

東ティモール民主共和国  
マナット県灌漑稲作プロジェクト  
フォローアップ調査報告書

平成24年1月  
(2012年)

独立行政法人国際協力機構  
東ティモール事務所

東テ事
JR
12-001

東ティモール民主共和国  
マナット県灌漑稲作プロジェクト  
フォローアップ調査報告書

平成24年1月  
(2012年)

独立行政法人国際協力機構  
東ティモール事務所

## 序 文

日本国政府は、東ティモール民主共和国政府の要請に基づき「マナツト県灌漑稲作プロジェクト」の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構が2005年から2010年までの期間で、本プロジェクトを実施しました。

今般、同プロジェクトの対象地域であるマナツト県ラクロ灌漑施設における堆砂問題の解決方針を検討するべく、当機構はフォローアップ調査を実施しました。

本報告書は、調査団によって取りまとめられた調査結果であり、今後関係者に広く活用されることを望むものです。

ここに、フォローアップ調査の実施にあたりご協力をいただいた内外関係者の方々に、改めて深い謝意を表するとともに引き続き一層のご支援をお願いする次第です。

平成24年1月

独立行政法人国際協力機構  
東ティモール事務所長 高田 裕彦

# 目 次

序 文

目 次

プロジェクト対象地位置図

現地調査写真集

略語表

要 約

第1章	フォローアップ調査の概要	1
1-1	フォローアップ調査の背景及び調査の経緯	1
1-2	フォローアップ調査の目的	2
1-3	フォローアップ調査団の構成	3
1-4	調査日程	3
1-5	主要面談者	4
1-6	調査団長所感	4
第2章	ラクロ灌漑施設における堆砂問題	5
2-1	ラクロ川の現状	5
2-2	ラクロ灌漑施設の現状及び問題点	5
第3章	関係機関・水利組合等との協議概要	10
3-1	農業水産省との協議概要	10
3-2	水利組合との協議概要	10
第4章	ラクロ灌漑施設・堆砂問題対応策の検討	13
4-1	対応策の概要	13
4-2	ソフト対策	13
4-3	ハード対策	13
第5章	今後の対応策及び提言	20
5-1	灌漑施設への土砂流入を防止するアプローチについての提言	20
5-2	灌漑施設に流入した土砂を排出するアプローチについての提言	22
付属資料		
1	ラクロ灌漑施設堆砂対策案 積算内訳	25

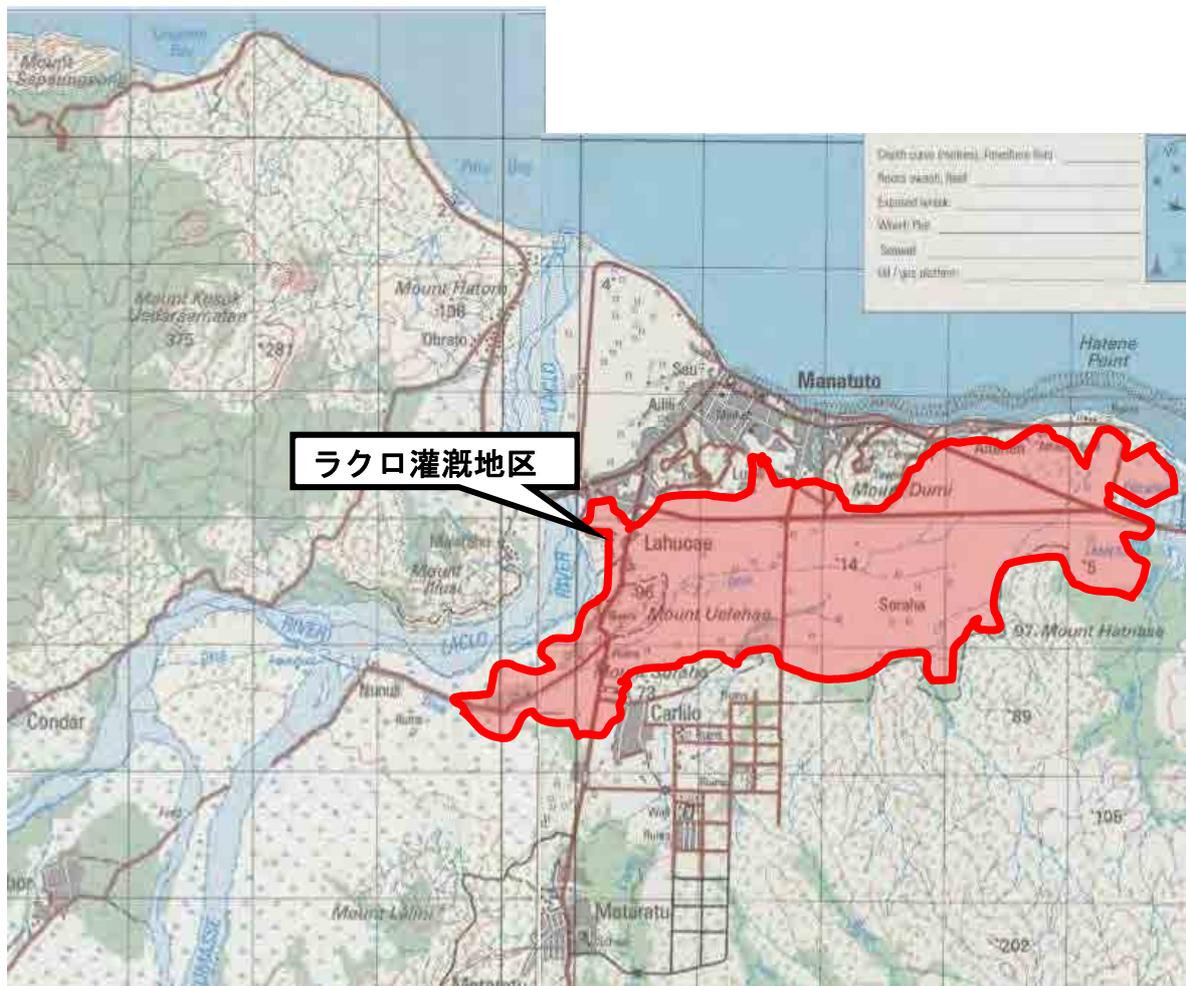
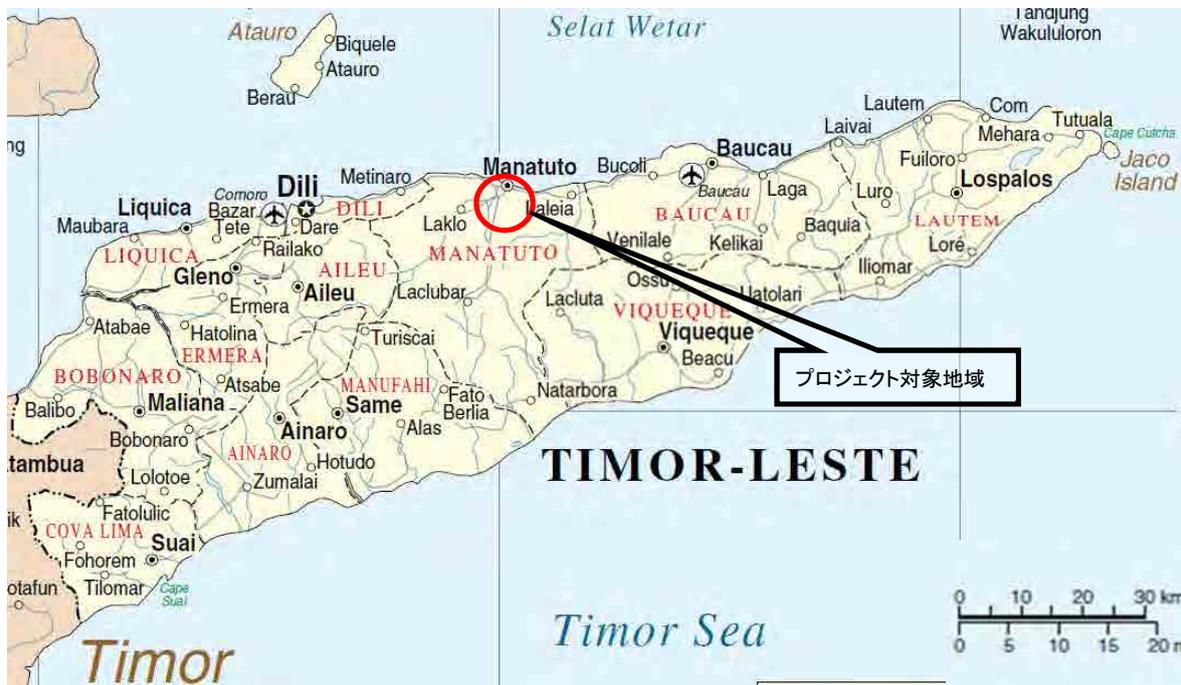
表リスト

表 3 - 1	ラクロ灌溉施設ゲート操作状況	11
表 3 - 2	重機稼働状況	11
表 4 - 1	取水口の改善策にかかる評価分析	17
表 4 - 2	流入土砂の排砂にかかる改善策の評価分析	19
表 5 - 1	取水口の改善策にかかる提言	20
表 5 - 2	流入土砂の排砂にかかる改善策についての提言	22

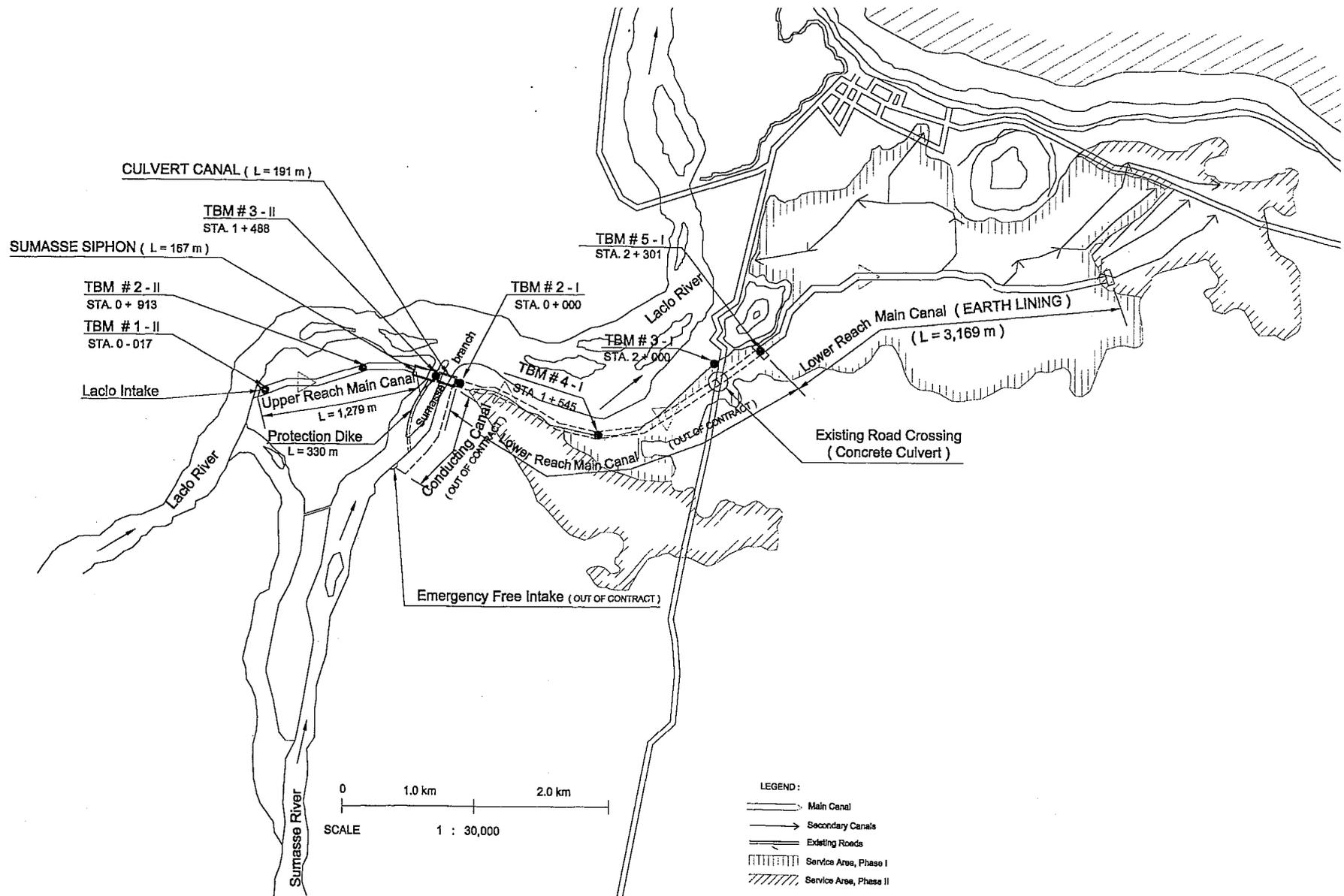
図リスト

図 2 - 1	取水口付近での流量観測時における流水面横断面図	7
図 4 - 1	スクリーン設置時の取水口開口部全面断面図	14
図 4 - 2	蛇籠設置時の取水口開口部断面図	14
図 4 - 3	多孔管断面図	15
図 4 - 4	取水口前面平面図	15

# プロジェクト対象地域位置図



# Laclo 灌溉施設構造物位置図



## 現地調査写真集

### 写真-1 ラクロ川及び取水口前面



① ラクロ川本川(取水口より約10 km 上流、2007. 8)



② ラクロ川本川河床状況(左地点より数 km 下流、2007. 8)



③ 乾期末のラクロ川(取水口直上流)



④ 洪水時のラクロ川(取水口直上流、2008. 1)



⑤ ラクロ川の濡筋(取水口上流側)



⑥ 洪水時のラクロ川(取水口上流・2008. 1)



⑦ 洪水後の干上がった導流路(2008. 1)



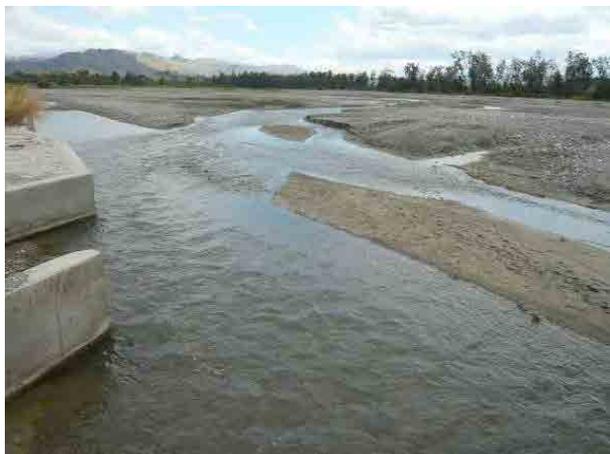
⑧ 導流路の復旧・木柵水制の設置(2008. 1)



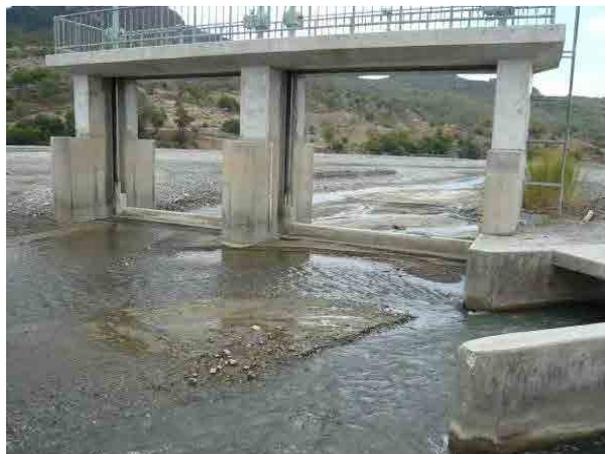
⑨ 木柵及び木の枝による水制の設置(2008. 1)



⑩ 導流路の復旧作業(2008. 1)



⑪ 導流路及び取水口前面の流れ(2008. 1)



⑫ 取水口前面の土砂吐(2008. 1)



⑬ 取水口下流部の河床



⑭ 洪水時の取水口下流部(2008. 1)

写真-2 取水口及び沈砂池



① ラクロ川の取水口(取水口改良工事のため浚渫済み)



② 洪水時の取水口、土砂吐及びラクロ川(2008. 1)



③ 取水口開口部の堆砂状況(2007. 8)



④ 取水口開口部堆砂の浚渫(2007. 8)



⑤ 取水口前面の布団籠(IRCP II により設置)



⑥ 布団籠中に設置された取水用塩ビ管(IRCP II により設置)



⑦ 取水口ゲート(導流壁中段の水平な痕跡は堆砂面)



⑧ 導流壁中段の堆砂面の痕跡(2007. 8)



⑨ 取水口ゲートの状況



⑩ 沈砂池全景



⑪ 沈砂池堆砂状況 (2007. 8)



⑫ 沈砂池脇の浚渫土砂の仮置



⑬ 沈砂池堆砂状況及び斜路 (2007. 8)



⑭ 沈砂池堆砂の浚渫・運搬 (2007. 8)

写真-3 幹線水路



① 幹線水路始点～第1 落差工中間付近の堆砂



② 左に同じ



③ 第1 落差工のゴミ(木の枝)及び直上流の堆砂



④ 洪水時の第1 落差工(2008. 1)



⑤ 第1 落差工直下流の堆砂(ほぼ、水路側壁天端付近まで堆積)



⑥ 第2 落差工の磨耗及びゴミ



⑦ 第2 落差工直下のおうけつ甕穴



⑧ 第2 落差工下流の水路(堆砂ほとんど無し)



⑨ 第1土砂吐直上流(堆砂若干あり)



⑩ 第1土砂吐直上流の水路、余水路及び幹線水路ゲート部



⑪ 第1土砂吐正面



⑫ 第1土砂吐におけるフラッシング排砂(2008.1)



⑬ フラッシング時の第1土砂吐排砂路(2008.1)



⑭ 第1土砂吐下流水路(堆砂はほとんど無し)



⑮ 第1土砂吐排砂路の磨耗による鉄筋露出



⑯ サイフォン吐口～第1分水工の堆砂

写真-4 灌漑水路



① 第1分水工下流側の堆砂



② 第1分水工～第2土砂吐間の堆砂



③ 第2土砂吐前面の灌漑水路との段差



④ 第2土砂吐ゲート(2007.8)



⑤ 第2土砂吐排砂操作(2007.8)



⑥ 第2土砂吐下流の堆砂



⑦ 前写真に同じ



⑧ 左に同じ(2007.8)



⑨ 分水工での堆砂の2次水路への堆積(2007.8)



⑩ Iruin Le'en 分水工及び2次水路(2007.8)



⑪ Iruin Le'en 分水工直上流の堆砂(右側道路が越流箇所)



⑫ Iruin Le'en 分水工及び越流箇所(右は案内してくれた村長)



⑬ 越流箇所の管理用道路の路肩崩壊



⑭ 越流水が通過する水田(階段状になっている)

写真-5 その他



① スマセ川サイフォン横断部



② サイフォン横断部直上流左岸河岸の滞筋による洗掘



③ 伝統的灌漑用水取入れ口(雨期のみ、スマセ川本川)



④ スマセ川本川右岸の河岸侵食



⑤ スマセ川本川河岸斜面の開墾(クリバス付近)



⑥ スマセ川本川上流の堆砂(クリバス付近)



⑦ 伝統的灌漑用水取入れ口(取水口下流、ラクロ川)



⑧ 取入れ口に続く用水路(位置・左に同じ)



⑨ 伝統的灌漑による水田(二期作)



⑩ 左に同じ



⑪ バックホウ側面及びキャタピラ



⑫ バックホウのバケットの状況

## 略 語 表

略語	正式名称	日本語
C/P	Counterpart	カウンターパート
	Elevation Level	標高
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
IRCP	Irrigation and Rice Cultivation Project in Manatuto	マナツト県灌漑稲作プロジェクト
IRCP II	Irrigation and Rice Cultivation Project in Manatuto Phase II	マナツト県灌漑稲作プロジェクトフェーズ2
MAF	Ministry of Agriculture and Fisheries	農業水産省
NDIWM	National Directorate for Irrigation and Water Management	灌漑水管理局
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
SDP	Strategic Development Plan	戦略開発計画
WUA	Water Users Association	水利組合

## 要 約

東ティモール民主共和国（以下、「東ティ」国と記す）では、農業セクターは非石油GDPの約25%を占め、また人口の約75%の雇用を生み出しているなど、同国の長期開発戦略でも最も重要な戦略セクターの1つとして位置づけられている。しかし同国農業の生産性は概して低く、例えば主食であるコメの生産性の全国平均は2t/haを下回り、「2020年までに生産量の増加及び生産性の向上によるコメ輸入削減とコメの自給達成」という国家目標の達成見通しは立っていない。同国独立前後の混乱に起因する農業インフラの荒廃と整備の不足は、東ティモール農業における低生産性の主たる原因であり、主要穀物であるコメの自給率改善を目的とした生産量拡大のためには、荒廃した水田・灌漑施設を修復し、その生産性の回復・向上を図ることが「東ティ」国にとっての最優先課題となっている。

マナツト県は、水稻栽培の大きなポテンシャルを有し、灌漑水稻栽培が広く行われる「東ティ」国有数の稲作地帯である。わが国はこれまで同地域において、緊急無償資金協力の実施によるラクロ灌漑地区の修復（2003年12月完工）、そして同灌漑地区で水利組合の組織強化と生産性の向上を目的として2005年6月から2010年1月までの間「マナツト県灌漑稲作プロジェクト」（Irrigation and Rice Cultivation Project : IRCP）を実施した。同プロジェクトによってラクロ灌漑地区では水利組合も組織され、コメの生産性は約2倍の2.6t/haまで向上するなど、当初目標を大きく超える結果となった。現在ラクロ灌漑地区では、改良営農技術の更なる定着及び周辺の伝統的灌漑地区への普及、また灌漑システムの構築を通じた更なるコメ生産性の向上を目的として、「マナツト県灌漑稲作プロジェクトフェーズ2」（Irrigation and Rice Cultivation Project Phase II : IRCP II）が2010年11月から4年間の計画で実施されている。

このように、これまでわが国の協力が一定の成果を上げているラクロ灌漑地区ではあるが、取水河川であるラクロ川から大量の土砂が流入し、取水口付近に堆積するという大きな問題を抱えている。ラクロ灌漑施設では当初から土砂の流入が予想されていたが、ラクロ川上流から流出する土砂は当初予想を上回り、取水施設への膨大な量の堆砂を引き起こしている。水利組合は重機を使って土砂を浚渫しているが、そのコストは組合費の75%にも及び、持続的な灌漑施設運営がなされているとはいえない。

こういった状況のなか、国際協力機構（JICA）はラクロ灌漑施設における堆砂問題の根本的な解決策の検討を行うことを目的として「マナツト県灌漑稲作プロジェクトフォローアップ調査」を行い、堆砂問題と灌漑施設の構造との関連性について綿密に調査し、取水施設の構造変更も考慮に入れ、幅広い見地から堆砂問題に対する対応策の検討を行った。

調査の結果、灌漑施設への土砂の流入を防止する方法と、灌漑施設へ流入した土砂を排砂する方法の2つのアプローチについて、以下の対策案の妥当性が高いという提言がなされた。

### <土砂の流入防止>

#### ・取水口開口部へのH鋼の打設

取水口開口部へH鋼を打設、各落しを挿入し、河川水の上澄みのみを取水することで土砂の流入を最小限にする。取水量の変化にかかる調査・検討を行う必要があるが、比較的小規模な工事で実施可能なため、IRCP IIでの実施を検討する。

- ・取水口及び沈砂池の上流側への移設

土砂吐及び排砂路を備えた沈砂池が設置できる箇所（現在の取水口位置よりも上流部）に取水口を移設する方法である。地形測量などを踏まえた移設適地についての詳細な調査・検討が必要である。必要経費の観点からすると無償資金協力に対応する必要がある。移設地の選定については詳細な調査が必要である。

<灌漑施設に流入した土砂の排砂>

- ・幹線水路でのフラッシングによる排砂

幹線水路にフラッシング用ゲートを設置し、その上流側の水路側壁を嵩上げして豊水期に水を貯め、沈砂池から第1土砂吐までの区間を同時にフラッシングすることを提案する。ただし、具体的な方法・フラッシングゲートの設置位置については、沈砂池の適地調査との関連での検討が必要である。

- ・複数の沈砂池の設置

施設に流入した土砂を排砂するためには、土砂吐を有する複数の沈砂池の設置が望ましい。第1土砂吐下流のサイフォンへの土砂流入を極力減少させるため、沈砂池の1つは第2落差工上流に設ける必要があり、また第2落差工付近ではラクロ川に近くなるため、この付近では沈砂池設置の妥当性及び実現可能性は高いと思われる。ただし、ラクロ川との位置関係や土砂吐の勾配、及び土砂吐用排水路用地の取得問題もあるため、更なるフォローアップ協力などによって、地形測量や用地の検討、詳細データの収集と概略の検討が必要となる。設置が可能であれば無償資金協力による対応を考慮する必要性もある。

- ・落差工の改修

これは落差工の堰柱、天板の撤去、及び落差工の水路インバートへの摺り付けについて提言するものであるが、これらを行うことで水路内の用水流速が増し、結果として土砂の沈積を防ぐというものである。また、これはフラッシング効果の増大にも貢献する。さらに、現在落差工の堰柱にはゴミや流木が頻繁に引っ掛かって流水を阻害しているが、この問題も解決される。実施についてはIRCP IIでの実施を検討する。

# 第1章 フォローアップ調査の概要

## 1-1 フォローアップ調査の背景及び調査の経緯

東ティモール民主共和国（以下、「東ティ」国と記す）において、非石油GDPの約25%を占める農業セクターは地方部で生活する約80%の国民の大半は農業・水産業に従事するなど、人口の約75%の雇用を生み出しており、国家長期開発戦略である「戦略開発計画（Strategic Development Plan : SDP）」でも最も重要な戦略セクターの1つとして位置づけられている。しかし「東ティ」国農業の生産性は概して低く、主食であるコメの生産性の全国平均は2t/haを下回り、SDPで示されている「2020年までに生産量の増加及び生産性の向上によるコメ輸入削減とコメの自給達成」という目標の達成見通しは立っていない〔2009年度実績で、年間精米で9万t以上（潜在的には16万tとも推計される）、といわれるコメの国内需要のうち6万t前後が生産されたに過ぎない〕。「東ティ」国独立前後の混乱に起因する農業インフラの荒廃と整備不足は「東ティ」国農業における低生産性の主たる原因であり、同国の主要穀物であるコメの自給率改善を目的とした生産量拡大のためには、荒廃した水田・灌漑施設を修復し、その生産性の回復・向上を図ることが最優先課題となっている。

「東ティ」国マナツト県は、水稻栽培の大きなポテンシャルを有し、灌漑水稻栽培が広く行われる同国有数の稲作地帯である。なかでもマナツト県北部に位置するラクロ灌漑地区は、灌漑面積は660ha強と、現在「東ティ」国で機能している総灌漑面積34,736haの約2%を占める有力な灌漑施設である。わが国は「東ティ」国の独立後、緊急無償資金協力を実施し、当時使用不能となっていたラクロ灌漑施設の修復を行い（2003年12月完成）、その後「農林水産業開発調査」により中期総合農業開発計画を策定し、ラクロ灌漑地区において実証プロジェクトを実施した。

このような背景の下、「東ティ」国政府はこれまでのわが国協力の成果を最大限活用するために、ラクロ灌漑地区内でコメの生産性向上及び水利組織強化を主目的とした技術協力プロジェクトの実施を要請し、2005年6月から3年間の計画で「マナツト県灌漑稲作プロジェクト」（Irrigation and Rice Cultivation Project : IRCP）が実施された。同プロジェクトは、2006年の「東ティ」国における騒擾によってプロジェクトが中断されたためにプロジェクト期間が1年10カ月間延長されたものの、プロジェクト目標「プロジェクト対象地のコメの生産量が増加する」は達成され、指標値であるコメの生産性は1.4t/haから、目標の2.0t/haを大きく上回る2.6t/haまで向上した。成果にかかる指標に関しても、水利組合規定の制定、奨励品種の認定種子の使用は65%を超え（目標値は50%）、また水利費の徴収率が72.7%（目標値は70%）となるなど、ラクロ灌漑施設におけるコメ生産の基盤づくりに大いに貢献した。

その後、ラクロ灌漑地区においては、IRCPでその有効性が実証された改良稲作システムの農民への更なる普及、また周辺の伝統的灌漑地区への改良稲作システムの普及及び灌漑システムの構築を通じた更なるコメ生産性の向上を目的として、「マナツト県灌漑稲作プロジェクトフェーズ2」（Irrigation and Rice Cultivation Project Phase II : IRCP II）が2010年11月から4年間の計画で実施されている。ラクロ灌漑施設では水利組合員は幹線水路の管理を精力的に行い、またプロジェクト実施機関である農業水産省（Ministry of Agriculture and Fisheries : MAF）もラクロ灌漑地区の普及員を7名配置するなど、「東ティ」国側も持続的な効果の発現に向けた一層の努力を行っている。

このように、わが国の協力が大きな効果を上げているラクロ灌漑地区ではあるが、取水河川であるラクロ川から大量の土砂が流入し、取水口付近に堆積するという大きな問題を抱えている。同灌漑施設では、計画当初から年間12,000/m<sup>3</sup>（推定）の土砂流入が予測されており、それに対応する策としての土砂吐、沈砂池、排砂ゲートの敷設とその操作に関するマニュアルの作成及び指導も行ってきている。しかし雨期に頻発する洪水によって、ラクロ川上流から流出する土砂の量は当初の予想を超えており、当初期待されていた量の土砂吐からの排砂が出来ず、その結果として取水口から沈砂池付近にかけて大量の堆砂を引き起こしている。この問題に対応するために、ラクロ灌漑地区の水利組合（Water Users Association：WUA）は重機を使った緊急的な土砂の浚渫作業を頻繁に行っているが、それにかかる高額な費用は水利組合費や農業水産省からの補助金等からなる水利組合の収入の75%前後にも相当し（2009年度実績）水利組合の運営を財政的に圧迫している。浚渫作業に使用されている重機は消耗が激しいため、持続的な灌漑施設運営のためには、将来の重機更新に向けた水利費の積み立てが必要となるが、水利組合収入の7割以上が浚渫作業費用として消費されている現状では、重機の更新費用の積み立ては難しい。取水口付近以外の灌漑施設の維持管理、即ち幹線水路の土砂浚渫作業や分水路の小規模な補修などは水利組合によって適切に行われており、取水口からの土砂の流入量を減らすことができれば農民によるラクロ灌漑施設の持続的な維持管理は可能である。したがって、同灌漑施設取水口における堆砂問題の根本的な解決を図ることは、ラクロ灌漑地区の持続的な運営、及び過去から現在まで続く、わが国協力効果の持続にとって重要な課題といえる。

IRCP IIのチーフアドバイザーは、取水口への土砂の堆砂はプロジェクト目標の達成、ひいてはラクロ灌漑施設における稲作の持続性にも大きく影響するため早急に解決すべき問題である、と現状を分析している。蛇籠など一時的な構造物の設置によって、堆砂を軽減する試みがIRCP IIの中で行われているが、プロジェクトの予算的制約、専門家の時間的制約（PDMに記載のプロジェクト業務への影響）、また簡易構造物が根本的な問題の解決へとつながる可能性が不透明なことなどから、プロジェクトのみによる対応は難しいと史料される。

また、「東ティ」国農業水産省灌漑水管理局（National Directorate for Irrigation and Water Management：NDIWM）、及び農業水産省マナツト県事務所は、堆砂問題解決に向けた調査を実施したいと考えているが、復興から開発への移行期にあたる「東ティ」国においては、現状を調査し、問題解決に向けた提言を行うだけの知見を持った人材がいないうえ、調査のための予算措置もままならない状況にある。

こういった状況を踏まえて、JICA東ティモール事務所、在東ティモール日本大使館、プロジェクト専門家、主管部であるJICA農村開発部間で連絡・協議を行い、フォローアップ協力を利用して綿密な調査を実施し、簡易な工事による取水施設の小規模な構造変更も考慮に入れた、対処方針の検討を行うことが、最善であるという結論に至った。その結果、2011年度フォローアップ協力においてフォローアップ調査を実施し、ラクロ灌漑施設の堆砂問題解決に向けた方策を探るとともに、更なるフォローアップ協力実施の妥当性の検証を行った。

## 1-2 フォローアップ調査の目的

本件フォローアップ調査は「東ティ」国NDIWMをカウンターパートとし、ラクロ灌漑施設における堆砂問題の根本的な解決策の検討を行うことを目的として実施された。

### 1-3 フォローアップ調査団の構成

調査団の構成は以下のとおりである。

#### 調査団員リスト

担当業務	氏名	所属
総括	高田 裕彦	JICA 東ティモール事務所 所長
灌漑施設	山川 精一	ソーワコンサルタント

### 1-4 調査日程

本件フォローアップ協力の現地調査は2011年11月1日（火）～16日（水）までの16日間にわたって実施された。調査日程と調査活動の詳細は以下のとおりである。

#### 調査現地調査日程・活動内容

日順	月日	曜日	調査活動内容	宿泊地
1	11月1日	火	11:00 東京発 (GA881 便) → 17:50 デンパサール着	バリ
2	11月2日	水	16:00 デンパサール発 (MZ8480 便) → 18:50 デイリ着	デイリ
3	11月3日	木	09:00 調査団内打合せ 09:30 山内専門家 (農業振興アドバイザー) 及び里山 企画調査員 (農業農村開発) との協議 10:00 デイリ発 → 12:00 マナツト着 14:00 古殿チーフアドバイザー (IRCP II) との協議 15:00 灌漑施設調査 (堆砂状況の確認)	マナツト
4	11月4日	金	09:00 現地踏査・取水口及びスマッセ川支川	マナツト
5	11月5日	土	09:00 現地踏査・取水口及びスマッセ川支川	マナツト
6	11月6日	日	WUA への専門事項の準備・作成、現地踏査まとめ	マナツト
7	11月7日	月	09:00 WUA との協議及び IRCP II との打合せ 10:00 幹線水路・灌漑水路堆砂状況調査	マナツト
8	11月8日	火	09:00 現地踏査・取水口及び IRCP II による取水口維持管理 作業の見学。WUA 組合長からの聞き取り	マナツト
9	11月9日	水	09:00 現地踏査・第1土砂吐及び排砂路付近。現地踏査ま とめ	マナツト
10	11月10日	木	現地踏査まとめ 14:00 IRCP II との打合せ	マナツト
11	11月11日	金	09:00 IRCP II との打合せ・資料収集 13:00 マナツト発 15:00 デイリ着 16:00 JICA 東ティモール事務所・現地踏査結果報告	デイリ
12	11月12日	土	写真整理、報告書案準備	デイリ
13	11月13日	日	写真整理、報告書案準備	デイリ
14	11月14日	月	写真整理、報告書案準備 14:00 MAF 現地踏査結果報告	デイリ
15	11月15日	火	09:00 JICA 東ティモール事務所・調査結果報告 14:00 デイリ発 14:50 デンパサール着	デイリ
16	11月16日	水	00:50 デンパサール発 08:50 成田着	

## 1-5 主要面談者

「東ティ」国における事前調査中に、調査団が面談した主な関係者は以下のとおりである。

### 調査主要面談者リスト

(1) 農業水産省		
Mr. Florindo M. Barreto	灌漑技術課長	農業水産省灌漑水管理局灌漑技術課
Mr. Yoichi Yamauchi	農業振興アドバイザー (灌漑稲作)	農業水産省灌漑水管理局
(2) 農業水産省マナツト県事務所		
Mr. Deolindo da Oliveira	事務所長	
(3) ラクロ灌漑施設水利組合		
Mr. Maneael de Siloa	組合長	
(4) IRCP II		
Mr. Seigo Furudono	チーフアドバイザー	
Mr. Akihiro Kawada	業務調整/研修	
Mr. Etsuo Hashiguchi	農業機械	
Mr. Aiki Kato	稲作営農	
(5) JICA 東ティモール事務所		
Mr. Takanori Satoyama	企画調査員	
(6) 三祐コンサルタンツ		
Mr. Tsutomu Senda	東ティモール常駐管理者	ベモスーディリ給水施設緊急改修計画

## 1-6 調査団長所感

今回の「マナツト県灌漑稲作プロジェクト」フォローアップ調査の目的は、ラクロ灌漑施設における堆砂問題の根本的な解決策の検討を行うことである。これまでもラクロ灌漑施設における堆砂は大きな問題であり、「マナツト県灌漑稲作プロジェクト」、「マナツト県灌漑稲作プロジェクトフェーズ2」、のなかでプロジェクト専門家がその解決に向けて尽力してきた経緯があるが、今回の調査では技術協力プロジェクトの枠組みで対応できない部分についての解決に向けた方策を検討した。

今般のフォローアップ調査で現地を踏査した結果、ラクロ灌漑施設における堆砂問題を解決するための複数のオプションが提言され、問題解決に向けた方向性を示すことができた。検討事項についてはカウンターパート機関である NDIWM と情報共有を行い、今後も問題解決に向けて農業水産省が努力に努めること、必要に応じて JICA が協力を行っていくことが確認された。

戦略開発計画 (SDP) の中で 2020 年までにコメの自給を達成することを目的としている以上、灌漑施設の適正な利用、維持管理は「東ティ」国政府、及び国民にとって喫緊の課題であることは間違いなく、特に国内有数の灌漑施設であるラクロ灌漑施設の重要性はいうまでもない。「東ティ」国政府の開発目標達成のためにも、人々の食糧安全保障のためにも、本フォローアップ調査の結果が十分活用され、堆砂問題の解決につながることを願う。

## 第2章 ラクロ灌漑施設における堆砂問題

### 2-1 ラクロ川の現状

「東ティ」国では、1972年から1999年の27年間に、年間約1.1%の割合で森林面積が減少し、全森林面積の24%の森林が消失した。現在、同国の森林率は、国土面積の約35%に過ぎない(150万haのうち50万ha)。森林減少の原因は、1) 森林火災、2) 薪採集のための伐採、3) 焼畑移動耕作、4) 不法伐採、と報告されている。森林破壊は、土壌侵食や斜面崩壊、鉄砲水などを引き起こし、河川流域の住民生活に悪影響を及ぼしている。

ラクロ川流域においても近年、森林破壊が進行しているため、農業水産省はこの流域を「重度荒廃流域」として指定した。流域の重要性にかんがみて、その環境荒廃の進行を食い止め、植生の回復により流域の機能を維持することが、緊急の課題となっている。このような状況のもと、「東ティ」国政府の要請により2005年11月から2010年3月にかけて首都ディリを流れるコモロ川流域を含めた「ラクロ川及びコモロ川流域住民主導型流域管理計画調査」が、さらに、2010年12月からは、同調査で実証されたパイロットの成果を基に、流域保全の実施体制構築及び関係機関の能力向上をめざして「持続可能な天然資源管理能力向上プロジェクト」が5年間の計画で実施中であるが、ラクロ川流域の全体をカバーするには至っておらず、依然として土壌侵食及び土砂の流出は深刻な問題である。

ラクロ川は、流域面積1,386km<sup>2</sup>(ラクロ灌漑施設の取水口を基点として)で8つの主要な支流から構成される。1952年から1974年にかけて観測されたデータによると、ラクロ川の月平均流量は29.3 m<sup>3</sup>/sであり、月別では9月に最も少なく(8.1 m<sup>3</sup>/s)、そして3月に最も多くなる(69.8 m<sup>3</sup>/s)。年平均降水量はマナツト周辺では500~1,000mmに過ぎないが、ラクロ川最上流域では2,000~2,500mmが記録されている。

ラクロ川の下流域には国内有数の稲作地帯が広がり、同河川はその稲作地帯に灌漑用水を供給している。IRCP IIが実施されているラクロ灌漑地区はこれらの灌漑地区の1つであり、そのなかでも最上流に位置している。ラクロ灌漑施設の取水口はラクロ川右岸にあり、上流でスマッセ川の支川が、また下流でスマッセ川本川が合流している。

ラクロ川流域は重度荒廃流域として指定されているように、雨期における土砂流出が激しく、ラクロ灌漑施設取水口の上下流では、ラクロ川の河床は一面砂礫で覆われている。乾期にはその中の滯筋に水が流れるが、洪水時には川幅一面を滔々と洪水が流下する。ラクロ灌漑施設の取水口はラクロ川下流域の扇状地に位置しており、取水口上流のスマッセ川支川との合流点上流付近からラクロ川の川幅が広がり、滯筋の安定しない典型的な扇状地河川となっている。

このため、主に雨期にラクロ川から取水するラクロ灌漑施設は、土砂流入が非常に多く、堆積した土砂の浚渫が灌漑施設維持管理上の大きな問題となっている。

### 2-2 ラクロ灌漑施設の現状及び問題点

#### (1) 取水口前面

##### 1) ラクロ川からの導流路(写真-1 ⑦~⑩参照)

取水口前面の滯筋は約3年前には、ラクロ川の左岸側にあったが、現在は取水口のある右岸側に移動している。ラクロ川の滯筋から導水するため、取水口寄りの河床を若干掘り下げた導流路があるが、大きな出水があると滯筋が変わるため、重機を使用して取水口ま

での導流路を確保することが必要不可欠である。ラクロ灌漑地区水利組合（以下、「水利組合」と記す）からの聞き取りでは、現在この改修にはブルドーザー、バックホウ、ダンプトラックなどの重機が必要であるが、重機が老朽化しているうえに修理部品の調達が困難なため、修理に多くの時間を要することが大きな課題となっている。導流路の確保作業にあたる人員は、通常現場を指揮する組合長と重機のオペレーターとなっている。

本件フォローアップ調査の現地調査時には、取水口前面の維持管理作業のため、砂礫で盛上げた仮締切りが取水口上流側及び前面にあり、平常時は取水口敷高(EL. 37.1 m)まで埋まっている堆砂が、取水口土砂吐とエプロン前面のコンクリートの表面(EL. 36.8 m)まで掘削されていた。

## 2) 取水口土砂吐ゲート及び堰柱（写真－1 ⑪及び⑫、写真－2 ④及び⑤参照）

取水口エプロン前面は平常時には取水口開口部の敷高付近まで堆砂があるが、今回の現地調査時には IRCP II による取水口維持管理作業のため、重機で浚渫されていた。2008 年 1 月の洪水時に取水口土砂吐ゲートによる排砂を試みたが、その範囲はゲート前面のみで効果は限定的であった。

## (2) 取水口

### 1) 取水口エプロン（写真－2 ①～⑦参照）

取水口は前面のエプロンに導流壁があり 4 つの開口部から取水され、その末端には 2 門のゲートが設置され、堤防下のカルバートを通じて沈砂池につながっている。開口部の流入土砂はバックホウにより排砂されているが、導流壁にはバックホウのバケットの爪跡が散見される。また導流壁天端コンクリートの角が磨耗していたが、洪水時には導流壁の上部を越える越水も多く、今回の現地調査時にも小規模な出水があり、越水の痕跡があった。

取水口への土砂流入対策の一環として、上流側の開口部 2 カ所の前面に布団箆を 1 段積み、その間に塩ビパイプ（径 20 cm）を設置してそこから取水する方法が IRCP II により実施されたばかりである。

取水口の問題としては、エプロン（導流壁内）への土砂及び流木等の流入がある。また、取水口前面エプロンの導流壁が上流に向いていることから、土砂の流入が容易な構造となっているが、設計時には、低水をなるべく多く取り込むために上流に向けたものと考えられる。2007 年 8 月の堆砂状況（写真－2 ③、④及び⑧参照）及び導流壁中段の水平な痕跡（写真－2 ⑦参照）から判断して、堆砂は導流壁の高さの半分以上まで達していると考えられる。

一方、導流壁上部が開口部となっていることから、出水の場合、取水口前面からばかりでなく、この開口部からも土砂及び流木等が流入する（写真－2 ②参照）。このため、取水口ゲートに流木や草が引っ掛かり流入水の阻害、及び出水時の完全閉塞ができないなど、問題となっている。

### 2) 取水口ゲート（写真－2 ⑦及び⑨）

水利組合からの聞き取りでは、土砂混入の多い洪水時には取水口ゲートを閉めて取水しないようにしているようであるが、それでも取水口ゲート背後(沈砂池以降)でかなり堆砂が多いのは、若干の出水時には操作をしていないためと考えられる。また、取水口に行く

途中にラクロ川右支川のスマッセ川があるため、大きな出水があると渡河できなくなるため（通常はサイフォンの下流側河床を渡っている）、取水口に行けなくなり、その結果として適切なゲートの操作がされていない。

(3) 沈砂池（写真-2 ⑩～⑭参照）

沈砂池は流入水の流速を落として土砂の沈積を図ることから、通常、土砂吐が設置されているが、ラクロ灌漑施設では地形的な制約から土砂吐が設置できず、沈砂池の下流側に斜路を設けてバックホウ等の重機で土砂の搬出をするように計画されている。浚渫後の土砂は、沈砂池の周囲に積まれている。沈砂池では、水利組合による適切な土砂の搬出が行われていないこと、幅 7 m、長さ 15 m、深さ 2.3 m（余裕高含む）と沈砂池の規模が小さいために流入土砂の沈積が十分でないことなどの理由により、流入土砂が下流の幹線水路に堆積し流積を狭めている（沈砂池は短絡流と停流部を生じやすくするため、池の有効長さを有効幅の 3 倍以上としている）。

一方、沈砂池の底（インバート）の標高は EL.35.1 m であるが、取水口直下の土砂吐付近の河床高は EL.37 m 程度（図 2-1 参照）であり、約 2 m 河床の方が高くなっている。ラクロ川土砂吐下流側の河床勾配は約 1/300 程度のため、沈砂池の堆砂を排砂するための土砂吐と排砂路を計画した場合、ラクロ川への排砂路の吐口はかなり下流まで延ばさざるを得ない（2 m 以上の高低差を得るためには 600 m 以上、下流に下がる必要がある）。この場合、排砂路の勾配が緩くなり土砂が排砂路内に沈積してラクロ川に排出できなくなる。このため、沈砂池への新たな土砂吐設置は現実的ではない。

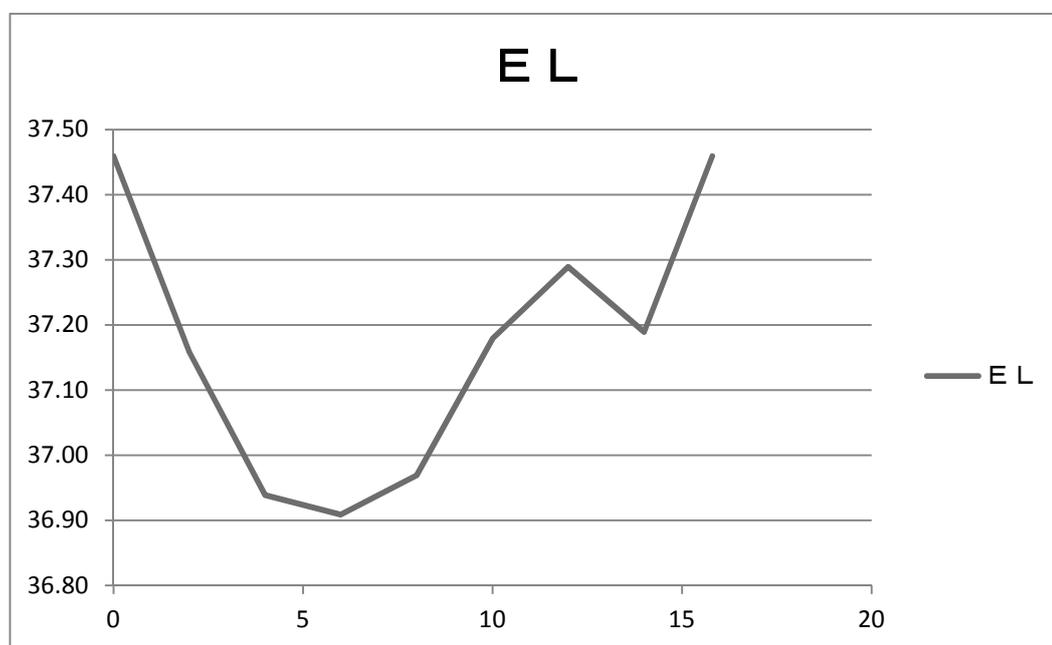


図 2-1 取水口付近での流量観測時における流水面横断面図

出所：IRCP II 提供

#### (4) 幹線水路

##### 1) 幹線水路始点～第1落差工間（延長 300 m、水路勾配 1/400）（写真-3 ①～②参照）

2011年8月のIRCPⅡによる堆砂厚の実測では、水路始点付近で約0.7 m、中間点付近で約0.4 m、第1落差工手前で0.17 mとなっている。

水路のインバートは砂礫堆が形成され、水の流れる箇所と堆砂のある箇所が交互になっている区間が多い。

##### 2) 第1落差工（落差 0.7 m）（写真-3 ①～④参照）

落差工の堰柱に大きな木の枝や草が引っ掛かるため、流水の阻害となり、落差工直上流で溢水し兩岸の洗掘が度々発生している。このため、現在、上流側の水路側壁の天端が約30 cm嵩上げされており、直下流の水路は堆砂で水路側壁天端付近まで満砂状態である。落差工の堰柱及び天板は、重機を使って水路の浚渫を行う際の障害となるため撤去し、落差を摺り付けることもIRCPⅡによって考えられている。

##### 3) 第1落差工～第2落差工間（延長 530 m、水路勾配 1/400）（写真-3 ⑤参照）

堆砂が比較的多い。第2落差工に近づくにつれて減少するが、水路のインバートは堆砂で見えない。IRCPⅡによる堆砂厚の実測では、第1落差工付近で約0.7 m、中間点付近で約0.25 m、第2落差工手前で0.22 mとなっている。

##### 4) 第2落差工（落差 0.78 m）（写真-3 ⑥～⑧参照）

第1落差工と同様に、堰柱に大きな草が引っ掛かっていたが、インバート部分が磨耗し一部、鉄筋が露出し、またコンクリートが洗掘されて水みちができています。落差工直下流の水路は転石により洗掘されたせいか、左右岸に各1カ所約60～80 cm大の甌穴のような穴が空きエプロンの底板コンクリートを突き抜けていた。河川ではまれに見ることもありますが、水路でこのような洗掘現象は珍しい。

##### 5) 第2落差工～第1土砂吐間（延長 135 m、水路勾配 1/250）（写真-3 ⑧参照）

第1土砂吐の操作が適正に実施されているものと推定され、また水路勾配が1/250であることからインバート部の堆砂はほとんどない。

##### 6) 第1土砂吐（写真-3 ⑨～⑬参照）

土砂吐直前のインバート部に残された砂礫の堆積が見られる程度で特に問題はない。ただし、設計では取水量が豊富な時にゲートを閉めて上流側の水路を満水にしておき、余水路も満水になる直前にゲートを上げて、上流側水路の排砂（フラッシング排砂）が行える構造となっている。

一方、ラクロ川への排砂路については、インバートの磨耗により鉄筋が露出している。

##### 7) 第1土砂吐～サイフォン呑口間（写真-3 ⑭及び⑮参照）

乾いた泥がわずかに溜まっていた程度で、堆砂は見られない。

##### 8) サイフォン（写真-3 ⑯参照）

サイフォン内の堆砂は水中にあることから、確認はできなかったが、その吐口には砂礫の堆砂があったことから、サイフォンの底にはかなりの堆砂が想定される。雨期前には、排水ポンプ、一輪車などを用いて人力で浚渫を行うことになっているが、今年はいまだ実施されていない。また、約3年前にはサイフォン保護のための十字ブロックが河床に露出して不等沈下した箇所があったが、今回は河床の堆砂に覆われて、十字ブロックは確認できなかった。

サイフォン呑口上流にある第1土砂吐のゲートは20cm空けたままになっていることから、高水時に水が取水された場合、第1土砂吐で掃けなかった土砂がサイフォンに入ってくる。水利組合でも毎年、実施することになっているサイフォンの浚渫を費用の面から2年に1回に延ばしているようであるが、2010年の浚渫時にはUS\$1,050を要したとのことで、すべて人件費と仮定すると210人/日かかったことになる。年間の水利費収入がUS\$2,500しかない水利組合においては大きな出費である。このため、上流からの土砂は、サイフォンに入る前にできるだけ阻止する必要がある。

(5) 灌漑水路（ここでは、第1分水工より下流の2次水路を除く水路を指す）

1) 第1分水工～第2土砂吐（写真-4 ①及び②参照）

堆砂はあるが、目視によると礫分が少なくなり、砂が多くなっている。

2) 第2土砂吐（写真-4 ③～⑤参照）

ゲート操作については「東ティ国」の人々の生活習慣に即した形で実施されている。すなわち、ゲートを「土曜日の午後にゲートを開け、日曜日の夜に閉める」ということであるが、日曜日が安息日であるこの国では理にかなっているものと考えられる。しかし、第1土砂吐同様、豊水期におけるフラッシング排砂は実施されていないと思われる。

3) 第2土砂吐～Iruin Le'en 分水工

第2土砂吐の直下流には堆砂は確認できないが、Iruin Le'en 分水工に近づくにつれて堆砂が増えている。特に土水路となっている区間は流速が遅くなるせいか、砂の堆砂がかなりある（写真-4 ⑥～⑨参照）。Iruin Le'en 分水工では、分岐する2次水路の底が高くなっているため、分水工上部に土嚢を積上げて取水していることが多いことから水路の流速が遅くなるため、多量の堆砂が目視により確認できる（写真-4 ⑩及び⑪参照）。また、Iruin Le'en 分水工の直上流で水路と並行する管理道路が低くなっている箇所があるが、ここが余水吐の役割を果たしており、余水は水田を流下してラクロ川に入っている（写真-4 ⑫～⑭参照）。

4) Iruin Le'en 分水工～Ihun We'en 分水工

目視により、堆砂の連続が確認された。

5) Ihun We'en 分水工～Kilela 分水工

目視により、Ihun We'e 分水工付近では砂の堆砂が確認された。Kilela 分水工に近づくに従って堆砂は少なくなっている。

## 第3章 関係機関・水利組合等との協議概要

### 3-1 農業水産省との協議概要

農業水産省灌漑技術課長の Mr. Florindo M. Barreto に、農業水産省に派遣中の JICA 農業振興アドバイザー（稲作灌漑）同席の下、調査結果の概要を報告した。灌漑技術課長のラクロ灌漑施設の堆砂問題に対する意見は次のとおりである。

- 1) ラクロ川及びスマッセ川では、上流域に入植した住民が自然林を開墾して耕作しているために流域が荒廃し、流出土砂が非常に大きくなっている河川である。このため灌漑局としても、ラクロ灌漑施設の堆砂問題の深刻さについては十分認識している。
- 2) 上記の理由により、ラクロ川滞筋からの導流路の確保、灌漑施設の堆砂の浚渫等については重機が必要であることも理解している。このため水利組合の所有する重機も 10 年近く経っていることから部品の磨耗など老朽化もかなり進んでいる、こういった維持管理上の課題については、灌漑局長とも引き続き協議・検討を行っていく。
- 3) ラクロ灌漑施設の沈砂池に土砂吐が設置できなかった理由の 1 つは、建設前の土砂吐排砂路用地の土地取得について土地を所有する農民と交渉したが、3 カ月間費やしても合意に至らなかったことである。
- 4) スマッセ川のサイフォンに堆砂した土砂の浚渫については、2010 年は農業水産省からの補助金がなかったことから実施されなかったのではないかと考えられる。2011 年は全国 9 カ所の灌漑地区に対して、維持管理費として総額で US\$45,000 の補助金が計上され、平均すると US\$5,000 の補助金が各灌漑地区に支給されている。

### 3-2 水利組合との協議概要

水利組合の組合長（Mr. Maneael de Siloa）から、ラクロ灌漑施設についての聞き取りを実施した。聞き取り概要は次のとおりである。

#### (1) ラクロ川導流路

- 1) 取水口前面にある導流路の年間平均改修回数について質問したところ、ラクロ川は洪水ごとに滞筋が変わることから、年ごとに回数は異なるため、明確には答えられないとの回答を受けた。
- 2) 改修は、ブルドーザー、バックホウ、ダンプトラックなどの重機が使用されている。
- 3) 改修に必要な人員は重機のオペレーターのみであるが、組合長も現場で指揮を執っている。

#### (2) 沈砂池

- ・ 浚渫は毎週行うことになっているが、重機の状況、経済的な理由から計画どおりには実施できていない。

#### (3) サイフォン

- 1) 水利組合の規則によると、サイフォンに堆積した土砂は毎年一度浚渫することになって

いるが、経済的負担が大きいことから2年ごとに一度浚渫している。2010年は浚渫をしなかったため、2011年は実施する予定である。

- 2) 2009年に浚渫を行った際の費用はUS\$1,050である(すべて人件費と仮定すると、US\$5/人/日として、合計210人/日)。これは水利組合の年間水利費収入(US\$2,500)の1/3以上にあたる。

(4) その他灌漑施設

- 1) 幹線水路では、堆積土砂をブルドーザーの排土板で数箇所に集積し、バックホウでダンプトラックに積み込んで運搬捨土する、という方法で浚渫が行われている。
- 2) 灌漑水路の土水路では、浚渫が困難である。
- 3) そのほかに、施設ごとの維持管理作業(主に浚渫)の平均回数、作業に要した人員、作業に必要な機器等について質問をしたが、回答はなかった。

(5) ゲート操作

ラクロ灌漑施設のゲートの操作状況は表3-1のとおりである。これらのゲート操作は、昔は、マリノという伝統的な水管理人に任せていたが、現在は、副組合長と2名のオペレーターによって実施されている。

表3-1 ラクロ灌漑施設ゲート操作状況

No.	位置	ゲートの操作
①	取水口前面土砂吐ゲート	洪水時は開けておき、ラクロ川の水量の少ない時は閉鎖する。
②	取水口ゲート	洪水時は閉鎖するが、通常は朝、ゲートを上げ、夜閉める。
③	第1土砂吐ゲート(幹線水路)	ゲートは2門あるが、常時20cm上げている。
④	第2土砂吐ゲート(灌漑水路)	土曜日の午後開け、日曜日の夜、閉める。

(6) 重機等<sup>1</sup>

重機の稼働状況は表3-2のとおりである。

表3-2 重機稼働状況

No.	機種	稼働状況
①	ブルドーザー	不具合のあった油圧モーターは修理したが、故障した四輪駆動輪の部品が調達できないために稼働していない。
②	バックホウ	片側のキャタピラがよく故障する。また、バケットの底が磨耗して部分的に穴が空いている。
③	ダンプトラック	三菱製であるが現在、稼働している。
④	ピックアップ	修理中。

<sup>1</sup> 2003年12月、緊急灌漑修復プロジェクト(ステージ2)完了とともにWUAに引き渡された。

(7) その他

1) 乾期作実施上の問題

ラクロ灌漑地区の雨期は12月から4月までであるが、稲作は主にこの時期に耕作されている。乾期にはラクロ川の水が澄んでおり灌漑施設への流入土砂が少ないが、この時期に耕作面積が少ない理由については、乾期は水田が水牛やヤギの放牧地として使われていること、乾期に耕作を実施しようとしても、糶、肥料等の援助が政府からでないこと、等であった。

2) 組合の問題

水利組合の現在の組合員は792名であるが、組合員からの不満は水不足<sup>2</sup>と堆砂の問題である。また、水利組合としてはブルドーザーが動いていないこと、その他重機の老朽化が激しいため、ラクロ灌漑施設の維持管理に困難を来している。

---

<sup>2</sup> IRCP II のチーフアドバイザーのコメントでは、水不足についての不満は聞いたことがないようなので、聞き違いの可能性もある。

## 第4章 ラクロ灌漑施設・堆砂問題対応策の検討

### 4-1 対応策の概要

ラクロ川のような荒廃流域の扇状地河川から取水する場合、堆砂は避けて通れない問題であるため、特に十分な対策が必要である。以下に、ソフト面での対策、ハード面では土砂を灌漑施設に入れないアプローチと、灌漑施設に入った土砂を排出するアプローチの2つの切り口から対策を検討する。

### 4-2 ソフト対策

#### (1) 取水ロゲート操作

ソフト面での対策についてはさまざまな案が考えられるが、土砂混入の多い出水時の流水を取水ロゲートで遮断するのが最も有効な対策である。通常、河川の水量が急増してから減水するまでの間（出水時）が流水への土砂の混入が多いことから、この間に取水ロゲートの遮断ができれば、灌漑施設への土砂の流入を防いで堆砂を減少させることができると考えられる。取水ロゲートにたどり着くためにはスマッセ川を渡河する必要があるが、出水時にスマッセ川を渡河できない場合は、水利組合では取水ロゲートの操作ができないことも問題となっている。しかし取水口付近に民家があり、常時農民が住んでいることから、ゲートの操作を委託するか、現在の監視小屋を拡張して居住性を持たせ、雨期にゲート操作員を張り付けることも有効である。

#### (2) 取水口前面土砂吐ゲート操作

取水口前面のほとんどが操作されていないようである。ゲートの高さが低すぎるなど、構造的な欠陥があるものと思われるが、改良をすれば有効に利用出来ると思われる。この構造変更と併せて、適切なゲート操作を行うことで堆砂を減少させることも期待できる。

#### (3) 第1及び第2土砂吐ゲート操作

現在はあまり行われていないようであるが、豊水期におけるゲート操作によるフラッシング排砂を積極的に活用することで堆砂の減少につながると思われる。

#### (4) 分土工での堰上げ禁止

灌漑水路での流水の停滞による土砂の沈積を防ぐため、分土工での堰上げは必要時以外、禁止すべきである。流水速度を一定に保つことで土砂の沈殿を防ぐことで堆砂を最小限に抑えることができると思われる。

### 4-3 ハード対策

#### (1) 土砂を灌漑施設に入れないアプローチ

##### 1) 取水口の改善策

沈砂池及び幹線水路への土砂や流木などの流入を減少させるためには、取水口への土砂の流入防止が唯一の方法である。具体的には次の方法が挙げられる。

① 取水口開口部前面へのスクリーンの設置

通常、取水口へのバースクリーンの設置はゴミや木の枝などの流入防止に使用されている方法であるが、ここでは土砂流入の防止も兼ねて設置する。当然、ゴミ、木の枝、草、砂礫等がバースクリーンに詰まるため、定期的な除塵作業が必要となる。日本では、維持管理をあまり必要としないタイプのスクリーンや自動除塵機を使っているが、ここでは、バースクリーンを取水口開口部前面にのみ設置することを検討する。ラクロ灌漑施設では、取水口前面からの洪水越流による土砂の流入は避けられないが、取水口部の浚渫作業の障害となるため取水口上部には蓋をせず、上部は開口したままとする。また、現在の開口部の幅が 4.14m であることから中央に堰柱を設け 2 スパンとする。バースクリーンの間隔については、流入土砂の粒度、取水量の低減率、除塵作業の頻度、他の案との組合せを考慮して検討する必要があるが、現時点では 5cm 程度としている。

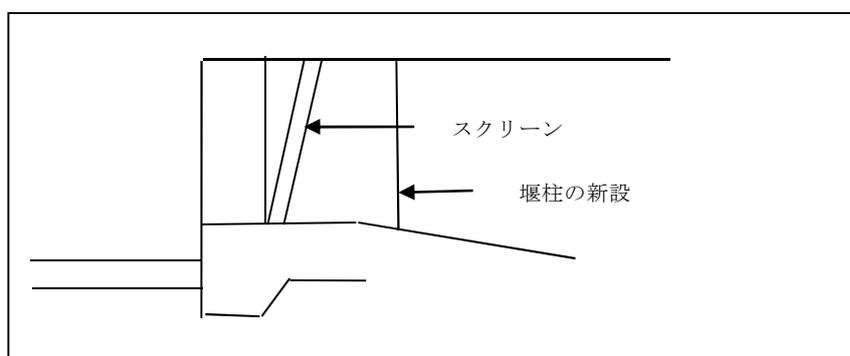


図 4-1 スクリーン設置時の取水口開口部全面断面図

② フィルタリング機能をもたせた蛇籠の設置

導流壁の間に高さ 1m 程度の蛇籠を 3 個置き、その中に大、中、小の石を詰めて流水のフィルタリング機能をもたせる方法である。この方法では砂礫の流入はある程度防ぐことができ、目詰まりによる細粒分の洗浄も石を除き人力で行うことが可能である。蛇籠の設置による取水量の低下、目詰まりによる細粒分の洗浄に必要な作業頻度などについては実証試験が必要である。

③ 取水口前面への多孔管の設置及び蛇籠での保護

この方法では取水可能量は低下するが、集水埋管（浅井戸を下方方向ではなく横方向に合わせたような構造をもつ管構造の取水施設）から取水する方法で、その基本的な構造は図 4-2 のようになっている。この方法では、将来、目詰まりにより取水量が低下する。また、集水埋管の管種、管径、孔の形状、取水可能量等の検討が必要である。

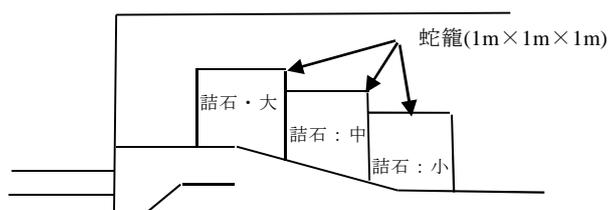


図 4-2 蛇籠設置時の取水口開口部断面図

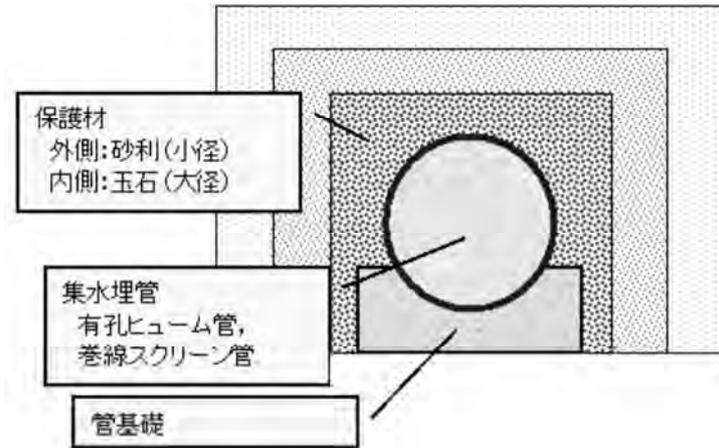


図 4 - 3 多孔管断面図

④ 取水口開口部への H 鋼打設

これは取水口開口部へ H 鋼を打設して、そこに木材の角落しを入れることで流水の上澄みのみを取水するという方法である。灌漑施設への流入土砂が最小限に抑えられるということが期待される。この方法は、構造が比較的簡単で操作も容易だが、取水量が多い場合は土砂の流入が予測され、取水水位の変動が激しい場合には角落しのこまめな操作が必要となる。また、洪水時には浮力で角落しが浮き上がり流失の可能性があるために撤去が必要である。現在の開口部の幅は 4.14m と長いことから中央に堰柱を設けて 2 スパンとする。

⑤ 水制の設置

取水口直上流から直角、あるいは斜めのスリット付きの水制を設置する。これは流水の取水口開口部への直接流入を防止するためであるが、水制下流側に堆砂が想定されるため水制にスリットを付けて堆砂を防ぐ。ただし、この方法の有効性については、蛇籠などによる実証試験によって確認することが必要である。

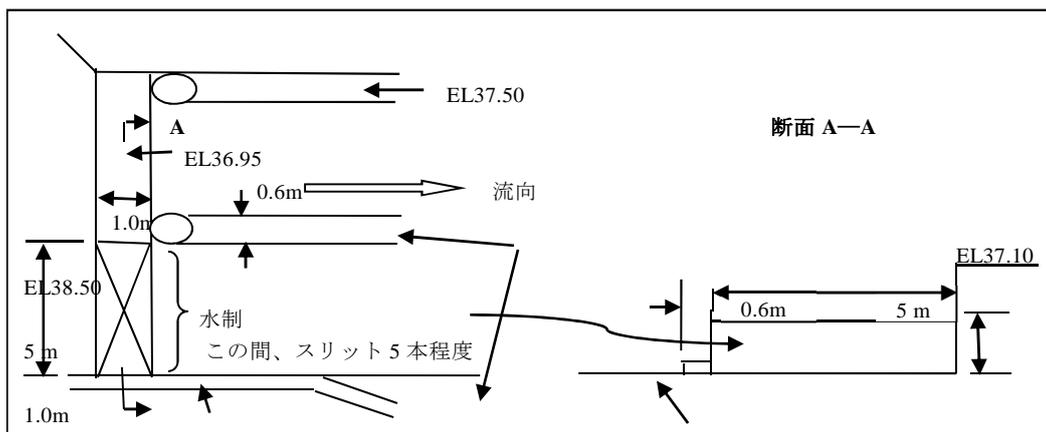


図 4 - 4 取水口前面平面図

⑥ 取水口上流側の高水敷に蛇籠、あるいはコンクリートの導流壁の設置

この対策は、取水時に取水口開口部への濁流の越流を防止するためのものであるが、取水口前面からの洪水の越流は防げないため、効果は限定的となる。

⑦ 取水口開口部の角度変更

上流側へ向いている取水口開口部を河川に対して直角に改築し、土砂の流入を抑える案であるが、効果については水理模型実験などにより検討が必要である。

⑧ 取水口土砂吐ゲートの改造

取水口前面の堆砂をより効果的にフラッシングするための対策であるが、どのように改造すれば、より効果が期待できるのか、水理模型実験などにより改造の規模、方法等について詳細に検討する必要がある。

⑨ 取水口の上流側への移設

地形測量等を踏まえた移設地点の検討が必要である。地形によっては、土砂吐及び排砂路のついた沈砂池が設置できる可能性がある。ただし、取水口上流側にスマッセ川支川が合流し、また濇筋の変遷もあり、位置の選定には注意が必要である。

2) 取水口改善策の評価

これらの各改善策については、細かいデータが不足しているため現時点ではその有効性について定量的評価を行うのは困難である。しかしながら、ここでは既往の方法を応用した案で効果がある程度見込まれると想定できる場合を「○」、既往あるいは新しい方法を応用した案で効果がどの程度か不明な場合を「△」として、上述した各改善策についての定性的な評価を行う。また、各々の改善策についての概略コストを算出し、有効性も検討した結果を表4-1に取りまとめる。

表 4-1 取水口の改善策にかかる評価分析

	改善策の内容	長 所	短 所	有効性等	概略コスト
①	取水口開口部前面へのスクリーンの設置	1) 通常、使用されている方法で信頼性はある。 2) スクリーンバーの間隔より大きな砂礫の流入は防げる。	1) スクリーンバーの間隔より小さな砂礫の流入は防止できない。 2) 木の枝、草、砂礫等がスクリーンバーに詰まり、定期的な除塵作業が必要となる。	○	US\$3,800
②	フィルタリング機能を持った蛇籠の設置	1) 砂礫の流入はある程度防げる。 2) 目詰まりによる細粒分の洗浄は人力で行うことが可能。	1) 取水量の低下が予測される。 2) 目詰まりによる細粒分の洗浄が必要。 3) 試験的な方法で、効果は未知数。	△ 左に示す短所について実証試験での確認が必要。	US\$2,600
③	取水口前面への多孔管の設置と、蛇籠での保護	砂礫の流入はある程度防げる。	1) 取水量の低下が予測される。 2) 目詰まりにより取水量が低下する。	△ 多孔管の管種、管径、孔の形状、取水可能量等の検討が必要。	US\$60,500
④	取水口開口部へのH鋼の打設	構造が比較的簡単で操作も容易。	1) 取水量が多い場合は土砂の流入が想定される。 2) 角落しのこまめな操作が必要。 3) 洪水時の角落しの撤去	○	US\$8,200
⑤	水制の設置	流水の取水口開口部への直接流入防止効果が期待される。	水制下流側に堆砂が想定されるため水制にスリット等が必要。効果が不明なため、実施の優先度は低い。	△ 水制の効果がどの程度あるのか不明なため蛇籠等による実証試験が必要。	US\$3,100
⑥	取水口上流側の高水敷への蛇籠あるいはコンクリート導流壁の設置	洪水の取水口開口部への越流防止が期待される。	取水口前面からの洪水の越流は防げない。	○	US\$1,500
⑦	取水口開口部の角度変更	流水の取水口開口部への直接流入防止によって堆砂の減少が期待される。	有効性については未知数。	△	US\$25,100
⑧	取水口土砂吐ゲートの改造	取水口前面に堆積した土砂の効果的なフラッシングが期待できる	適切なゲート操作が伴わない場合に効果は限定的	△	US\$83,000
⑨	取水口及び沈砂池の上流側への移設	地形によっては、土砂吐及び排砂路のついた沈砂池が設置できる可能性がある。	上流側にスマセ川支川が合流し、また滞筋の変遷もあり、位置の選定には注意が必要。	○ 地形測量等を踏まえた移設地点の検討が必要である。	US\$900,000

注：概略コストは、現地調査時点での材工込みの概算価格であるため、変動する可能性がある。  
換算レート；1US\$=81.84円(2011年11月1日)

## (2) 灌漑施設に入った土砂を排出するアプローチ

### 1) 沈砂池の改善策

水利組合の財政などの施設維持管理上の問題点にかんがみ、重機による沈砂池の浚渫は今後困難となることも予想される。持続的なラクロ灌漑施設の運営のためには、取水口からの土砂流入をソフト、ハード両面から極力防ぐとともに、沈砂池は埋めて幹線水路に摺り付け、幹線水路のフラッシング時に流入土砂を流下させる案が考えられる。ただし、幹線水路に摺り付けることから、水路勾配は限定され、フラッシング時の流速もそれに伴って緩くなるため、排砂の効果は限定的となることが予想される。

### 2) 幹線水路の改善策

#### ① 水路

幹線水路始点から第2落差工まではかなりの堆砂があるため、幹線水路では豊水時におけるフラッシングによる排砂が有効である。堆砂が泥とともに固まっている場合には、フラッシング効果が出にくいいため汎用機械の耕運機等を入れて起耕し、比較的大きな礫がフラッシング時の流水の浮力で流下しやすくしておく効果がでる。このため、耕運機の購入と、管理用道路から水路への搬入路が必要となる。

#### ② フラッシング用ゲートの設置及び幹線水路側壁の嵩上げ

通常フラッシングで効果が少ない場合や幹線水路上の適切な位置に沈砂池の適地がない場合は、幹線水路にフラッシング用ゲートを設置し、その上流側の水路側壁を嵩上げて豊水期に水を貯め、沈砂池から第1土砂吐までの区間を同時にフラッシングすることを提案する。ただし、具体的な方法・フラッシングゲートの設置位置については、沈砂池の適地調査との関連での検討が必要である。

#### ③ 沈砂池の設置

施設に流入した砂を排砂するためには、複数の土砂吐を有する沈砂池の設置が望ましい。ただし、ラクロ川との位置関係や土砂吐の勾配、及び土砂吐用排水路用地の取得問題もあるため、地形測量や用地の確認などが必要である。また第2落差工から第1土砂吐間は第1土砂吐のフラッシング効果により堆砂はほとんど見られないが、その下流のサイフォンへの土砂流入を極力減少させるため、沈砂池の1つは第2落差工上流に設けることが望ましい。今回の現地調査では、沈砂池と第1落差工から約210m付近までの水路脇には水田が広がっており、かつラクロ川までの距離が大きいため沈砂池の適地は限定されるものと考えられる。第2落差工付近ではラクロ川に近くなるため、この地域では沈砂池設置の可能性は高いと思われる。

#### ④ 落差工

落差工付近でも堆砂は著しい。特に第1落差工下流側が顕著であるが、前述のように落差工の堰柱及び天板には流木などが頻繁に引っ掛かって流水を阻害していることが確認されているため、早急に撤去すべきである。また、幹線水路の勾配は沈砂池から第2落差工まで1/400で、第1落差工は0.7m(水路始点からの延長300m)、第2落差工0.78m(第1落差工からの延長530m)の落差があることから、掃流力を増すために落差工をなくして水路のインバートを摺りつけることも効果が期待される。

第2落差工の直下流の水路のインバートも穴が空いているため補修が必要であるが、

落差工をなくして水路のインバートを摺りつける場合には補修は不要となる。

### 3) 改善策の評価

流入土砂の除去にかかる各改善策についても、各種データが不足しているために現時点ではその有効性について定量的な評価を行うことが難しい。したがってここでは、他の事例などから効果が相当程度見込まれる対策案を「◎」、ある程度見込まれる対策案を「○」、効果がどの程度か不明な対策案を「△」として定性的な評価を行う。また各改善策についての概略コストを算出し、有効性等も検討した結果を表4-2のとおり取りまとめる。

表4-2 流入土砂の排砂にかかる改善策の評価分析

方法	改善策の内容	長 所	短 所	有効性等	概略コスト
①	沈砂池の幹線水路への摺り付け	幹線水路のフラッシング時に流入土砂を流下させることができる。	水路勾配は限定され、フラッシング時の流速もそれに伴って緩くなるため、排砂の効果は出にくい。	△	US\$12,900
②	幹線水路でのフラッシングによる堆砂除去	重機は必要ないが、耕運機等の汎用機械が堆砂の起耕に使える。	場合によっては、水路インバートの磨耗が想定される。	◎	US\$20,200
③	フラッシング用ゲートの設置及び幹線水路側壁の嵩上げ	上に同じ。	1) ゲート設置により、機械用の斜路が必要となる。 2) ゲート設置箇所の検討が必要となる。	○ ②で効果が出ない場合の補強案	US\$33,000
④	複数の沈砂池の設置	サイフォンへの土砂流入を極力、減少する。	適地が少ない。	◎ 第2 落差工付近に適地がある。	US\$610,000
⑤	1) 落差工の堰柱及び天板の撤去。 2) 落差工をなくし水路インバートを摺り付ける。	1) 流水障害が防止される。 2) 汎用機械の導入が可能になる。	摺り付け箇所の勾配が急になるために水路インバートの磨耗が想定される。したがって、コンクリートの表面を張り石等、耐摩耗性の材料で保護する必要がある。	◎	US\$3,900

注：概略コストは、現地調査時点での材工込みの概算価格であるため、変動することが予測される。

換算レート；1US\$=81.84円(2011年11月1日)

## 第5章 今後の対応策及び提言

### 5-1 灌漑施設への土砂流入を防止するアプローチについての提言

取水口において土砂の灌漑施設への流入を防ぐためのアプローチについて、最適な改善案の組合せ、及び提言を表5-1のとおり提案する。

表5-1 取水口の改善策にかかる提言

方法	改善策の内容	組合せ	提言	概略コスト
①	取水口開口部前面へのスクリーンの設置	1) 単独でも良いが、スクリーンバーの間隔より小さな砂礫は流入するため、②、⑤、⑥との組合せが有効である	1) ②、⑤、⑥は実証試験が必要なため、①単独で実施し、適宜、実証試験を行う。 2) スクリーンバーの間隔及び流入量・用水量の検討が必要となる。 3) IRCP II 等による実証試験を検討する余地がある。	US\$3,800
②	フィルタリング機能をもった蛇籠の設置	単独でも良いが、①と組み合わせることにより、フィルタリング機能を持った蛇籠に詰める石のサイズ・量を少なくすることが可能。	1) 実証試験が必要であり、場合によっては IRCP II 等による試験の実施を検討する価値がある。 2) 用水量の検討を行う必要がある。	US\$2,600
③	取水口前面への多孔管の設置と、蛇籠での保護	単独で実施可能。	1) 取水可能量及び目詰まりによる取水量低下の検討が必要であるが、この案は取水口前面の改造をある程度必要とすること、コストが高いこと、実証試験が必要なことから、①②④案の結果を見てから検討すればよい。 2) 用水量の検討を行う必要がある。	US\$60,500
④	取水口開口部へのH鋼の打設	単独で実施可能。	1) 角落しのこまめな操作、洪水時の角落の撤去等が必要であり、操作ルールの検討、実証試験を要するが、場合によっては IRCP II 等による試験の実施が考えられる。 2) 用水量の検討を行う必要がある。	US\$8,200
⑤	水制の設置	③、⑨を除き併用設置も可能。	1) 効果が不明であることから、蛇籠等による実証試験の後にコンクリート構造物に代える（ただし、蛇籠は流される可能性がある）。IRCP II 等による試験及びコンクリート構造物の設置を提言する。 2) 用水量の検討を行う必要がある	US\$3,100
⑥	取水口上流側の高水敷への蛇籠、あるいはコンクリート導流壁の設置	⑨を除き併用設置も可能。	取水口上流側からの洪水越流に対応するための措置である。取水口の維持管理作業の一環として、IRCP II 内での実施を検討する価値がある。	US\$1,500
⑦	取水口開口部の角度変更	単独で実施可能。	有効性が不明確だが取水口の改造を伴うことから、リスクが高い。優先度は低い。	US\$25,100
⑧	取水口土砂吐ゲートの改造	③、⑨を除き併用設置も可能。	ゲートの規模及び改造による取水口土砂吐堰柱安定性の検討が必要である。ただし、優先度は低い。	US\$83,000
⑨	取水口及び沈砂池の上流側への移設	単独で検討。	フォローアップ協力等による地形測量等を踏まえた移設地点の検討が必要である。移設が可能、かつ妥当な場合は、取水口への土砂流入の完全な防止は困難であるとはいえ、土砂吐及びラクロ川への排砂路の設置等によって沈砂池の排砂機能を充実させることにより、堆砂問題については大幅な改善が見込める（ただし、沈砂池の規模にも影響される）。この対応は無償資金協力によるものとする。	US\$900,000

注：概略コストは、現時点での材工込みの概算価格であるため、調査の進展により変わる。  
換算レート；1US\$=81.84円（2011年11月1日）

また、実証試験を伴う案は①～⑥案である。実施の実現可能性としては②「フィルタリング機能をもった蛇籠の設置」、及び⑥「取水口上流側の高水敷への蛇籠、あるいはコンクリート導流壁の設置」が構造物の改造を伴わない点で優先度が高く、IRCP II に委託することを検討する。次に、実施の実現可能性は①「取水口開口部前面へのスクリーンの設置」あるいは④「取水口開口部へのH鋼の打設」が高いが、④の場合、分土工等で角落しが盗難にあっていることから、管理上の問題が懸念される。①はスクリーンバーの間隔より小さな砂礫が流入するため、土砂の流入防止の点からすると④より劣り、また、スクリーンバーの間隔が狭いほど除塵作業が頻繁になる。ただし、スクリーンバーは固定されているため盗難の恐れも少ない。したがって、①を実施する場合は、補強の意味で②を組合せる案が推薦される。これらも、IRCP II に委託することが考えられる。

⑨「取水口及び沈砂池の上流側への移設」については、フォローアップ協力等による地形測量などを踏まえた移設地点の検討が必要である。移設が可能な場合は、沈砂池の規模にもよるが、取水口への土砂流入を完全に防ぐことは困難であるものの、沈砂池の排砂機能を充実させること（土砂吐及びラクロ川への排砂路の設置等）と併せて、かなりの改善が可能となる。この対策をとる場合は、経費の規模からみて無償資金協力により対処する必要がある。③「取水口前面への多孔管の設置と、蛇籠での保護」については、取水口前面の改造をある程度必要とすること、実証試験が必要なことから、①、②及び④案の結果を見てから検討すればよい。⑤「水制の設置」は効果が不明であることから、蛇籠などによる実証試験の後にコンクリート構造物に代えるのが賢明である。IRCP II による実証試験及びコンクリート構造物の設置が考えられる。⑦「取水口開口部の角度変更」及び⑧「取水口土砂吐ゲートの改造」はその効果が不明であり、構造物の改造を伴うことから優先度は低い。

## 5-2 灌漑施設に流入した土砂を排出するアプローチについての提言

灌漑施設に入った土砂を排出するためのアプローチに関して、最適な対応策の組合せ、及び提言等について、表5-2のとおり取りまとめる。

表5-2 流入土砂の排砂にかかる改善策についての提言

方法	改善策の内容	組合せ	提言	概略コスト
①	沈砂池の幹線水路への摺り付け	②～⑤	取水口での土砂流入防止効果が少ない場合は、沈砂池での浚渫は継続する必要がある。維持管理作業の一環として、IRCP II 内での実施を検討する価値がある。	US\$12,900
②	幹線水路でのフラッシングによる堆砂除去	①、③～⑤	豊水期における取水口ゲート及び第1土砂吐ゲートの操作のみで実施できる。維持管理作業の一環として、IRCP II 内での実施を検討する価値がある。	US\$20,200
③	フラッシング用ゲートの設置及び幹線水路側壁の嵩上げ	②	②で効果がでない場合の補強案のため、②を優先実施。	US\$33,000
④	沈砂池の設置	単独で実施可能であるが、②との組み合わせもある。	第2落差工付近に適地があるが、地形測量等による概略検討が必要。フォローアップ協力等による地形測量、概略検討が必要であるが、設置可能な場合は、無償資金協力により対処する。	US\$610,000
⑤	1) 落差工の堰柱及び天板の撤去。 2) 落差工の撤去及び水路インバートへの摺り付け	単独で実施可能であるが、②との組み合わせがある。	水路底及び落差工の堆砂の移動が促進される。維持管理作業の一環として、IRCP II 内での実施を検討する価値がある。	US\$3,900

注：概略コストは、現時点での材工込みの概算価格であるため、調査の進展により変わる。

換算レート；1US\$=81.84円(2011年11月1日)

以上の検討から、実施の実現可能性が高い対策は、②「幹線水路でのフラッシングによる堆砂除去」、④「複数の沈砂池の設置」及び⑤「落差工の堰柱及び天板の撤去、落差工の撤去及び水路インバートへの摺り付け」案である。①「沈砂池の幹線水路への摺り付け」は取水口での流入土砂の削減ができない場合に沈砂池での浚渫を継続する必要があるため、土砂の灌漑施設への流入を防止するアプローチの成果に左右される。③「フラッシング用ゲートの設置及び幹線水路側壁の嵩上げ」は通常のフラッシングで効果が出ない場合の補強案であるがフラッシング用ゲートが高額になるため、優先度は低い。④「沈砂池の設置」は、幹線水路上に複数の沈砂池を設置する計画であるが、その適地について、フォローアップ協力等による地形測量、概略検討が必要である。また設置が可能、かつ妥当性が認められる場合は、無償資金協力により対応することが考えられる。⑤の落差工は改修が必要であり、単独で実施可能であることから、維持管理作業の一環として、②案とともにIRCP IIの中で試行することが考えられる。

また、上記分析を行う際に行った概算根拠については、本報告書の付属資料1として添付することとする。

## 付 属 資 料

1. ラクロ灌溉施設堆砂対策案 積算内訳

1. ラク口灌漑施設堆砂対策案 積算内訳

**IRCP フォローアップ調査・概算数量**

灌漑施設への土砂の流入防止アプローチ

方法	工種及び概算数量
①	スクリーンバー等鋼材：0.4 t、アンカーボルト(又は差筋)：95 個、溝切削：11.2m、堰柱コンクリート：2.1m <sup>3</sup> 、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、電気ドリル：2 台、予備費
②	蛇籠：50 基、ズレ止めアンカー：170 個、仮締切及び整正：15m <sup>3</sup> 、電気ドリル：1 台、予備費
③	多孔管：径 900 mm、長さ 10.0 m-8 本、管基礎コンクリート：50m <sup>3</sup> 、円筒形蛇籠：200m、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、電気ドリル：1 台、予備費
④	H 鋼 250 x 250：1.45t、溝切削：23m、アンカーボルト(又は差筋)：200 個、堰柱コンクリート：2m <sup>3</sup> 、角落し・角材：2.1m <sup>3</sup> 、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、電気ドリル：1 台、予備費
⑤	水制コンクリート：4.3m <sup>3</sup> 、アンカーボルト：110 個、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、電気ドリル：1 台、予備費
⑥	蛇籠：L=25m、基面整正：140m <sup>3</sup> 、予備費
⑦	導流壁・隔壁撤去：28m <sup>3</sup> 、高水敷掘削：120m <sup>3</sup> 、導流壁・隔壁新設：30m <sup>3</sup> 、アンカーボルト(又は差筋)：430 個、底板新設：18m <sup>3</sup> 、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、電気ドリル：2 台、予備費
⑧	土砂吐ゲート(2 門)撤去・据付含む、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、予備費
⑨	取水口、沈砂池及び堤防移設

灌漑施設に流入した土砂を排出するアプローチ

方法	工種及び概算数量
①	埋戻し：220m <sup>3</sup> 、水路コンクリート：36m <sup>3</sup> 、水路接合部撤去：0.3m <sup>3</sup> 、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、予備費
②	耕運機：一式、取水口ゲート補修：一式、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、予備費
③	ゲート・2 門：一式、側壁コンクリート嵩上げ：75m <sup>3</sup> 、ゲート堰柱：25m <sup>3</sup> 、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、予備費
④	沈砂池：一式、水路コンクリート撤去：57m <sup>3</sup> 、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、予備費
⑤	堰柱及び天板の撤去：2.3m <sup>3</sup> 、埋戻し：11m <sup>3</sup> 、底板コンクリート：10m <sup>3</sup> 、仮締切及び整正・各：15m <sup>3</sup> 、予備費

沈砂池の参考価格

新潟県湯の沢沈砂池建設第一期(農整用対第 21-1)：土工一式、沈砂池一式、床固め・L=9m、斜路工一式、仮設工一式。US\$731,000
新潟県湯の沢沈砂池建設第二期(農整用対第 22-2)：土工一式、沈砂池一式、付属物設置工一式、仮設工一式。US\$530,000
石川県能美市宮竹用水沈砂池工事(平成 20 年度農水再編対策事業)：US\$2,032,000

