

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調査

ファイナルレポート
要約報告書
(開示用暫定版)

平成 25 年 3 月
(2013 年 3 月)

独立行政法人 国際協力機構
八千代エンジニアリング株式会社
日本工営株式会社
中南米工営株式会社

環境
JR
13-087

ファイナルレポートの構成

要約報告書（本報告書）

- I. フィージビリティ調査報告書
 - I-1 プログラムレポート（カニエテ川、チンチャ川、ピスコ川、マヘス・カマナ川）
 - I-2 プロジェクトレポート（カニエテ川）
 - I-3 プロジェクトレポート（チンチャ川）
 - I-4 プロジェクトレポート（ピスコ川）
 - I-5 プロジェクトレポート（マヘス・カマナ川）
 - I-6 サポートングレポート
 - Annex-1 気象/水文/流出解析
 - Annex-2 氾濫解析
 - Annex 3 河床変動解析
 - Annex-4 治水計画
 - Annex-5 チラ川洪水予警報
 - Annex-6 砂防計画
 - Annex-7 植林/植生回復
 - Annex-8 施設計画/設計
 - Annex-9 施工計画/積算
 - Annex-10 社会経済調査/経済分析
 - Annex-11 環境社会配慮/ジェンダー
 - Annex-12 防災教育/能力開発
 - Annex-13 ステークホルダー会議
 - Annex-14 有償資金協力事業実施計画
 - Annex-15 設計図集
 - I-7 データブック
- II. プレフィージビリティ調査報告書
 - II-1 プログラムレポート（チラ川、カニエテ川、チンチャ川、ピスコ川、ヤウカ川、マヘス・カマナ川）
 - II-2 プロジェクトレポート（チラ川）
 - II-3 プロジェクトレポート（カニエテ川）
 - II-4 プロジェクトレポート（チンチャ川）
 - II-5 プロジェクトレポート（ピスコ川）
 - II-6 プロジェクトレポート（ヤウカ川）
 - II-7 プロジェクトレポート（マヘス・カマナ川）



付図 調査対象地域

略 語

Abbre.	Official Form or Meaning
ANA	全国水資源局 Autoridad Nacional del Agua
ALA	地方水資源局 Autoridad Local del Agua
B/C	便益比(Cost Benefit Ratio)
GDP	国内総生産(Gross Domestic Product) PBI (Producto Bruto Interno)
GIS	地理情報システム Geographic Information System
DGAA	環境局 Dirección General de Asuntos Ambientales
DGFFS	森林・野生動物局 Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre
DGIH	農業省水インフラ局 Dirección General de Infraestructura Hidráulica
DGPI(旧 DGPM)	投資政策局 Dirección General de Política de Inversiones
DGETP(旧 DNEP)	公債国庫局 Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público
DRA	地方農業局 Dirección Regional de Agricultura
EIA	環境影響評価 Environmental Impact Assessment
FAO	国際連合食糧農業機関 Food and Agriculture Organization of the United Nations
F/S	フィージビリティ調査 Feasibility Study
GORE	地方政府 Gobierno Regional
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Centers Hydrologic Modeling System 法
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System 法
IGN	国土地理院 Instituto Geográfico Nacional
IGV	売上税 Impuesto General a las Ventas
INDECI	国立防災機構 Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	国立統計院 Instituto Nacional de Estadística
INGEMMET	国立地質・鉱業・冶金院 Instituto Nacional Geológico Minero y Metalúrgico
INRENA	国立天然資源院 Instituto Nacional de Recursos Naturales
IRR	内部収益率 (Internal Rate of Return) TIR (Tasa Interna de Retorno)
JICA	独立行政法人 国際協力機構 Japan International Cooperation Agency
JNUDRP	全国水利組合 Junta Nacional de Usuarios de los Distritos de Riego del Perú
L/A	借款契約 Loan Agreement
MEF	経済財政省 Ministerio de Economía y Finanzas

MINAG	農業省 Ministerio de Agricultura
M/M	協議議事録 Minutes of Meeting
NPV	純現在価値 (NET PRESENT VALUE) VAN (Valor Actual Neto)
O&M	運営維持管理 Operation and maintenance (Operación y Mantenimiento)
OGA	総合管理局 Oficina General de Administración
ONERRN	国立天然資源評価局 Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
OPI (OPP)	計画投資室 Oficina de Programación e Inversiones (計画・予算室、 Oficina de Planificación y Presupuesto)
PE	特別プロジェクト Proyecto Especial (Exp. PE Chira-Piura チラ-ピウラ特別プロジェクト)
PES	Payment for Enviromental Services, PSA (Pago por Servicios Ambientales)
PERFIL	プロフィール調査
PERPEC	河川流路整備・取水構造物保護プログラム Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación
PRONAMACHIS	全国流域・土壌保全管理計画 Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos
PSI	農業省灌漑サブセクタープログラム Programa Subsectorial de Irrigaciones
SCF	標準変換係数 Standard Conversion Factor
SENAMHI	国立気象・水文機構 Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología
SNIP	公共投資国家審査システム Sistema Nacional de Inversión Pública
UE	実施機関 Unidad Ejectora
UF	形成機関 Unidad Formuladora
VALLE	沖積平野、谷底平野
VAT	付加価値税 Value Added Tax

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調査
ファイナルレポート
要約報告書

目 次

調査対象地域

略 語

1. 調査の背景	1
2. ペルー国における公共投資審査（SNIP）	1
2.1 公共投資審査（SNIP）の内容	1
2.2 SNIP 報告書の内容	3
3. 調査の経緯	5
4. 調査地域の現況	6
4.1 自然条件	6
4.2 社会経済条件	10
4.3 農業の現況	13
4.4 現地調査	15
4.5 植生および植林の現況	17
4.6 土壌侵食の現況	18
5. 流出および氾濫解析	24
6. 洪水防御対策	31
6.1 構造物対策	31
6.2 非構造物対策	40
6.2.1 植林/植生回復	40
6.2.2 土砂制御計画	43
6.3 技術支援	44
7. 採択流域の選定	48
8. 事業費	48
9. 社会評価	49
10. 環境影響評価	50
11. 事業実施組織および管理	53
12. 事業実施計画	55
13. 資金計画	57
14. 結論と提言	57

14.1 結論	57
14.2 提言	58
14.2.1 本事業に係わる提言.....	58
14.2.2 ペルー国における今後の洪水対策に係わる提言	62

図 表 目 次

表 一 覧

表-3-1 調査および報告書提出の経緯.....	6
表-4.1-1 調査対象河川の特徴.....	8
表-4.2-1 行政区分と面積.....	10
表-4.2-2 行政区分と人口（2007年）	11
表-4.3-1 水利組合の概要.....	14
表-4.3-2 水利組合の事業予算.....	14
表-4.3-3 各流域における主要農作物.....	15
表-4.5-1 1994年から2003年までの植林実績.....	18
表-5-1 雨量観測所および年降雨量.....	24
表-5-2 確率洪水流量（ピーク流量：基準地点）	25
表-5-3 河川測量の概要.....	27
表-6.1-1 各流域の生起確率洪水量.....	32
表-6.1-2 地形測量の概要.....	32
表-6.1-3 重点洪水対策施設の概要	37
表-6.1-4 計画高水流量と余裕高.....	40
表-6.2.1-1 植林の規模および数量.....	43
表-6.2.2-1 河床変動解析の結果.....	44
表-6.3-1 技術支援の内容と直接費用	48
表-7-1 採択事業の選定.....	48
表-8-1 総事業費（民間価格）	49
表-8-2 総事業費（社会価格）	49
表-9-1 社会評価の結果.....	50
表-10-1 環境影響に基づくカテゴリー分類.....	51
表-12-1 実施計画.....	56
表-13-1 事業実施時における資金支出計画	57
表-13-2 円借款貸付金の返済条件.....	57

図 一 覧

図-2.1-1	SNIP プロジェクトサイクル	2
図-2.1-2	SNIP の関連組織	3
図-4.1-1	調査対象河川	7
図-4.1-2	6 流域の河川縦断	8
図-4.2-1	州別 GDP 成長率(2009/2008)	11
図-4.2-2	州別の GDP への寄与率	12
図-4.2-3	1 人当たり GDP (2009 年)	12
図-4.4-1	視察現場の概要 (カニェテ川)	16
図-4.6-1	河床勾配と土砂移動の形態	19
図-4.6-2	流域特性	20
図-4.6-3	安山岩質～玄武岩質の崩壊地	21
図-4.6-4	堆積岩類の土砂生産状況	21
図-4.6-5	サボテンの侵入状況	21
図-4.6-6	河道付近における土砂移動	22
図-4.6-7	60km 付近の状況 (幅 5km 程度の渓谷をなす)	22
図-4.6-8	90km 付近右支川のコスス川の土砂堆積状況 (幅約 900m)	22
図-4.6-9	平常時の土砂生産流出の状態	23
図-4.6-10	50 年確率降雨程度の豪雨時における土砂生産流出の状態	23
図-4.6-11	大規模出水時の土砂生産流出の状態 (地質学的スケール)	24
図-5-1	チラ川の洪水ハイドログラフ	25
図-5-2	カニェテ川現況疎通能力	28
図-5-3	チラ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水)	29
図-5-4	カニェテ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水)	30
図-6.1-1	チラ川における重点洪水対策施設の位置	33
図-6.1-2	カニェテ川における重点洪水対策施設の位置	33
図-6.1-3	チンチャ川における重点洪水対策施設の位置	34
図-6.1-4	ピスコ川における重点洪水対策施設の位置	34
図-6.1-5	ヤウカ川における重点洪水対策施設の位置	35
図-6.1-6	マヘス川における重点洪水対策施設の位置	35
図-6.1-7	カマナ川における重点洪水対策施設の位置	36
図-6.1-8	堤防の標準断面	40
図-6.2.1-1	河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプ A)	41
図-6.2.1-2	河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプ B)	41
図-6.2.1-3	河川構造物沿いの植林計画標準配置図 (タイプ A)	42

図-6.2.1-4 河川構造物沿いの植林計画標準配置図（タイプ B）	42
図-6.2.2-1 河床変動解析結果（土砂量）	44
図-10-1 農業省における環境承認取得までのプロセス	51
図-11-1 プロジェクト実施の関係機関（事業実施段階）.....	54
図-11-2 プロジェクト実施の関係機関（運営維持管理段階）	55
図-11-3 PMU の組織	55

1. 調査の背景

ペルー国（以下、「ペ」国）は、地震、津波などの自然災害リスクの高い国であり、洪水災害リスクも高く、特に数年の周期で発生するエルニーニョ現象が起こる年は、各地で豪雨による洪水・土砂災害が多発するといわれている。近年においても 1982～1983 年および 1997～1998 年にエルニーニョ現象により大きな被害を受けているが、中でも最も被害が大きかったのは、エルニーニョ現象が発生した 1997～1998 年にかけての雨季で、洪水・土砂災害等により「ペ」国全体で 35 億ドルもの被害を受けた。直近の洪水災害としては、2010 年 1 月末に、世界遺産マチュピチュ付近が集中豪雨に見舞われて鉄道や道路が寸断されるなどし、観光客ら約 2 千人が孤立した災害が発生したことは記憶に新しい。またマヘス-カマナ川流域においては 2012 年 2 月 13 日（深夜）に 1,100m³/sec を超える洪水（約確率 10 年相当）が発生し、流域各地に被害をもたらした。被害の合計は氾濫面積 1,085ha、堤防の損壊 780m、灌漑幹線水路の損壊 800m、支線水路の損壊 1,550m に達している。さらにピスコ川流域においても各地域の堤防の侵食が生じ、ウメイ（Humay）地区のミラフロレス (Miraflores) 道路橋が流失した。

このような背景のもと、1997～1998 年の間、中央政府は「エルニーニョ第一・第二期緊急計画」を実施した。同計画は、エルニーニョの被害を受けた水利インフラの復旧のためのものであり、農業省が管轄していた。また農業省（MINAG）水インフラ局（DGIH）は、浸水リスク地域に存在する集落、農地、農業施設等を洪水氾濫の被害から守るため、河川流路整備・取水構造物保護プログラム（PERPEC）を 1999 年に設立し、州政府に対する護岸整備事業のための資金支援を実施してきた。2007～2009 年までの PERPEC の多年度計画では、国全体で 206 の護岸事業の実施が提案された。それらのプロジェクトは、50 年確率洪水で計画されているが、局所的な護岸保全事業等の小規模な事業であり、抜本的・統合的な治水整備となっていないため、洪水の度に異なる場所で被害が発生することが課題となっている。

そこで農業省は、5 州 9 流域を対象とした洪水対策を目的とする「溪谷村落洪水対策プロジェクト」を計画したが、このような大規模な洪水対策事業の投資前調査を実施した経験・技術と資金が不足していることから、JICA に対して投資前調査の支援を要請した。これを受けて、JICA と農業省は、かかる調査を JICA が円借款案形成の協力準備調査として実施するという方針のもと、調査の内容・範囲、実施スケジュール、双方の対応措置などについて協議し、合意内容に関する協議議事録（以下、「M/M」）に 2010 年 1 月 21 日及び 2010 年 4 月 16 日に署名した。本調査は、これらの M/M に基づき実施されている。

2. ペルー国における公共投資審査 (SNIP)

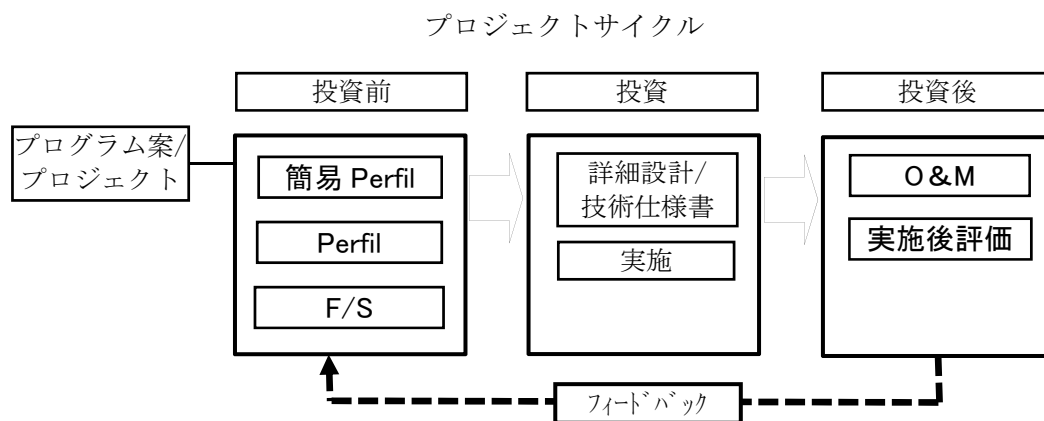
2.1 公共投資審査 (SNIP) の内容

「ペ」国では、公共投資事業の妥当性・実施可能性を審査する公共投資国家システム (Sistema Nacional de Inversión Pública、以下 SNIP と称す) が法律 (Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública Resolución Directoral N° 002-2009-EF/68.01) に基づいて運用されており、本プロジェクトについても適用される。

SNIP では、プロフィール調査（事業の概略調査）、F/S という 2 段階の調査の中から事業の規模等に応じて必要な調査項目が決定される。SNIP は、法律第 27293 号（2000 年 6 月 28 日発布）により制定され、公共投資事業に使われる公共資源の効果的な使用を目指すため、中央政府/地方政府等が立案・実施する公共投資計画・事業の遵守すべき原則、プロセス、方法、および技術上の規則を定めたものである。

SNIP では、以下に示すとおり、全ての公共事業に対して投資総額に応じて 2 段階の調査（以下、プロフィール調査（または Perfil）、および F/S）の作成と承認を義務づけている。これは 2011 年 4 月に法律の改訂があり (Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública

Resolución Directoral N° 003-2011-EF/68.01 Anexo SNIP 07)、従来必要とされていた中間段階の PreF/S調査は不要になったが、プロフィール調査においては二次情報(入手可能な既存の情報)のみでなく測量や環境調査などの現地調査に基づく一次情報に基づく調査が要求されており、改訂の前後で調査段階全体を通じての必要調査精度には殆ど変化がない。



(出典 : DGPI)

図-2.1-1 SNIP プロジェクトサイクル

また、本件業務のような複数のプロジェクトにより構成される事業を進めるためには、当該複数のプロジェクトを統合した(プログラムレベルと称する)調査レポートの作成と承認が求められる。

各段階でのプロセスは若干異なるものの、SNIP 手続きでは、案件の形成機関(以下、「UF」、本調査の場合(DGIH, MINAG)が各段階の調査を実施し、MINAG の計画投資室(以下、「OPI」)が UF から提出された各調査を評価、承認し、公共投資局 (Dirección General de Política de Inversiones、以下 DGPI=旧 DGPM)に対し、F/S 承認、及び次の調査に進むことにつき承認を依頼する。そして、最終的に DGPI が公共投資の妥当性について評価、判断、承認することとなる。

中央政府/地方政府		財務省
UF (案件形成機関)	OPI	DGPI
① Perfil、F/S 作成 ② OPI や DGPI のコメントを受けて、各調査を改善	① 各調査の評価 ② 承認 ③ DGPI へフィジビリティ/次ステップへの承認依頼	① 各段階でのフィジビリティ承認

(Directiva No. 001-2009-EF/68.01 を参照)

図-2.1-2 SNIP の関連組織

審査部局 (OPI・DGPI) から UF へのコメントに対し、UF は回答を用意し各調査を改善する必要がある。審査部局は最終的な回答を得てから正式な申請として受け付け、本事業の実施を承認する。調査報告書の完成から審査終了までは、数ヶ月を要することも多い。

SNIP 審査では、審査機関の事業の内容・有効性について十分に理解を得ることが重要であり、そのため、調査・設計・施工計画などの観点はもとより、公共投資や運営面など持続性の観点からも事業の有効性を示す必要がある。自然条件の調査、施設の計画、積算の手法、財務分析の方法など SNIP の指定に従うほか、作成する報告書は SNIP の定める目次に準拠する。

2.2 SNIP 報告書の内容

SNIP 審査のための報告書は審査のための申請書的な意味合いが強く、前述のように目次の構成および各章に記述すべき内容など事細かく規定されており、これからの逸脱は許されない。従って一般的な技術レポートの構成とはかなり異なっている。本調査の報告書は SNIP の規定を満足し、かつ一般的に必要とされる技術的内容についても関連する章節に盛り込むように配慮して作成した。

一例として以下に「I-1 フィジビリティ調査プログラムレポート」の目次を示すが、この目次において赤で着色した章節は一般的技術報告書に含まれない SNIP 報告書特有の章節である。

1. 要約
2. 一般的側面
 - 2.1 プロジェクトの名称
 - 2.2 形成および執行機関
 - 2.3 関係機関と被益者の参加
 - 2.4 構想の枠組み (関連性の枠組み)
3. アイデンティフィケーション
 - 3.1 現状分析
 - 3.1.1 自然条件
 - 3.1.2 対象地域の社会経済
 - 3.1.3 農業
 - 3.1.4 インフラ
 - 3.1.5 洪水被害の実態
 - 3.1.6 現地調査の結果
 - 3.1.7 植生および植林の現況
 - 3.1.8 土壌侵食の現況
 - 3.1.9 流出解析

- 3.1.10 氾濫解析
- 3.2 プロジェクトの目的
 - 3.2.1 調査対象地域の洪水対策における問題点
 - 3.2.2 問題点の原因
 - 3.2.3 問題点による結果
 - 3.2.4 原因と結果の樹系図
 - 3.2.5 主要な問題点を解決する手段
 - 3.2.6 主要な目的を達成することにより得られる効果
 - 3.2.7 手段—目的—効果の樹系図
- 4.プロジェクトの形成と評価
 - 4.1 プロジェクトの評価期間
 - 4.2 需要と供給の分析
 - 4.3 技術的提案
 - 4.3.1 構造物対策
 - 4.3.2 非構造物対策
 - 4.3.2.1 植林/植生回復
 - 4.3.2.2 土砂制御計画
 - 4.3.3 技術支援
 - 4.4 コスト
 - 4.5 社会評価
 - 4.6 感度分析
 - 4.7 リスク分析
 - 4.8 持続可能性分析
 - 4.9 環境インパクト
 - 4.10 組織と管理
 - 4.11 実施計画
 - 4.12 資金計画
 - 4.13 最終選定案の論理的枠組み
 - 4.14 インパクト評価の基準
 - 4.15 中・長期計画
- 5.結論と提言
 - 5.1 結論
 - 5.2 提言

3. 調査の経緯

5 州 9 流域を対象とした本プロジェクトのプログラムレベルのペルフィル調査報告書は DGIH により作成され 2009 年 12 月 23 日に MINAG の計画投資室 (OPI) に提出され、同月 30 日に OPI の承認を得ている。その後 DGIH は 2010 年 1 月 18 日に経済財政省 (MEF) の公共投資局 (DGPI) に提出し、同局より 2010 年 3 月 19 日に調査報告書に対するレビューとコメントが伝達された。

JICA 調査団は 2010 年 9 月 5 日に「ペ」国に入り本プロジェクトの調査を開始した。当初の調査対象流域は 9 流域であったが、「ペ」国側の都合により対象流域よりイカ川が除外され、8 流域に変更された。更にこの 8 流域は A グループ 5 流域と B グループ 3 流域に分割され、前者の調査は JICA の担当、後者の調査は DGIH の担当となった。A グループの 5 流域はチラ川、カニェテ川、チンチャ川、ピスコ川およびヤウカ川であり、B グループの 3 流域はクンバサ川、マヘス川およびカマナ川となっている。

JICA 調査団は A グループ 5 流域についてのペルフィル調査をプレ F/S レベルの精度で行い 2011 年 6 月末に A グループ流域のプログラムレポートおよび 5 流域のプロジェクトレポートを完成して DGIH に提出した。またプレ F/S 調査を省略して、次の F/S 調査も開始した。

DGIH 担当の B グループ流域については 2011 年 2 月中旬から 3 月初旬にかけて、ペルフィルレベルの調査が実施され (ミニッツオブミーティングで規定されたプレ F/S レベルではなく)、クンバサ川流域については経済効果がないことを理由に調査対象から除外した。カマナおよびマヘス川流域に関するレポートは OPI に提出されたが、4 月 26 日に OPI より DGIH に公式コメントが出され、上記 2 流域の調査が必要精度を満たしていない事を理由に再調査の指示があった。また両河川が同一の流域に属することを理由にカマナおよびマヘス川を一流域として取り扱う事を指示された。

一方 7 月 28 日の新大統領の就任を控えて 3 月 31 に発令された緊縮財政令のため新たな予算措置は当分不可能となり、DGIH は 5 月 6 日に JICA に対してマヘス-カマナ流域のプレ F/S および F/S 調査の実施を要請した。

JICA はこの要請を受諾し、第二回目のミニッツオブミーティング変更行い、上記流域の調査を行う事とした (Second Amendment on Minutes of Meetings on Inception Report, Lima, July 22, 2011 参照)。これに基づき JICA 調査団は同流域のプレ F/S レベルの調査を 8 月に開始し、11 月末までに完了した。

6 流域についてのプレ F/S 調査の結果に基づき、事業費の制約および各流域の社会評価の結果を考慮して F/S 調査対象の流域としてチラ川およびヤウカ川を除くカニェテ川、チンチャ川、ピスコ川およびマヘス - カマナ川の 4 流域が選定された (Minutes of Meetings on Main Points of Interim Report, Lima, December 5, 2011 参照)。

なお JICA 担当の 5 流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポート (流域別) に基づき DGIH は 7 月 21 日にヤウカ川を除く 4 流域について SNIP に登録した。ヤウカ川については経済効果が低いので DGIH の判断で登録をしていない。またマヘス - カマナ川については 2012 年 1 月 9 日に SNIP に登録した。

4 流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポート (流域別) の審査は OPI により 7 月下旬より行われ 9 月 9 日にコメントが出された。またマヘス-カマナ川については 2012 年 8 月 4 日に伝達された。カニェテ、チンチャ、ピスコの 3 流域について DGIH はコメントに関する報告書の修正を行い、2012 年 5 月に OPI に提出した。マヘス-カマナ流域については現在作成中である。

OPI は DGIH の上記 3 流域に関する修正報告書を審査してコメントを付して 2012 年 7 月に MEF に送付した。MEF はこのコメントに基づきコメントをつけて 2012 年 10 月 FS 調査

の実施について承認した。

SNIPの規定に基づく上記審査機関の審査が遅れたので、F/S調査は本事業に採択された4流域（カニエテ川、チンチャ川、ピスコ川およびマヘス-カマナ川）についてJICAにより既に実施され、4流域全体についてのプログラムレポートおよび4流域の流域別プロジェクトレポートは2012年の3月9日にDGIHにドラフトを提出した。

現在DGIHはMEFのコメントに基づきJICAのドラフトFSレポートを修正している。修正が終わり次第OPIおよびMEFの審査承認を得る予定である。審査・承認手続きが遅れているマヘス-カマナ流域についても上述の手順を踏んで最終承認を得ることとなる。

一方マヘス-カマナ流域についてはFS調査における流出解析の結果につきJICA本部よりコメントが付き、再検討を行う事になった（2011年6月29日）。調査団は再検討の作業を2012年7月に開始して、流出解析の見直しおよびこれに伴う各種調査項目の修正を行い、2012年11月に完了した。上記の経緯は表-3-1に示すとおりである。

なお本調査において提出する報告書の構成は表紙の次ページに示すとおりである。

表-3-1 調査および報告書提出の経緯

項目	年月日	2013/2現在								
		テラ川	イカ川	チンチャ川	ピスコ川	ヤウカ川	カニエテ川	マヘス川	カマナ川	クンバサ川
ベルフィルプログラムレポート		2009年12月30日：DGIH作成・提出、2010年1月18日：DGPI承認								
JICA調査開始	2010/9/5	JICA調査対象Aグループ5流域					DGIH調査対象Bグループ4流域			
ICRのM/M変更(No.1)	2010/11/12	-	DGIHの都合により調査対象より除外	-	-	-	Aグループに編入	-	-	-
調査担当の一部変更	-	JICA調査担当	-	JICA調査担当			DGIH調査担当			
流域別ベルフィル調査	2011/3中旬	-	-	-	-	-	-	-	-	作成提出
DGIHクンバサ川を除外		-	-	-	-	-	-	-	-	除外
OPIコメント	2011/4/26	-	-	-	-	-	-	プレFS調査レベルによる再調査およびマヘス、カマナを一流域とする指示		-
ICRのM/M変更(No.2)	2011/6/22	-	-	-	-	-	-	マヘス-カマナ流域の調査をJICAに依頼		-
プレFSレベルベルフィル調査	2011/6/30	DGIHに提出	-	DGIHに提出			-			
SNIP登録	2011/7/21	SNIP登録	-	SNIP登録	DGIH登録せず	SNIP登録	-	-	-	-
OPIコメント	-	2011/9/22	-	2011/9/22	-	2011/9/22	2012/8/4	-	-	-
FS調査対象流域の決定	2011/12/5	除外	-	FS調査対象	-	FS調査対象	FS調査対象	-	-	-
マヘス-カマナ川プレFSレベル調査	2011/12/15	-	-	-	-	-	DGIHに提出	-	-	-
6流域プレFSレベルプログラムレポート	2011/12/28	DGIHに提出	-	DGIHに提出			DGIHに提出	DGIHに提出	-	-
FS調査ドラフトレポート	2012/3/9	-	-	DGIHに提出		-	DGIHに提出	DGIHに提出	-	-
DGIHのOPIコメント回答書	-	-	-	2012/5/15	2012/5/14	-	2012/5/21	2012/12/12	-	-
OPI審査レポートMEFへ提出	-	-	-	2012/7/26	-	-	2012/7/26	未定	-	-
MEF上記レポートにつきFS承認	-	-	-	2012/10/4	2012/10/16	-	2012/10/17	未定	-	-
DGIH審査用FSレポート作成	-	-	-	作成中		-	作成中	未定	-	-
OPI&MEF,FSレポート審査承認	-	-	-	未定	未定	-	未定	未定	-	-
マヘス-カマナ流域追加検討	-	-	-	-	-	-	-	2012/8~2012/11	-	-
上記結果のペルー側への説明	-	-	-	-	-	-	-	2013/2/27	-	-
最終報告書の提出	-	-	-	2013/3予定		-	2013/3予定	2013/3予定	-	-

4. 調査地域の現況

4.1 自然条件

(1) 位置

「ペ」国の国土は赤道から南緯20°にかけて幅約1,000km 長さ2,700kmにわたって北西から南東に分布しており、海岸に沿って走るアンデス山脈により西側の太平洋に面する海岸地域と東側のアマゾン地域に面する東側山地に分割されている。

調査の対象地域はペルー北部から南部にかけて4州6河川流域に分布し、全て海岸地域に属する。その位置は図-4.1-1に示すとおりである。



図-4.1-1 調査対象河川

(2) 流域の概要

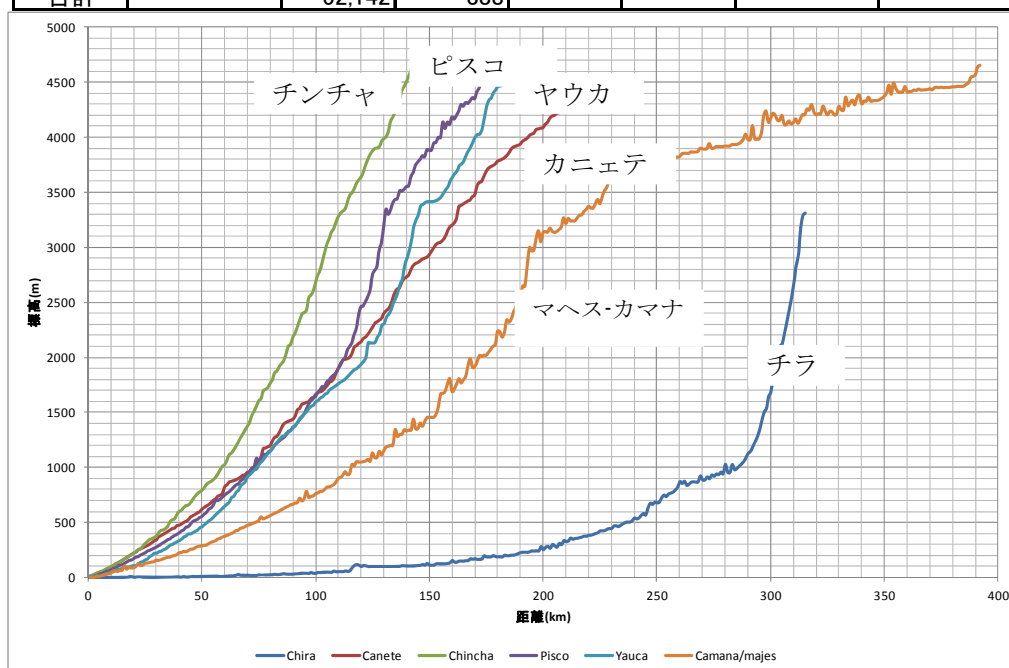
対象河川流域はアンデス山脈を水源とし、火山溶岩で覆われた山岳地帯を深く侵食し、堆砂礫により形成された幅 100～500m 程度の溪谷を流下し、扇状地平野を経て太平洋に注いでいる。河床勾配は、溪谷部で 1/30～1/100、扇状地で 1/100～1/300 程度と急勾配であり、日本で言う砂防河川に相当する。河川沿いの平地ではほとんどの区域で農業が営まれている。また、河道はアンデス山脈からの大量の土砂運搬により、河床は複列砂州を形成しており、流路が固定しておらず極めて不安定な様相を呈している。「ペ」国の河川は、気候条件の多様性、河川流量の不規則性また、急流河川であるということから画一的に考えることは難しいが、エルニーニョ等の影響により異常で周期的な季節性（12～3月）の洪水により甚大な被害を引き起こしている。

各流域の特徴は表-4.1-1 および図 - 4.1-2 に示すとおりである。また各河川の概要は次に示

すとおりである。

表-4.1-1 調査対象河川の特徴

州	流域	流域面積 (km ²)	調査対象河川延長 (km)	平均河川勾配	平均流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)	備考
ピウラ	チラ	17,128	100	1/1,400	114.5	0.0119	
リマ	カニエテ	6,066	33	1/90	63.0	0.0103	
イカ	チンチャ	3,304	50	1/80	-	-	2河川に分派
	ピスコ	4,272	45	1/90	23.5	0.0055	
アレキパ	ヤウカ	4,323	45	1/100	7.6	0.0018	
	マヘス-カマナ	17,049	115	1/125	-	-	
合計		52,142	388				



出典：30m メッシュデータを元に JICA 調査団により作成

図-4.1-2 6流域の河川縦断

1) チラ川

チラ川は首都リマの北方約 850km に位置しており、ピウラ州の管轄である。上流域の一部がエクアドルに属している国際河川である。河口から上流 100km の位置には「ペ」国最大の貯水量（総貯水容量 8 億トン）を有するポエチョスダム（治水・利水・発電の多目的ダム）が存在する。流域面積はポエチョスダム上流で約 13,000km²（うちエクアドル国内は 6,500km²）、ダム下流で約 4,000km² である。調査対象エリアであるポエチョスダム下流の 100km 区間は、河川勾配が 1400 分の 1 と比較的緩やかであり、川幅も 500～1500m と大規模である。

年間雨量は標高 500m 以下では 100～1,000mm、標高 3,000m 以上では 600～1,600mm に達する。このように標高が高いほど雨量が多くなる傾向は他の対象流域でも認められるが、平均的な雨量はチラ川が最も大きい。

植生に関しては、ダム上流域では流域最上流部に熱帯雨林が一部分布しているが、低木類と乾林が 9 割を占めている。一方、ダム下流域でも乾林と低木類が 8 割を占めているが、残りの 2 割が農地として利用されている。チラ流域は熱帯域に属し、雨量も多く、砂漠地

帯は少ない。農地ではバナナ、サトウキビのプランテーションがたいへん盛んである。また、下流域では天然ガス田の開発も進められている。

2) カニエテ川

カニエテ川は首都であるリマの南方約 130km に位置しており、対象 5 河川の中ではリマに一番近い川である。流域面積は約 6,100km² である。流域の形に着目すると、下流域の幅が細く、中流域・上流域の占める割合が大きい。そのため、標高 4,000m を越えるエリアが流域全体の約 50% を占めており、標高 1,000m 以下のエリアは 10% 程度となっている。調査対象エリアである下流域は、河川勾配が概ね 90 分の 1、川幅は平均 200m 程度である。

カニエテ川流域の年間雨量は標高によって大きく異なっている。例えば、標高 4,000m 以上では年間 1,000mm の降水があるが、標高 500m 以下になると年間 20mm 以下と極めて少なく、砂漠化しやすい気象条件となっている。しかしながら、流域面積は比較的大きく、流量は比較的豊富である。

植生は、流域の中流域・上流域の大半が草原である。一方、下流域は河川周辺は農地であるが、全体的には砂漠の占める割合が大きい。農地ではぶどうやリンゴの栽培が盛んである。その他に川エビの採取や、ラフティング、カヌーなどの観光も盛んである。

3) チンチャ川

チンチャ川は首都リマの南方約 170km に位置し、他の対象河川であるカニエテ川、ピスコ川の流域と隣接している。流域面積は約 3,300km² と対象流域の中では一番小さい。流域の形は中流域の幅が広く、上下流は幅が狭まっている。そのため、標高 4000m を超えるエリアは全体の約 15% である。対象エリアである下流域に着目すると、河口から約 25km 上流で川が分流堰によって二股に分岐しており、これらは北側からチコ川、マタヘンテ川と呼ばれている。河川勾配は概ね 80 分の 1、川幅は 100~200m 程度である。

年間雨量はカニエテ川と類似しており、標高 3,000m 以上で 1,000mm、標高 500m 以下のエリアでは年間 20mm 以下と非常に少ない。

植生は流域の上半分がプーナ草 (Cesped de Puna) と低木類で占められており、下半分は約 8 割が砂漠、2 割が農地である。また、このような植生分布は隣接するピスコ川流域と類似している。農地ではコットン、ぶどうの栽培が盛んである。

4) ピスコ川

ピスコ川は首都リマの南方約 200km に位置し、北側でチンチャ川流域と隣接している。流域面積は約 4,300km² と対象 5 流域の中間に位置する。流域の形は全体的に細く、標高 4,000m を超えるエリアは全体の約 20% である。対象流域である下流域に着目すると、河川勾配は約 90 分の 1、川幅は 200~600m と、チンチャ川、カニエテ川、ヤウカ川に比べると比較的広い。

年間雨量は標高 4,000m 以上で 500mm 程度、標高 1,000m 以下で 10mm 程度である。そのため平均的な流量は、水量が豊富なチラ川やカニエテ川に比べるとかなり小さい。

植生は、上流域の大半が草原、中下流域が砂漠地帯となっており、下流の川沿いが農地として利用されている。また、このような植生分布は隣接するチンチャ川と類似している。

5) ヤウカ川

ヤウカ川は首都リマの南方約 460km に位置し、アレキパ州に属する。流域面積は約 4,300km²、流域の形は上流ほど幅が広がっている。標高 4,000m 以上の占める割合は約 1 割と小さく、標高 2000~4000m の占める割合が 6 割存在する。つぎに対象流域である下流域に目を向けると、河床勾配は約 100 分の 1、川幅は概ね 200m である。

年間雨量に関しては観測所のデータが十分に揃っていないため詳細は不明であるが、標高 2000~3000m で 500mm 程度である。平均流量は 5 河川中で最低であることから、降水量は比較的少ないものと推測される。

植生は、上流域が草原、中流域が低木類、中流~下流域が砂漠地帯である。農地は流域の 1% であり、下流域の河川に沿ったエリアに限定される。なお、ヤウカ川ではオリーブ栽培が盛んであり、農地のほとんどはオリーブ畑として利用されている。

6) マヘス - カマナ流域

マヘス - カマナ川は首都リマの南方約 700km に位置する。対象河川のうち最も南方であり、アレキパ州に属する。流域面積は約 17,000km² あり、標高 4,000m 以上の占める割合が全体の 6 割に達する。一方、対象区間である河口から約 100km の河川区間は概ね標高 2,000m 以下であり全流域の約 2 割を占める。

マヘス川とカマナ川の境界は河口から約 40km 上流であり、下流がカマナ川、上流がマヘス川と呼ばれる。河床勾配はカマナ川で約 200 分の 1、マヘス川で約 100 分の 1、川幅はカマナ川で概ね 100~200m、マヘス川で概ね 200~500m である。上流のマヘス川で川幅が広いのは、下流のカマナ川では水利組合が自ら堤防を築いて流路を固定しているのに対し、上流のマヘス川では築堤が不十分であることによると推察される。

年間雨量に関しては、高標高ほど雨量が多くなる傾向が顕著であり、標高 1,000m 以下で 50mm 程度、標高 4,000m 以上で 500mm 以上である。水量は豊富であり、乾季でも地表流（河川水）が存在する。

植生は、流域の 6 割を占める標高 4,000m 以上のエリアに湿性草原が広がっているが、対象区間である標高 2,000m 以下は砂漠地帯となっている。なお、対象区間における川沿いの平地の大半は農地として利用されており、主に米（水稻）が栽培されている。

4.2 社会経済条件

(1) 行政区分と面積

各河川流域が属する行政区分および面積は表-4.2-1 に示すとおりである。

表-4.2-1 行政区分と面積

河川名	州	郡	面積 (km ²)
チラ川	ピウラ	スヤナ	2,779
		パイタ	876
	小計		3,655
カニエテ川	リマ	カニエテ	1,485
チンチャ川	イカ	チンチャ	1,420
ピスコ川	イカ	ピスコ	1,630
ヤウカ川	アレキパ	カラベリ	980
マヘス-カマナ川	アレキパ	カステーリヤ	2,156
		カマナ	1,110
	小計		3,266
合計			12,436

(2) 人口

各河川流域が属する行政区分の人口は表-4.2-2 に示すとおりである。

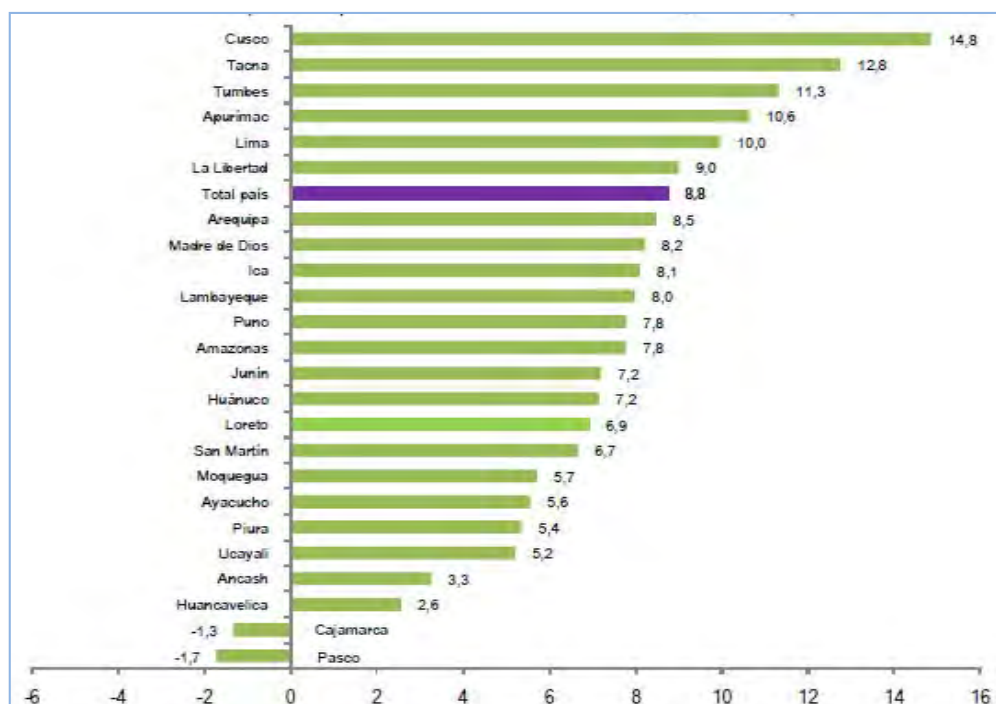
表-4.2-2 行政区分と人口 (2007年)

河川名	州	郡	都市部	%	地方部	%	合計
チラ川	ピウラ	スヤナ	215,069	93	15,974	7	231,043
		パイタ	26,494	89	3,412	11	29,906
		小計	241,563	93	19,386	7	260,949
カニエテ川	リマ	カニエテ	102,642	85	18,021	15	120,663
チンチャ川	イカ	チンチャ	77,695	82	16,744	18	94,439
ピスコ川	イカ	ピスコ	106,394	89	13,581	11	119,975
ヤウカ川	アレキパ	カラベリ	2,844	84	549	16	3,393
マヘス-カマナ川	アレキパ	カスティーリヤ	8,702	50	8,776	50	17,478
		カマナ	40,322	91	3,853	9	44,175
		小計	49,024	80	12,629	20	61,653
合計			580,162	88	80,910	12	661,072

(3) GDP

2010年の「ペ」国におけるGDPは、US\$ 153,919,000,000.000.000.000である。2010年の「ペ」国の成長率は、非常に大きく前年に比べて8.8%のアップとなっている。

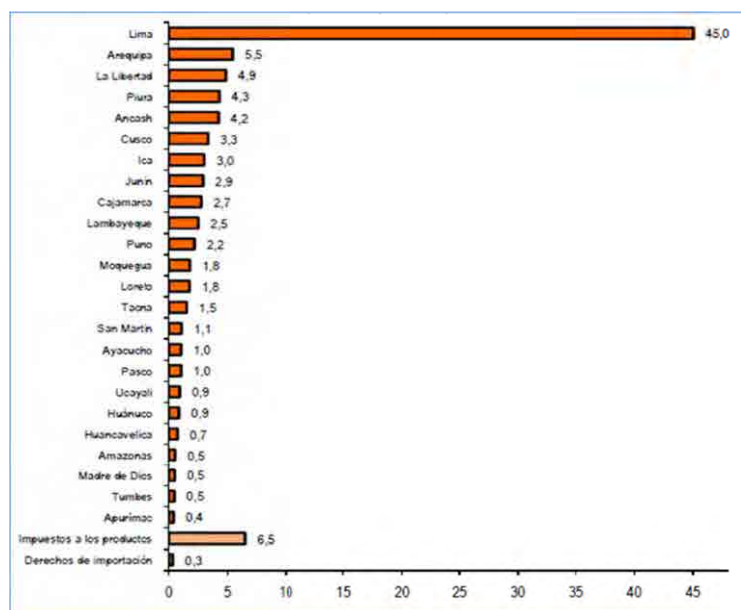
州別のGDPをみると、イカ州が8.1%、ピウラ州が5.4%、リマ州が10.0%、アレキパ州8.5%の成長率を示している。特に、リマ州は国の全体の値よりも高い成長率を示している。



Fuente INEI - Dirección Nacional de Cuentas Nacionales-2010、国立統計局 - INEIと中央準備銀行 - BCR

図-4.2-1 州別GDP成長率(2009/2008)

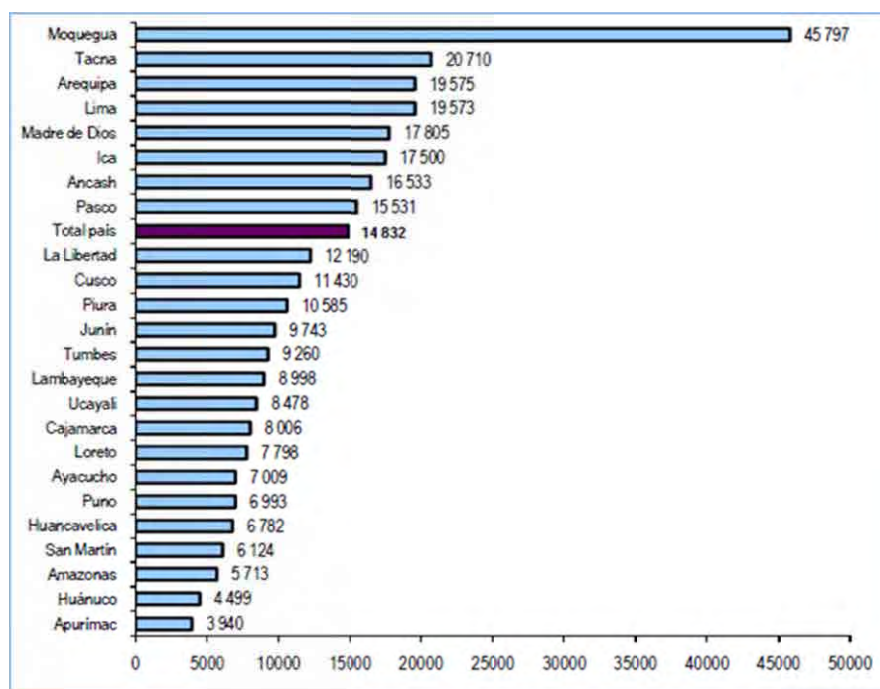
以下にGDPへの寄与率を州ごとに示している。リマ州が全体の半分近く45.0%に寄与している。その他の州の寄与率は、アレキパ州が5.5%、ピウラ州が4.3%、イカ州が3.0%である。また、税金と輸入関税がそれぞれ6.5%、0.3%寄与している。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales-2010、国立統計局 –INEIと中央準備銀行 –BCR

図-4.2-2 州別の GDP への寄与率

2010 年における「ペ」国 1 人当たりの GDP の値は S/.14,832(5,727 US\$)であった。州ごとの 1 人当たりの GDP の値は、リマ州では S/.19,573(7,557 US\$)、アレキパ州で S/.19,575(7,558US\$)、イカ州で S/.17,500(6,757US\$)と国の平均より高く、一方、ピウラ州で S/.10,585(4,087 US\$)と国の平均を下回っている。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales-2010、国立統計局 –INEIと中央準備銀行 –BCR

図-4.2-3 1 人当たり GDP (2009 年)

4.3 農業の現況

調査対象地域の主要産業は農業であり、洪水の氾濫区域は大部分が農地であって洪水対策施設の恩恵を受ける受益者も殆どが農家である。

(1) 水利組合

4州6流域には農家により多数の水利組合が形成されている。これらの水利組合は各河川における洪水により現実に多大な被害を蒙っており、堤防、護岸、取水堰の改修などについて強い要望をもっている。表-4.3-1に各流域の水利組合の概要を示す。流域における農地および灌漑施設に関連する堤防、護岸、取水堰、灌漑水路などの維持管理は地方政府の支援を得て、主としてこれらの水利組合および構成員により実施されている。なお各水利組合は灌漑委員会により構成され、各灌漑委員会は灌漑セクターからなっている。灌漑セクターは灌漑地域の特性（小規模な堰や取水口などの水量のコントロールポイントや二次、または三次の灌漑水路を共有）により分類される灌漑地区を指し、灌漑セクターの集合体が灌漑委員会を構成する。

表-4.3-1 水利組合の概要

流域名	灌漑委員会の数	灌漑セクターの数	灌漑面積 (ha)	受益者 (人)
チラ	6	6	48,676	18,796
カニェテ	7	42	22,242	5,843
チンチャ	3	14	25,629	7,676
ピスコ	6	19	22,468	3,774
ヤウカ	3	3	1,614	557
カマナ-マヘス	34	83	14,301	5,907
合計	59	167	134,930	42,553

水利組合は1987年10月14日に発布された法律 (Resolución Ministerial N° 0837-87-AG) に基づいて設立された住民による非営利組織である。ペルー水利組合は114の組合で構成されており、組合を構成する灌漑委員会は1582に分かれている。また全国委員会 (Junta Nacional、全水利組合による選挙によって選ばれた7名の委員によって構成される) に登録されており農業部門での全ペルーの農業者の代表者として活動している。ペルー水利組合は公共および民間の農業部門とペルー社会のさまざまな分野で認知されている。

各流域の水利組合における意思決定システムは月に2回、取締役委員会 (Cesión de Consejo Directivo) が開かれ、そこで灌漑委員会ごとに優先されるべき要点やニーズを提案し、協議の末その月の行動のプライオリティーが決定される。この取締役委員会はプレジデント、バイス・プレジデント、秘書官、経理係、サブ経理係、理事 (2名) の7名によって構成されている。

水利組合の主要な業務はつぎのとおりである。

- ・ 構成員相互の意思疎通を促進し、組合としての意志の統合をはかる。
- ・ 水資源の効率的かつ公平な分配
- ・ 管轄の水利施設の管理およびO&M
- ・ 水資源に対する感作と能力育成
- ・ 組合員の農業事業発展と収入の増加による生活の質の向上の推進

各流域における水利組合の事業予算は表-4.3-2 に示す通りである。

表-4.3-2 水利組合の事業予算

河 川	年予算 (単位 S)				
	2006	2007	2008	2009	2010
チラ川	30,369.84	78,201.40	1,705,302.40	8,037,887.44	
カニェテ川		2,355,539.91	2,389,561.65	2,331,339.69	2,608,187.18
チンチャ川		1,562,928.56	1,763,741.29	1,483,108.19	
ピスコ川		1,648,019.62	1,669,237.35	1,725,290.00	1,425,961.39
ヤウカ川	114,482.12	111,102.69	130,575.40		
マヘス - カマナ川			1,867,880.10	1,959,302.60	1,864,113.30
合計		5,755,792.18	9,526,298.10	15,536,928.01	5,898,261.84

注) 2008年のマヘス - カマナ水利組合予算はマヘス川予算のデータが無いので2008年カマナ川予算 (1,122,078.40) + 2009年マヘス川予算 (745,810.70) と仮定

水利組合の歳入は①灌漑水量 (m³ あたり) の使用料および②民間業者などへの保有重機類の賃貸料などからなっており、政府等からの補助金はない。また歳出は①取水施設の運営費用 (取水堰などのオペレーター費用など)、②灌漑施設 (取水堰や水路の維持管理費、③灌漑施設の向上に資する調査費、④水利組合事務所の運営費用などである。

(2) 主要農作物

各流域における農作物のうち最近年における売上高が5位までの作物は表-4.3-3に示すとおりである。

表-4.3-3 各流域における主要農作物

流域名	農作物売上高				
	1位	2位	3位	4位	5位
チラ川	米	バナナ	砂糖キビ	レモン	とうもろこし
カニエテ川	とうもろこし(黄)	ブドウ	さつまいも	とうもろこし	ユカ
チンチャ川	綿花	ブドウ	とうもろこし(黄)	アーティチョーク	アスパラガス
ピスコ川	綿花	とうもろこし(黄)	とうもろこし	トマト	アスパラガス
ヤウカ川	オリーブ	アルファルファ	綿花	とうもろこし(黄)	さつまいも
マヘスーカマナ川	玉ねぎ	米	インゲン豆	小麦	かぼちゃ

4.4 現地調査

調査の6対象河川流域について数回の現地調査を行い、地方政府および水利組合から過去の洪水被害や流域の問題点のヒアリングを行うとともに、現地視察により洪水対策上の課題を抽出した。カニエテ川の現地調査の結果を一例として図-4.4-1に示す。なお現地調査の詳細はI-1プログラムレポートの3.1.6参照のこと

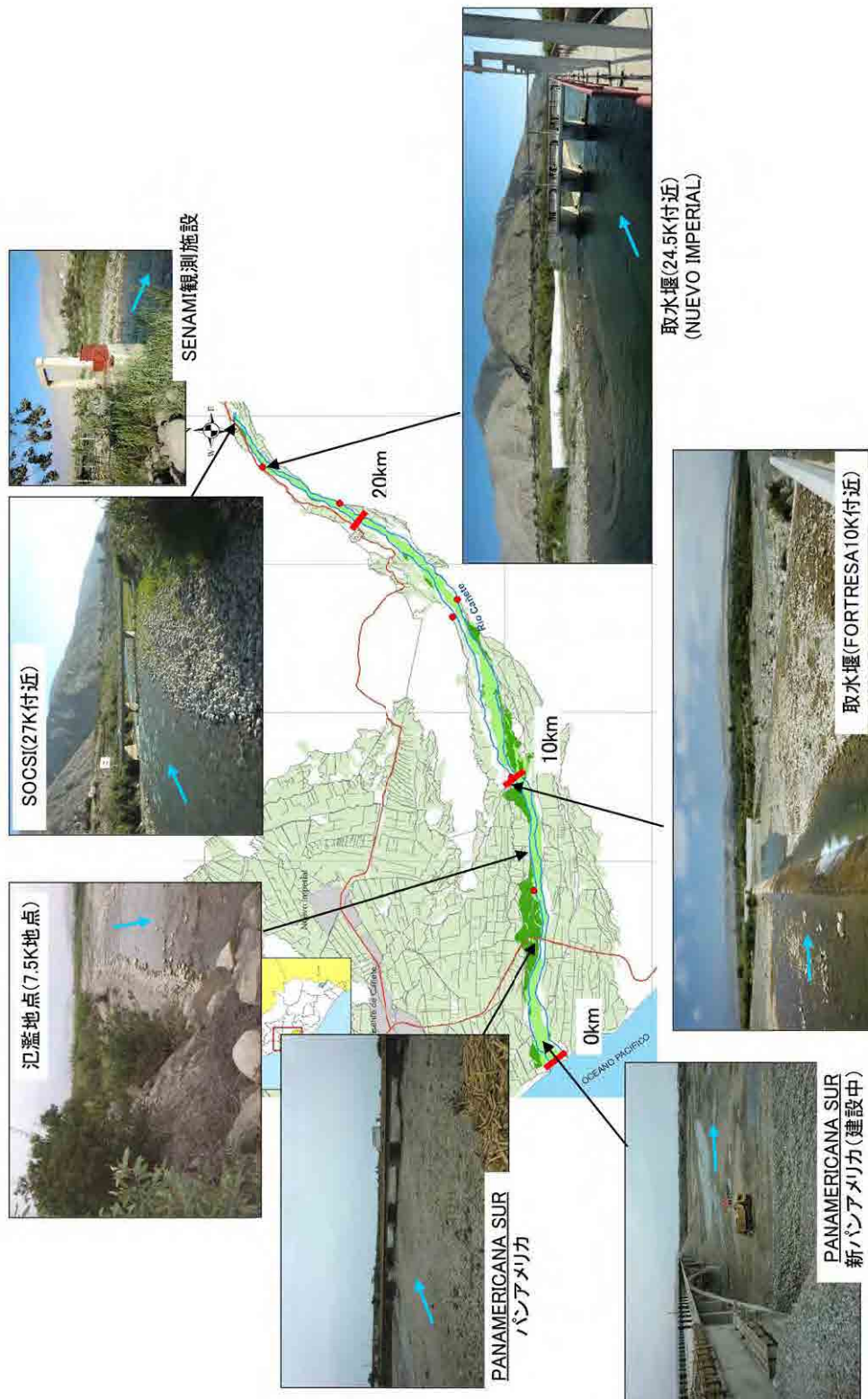


図-4.4-1 視察現場の概要 (カニエテ川)

4.5 植生および植林の現況

(1) 植生の現況

1) チラ川を除く 5 流域

カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ、マヘスーカマナ流域は海岸からアンデス高地に至るが、おおむね標高によって植生分布が特徴づけられている。海岸から標高約 2,500m 付近 (Cu、Dc) までは非常に植生が乏しく、河川沿いを除く場所では草本・サボテンが主体か植生がほとんどない区域が代表的で、やや標高の高いところでも灌木が点在する程度である。標高 2,500m から 3,500m 付近までは降雨条件がよいため灌木林が形成されるが、それ以上の標高では低温のため植生は育ちにくく、草本が主体の区域となっている。また、灌木がある区域でも樹高は最大でも 4m 程度となっている。ただし、砂漠地帯であっても河川沿いには高木となる木本植物が成立している。

a) カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域

各植生分布は砂漠地帯が 3 割程度、草本・サボテン地帯が 1~2 割、草地が 3~5 割となっており、灌木林地帯は 1~2 割である。灌木林は、うっ閉林が成立できないような厳しい自然条件下で成立することが多く、それさえも面積は少ない。このことから、カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカの 4 流域においては、自然条件が相当に厳しいと判断できる。特に厳しい条件としては、降雨条件、貧しい土壌条件、急勾配斜面などが想定され、自然植生としては大型木本植生の成立が非常に難しいところであるといえる。

b) マヘスーカマナ流域

植生分布は上記 4 流域とほぼ同じであるが、他の 4 流域に見られない植生は次の 2 種類である。

i) Lo : (ロマス)

分布域の標高は海拔 0~1,000m。「ペ」国の沿岸部の砂漠からチリまで南北の海岸線に沿って分布している。冬 (5~9 月) 海から来る霧が発生し、この特異な植生帯を出現させる。主に見られる植生はアナナス科の *Tillandsia* spp、*tara* (*Caesalpinia spinosa*)、ヒガンバナ科ヒメノカリス属 (*Ismene amancae*)、サボテン科の (*Haageocereus* spp.)、カタバミ科 (*Oxalis* spp.)、ナス科 (*Solanum* spp.) などである

ii) Bf : (湿性草原)

分布域の標高は 3,900m から 4,800m、地形はほぼ平らであるがわずかな窪みとなっていることもある。氷河と湧水からの表面水が出ており、地下水位が高いので、表面水が地面に浸透せずにいる。このため、草原が常に湿っている。

マヘスーカマナ流域の植生区分の特徴は、灌木林の占める割合が 9%弱と非常に小さく、高地草原の占める割合が 60%弱と非常に大きい点である。マヘス川の上流では標高が 4,000m 以上であり、高原草地がほとんどのエリアを占めている。

カニエテ他 3 流域では木本植生である灌木林が流域全体に占める割合は約 13~24%に過ぎないが、マヘスーカマナ流域ではその割合がさらに少なく 9%弱となっている。

2) チラ川流域

チラ流域は他の 5 流域とは異なり、乾燥林が多勢を占めている。流域内の乾燥林としては i) サバンナ性乾燥林 (Bs sa)、ii) 台地性乾燥林 (Bs co)、iii) 山岳性乾燥林 (Bs mo) の 3 種があり、標高によって特徴付けられている。サバンナ乾燥林の主要構成樹種はアルガロボ (*Prosopis pallida*) で、アルガロボ林では高木、灌木が混生する。台地性乾燥林と山岳性乾燥林を構成する樹種はほとんど同じで、樹高 12m 程度の落葉樹が多い。また、河川沿いなどでは地下水位が高いため、直径 10cm 以上の常緑樹も生育している。乾燥林は厳しい自然条件下にあるため、いったん破壊されると自然回復は困難である。山岳性湿潤林は樹種が豊富だが樹高は 10m 以下のものがほとんどである。

カニエテ他 5 流域と比較すると、砂漠地帯が 1 割程度と少なく、草本・サボテン地帯は 1%にも満たない。灌木林地帯は約 2 割でほぼ同じである。カニエテ等 4 流域との最も大きな違いは、乾燥林が約 6 割を占めている点であり、これがチラ流域の植生の特徴である。

(2) 植林の実績

カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカおよびマヘスーカマナの 5 流域は大型木本植物の生育にはあまり適したところとはいえず、天然植生としてはほとんど分布していない。唯一、河川沿いの地下水位が高いところに集中して生育している。

このような状況にあり、全体として植林の適地がないため、調査対象地では大規模な植林は実施されていない。少なくとも、商業利益を第一目的とした植林が実施されているという情報は得られなかった。

流域の下流部～中流部では主として次の 3 種類の植林が実施されている。i)河川沿いに防災のための植林、ii)農地の周囲を囲む防風・防砂のための植林、iii)家屋の周囲を囲む植林。いずれも面積としては非常に少なく、樹種もユーカリが最も多く、次いでモクマオウ、郷土種の植林は少ない。一方、アンデス高地では薪炭供給のための植林、農地を冷害・獣害（家畜）から保全するための植林、水源を保全するための植林が行なわれている。植林樹種はユーカリ、マツがほとんどである。アンデス高地での植林は旧 PRNAMACHIS（現在の AGRORURAL）のプログラムによって実施されているものが多く、AGRORURAL がコミュニティに苗木を供給し、農民がそれを植栽し、維持管理していくシステムが一般的である。州政府による植林事業もあるが数量としては多くない。このシステムでは、植栽地の選定にコミュニティの合意が必要で、多くの農民は少しでも農地を増やしたいと考えているため、合意形成には長い期間を要しており、なかなか植林事業がすすまないのが実情である。加えてアンデス高地の 3,800m 以上のところでは冷温のため植林が難しくなる。

全国植林計画（INRENA、2005）に 1994～2003 年までの旧県（Departamento）ごとの植林実績が記載されている。ここから、調査対象地に該当する旧県の植林実績を抜粋した（表-4.5-1 参照）。1994 年は植林面積が多いものの、その後急激に植林面積は落ち込んでいる。また、アレキパ、イカ、リマは沿岸に位置し、降雨量が非常に少ないため植林が可能どころが少なく、また、植林の需要が低いと想定される。一方、アンデス高地に位置するアヤクチョ、ウアンカベリカ、ユニンでは農地・放牧地の保護や薪炭等の需要が高く、降雨量も多いが上記のような理由があり、植林面積は多くない。

表-4.5-1 1994 年から 2003 年までの植林実績

(単位：ha)

県	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	計
アレキパ	3,758	435	528	1,018	560	632	nr	37	282	158	7,408
アヤクチョ	14,294	9,850	3,997	8,201	2,177	6,371	4,706	268	2,563	220	52,647
ウアンカベリカ	12,320	1,210	2,587	2,061	294	7,962	6,001	545	1,035	0	34,015
イカ	2,213	20	159	159	89	29	61	15	4	1	2,750
ユニン	38,064	921	3,781	8,860	2,597	4,412	718	995	556	752	61,656
リマ	6,692	490	643	1,724	717	1,157	nr	232	557	169	12,381
ピウラ	7,449	971	2,407	3,144	19,070	2,358	270	1,134	789	48	37,640

出典：全国植林計画、INRENA、2005

4.6 土壌侵食の現況

(1) 土壌侵食要因

- 1) 地形特性
 - i) 標高別面積

各流域の標高別面積についてはカニエテ流域およびマヘス-カマナ流域が 4,000m 以上の標高の占める割合が多い。4,000m 以上の標高は比較的なだらかでこの部分に雪山およびため池が多く分布している。カニエテ流域およびマヘス-カマナ流域はこの部分の面積が広く、他の流域に比べて水源が豊富で、流量が多い。特にマヘス-カマナ流域は標高 4,000~5,000m が 53% を占める。チラ流域は 0~1,000m の割合が多い

ii) 傾斜区分

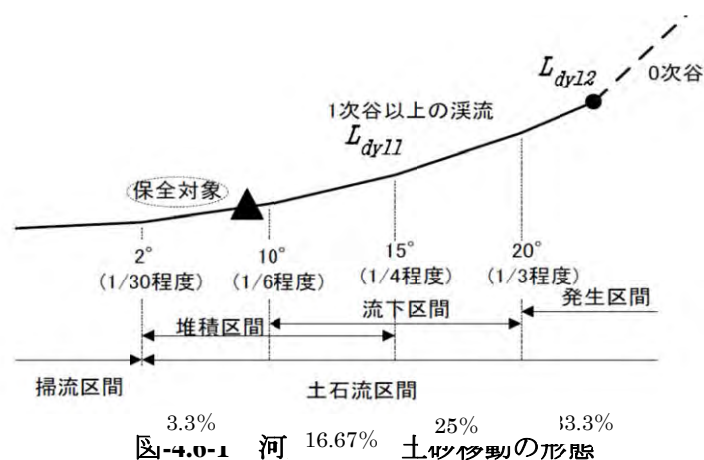
カニエテ流域、チンチャ流域、ピスコ流域、ヤウカ流域、マヘス-カマナ流域、チラ流域の順序で地形が険しくなっている。特にカニエテ流域、チンチャ流域は、 35° 以上の傾斜が全流域の 50% 以上をしめる。地形勾配がきついほど土砂流出が多いといわれており、上記の順で土砂流出が多いことが推定される。

iii) 河川縦断

河川縦断は、カニエテ流域、チンチャ流域、ピスコ流域およびヤウカ流域は河川縦断が比較的類似している。マヘス-カマナ流域は河口から 200km までは急勾配であるが、200km から 400km にかけてはなだらかである。チラ川は 300km 程度まではなだらかであるが、300km より上流では急勾配となる。

iv) 河床勾配

河床勾配によって溪流は掃流区間と土石流区間に区分される。土石流発生区間は河床勾配が 1/3 以上の溪流といわれており、カニエテ流域が最も長い。堆積区間に相当する河床勾配 1/30~1/6 の占める割合が大きい。流域全体では河道調節量が大きいことがわかる。



2) 降雨特性

ペルーの太平洋側に面した幅 30~50km、長さ約 3000km の海岸砂漠地域 (コスタ) は、チャラと呼ばれる気候区分に入り、年間の平均気温は 20°C 前後。年間を通じてほとんど雨が降らない。

標高 2,500~3,500m はケチュアという気候区分に入る。この付近では年間 200~300mm の雨が観測されている。ケチュアを越えると標高 3,500~4,500m のスニと呼ばれる不毛の地域になり、この付近では年間 700mm 程度の雨が観測される。

3) 斜面勾配と標高

チラ上流では、標高 1,000~3,000m に勾配が 35% 以上の斜面が多く分布する。下流では、勾配 2~15% の斜面が全体の 67% を占める。

カニエテ流域では、勾配が 35% 以上の斜面が 60% を占める。特に標高 4,000~5,000m に

において勾配 35%以上の斜面が多い。

チンチャ流域では標高 2,000~4,000m において勾配 35%以上の斜面が多い。

ピスコ流域では標高 1,000~4,000m において勾配 35%以上の斜面が多い。標高 4,000m 以上では、35%以下の比較的緩やかな斜面が分布している。

ヤウカ流域では標高 1,000~3,000m において勾配 35%以上の斜面が多く分布している。標高 3,000m 以上では、35%以下の緩やかな斜面が分布している。

マヘス-カマナ流域では、標高 1,000~4,000m での地形変化が大きい。世界で最も深い溪谷のひとつといわれるコルカ溪谷がここに位置する。

4) 侵食特性

チラを除く各流域の流域特性は図-4.6-2のようにまとめられる。標高が 500m 以下では、植生がなく、降水量が小さく侵食量は小さい (エリア A)。この地域はコスタ(海岸地帯)と呼ばれ北はエクアドル、南はチリまで 2,414km に及ぶ砂漠地帯を形成し、太平洋から内陸部に向けて標高 500m までの地点を指す。標高 1,000~4,000m では、地形が急峻で植生はなく、裸地状である (エリア B)。降水量はそれほど大きくないが、この箇所での侵食量が最も多いと推定される。この箇所はシエラ (山岳地帯)、ケチュア帯、スニ帯と呼ばれる。国土の約 28%を占めるシエラ (山岳地帯) は、アンデス山脈の西斜面の標高 500m 以上の地域から、東斜面の標高 1,500m 程までの地域を指し、国土の約 28%を占め、ケチュア帯 (またはキチュア帯) は、標高 2,300m~3,500m までの温暖な地域を指し、スニ帯 (またはハルカ帯) は、標高 3,500m から 4,000m の冷涼地域をさす。また、標高 4,000m を超えると降水量が多く、気温が低い。低温に適した低木類が地表面を覆い、なおかつ地形勾配が緩いため侵食量は少ない(エリア C)。この地域はプーナ帯と呼ばれる。



図-4.6-2 流域特性

(2) 土砂生産状況侵食

1) 現地調査結果

チラおよびマヘス-カマナを除く 4 流域は近接しており、おおむね同じ状況にあると判断できる。チラは上流に Poechoce ダムがあり、このダムに土砂が堆砂するため、下流側への土砂供給はない。ピスコ、カニェテ流域における現地の状況を図-4.6-3 から図-4.6-5 に示す。またマヘス-カマナ流域における現地状況を図-4.6-7 および 8 に示す



図-4.6-3 安山岩質～玄武岩質の崩壊

地

図-4.6-4 堆積岩類の土砂生産状況



図-4.6-5 サボテンの侵入状況



図-4.6-6 河道付近における土砂移動



図-4.6-7 60km 付近の状況 (幅 5km 程度の溪谷をなす)



図-4.6-8 90 km 付近右支川のコスス川の土砂堆積状況 (幅約 900m)

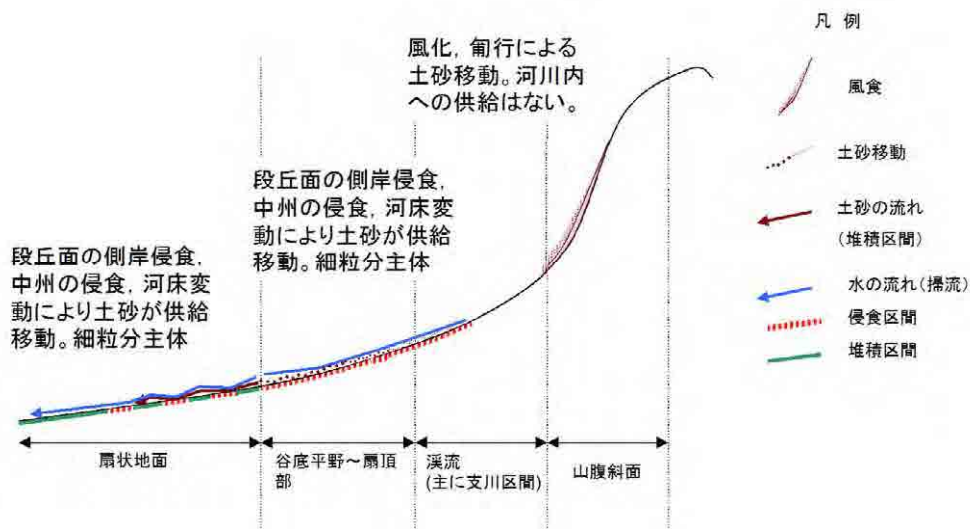
(3) 予測される土砂生産流出形態

要因 (降雨・流量) の規模に応じた土砂生産流出が予見される。平常時、50 年確率程度の降雨および大規模出水時での定性的な所見を以下に示す。

i) 平常時

平常時の土砂生産流出状態を図-4.6-9 に示す。

- ・斜面からの土砂生産はほとんど見られない
- ・段丘面から崩落, 脚部に堆積した崖錐に流水があたることによって土砂が生産, 下流側へ流出する。
- ・河道内に残置されている中州の堆積土砂が小規模増水時に流路変更に伴い再移動, 下流側へ押し出すパターンで土砂流出が発生すると考えられる。



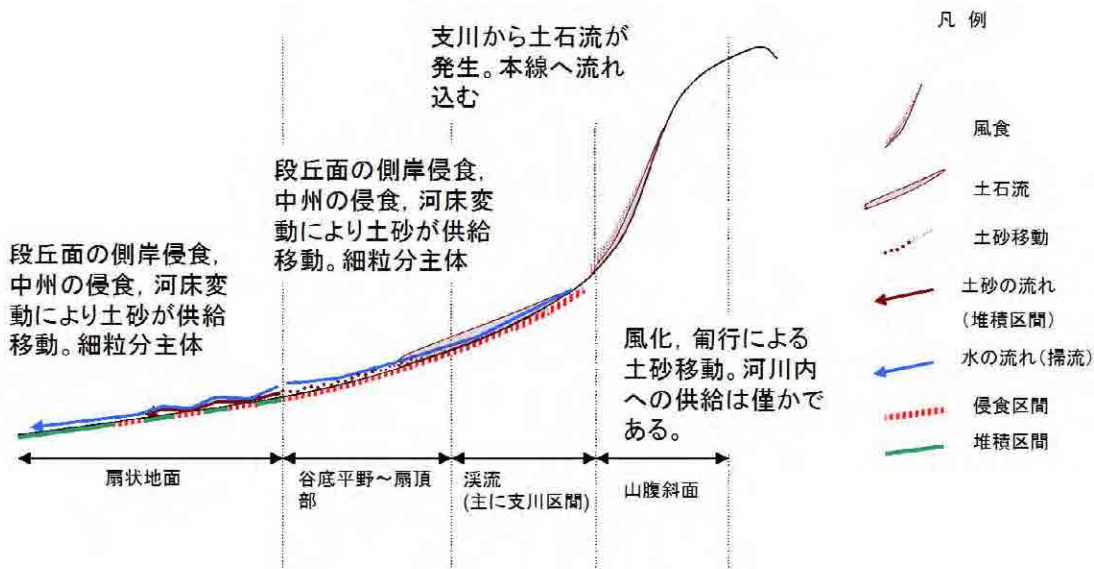
出典： JICA 調査団により作成

図-4.6-9 平常時の土砂生産流出の状態

ii) 50年確率降雨程度の豪雨

現地ヒアリングによればエルニーニョ年度には各支川から土石流が発生しているとのことであった。ただし、河道の土砂調節量が多く、下流への影響はあまりないものと推定される。エルニーニョ程度の豪雨における土砂生産流出状態を図-4.6-10 に示す。斜面から水量に見合った量の土砂が流出する。

- ・ 支川から土石流が発生し本川へ流れ込む。
- ・ 河道の土砂調節量が多いため、下流への影響はあまりない。



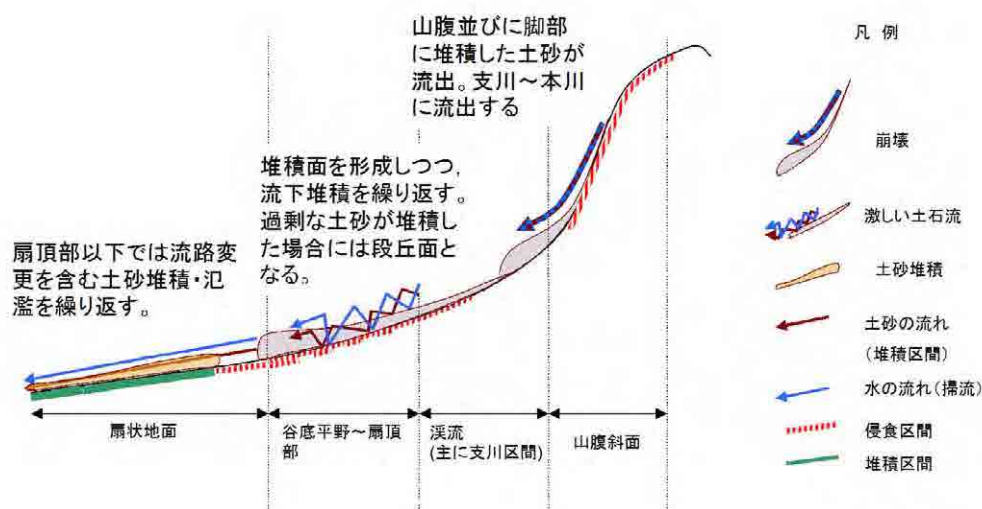
出典： JICA 調査団により作成

図-4.6-10 50年確率降雨程度の豪雨時における土砂生産流出の状態

iii) 大規模出水時（現在の段丘面を形成するような出水）数千年に1回程度
 コスタ地方については、100年超過確率日降雨量は50mm程度である。そのため水による土砂移動がきわめて少ない状態である。しかしながら雨が少ない分、ひとたび豪雨が発生した場合、流水による土砂生産ポテンシャルは非常に高い状態にあるといえる。

およそ数千年確率規模以上の低確率規模降雨が生じた場合、以下の土砂生産形態が発生すると考えられる(図-4.6-11 参照)。なお、大規模出水の頻度は地球規模の温暖化-寒冷化のサイクルに一致していると推定して数千年とした。

- ・ 斜面より水量に見合った量の土砂が流出する。
- ・ 崖錐や斜面脚部の過堆積土砂が水量見合いで流出し、溪流や河道の閉塞を伴う土砂移動が発生
- ・ 河道閉塞後に発生する天然ダム決壊、中州の崩壊による土石流、土砂流の発生
- ・ 多量の土砂供給に伴う下流側での河道内堆積の増加と段丘の形成。
- ・ 扇頂部～河積不足断面における河道変更を伴う氾濫



出典： JICA 調査団により作成

図-4.6-11 大規模出水時の土砂生産流出の状態（地質学的スケール）

5. 流出および氾濫解析

(1) 降雨量解析

各流域における雨量観測所および年降雨量は表-5-1 に示すとおりである。流域年間降雨量は山地部における降雨や降雪によりやや多いが、調査対象河川地域は海岸地区に属するため非常に少ない。この中でチラ川およびマヘスーカマナ川においては他の流域に比べて比較的多くなっている。

表-5-1 雨量観測所および年降雨量

流域名	流域面積 (km ²)	雨量観測所の数	観測開始年	流域年降雨量 (mm)	調査対象地域年降雨量(mm)
チラ川	17,128	14	1964	50 - 1,000	50 - 200
カニエテ川	6,066	13	1964	25 - 750	25 - 50
チンチャ川	3,304	14	1980	25 - 900	25前後
ピスコ川	4,272	20	1964	25 - 750	25 - 50
ヤウカ川	4,323	7	1964	25 - 750	25 - 50
マヘスーカマナ川	17,049	48	1964	50 - 750	50 - 500

各観測所から収集した降雨データを用いて複数の確率分布モデルを用いて水文統計計算を行い、各観測所の確率 24 時間降雨量の算出を行った。

各流域の確率 50 年雨量を比較すると、チラ川を除く 5 流域では、各観測所の確率 50 年雨量は数 10mm 即ち 100mm 以下の降雨量であるが、チラ川流域の観測所の場合、100mm 以上で最大 339mm となっており、チラ川流域が他の流域より降雨量が多いことがわかる。

(2) 流出解析

確率洪水量の解析は、HEC-HMS を用いて行った。HEC-HMS により、生起確率ごとのハイドログラフを作成するとともにピーク流量の算出を行った。

解析に用いる降雨量は、降雨解析により算出した各流域の生起確率毎のハイエイトを用いた。なお、ハイドログラフは流出量解析で推定したピーク流量を参考に評価を行い決定した。なお、チラ川については、上流にあるポエチョスダム洪水調節効果を考慮して解析を行った。

各流域における生起確率 2～100 年の確率洪水量は表-5-2 に示すとおりである。また、チラ川における確率洪水のハイドログラフの例を図-5-1 に示す。

表-5-2 確率洪水流量（ピーク流量：基準地点）

河川名	(m ³ /s)					
	確率 2 年	確率 5 年	確率 10 年	確率 25 年	確率 50 年	確率 100 年
チラ川 Puente Sullana	890	1,727	2,276	2,995	3,540	4,058
カニエテ川 Socsi	331	408	822	1,496	2,175	2,751
チンチャ川 Conta	203	472	580	807	917	1,171
ピスコ川 Letrayoc	213	287	451	688	855	962
ヤウカ川 San Francisco Alto	24	37	90	167	263	400
マヘス/カマナ川 Huatiapa	306	638	1,007	1,566	2,084	2,703

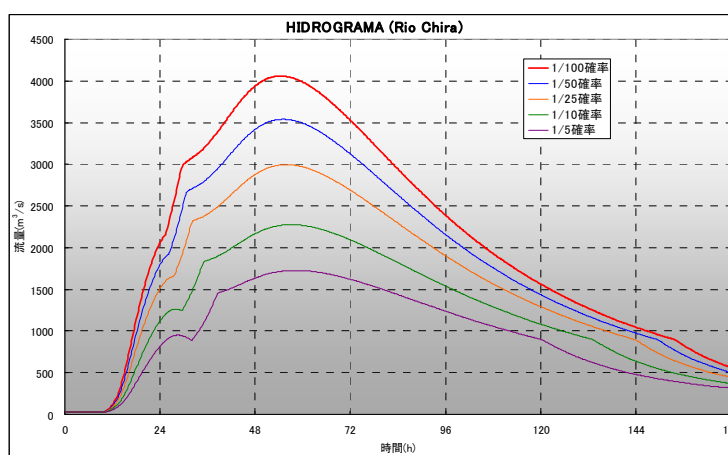


図-5-1 チラ川の洪水ハイドログラフ

(3) 氾濫解析

氾濫解析を行うために河川の横断測量および堤防高の縦断測量を実施した。調査対象 6 河川について行った河川測量は表-5-3 に示すとおりである。氾濫原においては氾濫解析に用

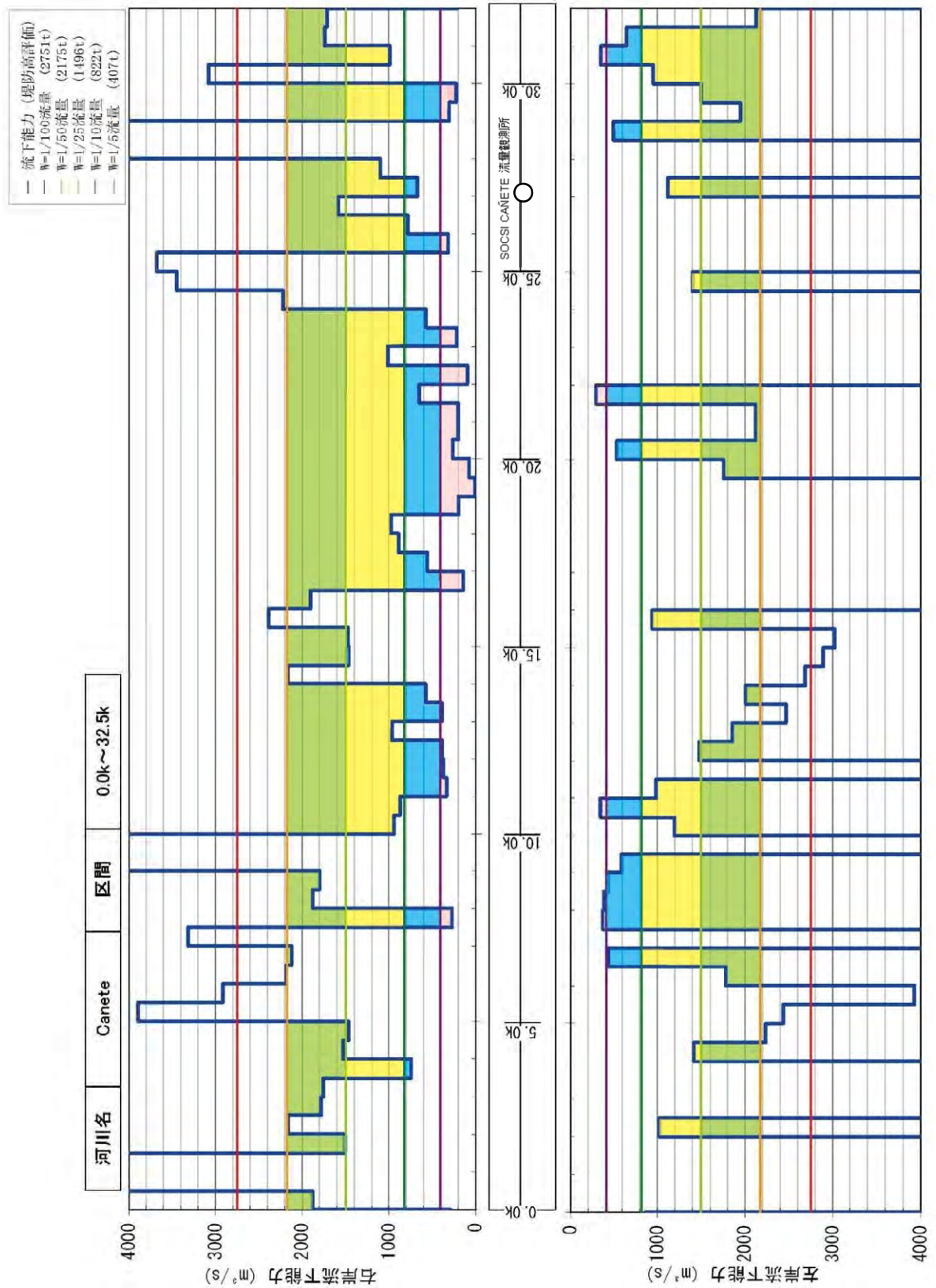
いる地形データを得るために衛星画像のデータを利用して表-5-3 に示す実測結果を補完した。

表-5-3 河川測量の概要

項目	単位	数量	備考
1.測量			
1.1基準点測量			1ヶ所/河川延長10km
チラ川	No.	10	
チンチャ川	No.	6	
ピスコ川	No.	5	
カニエテ川	No.	4	
ヤウカ川	No.	5	
マヘス-カマナ川	No.	13	
計	No.	43	
1.2堤防縦断測量			
チラ川	km	100	
チンチャ川	km	50	25kmx2河川
ピスコ川	km	45	
カニエテ川	km	33	
ヤウカ川	km	45	
マヘス-カマナ川	km	130	
予備数量		38	
計		441	
1.3河川横断測量			横断測量間隔:500m
チラ川	km	120.0	
チンチャ川	km	38.0	
ピスコ川	km	54.6	
カニエテ川	km	46.9	
ヤウカ川	km	31.9	
マヘス-カマナ川	km	78.0	
予備数量		35.5	
計		404.9	
1.4基準点設置			
座標および水準点	No.	43	
河川距離標	No.	403	1ヶ所/河川延長1km

1) 現況流下能力

河川測量の結果に基づき HEC-RAS 法を用いて現河道の現況疎通能力を推定した。カニエテ川の例を図-5-2 に示す。図には生起確率洪水量も示してあるので、各流域の各地点においてどの確率洪水量で氾濫が発生するかが分かる。



2) 氾濫範囲

洪水氾濫解析は、DGIH がプログラムレベルのペルフィル作成の際に河床勾配 1/100～1/300 であることから、対象河川の氾濫形態は流下型と想定し、氾濫解析は 1 次元不等流モデルの HEC-RAS 法を用いて実施している。本調査においてもこれを用いる予定であったが、対象区間の下流側では氾濫水が流域内に拡散することが想定されたため、平面二次元不定流モデルを用いて、精度を向上させることにした。生起確率 50 年洪水量に対してチラ川およびカニェテ川の氾濫範囲の例を図-5-3 および図-5-4 に示す。

RioChira 1/50確率 計算水位が堤防高を上回る箇所 全地点溢水（全体）

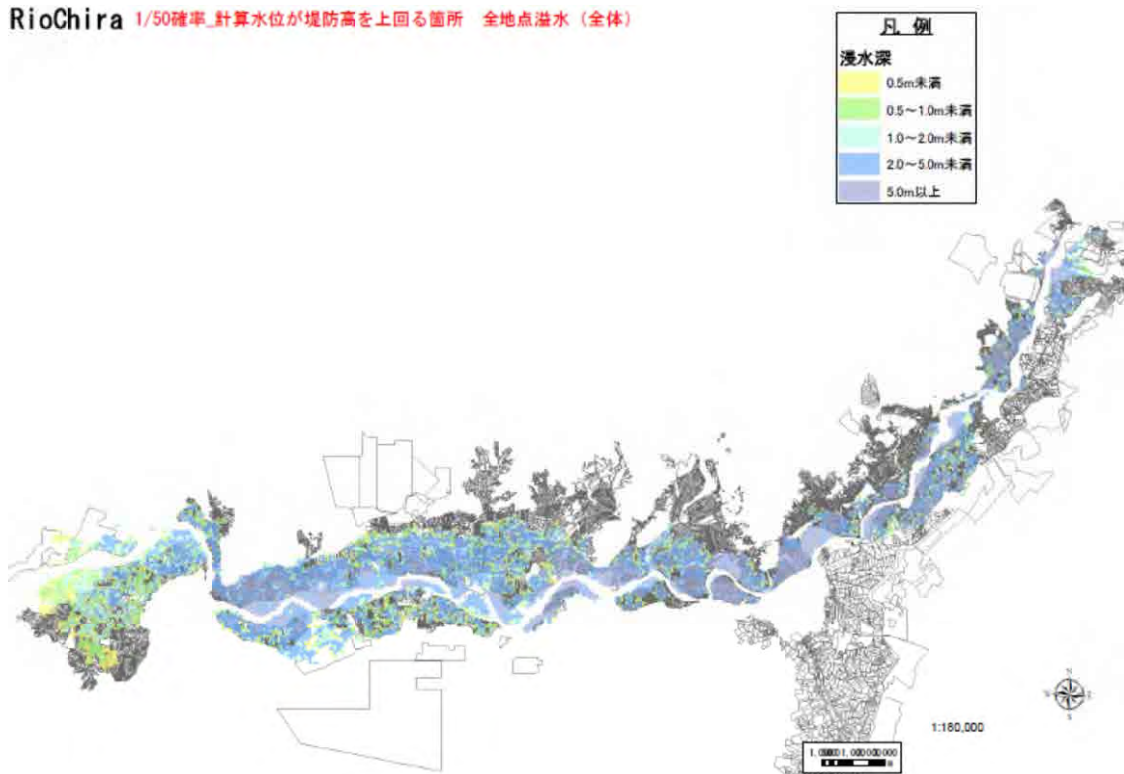


図-5-3 チラ川氾濫範囲（確率 50 年洪水）

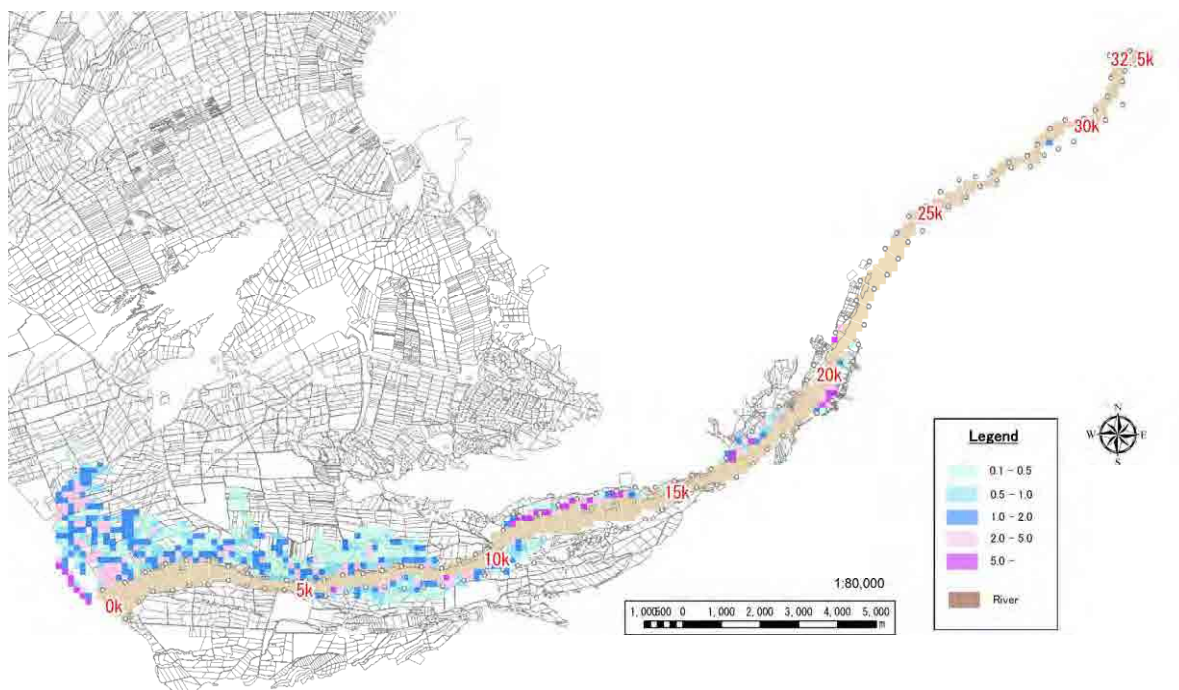


図-5-4 カニエテ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水)

6. 洪水防御対策

6.1 構造物対策

構造物対策としては流域全体の治水計画を検討すべきであり、検討の結果は「I-1 フィジビリティ調査報告書プログラムレポート」の4.15 中長期計画、4.15.1 全体治水計画に述べてあるが、結論としてそれぞれの流域における事業規模が大きく事業費が非常に巨額となり本プロジェクトの事業費予算を大幅に超過するので、この案を採用することは困難である。そこで全体治水方式における堤防案は中・長期計画として段階的に実施する事として、ここでは緊急に必要な重点洪水対策施設を検討する。

(1) 計画洪水流量

経済財務省（MEF）の公的部門多年度計画局（DGPM）（現 DGPI）制定の“農地または市街地における洪水および氾濫防止プロジェクトのガイドライン”（*Guia Metodologica para Proyectos de Proteccion y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas* の3.1.1 プロジェクトライフ（*Horizonte de Proyectos*）によれば計画対象洪水の生起確率は市街地においては25年、50年および100年を、地方部および農地においては10年、25年および50年を比較検討することが推奨されている。

本プロジェクトの調査対象地域は地方部および農地に属しておりガイドラインによれば生起確率10～50年洪水流量が計画対象流量として考えられる。

各流域の年最大流量の観測値より既往最大流量を調査し、これと50年確率洪水量の規模を比較して後者を計画洪水流量とすれば既往最大値にほぼ匹敵することを確認した。

ペルー国の場合、河川整備がほとんど進んでいないことから、既往最大洪水以上の洪水に対して部分的に整備する必要性はないと思われる。しかし、過去に発生した洪水により多大の被害を受けていることから、それと同程度の洪水に対して安全を確保する施設整備をまず進めるべきである。したがって、今回の各河川の整備目標としては、過去最大規模の洪水流量である1/50年確率規模とする。

各河川流域について確率年洪水流量と被害額および浸水面積の関係を検討するとチラ川を除いて確率洪水流量が増加するほど浸水面積および被害額が増加するが、対策後の被害額の増加傾向は前者2者の増加傾向より緩やかであり、対策前後の被害軽減額の絶対値は検討した確率50年流量までの確率流量においては確率50年流量において最大となる。

上述したように計画値として採用した確率50年流量は既往最大流量にほぼ等しく、被害軽減額の絶対値が確率50年以下の他の確率洪水流量より大きくなっており、社会評価の結果、経済効果も確認されている。

表6.1-1には参考として確率100年洪水量および既往最大流量も示している。この表から計画洪水量はガイドラインの最大値確率50年洪水量とする。

表-6.1-1 各流域の生起確率洪水量

河川名	(m ³ /sec)				
	確率10年	確率25年	確率50年	確率100年	既往最大
チラ川	2,276	2,995	3,540	4,058	3,595
カニエテ川	822	1,496	2,175	2,751	900
チンチャ川	580	807	917	1,171	1,269
ピスコ川	451	688	855	963	956
ヤウカ川	90	167	263	400	211
マヘス-カマナ川	1,007	1,566	2,084	2,703	2,400

(2) 地形測量

各構造物対策の予定地において表-6.1-2 に示す地形測量を行った。洪水対策施設の予備設計はこの地形測量の結果に基づいて行った。

表-6.1-2 地形測量の概要

河川名	地形測量 (S=1/1000~1 /2000) (ha)	横断測量 (S=1/200, 間隔 100m) (km)
チラ川	234.5	23.8
カニエテ川	94.8	10.6
チンチャ川	80.0	9.0
ピスコ川	182.5	19.4
ヤウカ川	42.0	4.8
マヘス-カマナ川	193.0	21.3
合計	826.8	88.9

(3) 重点洪水対策施設の選定

重点洪水対策施設の選定には次の項目を考慮した。

- ・ 地域住民の要望ヶ所（過去の洪水被害を踏まえた要望）
- ・ 流下能力不足箇所（洗掘ヶ所も含む）
- ・ 背後地の状況（市街地や農地の状況）
- ・ 氾濫の状況および規模（氾濫解析結果を踏まえた氾濫の拡散状況）
- ・ 社会環境条件（地域の重要施設など）

河川の測量結果、現地調査結果、流下能力評価、氾濫解析結果、地元ヒアリング結果（水利組合、地方政府の要望、過去の洪水被害状況）等を元に上記5項目について総合評価を実施し、各河川において総合評価の高い箇所を治水上の対策が必要な箇所として選定した。

(4) 重点洪水対策施設の位置および概要

各流域における重点洪水対策施設の位置は図-6.1-1～6.1-7 に示すとおりである。また施設の概要は表-6.1-3 に示すとおりである。

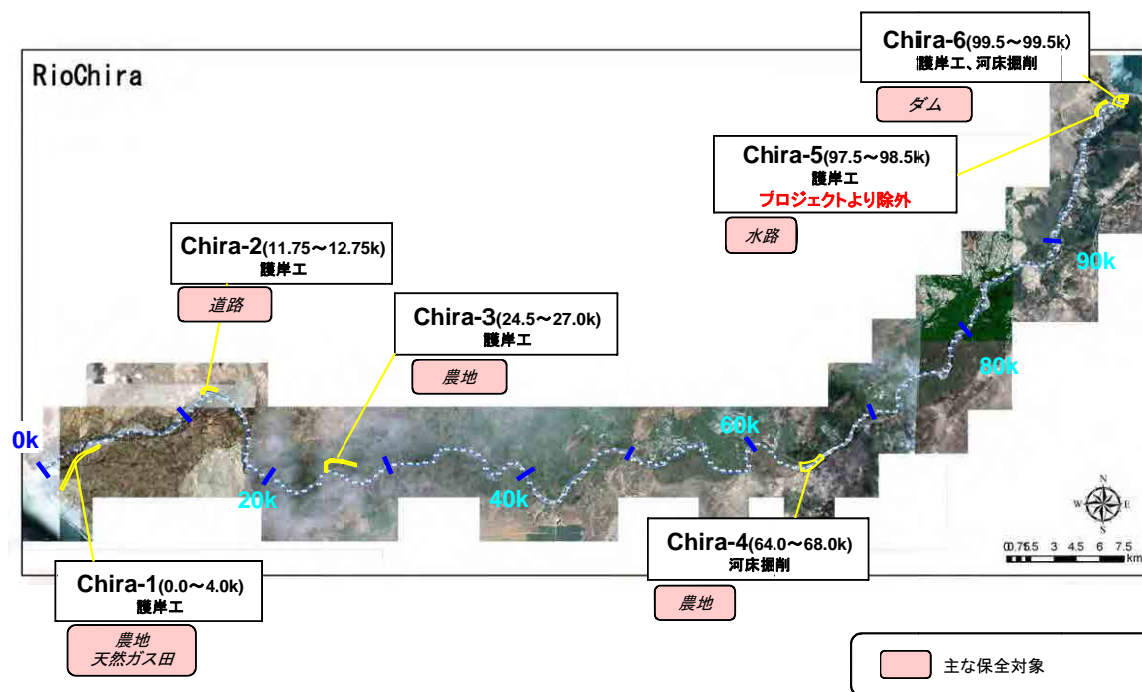


図-6.1-1 チラ川における重点洪水対策施設の位置

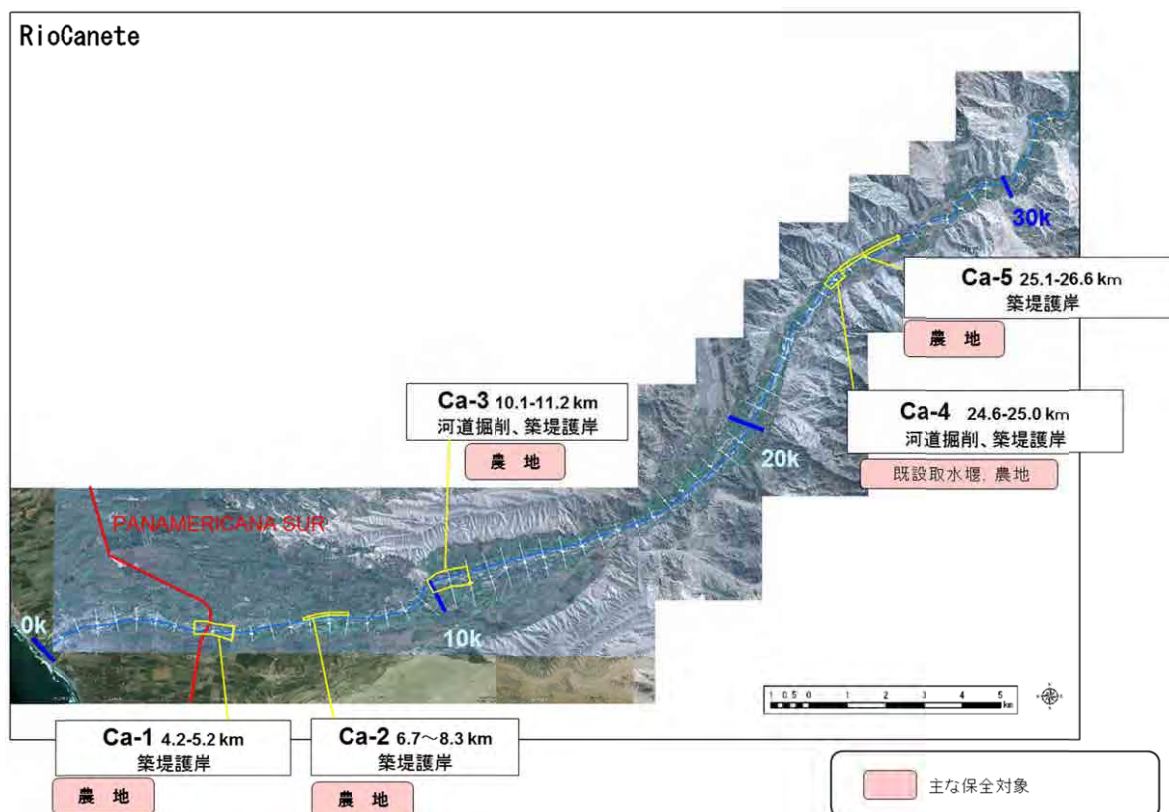


図-6.1-2 カニエテ川における重点洪水対策施設の位置

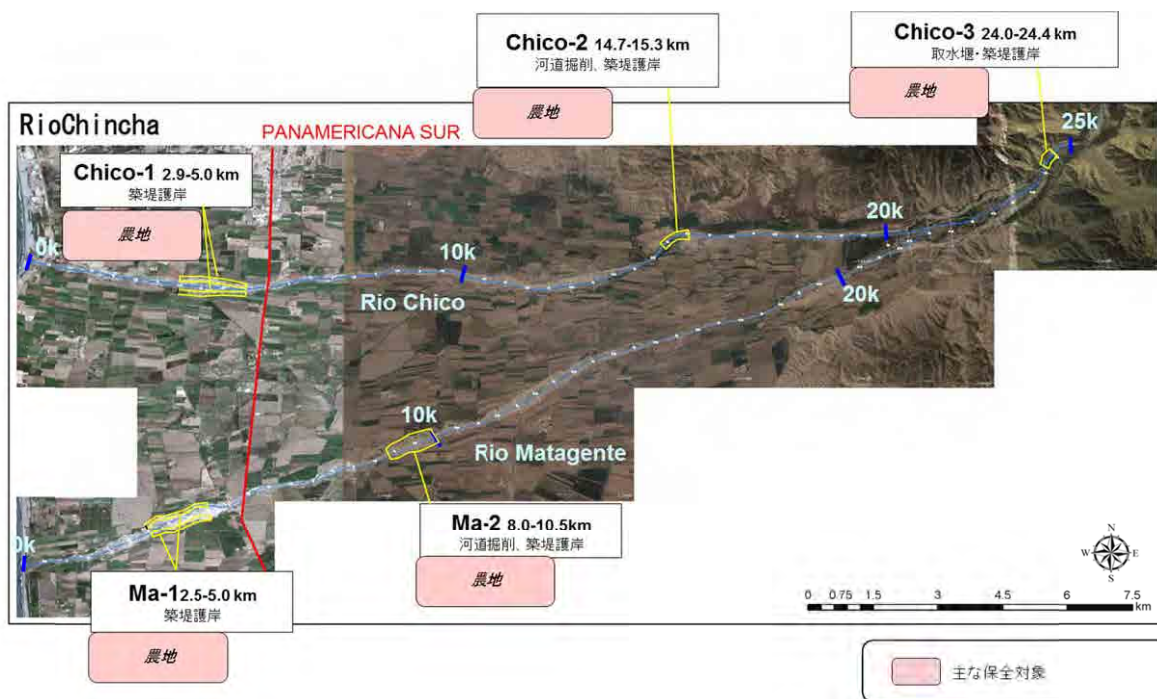


図-6.1-3 チンチャ川における重点洪水対策施設の位置

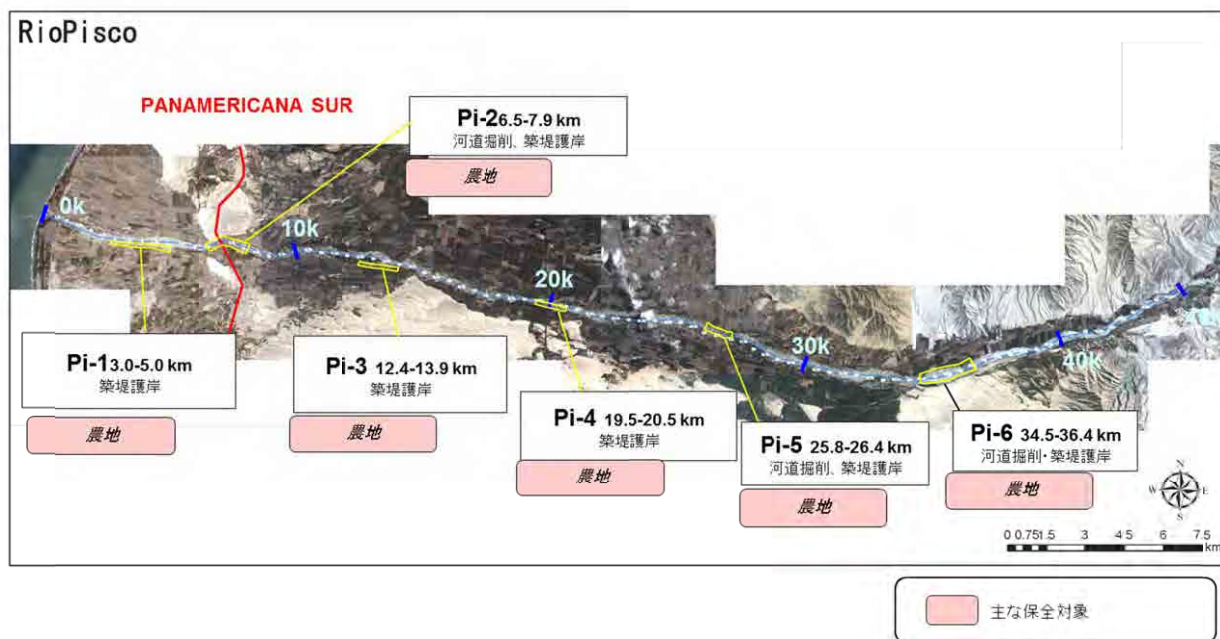


図-6.1-4 ピスコ川における重点洪水対策施設の位置

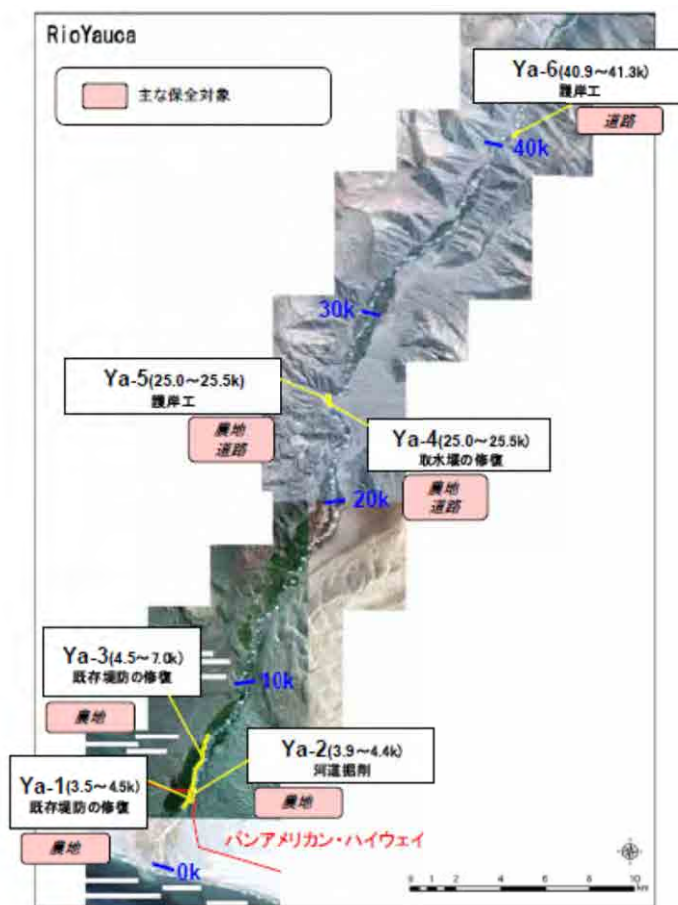


図-6.1-5 ヤウカ川における重点洪水対策施設の位置

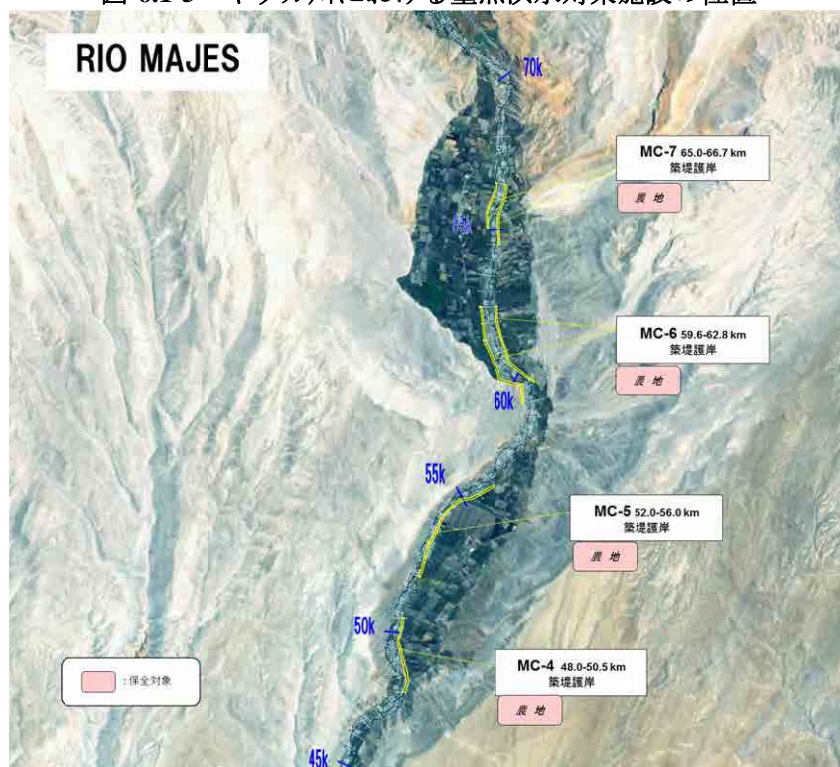


図-6.1-6 マヘス川における重点洪水対策施設の位置

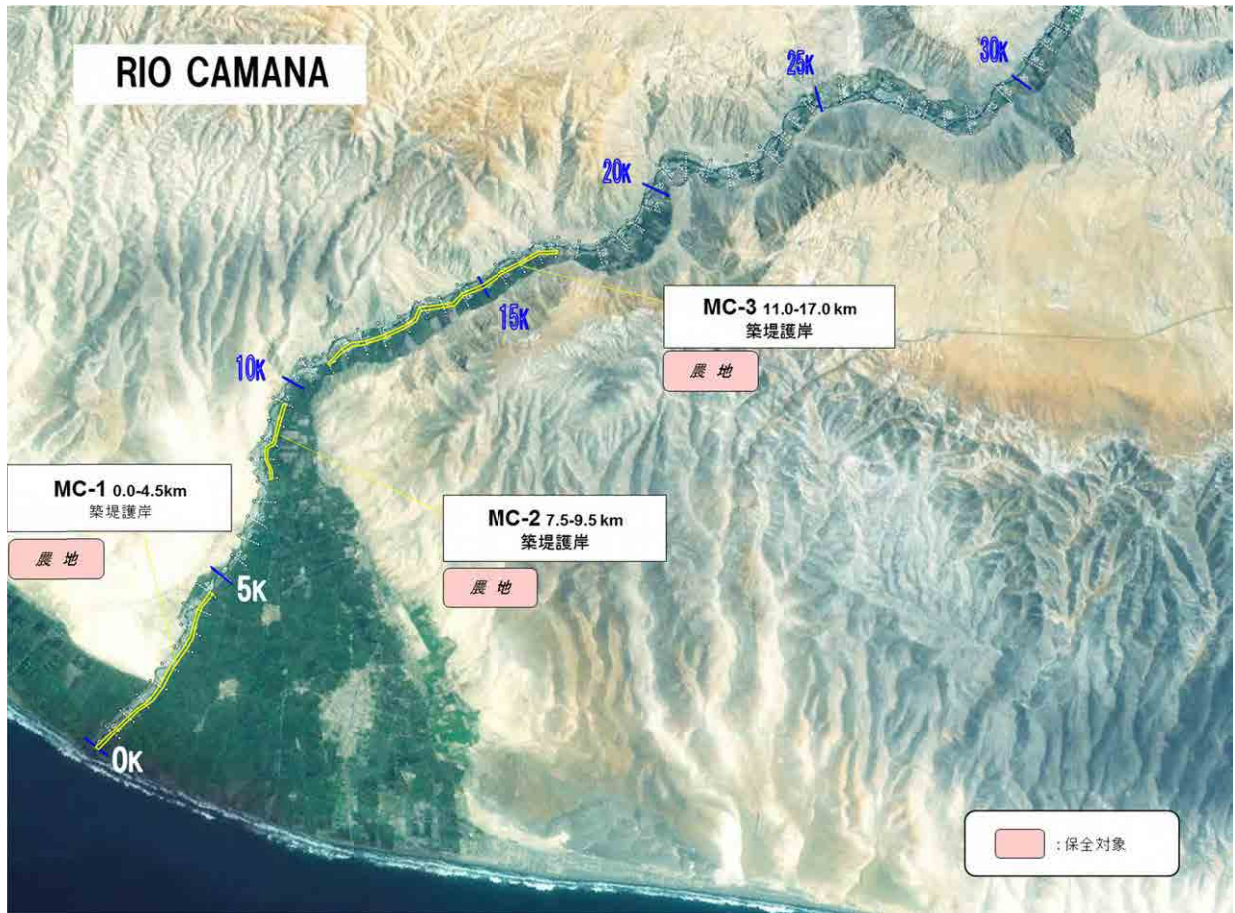


図-6.1-7 カマナ川における重点洪水対策施設の位置

表-6.1-3 重点洪水対策施設の概要

河川名	候補地点	マイル・ポイントの	主な保全対象	主要な対策工	施設規模	
Rio Canete カニエテ川	Ca-1	4.2-5.2 km	狭窄部	農地 (リンゴ、ブドウ、綿花など)	築堤護岸	延長 1,100 m 護岸保護工 5,430 m ³
	Ca-2	6.7~8.3 km	氾濫点		築堤護岸	巨石による護岸工 9,920m ³ 延長 3,200 m 築堤 113,700 m ³ 巨石による護岸工 28,200 m ³
	Ca-3	10.1-11.2 km	狭窄部	農地 (リンゴ、ブドウ、綿花など)	河道掘削、築堤護岸	河道掘削 L=700 m, V=80,270m ³ 築堤 1,630 m ³ 巨石による護岸工 16,730 m ³
	Ca-4	24.6-25.0 k	既設取水堰 (w:150m, i: 1.2, crest w:2.0m)		河道掘削、築堤護岸	河道掘削 L=370 m, V=34,400 m ³ 築堤 L=710m, V=20,150 m ³ 巨石による護岸工 7,300 m ³ 延長 1,520 m 築堤 95,125 m ³ 巨石による護岸工 14,000 m ³
	Ca-5	25.1-26.6 k	狭窄部		築堤護岸	延長 3,150 m 築堤 60,160 m ³ 巨石による護岸工 23,700 m ³
Rio Chinchá チンチャ川	Chico-1	2.9-5.0 km	氾濫点	農地 (ブドウ、綿花など)、既設取水堰	築堤護岸	延長 3,150 m 築堤 60,160 m ³ 巨石による護岸工 23,700 m ³
	Chico-2	14.7-15.3 km	既設取水堰 (w:100m, H:3.0m, crest w:2.0m)		河道掘削、築堤護岸	河道掘削 L=540 m, V=20,000 m ³ 築堤 L=850 m, V=5,500 m ³ 巨石による護岸工 23,700 m ³
	Chico-3	24.0-24.4 km	既設取水堰 (w:70m, H: 3.0m, crest w:2.0m)	取水堰・築堤護岸	取水堰の建設 床面工 1基, V=5,200 m ³ 分流量 1基, V=4,300 m ³ 築堤 L=730 m, V=20,350 m ³ 巨石による護岸工 7,400 m ³ 延長 4,630 m 築堤 49,900 m ³ 巨石による護岸工 37,000 m ³	
	Ma-1	2.5-5.0 km	氾濫点	築堤護岸	河道掘削 L=2,500 m, V=123,500 m ³ 築堤 L=4,080 m, V=37,700 m ³ 巨石による護岸工 32,200 m ³	
	Ma-2	8.0-10.5km	狭窄部	河道掘削、築堤護岸	延長 4,120 m 築堤 92,900 m ³ 巨石による護岸工 32,200 m ³ 河道掘削 L=1,200 m, V=74,900 m ³ 築堤 L=2,950 m, V=42,520 m ³ 巨石による護岸工 25,000 m ³ 延長 1,500 m 築堤 33,900 m ³ 巨石による護岸工 12,600 m ³ 延長 1,010 m 築堤 17,400 m ³ 巨石による護岸工 8,060 m ³	
Rio Pisco ピスコ川	Pi-1	3.0-5.0 km	氾濫点	農地	築堤護岸	延長 4,120 m 築堤 92,900 m ³ 巨石による護岸工 32,200 m ³
	Pi-2	6.5-7.9 km	狭窄部		河道掘削、築堤護岸	河道掘削 L=1,200 m, V=74,900 m ³ 築堤 L=2,950 m, V=42,520 m ³ 巨石による護岸工 25,000 m ³ 延長 1,500 m 築堤 33,900 m ³ 巨石による護岸工 12,600 m ³ 延長 1,010 m 築堤 17,400 m ³ 巨石による護岸工 8,060 m ³
	Pi-3	12.4-13.9 km	氾濫点		築堤護岸	延長 4,120 m 築堤 92,900 m ³ 巨石による護岸工 32,200 m ³
	Pi-4	19.5-20.5 km	氾濫点	農地	築堤護岸	延長 4,120 m 築堤 92,900 m ³ 巨石による護岸工 32,200 m ³
	Pi-5	25.8-26.4 km	狭窄部		河道掘削、築堤護岸	河道掘削 L=600 m, V=67,600 m ³ 築堤 L=1,250 m, V=29,900 m ³ 巨石による護岸工 10,600 m ³ 河道掘削 L=1,900 m, V=496,000 m ³ 延長 2,050 m 築堤(外側) V=103,600 m ³ 巨石による護岸工 19,900 m ³ 延長 L=3,750 m, V=114,000 m ³ 築堤(内側) V=114,000 m ³ 巨石による護岸工 63,100 m ³ 延長 4,500 m 築堤 155,700 m ³ 巨石による護岸工 44,300 m ³
	Pi-6	34.5-36.4 km	既設取水堰 (遊砂池 1,800 x 700m)		河道掘削・築堤護岸	延長 2,000 m 築堤 43,100 m ³ 巨石による護岸工 18,300 m ³ 延長 6,000 m 築堤 169,000 m ³ 巨石による護岸工 59,000 m ³ 延長 2,500 m 築堤 75,200 m ³ 巨石による護岸工 17,700 m ³ 延長 4,300 m 築堤 179,000 m ³ 巨石による護岸工 39,400 m ³ 延長 6,200 m 築堤 235,000 m ³ 巨石による護岸工 51,400 m ³ 延長 2,900 m 築堤 32,300 m ³ 巨石による護岸工 27,500 m ³
Rio Camana カマナ川	MC-1	0.0-4.5km	氾濫点	農地	築堤護岸	延長 4,500 m 築堤 155,700 m ³ 巨石による護岸工 44,300 m ³
	MC-2	7.5-9.5 km	氾濫点	農地	築堤護岸	延長 2,000 m 築堤 43,100 m ³ 巨石による護岸工 18,300 m ³ 延長 6,000 m 築堤 169,000 m ³ 巨石による護岸工 59,000 m ³ 延長 2,500 m 築堤 75,200 m ³ 巨石による護岸工 17,700 m ³ 延長 4,300 m 築堤 179,000 m ³ 巨石による護岸工 39,400 m ³ 延長 6,200 m 築堤 235,000 m ³ 巨石による護岸工 51,400 m ³ 延長 2,900 m 築堤 32,300 m ³ 巨石による護岸工 27,500 m ³
	MC-3	11.0-17.0 km	氾濫点	農地	築堤護岸	延長 2,500 m 築堤 75,200 m ³ 巨石による護岸工 17,700 m ³ 延長 4,300 m 築堤 179,000 m ³ 巨石による護岸工 39,400 m ³ 延長 6,200 m 築堤 235,000 m ³ 巨石による護岸工 51,400 m ³ 延長 2,900 m 築堤 32,300 m ³ 巨石による護岸工 27,500 m ³
Rio Majes マヘス川	MC-4	48.0-50.5 km	氾濫点	農地	築堤護岸	延長 2,500 m 築堤 75,200 m ³ 巨石による護岸工 17,700 m ³ 延長 4,300 m 築堤 179,000 m ³ 巨石による護岸工 39,400 m ³ 延長 6,200 m 築堤 235,000 m ³ 巨石による護岸工 51,400 m ³ 延長 2,900 m 築堤 32,300 m ³ 巨石による護岸工 27,500 m ³
	MC-5	52.0-56.0 km	氾濫点	農地	築堤護岸	延長 2,500 m 築堤 75,200 m ³ 巨石による護岸工 17,700 m ³ 延長 4,300 m 築堤 179,000 m ³ 巨石による護岸工 39,400 m ³ 延長 6,200 m 築堤 235,000 m ³ 巨石による護岸工 51,400 m ³ 延長 2,900 m 築堤 32,300 m ³ 巨石による護岸工 27,500 m ³
	MC-6	59.6-62.8 km	氾濫点・河岸浸食	農地	築堤護岸	延長 2,500 m 築堤 75,200 m ³ 巨石による護岸工 17,700 m ³ 延長 4,300 m 築堤 179,000 m ³ 巨石による護岸工 39,400 m ³ 延長 6,200 m 築堤 235,000 m ³ 巨石による護岸工 51,400 m ³ 延長 2,900 m 築堤 32,300 m ³ 巨石による護岸工 27,500 m ³
	MC-7	65.0-66.7 km	氾濫点	農地	築堤護岸	延長 2,500 m 築堤 75,200 m ³ 巨石による護岸工 17,700 m ³ 延長 4,300 m 築堤 179,000 m ³ 巨石による護岸工 39,400 m ³ 延長 6,200 m 築堤 235,000 m ³ 巨石による護岸工 51,400 m ³ 延長 2,900 m 築堤 32,300 m ³ 巨石による護岸工 27,500 m ³

(5) 堤防の標準断面

堤防の天端幅は、計画高水に対する堤防の安定、既存堤防の幅・管理通路あるいは地域交通道路としての道路幅を考慮して 4m とした。

堤防の構造は、過去の被災履歴、地盤条件、背後地の状況、堤防の管理者からヒアリングした結果等を勘案して過去の経験等に基づいて次のように計画した。

これらの状況から堤防の構造は、つぎのとおりとした。

- ① 堤防は、現地の河床あるいは河岸で入手可能な土質材料を用いて築造するものとする。この場合の土質材料としては、砂礫～礫混じり砂質土となり、透水性は高くならざるを得ない。比較的透水性の高い材料で堤防を造った場合に堤防の安定上問題となるのは、
 - i) パイピングによる細粒土砂の流失による浸透破壊
 - ii) 浸透に伴う浸透圧によるすべり破壊である。堤防の安全性を担保するためには、詳細設計においては築堤材料の単位体積重量、強度、透水性を調査して、浸透流解析及びすべり破壊の検討を行って適正な断面形状を決定する必要がある。
- ② 堤防の法面勾配は、粘着力のない砂質土であれば、内部摩擦角 ϕ 30° ～ 35° 程度と想定される。また、粘着力の無い材料で構成される盛土の法面の安定勾配は $\tan \theta = \tan \phi / n$ で求められる。(θ : 法面勾配、 ϕ 内部摩擦角、 n : 安全率 1.5)
必要な安定勾配は、内部摩擦角 30° に対して $V : H = 1 : 2.6$ ($\tan \theta = 0.385$) となる。この計算上必要なり面勾配に対して、流出解析の結果、計画高水の継続時間が 24 時間以上と長いこと、2 割勾配の既存堤では破壊例が多い事、計画対象以上の大規模洪水時の越流に対してもある程度耐えられる事などを考慮して現地の在来堤防よりは勾配の緩い 1:3.0 の勾配とした。
本調査では、地質調査及び材料試験及び設計値に基づく堤防の浸透流解析及び安定計算は行なっていない。そのため、現地踏査で確認した材料から推定値として強度定数を仮定し、簡便的な安定検討に余裕を考慮してのり面勾配を設定した。材料の仮定値の根拠としては、「道路土工 盛土工指針 (平成 22 年度版)」(社団法人日本道路協会) P101、解表 4-2-4 設計時に用いる土質定数の仮定値を参考とした。同資料による剪断抵抗角の仮定値は、盛土で砂の場合で締め固めたもので粒径幅の広いもので 35° 、盛土で砂の場合で締め固めたもので分級されたもの(粒径幅が狭いもの)で 30° となっている。これらのことから、内部摩擦角の推定値を 30° ～ 35° と仮定した。さらに現地踏査での現堤の材料については、礫質土のような粒径幅の広い材料も見受けられたが、多くは砂質土で粒径幅が狭いように見受けられた。そのため、 $\phi 30^{\circ}$ を基本として簡便的な安定計算によりのり面勾配を設定した。詳細な安定計算では、浸透圧を外力して考慮する必要があり簡便的な安定計算結果に余裕を考慮した。また、我国の堤防は、1 : 20 を最小の勾配としているが高さ 2～3m 毎に小段を設置し、平均勾配としては 1 : 30 以上となっているものが多いことも考慮している。
- ③ 河床勾配が比較的急なため流速が早いので堤防の川表のり面には、護岸を配する。護岸の形式として接続ブロックのようなコンクリート性のものは流通していないので現地で容易に入手できる粗石または巨石を用いた護岸形式を採用する。石材の大きさは、各河川の流速により最終的に設計するが、概ね径 30cm～1m とし、護岸の最小の厚みを 1m と計画した。
- ④ 護岸の根入れ深さについては、①現位置の最深河床と現況河床高さの差、②経験的な深さ(我国では 0.5～1.5m 程度)とするが、①については、経年的な河床変動の

データが得られていないので不明確である。従って経験的な深さとして 1.5m 程度を考えるが、「ペ」国におけるイカ川の改修断面を参考として 1.75m の深さを採用している。

⑤ 堤防の嵩上げ方法

堤防の嵩上げ区間は、カニェテ川（嵩上げ区間 1.0km/全築堤延長 7.7km）、チンチャ川（嵩上げ区間 0.6km、全築堤延長 13.2km）、ピスコ川（嵩上げ区間 0.8km、全築堤延長 15.2km）、マヘスーカマナ川（15.0km、全築堤延長 24.8km）となっており、合計は嵩上げ区間 17.4km、全築堤延長 60.9km である。

嵩上げ区間の築堤法線は、河川や地点により細部は異なるが基本的には以下の理由により全体拡幅形式とし、既存堤防の法線を変えないように嵩上げを計画している。

- i) 川表側で嵩上げ堤防を嵩上げる前腹付け形式は、河道幅を狭くし、結果として堤防高さが高くなる。
- ii) 川裏側で堤防を嵩上げる後腹付け形式は、堤内地の用地取得範囲が広く必要となる。溪谷地形の堤内地は貴重な農地となっていることが多く出来るだけ用地の補償を少なくしたい。
- iii) 既存の堤体は締め固め状況等施工経緯や材料特性が不明であるが、現存する部分ではこれまでの洪水に対して機能を果たしてきているためこれを活用し、既設の堤防をより高強度の新堤で包み込むようにする全体拡幅形式は嵩上げ堤防の安全が確保しやすくなる。用地補償費等の費用で経済的である。
一方、河道幅が著しく狭くかつ河道が堤防に近接している箇所等では、後腹付けを計画している。このような箇所では、川表の既設堤防法面は、護岸で補強する計画である。

(6) 堤防の余裕高

堤防は土質材料により建設されるため、一般的には越水に対して極めて弱い構造である。従って、堤防は、計画高水流量以下の流水を越流させないように設けるべきであり、洪水時の風浪、うねり、跳水等による一時的な水位上昇に対して、堤防にしかるべき余裕をとる必要がある。また、堤防にはその他洪水時の巡視や水防活動を実施する場合の安全の確保、流木等流下物への対応等種々の要素をカバーするためにもしかるべき余裕の高さが必要である。

日本における堤防の余裕高の考え方は、表-6.1-4 のとおりである。「ペ」国には余裕高についての基準が無いが、河川の様子が日本のそれと類似しているため、長年の経験に基づいて定められた日本の基準を適用する。

表-6.1-4 計画高水流量と余裕高

計画高水流量	計画高水位に加える高さ
200 m ³ /s 未満	0.6m
200 m ³ /s 以上 500 m ³ /s 未満	0.8m
500 m ³ /s 以上 2,000 m ³ /s 未満	1.0 m
2,000 m ³ /s 以上 5,000 m ³ /s 未満	1.2 m
5,000 m ³ /s 以上 10,000 m ³ /s 未満	1.5 m
10,000 m ³ /s 以上	2.0 m

堤防の標準断面は図-6.1-8 に示すとおりとする。

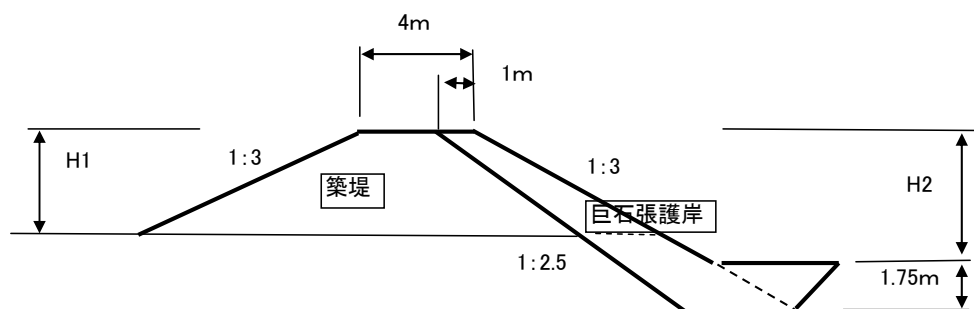


図-6.1-8 堤防の標準断面

(7) 施工上の留意点

施工面で重要なことは、十分な締固めを行うことである。現在の「ペ」国の積算基準では、トラクターにより締固めることになっているが、確実な締固めを行うためには振動ローラー等の締固め機械を使用することが望まれる。また、締固め状況管理するための密度試験や粒度試験も重要な事項である。これらの事項は入札図書の工事仕様書に規定する。

6.2 非構造物対策

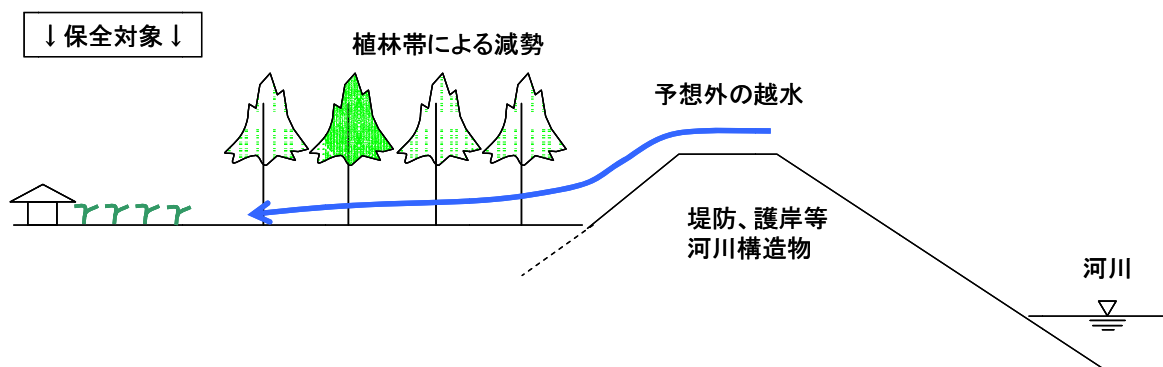
6.2.1 植林/植生回復

本事業の目的に合致した植林/植栽計画としては、i)河川構造物沿いの植林と ii)上流域における植林に分類できる。前者は洪水防止に直接的効果があり、短期的に効果が発現する。後者については検討の結果は「I-1 フィジビリティ調査報告書プログラムレポート」の4.15 中長期計画、4.15.2 植林/植生計画に述べてあるが、多大の事業費と実施期間を必要とし、本プロジェクトで実施する事が困難なのでここでは i) について検討する。

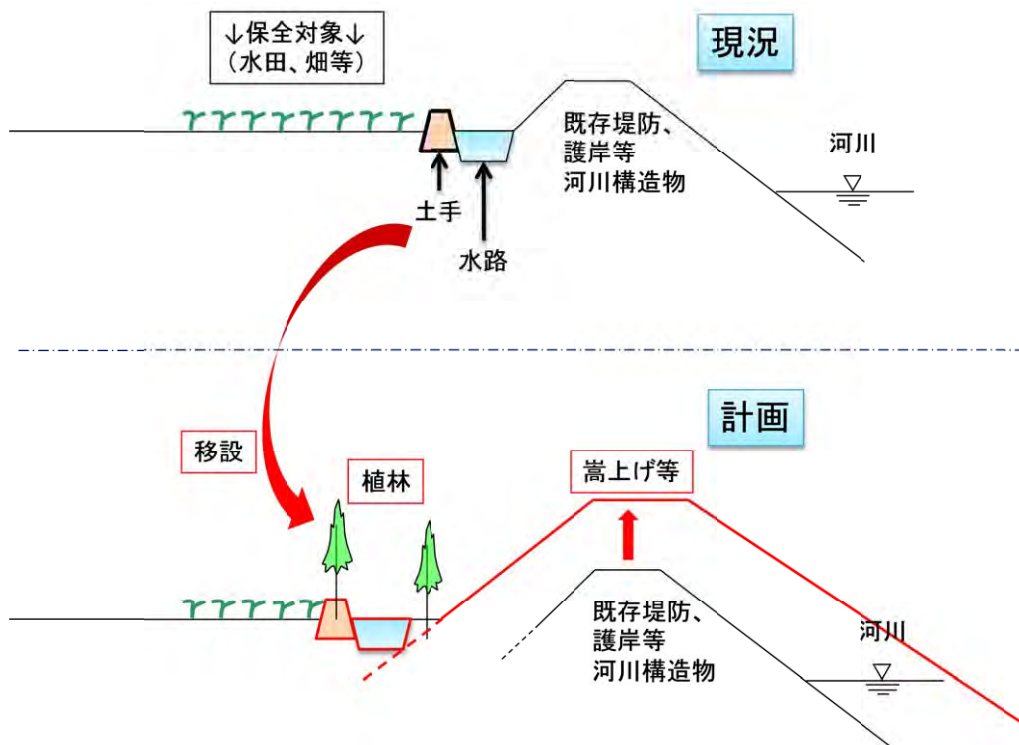
(1) 基本方針

河川構造物沿いの植林計画の基本方針を次のように定める。植林計画の概念図を図-3.1-1、図-3.1-2 に示す。植林計画は2タイプとし、カマナ・マヘス流域でタイプ A が採用できない場合、タイプ B を採用する。これ以外の流域では原則としてタイプ A を採用する。

- i) 目的：予想外の流下量や障害物によって計画水位を越え、河川構造物を越水した場合、保全対象までの間の植林帯によって影響を軽減する。
- ii) 植林方法：河川構造物の堤内地寄りに一定幅の植林帯を造成する。
- iii) 工事方法：堤防等の河川構造物工事の一部として植栽を実施する。
- iv) 植栽後のメンテナンス：関係する水利組合が自主的に実施する。



(出典：JICA 調査団)
 図-6.2.1-1 河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプ A)



(出典：JICA 調査団)
 図-6.2.1-2 河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプ B)

カマナ流域では、既存堤防に沿って水路が建設され、水路際まで水田等がある場合がほとんどである。水利組合へのヒアリングでは、土地所有者がタイプ A のような幅 11m の植林帯によって農地が減少することに強固に反対するであろうとの意見であったため、植林は断念せざるを得ない場合が想定される。このため、用地取得が出来ない場合は、タイプ B のような植林計画とし、水路の保全のための植林にとどめる。

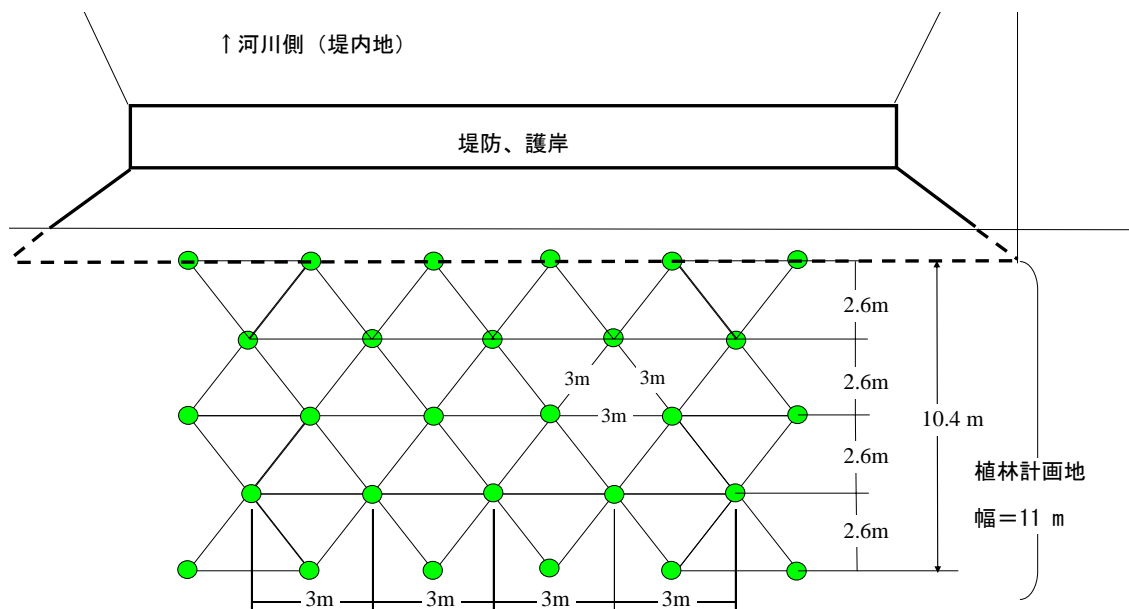
(2) 計画数量

1) 植栽配置

・タイプ A：「ペ」国における一般的な植栽配置は正三角形の植栽配置である。本計画でもこれを使用し、植栽木の間隔を 3m とする (図-3.1-3 参照)。

立木による流水・土砂・石礫などを減勢・停止効果を期待するには、最大石の直径の約 1.5 倍の間隔で植栽する必要がある。図に示すように 1 列の間隔は 2.6m となるが、千鳥配置であれば間隔は半分の 1.3m となり、直径 1m の石がきてもどこかの立木に衝突する

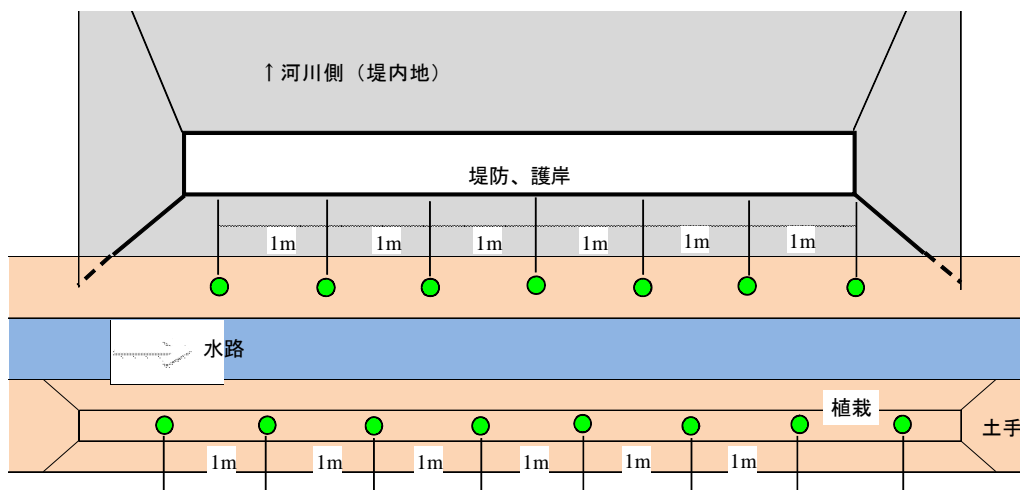
と想定できる。1列では立木が倒される可能性はあるがこれを4列にして段階的に減勢する効果を狙った。これにより、植栽幅は10.4mと計算され、余幅をとって11mの植栽幅とした。主たる目的は堤防等を乗り越えてくる洪水の減勢である。



(出典：JICA 調査団)

図-6.2.1-3 河川構造物沿いの植林計画標準配置図 (タイプ A)

・タイプ B：現地の状況では、水路と平行に概ね 1m 間隔で植栽されており、今回の計画でもそれを適用する。植林計画標準配置を図-6.2.1-4 に示す。



(出典：JICA 調査団)

図-6.2.1-4 河川構造物沿いの植林計画標準配置図 (タイプ B)

2) 植林の規模と数量

各流域における植林の規模および数量は表-6.2.1-1 に示すとおりである。

表-6.2.1-1 植林の規模および数量

流域名	植林延長(m)	植林幅(m)	植林面積(ha)	植栽本数(本)
チラ川	7,500	11	5.8	17,168
カニエテ川	3,350	11	3.7	10,952
チンチャ川	4,600	11	10.1	29,896
ピスコ川	5,950	11	6.6	19,536
ヤウカ川	4,400	11	4.9	14,504
マヘス-カマナ川	29,000	1-11	18.3	79,168
合計	54,800		49.4	171,224

6.2.2 土砂制御計画

上流域全体を対象とした土砂制御計画は「I-1 フィジビリティ調査報告書プログラムレポート」の4.15 中長期計画、4.15.3 土砂制御計画に述べているが、事業費が膨大となり、実施期間も長期にわたるので、本プロジェクトで実施するのは困難である。中・長期計画として段階的に実施すべきと思われる。

流域全体を対象とした砂防施設は、非常に高額となることが明らかとなったため、扇状地での土砂抑制計画について検討した。検討に際しては、別途実施された河床変動解析結果を考慮した。

- ▶ 河床変動解析結果を表-6.2.2-1 に示す。表中の平均河床高は将来 50 年における各対象区間の平均的な河床変動高を表している。各流域はいずれも平均河床高が上昇しており、基本的に土砂上昇傾向の河川と推測される。総流入土砂量、総河床変動量としてはマヘス-カマナ川、チンチャ川、ピスコ川の 3 河川がカニエテ川に較べて大きい。
- ▶ 上流から流入した土砂が堆積しやすい河川はマヘス-カマナ川チンチャ川、ピスコ川となった。このような傾向は現地ヒアリングや実際の河床状況に比較的合致している。
- ▶ 河床変動解析結果によれば、チンチャ川、ピスコ川、マヘス-カマナ川において土砂堆積の影響が大きい結果となった。これらの河川に対しては、河床変動量の大きい扇状地での土砂制御計画を実施することが望ましい。ただし、土砂災害は突発的な時期に局所的に発生するため、河道の変化をモニタリングしながら必要に応じた河道維持対策を全河川において検討する必要がある。カニエテ川上流には昨年度プランタナルダムが建設されており、このダムは発電用のダムであり、貯水容量が小さいことから直ぐに満砂する可能性が高いが、流出土砂への調節機能は維持されるため、流出土砂の影響はさらに低くなるものと推定される。
- ▶ マヘス-カマナ川が土砂量の規模が比較的大きい理由としては、流域面積が他の河川と比べてかなり大きく洪水規模も大きいため、大量の土砂を下流へ流送可能であることが挙げられる。なお、河床変動量（土砂量）としては大きいものの、平均河床高で見ると 50 年間で 0.2m 程度であり、数値としては小さいが、土砂流入は突発的、局所的に発生する可能性があるため、上流域の不安定土砂の状態も含めて、河道の変化をモニタリングし、必要に応じて河道維持対策を検討すべきだが、現時点で緊急を要する土砂制御対策は必要ない

表-6.2.2-1 河床変動解析の結果

河川名	総流入土砂量 (千m ³)	年流入土砂量 (千m ³)	総河床変動量 (千m ³)	平均河床変動高 (m)	備考
カニエテ川	3,000	60	673	0.2	
チンチャ川	5,759	115	2,610	0.5	チコ川、マタヘンテ川の合計
ピスコ川	8,658	173	2,571	0.2	
ヤウカ川	1,192	24	685	0.1	
チラ川	5,000	100	-1,648	-0.01	本川流入土砂はダムがあるためゼロと仮定
マヘス・カマナ川	20,956	419	5,316	0.2	

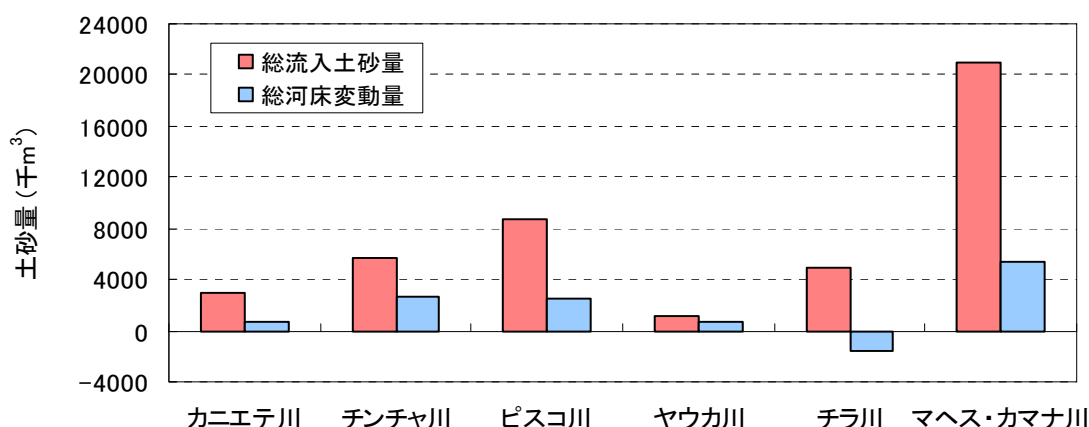


図-6.2.2-1 河床変動解析結果 (土砂量)

扇状地での土砂制御工としては、遊砂池工、床固工、帯工、水制工、また、これらを組み合わせた溪流保全工がある。これらは、砂防構造物のみなく、河川構造物としての機能も有する。

現在検討されている洪水対策の重点施設のうち、ピスコ川流域では、34.5kにて遊水池が計画 (Pi-6) されており、この遊水池は沈砂池の機能を有する。また、チンチャ川では、チコ川とマタヘンテ川の分岐点に分流堰が計画されている(Chico-3)。この分流堰には流路工および導流堤が含まれており、これらは土砂をコントロールする機能を有する。

これらの構造物は、流域全体を対象とした砂防施設に比べて経済的で投資効果が高い。除石等の維持管理を含めても、遙かに投資効果が高いものと判断できる。

本事業における、主目的は洪水災害の軽減である。この目的に鑑みれば、砂防対策は扇頂部での土砂コントロールが最も効果的であると判断できる。

土砂堆積の影響が最も大きいチンチャ川、ピスコ川では、砂防機能を有する河川構造物が計画されており、これらを実施することが、本プロジェクトにおいて最も効果的であると判断される。

6.3 技術支援 (防災教育/能力開発)

技術支援では、上述した構造物的および非構造物的対策に係る技術的提案に基づき、本事業におけるこれらの対策を補完する技術的な支援を提案する。

(1) 目的

技術支援の目的は、「対象溪谷地域における洪水被害の軽減のための危機管理対策として、現地住民による適切な能力と技術の向上を図る」ことである。

(2) 対象地域

本事業対象流域であるカニエテ、チンチャ、ピスコ、マヘス - カマナの4流域を対象とする。

事業実施においては、各流域における研修において連携を図るものの、各流域の特性を踏まえた研修の実現を図るため、流域ごとに個別実施することとする。

(3) 支援対象者

研修対象者は、受講許容人数に限りがあるため、各流域の水利組合の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者、現地住民などを想定する。

この研修受講者は、各所属組織の会合等を通じて、本プログラムでの研修内容を現地住民に普及・広報する役割を担える能力を備えたものとする。

また、これまでに開催されてきたこのような研修機会では、農村女性の参画が極めて限られてきたことから、農村女性の参画にも十分に配慮する必要がある。

(4) 活動内容

上記目的を実現するため、旧 PERPEC での既往研修経験・教訓をふまえ、本コンポーネントでは下記3つの研修「河岸保護活動および農業・自然環境の知識に係る研修」、「洪水被害に対するコミュニティ防災計画策定に係る研修」、「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」を実施することを提案する。

1) 活動1「河岸保護活動および農業・自然環境の知識に係る研修」

コース	a) 構造物維持管理に係る実習・講習 b) 河岸植物の取り扱いに係る実習・講習 c) 侵食の予防と軽減および天然資源の管理に係る実習・講習
目的	a) 既往および本プロジェクトによって工事・建設される構造物に対する適切な維持管理技術を現地住民が習得すること。 b) 洪水制御に係る河岸植物の役割についての適切な知識を現地住民が習得すること。 c) 土壌侵食および天然資源の適切な知識をふまえ、適切な管理体制および予防策・軽減策を現地住民が習得すること。
対象者	a) 地方自治体の担当官、水利組合の技術者 b-c) 地方自治体の担当官、水利組合の技術者、集落代表者
期間	a) 各流域において全12回（1回当たり6時間） b) 各流域において全12回（1日5時間） c) 各流域において全26回（1日3時間）
講師	a) 既往構造物の工事建設請負業者、本プロジェクトの工事建設請負業者、MINAG および州政府農業局の技術者 b-c) MINAG および州政府農業局の技術者、有識者（大学教員、研究機関研究員、NGO、等）
内容	a-1) 既存の河岸防災構造物に係る適切な維持管理技術 a-2) 建設工事に係る維持管理技術（排水堆積処理、取水堰や用水路、等） b-1) 河岸植物と防災に係るメカニズム

	b-2) 河岸植物管理による洪水被害軽減策 b-3) 河岸植物管理による環境影響への予防と軽減策 c-1) 既往農業システムにおける土壌侵食に対する評価 c-2) 既往農業システムにおける天然資源に対する評価 c-3) 適切な技術による土壌侵食の予防および軽減策 c-4) 災害予防向け天然資源の活用策 c-5) 環境に配慮した天然資源の活用策 c-6) 水資源の有効利用方法 c-7) 農業システムの調整（協同耕作、輪作、連作等）
--	--

2) 活動2「洪水被害に対するコミュニティ防災計画策定に係る研修」

コース	a) 危機管理計画策定に係る実習・講習（第1期） b) 危機管理計画策定に係る詳細な実習・講習（第2期） c) 簡易洪水予警報システムの講習
目的	a) 現地住民の参画を基本としたコミュニティ防災および危機管理プランの策定にむけた知識及び技術を習得すること。 b) 上記 a)の補完 c) 簡易洪水予警報の実施および住民周知・避難
対象者	a-c) 地方自治体の担当官、水利組合の技術者、集落代表者、現地住民
期間	a) 各流域において全19回（1日4時間） b) 各流域において全34回（1日5時間） c) 各流域において全24回（1日5時間）
講師	a-c) MINAG および州政府農業局の技術者、コミュニティ開発専門家、ファシリテーター（住民参加）
内容	a-1) 危機管理計画策定マニュアル a-2) 危機管理に係る現況分析・課題分析 a-3) 住民参加型コミュニティ開発の手法 a-4) 危機管理計画（案）策定のデモンストレーション b-1) 生態系に留意したコミュニティ活動計画（河岸および周辺の自然環境を考慮した計画策定） b-2) 危機管理計画 b-3) コミュニティ防災活動計画策定（計画策定への手引き） c-1) 予警報システム情報網 c-2) 地方自治体・水利組合等との共同研修

3) 活動3「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」

コース	a) 溪谷（中上流部の山腹崩壊箇所）保全技術 b) 植林用苗木栽培技術 d) 植林用苗木植え付け技術 e) 森林資源管理・保全
目的	a) 河川堆積対策を促進するため、各流域の状況に沿った中上流部の山腹崩壊箇所の適切な保全技術を現地住民が習得すること。 b) 植林用苗木を栽培する技術を被災想定流域の現地住民が習得すること。 d) 植林用苗木の植付技術を被災想定流域の現地住民が習得すること。 e) 森林資源の管理・保全技術を被災想定流域の現地住民が習得すること。
対象者	a-d) 地方自治体の担当官、水利組合の技術者、集落代表者、現地住民
期間	a) 各流域において全12回（1日5時間） b-d) 各流域において、本研修を含め河川堆積対策向け溪谷（中上流部の山腹崩壊箇所）管理に係る3つの研修にて合計40回（1日5時間）

講 師	a-d) MINAG および州政府農業局の技術者、有識者（大学教員、研究機関研究員、NGO 等）
内 容	a-1) 溪谷地域における土壌の特性と保全 a-2) 中上流部の山腹崩壊箇所の農林システム a-3) 中上流部の山腹崩壊箇所の牧草システム a-4) 伝統的な植物群の再生方法 a-5) 中上流部の山腹崩壊箇所の保全対策および軽減策 a-6) 住民参加型による維持管理 b-1) 地域適性の高い樹木の選定 b-2) 苗床技術 b-3) 苗木栽培技術 b-4) コミュニティ管理による苗床設置計画 c-1) 植林予定地の検討 c-2) 苗木植え付け技術 c-3) 土壌管理技術 c-4) 剪定技術 c-5) コミュニティ植林管理計画 d-1) 植林による洪水対策 d-2) 植林苗木の保全と運用計画 d-3) 林産物の運用計画 d-4) コミュニティ植林管理計画

(5) 直接費用および期間

上記活動にかかる直接費用は、下表のとおりである。対象4流域の事業費総額は、ソレスを見込む。また、事業期間は構造物的および非構造物的対策の進捗を鑑みながら決定すべきであるが、概ね2年での実施を想定する。

表-6.3-1 技術支援の内容と直接費用

(6) 実施計画

本コンポーネントの実施に当たっては、本事業の実施機関である農業省総合管理局（OGA-MINAG）が、農業省水インフラ局（DGIH-MINAG）、州政府農業局（DRA）、ペルー国家防災庁（INDECI）、水利組合など各流域の関連諸機関と連携して中心的な役割を担う。円滑な事業活動を実現するため、下記のような業務担当に留意する必要がある。

- ・ 各流域を管轄する農業省中央管理局は、本コンポーネントの実施に当たり、水インフラ局および各流域に該当する州政府農業局（DRA）の協力を得て本コンポーネントの実施に当たる。
- ・ 事業運営管理においては、農業省中央管理局は、類似経験を豊富に有する農業省管轄のPSI（農業省灌漑サブセクタープログラム）と調整しながら進める。
- ・ ペルー国家防災庁や地方自治体の下、市民防衛委員会を通じて、同様の危機管理計画を作成し始めている地方自治体もあることから、農業省中央管理局および水インフラ局は各流域における既往計画と齟齬のないような調整を図る必要がある。
- ・ 各研修の運営管理に当たっては、各流域における地方自治体の協力を得ながら、水利組合（特に、能力向上・コミュニケーション課）が、現場レベルでの円滑な活動を支援する。

各研修の講師およびファシリテーター等は、各流域が位置する州政府災害対策局、ANA、AGRORURAL（農業省農村農業生産開発プログラム）、ペルー国家防災庁等の関連諸機関の各専門家およびコンサルタント（インターナショナルおよび国内）を通じて実施される。

7. 採択流域の選定

本調査の対象となっている6流域についてプレF/Sレベルのペルフィル調査を実施した。調査の結果各流域における洪水対策事業の社会経済効果（社会価格）および事業費は表-7-1に示すとおりとなった。表には算定された社会経済効果について効果の高い順に優先順位を示している。表中チラ川およびヤウカ川については経済効果が低く採択の対象から除外する。経済効果のある流域はカニエテ川、チンチャ川、ピスコ川およびマヘス - カマナ川の4流域であるので、この4流域を事業に採択するものとする。総事業費は 千ソレス（約億円）となる。この事業費は当初予算 千ソレスの114%となり、 千ソレスの増加となる。

上記よりF/S調査の対象流域をカニエテ川、チンチャ川、ピスコ川およびマヘス - カマナ川の4流域とする。

表-7-1 採択事業の選定

8. 事業費

(1) 事業費の構成

事業費の構成は次のとおりとする。

- 1) 構造物対策事業費
 - i) 建設費

- ① 直接工事費（植林費、環境対策費、防災教育/能力開発、補償工事費を含む）
- ② 諸経費＝① x 15%
- ③ 利益＝① x 10%
- ④ 工事費＝①＋②＋③
- ⑤ 税金＝④ x 18%（IGV）
- ⑥ 建設費＝④＋⑤
- ② よび③の比率は「ペ」国の建設工事に一般的に適用される比率で OPI の承認を得ている。
- ii) コンサルタント費（構造物、植林、環境対策および防災教育/能力開発）
 - ⑦ 詳細設計費
 - ⑧ 施工管理費
 - ⑨ コンサルタント費＝⑦＋⑧
- 2) 構造物対策事業費＝⑥＋⑨
- 3) 用地取得費
- 4) 事業実施機関管理費
- 総事業費＝1) ＋2) ＋3)

(2) 事業費

F/S 調査の結果 4 流域の事業費は民間価格および社会価格について表-8-1 および表-8-2 に示すとおりとなる。

表-8-1 総事業費（民間価格）

表-8-2 総事業費（社会価格）

9. 社会評価

(1) 便益

治水事業の便益は、事業を実施しない場合（Without-the-project）と実施した場合（With-the-project）の被害額をもとに、事業の実施により防止し得る洪水被害軽減である。洪水対策施設の耐用年数を 50 年として、洪水の生起確率（2～50 年）ごとに氾濫による被害額を算出し、これらの被害額と生起確率より年平均被害軽減期待額を算出し、これを施設建設による便益とする。

(2) 費用対効果の分析

本調査における社会評価の目的は、国民経済の観点から費用便益分析の手法を用いて構造物対策事業への投資の効率性を検討することである。社会評価の手法としては費用便益比（B/C）、純現在価値(NPV)、経済的内部収益率（IRR）を経済性の評価指標として算出し評価している。内部収益率（IRR）は事業への投資の効率性を示す指標である。IRR は、事業によって発生する費用の現在価値を便益の現在価値と同額にすることによる割引率と定義され、純現在価値(NPV)を 0 に、また B/C を 1 にする割引率であり、投資が何%の収益をもたらすかを示す。経済評価において用いられる内部収益率は経済的内部収益率(IRR)と呼ばれる。民間価格は市場の歪みの影響を除去して経済価格（いわゆる社会価格）に変換される。

治水施設の整備及び維持管理に要する総費用と、治水施設整備によってもたらされる総便益（被害軽減額）を、社会的割引率を用いて現在価値化して比較する。このため、評価時点

を現在価値化の基準とし、本事業の着手開始から15年間までを評価対象期間にして、治水施設の完成に要する費用と維持管理費を現在価値化したものの総和から総費用を、年平均被害軽減期待額を現在価値化したものの総和から総便益をそれぞれ算定する。価格水準は2011年8月とし、社会的割引率はSNIPの規定に基づいて10%とした。また年間維持管理費はF/S調査のSNIPガイドラインに従って積算した。

社会価格における社会評価の結果は表-9-1に示すとおりである。

表-9-1 社会評価の結果

(3) 社会評価の結果

費用対効果分析結果から本プロジェクトにおける社会評価は以下のとおりである。

1) 具体的効果

本プロジェクトの実施により次のような具体的効果が期待できる。

- ① 4河川全体で約5,500haの土地が洪水氾濫から守られる。
- ② 4河川全体で年間約1,215haの農地の土壌浸食、流出が河川改修により保護される。
- ③ 13ヵ所の取水堰が保全されることにより、安定した農作が可能となる。
- ④ 8箇所の道路崩壊がまぬがれ、地域の流通や日常生活の安定に貢献する。
- ⑤ 4河川全体で、年平均で68,241千ソレス、評価期間15年間に1,023,620千ソレスの便益が期待できる。

2) まとめ

費用対効果分析結果から本プロジェクトにおける社会評価は以下のとおりにまとめられる。

i) 民間価格および社会価格においてすべての流域について事業の経済効果が確認された。

金銭的に計量困難な事業によるプラス効果としては以下が上げられる。

- ① 経済活動の停止や被害への懸念が低下することにより将来の地域の経済開発に貢献する。
- ② 事業にかかる建設のため地域における雇用の増大に貢献する。
- ③ 地域の人々の洪水や他の災害に対する意識が向上する。
- ④ 洪水被害軽減のため、安定した農作が可能となり、所得向上に貢献する。
- ⑤ 農地価格の上昇

ii) 4流域全体についても民間価格および社会価格において経済効果が期待できる。

10. 環境影響評価

(1) 環境影響評価の手続き

「ペ」国では、投資前調査の段階で事業管轄省庁の担当部局が、事業の実施により発現が予測される環境社会影響の度合いに応じて、事業を準備調査のレベルにおいて3つのカテゴリーに分類する。環境への影響が軽度であるカテゴリーIについては「環境影響宣言報告書(Declaración de Impacto Ambiental: DIA)」、カテゴリーIIの事業は「準詳細環境影響評価(Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado: EIA-sd)」、カテゴリーIIIの事業に関しては、「詳

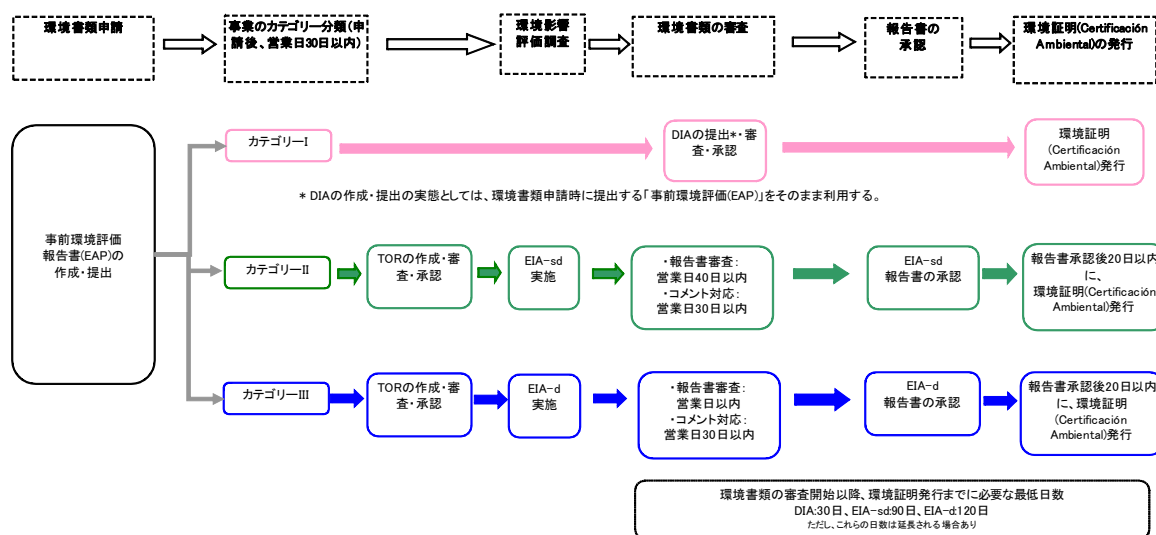
細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental Detallado: EIA-d) を実施して報告書を作成し、事業管轄省庁の担当部局から承認を得る必要がある。

表-10-1 環境影響に基づくカテゴリー分類

	事業による環境影響の度合い	環境証明取得に必要な報告書
カテゴリーI	環境に軽度の負の影響を与える事業	DIA
カテゴリーII	環境に中程度の負の影響を与えるが、容易な方策によりその影響を予防・緩和することができる事業	EIA-sd
カテゴリーIII	環境に量的・質的に重度な負の影響を与え、その影響を評価するのに詳細な調査を必要として、影響を予防・緩和するために環境管理戦略を提案する必要がある事業	EIA-d

出典：SEIA 法（2001年）を基に JICA 調査団作成

環境書類の申請、カテゴリー分類、環境影響調査の TOR 作成・承認、調査の実施、報告書の審査・承認、「環境承認」発行の一連のプロセスを、次の図で示す。



出典：SEIA 法ガイドライン（2009年）及び DGAA への聞き取りを基に JICA 調査団作成

図-10-1 農業省における環境承認取得までのプロセス

まず、事業実施主体が事前環境評価 (Evaluación Ambiental Preliminar: EAP) 報告書を事業管轄省庁の担当部局に提出し、事業のカテゴリー分類を申請する。事業管轄省庁の担当部局が EAP 報告書の審査を行い、事業のカテゴリー分類を行う。カテゴリーIに分類された事業に関しては、DIA を提出する。農業省において、DIA の提出は、環境書類申請時に提出する EAP をそのまま利用するという実態となっている。カテゴリーII及びIIIに分類された事業に関しては、EIA-sd もしくは EIA-d を実施することになる。農業省セクターの事業については、環境局 (Dirección General de Asuntos Ambientales: DGAA) への聞き取りによると、事業実施主体が両調査の TOR を提案し、DGAA から承認を受ける (承認は営業日 20 日以内に出される)。EIA-sd については、報告書審査開始から「環境承認」取得までに営業日 90 日、EIA-d については営業日 120 日が必要とされているが、SEIA 法ガイドラインによるとこれらの日数は、事業の規模や管轄省庁の諸事情により延長される可能性がある。

本事業における環境影響評価の進捗状況は次のとおりである。

事前環境評価(EAP)は、農業省に登録されている現地コンサルタント(CIDES Ingenieros S.A.)によりチラ川、カニェテ川、チンチャ川、ピスコ川、ヤウカ川の 5 流域については 2010 年 12 月から 2011 年 1 月にかけて、マヘス-カマナ川については 2011 年 9~10 月にかけて実

施された。

EAP は先行する 5 流域については 2011 年 1 月 25 日に、後発のマヘス-カマナ川については 2012 年 12 月 20 日に調査団より DGIH に提出され、DGIH から DGAA にはそれぞれ 2011 年 7 月 19 日および 2012 年 1 月 4 日に提出された。

DGAA はこれの審査を終了し、2011 年 12 月下旬 DGIH に承認レターを出し(図-10-1、カテゴリーIの「DIAの提出・審査・承認」)、4流域はカテゴリーIに分類された。チラ川はプレF/S調査の結果本事業の対象から除外されたので、F/S調査の対象となっているカニエテ川、チンチャ川、ピスコ川について更なる環境影響評価は必要ない。後発のマヘス-カマナ川に対する審査もDGAAによって行われ、2012年8月16日に審査結果が通達され、先の3流域と同様にカテゴリーIに分類された。

(2) 環境影響評価

自然環境及び社会環境への影響の確認・評価の手順、手法は、まず河川構造物建設の工事計画を確認し、環境影響・社会影響の確認・評価のために Leopold マトリックスを作成した。

環境レベル(自然環境、生物環境、社会環境)及びプロジェクトレベル(建設期間、維持管理期間)に分類して影響を確認し、影響の評価は、影響の性質、発現可能性、影響の程度(強度、範囲、発現期間、可逆性)に基づき数値化し、環境影響値を算出した。

環境影響管理計画は、建設期間と維持管理期間において発現すると予測される顕著な影響及び極めて顕著な影響に対処するための計画である。適切にこれらの計画を実施することにより、負の影響を予防・軽減することになり、また事業の持続性を確保することになる。

建設期間においては「地元住民雇用計画」、「事業実施サイト管理計画」、「河川転流・囲い堰作業管理計画」、「河岸の掘削・盛り土作業管理計画」、「河床の掘削・盛り土作業管理計画」、「採掘場管理計画」、「大量の掘削土・浚渫土の管理計画」、「労働者・工事事務所の管理計画」、「工事車輛交通管理計画」を事業実施主体または工事請負業者が責任を持ち実施する。維持管理期間においては、「河床・水生生物管理計画」を実施することにより河川地形の侵食を抑え、水生生物に適した生息環境を整備する。

フォローアップ・モニタリング計画においては、計画されている環境影響管理計画の実施を確実にする計画である。モニタリング計画は、環境質基準及び排出量基準といった環境基準を満たしていることを確認するために実施する。なお、フォローアップ計画及びモニタリング計画は事業実施主体もしくはその監督下の第三者により責任を持ち実施される。

建設期間においては水質・生物多様性モニタリング、大気質モニタリング、騒音モニタリングを実施し、維持管理期間においては河川の水質及び水生生物の多様性のモニタリングを行う。

EAPの結果によると、本事業の実施により、建設期間及び維持管理期間に発現する環境影響については、大部分のものがあまり顕著でない影響として評価された。特に顕著な影響についても、環境影響管理計画を適切に実施することにより予防・緩和することができる。

また、正の影響が維持管理期間において特に顕著である。それらは、社会経済レベル及び環境のレベルにおける安全性の確保と脆弱性の低下、住民の生活の質の向上、そして土地利用性の向上という部分で見られる。

(3) 今後の手続き

DGIH が環境承認取得に向けて今後とるべき手段は(1)に示したようにカニエテ川、チンチャ川、ピスコ川およびマヘス-カマナ川の4流域についてDGAAがEAPを審査の結果カテゴリーIに分類されたので今後の環境影響評価は必要がない。

用地問題については事業対象地域の河川区域が明確にされていない場合には、以下の対策をとる。FS 調査終了後直ちに事業実施主体である農業省 DGIH は、①河川区域を明確にし、②用地取得の対象となる土地及びそこを利用する人の特定化をする必要がある。その後、「用地取得基本法」で規定されているプロセス（政府による用地取得実施の決議発行→土地価格と補償費を所有者に政府が提示→所有者との合意形成→土地価格と補償費の支払い→用地取得完了。なお、政府が提示する金額について所有者と合意形成できない場合は仲裁裁判所に持ち込まれる）を実施し、用地取得を行う。また、特定された土地がコミュニティの土地である場合には、住民との協議により合意を形成する必要がある。

文化遺産保全に係る手続きについては DGIH は FS 調査終了後直ちに CIRA 取得に必要な手続きを行うことにより、事業開始時まで CIRA を取得する必要がある。「ペ」国においては、史跡および文化遺産保全のために、原則として全ての事業実施における「遺跡不在証明 (Certificación de Inexistente de Restos Arqueológicos: CIRA)」を取得することが義務付けられている。CIRA は文化省考古学国家委員会 (Comisión Nacional Técnica de Arqueología) が発行する。CIRA の申請は、事業対象地及び内容の確定後、①申請書、②事業実施地・範囲・内容を表す図面、③申請料金の領収書、④考古学評価の証明書等を、文化省に事業実施主体が提出する。

11. 事業実施組織および管理

本プロジェクトの実施と管理に関係するペルー国機関は、農業省、経済財政省及び水利組合であり、各機関の役割は以下のとおりである。これらは過去のプロファイル調査において現地コンサルタントや官公庁により作成されたもので、DGIH の文書においても同様の記述としている。

(1) 農業省(MINAG)

- プログラム実施の責任官庁は、農業省 (MINAG) であり、案件の形成機関 (UF) および実施機関(UE)となる。プログラムの技術的な管理は水インフラ局(DGIH)が担当する。水インフラ局(DGIH)は調査段階において投資プログラムの調整、管理、監督を行う。
- 投資段階の建設段階においては農業省の PSI (Programa Subsectorial de Irrigaciones, Ministerio de Agricultura, 農業省灌漑サブセクタープログラム) が、プロジェクトコストの算定、詳細設計、工事实施に対する監理を行う。
- 農業省の計画投資室(OPI)は、水インフラ局(DGIH)のプロジェクトの投資前段階におけるプレFS及びFS審査に関する責任部局であり、経済財政省 (MEF) の公共投資局(DGPI)(旧 DGPM)へ承認申請を行う。
- 農業省の総合管理局(OGA-MINAG)は財務省の全国公債局 (Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público, DGETP(旧 DNEP)) と財務管理を行う。また、農業省の入札、工事発注、契約、調達等の予算執行を行う。
- 環境局(DGAA)は、調査段階において EIA の審査、承認を行う。

(2) 経済財政省(MEF)

- 公共投資局(DGPI)は、FS の承認を行う。また、円借款ローン契約の条件確認と承認を行う。また、投資段階においては、プロジェクト実施前に技術的なコメントを出す。
- また、財務管理は、財務省の全国公債局 DGETP(旧 DNEP)と農業省の総合管理局 (OGA-MINAG)が担当する。
- 経済財政省の全国公債局 DGETP(旧 DNEP)は、投資段階及び投資後の運営段階において支出の管理を行う。

(3) 水利組合

- 投資後の運営段階において施設の維持管理を行う。

プロジェクト実施における関係機関の関係を図-11-1 及び図-11-2 に示す。

本プロジェクトにおいては、投資段階すなわちプロジェクト実施段階は農業省の組織である PSI が担当する予定である。下図にプロジェクト実施段階の各関係機関の構成を示す。

実施機関の PSI は、現在円借款事業を実施しており、本事業においても事業の実施を管理するために、Project Management Unit (PMU) を組織し、また円借プロジェクトの実施に精通した国際コンサルタントを雇用して詳細設計、工事発注、施工管理等を実施する。PMU は

PSI の灌漑施設局 (Irrigation Infrastructure Division) に直結して設置し、その組織は図-11-3 示すとおりである。

図-11-1 において資金移譲契約および資金管理とは MEF が PSI に事業実施のための資金を与え、この資金を MEF が管理するのに必要な契約である。

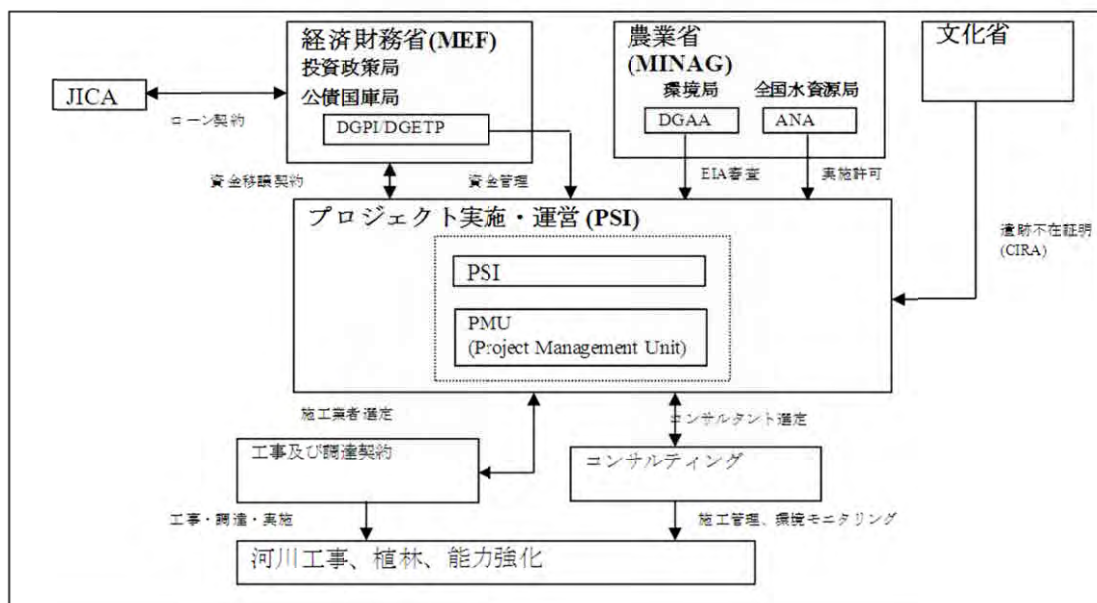


図-11-1 プロジェクト実施の関係機関 (事業実施段階)

投資後の段階においては、施設の維持管理とローンの返済が主な活動となるが、施設の維持管理は水利組合が実施することになっている。また水利組合は事業費の負担金（円借款の組合負担分を含む）をローンで返済することになっている。プロジェクト実施後における関係機関の関係を下図に示す。

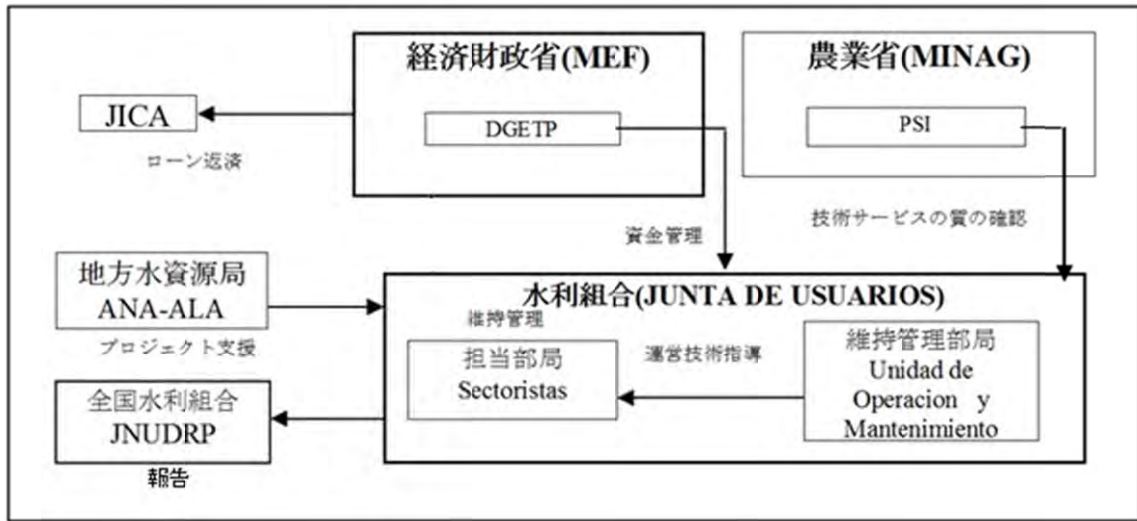


図-11-2 プロジェクト実施の関係機関（運営維持管理段階）

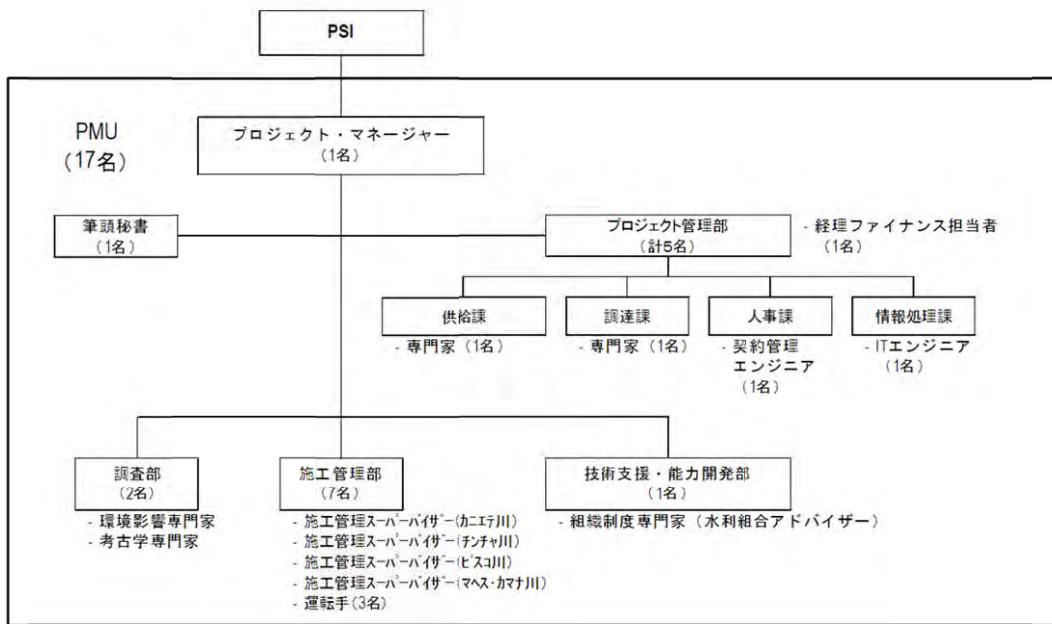


図-11-3 PMU の組織

12. 事業実施計画

事業実施計画では、①投資前段階のプロファイル調査およびFS調査の完成及びSNIP承認、②L/A締結、投資中の③コンサルタント選定、④コンサルティングサービス（詳細設計、技術仕様書作成）、⑤建設業者の選定、⑥建設工事、及び投資後の⑦工事完成と水利組合への引渡し時期、O&Mの着手について概略のスケジュールを検討する。

(1) 公共投資審査 (SNIP)

「ペ」国では、公共投資事業の妥当性・実施可能性を審査する公共投資国家システム（以下、「SNIP」）が運用されており、本プロジェクトについても適用される。

(2) 円借款契約

本プロジェクトのFS 報告書提出後に OPI および DGPI による SNIP 審査を経て、事業実施の承認を得ることとなる。JICA よりアプレイザルミッションは DGPI の承認に目途がついた時点の適当な時期に派遣され、円借款の契約協議が開始される。円借款契約交渉が合意に達すれば、Loan Agreement(LA)が締結される。円借款契約交渉手続きに 6 ヶ月程度の期間を想定する。

(3) プロジェクト実施工程

L/A の締結が行われた後、コンサルタントが選定される。コンサルティングサービスは、詳細設計と技術仕様書作成、建設業者選定のアシスト及び工事中の施工管理である。想定した各工程の所要期間以下のとおりである。全体工事工程を表-12-1 に示す。

- 1) コンサルタント選定 10 ヶ月
- 2) コンサルタントによる詳細設計、技術仕様書作成の作成 6 ヶ月
- 3) 建設業者選定 15 ヶ月
- 4) コンサルタントによる河川施設および河川構造物沿いの植林の施工管理期間 2 年。
- 5) 河川施設および河川構造物沿いの植林は河川施設と並行して実施する。
- 6) 防災教育/能力強化は河川施設工事と並行して同時期に実施する。

表-12-1 実施計画

項目	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017			2018			月数
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	
1 プロファイル調査/SNIP審査	調査										審査																	28
2 F/S調査/SNIP審査				調査								審査																27
3 円借款手続き																												6
4 コンサルタント選定																												10
5 プロジェクト・マネジメント・ユニット																												45
6 コンサルティング・サービス																												45
1) 詳細設計																												6
2) 入札図書作成, 入札補助																												15
3) 施工管理																												24
7 建設業者選定, 工事契約締結																												15
8 対策事業の実施																												
1) 洪水対策施設の建設																												24
2) 植林/植生回復																												24
3) 防災教育/能力開発																												24
4) 用地取得, 補償工事																												27
9 施設完成/水利組合引き渡し																												-

(4) 調達方法

1) コンサルタントの雇用

円借款事業におけるコンサルタントの雇用は次の項目に留意して行う事とする。

- ① 当該コンサルタントが国際的に活動し、本事業の実施に十分な経験および能力を有すること
- ② 選定にあたっては効率性、透明性および公平性に留意すること。
- ③ 借款契約(L/A)および JICA コンサルタント雇用ガイドラインによって規定された手続きに従うこと。

2) 建設業者の調達

建設業者の調達は次の各項目に留意して行う事とする。

- ① 調達の経済性、効率性、調達過程の透明性、非差別性、適格性に留意する。
- ② 借款契約(L/A)および JICA 調達ガイドラインによって規定された手続きに従う。

- ③ 国際競争入札(International Competitive Bidding: ICB)による。
- ④ 入札に先立って入札者が技術的および財務的能力を有するか確認するために事前資格審査(Prequalification of Bidder)を実施する。事前資格審査においては a)同種の契約についての経験と実績、 b) 人材、機器およびプラント面での能力、 c)財務状況などが考慮される。

13. 資金計画

(1) 事業費の分担比率

本プロジェクトは、中央政府 (MINAG) と各河川流域の水利組合及び地方政府との共同で実施され、事業費の分担は中央政府 (MINAG)、州政府および水利組合が、それぞれ分担する。

分担比率については DGIH よりダムプロジェクトの例として中央政府、州政府、地方自治体および水利用者がそれぞれ 50%、30%、10%および 10%を負担したケースが報告され、また JICA ペルー事務所より灌漑プロジェクトにおいて水利組合が 20%負担したケースが報告されているが、本プロジェクトのような洪水防御プロジェクトの例は見当たらなかった。本プロジェクトでは水利組合が直接受ける利益は灌漑プロジェクトのように多くは無い事も考慮して暫定的に中央政府、州政府および水利組合の分担率をそれぞれ 80%、15%および 5%とする。今後 3 者間で協議のうえ最終的な分担率を決定することとする。

(2) 資金支出計画

総事業費 千ソレスに対して JICA よりの円借款金額は US\$(千ソレス)を差し引いた 千ソレスが事業実施に際してペルー側が負担すべきカウンターファンドとなる。カウンターファンドの中央政府、州政府および水利組合の負担金額は表-13-1 に示すとおりとなる。なお州政府および水利組合分担金は流域別事業費の比率で配分した。

表-13-1 事業実施時における資金支出計画

(3) 資金返済計画

JICA による円借款金額の返済も金利を含めて (1) に示す分担比率で返済されることになるが、返済の条件は L.A.(Loan Agrrement)により決定されるが、概ね表-13-2 に示すようになるものと思われる。

表-13-2 円借款貸付金の返済条件

貸付金利	1.70%
未貸付残高コミットメントチャージ	0.10%
償還期間	25 年間
据え置き期間	7 年間

14. 結論と提言

14.1 結論

この調査において最終的に選定された洪水対策は構造的に安全で社会評価においても十分経済価値が高く、環境に与える影響も小さいと思われる。

本プロジェクトを実施することにより溪谷地域（Valles）および地域住民の洪水に対する高い脆弱性を軽減し、地域における社会経済の発展を促進出来るので出来るだけ早く実施するべきである。

14.2 提言

本調査の実施により得られた知見に基づき本事業の実施および「ペ」国における今後の洪水対策に係わる問題点につき次のように提言する。

14.2.1 本事業に係わる提言

(1) 当面解決すべき問題点

- 1) 本事業の事業費は中央政府（MINAG）および各事業対象流域における州政府ならびに水利組合によって分担される。分担比率については本報告書においては暫定的にそれぞれ 80%、15%および 5%としているが、今回の F/S 調査により事業費の総額がほぼ定まったので、MINAG はそれぞれの関係機関との協議を行い、早急に分担率を決定する必要がある。
- 2) 本調査の結果洪水対策施設および河川沿いの植林範囲が定まったので、MINAG は河川地域と民地との境界を明確にし、用地の取得および補償工事について土地所有者と交渉を開始し、「用地取得基本法」で規定されているプロセス、即ち政府による用地取得実施の決議発行→土地価格と補償費を所有者に政府が提示→所有者との合意形成→土地価格と補償費の支払い→用地取得完了、を実施し用地取得を行う。なお、政府が提示する金額について所有者と合意形成できない場合は仲裁裁判所に持ち込まれることとなる。また、特定された土地がコミュニティの土地である場合には、住民との協議により合意を形成する必要がある。遅くとも工事開始までに交渉を妥結する必要がある。
- 3) 本事業の実施機関は暫定的に MINAG の PSI としているが、最終的な実施機関を早急に決定すべきである。
- 4) 環境調査については農業省 DGAA が事業対象流域の初期環境評価（EAP）報告書を審査し、この事業はカテゴリーI に分類されたので今後の環境影響評価は必要が無い。しかし文化遺産保全に係る手続きを行う必要があり、DGIH は FS 調査終了後直ちに CIRA 取得に必要な手続きを行い、事業開始時までに CIRA を取得する必要がある。ペルー国においては、史跡および文化遺産保全のために、原則として全ての事業実施における「遺跡不在証明（Certificación de Inexistente de Restos Arqueológicos: CIRA）」を取得することが義務付けられている。CIRA は文化省考古学国家委員会（Comisión Nacional Técnica de Arqueología）が発行する。CIRA の申請は、事業対象地及び内容の確定後、①申請書、②事業実施地・範囲・内容を表す図面、③申請料金の領収書、④考古学評価の証明書等を、文化省に事業実施主体が提出する。
- 5) 洪水対策施設完成後の維持管理は水利組合が担当する事になっているが、灌漑水路や取水堰などの農業施設と異なり、不慣れであると思われるので、MINAG や州政府の技術的、経済的バックアップが必要である。

(2) 構造物対策について

1) 河川整備の基本方針

河川整備の方法論としては、下流から上流に向けて逐次整備を進めるのが一般であるが、本事業においては各河川において重点的に整備すべき箇所（氾濫被害が大きく拡大する箇所、地域の社会経済に大きく影響する箇所等）を選定し、優先的に整備を進める方法を採用した。河川を整備する際に、上流側を整備するとその影響が対岸や下流側に生じる。また、整備が進んだことにより資産等が蓄積され（被害ポテンシャルの増大）、計画規模を超える洪水が発生した場合には、整備前よりも資産が大きくなっているため、結果的に被

害が増大することも考えられる。したがって、河川整備が進んだからと言ってすべての安全が確保されたことにはならないことを広く地域の人々に周知し、土地利用規制等のルールを作ることも重要である。

2) 各河川における計画上の問題点

i) カニェテ川

カニェテ川は、主要な橋梁と取水堰の位置が狭窄部となっており、各狭窄部上流で氾濫が発生しやすい。また、氾濫形態は10km地点より上流では河道周辺の農地に影響はとどまるものの、10km地点より下流では特に右岸側に氾濫流が大きく広がり被害が大きくなる特徴がある。よって、対策の基本は狭窄部の流下能力確保、氾濫時の被害ポテンシャルが大きい10km地点下流の築堤護岸を優先的に実施する。

なお、カニェテ川は水量が豊富であり、首都リマに近いこともあり、上流域には観光地が形成されており、地域経済への影響の観点から、上流へのアクセスとして重要な地域主要道路の保全対策（河岸侵食対策）も対策箇所として選定している。

また、パン・アメリカナの道路橋が狭窄部となっているため、架け替えについても考慮したが、交通量が多いことから、代替の橋梁及び取りつき道路が必要になり事業費が膨大になること、さらには、DGIHとの協議の結果、橋梁の架け替えを実施することは困難との回答を得たため、今回は橋梁の架け替えについては困難と判断した。

上記のように優先的に整備すべき対策箇所を選定したが、これらの対策箇所が整備されてもカニェテ川全体での整備が完了したとは言えない。

今後は、今回の対策箇所以外の流下能力不足箇所、堤防強化等の整備が必要な箇所等を継続的に整備することが重要である。

また、特に、橋梁部等による狭窄部については、今後も道路部局との調整を実施し、橋梁の架け替え等についても協力して実施していく必要があると考える

ii) チンチャ川

チンチャ川の特徴としては、上流部のチョコ川とマタヘンテ川の分流が不十分であり、一方の川にすべての洪水流が偏って流下した場合、チョコ川とマタヘンテ川のすべの地区で流下能力が不足するために多大な被害が発生する点にある。さらに、チョコ川とマタヘンテ川に適正（1:1）に分流した場合でも、チョコ川においては河口より15km及び4km付近で氾濫して左岸側に氾濫流が大きく広がり、マタヘンテ川では河口より9km及び3km付近で氾濫して右岸側に氾濫流が大きく広がる傾向にある。よって、対策の基本は分流堰の築造、流下能力の特に不足する既往氾濫箇所での流下能力確保策（築堤、掘削）となる。

各地点の対策案はチョコ川とマタヘンテ川に適正に洪水流が分配された場合を基本にして整理している。したがって、チンチャ川の最重要地点は、チョコ川とマタヘンテ川の分流地点であるため、分流施設の整備が完成しても、その分流が適正に行われるように適正な維持管理（分流施設への土砂の堆積状況のモニタリング等）を確実に実施することが重要である。

また、チンチャ川も優先的に整備すべき対策箇所を選定したが、これらの対策箇所が整備されてもチンチャ川全体での整備が完了したとは言えない。

今後は、今回の対策箇所以外の流下能力不足箇所、堤防強化等の整備が必要な箇所等を継続的に整備することが重要である。

iii) ピスコ川

河口から7kmより上流では、流下能力不足により河道周辺の農地に氾濫するが、氾濫流が広がることはない。しかし、7kmより下流において氾濫すると左岸側に氾濫流が大きく広がり、ピスコ市街に大きな被害が発生する。よって、対策は7km地点より下流で最も氾濫するリスクの高い箇所の築堤、7km地点より上流では流下能力の特に

低い橋梁や取水堰の位置する狭窄部での対策を優先的に実施する。

また、パン・アメリカナの道路橋が狭窄部となっているため、架け替えについても考慮したが、交通量が多いことから、代替の橋梁及び取りつき道路が必要になり事業費が膨大になること、さらには、DGIH との協議の結果、道路の架け替えを実施することは困難との回答を得たため、今回は橋梁の架け替えについては困難と判断した。

上記のように優先的に整備すべき対策箇所を選定したが、これらの対策箇所が整備されてもピスコ川全体での整備が完了したとは言えない。

今後は、今回の対策箇所以外の流下能力不足箇所、堤防強化等の整備が必要な箇所等を継続的に整備することが重要である。

また、特に、橋梁部等による狭窄部については、今後も道路部局との調整を実施し、橋梁の架け替え等についても協力して実施していく必要があると考える

さらに、ピスコ川の氾濫原にピスコ市街が含まれていることから、今回整備する対策規模を超える大規模洪水（気候変動の影響）が発生する可能性もあるため、洪水予報・警報のソフト対策及び避難道路の確保等の洪水被害最小化の検討を早急に進める必要がある。

iv) マヘス-カマナ川

下流のカマナ管轄区間の既存堤防は、老朽化しており、侵食箇所が多数散見される。現在は、上流側（マヘス川）で氾濫しているため、当該地区の氾濫は緩和されている。今後上流側の整備が進めばカマナ管轄区間への影響が大きくなり、氾濫面積も多大となる。また、13km 付近にカマナ市街地への水道用取水堰が設置されており、川沿いに用水路が建設されている。現在 12km 左岸の堤防が一部侵食されており、隣接する用水路への影響が懸念されている。一方、上流のマヘス川は無堤区間が多く、毎年のように洪水による氾濫、農地流失被害が発生している。

よって、今回の洪水対策は、被害ポテンシャルの高いカマナ川下流の左岸地域を保全するための既設堤防の老朽化対策と堤防高確保が最も重要であり、上流のマヘス川においては無堤区間で洪水被害が頻発する地区の堤防整備を優先的に実施する。

上記のように優先的に整備すべき対策箇所を選定したが、これらの対策箇所が整備されてもカマナ・マヘス川全体での整備が完了したとは言えない。

今後は、今回の対策箇所以外の流下能力不足箇所、堤防強化等の整備が必要な箇所等を継続的に整備することが重要である。

なお、マヘス川での対策は下流のカマナ川にも影響を与えるため、今後マヘス川での洪水対策を実施する際には、整備地区の下流側への影響等を十分考慮した上で適正な整備順序等を設定する必要がある。

3) 設計・施工上の問題点

i) 工実施期間

調査対象地域の乾期は 5～11 月と考えられるが、雨期から乾期への遷移期も考慮して実際の工事の実施期間は 4～12 月とする事が望ましい。カニェテ川およびマヘス-カマナ川は年間を通して水がある河川である（水量の増減あり）のに対してチンチャ川（チコ川およびマタヘンテ川）、ピスコ川においては河川に流水のある増水期と流水が殆どなくなる渇水期があることを考慮に入れる必要がある。

また、事業実施対象地の多くが農地の付近に位置するため、各流域における農作物の播種期や収穫期といった農業のサイクル（詳細は Annex-11 環境社会配慮/ジェンダー、2.1.5 参照）を考慮したうえで事業を実施する必要がある。それにより、農業機器や農作物の運搬などを行う住民生活への影響を最小限に抑えることができる。

ii) 堤防構造の安定の確保について

各流域とも築堤材料は、透水性の高い砂質土ないし礫質土から構成される。溪谷の地

形や地質から見て透水性の低い材料の入手は困難と思われる。

比較的透水性の高い材料で堤防を造った場合に堤防の安定上問題となることは、①パイピングによる細粒土砂の流失による浸透破壊、②浸透に伴う浸透圧によるすべり破壊である。堤防の安全性を担保するためには、築堤材料の単位体積重量、強度、透水性を調査して、浸透流解析及びすべり破壊の検討を行って適正な断面形状を決定する必要がある。

施工面で重要なことは、十分な締固めを行うことである。現在の「ペ」国の積算基準では、トラクターにより締固めることになっているが、確実な締固めを行うためには振動ローラー等の締固め機械を使用することが望まれる。また、締固め状況管理するための密度試験や粒度試験も重要な事項である。これらの事項は積算に反映させる必要がある（Annex-9 施工計画積算, 3.3 直接工事費の積算、総括表項目 2.2 測量管理費参照）。

iii) 護岸の工事費削減について

築堤区間の治水対策直接費の 80%が護岸の建設工事費である。また、護岸工事費の 45%が、採石場からの岩石の運搬費用である。マヘスカマナ川やカニェテ川など、既存の護岸工や水制工が残っている箇所では、これらの材料を再利用することが工事費の削減につながると思われる。

iv) 築堤土と掘削土の土量バランスについて

築堤土と掘削土の土量収支は、カニェテ川 240,000m³、チンチャ川 122,000m³、ピスコ川 203,000m³、マヘスカマナ川 695,000m³ 築堤土が不足することになる。河川の周辺は農地として利用されていることから、築堤土は、河川敷からの掘削に頼らざるを得ない。この場合に堤防高さが若干低くできる可能性と、反面急流な河川のため河床洗屈を助長する可能性も考えられる。詳細設計時に土取場として適当な箇所を選定することが重要である。

v) チンチャ川の分流堰構造について

チンチャ川とマタヘンテ川を分流する箇所に設置する分流堰については、既存の堰が破壊しており、破壊のメカニズムを明確にして安全な施設の詳細な設計を行うことが必要である。分流堰の直上流には、床固め工があつて、同様に破壊されている。破壊は、多分に堰のコンクリート等の構造が不安定であることや、基礎の洗屈、土砂混入流による衝撃等が考えられる。詳細設計時に水理模型実験の要否を判定し、必要に応じて模型実験を行い水理現象を明確にすることが望ましい。

また、上流の床固め工は、満砂に近い河床変動にも留意すべきである。

(3) 非構造物対策について

1) 植林・植生について

植林/植生回復に関する計画は i) 短期計画、ii) 中期計画（チンチャ流域上流）、iii) 長期計画に分けられる。このうち、本事業の一環として採択したのは i) 短期計画である。

今後、洪水対策を推進する場合には上記 ii) および iii) を計画/実施する必要があるが、iii) 長期計画は事業期間および事業費が莫大な規模となる。ii) 中期計画は事業期間 4 年、総事業費は約 2,900 万ソレスとなっており、ひとつの事業として実施するにはやや小規模であるが、実現性は高い。さらに、ii) 中期計画（チンチャ流域）はすでに水利組合が上流域の農民と長年にわたって話し合い をしているところであり、予算等の措置ができれば比較的容易に実施できるものとする。したがって、ii) 中期計画を他の流域のモデルタイプとして実施し、予算の確保に努力して iii) 長期計画を逐次実現することが重要であるとする。

2) 土砂制御および河床変動について

i) 土砂制御計画

土砂制御計画については中山間地での構造物による土砂抑制は、巨額の費用（3,948

百万ソレス)を要し、効果発現にも時間がかかる。中山間地に保全対象が少ないことから費用対効果も低い。洪水対策という観点から見れば、調査対象地域が位置する扇状地の上流側(チンチャ川、ピスコ川)において河川構造物によって対応することが現実的である。

土砂災害を軽減するためには次に述べるソフト対策による方法が上げられる。これらの費用は構造物対策に比較して安価であり、災害から人命・最低限の資産を守るには十分機能すると考えられる。

- * 法規制による居住地域・耕作地域の制限
- * 降雨量観測に基づく地域毎の警戒基準雨量設定と予警報体制の構築
- * 災害事例の集約とそれに基づいた防災教育・伝承による防災知識の向上

ii) 河床変動について

河床変動に関する現地調査や数値解析の結果、全河川とも基本的には緊急的な土砂制御対策は必要ないと考えられる。しかし、長期的な視点では、上流にダムが存在するカニェテ川では河床低下、上流に土砂制御施設の存在しないマヘスーカマナ川では不安定土砂の流出に伴う河床上昇が予想され、治水機能の低下が懸念される。また、上流域に土砂制御施設(遊砂地機能を有する堰)を計画しているチンチャ川やピスコ川についても施設の効果を確認することが重要である。

今後は、以上の各河川の河床変動特性に応じた河道地形測量や局所洗掘等のモニタリング体制を確立し、河川の治水機能を適切に維持管理するための基礎データを蓄積していくことが必要である。

(4) 防災教育/能力開発について

1) 洪水被害軽減のためのソフト対策

本調査の計画洪水流量は生起確率 50 年相当の洪水流量を対象としているが、この流量は過去の観測雨量データに基づいて算定している。近年のエルニーニョ現象や異常気象現象のため、これを上回る大規模洪水の発生の可能性も十分考えられる。このような洪水に対しては、その大きさの予測が困難なので、ハード対策で対応することは困難である。これらの洪水に対しては災害リスクが依然として存在するので、水防活動や避難対策、ハザードマップの整備などのソフト対策の立案と住民に対する周知、教育が重要である。

2) コミュニティ防災の推進

構造物対策を中心とした本事業を補完するものとして、現地住民の参加を呼び込むコミュニティ防災の推進も重要である。住民側の自助・互助への意識を高め、自主防災組織の活性化の第一歩として具体的な活動を住民側の意志で自主的に始めてもらうまでには、時間をかけた働きかけや活動が必要と考えられるが、本事業における防災教育コンポーネントを足掛かりとして、本事業の効果をさらに高めるコミュニティ防災の体制構築を各水利組合が中心となって構築していく必要がある

14.2.2 ペルー国における今後の洪水対策に係わる提言

1) 総合的な洪水対策マスタープラン

対象調査流域における洪水対策施設については一部に堤防が建設されているが、大部分は無堤であり、洪水対策は殆ど行われていない。今回建設する重点洪水対策施設は部分的ではあるが重要地点をカバーしており、社会評価の結果にも見られるように高い経済効果をもたらす有意義な事業といえる。しかし今後の洪水対策としては「ペ」国全土の主要な流域を対象に、農業関連施設の防災のみではなく、市街地、道路、橋梁などの防災を含めた総合的な洪水対策のマスタープランを策定し、遂次これを実施して行くべきである。

2) 総合的洪水対策実施機関の設立

本調査のカウンターパート機関である MINAG の担当分野は農業であり、他の分野の防災事業を行うことは容易ではない。上記 1) を実施するためには総合的な目的を持つ洪水対策を実施できるように既存の省庁の役割を変更するか、新たな実施機関を設ける必要がある。この様な機関により総合的洪水対策の実施および河川の維持管理（堤防、水制工、河岸浸食、河床の土砂堆積、取水堰など）を徹底的に行うべきである。

3) 現在の河川区域と民地との境界は判然とせず、河川区域と思われる場所が農地として利用されているところもある、その他廃棄物の河川区域への不法投棄など、河川区域の管理が十分に行われていない。法制の整備と厳格な管理が必要である。

4) 降雨観測所および流量観測所の整備

洪水対策の立案において基本的な資料として洪水流量や洪水波形の推定が不可欠である。これらの基礎資料を精度良く推定するためには調査対象流域全体に十分な密度の降雨観測所が必要であり、河川沿いの要所に流量観測所が必要である。またこれらの観測データについても上記の洪水流量や洪水波形の推定のためには毎時間の記録が是非必要となる。しかるに本調査流域において利用できるデータは限られたものであった。例えば調査対象流域の一つであるヤウカ川流域（流域面積 4,312km²）には 7 ヶ所の降雨観測所があるが、その内現在稼働中の降雨観測所は Cora Cora2 観測所一ヶ所のみである。観測データについても調査対象全流域の観測所について日雨量および日流量が有るのみで時間データは皆無であった。

今後「ペ」国における洪水対策を推進するためには降雨および流量についての観測網の整備が不可欠である。

そのためには「ペ」国全土における観測網整備に関するマスタープランを作成し、その中で基幹観測所を設定し、観測を実施することが必要となる。

マスタープランの作成および基幹観測所の設置検討には次の項目が含まれる。

- * 既存観測所および観測データのレビュー
- * 既存観測所の取捨選択および利用可能データのデジタル化
- * 観測網の計画および既存および計画観測所の重要度による分類
- * 重要度に応じて既存観測所の機器の更新
- * 新規基幹観測所の設置
- * 観測データ伝送システムの立案
- * 観測データ記録・保管システムの立案
- * 維持管理システムの立案
- * 上記観測所における観測の試行

上記の実施に当たっては「ペ」国全土を重要度ごとに分類し、段階的に実施することが考えられる。また実施にあたり一部外国からの支援によることも考えられる。

なお観測データの管理は現在 SENAMHI が行っているが、これ等の観測データを定期的に公開し、すべての利用者が広く活用できるように便宜を図るべきである。