-2.4 コモロ川流域の地質状況

地層分類	地質年代	岩種	面積(ha)	割合(%)
Aileu層	二畳紀	千枚岩、片岩、角閃岩、粘板岩、火成岩	19,668	97.3
Ainaro 層	更新世	礫岩、砂、粘土	544	2.7

一方、コモロ川流域の地質は表 2-2.4 に示すように、地層分類として Aileu 層および Ainaro 層に大別され、前者がほとんどの面積を占めている。また、ベモス川の左右岸は急峻な渓谷となっており、河岸には千枚岩或いは粘板岩系の岩の露頭が、また河床には巨岩が至る所に見られる。河床の巨石は上流からの転石と、埋まっていた岩の周辺の土砂が流れて露出したものが混在していると考えられる。従って、河川左右岸の河岸段丘の中にも巨岩が存在していることが推測される。河岸段丘の掘削や河床の掘削を行う場合、こうした巨岩の取り壊しを考慮して施工計画、積算に反映させる必要がある。

③ 土壌

一般的にコモロ川流域の土壌は非常に薄く、また保水性は低い。西側流域では有機質が高く暗灰色の厚い土壌に覆われており、また残りの流域の大部分はカチオンの含有量が低い青色の土壌が主体である。土壌の深さは植生条件にも影響し、高さ 10m 以上の樹木は、土壌の有効深さは 1m 以上であるが、山頂、尾根周辺および急峻な斜面でよく見られる疎林、乏しい植生の場所では、赤い養分の少ないラテライトが主体となる。導水管の埋設に発生土を用いる際には草木根や腐植土等の有機物を除去する必要がある。

④ 地盤条件等

ベモス浄水場には片麻岩の露頭が見られる。下部配水池は地山を切り土整形した窪地で、地質は岩と礫質土である。1980 年代に建設された下部配水池の基礎がこれまでに沈下した形跡は見られず現況と同規模の構造物に対して十分な地耐力を持った地盤であると推定された。

⑤ 地震

ミャンマーから大スンダ列島、小スンダ列島およびティモール島にかけてインド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートがぶつかり合うスンダ海溝（ジャワ海溝）がある。ここは、世界有数の地震多発地帯で、100～150 年の周期で大地震が繰り返されている。

「東ティ」国はスンダ海溝の東端に位置するが、大きな地震が過去に起きている。周辺のインドネシアを含む地震記録を表 2-2.5 に示す。これらの記録から判断して、将来においても大きな地震が発生することが予測されるため、構造物の設計震度は日本と同じ条件とすることが望ましい。

表 2-2.5 「東ティ」国周辺の地震発生記録（インドネシアを含む）

発生年月日	発生場所	強度*	適用
1938 年	インドネシア・バンダ海	8.5	-
1992 年	インドネシア・フローレス島	7.5	津波、死者約 2,500 人
1996 年 2 月 17 日	インドネシア・ビアク島	8.2	死者・不明者 150 人
2004 年 11 月 12 日	インドネシア・アロール島	7.4	死者 27 人、重傷者 235 人
2008 年 1 月 30 日	ディリ北東 299 km	6.6	津波警報(インドネシア気象庁)
2008 年 4 月 19 日	ディリ 85 km、バンダ海	6.0	震源深さ 11.7 km
2008 年 6 月 6 日	バンダ海	6.0	震源深さ 122.1 km

注：強度の単位はマグニチュード

⑥ 地滑り地点の調査結果

地すべり地周辺の露頭の分布状況から、地質状況を把握して地質図（図 2-2.2 地質平面図）を作成した。また、現地においてすべり土塊の深度、土質定数(N 値、単位体積重量)等を把握することを目的として、Mackintosh 貫入試験、土質試験を実施した。土質試験については密度試験、含水比試験、粒度試験を実施し、安定計算に必要な条件(湿潤重量、飽和重量)と土質状況を把握した。試験結果は以下のとおりである。

表 2-2.6 Mackintosh probe test 試験結果一覧表

位置 深度 (GL. -m)	すべり土塊								地滑り上方斜面			
	No. 1	No. 1'	No. 2	No. 2'	No. 3	No. 3'	No. 6	No. 7	No. 8	No. 4	No. 5	No. 9
0.3	4	12	7	4	3	10	3	9	2	7	30	9
0.6	>30	11	13	5	6	6	8	9	3	>30	17	29
0.9	>30	7	>30	4	3	9	6	3	16	>30	>30	>30
1.2	>30	13	28	8	18	4	6	3	>30	>30		>30
1.5	12	9	15	9	15	3	8	22	>30	>30		>30
1.8	25	12	>30	>30	7	4	7	12	>30	>30		
2.1	>30	>30	>30	>30	4	27	8	8	>30	>30		
2.4	18	>30	>30		7	30	11	15	>30			
2.7	>30	17	>30		>30	29	>30	12				
3.0	>30	14	>30		>30	19	>30	14				
3.3	26	16	>30			>30	>30	16				
3.6	>30	>30	>30			>30		>30				
3.9		>30						>30				
4.2		>30										
4.5												
ave.	17	12	16	6	8	14	7	11	7	7	24	19
	11								17			
	ave, N<20			9						-		

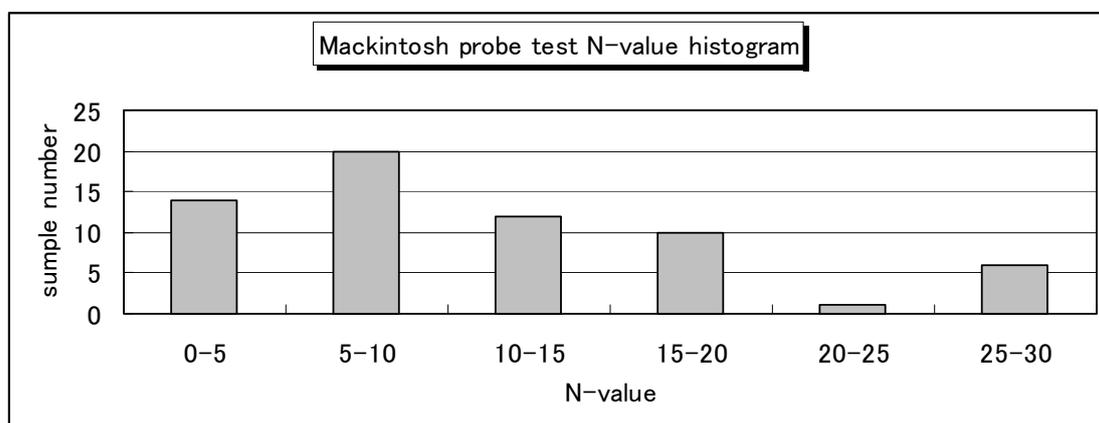


図 2-2.1 Mackintosh probe test N値ヒストグラム

表 2-2.7 土質試験結果一覧表

孔番	項目	試験深度 (m)	採取場所	土質試験							湿潤密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	飽和密度 (g/cm ³)
				物理試験						間隙比			
				土粒子の密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	粒度							
						礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)				
クベ セモ ス べり 道 浄 路 水 地 場 す ア	試料番号												
	No. 1	0.15	滑落崖	2.494	16.4	44	22	34	0.304	1.978	1.913	2.146	
	No. 2	0.15	すべり土塊	2.534	16.5	23	29	48	0.385	1.939	1.829	2.107	
	No. 3	0.15	地すべり上方	2.571	9.4	63	15	22	0.493	1.884	1.722	2.052	
	ave. (all)			2.533	14.1	-	-	-	0.394	1.934	1.821	2.102	
	No. 1, No. 2 ave.			2.514	16.5	-	-	-	0.345	1.959	1.871	2.127	

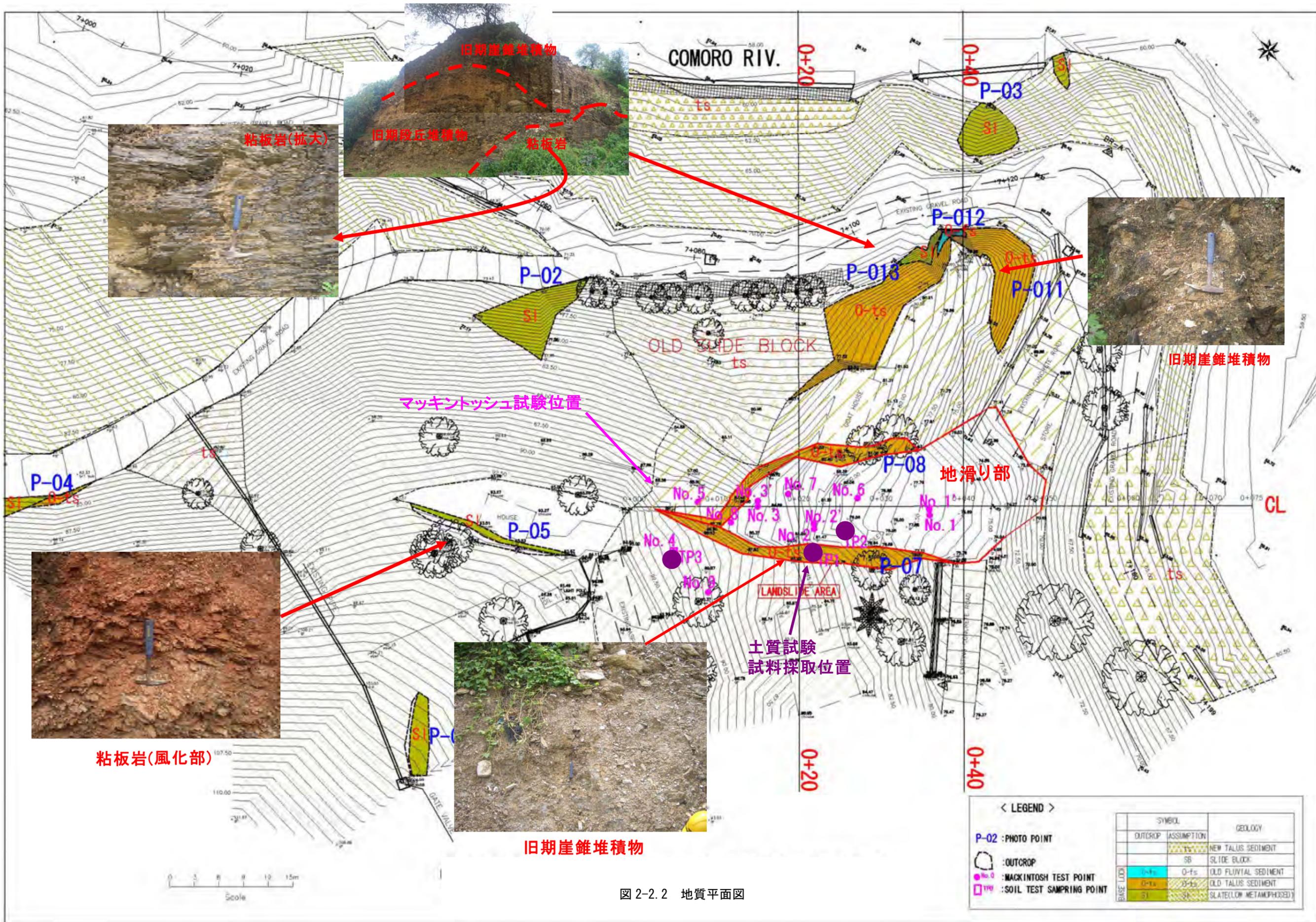


図 2-2.2 地質平面図

2-2-3 環境社会配慮

「東ティ」国の環境社会配慮制度については経済開発省環境局（DNES）の環境影響評価部が担当している。DNES の環境影響評価に係るガイドライン No.1 の規定では、開発プロジェクトの計画申請に際して環境影響評価に関するカテゴリ分類を行うことになっている。カテゴリ A では環境影響評価（EIA）を行うことが要求される。カテゴリ B では環境管理計画（EMP）の提出が必要とされる。カテゴリ C は環境社会への影響が小さい事業であり、EIA、EMP の手続きを必要としない。

本計画の対象は、7.1km の既設導水管の損傷部の部分的な改修とベモス浄水場の下部配水池および弁室の改修である。2008 年 1 月から 2 月にかけて実施された本計画の予備調査時に、JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく初期環境調査（IEE）レベルの環境社会配慮調査が行われた結果、対象地域は保護区・自然公園に属していないことが確認され、プロジェクト実施による環境社会配慮面に対するマイナスの影響は最小限かほとんどないと判断された。

2008 年 6 月の基本設計時に、DNSAS は環境影響評価に係るカテゴリ分類の申請を行い、DNES は本計画がカテゴリ C であることを 2008 年 7 月に DNSAS に通知した。これに従い本計画に関する EMP の提出は必要とされていない。また、環境・社会への負の影響はほとんど予想されずその緩和策も特に必要とされていない。なお、このカテゴリ分類の有効期間については 1 年間であり、1 年毎に更新手続きが必要である。2010 年に第二次案件も含めて更新手続きを済ませており、来年の有効期限までに再度更新手続きを行う必要がある。本計画の実施により想定される環境社会への影響を次頁に示す。

表 2-2.8 プロジェクトによる社会環境への影響

番号	環境項目	評定	根拠
1	住民移転	C	建設工事箇所に移転対象となる民家はない。
2	経済活動 土地収用	C	河床および河岸は政府の土地である。 沈砂池は農地の横に建設するが 50 m ² 程度であり、DNSAS が農民の同意を取得することが可能である。
3	交通・生活施設	C	建設工事により交通が妨げられることはない。 住民および車両は建設箇所の横を通過することが可能である。
4	地域分断	C	建設工事によりコミュニティが分断されることはない。
5	遺跡・文化財	C	建設工事が現地の文化に影響を及ぼすことはない。 遺跡や文化財は建設工事箇所にはない。
6	水利権・入会権	C	建設工事箇所に水利権や入会（いりあい）権はない。
7	保健衛生	C	建設工事によって保健衛生環境が汚染されることはない。
8	廃棄物	C	建設工事によって大量の廃土および建設廃棄物が排出されることはない。
9	災害（リスク）	C	建設工事によって地滑りなどの自然災害のリスクが生じることはない。

表 2-2.9 プロジェクトによる自然環境への影響

番号	環境項目	評定	根拠
10	地形・地質	C	大規模な採石、切土、盛土は計画されていない。
11	土壌浸食	C	建設工事に起因する土壌浸食は想定されない。
12	地下水	C	地下水の揚水は計画されていない。
13	湖沼・河川流況	C	建設工事は河川の流況を大きく変えるものではない。 取水口から取水される水量は工事実施後も大きく増えない。
14	海岸・海域	C	建設工事箇所には海岸および海域は含まれていない。
15	動植物	C	建設工事箇所は保護区域の中に位置していない。
16	気象	C	建設工事に起因する気象の変化はない。
17	景観	C	建設工事によって景観が悪化することはない。

表 2-2.10 プロジェクトによる公害発生の可能性

番号	環境項目	評定	根拠
18	大気汚染	C	重機からの排出ガスは建設工事箇所のみ限定されるものであり民家の近くまでは及ばない。
19	水質汚濁	C	小規模なコンクリート工事が計画されているが、工事排水は仮設沈殿槽に貯められて上澄水のみを排水する。
20	土壌汚染	C	建設工事において有毒な物質や化学物質は使用されない。
21	騒音・振動	C	激しい騒音や振動は発生しない。 建設箇所は民家の近くに位置していない。
22	地盤沈下	C	地下水の揚水は計画されておらず地盤沈下は想定されない。
23	悪臭	C	悪臭の元となる要因はない。

2-3 その他（グローバルイシュー等）

「東ティ」国は独立を巡る混乱を経て、2002年5月の独立後は順調な復興を果たしてきたが、2006年5月の離脱兵士の抗議活動に端を発し、東西出身の住民間の対立激化による騒乱状態を起こした。2007年5月には、前首相のラモス・ホルタ氏が5年の任期で大統領に選出され、①治安の回復、②貧困削減を優先課題とすることが表明された。国内避難民の人数は登録されただけでもディリ市の人口の約半分に相当する7万人程度に上り、2008年6月の基本設計時にもディリ市内の公園や海岸には国内避難民のテントが並ぶ様子が確認されたが、その後 UNICEF ほかの支援により帰還が進められた。

本計画が実施された場合、BHN の主要分野である水道の基幹施設の改修によって、ディリ市民の安全な水へのアクセスの向上が図られ、市民の生活改善に繋がることが期待される。また、間接的には回復したディリ市の治安の安定継続に寄与することから、人間の安全保障の面における貢献が期待できる。

第 3 章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

3-1-1-1 プロジェクトの上位目標

「東ティ」国政府の国家開発計画（2002年5月策定）では、① 貧困からの脱却、② 公平で持続可能な経済成長の推進と国民の健康、教育、福祉の充実、の2項目が優先すべき目標として挙げられている。この目標を達成するための開発戦略として、水道供給に関しては「十分に安全かつ持続的な水供給」を第1優先目標に掲げている。本件の改修対象であるベモス導水管は、ディリ市の飲料水供給を担う施設であることから、「ディリ市への安全な上水の持続的な供給が可能となる」をプロジェクトの上位目標とする。

3-1-1-2 プロジェクト目標

本プロジェクトの目標は、ベモス導水管を改修し、導水施設としての機能の維持と施設の安全性を確保することにより、「ベモス川からの水供給を確実なものにする」ことである。

2006年4月に策定された投資プログラム（SIP）レポートにおいて、「ディリ市の水供給状況について、2000年以降、種々のプロジェクトが実施されてきたが、国家開発計画、ミレニアム開発目標報告書に示される目標値達成には、さらなる努力（プロジェクトの実施）が必要である」とされている。これを受け、SIPでは、水道分野を所管するDNSASの優先プロジェクトとして、表3-1.1に示す4項目が掲げられている。

表 3-1.1 DNSAS の優先プロジェクト

1) 水道料金徴収システムの確立
2) DNSAS 職員のトレーニング
3) ディリ市水道給配水管整備
4) アタウロ島住民（ディリ市）の衛生改善

本プロジェクトはその性格上、上記優先プロジェクトの根底を成すものであり、同市水供給の安定性を高めることが期待される。

3-1-2 プロジェクトの概要

平成 21 年度案件では、今後ベモス川に超過確率 50 年程度の洪水が発生した場合にもディリ市のベモス浄水場およびディリ中央浄水場へ安定して原水を供給し続ける機能を確保することを目的としている。これを達成するために、ディリ市水道の基幹施設である導水管を防災的な観点から速やかに改修・保護することとした。

改修の対象箇所は、現地調査および国内解析結果により判断し、継続して使用可能な箇所を極力生かすとともに、各箇所の被災状況、重要度、河川の流況等を考慮して優先性の高い箇所を選定された。また、整備する施設は、防災の観点から設置された箇所ごとに適切な耐久性を確保するとともに、DNSAS にとって維持管理が容易な構造が採用された。加えて、ベモス浄水場の弁室および下部配水池についても改築される。更に、施工計画の策定においては、現地が狭小な洪水河川であり工事時期は 5 月から 10 月の乾期に限られること、工事期間中も給水に支障を及ぼさないことが考慮された。ベモス導水管の機能を確保するために改修することが妥当であると判断された協力対象事業は 14 箇所であった。

第二次案件で実施する内容は、平成 21 年度案件から外れた改修箇所および浄水場アクセス道路地滑り対策工であり、その概要を表 3-1.2 に示す。

表 3-1.2 協力対象事業(第二次案件)の内容

番号	改修箇所	区間長 (m)	改修方法
1	改修箇所 No.9 ベモス川左岸河岸段丘上流部 管路防護	50m	・護岸工と砂および砂利埋め戻しによる既設管路の保護
2	改修箇所 No.11 ベモス川左岸側斜面山脚部管 路線変更、管路防護	179m	・既露出管設計区間であるが落石が多く管に当たっている。 ・管路の移設と埋設
3	改修箇所 No.12 コモロ川右岸急勾配道路部舗 装、防壁	100m	・排水兼用道路（地覆付きコンクリート舗装）の建設 ・路側工の設置 ・支台による導水管の支持と保護
4	改修箇所 No.14 ベモス浄水場 下部配水地及 び弁改修	—	・既設と同等の規模、機能を有する施設を更新する。
5	改修箇所 No.15 ベモス浄水場アクセス道路地 滑り対策工	—	・L型擁壁を建設する ・法面保護工を行う

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 要請範囲

平成 21 年度案件は、ディリ市への安定給水を目的とする「東ティ」国の水道分野の国家開発計画の実施に資するため、ベモス取水堰及び取水口からベモス浄水場に至る導水管の改修と、ベモス浄水場の下部配水池及び弁室の改修を行うために、「東ティ」国政府の要請と現地調査及び協議の結果を踏まえて計画された。これらの改修箇所は、2010 年 4 月に発生した洪水により被災を受けたため、大幅な設計変更が発生し、工事費も大幅に増えたため、平成 21 年度案件の E/N 金額を越える事業費となった。このため、緊急性から優先度が高い改修箇所を平成 21 年度案件で実施し、平成 21 年度案件から除かれた改修箇所およびベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工が、第二次案件の対象箇所となっている。

3-2-1-2 導水管改修の基本方針

3-2-1-2-1 改修の基本方針

導水施設の改修方針は、以下のとおりとする。

- 管路の全面的な交換ではなく、現地調査結果に基づき、使用可能な施設は現況のまま、または改良を加えて使用し、施設の更新、新設、移設は必要最小限に留める。
- できるだけ使用しやすく、維持管理が容易な構造とする。
- 防災的な観点から検討し、施設の設置箇所ごとに適切な耐久性が確保されるよう計画する。

3-2-1-2-2 適用基準

導水管の改修計画には、管路本体の改修計画および防災の観点から河川流況、水文、気象、洪水特性を考慮し、落石や河川洪水に対する導水管保護工の計画等が含まれる。それらの計画立案において、準拠する「東ティ」国の当該分野における基準は未整備であるため、以下の日本の基準を使用する。

- 日本水道協会 水道施設設計指針 2000
- 国土交通省 河川砂防技術基準
- 国土交通省河川局 鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準（案）
- 国土交通省河川局 美しい山河を守る災害復旧基本方針
- 日本道路協会 落石対策便覧
- 農林水産省構造改善局 土地改良事業計画設計基準 設計「頭首工」
- 農林水産省構造改善局 土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」
- 農林水産省構造改善局 土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」
- その他、関連する基準、指針および規格

3-2-1-2-3 洗掘・転石・落石に対する導水管の保護工の方針

(1) 河川流による洗掘を受けている管路施設の保護工

導水管の管本体または既設の管路保護工などが河川流の水衝部に位置している場合や、河道を横断している場合で、現在洗掘などの被害を受けている、あるいは受ける可能性があり、このまま放置すると管折損や管路流失などの恐れがある箇所では、河道の洪水時水理計算から得られる、流速、水深などの水理条件を指標として、当該箇所の河岸の法面勾配、護岸工・護床工の必要性、許容流速および工法の経済性を考慮して、保護工の種類、規模を決定する。

① 護岸工の計画

- 護岸工の計画においては、基本的に低水路部分と高水敷部分に分けて計画する。
- 低水路護岸工は各改修箇所の低水路の高さおよび支配流量時の流速により経済性に配慮して工法を決定する。
- 高水敷の護岸工は、設計洪水時の流速により以下の方針に従い決定する。

表 3-2.1 高水敷の護岸工

高水敷の流速	護岸工	備考
～ 1.0 m/sec	砂（土砂）のみで可	洪水後に維持管理が必要
1.0 ～ 3.0 m/sec	砂利（礫: 25~150mm）で可	洪水後に維持管理が必要
3.0 m/sec ～	フトン籠、練石張工、 コンクリート擁壁等	吸出し防止工の必要性、工種 などを状況により判断。

- 露出している管路を護岸工で河川流から保護する場合、管の周囲は現地発生の土砂および礫により埋設し、管路上部の高水敷の流水の流速により上表の護岸工を考慮する。

② 護床工の計画

- 各改修箇所での設計洪水時の流速および経済性を考慮して適用工種を選定する。
- 護床工の設置範囲は河川砂防基準に準拠して、原則対象保護施設の上下流 10m 程度とするが、河道の勾配および河床の起伏状況などにより判断し、増減を計る。

(2) 落石（転石・浮石）に対する導水管保護工の方針

配管ルート上の落石に対する現地調査の結果では、「落石は頻繁に起きるものではないが、配管ルート上部の山腹斜面にはかなり大きな転石或いは浮石が散在しており、豪雨により地盤が緩んだ時、或いは大地震の時に崩落する可能性がある」ことが判明した。また、現実には数ヶ所で落石による導水管の損傷（管の凹み等が主で破断には至っていない）が確認できたことから、対策工が必要である。

落石対策工は、斜面上の浮石・転石を安定させる落石予防工（発生源対策）と、落石の直撃から構造物を保護する落石保護工とに分れるが、本件調査は保護対象が道路のような人間が常時使用している構造物と違い、導水管およびその付帯施設であるため後者を主体とする。

現地調査の結果に基づいて検討した、落石対策工についての基本方針を次に示す。

- 配管露出部で落石により損傷を受けている箇所およびその危険性のある箇所は、導水管を基本的に現場発生砂により埋設する。埋設深は管頂での土被りがクッション機能を発揮するよう 0.6m 以上を確保する。

日本道路協会の落石対策便覧を参考として算定した結果から判断し、砂を緩衝材としその厚さを管頂 0.6m 以上とする場合、直径 0.5m 程度の落石が 5m 程度の高さから管路の真上に落下した場合の衝撃に耐えるものと推定される。また、山腹斜面と管路の位置が離れている箇所が多いことから、直径 0.7m 程度の落石が 10m 程度の高さから落下して、そのリバウンド（第 2 落下）が衝突した場合にも、管が破断しないで耐えうるものと推定される。

上記の他、既設管路の最小埋設深も 0.6m であり、現在までに埋設管の落石による被害は発生していない。

- 転石・浮石のある斜面に雨水あるいは湧水が浸透して地盤がゆるみ、滑落する恐れがある場合は、斜面沿いに雨水、湧水を排水する承水路を設け地盤の緩みを防止する。
- 露出管路上部の斜面上の転石・浮石が比較的容易に撤去できる場合には、できるだけ工事期間中に撤去する。

3-2-1-2-4 管路移設および路線変更に関する方針

現況の路線を維持して改修する場合に比べ、導水管の必要な路線区間を変更し付替えた方が、技術的、経済的に、あるいは維持管理上有利であると判断される場合には、路線変更を計画する。

管路移設または路線変更を行う場合には、以下の事項に配慮し計画する。

- 管路改修に使用する管は既設管と同じ配管用炭素鋼鋼管（JIS G 3452 GSP）とし、管の継手は現況導水管と同様に溶接継手を基本とする。また、管の敷設方式は既設管と同様に埋設方式を基本とし、管の土被りを既設計と同じ 0.6m 以上とする。
- 改修工事に伴う断水時間は、DNSAS との協議結果に基づき、日中は最大で 10:00AM～3:00PM の 5 時間とし、断水日数は週 3 日以内とする。管路の敷設替え、弁類の改修においては従来の工法での切り替え作業を 5 時間以内で完了させることは困難であるので、日本の水道工事で実施されている不断水工法を採用する。
- 管路移設に伴う管路の縦断平面形状から、あるいは維持管理上から必要とされる導水管管理施設を適切に計画する。
- 移設管路には必要に応じて洗掘、落石に対する保護工を計画する。

3-2-1-2-5 導水管管理施設の方針

導水管を維持管理するための施設である制水弁、空気弁、排砂弁などの管理施設は、管路の水理・構造上の機能を維持管理、改善する目的で、適正な配置となるよう、管の移設計画も含めて見直しをする。また、管理施設の配置見直しにおいては、既設導水管の路線や水理構造などの条件の変更が最小限の範囲となるように計画する。

(1) 空気弁工

原則として以下のような地点に設置する。

- 管路が凸形状を示す位置に設置する。
- 平坦な配管部が急な下り勾配（約 20° 以上）に変化する部位に配置する。
- 下り勾配管路に設けられた制水弁の直下流に設ける。
- 上り勾配管路に設けられた制水弁の直上流に設ける。

なお、空気弁は既設で設けられているものと同じ管種、口径で、急速空気弁φ80mm、補修弁付のものとし、また空気弁の位置を明確にし、維持管理を容易にするために、弁室を設ける。ただし、水管橋などに空気弁が設置される場合には弁室は設けない方針とする。

(2) 制水弁

原則として以下のような地点に設置する。

- 主要な分岐点。本事業での管補修において導入する必要があると考えられる不断水分岐工法では、分岐点の分岐側および既設本管の遮断側に制水弁を配置する。
- 排砂管設置箇所
- 河川横断工での事故に対処可能なように、河川横断工の上流側に設置する。
- 特殊な箇所や分岐管もない区間でも、点検補修を考慮し、1～3kmに1箇所程度の制水弁を設ける。

制水弁としては原則として水道用仕切弁 JIS B 2062 または同等品を用いる。ただし、不断水分岐工法では本管側の止水弁に防錆対策と軽量化を図った水道用ソフトシール仕切弁を用いるのが一般的である。また、制水弁の位置を明確にし、操作を容易にするために、弁室を設ける。

(3) 排砂弁および排砂施設

排砂施設は、排砂弁および排砂管で構成され、管路の維持管理、補修において管内の水および土砂などを排除するために設ける。このため、排砂施設は路線の低位部で、排水先が近い地点に設けられる。本事業の場合、路線がベモス川またはコモロ川に沿って敷設されており、排砂施設の排水先はベモス川またはコモロ川である。排砂操作時の放流量は特段に問題とはならないものと考えられ、管路が周辺より低くなっている箇所には基本的には排砂施設を設けるものとする。

排水 T 字管の口径は、既存施設ではφ80mm が用いられているが、本導水管の場合では、流入土砂が多く、維持管理に排水 T 字管の口径が小さいため困難をきたしていることが報告されている。本事業での排水先はベモス川またはコモロ川であり、放流量に制限がなく、放流管の管径を

大きくしたほうが短時間での排水と、管路からの大量の土砂排除に便利であることから新設する排砂管は口径φ200mmで計画する。

3-2-1-3 ベモス浄水場下部配水池および弁室の改修方針

3-2-1-3-1 改修の基本方針

ベモス浄水場内の配水池および弁室の改修にあたり、劣化が著しく今後の使用にあたり機能が確保できない部分や危険のある構造物は更新対象とし、補修が可能な部分は継続使用することとする。

配水池はコンクリート構造物であるため、建設時からの経過年数・コンクリートの圧縮強度・コンクリートの中性化程度・部材の変形や損傷・漏水の有無から材質の劣化状況を総合的に判断して構造物としての安定と配水池としての水密性が確保されるように留意して改修方法を決定する。

配水池に付属する配管および計器については、管材の錆や弁の開閉障害が生じているものは更新対象とする。2007年に竣工した隣接する浄水ユニットとともに新規設置された機材は、配水池改修工事に伴って一旦取外して一時保管し、配水池改修工事完了後に再度据え付ける。

3-2-1-3-2 適用基準

配水池の改修計画に関して、「東ティ」国の当該分野における基準は未整備であるため、以下の日本の基準を使用する。

- ・日本水道協会 水道施設設計指針 2000
- ・日本水道協会 水道維持管理指針 2006
- ・日本水道協会 水道施設更新指針 2005
- ・厚生労働省健康局水道課 水道施設機能診断指針 2005

3-2-1-4 ベモス浄水場アクセス道路地滑り対策工の方針

地滑り周辺の地質調査、サウンディング試験および土の物理試験結果を基に検討した結果、地滑りの原因として以下のように整理した。

①地滑りの素因

- ・地滑りが生じた斜面には旧期崖錐堆積物が厚く分布していること。
→旧期崖錐堆積物は露頭では固結度が高く、乾燥している場合は十分な強度を有しているが、基質に粘土分が多く含まれるため、雨季の降雨の浸透あるいは地下水による湿潤状態に長時間さらされた場合、基質の粘土分が軟質化し、すべり面となる可能性が考えられる。粘板岩が緩く流れ盤となっていることも影響していると考えられる。
- ・地すべり地は尾根地形の先端部付近に位置していること。
→地滑りは尾根地形の先端に近い部分で発生している。直近の西側斜面にも地滑り跡があり、

地滑りが生じやすい地質であると考えられる。これは、この尾根がコモロ川の攻撃斜面に当たり、旧期崖錐堆積物、旧期段丘堆積物が堆積した時期の堆積面(EL.80m)から現在の河床標高(EL.60m)まで河川による浸食を受けており、この尾根部はかなり緩みを生じている可能性が考えられる。

②地滑りの誘因

・雨季の降雨

→地すべり範囲へ降雨等の地表水が流入する流域は、地表調査結果から約 1,000m² 弱と見積もられる。他の斜面と比較すると流域面積がかなり狭いが、上述の緩みにより生じたクラックなどに雨季の降雨が浸透し、長期間湿潤化、軟質化し滑動したと考えられる。

・地山からの地下水供給

→流域が極端に狭いことから、地下水の影響の可能性も考えられる。調査時は乾季であることから地下水は認められなかったが、サウンディング試験器 (Mackintosh 貫入試験機) のロッドに含水比の高い粘土が付着していることを確認している。基盤岩である粘板岩は深くなると新鮮硬質で不透水性を呈することが想定されるが、最上部の数 m は風化により軟質化し、透水性が高くなっている可能性が高い。このような箇所がミズミチとなり、地下水を地滑り部に供給している可能性も考えられる。

以上を踏まえ、地滑り対策工については以下の設計方針とする。

- すべり土塊は滑動により軟質化しており、雨季には湿潤化が進行し、更なる崩壊を引き起こす可能性があることから、すべり土塊は排除する。

- 土塊の排除後には降雨を速やかに排水できるよう、河床砂礫やドレーン材等の透水性材料で埋め戻し、有孔管により場外へ排水できる構造とする。

- すべりの末端部は地山、埋め戻し盛土等の土圧に対抗できる強固な構造物が必要であり、コンクリート擁壁で対応する。

- 地滑り部側方・上方の滑落崖における斜面崩壊の進行を抑えるため、保護工を設置し、表流水、地下水が速やかに排水できる構造とする。

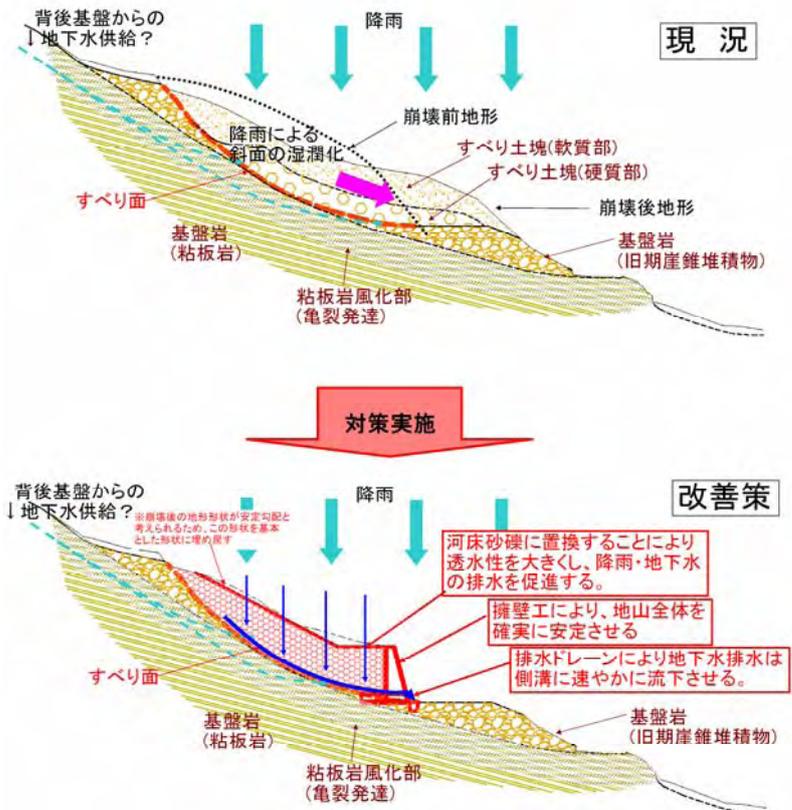


図 3-2.1 地滑り対策工の設計方針概念図

3-2-1-5 自然条件に対する方針

自然条件に対する方針は以下のとおりとする。

- 対象サイトは下記に示されるように雨期と乾期が明確に区分された熱帯モンスーン型の気候であり、雨期には高強度の集中的な降雨があり、しばしば洪水が発生する。また、流域の地形は急峻であり洪水の出水速度は非常に速い。従って、ベモス川河道内の工事は雨期を避け乾期に実施するなど、現地の気候パターンと地形に適合した設計、施工計画とする。

表 3-2.2 雨期、乾期の期間と平均月間降雨量

気候区分	期間	平均月間降雨量	備考
雨期	11月～4月	115mm～156mm	1953～1999年
乾期	5月～10月	15mm～74mm	同上

出展：ディリ観測所データ（1953～1999年）

- 既設ベモス導水管はベモス川およびコモロ川の河道に沿って敷設されている。特にベモス川は河床勾配が 1/20～1/90 の急流河川であり、兩岸が切り立った溪谷である。さらに、兩岸の崖には風化の進んだ堆積岩の露頭がみられ、河床には巨石や大岩が混在している。改修計画には導水管の防災上必要な耐久性が確保されるように配慮し、このような地形・地質条件に適合する設計とする。
- 対象サイトの月平均気温は 27～29℃、月平均最高気温は 30～33℃であり、日中の最高気温は 40℃前後にのぼることもあるため、取水堰等のマスコンクリート打設時の温度管理を適切に行うなど、現地の気温特性に適合した施工計画とする。

3-2-1-6 社会経済条件に対する方針

ディリ市水道では「東ティ」国の独立後 2004 年から水道料金の徴収が一部で行われたが、2006 年 5 月に暴動が起きてからは水道料金の徴収が停止されており、水道事業を経営面から見ると財源が十分とはいえない。こうした状況を考慮してベモス川からの取水および導水、並びにベモス浄水場の運転およびディリ市内への配水については、現況どおり地形を利用した自然流下方式の施設として施設運転経費用を抑える方針とする。

建設工事においては、汚水や産業廃棄物の発生に対して対策を行う。また工事箇所周辺の住民が利用している道路交通を遮断することを避ける。工事箇所周辺の住民はディリ市内に配水する上水道整備事業によって直接の便益を受けないため、現地雇用促進の観点から人力で行う工事のうち熟練を要しない作業についてはベモス川近隣の村落の住民を雇用する方針とする。

3-2-2 基本計画（施設計画）

3-2-2-1 取水計画

ベモス取水堰での取水方式は重力による自然流入方式とする。計画取水量（導水量）はベモス浄水場およびディリ中央浄水場の施設容量から、以下のとおり算定される。

$$\begin{aligned} \text{ベモス取水堰取水量 } Q &= (Q_1 + Q_2) \times (1 + 0.1) \text{ [プラス10\%]} \\ &= (2,000 + 6,000) \times 1.1 = 8,800 \text{ m}^3/\text{day} \\ &= 102 \text{ L/sec} \end{aligned}$$

Q_1 : ベモス浄水場計画施設容量 2,000 m³/day

Q_2 : ディリ中央浄水場計画施設容量 6,000 m³/day

3-2-2-2 設計洪水量

3-2-2-2-1 改修計画の対象とする超過確率年

国土交通省・河川砂防技術基準によると、「河川改修計画の規模の決定に当っては、河川の重要度を重視すると共に、既往洪水による被害の実態、経済的効果等を総合的に考慮して定めるものとする。」とされている。

一般に、河川の重要度と計画の規模の関係を次のように定めている。

表 3-2.3 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度	計画の規模 (対象降雨量の超過確率年)
A 級	200 年以上
B 級	100 年～200 年
C 級	50 年～100 年
D 級	10 年～50 年
E 級	10 年以下

また、河川の種類と重要度の関係は次のとおりである。

表 3-2.4 河川の種類と重要度

河川の種類	河川の重要度
一級河川の主要区間	A 級～B 級
一級河川のその他の区間	C 級
二級河川の都市河川	C 級
一般河川	D 級～E 級

ベモス川は山地部を流下する一般河川であり、堤内地は山地である。上記の基準によると、ベモス川の重要度は一般河川の D 級と評価され、計画の規模は 50 年超過確率年とすることができる。

一方、ディリ降雨量観測データの確率計算結果から、50年超過確率日降雨量は、122mm/dayであり、また2004年2月の既往最大日降雨量は126.7mm/dayである。両者の差は僅か4.7mm/day(4%程度)であり、既往最大の洪水により対象施設が被害を受けていることを考慮し、本プロジェクトにおける基本洪水は2004年2月の既往最大日降雨量126.7mm/dayにより決定する。

表 3-2.5 ディリ降雨量観測データによる確率最大日降雨量

生起年	確率最大日降雨量 (mm/day)	備考
2	72.0	
3	81.3	
5	90.8	
10	101.5	
20	110.9	
2005年	113.4	R.P. 24.4年
30	115.9	
50	121.9	
既往最大 2004年	126.7	R.P. 76.6年
100	129.6	
200	136.9	

3-2-2-2-2 ベモス取水堰地点の設計洪水量

(1) 流域面積

JICA プロジェクト「ラクロ川およびコモロ川流域住民主導型管理計画調査」(協力期間：2005年11月～2010年3月)において、ベモス川およびコモロ川の流域は下表のとおり詳細に調査されている。

表 3-2.6 コモロ川流域面積

河川名	流域面積
コモロ川(河口)	212.0 km ²
ベモス川(コモロ川合流地点)	43.9 km ²
ベモス川(取水施設地点)	30.3 km ²

(2) ベモス取水堰地点での設計洪水量

ベモス取水堰地点の河川計画の設計洪水量を、①確率最大日降雨量および流域面積などの流域データによる方法、②堰の洪水越流痕跡(管理人へのヒヤリングによると、左岸高水敷での水深1.2m)および取水堰地点での河川データに基づく方法、の二つの解析方法により算定した結果は、下表のとおりである。

表 3-2.7 ベモス取水堰地点の洪水量の解析結果

項目	単位	①既往最大洪水	②堰の洪水越流痕跡の最大洪水
1. 流域面積	km ²	30.3	
2. 日降雨量	mm/day	126.7	90.2 相当
3. 降雨強度	mm/hr	33.6	23.9 相当
4. 設計洪水量	m ³ /sec	198	141
5. 堰上流洪水位	m	H.W.L. 229.95m	H.W.L. 229.55m
6. 堰上流流速	m/sec	5.59	5.03

上表において、②洪水越流痕跡（聞き取り）のデータはあくまでも 2004 年の洪水発生から 4 年後の管理人の記憶に基づくものであり、またその観測値は洪水ピークの時点からずれていることも考えられることから、小さめの結果を与えたと推定される。

従って、ベモス川河川計画のベモス取水堰地点での設計洪水量は、河川工作物の重要性、洪水被災の影響等を考慮し、超過確率 50 年相当である既往最大流量を設計洪水量とする。

- 既往最大洪水量： $Q_{\max} = 198\text{m}^3/\text{sec} \approx 200\text{m}^3/\text{sec}$ 、
- 取水堰地点洪水位： H.W.L. 229.95m

(3) 低水護岸の設計洪水量（支配流量）

年間に 1~2 回発生する洪水によって河道は形成される。この流量を支配流量と呼ぶ。降雨量の確率処理の結果（表 3-2.7）から、支配流量は 2 年超過確率日降雨量（72mm/day）を採用すると、ベモス取水堰における流域面積 30.3km² に対する支配流量は次のように推定される。

$$\text{支配流量} : Q_c = 72\text{mm/day} \times 200\text{m}^3/\text{sec} / 126.7\text{mm/day} = 113.7\text{m}^3/\text{sec} \approx 110\text{m}^3/\text{sec}$$

従って、低水路で支配流量：110m³/sec を流下できるように、低水護岸の高さを決定する。

3-2-2-2-3 支流の設計洪水比流量

洪水到達時間を山地流域（2km²）0.5hr、既往最大洪水（2004 年 2 月 6 日）の日降雨量（mm/day）を 126.7mm/day とし、支流の洪水到達時間内降雨強度を算定した結果、53.9mm/hr が得られ、支流の設計洪水比流量は 10.5m³/sec/km² である。また、支流の支配流量（2 年超過確率降雨量：72mm/day）の降雨強度は 30.6mm/hr が得られ、支流の支配比流量は 5.95m³/sec/km² である。

3-2-2-2-4 各地点の設計洪水量および支配流量

各改修箇所的设计洪水量および支配流量を次の比流量により算定し、表 3-2.8 に示す。

- 本流の設計洪水比流量： $q_{mf} = 200 / 30.3 = 6.60\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$
- 本流の支配比流量： $q_{mc} = 110 / 30.3 = 3.63\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$
- 支流の設計洪水比流量： $q_{bf} = 0.7 \times 53.9 / 3.6 = 10.5\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$
- 支流の支配比流量： $q_{mc} = 0.7 \times 30.6 / 3.6 = 5.95\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$

表 3-2.8 各地点の設計洪水量および支配流量

改修箇所	施設名	位置	河川の種類	流域面積 (km ²)	設計流量 (m ³ /sec)	支配流量 (m ³ /sec)
No.9	ベモス川左岸河岸段丘	Sta.2+025~2+125	本流	37.8	250	140
No.11	ベモス川左岸斜面山脚部	Sta.2+365~2+570	本流	38.8	260	140
No.12	コモロ川右岸急勾配道路部	Sta.7+000~7+100	本流	206.2	1,360	750

3-2-2-3 基本計画における河川横断形

3-2-2-3-1 河川横断形

管路保護工に関連する河川構造物の基本計画においては、河道を下図のような複断面形にあてはめ、支配流量は低水路内で流下させ、設計洪水量は低水路および高水敷で流下させる計画とする。但し、十分な用地が確保できない場合には単断面形を採用する。低水路の河床幅 B は観測された現況河川の流路幅より決定する。

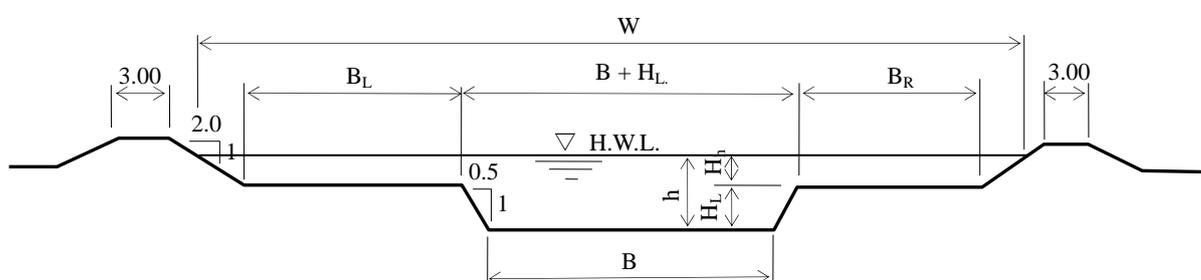


図 3-2.2 基本計画河川横断図

3-2-2-3-2 使用公式

- 流速公式

マンニングの流速公式を採用する。

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \text{----- (1)}$$

V : 平均流速 (m/sec)

n : 粗度係数、 $n = 0.040$ (農水省「水路工」p157 自然流路、山地流路、河床は玉石、砂利の場合の標準値を採用)

R : 径深 (m)、 $R = A / P$

A : 流積 (m²)

P : 潤辺 (m)

I : 河川勾配

速度水頭を次式で算定する。

$$h_v = V^2 / 2 \cdot g \quad \text{----- (2)}$$

h_v : 速度水頭 (m)

g : 重力の加速度、 $g = 9.8 \text{m/sec}^2$

また、フルード数は次式で求められる。

$$Fr = V / \sqrt{g \cdot h} \quad \text{----- (3)}$$

Fr : フルード数

h : 水深 (m)

● 限界掃流粒径公式

岩垣の限界掃流粒径公式を採用する。

$$d_{\max} = U_*^2 / 80.9 \quad \text{----- (4)}$$

d_{\max} : 限界掃流粒径 (cm)

U_* : 摩擦速度 (cm/sec)、 $U_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I}$

3-2-2-3-3 各地点の水利諸元(流量、流速、限界掃流粒径など)

各改修箇所での河川勾配、河川断面、水深、流量および式 (1)～式 (4) により算定した設計諸元を用いて、護岸工、護床工のタイプ、規模を決定する。諸元を表 3-2.9 に示す。

表 3-2.9 各地点の設計洪水および支配流量の水利諸元

改修箇所	流量 (m ³ /s)	勾配	底幅 B および BL+B k (m)	水深 H _L H _h (m)	設計 洪水時 流速 (m/sec)	支配 流量時 流速 (m/sec)	流れ の 種類	限界掃流粒径 (cm)		
								設計 洪水時	支配流 量時	
No.9	低水路	250 (140)	1/40	20.0	1.50	5.63	4.79	射流	51.51	40.36
	高水敷			50.0	0.40	2.13	—	射流	11.98	—
No.11	低水路	260 (140)	1/65	20.0	1.70	4.98	4.04	射流	37.95	27.75
	高水敷			35.0	0.60	2.17	—	常流	10.92	—

3-2-2-4 護岸工の選定

3-2-2-4-1 護岸工のタイプ

「東ティ」国での材料調達および維持管理等を考慮すると、採用可能な護岸工のタイプは次のとおりである。

- ・ フトン籠護岸工 (材料調達が容易で、実績が多い)
- ・ 練石積護岸工 (材料調達および維持管理が容易で、実績が多い)
- ・ コンクリート護岸工 (安定性・安全性が高く、維持管理が容易、
全コンクリート構造であるため、復旧は困難)

フトン籠は鉄線籠型に分類され、この部類では蛇籠も一般的であるが、「東ティ」国では蛇籠は普及していないことから、鉄線籠型はフトン籠のことを指す。

(3) 農水省「土地改良事業 計画設計基準 水路工 p.153」による最大許容流速

表 3-2.11 主な材料の最大許容流速 (用水路最大流量時の流速)

材料の種類	最大許容流速 (m/sec)	材料の種類	最大許容流速 (m/sec)
軟岩	2.0	ブロック練積	2.5
中硬岩	2.5	薄いコンクリート (13cm 未満)	1.5
硬岩	3.0	厚いコンクリート (13cm 以上)	3.0
ブロック空積 (控 30cm 未満)	1.5	厚いコンクリート (鉄筋被り 1.5cm 増)	6.0
ブロック空積 (控 30cm 以上)	2.0	厚いコンクリート (鉄筋被り 3.0cm 増)	9.0

注 3) 排水路の場合、低水護岸を検討するための流量 (1 年若しくは 2 年確率流量) に対して本表の 1.5 倍を限度として適用する。また、急流工・急傾斜排水路等で当該施設に護床又はその他適切な侵食防止処置が講じられた場合、又はコンクリートの厚さを増すとか鉄筋等で部材の補強が行われた場合、若しくは河川に相当する大きな排水路にあっては本表の適用を除外する。この場合の最大許容流速は、当該水路の構造および地形、地質並びに類似の実施例を参考に定める。

- 5) 被り厚を増加する場合には、米国開拓局の設計基準によれば、流水にさらされる場合で流速が 3.0m/sec を越える厚い鉄筋コンクリート構造物においては、表-7.8.34 に示した数値(鉄筋の最小被り:特に厳しい腐食環境のスラブ 5cm)に 1.5cm の被り厚さを加え、さらに流速が 3.0m/sec 増加するごとに 1.5cm の被り厚さを追加することによって構造物の耐久性を確保できるものとしている。

(引用 : p.153)

(4) 河川改修工事における護岸工法の最大許容流速と適用条件

下記の点を考慮し、各護岸工法の適用条件を表 3-2.12 のように設定する。

- ① 鉄線籠型護岸 (フトン籠) の最大許容流速は 4.0m/sec とする。
- ② 「東ティ」国での河川護岸工の実施例 (マナトウト県ラクロ地区灌漑施設改修・バウカウ県セーシェルアップ地区灌漑施設改修 (UNDP, UNOPS 緊急無償 2003 年竣工)、ボボナロ県マリアナ I 灌漑施設復旧改善計画 (平成 19 年度無償資金協力事業)) を参考とし、「練石積護岸工」「厚いコンクリート擁壁 (通常の被り)」の補正係数は、農水省「水路工」の用水路護岸用の値に対して 2.0 とする。
- ③ 練石積護岸工 (控 30cm) の許容流速は上記と同様「東ティ」国における他プロジェクトの実績を参考に 3.0m/sec とし、これに上記補正係数 2.0 を考慮する。また、練石積護岸工 (控 50cm) では、農水省「水路工」のブロック空積工の控 30cm と 50cm の場合の許容流速の増分を参考として 3.5m/sec とし、これに上記補正係数 2.0 を考慮する。

表 3-2.12 護岸工の適用条件表（支配流量時の流速）

材料の種類	経済性	最大高 (m)	法勾配	最大 許容流速 (m/sec)
フトン籠	3位	4.0	1 : 0.5~1.0	4.0
練石積（控 30cm 程度）	1位	3.0	1 : 0.3~1.5	6.0
練石積（控 50cm 程度）	2位	5.0	1 : 0.3~1.5	7.0
無筋コンクリート（重力式、13cm 以上の通常の厚さ）	4位	4.0	1 : 0.0~1.5	6.0
無筋コンクリート（重力式、通常の厚さ+1.5cm 増）	5位	4.0	1 : 0.0~1.5	9.0
無筋コンクリート（重力式、通常の厚さ+3.0cm 増）	6位	4.0	1 : 0.0~1.5	12.0
鉄筋コンクリート （逆 T 型またはもたれ式、5.0cm の通常の被り）	7位	7.0	1 : 0.0~1.5	6.0
無筋コンクリート （逆 T 型またはもたれ式、通常の厚さ+1.5cm 増）	8位	7.0	1 : 0.0~1.5	9.0
無筋コンクリート （逆 T 型またはもたれ式、通常の厚さ+3.0cm 増）	9位	7.0	1 : 0.0~1.5	12.0
無筋コンクリート（扶壁式、5.0cm の通常の被り）	10位	12.0	1 : 0.0~1.5	6.0
無筋コンクリート（扶壁式、通常の厚さ+1.5cm 増）	11位	12.0	1 : 0.0~1.5	9.0
無筋コンクリート（扶壁式、通常の厚さ+3.0cm 増）	12位	12.0	1 : 0.0~1.5	12.0

注：最大高は社団法人全日本建設技術協会発行建設省制定土木構造物標準設計 2 巻擁壁類等を参照して示したものである。

護岸工法の適用においては、上表の適用条件とともに表 3-2.13 河川護岸工法に示す各工法の特性に配慮して決定する。

表 3-2.13 河川護岸工法

項目	1. フトン籠護岸工	2. 練石積護岸工	3. コンクリート護岸工
略 図			
材料および構造	<ul style="list-style-type: none"> • 材料のフトン籠 (1.00m × 1.00m × 2.00m) は現地調達ができる。 • 詰め石は現地発生材を利用できる。 • 背面土吸出し防止にジオテキスタイルシート等が必要である。 • フトン籠積みであるため、4 段程度 (高さ 4.00m) が限界となる。 	<ul style="list-style-type: none"> • 材料は切石、間知石、野面石 (控え 30cm 程度) をモルタルによる練石積み。 • 背面土により裏込め礫が必要となる。 • 我国の基準では、高さ 5.00m が限界である。 • 積み石は現地発生材を利用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリート構造である。 • 高さ 4.0m まで: 重力式擁壁 (無筋コンクリート) • 高さ 7.0m まで: 逆 T 型またはもたれ式擁壁 (鉄筋コンクリート) • 高さ 12.0m まで: 扶壁式擁壁 (鉄筋コンクリート)
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> • 最大許容流速は 4.0m/sec 程度である。 • 護岸工前面の河床洗堀が生じると、容易に変形する。 • フトン籠の鉄線が錆びるため、耐久性は比較的低い。 <p style="text-align: center;">△</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 最大許容流速は 6.0~7.0m/sec 程度である。 • 根入れ深さまでの護岸工前面の河床洗堀に対して安全である。 • 洪水流の転石に対して、耐衝撃性・耐磨耗性に最も優れている。 <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 通常の鉄筋被りの場合の最大許容流速は 6.0m/sec 程度である。 • 根入れ深さまでの護岸工前面の河床洗堀に対して安全である。 • 洪水流の転石に対して、耐衝撃性・耐磨耗性に優れている。 <p style="text-align: center;">◎</p>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリート工事が不要なため、施工性は良い。 • 良質の石材の調達が必要となる。 <p style="text-align: center;">◎</p>	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリート工事が少ないため、施工性が良い。 • 良質の石材および熟練石工の調達が必要となる。 <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリート工事であるため、施工性が悪い。 • コンクリート工事であるため、十分な工事用排水が必要となる。 <p style="text-align: center;">△</p>
運営・維持管理	<ul style="list-style-type: none"> • 耐久性が悪いため、補修等の維持管理が必要となる。 • 補修に必要な石材・フトン籠ネット等は調達が容易である。 <p style="text-align: center;">△</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 耐久性に優れているため、維持管理が容易である。 • 補修に必要な石材・コンクリート・モルタル等は調達が容易である。 <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 耐久性に優れているため、維持管理が容易である。 • 補修のためには、コンクリート材料の調達が必要となる。 <p style="text-align: center;">◎</p>
経済性	<ul style="list-style-type: none"> • ローカル材料であるため、建設費は安い。 • 度重なる補修で、維持管理費が嵩む。 <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ローカル材料であるため、建設費は比較的安い。 • 溪流・急流河川では耐久性が最も高いため、維持管理費も比較的安い。 <p style="text-align: center;">◎</p>	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリート構造であるため、建設費が高い。 • 普通河川では耐久性が高いため、維持管理費は比較的安い。 <p style="text-align: center;">△</p>

3-2-2-5 護床工の選定

3-2-2-5-1 護床工のタイプ

材料調達および維持管理等を考慮すると、採用可能な護床工（根固工も含む）のタイプは次のとおりである。

- ・フトン籠護床工（材料調達が容易で、実績が多い）
- ・捨石護床工（材料調達および維持管理が容易で、実績が多い）
- ・現場打コンクリートブロック（安定性・安全性が高いが、経済性は低い）

なお、護床工は河床保護工であり、また根固工は河川構造物の基礎部の保護工として用いられるが、材料、規模等の適用方法はほぼ同じであることから、ここでは両者を含めて護床工と総称する。また、我国で実績の多いコーケンブロック、三連ブロック等の特殊な形状のコンクリートブロックは、型枠の調達が困難と予想されるため、コンクリートブロックは下図に示す形状の現場打ち十字コンクリートブロックとする。

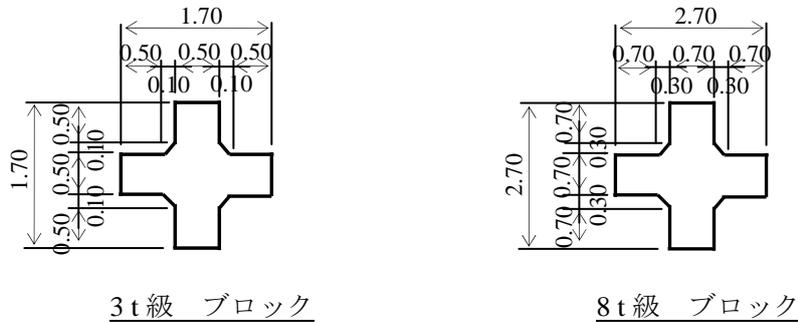


図 3-2.3 現場打ち十字コンクリートブロック

3-2-2-5-2 護床工の規格

護床工の規格は、護床工に衝突する流速により次のように決定する。

(1) フトン籠護床工

フトン籠護岸工と同様に、フトン籠護床工の最大許容流速は 4.0m/sec とする。

(2) 捨石護床工

「農業土木ハンドブック、干拓・埋立て」によると、「流れに対する安定捨石の重量および直径」は次のとおりである。

$$W = \frac{\pi \cdot \gamma_r \cdot V^6}{48 \cdot g^3 \cdot y^6 \cdot (S_r - 1)^3 (\cos \alpha - \sin \alpha)^3} \quad \text{----- (5)}$$

- W : 安定捨石の重量 (tf)
- V : 流速 (m/sec)
- Y : 形状係数 (転石)、 y = 0.86
形状係数 (埋込み石)、 y = 1.20
- γ_r : 捨石の単位体積重量、 $\gamma_r = 2.65 \text{tf/m}^3$

S_r : 捨石の比重、 $S_r = 2.65$
 α : 斜面の勾配、 $\alpha = 0^\circ$
 g : 重力の加速度、 $g = 9.80\text{m/sec}^2$

$$d_k = \frac{V^2}{2g \cdot y \cdot (S_r - 1)(\cos\alpha - \sin\alpha)} \text{----- (6)}$$

d_k : 安定捨石の直径 (m)

表 3-2.14 捨石護床工の最大許容流速 (計画洪水量時の流速)

最大許容流速 V (m/sec)	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	備考
安定捨石の重量 W (tf)	0.007	0.074	0.415	1.584	4.728	11.92	26.56	(5)式により $y=0.86$ として算定。
安定捨石の直径 d_k (cm)	14.4	32.4	57.5	89.9	129.4	176.2	230.1	(6)式により $y=0.86$ として算定。

(3) 現場打コンクリートブロック護床工

「農水省 土地改良事業 設計基準 頭首工」によると、下流護床ブロックは、流水力に抵抗し、安定している必要がある。1個のブロックの大きさの目安は次式で与えられる

$$W > 3.75 \cdot A \cdot V^2 / 2g \text{----- (7)}$$

$$V < \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot W}{3.75 \cdot A}} \text{----- (8)}$$

W : ブロック 1 個の重量 (tf/個)

A : 流水が衝突する面積、 $A = 2.70\text{m} \times 0.30\text{m} = 0.81\text{m}^2$

V : 流れがブロックに衝突する時の流速、 $V = 6.59\text{m/sec}$

g : 重力の加速度、 $g = 9.80\text{m/sec}^2$

表 3-2.15 現場打コンクリートブロック護床工の最大許容流速 (計画洪水量時の流速)

ブロックのタイプ	3 t	8 t
ブロックのサイズ (m)	1.70×1.70×1.00	2.70×2.70×1.00
ブロックの重量 (tf)	3.45	8.15
衝突の面積 A (m ²)	1.70 × 0.30 = 0.51	2.70 × 0.30 = 0.81
最大許容流速 (m/sec)	6.0	7.5

3-2-2-5-3 護床工の適用条件

以上の検討結果より、護床工の適用条件は次のとおりとなる。

表 3-2. 16 護床工の適用条件表 (計画洪水量時の流速)

材料の種類	規格	経済性	最大許容流速 (m/sec)
フトン籠護床工	1.0m×1.0m×2.0	1 位	4.0
捨石護床工 (平均径 30cm)	φ 250～φ 350	2 位	2.5
捨石護床工 (平均径 50cm)	φ 400～φ 600	3 位	3.5
現場打コンクリートブロック護床工 (3 t)	1.70×1.70×1.00	4 位	6.0
現場打コンクリートブロック護床工 (8 t)	2.70×2.70×1.00	5 位	7.5

3-2-2-6 導水管の改修計画

3-2-2-6-1 導水方式

(1) 導水方式と導水管の水利

ベモス導水管の送水方式は既設管路と同じ重力による自然流下方式とする。

① 計画流量

ベモス導水管の各区間における計画流量は次のとおりである。

取水堰から減圧水槽まで	Q = 102 L/sec
減圧水槽からベモス浄水場分岐点まで	Q = 102 L/sec
ベモス浄水場分岐点から第 8 号制水弁工(EP)まで	Q = 76 L/sec
ベモス浄水場分岐点からベモス浄水場まで	Q = 26 L/sec

② 導水管の管種、管径および延長

表 3-2. 17 導水管の管種・管径・延長

管路区間	管種	管径 (mm)	管路延長 (m)		
			既設	改修後	管路長の増減
取水堰から減圧水槽まで	GSP	250	1,355	1,287	取水口から沈砂池まで開水路設置 : -80.2m 改修箇所 No.5 管路移設 : + 8.6m 改修箇所 No.6 管路移設 : +4.0m
減圧水槽からベモス浄水場分岐点まで	GSP	300	5,465	5,472	改修箇所 No.10-3 管路移設 : +7.0m
ベモス浄水場分岐点から第 8 号制水弁工(EP)まで	GSP	300	237	237	—
合計			7,057	6,996	- 60.6m

既設導水管の総延長は減圧水槽の長さ 6m を含めて 7,063m であったが、計画では、取水口から沈砂池までの開水路区間 80.2m を含めて 7,076m となり、13m の延長増である。なお、GSP は配管用炭素鋼鋼管 JIS G 3452 または同等品以上とする。

③ 各施設での水位と管路の損失水頭

管路の水利計算での適用公式は、ヘーゼン・ウィリアムス平均流速公式による。

$$V = 0.355 \times C \times D^{0.63} \times I^{0.54} \text{ -----(9)}$$

$$Q = 0.279 \times C \times D^{2.63} \times I^{0.54} \text{ ----- (10)}$$

$$I = hf / L = 10.667 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \text{ ----- (11)}$$

V : 流速 (m/sec) Q : 流量 (m³/sec) I : 動水勾配 D : 管径 (m)

C : 流速係数 L : 管路延長 (m) Hf : 損失水頭 (m)

流速係数 C の値は管種、ライニング、管径、経年などにより変化するが、屈曲部損失などを別に計算する場合の流速係数 C の値は、GSP の場合 C = 100、モルタル・ライニングのダクトイル・鋳鉄管 (DIP) の場合 C = 130 程度とされている。また、導水管における摩擦損失以外の損失水頭は、管の屈曲部などが配水管などに比べ少なく、経験上摩擦損失水頭の 5%以下と見積もられることから 5%として算定する。水理計算結果を下表および水理縦断模式図に示す。

表 3-2.18 ベモス導水管の水理計算

施設名	管種	設計流量 Q (m ³ /s)	管路延長 L (Km)	管路口径 D (mm)	流速係数 C	管内流速 V (m/s)	導水勾配 I (m/Km)	損失水頭 hf (=L×I×1.05) (m)	必要動水位 (WL) (m)
1 デイリ中央浄水場 (DIP φ 300)	DIP	0.0764	5.046	300	130	1.081	3.957	20.965	81.9
2 導水路終点 (SGP φ 300)	GSP	0.0764	0.237	300	100	1.081	6.429	1.600	102.9
3 ベモス浄水場分岐点 (SGP φ 300)	GSP	0.1019	5.472	300	100	1.442	10.953	62.933	104.5
4 減圧水槽									167.4
5 減圧水槽 (SGP φ 250)	GSP	0.1019	1.287	250	100	2.076	26.617	35.969	167.4
6 ベモス取水口沈砂池									203.4 (< 沈砂池水位 226.65m)
7 ベモス浄水場 (SGP φ 200)	GSP	0.0225	0.300	200	100	0.716	4.825	1.520	100.4
3 ベモス浄水場分岐点									101.9 (< 分岐点動水位104.5m)

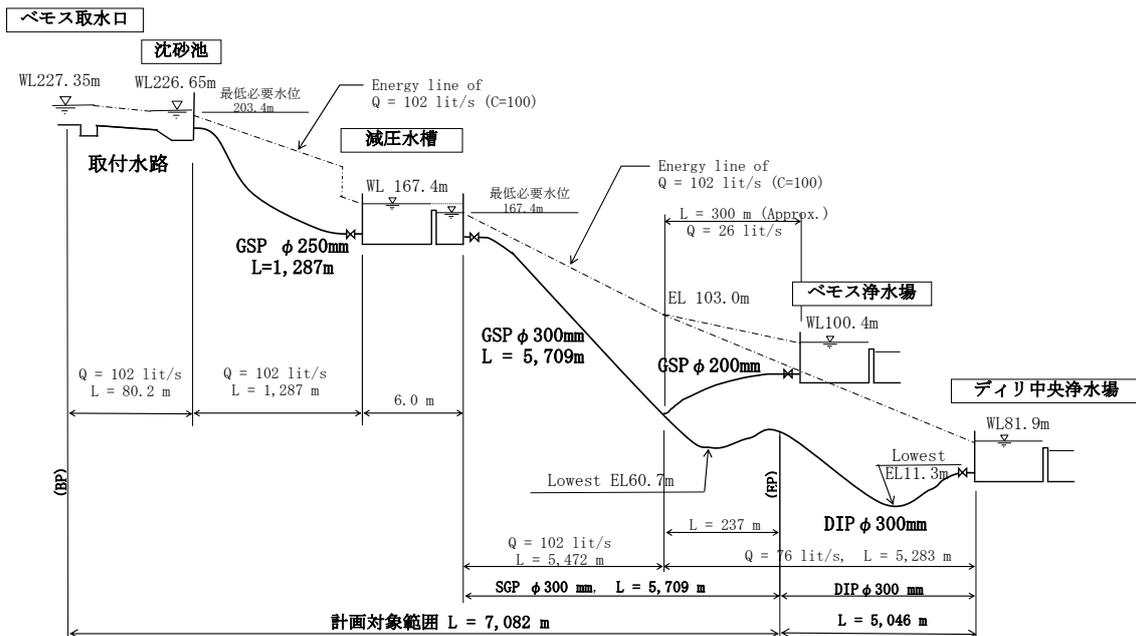


図 3-2.4 水理縦断模式図

水理計算の結果、各管路区間では計画流量を導水することが可能である。沈砂池から減圧水槽までの区間（管径φ250mm）では、有効水頭 59.25m (=WL226.65m-WL167.4m)に対して計画流量が流下するのに必要な水頭は約 36m であり、約 23m の余裕水頭がある。一方、減圧水槽下流部では、管路が連続しているディリ中央浄水場までの範囲で検討する必要があるが、有効水頭 85.5m (=WL167.4m-WL81.9m)に対して計画流量が流下するのに必要な水頭は約 85.5m であり、わずか 1.7m の余裕水頭である。このことは、管内に空気溜りや土砂の堆積等の通水障害が発生するとすぐに計画流量の流下が困難になることを示しており、定期的な管路の維持管理が重要であることを示唆している。

(2) 導水管の強度

導水管 GSP 管径 φ300mm および φ250mm について、管厚から算定される許容内水圧と、土被りを変化させて管のたわみと曲げ応力度を算定して外圧に対する強度を確認した。その結果を以下に示すが、本事業での使用条件に対して、管は十分な強度を有することが確認された。

表 3-2.19 導水管の強度 GSP φ300mm

外径 Do	cm	31.85					
内径 Di	cm	30.47					
肉厚 t	cm	0.69					
単位重量	t/m	0.0530					
許容応力	kg/cm ²	1,275					
許容内圧	kg/cm ²	45.3					
土被り	m	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0	5.0
たわみ	%	0.63	0.34	0.25	0.23	0.25	0.24
許容たわみ	%	5.0					
曲げ応力度	kg/cm ²	649	355	256	242	263	243
許容曲げ応力度	kg/cm ²	1,275					

表 3-2.20 導水管の強度 GSP φ250mm

外径 Do	cm	26.74					
内径 Di	cm	25.42					
肉厚 t	cm	0.66					
単位重量	t/m	0.0424					
許容応力	kg/cm ²	1,275					
許容内圧	kg/cm ²	51.9					
土被り	m	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0	5.0
たわみ	%	0.44	0.24	0.17	0.16	0.18	0.16
許容たわみ	%	5.0					
曲げ応力度	kg/cm ²	511	279	202	191	207	191
許容曲げ応力度	kg/cm ²	1,275					

(3) 導水管の設計内圧

ベモス導水管に作用する内水圧は、導水管途中の減圧水槽で自由水面があることから、ベモス取水口から減圧水槽までの区間と、減圧水槽からベモス浄水場までの区間に分けて考える必要がある。管路の形式はいずれも末端に制水弁があることから、クローズドタイプの管路に分類される。クローズドタイプの管路の場合の管の設計内水圧は通常、静水圧に水撃圧を加えたものとされる。

水撃圧の計算（アリビエの近似式による）結果に基づき、ベモス導水路の管路縦断面図に静水圧、動水圧および水撃圧の各圧力線を表示したベモス導水路圧力線図を示す。

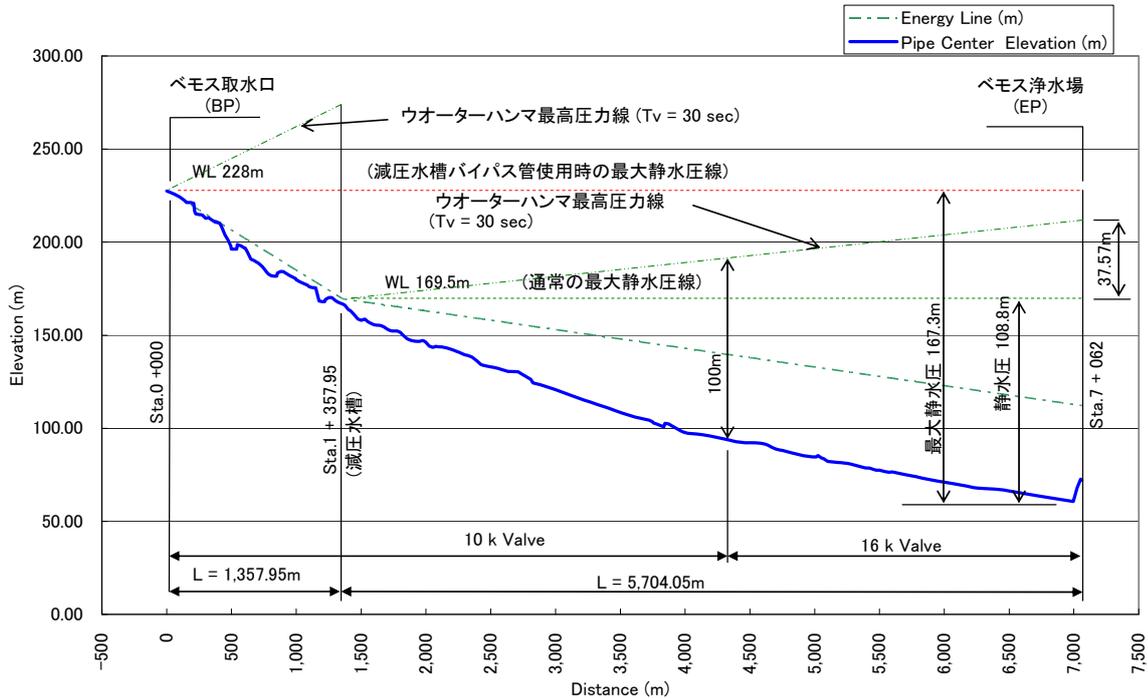


図 3-2.5 ベモス導水管圧力線図

ベモス取水口から減圧水槽までの区間では、最大静水圧は 58.5m (=228m-169.5m)であり、水撃圧は測点約 1,355m 地点にある減圧水槽の流入弁（仕切り弁）を閉じた場合が最大値を与え、有効閉塞時間 30 秒のとき、流入弁地点で約 46m と見積もられる。従って、減圧水槽流入弁（仕切り弁）の位置で、最大の作用圧は 104.5m 程度であり、仕切り弁を 60 秒程度以上の時間で閉鎖することを操作条件とすれば、この区間のバルブ類、フランジの圧力規格は 10k でよいものと判断できる。

減圧水槽からベモス浄水場までの区間の最大静水圧は、測点約 7,000m の導水管路の最低標高位置で 108.8m (=169.5m-60.7m)であり、また水撃圧は最末端の測点 7,062m 地点の第 8 制水弁（仕切り弁）を閉じた場合に最大値を与え、有効閉塞時間 30 秒のとき、約 38m と算定される。中間地点である測点 3,900m 地点の No.4 制水弁を閉操作した場合には、約 14m の水撃圧である。

従って、測点約 7,000m の導水管路の最低標高位置（No.4Wash-out 地点）で、最大の設計圧（= 静水圧+水撃圧）は 147m 程度であり、減圧水槽に向けほぼ直線的に最高水圧線が変化している。従って、管路に作用する最大圧力は測点 4,300m 付近で約 100m、約 7,000m 付近で 150m 程度の内水圧となる。

以上より、測点 4,300m より上流部のバルブ類、フランジの圧力規格は 10k、また測点 4,300m より下流部では 16k の圧力規格とする必要がある。

上記の計算結果より、ベモス導水管下流部には最大内水圧として約 15kgf/cm²が作用するもの

と考えられる。一方、導水管に使用されている鋼管は配管用炭素鋼鋼管（JIS G 3452 GSP）であり、種々の規格では、その使用を 10kgf/cm^2 に制限されているが、実質的にはこの管の試験水圧が 25kgf/cm^2 であることから、 16kgf/cm^2 程度までの使用は可能とされており（試験水圧は最高使用圧力の 1.5 倍とされていることから $25\text{kgf/cm}^2/1.5=16.7\text{kgf/cm}^2$ ）管の耐圧強度には問題ないと判断される。

3-2-2-6-2 施設改修計画

(1) 改修箇所 No. 9 ベモス川左岸河岸段丘（IP. 42 付近：Sta. 1 + 938）

この区間は、管路が露出していて落石による損傷の恐れがあり、また、洪水時には流水が管路までおよぶと考えられることから、既設管をそのまま利用することとし、川側に護岸工を設置して、管がその背面に埋設されるように、落石に対する保護工を計画する。

① 護岸工・護床工の計画

水理計算の結果、低水路護岸工を選定するための指標となる支配流量時の流速が 4.79m/sec であることから、低水護岸工は、法勾配 1:0.5 の練石積護岸工（控え 30cm 程度）とする。高さは管路の高さにより変化するが、1.5m の高さを基本とする。導水管は落石から保護するため、管頂で最小 60cm の土被りとする。計画洪水の水面高は低水護岸工より高いが、計画洪水時の高水敷の流速は 2.13m/sec と推定されることから、高水敷は現場発生の砂利による盛土とする。

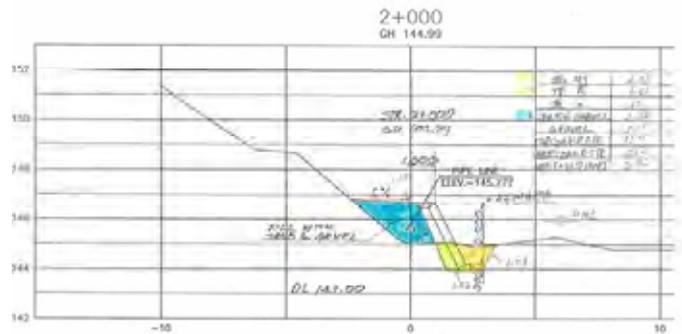


図 3-2.6 改修箇所 No. 9 の計画断面図

(2) 改修箇所 No. 11 ベモス川左岸側斜面山脚部（Sta. 2 + 365 ~ Sta. 2 + 570）

この区間の左岸側斜面表層は強風化岩の斜面となっており表層に浮石が散在している。既設管は露出管路として施工されており、IP50 (Sta.2+413) 付近では落石が管に当たっている。基本設計時点では、管に目立った損傷はなかったが、管周辺に多くの落石が散在しており、今後落石による損傷が生じることも想定されたことから、既設管の川側に護岸工を設置して、管がその背面に埋設されるようにして、落石から保護する計画とていた。

また、基本設計時は入手した完成図書図面を基に検討したが、管路が一様の下り勾配で露出管路となっており、空気弁工や排泥工などの施設を新たに設ける必要はなく、落石による損傷箇所も 1 箇所損傷程度も軽度であり、管路はそのまま利用可能と判断された。

しかし、詳細設計時に測量を行った結果、管路は縦断的に 3 箇所の凹凸形状であり、また、落石による管損傷箇所も、植生の伐採により新たに 2 箇所の重度損傷箇所が確認された。導水管の蛇行した敷設、特に縦断的な凹凸のある敷設は好ましくない。調圧水槽より下流部の口径 $\phi 300\text{mm}$ の区間では水頭に余裕は無く、凹部での土砂の堆積や凸部での空気溜りなどの発生により流積が減少し、流水障害が発生する状況は改善する必要がある。

このため、水理的に安定した流況が得られ、維持管理も容易、かつ経済的にも有利となることから、管の損傷箇所と波状に変化する管路部を含めて、一様の下り勾配となるように、管路の縦断形状に配慮して管路を路線変更する計画とし、併せて練石積護岸工と盛土による落石保護工とする計画に変更した。

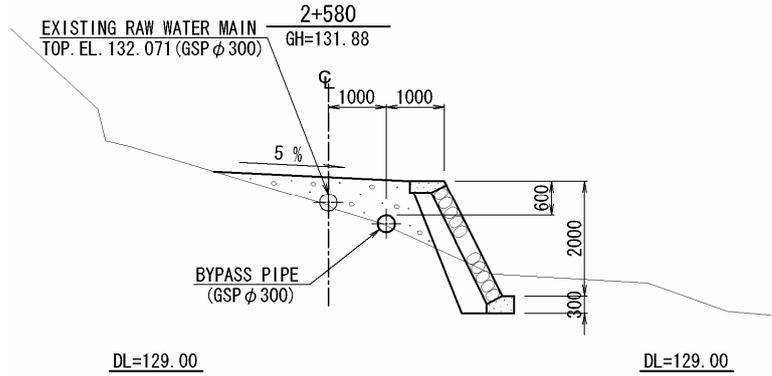


図 3-2.7 改修箇所 No. 11 の計画断面図

① 護岸工・護床工の計画

水理計算の結果、低水路護岸工を選定するための指標となる支配流量時の流速が 4.04m/sec であることから、低水護岸工は、法勾配 1:0.5 の練石積護岸工（控え 30cm 程度）とする。高さは管路の高さにより変化するが、支配流量時での低水路水深を考慮し、河床より 1.7m 以上の高さを基本とする。導水管は落石から保護するため、管頂で最小 0.60m の土被りとする。計画洪水の水面高は低水護岸工より高いが、計画洪水時の高水敷の流速は 1.86m/sec と推定されることから、高水敷は現場発生 of 砂利による盛土とする。

(3) 改修箇所 No. 12 コモロ川右岸急勾配道路部 (Sta. 7 + 000 ~ Sta. 7 + 100)

① 道路平面線形

日交通量が 100 台未満と非常に少ないことから、本道路は日本の道路構造令における最低規格の第 3 種第 5 級（地方部市町村道）に相当する。第 3 種第 5 級の道路の最小曲線半径は 20m である。

一方、既設コモロ川右岸急勾配道路の平面線形は、曲線半径が 20~100m であることから、現況曲線半径は改良しないものとする。

② 道路横断線形

既設コモロ川右岸急勾配道路の幅員は 1.5~5.0m 程度ある。極端に狭い区間は川側の路側帯が崩落して狭くなっているためである。このような状況を勘案して、ベモス浄水場へのアクセス道路と同様に 4.0m の復員を確保するように改良する。

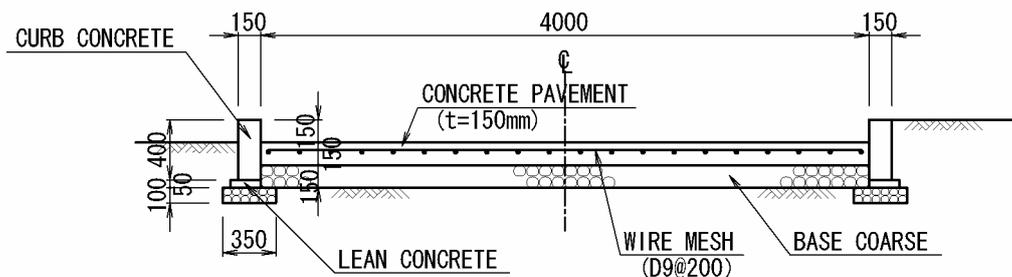


図 3-2.8 コモロ川右岸急勾配道路標準断面図

③ 道路縦断線形

既設コモロ川右岸急勾配道路の最大縦断勾配は43.3%ある。区間延長が6mと短いことから、辛うじて車両の通行を可能としている。このような状況を勘案して、ベモス浄水場へのアクセス道路（最大縦断勾配24.7%、区間延長15m）より緩い最大縦断勾配20%となるように改良する。

縦断勾配の改良工法の1)切土工法（B案）、および2)盛土工法（C案）を比較検討した結果（表3-2.18参照）、下記の理由で「B案：切土工法（最大縦断勾配19.5%）」を採用する。

- 1) A案：現況勾配は、最大縦断勾配43.3%と非常に急なため採用できない。
- 2) B案：切土工法は、C案：盛土工法と同様に、最大縦断勾配19.5%に改良することから「走行性」はよくなる。
- 3) C案：盛土工法は、B案：切土工法に比較して、付帯構造物の規模が大きくなり「施工性」が悪く、コストがやや高くなる。

④ 管路保護工

道路線形は既設導水管が道路山側の路側帯に位置するように決定される。従って、導水管の保護工の基本工法は道路山側の路側帯にコンクリート支台で支持する工法とする。

表 3-2.21 アクセス道路の縦断勾配比較表

項目	A案：現況勾配（最大勾配：43.3%）	B案：切土工法（最大勾配：19.5%）	C案：盛土工法（最大勾配：19.3%）
道路標準横断図			
舗装の種類	縦断勾配が12%以上となるため、「コンクリート舗装」を採用する。	縦断勾配が12%以上となるため、「コンクリート舗装」を採用する。	縦断勾配が12%以上となるため、「コンクリート舗装」を採用する。
走行性	最大勾配：43.3%となるため、走行性は非常に悪い。 △	最大勾配：19.5%と急勾配であるが、ベモス浄水場アクセス道路（最大勾配：30%）より緩勾配となる。 ○	最大勾配：19.5%と急勾配であるが、ベモス浄水場アクセス道路（最大勾配：30%）より緩勾配となる。 ○
付帯構造物	<ul style="list-style-type: none"> 山留工：延長 0.0m 練石積 0.0m² 路側工：延長 66.0m 練石積 217.3m² 合計：延長 66.0m 練石積 217.3m² 付帯構造物の規模が小さくなる。 ◎ (1.00)	<ul style="list-style-type: none"> 山留工：延長 38.5m 練石積 122.8m² 路側工：延長 56.5m 練石積 176.7m² 合計：延長 95.0m 練石積 299.5m² 付帯構造物の規模が大きくなる。 ○ (1.38)	<ul style="list-style-type: none"> 山留工：延長 38.5m 練石積 90.5m² 路側工：延長 76.0m 練石積 235.4m² 合計：延長 114.5m 練石積 325.9m² 付帯構造物の規模が最も大きくなる。 △ (1.50)
	施工性	切盛土および付帯構造物の規模が小さくなるため、施工性は良い。	切土および付帯構造物の規模が大きくなるため、施工性はやや劣る。
経済性 (比較の対象は付帯構造物のみの直接工事費)	<ul style="list-style-type: none"> 練石積：217.3 × 9,100 = 1,977.4 千円 笠コン：66.0 × 4,200 = 277.2 基礎コン：66.0 × 6,100 = 402.6 合計：2,657.2 千円 ◎ (1.00)	<ul style="list-style-type: none"> 練石積：299.5 × 9,100 = 2,725.5 千円 笠コン：95.0 × 4,200 = 399.0 基礎コン：95.0 × 6,100 = 579.5 合計：3,704.0 千円 ○ (1.39)	<ul style="list-style-type: none"> 練石積：325.8 × 9,100 = 2,964.8 千円 笠コン：114.5 × 4,200 = 480.9 基礎コン：114.5 × 6,100 = 698.5 合計：4,144.2 千円 △ (1.56)
	総合評価	走行性が非常に悪いため、不採用とする。	走行性が確保でき経済性も高いことから、切土工法を採用する。