

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  
Ⅱ-4 プレフィージビリティ調査報告書  
プロジェクトレポート(チンチャ川)

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





Base 800745 (801044) 4-91

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	フイージビリティ調査 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 チラーピウラ特別プロジェクト)
PES	Payment for Environmental 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  
II-4 プレフィージビリティ調査報告書  
プロジェクトレポート (チンチャ川)

目 次

調査対象地域

略 語

まえがき

第1章 要約 .....	1-1
1.1 プロジェクトの名称 .....	1-1
1.2 プロジェクトの目的 .....	1-1
1.3 需要と供給のバランス .....	1-1
1.4 構造物対策 .....	1-2
1.5 非構造物対策 .....	1-2
1.5.1 植生/植生回復 .....	1-2
1.5.2 土砂制御計画 .....	1-3
1.6 技術支援 .....	1-3
1.7 コスト .....	1-4
1.8 社会評価 .....	1-4
1.9 持続可能性分析 .....	1-6
1.10 環境インパクト .....	1-7
1.11 実施計画 .....	1-8
1.12 組織と管理 .....	1-8
1.13 論理的枠組み .....	1-9
1.14 中長期計画 .....	1-10
第2章 一般的側面 .....	2-1
2.1 プロジェクトの名称 .....	2-1
2.2 形成および執行機関 .....	2-1
2.3 関係機関と被益者の参加 .....	2-1
2.4 構想の枠組み (関連性の枠組み) .....	2-3
2.4.1 プログラムの背景 .....	2-3
2.4.2 プログラムに関連する法令、政策、ガイドライン .....	2-5
第3章 アイデンティフィケーション .....	3-1

3.1	現状分析 .....	3-1
3.1.1	自然条件 .....	3-1
3.1.2	対象地域の社会経済 .....	3-2
3.1.3	農業 .....	3-7
3.1.4	インフラ .....	3-11
3.1.5	洪水被害の実態 .....	3-12
3.1.6	現地調査の結果 .....	3-13
3.1.7	植生および植林の現況 .....	3-19
3.1.8	土壌侵食の現況 .....	3-23
3.1.9	流出解析 .....	3-32
3.1.10	氾濫解析 .....	3-40
3.2	問題の定義と原因 .....	3-46
3.2.1	調査対象地域の洪水対策における問題点 .....	3-46
3.2.2	問題点の原因 .....	3-46
3.2.3	問題点による結果 .....	3-47
3.2.4	原因と結果の樹系図 .....	3-47
3.3	プロジェクトの目的 .....	3-49
3.3.1	主要な問題点を解決する手段 .....	3-49
3.3.2	主要な目的を達成することにより得られる効果 .....	3-49
3.3.3	手段—目的—効果の樹系図 .....	3-50
第4章	プロジェクトの形成と評価 .....	4-1
4.1	プロジェクトの評価期間 .....	4-1
4.2	需要と供給分析 .....	4-1
4.3	技術的提案 .....	4-4
4.3.1	構造物対策 .....	4-4
4.3.2	非構造物対策 .....	4-14
4.3.2.1	植林/植生回復 .....	4-14
4.3.2.2	土砂制御計画 .....	4-17
4.3.3	技術支援 .....	4-19
4.4	コスト .....	4-23
4.4.1	コストの算出（民間価格） .....	4-23
4.4.2	コストの算出（社会価格） .....	4-25
4.5	社会評価 .....	4-27
4.5.1	民間価格 .....	4-27
4.5.2	社会価格 .....	4-32
4.5.3	社会評価まとめ .....	4-33



4.6	感度分析 .....	4-33
4.7	持続可能性分析 .....	4-35
4.8	環境インパクト .....	4-35
4.8.1	環境影響評価の手続き .....	4-35
4.8.2	環境影響評価の方法 .....	4-37
4.8.3	環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価.....	4-38
4.8.4	環境影響管理 .....	4-41
4.8.5	環境管理計画 .....	4-42
4.8.6	環境影響管理対策実施コスト .....	4-44
4.8.7	結論と提言 .....	4-44
4.9	実施計画 .....	4-45
4.10	組織と管理 .....	4-48
4.11	最終選定案の論理的枠組み .....	4-52
4.12	中・長期計画 .....	4-53
4.12.1	全体治水計画 .....	4-54
4.12.2	植林・植生計画 .....	4-66
4.12.3	土砂制御計画 .....	4-74
第5章	結論 .....	5-1

## 表 一 覧

表-1.3-1	需要と供給分析.....	1-1
表-1.7-1	チンチャ川流域の事業費および内訳.....	1-4
表-1.8-1	年平均被害軽減額（民間価格）.....	1-4
表-1.8-2	年平均被害軽減額（社会価格）.....	1-5
表-1.8-3	社会評価（民間価格）.....	1-5
表-1.8-4	社会評価（社会価格）.....	1-5
表-1.9-1	水利組合の事業予算.....	1-6
表-1.11-1	実施計画.....	1-8
表-1.13-1	最終案の論理的枠組み.....	1-10
表-1.14-1	全体治水計画における事業費および社会評価(民間価格).....	1-11
表-1.14-2	全体治水計画における事業費および社会評価(社会価格).....	1-11
表-1.14-3	上流域における植林計画.....	1-12
表-1.14-4	上流域における土砂制御施設の概算事業費.....	1-12
表-3.1.2-1	チンチャ川周辺の町および面積.....	3-2
表-3.1.2-2	都市部及び地方部の人口変化.....	3-2
表-3.1.2-3	世帯数および家族数.....	3-3
表-3.1.2-4	労働従事状況.....	3-3
表-3.1.2-5	貧困率.....	3-3
表-3.1.2-6	住宅状況.....	3-4
表-3.1.2-7	1人当たり GNP の経年変化（2001-2009）.....	3-7
表-3.1.3-1	水利組合の概要.....	3-8
表-3.1.3-2	主要農作物の作付け状況および売上額.....	3-9
表-3.1.4-1	道路概要.....	3-11
表-3.1.4-2	PERPEC により実施された事業.....	3-11
表-3.1.5-1	洪水被害状況.....	3-12
表-3.1.5-2	被害状況.....	3-12
表-3.1.5-3	イカ州における災害.....	3-13
表-3.1.7-1	チンチャ流域の代表的植生一覧.....	3-19
表-3.1.7-2	植生区分面積と流域面積に対する割合(チンチャ流域).....	3-20
表-3.1.7-3	大区分植生の流域面積に対する割合（チンチャ流域）.....	3-20
表-3.1.7-4	2005 年までに減少した森林面積.....	3-20
表-3.1.7-5	1995 年から 2000 年の植生区分の面積変化.....	3-21
表-3.1.7-6	1994 年から 2003 年までの植林実績.....	3-21

表-3.1.8-1	収集資料の一覧 .....	3-23
表-3.1.8-2	標高別の面積 .....	3-24
表-3.1.8-3	傾斜区分と面積.....	3-24
表-3.1.8-4	河床勾配と溪流の総流路長.....	3-25
表-3.1.8-5	チンチャ川の標高毎の傾斜区分 .....	3-28
表-3.1.9-1	雨量観測地点一覧（チンチャ川流域） .....	3-33
表-3.1.9-2	雨量観測データ収集期間（チンチャ川流域） .....	3-33
表-3.1.9-3	確率 24 時間雨量（チンチャ川流域） .....	3-36
表-3.1.9-4	確率 24 時間雨量（基準地点：Station Conta） .....	3-37
表-3.1.9-5	確率雨量別ハイエイト .....	3-38
表-3.1.9-6	基準地点確率流量.....	3-38
表-3.1.9-7	確率洪水流量（ピーク流量：基準地点） .....	3-39
表-3.1.10-1	河川測量の概要 .....	3-40
表-3.1.10-2	氾濫解析手法 .....	3-41
表-3.2.1-1	洪水対策における問題点と保全対象 .....	3-46
表-3.2.1-2	主要な問題点の直接的な原因および間接的な原因 .....	3-46
表-3.2.3-1	問題点による直接的および間接的な結果 .....	3-47
表-3.3.1-1	問題点を解決する直接的および間接的な手段 .....	3-49
表-3.3.2-1	直接的および間接的な効果 .....	3-50
表-4.2-1	流域の需要と供給.....	4-1
表-4.2-2	チョコ川各地点における需要と供給.....	4-2
表-4.2-3	マタヘンテ川各地点における需要と供給.....	4-3
表-4.3.1-1	生起年確率洪水流量と既往最大流量.....	4-4
表-4.3.1-2	地形測量の概要.....	4-6
表-4.3.1-3	評価項目と採点基準 .....	4-7
表-4.3.1-4	対策箇所の選定根拠（Chincha 川） .....	4-10
表-4.3.1-5	重点洪水対策施設の概要 .....	4-12
表-4.3.1-6	計画高水流量と余裕高 .....	4-13
表-4.3.2.1-1	樹種選定の評価基準 .....	4-15
表-4.3.2.1-2	選定した樹種 .....	4-16
表-4.3.2.1-3	植林/植生回復計画数量（河川沿い） .....	4-16
表-4.3.2.1-4	苗木単価 .....	4-16
表-4.3.2.1-5	植林工事費 .....	4-17
表-4.3.2.2-1	土砂制御計画基本方針 .....	4-18
表-4.3.3-1	技術支援の内容と直接費用 .....	4-22

表-4.4.1-1	直接工事費総括表（民間価格） .....	4-24
表-4.4.1-2	事業費（民間価格） .....	4-24
表-4.4.2-1	直接工事費総括表（社会価格） .....	4-26
表-4.4.2-2	事業費（社会価格） .....	4-26
表-4.5.1-1	水被害額の算定項目 .....	4-27
表-4.5.1-2	想定洪水被害額（民間価格） .....	4-29
表-4.5.1-3	年平均想定被害軽減期待額の算定方法 .....	4-29
表-4.5.1-4	年平均被害軽減期待額（民間価格） .....	4-30
表-4.5.1-5	費用便益分析の評価指標と特徴 .....	4-30
表-4.5.1-6	民間価格における B/C、NPV、IRR の評価.....	4-31
表-4.5.2-1	想定洪水被害額（社会価格） .....	4-32
表-4.5.2-2	年平均被害軽減期待額（社会価格） .....	4-32
表-4.5.2-3	社会評価（B/C、NPV、IRR）（社会価格） .....	4-33
表-4.6-1	感度分析手法 .....	4-34
表-4.6-2	感度分析の検討ケース及び経済指標 .....	4-34
表-4.6-3	IRR、B/C、NPV の感度分析結果 .....	4-34
表-4.7-1	水利組合の事業予算 .....	4-35
表-4.8.1-1	環境影響に基づくカテゴリー分類 .....	4-36
表-4.8.1-2	工事実施予定地 .....	4-37
表-4.8.2-1	Leopold マトリックスー評価基準 .....	4-38
表-4.8.2-2	影響の大きさの程度の基準 .....	4-38
表-4.8.3-1	影響の認識マトリックス（建設期間） .....	4-39
表-4.8.3-2	環境影響評価のマトリックス（建設期間）チンチャ川流域 .....	4-39
表-4.8.3-3	影響の認識マトリックス（維持管理期間） .....	4-40
表-4.8.3-4	環境影響評価マトリックス（維持管理期間）チンチャ川流域.....	4-40
表-4.8.4-1	環境影響と予防・緩和策 .....	4-42
表-4.8.5-1	水質及び生物多様性モニタリング .....	4-42
表-4.8.5-2	大気質モニタリング .....	4-43
表-4.8.5-3	騒音モニタリング .....	4-43
表-4.8.5-4	水質及び生物多様性モニタリング .....	4-43
表-4.8.6-1	環境影響管理対策直接コスト .....	4-44
表-4.9-1	実施計画 .....	4-48
表-4.10-1	PSI の予算（2011 年） .....	4-51
表-4.10-2	PSI の職員数 .....	4-51
表-4.11-1	最終案の論理的枠組み .....	4-53
表-4.12.1-1	チンチャ川における堤防計画 .....	4-58

表-4.12.1-2	直接工事費（民間価格） .....	4-59
表-4.12.1-3	事業費（民間価格） .....	4-60
表-4.12.1-4	事業費（社会価格） .....	4-60
表-4.12.1-5	今後計画的に河床掘削すべき箇所 .....	4-61
表-4.12.1-6	50年間の河床掘削事業費（民間価格） .....	4-63
表-4.12.1-7	50年間の河床掘削事業費（社会価格） .....	4-63
表-4.12.1-8	各確率洪水量に対する被害額 .....	4-64
表-4.12.1-9	年平均被害軽減額（民間価格） .....	4-64
表-4.12.1-10	経済評価の結果（民間価格） .....	4-64
表-4.12.1-11	各確率洪水量に対する被害額 .....	4-65
表-4.12.1-12	年平均被害軽減額（社会価格） .....	4-65
表-4.12.1-13	経済評価の結果（社会価格） .....	4-66
表-4.12.2-1	上流域における植林計画全体計画 .....	4-67
表-4.12.2-2	上流域における植林/植生回復計画 .....	4-68
表-4.12.2-3	直接工事費単価 .....	4-71
表-4.12.2-4	植林/植生回復の直接工事費 .....	4-71
表-4.12.2-5	マツ植林事業の費用対効果計算結果 .....	4-73
表-4.12.3-1	上流域における土砂制御施設の概算工事費 .....	4-74

## 目 次

図-1.12-1	プロジェクト実施の関係機関 (投資段階) .....	1-8
図-1.12-2	プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階) .....	1-9
図-3.1.1-1	調査対象河川 .....	3-1
図-3.1.2-1	州別 GDP 成長率(2009/2008) .....	3-5
図-3.1.2-2	州別の GDP への寄与率 .....	3-6
図-3.1.2-3	1人当たり GDP (2009年) .....	3-6
図-3.1.3-1	作付け面積 .....	3-10
図-3.1.3-2	収穫量.....	3-10
図-3.1.3-3	売上高.....	3-10
図-3.1.6-1	視察現場の概要 (チンチャ川) .....	3-15
図-3.1.6-2	課題1に関する現地状況 (チンチャ川) .....	3-16
図-3.1.6-3	課題2に関する現地状況 (チンチャ川) .....	3-17
図-3.1.6-4	課題3に関する現地状況 (チンチャ川) .....	3-18
図-3.1.7-1	チンチャ流域植生分布 .....	3-22
図-3.1.8-1	標高別の面積 .....	3-24
図-3.1.8-2	傾斜区分と面積 .....	3-25
図-3.1.8-3	河床勾配と溪流の総流路長 .....	3-25
図-3.1.8-4	河床勾配と土砂移動の形態 .....	3-26
図-3.1.8-5	チンチャ川流域等雨量線図 .....	3-26
図-3.1.8-6	土壌侵食量と各種要因の関係 .....	3-27
図-3.1.8-7	チンチャ川の標高毎の傾斜区分 .....	3-28
図-3.1.8-8	安山岩質～玄武岩質の崩壊地 .....	3-29
図-3.1.8-9	堆積岩類の土砂生産状況 .....	3-29
図-3.1.8-10	サボテンの侵入状況 .....	3-29
図-3.1.8-11	河道付近における土砂移動 .....	3-29
図-3.1.8-12	平常時の土砂生産流出の状態 .....	3-30
図-3.1.8-13	エルニーニョ (1/50) 程度の豪雨時における土砂生産流出の状態 .....	3-31
図-3.1.8-14	大規模出水時の土砂生産流出の状態 (地質学的スケール) .....	3-32
図-3.1.9-1	観測地点位置図 (チンチャ川流域) .....	3-34
図-3.1.9-2	等雨量線図 (チンチャ川流域) .....	3-35
図-3.1.9-3	確率 50 年雨量等雨量線図 (チンチャ川流域) .....	3-37
図-3.1.9-4	チンチャ川の洪水ハイドログラフ .....	3-39
図-3.1.10-1	一次元モデルのイメージ .....	3-40

図-3.1.10-2	はん濫解析モデルの概念図 .....	3-42
図-3.1.10-3	チンチャ川流域チコ川現況疎通能力 .....	3-43
図-3.1.10-4	チンチャ川流域マタヘンテ川現況疎通能力.....	3-44
図-3.1.10-5	チンチャ川(チコ川)氾濫範囲(確率 50 年洪水) .....	3-45
図-3.1.10-6	チンチャ川(マタヘンテ川)氾濫範囲(確率 50 年洪水).....	3-45
図-3.2.4-1	原因と結果の樹系図 .....	3-48
図-3.3.3-1	手段—目的—効果の樹系図.....	3-51
図-4.3.1-1	年最大流量(観測値:チンチャ川) .....	4-5
図-4.3.1-2	確率洪水流量と被害額及び浸水面積(チンチャ川) .....	4-5
図-4.3.1-3	チンチャ川-チコ川における重点洪水対策施設の選定.....	4-8
図-4.3.1-4	チンチャ川-マタヘンテ川における重点洪水対策施設の選定.....	4-9
図-4.3.1-5	チンチャ川における重点洪水対策構造物の位置.....	4-12
図-4.3.1-6	堤防の標準断面.....	4-14
図-4.3.2.1-1	河川構造物沿いの植林 概念図 .....	4-14
図-4.3.2.1-2	河川構造物沿いの植林計画標準配置図 .....	4-15
図-4.3.2.2-1	土砂制御対策 .....	4-18
図-4.8.1-1	農水省における環境承認取得までのプロセス .....	4-36
図-4.9-1	SNIP プロジェクトサイクル .....	4-46
図-4.9-2	SNIP の関連組織 .....	4-46
図-4.10-1	プロジェクト実施の関係機関(投資段階) .....	4-49
図-4.10-2	プロジェクト実施の関係機関(投資後:運営維持管理段階) .....	4-49
図-4.10-3	PSI の組織 .....	4-52
図-4.12.1-1	堤防法線の決定.....	4-55
図-4.12.1-2	チンチャ川平面形状 .....	4-56
図-4.12.1-3	チンチャ川-チコ川縦断図.....	4-57
図-4.12.1-4	チンチャ川-マタヘンテ川縦断図.....	4-57
図-4.12.1-5	チンチャ川-チコ川の堤防設置範囲.....	4-58
図-4.12.1-6	チンチャ川-マタヘンテ川の堤防設置範囲.....	4-59
図-4.12.1-7	維持管理が必要な堆積区間(チンチャーチコ川) .....	4-62
図-4.12.1-8	維持管理が必要な堆積区間(チンチャーマタヘンテ川) .....	4-62
図-4.12.2-1	植栽配置標準図.....	4-67
図-4.12.2-2	チンチャ上流域の植林/植生回復地域.....	4-70
図-4.12.3-1	チンチャ川流域土砂制御対策工位置図.....	4-75





## まえがき

「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あり、そのため、調査・設計・施工計画などの観点のもとより、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。

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。

以下に本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。

### 第1章 要約

### 第2章 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）

##### 2.4.1 プログラムの背景

##### 2.4.2 プログラムに関連する法令、政策、ガイドライン

### 第3章 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
- 3.1.11 洪水予警報

## 3.2 問題の定義と原因

- 3.2.1 調査対象地域の洪水対策における問題点と洪水被害の実態
- 3.2.2 問題点の原因
- 3.2.3 問題点による結果 1
- 3.2.4 原因と結果の樹系図

## 3.3 プロジェクトの目的

- 3.3.1 主要な問題点を解決する手段
- 3.3.2 主要な目的を達成することにより得られる効果
- 3.3.3 手段—目的—効果の樹系図

## 第4章 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
    - 4.3.2.3 洪水予警報
  - 4.3.3 技術支援
- 4.4 コスト
  - 4.4.1 コストの算出（民間価格）
  - 4.4.2 コストの算出（社会価格）
- 4.5 社会評価
  - 4.5.1 民間価格
  - 4.5.2 社会価格
  - 4.5.3 社会評価のまとめ
- 4.6 感度分析
- 4.7 持続可能性分析
- 4.8 環境インパクト

- 4.9 実施計画
- 4.10 組織と管理
- 4.11 最終選定案の論理的枠組み
- 4.12 中・長期計画
  - 4.12.1 全体治水計画
  - 4.12.2 植林・植生計画
  - 4.12.3 土砂制御計画

## 第5章 結論



## 第1章 要約

### 1.1 プロジェクトの名称

溪谷村落洪水対策事業 イカ州チンチャ川洪水および氾濫防止対策実施計画

( Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables ante Inundaciones, Implementacion de Medidas de Prevencion para el Control de Desbordes e Inundaciones del Río Chincha, Departamento Ica)

### 1.2 プロジェクトの目的

プロジェクトの目的は溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性軽減し、地域における社会経済の発展を促進することである。

### 1.3 需要と供給のバランス

確率 50 年洪水流量を計画洪水流量としてチンチャ川流域において、500mピッチで実施した河川横断測量に基づき計画洪水量が流下するときの計算水位を計算した。計算水位に必要な堤防余有高を加えて必要な堤防高を算出する。

この堤防高は計画洪水流量に対して洪水被害を防御するために必要とされる高さであり、地域住民にとっての需要を表す指標となる。

また現在の堤防高または地盤高は現状における洪水被害を防御する高さであり、現時点での供給を表す指標となる。

上記の需要を表す計画堤防高と現堤防高または現地盤高の差が需要と供給のギャップと考えられる。

流出解析で求めた確率 50 年流量に対する計算水位、これに堤防余裕高を加えた必要堤防高 (需要) および現堤防高または地盤高 (供給) ならびにこれらの差 (需給ギャップ) の全川における平均値は表-1.3-1 に示す通りとなる。各地点におけるこれらの値は表-4.2-2 に示すとおりである。地点によって現堤防または現地盤高が必要堤防高より高くなるが、この場合需給ギャップは 0 とした。

表-1.3-1 需要と供給分析

流域	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②				③	④
カニエテ川	188.40	184.10	184.77	1.20	185.97	1.18	2.03

## 1.4 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、検討の結果は後述する 4.12 中・長期計画に述べてある。結論としては流域全体の治水方式として堤防方式を提案しているが、チンチャ川流域における事業規模が大きく事業費が非常に高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した。

### (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) 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 Agricolas 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。

### (2) 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。

- ・地域住民の要望箇所 (過去の洪水被害を踏まえた要望)
- ・流下能力不足箇所 (洗掘箇所も含む)
- ・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、地元ヒヤリング結果 (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、チンチャ川において治水上の対策が必要な箇所 (総合評価点の高い箇所) 5 ヶ所を重点洪水対策箇所として選定した。

具体的には、河川測量を 500mピッチ (横断図) で実施し、流下能力評価や氾濫解析をこれに基づいて実施しているため、500m区間毎に上記の各項目について 3 段階評価 (0 点、1 点、2 点) を行い、その合計点が 6 点以上の区間を選定した。なお、施設選定の下限值 (6 点) については、全体事業費の予算等にも配慮して設定した。

## 1.5 非構造物対策

### 1.5.1 植林/植生回復

#### (1) 基本方針

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。後者については後述する 4.12 中長期計画に述べるように、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) について検討した。

## (2) 河川構造物沿いの植林について

この案は堤防や護岸などの河川構造物沿いに植林を行う案である。

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

河川構造物沿いの植林幅、植林延長および面積はチンチャ川流域についてはそれぞれ 11m、4.6km および 10.1ha となっている。

### 1.5.2 土砂制御計画

土砂制御計画としては流域全体計画を検討すべきであり、検討の結果は後述する 1.12 中・長期 (3) 土砂制御計画に述べてある。結論としては流域全体の土砂制御計画は流域における事業規模が大きく事業費が非常に高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。

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。チンチャ川では、チコ川およびマタヘンテ川の分流店に重点洪水対策施設として分流堰 (チコー3) が計画されている。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しているので土砂制御工兼用とする。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。

## 1.6 技術支援

本事業において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、これらの対策を補完する技術的な支援を提案した。

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。

事業実施においては、チンチャ川流域の特性を踏まえた研修の実現を図るため、チンチャ川流域について独自に実施することとする。研修対象者はチンチャ川流域の水利組合および小組合の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者などを想定する。

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。

技術支援における研修については「河岸保護活動の知識に係る研修」、「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」および「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」を実施する

## 1.7 コスト

本事業の事業費は表-1.7-1 に示すとおりである。

表-1.7-1 チンチャ川流域の事業費および内訳

構造物対策費					非構造物対策費		技術支援費	合計
建設費	詳細設計費	施工管理費	環境費	小計	植林費	洪水予警報	防災教育費	
37,601	1,880	3,760	376	43,617	129	0	219	43,965

(千ソレス)

## 1.8 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。プロジェクトを実施することによる年平均被害軽減額は民間価格および社会価格について表-1.8-1 および表-1.8-2 に示すとおりである。

表-1.8-1 年平均被害軽減額（民間価格）

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合① Sin Proyecto ①	事業を実施し た場合② Con Proyecto ②	軽減額 ③=①-② Daños mitigados ③=①-②				
			s/1000						
CHINCH A	1	1.000	0	0	0			0	0
	2	0.500	14,576	423	14,153	7,076	0.500	3,538	3,538
	5	0.200	36,902	2,731	34,171	24,162	0.300	7,249	10,787
	10	0.100	51,612	3,904	47,708	40,939	0.100	4,094	14,881
	25	0.040	72,416	13,140	59,276	53,492	0.060	3,210	18,090
	50	0.020	96,886	28,112	68,774	64,025	0.020	1,281	19,371



表-1.8-2 年平均被害軽減額 (社会価格)

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S/)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
CHINCHA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	16,283	430	15,852	7,926	0.500	3,963	3,963
	5	0.200	42,375	4,507	37,868	26,860	0.300	8,058	12,021
	10	0.100	70,525	6,449	64,076	50,972	0.100	5,097	17,118
	25	0.040	95,769	17,698	78,070	71,073	0.060	4,264	21,383
	50	0.020	125,742	33,329	92,413	85,242	0.020	1,705	23,088

(2) 社会評価の結果

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、純現在価値、経済的内部収益率を経済性の評価指標として算出し評価している。

事業開始から 15 年をプロジェクト評価期間として便益を算定する。評価期間 15 年のうち、施工期間として 2 年を想定しており、実際の便益は整備完了後の 13 年間として検討した。

本事業の社会評価の結果は民間価格および社会価格について表-1.8-3～表-1.8-4 に示す通りとなる。

表-1.8-3 社会評価 (民間価格)

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害 軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Chincha	251,818,212	113,716,113	43,965,072	2,444,072	2.88	74,212,307	35%

表-1.8-4 社会評価 (社会価格)

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害 軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Chincha	300,137,698	135,536,235	35,359,690	1,965,034	4.27	103,764,959	50%

チンチャ川流域の社会評価は民間価格および社会価格において経済効果が認められる。

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

以上の経済評価から、本プロジェクトを実施することにより地域経済の発展に大きく貢献することが期待される。

## 1.9 持続可能性分析

本プロジェクトは、中央政府（DGIH）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る。建設費用の分担は中央政府（DGIH）と水利組合及び地方政府が、それぞれ分担する。一般的な分担率は中央政府（DGIH）が 80%、水利組合 10%、地方政府 10%であるが、水利組合と地方政府の分担割合は協議により決定される。一方、施設整備後の維持管理は水利組合が担当することになる。したがって、プロジェクトの持続可能性は、事業による収益性、水利組合による維持管理能力により判断される。

表-1.9-1 チンチャ川流域における最近の水利組合の予算を示す。

**表-1.9-1 水利組合の事業予算**

河 川	年予算			(単位 S)
	2007	2008	2009	3 ヶ年平均
チンチャ川	1,562,928.56	1,763,741.29	1,483,108.19	1,603,259

### (1) 収益性

チンチャ川流域における事業収益性は十分であり、事業の持続可能性は高い。チンチャ川における投資額は民間価格で S/ 44.0 百万ソルであるが、事業実施にともなう B/C=2.88、内部収益率は約 35%と高く、15 年間で NPV が S/ 74.2 百万ソルとなり、非常に効率性の高い事業である。

### (2) 維持管理費

2008 年をベースとして本事業で必要となる年間維持管理費は建設費の 0.5%とするとチンチャ川においては S/188,006 である。一方、水利組合の最近 3 ヶ年の平均事業費は 1,603,259 となっている。

水利組合の年間予算に占める年間維持管理費は約 11.7%であり、水利組合の資金面の維持管理能力からも十分に持続可能性があると判断される。

## 1.10 環境インパクト

### (1) 環境影響評価の手続き

ペルー国では、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。環境への影響の程度に応じて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(DIA)」、カテゴリーIIの事業は「準詳細環境影響評価(EIA-sd)」、カテゴリーIIIの事業に関しては、「詳細環境影響評価(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。

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

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.)によりカニエテ川流域については2010年12月から2011年1月にかけて実施された。

EAPは2011年1月25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日に提出された。

DGAAはこれの審査を終了し、2011年12月28日DGIHに承認レターを出し、カニエテ川流域はカテゴリーIに分類された。したがって更なる環境影響評価は必要ない。

### (2) 環境影響評価の結果

本事業の実施により発現が予測される正負の環境影響の確認及び評価を行い、それらの影響の予防・緩和策についての計画を提示した。本事業にかかる事前環境評価(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2010年12月から2011年1月にかけて5流域それぞれに対し実施され、現在農業省環境総局(DGAA)によりその審査が行われている。

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。

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。

### 1.11 実施計画

本プロジェクトの実実施計画は表-1.11-1 に示すとおりである。

表-1.11-1 実施計画

項目	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	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	12
1 ペルフィル調査/SNIP審査	調査							審査																				
2 F/S調査/SNIP審査					調査			審査																				
3 円借款手続き																												
4 コンサルタント選定																												
5 コンサルティングサービス(詳細設計、入札図書作成)													設計・入札図書								施工管理							
6 建設業者選定																												
7 事業実施																												
1) 洪水対策施設の建設																												
2) 植林																												
3) 防災教育/能力開発																												
8 施設完成/水利組合引き渡し																												

### 1.12 組織と管理

投資段階と投資後の維持管理段階における組織と管理を図-1.12-1 および図-1.12-2 に示すとおりとなる。

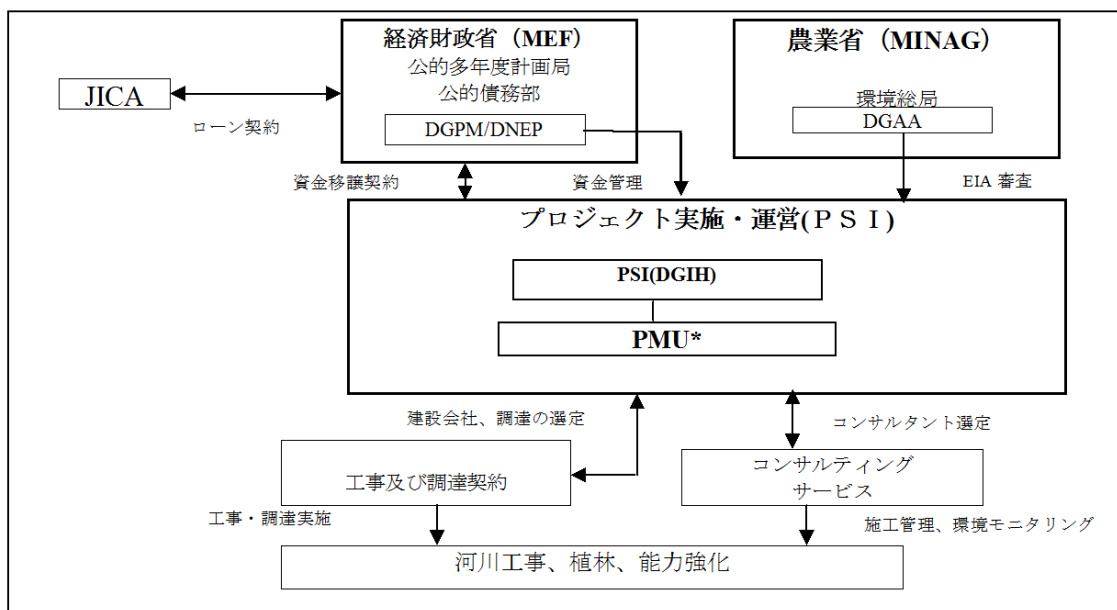


図-1.12-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

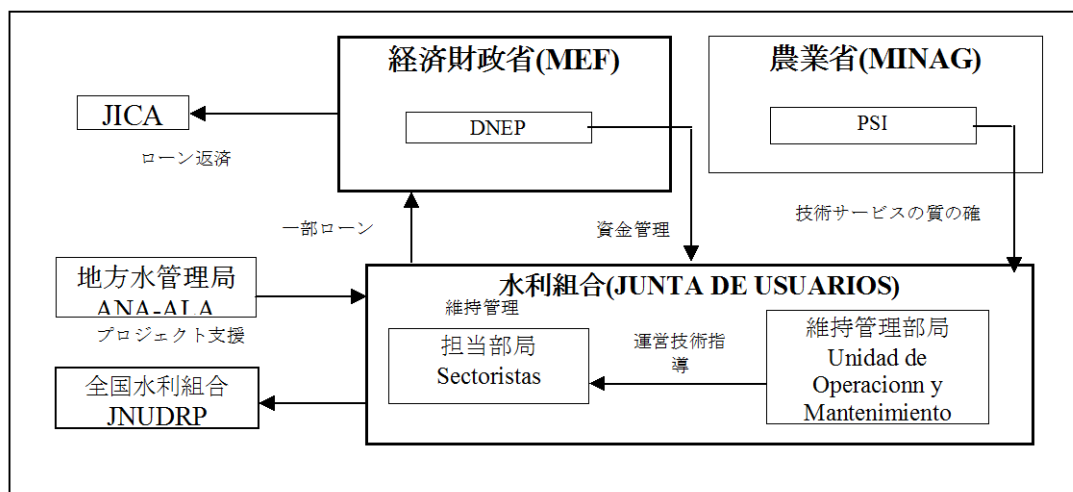


図-1.12-2 プロジェクト実施の関係機関（投資後：運営維持管理段階）

### 1.13 論理的枠組み

最終的に選定された案の論理的枠組みは表-1.13-1 に示すとおりである。

表-1.13-1 最終案の論理的枠組み

要約	検証可能な指標	検証の方法	前提
<b>最終目標</b>			
地域における社会経済の発展を促進し、住民の福祉に貢献する。	地域における生産性の向上、雇用の拡大、住民の収入増加、貧困率の低減、	公表される各種統計資料	社会、経済、政治の安定
<b>目的</b>			
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する。	洪水対策施設の種別と数および分布、被益人口、被益面積	年次工事計画、資金計画のモニタリング、予算執行の監視	必要予算の確保、中央政府、地方政府および自治体、水利組合、地域住民などの積極的関
<b>結果</b>			
氾濫ヶ所および面積の減少、取水堰機能の改善、道路損壊の回避、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止、ポエチョスダムの安全確保	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、道路損箇所および頻度、河岸侵食の状況、ダム下流の侵食状況	現地視察、治水対策計画書、洪水対策工事報告書などのチェック、地域住民による日常的なモニタリング	地方政府、自治体、地域住民など維持管理者の監視および上位機関への適切な報告
<b>活動</b>			
コンポーネントA.: 構造物対策	堤防、護岸、取水堰の改善、道路の損壊防止、ダムの安全確保施設等28の構造物対策	詳細設計報告書、工事進捗報告書、予算支出状況のチェック	工事予算の確保、優良な詳細設計、工事施工、施工管理
コンポーネントB.: 非構造物対策			
B-1 植林・植生回復	植林面積、河畔林面積	工事進捗報告書、地域住民による日常的なモニタリング	コンサルタントやNGOの支援、対象地域住民の協力、下流住民の理解と協力
B-2 洪水予警報	機器据付状況、操作状況、予報・警報の回数、情報の伝達状況	工事進捗報告書、担当官庁や住民によるモニタリング	機器の正常な作動および操作、担当者の良好な訓練、連絡・広報活動、機器やソフトウェアの維持・管理
コンポーネントC.: 防災教育・能力開発	講習会、実習、訓練、ワークショップなどの回数	実施報告書、地方自治体担当者および住民によるモニタリング	対象者の参加意欲、コンサルやNGOによる指導
<b>プロジェクト実施管理</b>			
プロジェクトマネジメント	詳細設計、工事発注、施工管理、維持管理	設計図、施工計画および工事費積算書、工事仕様書、契約書、工事管理報告書、維持管理マニュアル	優良コンサルタントおよび建設業者の選定、維持管理における被益住民の参加

#### 1.14 中長期計画

本プロジェクトの事業費予算の制約もあり、緊急に実施すべき洪水対策について述べたが、流域における洪水対策は長期計画に基づき今後も逐次実施していくべきである。ここでは流域における洪水対策の中・長期計画を提案する。

### (1) 全体治水計画

流域全体を対象とした場合の治水方式としてダム案、遊水地案、堤防案およびこれ等の組み合わせ案などがあるが、ダム案や遊水地案では 50 年確率洪水流量が非常に大きいので、必要な貯水容量が巨大になり、これを満足する施設の建設は不可能である。従って全体治水方式としては実現性の高い堤防方式とする。

確率 50 年洪水量を計画対象としてチンチャ川流域における河川水位を計算し、これに余裕高を加えて必要堤防高を求め、現堤防高または現地盤高がこれより低い地区に堤防を建設すると必要堤防延長は約 26 k mとなる。施設の維持管理として堤防の維持管理のほかに、別途実施した河床変動解析に基づき、堆積土砂による河床の上昇が予測される箇所については約 10,000m<sup>3</sup>/年の堆積土砂を掘削除去する必要がある。

全体治水計画における事業費および社会評価は民間価格および社会価格について表-1.14-1 および表-1.14-2 に示すとおりである。

**表-1.14-1 全体治水計画における事業費および社会評価(民間価格)**

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O&M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Chincha	275,669,025	124,486,667	84,324,667	7,429,667	1.61	47,326,578	20%

**表-1.14-2 全体治水計画における事業費および社会評価(社会価格)**

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O&M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Chincha	334,336,127	150,979,568	67,797,033	5,973,452	2.43	88,942,856	31%

全体治水方式の事業費は民間価格で 84.3 百万ソレスと大きくなる。また社会価格における社会評価では十分な経済効果が認められる。

### (2) 植林・植生計画

長期的には上流域において植林が必要なすべての地域に植林を行う案を検討した。目的は水源となるエリアの土壌浸透能を向上させ、表面流量を軽減するとともに中間流量・地下水量を増加させることである。これにより、洪水ピーク流量のカット、山地の水資源賦存量増加を図り、もって洪水防止・軽減に寄与する。植林対象地は水源となる流域の植栽可能箇所、あるいは森林が衰退した箇所である。

チンチャ川流域において、植林が必要と考えられる面積、及び事業費用を算出すると表-1.14-3 に示すように合計で植林面積 4 万 ha, 総事業費は 1 億ソレス、事業実施機関 14 年間という長期

間、莫大な費用となった。

**表-1.14-3 上流域における植林計画**

流域	植栽面積 (ha)	必要事業期間(年)	必要事業費(ソレス)
チンチャ	44,068.53	14	118,946,853

### (3) 土砂制御計画

長期的な土砂制御計画としては上流域において必要な土砂制御対策を実施するのが望ましい。上流部での土砂制御計画は、砂防ダムおよび護岸工が主体となる。各流域に対して、流域全体を対象とした場合および優先範囲を限定して、これらの配置検討を実施した結果、概算工事費は表-1.14-4 に示す通りとなる。

今回対象としている流域はいずれも広大であり、護岸工および砂防ダム等の施設を配置した場合、いずれのケースにおいても建設コストだけでなく、事業終了までに長期間を要する。このため、効果発現までにかかなりの時間が必要となる。

**表-1.14-4 上流域における土砂制御施設の概算事業費**

流域名	対象範囲	護岸工		帯工		砂防堰堤		直接工事費 合計	事業費 (Million S/.)
		数量 (km)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)		
チンチャ川	全流域	381	S/.407	38	S/.1	111	S/.116	S/.524	S/.986
	優先範囲	381	S/.407	38	S/.1	66	S/.66	S/.474	S/.892



## 第2章 一般的側面

### 2.1 プロジェクトの名称

溪谷村落洪水対策事業 イカ州チンチャ川洪水および氾濫防止対策実施計画

( Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables ante Inundaciones, Implementacion de Medidas de Prevencion para el Control de Desbordes e Inundaciones del Río Chincha, Departamento Ica)

### 2.2 形成および執行機関

#### (1) 形成機関

名称：農業省水インフラ総局 (Dirección General de Infraestructura Hidráulica, Ministerio de Agricultura)

責任者：オルランド・エルナン・チリノス・トルヒーヨ (Orlando Hernán Chirinos Trujillo)  
水インフラ総局長 (Director General de Dirección General de Infraestructura Hidráulica)

住所：Av. Benavides N° 395 Miraflores, Lima12 – Perú

電話：(511) 4455457/6148154

e メール：[ochirinos@minag.gob.pe](mailto:ochirinos@minag.gob.pe)

#### (2) 執行機関

名称：農業省灌漑サブセクタープログラム (Programa Subsectorial de Irrigaciones, Ministerio de Agricultura)

責任者：ホルヘ・ツニーガ・モルガン (Ing. Jorge Zúñiga Morgan)  
実施局長 (Director Ejecutivo)

住所：Jr. Emilio Fernandez N° 130 Santa Beatriz, Lima-Perú

電話：(511)4244488

e メール：[postmast@psi.gob.pe](mailto:postmast@psi.gob.pe)

### 2.3 関係機関と被益者の参加

本プロジェクトに関係する機関をよび被益者は次のとおりである。

#### (1) 農業省 Ministerio de Agricultura(MINAG)

流域における農業の発展を目的とし、流域の天然資源を管理する機関として、経済的、社会的、環境的な持続性を維持して農業の発展に寄与する責務を負っている。

その目的を効果的かつ効率的に果たすために MINAG は 1999 年以来河川流路整備・取水構造物保護プログラム (Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Cptación,

PERPEC) の着実な達成に取り組んでいる。また地方政府はこのプログラムによって河川の防災プログラムに対するファイナンスを得ている。

- 1) 総務局 (Oficina de Administracion, OA)
  - －プログラムの管理とプログラムの予算執行を司る。
  - －管理および財務ガイドラインの作成を立案する。
- 2) 農業省水インフラ総局 (Dirección General de Infraestructura Hidráulica, DGIH)
  - －投資プログラムの調査、コントロール、実施を司る。
  - －OPI と協力してプログラムの一般的なガイドラインを立案する。
- 3) 計画投資室 (Oficina de Planeamiento e Inversiones, OPI)
  - －投資プログラムの事前審査を行う。
  - －プログラムの管理とプログラムの予算執行を司る。
  - －管理および財務ガイドラインの作成を立案する。
- 4) 農業省灌漑サブセクタープログラム (Programa Subsectorial de Irrigaciones, PSI)
  - －OPI および DGPM により承認された投資プログラムを実施する。

**(2) 経済財務省 Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)**

- 1) 公共部門多年度計画局 (Dirección General de Programación Multianual del Sector Publico, DGPM)

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 (SNIP) に基づき公共投資事業の承認を行い、これに基づき国家予算の支出や JICA ローンの申請を許可する。

**(3) 日本国国際協力機構 (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA)**

日本政府の機関であり、その目的は国際的な協力を推進して発展途上国の社会的、経済的發展に寄与することである。JICA は本プロジェクトのプレフィージビリティ調査およびフィージビリティ調査の実施に資金援助を行っている。

**(4) 地方政府 (Gobiernos Regionales, GORE)**

国家や地方や地域の計画やプログラムに従って地方の統合的、持続的發展を促進し、公共および民間投資や雇用の増大に努め、住民の権利と機会均等を保証する機関である。

地方政府の参加はプロジェクトに対する財務的な寄与が考えられるのでプロジェクトの持続性にとって不可欠である。

**(5) 水利組合(Comisión de Regantes)**

チンチャ川流域には 14 の灌漑委員会があり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。チンチャ川流域の水利組合の概要を下に示す(詳細は 3.1.3 を参照)。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。

灌漑セクターの数	3
灌漑委員会の数	14
灌漑面積	25,629 ha
受益者	7,676 人

**(6) 国立気象・水文機構 (Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología, SENAMHI)**

環境省に所属し、気象、水文、環境、農業気象に係わる活動を行っている。また地球規模の大気モニタリングに参加し、持続的発展、安全保障、国家の福祉に貢献すると共に気象観測所や水文観測所からの情報を収集して処理する。

**(7) 国立防災機構 (Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI)**

国家防災システム (Sistema Nacional Defensa Civil) の実行組織である。防災活動に関して住民の組織および調整を行い、計画を策定し、コントロールする。また自然災害や人災による人命の損失を避けまたは軽減し、財産や環境破壊を防ぐ目的を有する。

**(8) 国営水資源局 (Autoridad Nacional del Agua, ANA)**

国全般にわたる水資源の持続的利用に関して政策、計画、プログラムおよび規則を推進し、モニタリングし、コントロールする技術的調整機関である。

その機能は水資源の持続的管理、地域における水道について活動のモニターおよび評価に対する技術的、法的枠組みの改善を行うことである。そして水資源の持続的利用を維持しかつ促進すると共に、主要な管理計画および国家的、国際的な経済的、技術的協力に関して調査を行いプログラムを策定する。

**(9) 地方農業局 (Direcciones Regionales Agricultura, DRA 'S)**

地方農業局は州政府の下で次のような機能を果たしている。

- －農業に関連する国家の政策、セクター別プラン、市町村から提案された開発計画などに関して地域計画や政策を立案、承認、評価、実施、コントロール、管理する。
- －関連する政策や規則および地域のポテンシャルに従って農業活動やサービスの管理を行う。
- －流域の枠組みの実態や国営水道局の政策に従って水資源の持続的管理に参加する。
- －農産物や農産工業の生産物に関して品種の転換、市場開拓、輸出、消費を促進する。
- －灌漑プログラム、灌漑工事、灌漑施設の改修、水資源や土壌の保全や適切な管理を促進する。

**2.4 構想の枠組み(関連性の枠組み)**

**2.4.1 プログラムの背景**

**(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

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 年から 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。

このような背景のもと、1997～98 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) 水インフラ総局 (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 年～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) 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イル調査報告書は 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) の公的部門多年度計画局 (DGPM) 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 日にペルー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、ペルー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、カニエテ川、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イル調査をプレ 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/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 に対してカマナ/マヘス流域のプレ 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。

このレポートは A グループ 5 流域のうちのチンチャ川流域に関するプレ F/S レベルのプロジェクトレポートである。今後マヘス - カマナ流域 F/S レベルの調査を 2012 年 1 月中旬までに完了し、同時に全対象流域の F/S レベルの調査も完了することになっている。

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。

チンチャ川流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポートは DGIH より OPI に提出され、2011 年 9 月 22 日に OPI より DGIH にコメントが伝達された。現在コメントに関する報告書の修正につき、DGIH, OPI と協議中である。

## 2.4.2 プロジェクトに関連する法令、政策、ガイドライン

本プロジェクトは次に述べる法令、政策、ガイドラインに関連して策定されている。

### (1) 水資源法 29338 号 (Ley de Recursos Hidricos)

#### 第 75 条-水の保護

全国水当局は、流域諮問委員会の意見を受け、水源と生態系そして本法とその他適用可能な規則の枠組みにおけるこれと関わる天然財の保全と保護を含む水の保護を目指さなければならない。上記の目的のため、関連する公共機関と様々な利用者らと調整することができる。

全国水当局は、該当の流域諮問委員会を通し、海、河川、湖の汚染を予防し、対策する目的で相当する事項において、監視と監査の役割を行使する。この目的のため、公共

機関や地方政府、現地政府と調整することができる。

国家は水が源を発する流域を環境的に脆弱性のある地域だと認識する。全国水当局は、環境省の意見を受け、水の利用や取水、流入の権利を一切与えない不可侵地域であると宣言することができる。

#### 第 119 条-出水、災害、洪水対策プログラム

全国水当局は、該当する流域諮問委員会とともに、出水や自然あるいは人為的災害をコントロールする総合的なプログラムと洪水その他水とその関連財による影響が引き起こす被害予防を、構造的、組織的行動と必要な活動を促進しながら、奨励する。

水利計画のなかで、マルチセクターによる有効利用のためのインフラプロジェクトの展開を奨励し、そのなかでは出水コントロール、洪水に対する防御、その他の予防策を考慮する。

### (2) 水資源法 29338 号規則 (Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338)

#### 第 118 条-河川敷のメンテナンスプログラムについて

水管理局は、農業省、地方政府、現地政府、水利組織と調整しながら、水の浸食作用からの防御のため河川敷での植林のプログラムとプロジェクトの展開を奨励する。

#### 第 259 条-河岸防護の義務について

自然現象からの影響に対し、取水堰から何らかの影響を受けている範囲全体の河岸を防護することは、それが自己あるいは第三者の土地に位置する場合でも、利用者全員の義務である。そのため、全国水当局からの検討と承認を受けるため、該当するプロジェクトを提出するであろう。

### (3) 水法(Ley de Agua)

第 49 条 農地保護のための予防措置の投資はそれらのリハビリや回復作業に比べてコストが小さい。このように経済的で国家にとって便益が大きく、国費の節約ともなることから保護対策を優先することが重要である。

第 50 条 堤防や灌漑水路の保護対策のコストが家族単位農業組織の場合や利用者の支払い能力を超える場合は政府がそれらの一部を負担出来る。

### (4) 農業分野における多年度計画に係わる政策と戦略のガイドライン (RM N0 0821-2008-AG)

水資源の利用可能性と適正利用を前提として灌漑関連インフラの建設と改修を行うことを促進する。

### (5) 農業省基本法(Ley Orgánica de Ministeri de Agricultura, N0 26821)

第 3 条に関連して河川における工事や農業用の水資源の管理は農業分野の責任であると規定されている。そのような規定がある以上河川での事業や農業目的の水資源の管理は農業セクターが追うことになる。

(6) ペルーの農業政策ガイドライン-2002 (農業省政策室)

**(Lineamientos de Política Agraria para el Perú – 2002, por la Oficina de Políticas del MINAG)**

第10編 セクター別政策

“農業は高いリスクや天候の脆弱性のもとで行われる生産活動で、それらは予見しかつ軽減され得るものである。……” またインフラや農作物や家畜に対する損害により生ずるコストは農業の発展に障害となり、結果としてその地域や地方や国家の諸条件の悪化を助長する。”

(7) 河川流路整備・取水構造物保護プログラム、1999

**(Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación, PERPEC)**

農業省 (MINAG) 水インフラ総局 (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。





### 第3章 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

###### (1) 位置

調査の対象地域であるチンチャ川の位置は図-3.1.1-1 に示すとおりである。



図-3.1.1-1 調査対象河川

###### (2) 流域の概要

チンチャ川は首都リマの南方約 170km に位置し、流域面積は約 3,300km<sup>2</sup> である。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、標高 3000m 以上で 1000mm、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

### 3.1.2 対象地域の社会経済

#### (1) 行政区分および面積

チンチャ川は、イカ州 Chinch a 郡に位置する。チンチャ川周辺の主要な町名およびその面積を表-3.1.2-1 に示す。

表-3.1.2-1 チンチャ川周辺の町および面積

州 (Región)	郡 (Provincia)	町 (Distrito)	面積 (km <sup>2</sup> )
イカ	チンチャ (Chincha)	チンチャ・アルタ (Chincha Alta)	238.34
		アルト・ラレン (Alto Laren)	298.83
		チンチャ・バハ (Chincha Baja)	72.52
		エル・カルメン (El Carmen)	790.82
		タンボ・デ・モラ (Tambo de Mora)	22.00

#### (2) 人口および世帯数

1993 年と 2007 年の人口の変化を表-3.1.2-2 に示す。2007 年の人口は 94,439 人でそのうち 82% の 77,695 人が都市部に、18% の 16,744 人が地方部に居住している。しかしながら、Chincha Baja、El Carmen では地方部の割合が 58%、57%と地方部の比率が高くなっている。なお、各地域とも人口が増加している。

表-3.1.2-2 都市部及び地方部の人口変化

町名	2007 年人口					1993 年人口					変化率 (%)	
	都市	%	地方	%	合計	都市	%	地方	%	合計	都市	地方
Chincha Alta	59,574	100%	0	0%	59,574	49,748	100%	0	0%	49,748	1.3%	0.0%
Alto Laran	3,686	59%	2,534	41%	6,220	1,755	41%	2,530	59%	4,285	5.4%	0.01%
Chincha Baja	5,113	42%	7,082	58%	12,195	3,402	30%	7,919	70%	11,321	3.0%	-0.8%
El Carmen	5,092	43%	6,633	57%	11,725	3,766	43%	5,031	57%	8,797	2.2%	2.0%
Tambo de Mora	4,230	90%	495	10%	4,725	3,176	79%	868	21%	4,044	2.1%	-3.9%
<b>Total</b>	<b>77,695</b>	<b>82%</b>	<b>16,744</b>	<b>18%</b>	<b>94,439</b>	<b>61,847</b>	<b>79%</b>	<b>16,348</b>	<b>21%</b>	<b>78,195</b>	<b>1.6%</b>	<b>0.2%</b>

Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Instituto Nacional de Estadística -INEI, Censos de Población y Vivienda, 2007 y 1993.

2007 年の世帯数および家族数を表-3.1.2-3 に示す。1 世帯当りの人数は、概ね 4.0~4.4 人程度で

ある。1 家族当りの人数は、概ね 3.9～4.1 人程度である。

**表-3.1.2-3 世帯数および家族数**

項目	町名				
	Chincha Alta	Alto Laran	Chincha Baja	El Carmen	Tambo de Mora
人口 (人)	59,574	6,220	12,195	11,725	4,725
世帯数	13,569	1,522	2,804	2,696	1,124
家族数	14,841	1,559	2,997	2,893	1,200
1世帯数当り人数 (人/1世帯)	4.39	4.09	4.35	4.35	4.20
1家族当り人数 (人/1家族)	4.01	3.99	4.07	4.05	3.94

**(3) 労働従事状況**

表-3.1.2-4 に住民が従事する仕事を産業ごとに区分して示す。都市部の人口割合が高い、Chincha Alta、Tambo de Mora では第 1 次産業従事者の比率が低く、その他の町では、第 1 次産業従事者の比率が高くなっている。

**表-3.1.2-4 労働従事状況**

	町名									
	Chincha Alta		Alto Laran		Chincha Baja		El Carmen		Tambo de Mora	
	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%
経済活動人口	23,596	100	2,415	100	4,143	100	3,966	100	1,640	100
第1次産業	1,889	8.0	1,262	52.3	1,908	46.1	2,511	63.3	334	20.4
第2次産業	6,514	27.6	443	18.3	931	22.5	399	10.1	573	34.9
第3次産業	15,190	64.4	710	29.4	1,304	31.5	1,056	26.6	733	44.7

\* 第1次産業: 農林水産業、第2次産業: 鉱業、建設業、製造業、第3次産業: サービス業その他

**(4) 貧困率**

貧困率を整理して表-3.1.2-5 に示す。全地域住民のうち 15.6%にあたる 14,721 人が貧困者であり、0.3%にあたる 312 人が極度の貧困者である。Chincha Baja は貧困者割合が 10.6%、極度の貧困者の割合が 0.2%と他の地域よりも貧困率の割合が低くなっている。

**表-3.1.2-5 貧困率**

	地域名											
	Chincha Alta		Alto Laran		Chincha Baja		El Carmen		Tambo de Mora			
	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%	合計	%
地域人口	59,574	100	6,220	100	12,195	100	11,725	100	4,725	100	94,439	100
貧困者	9,316	15.6	1,309	21.0	1,296	10.6	1,950	16.6	850	18.0	14,721	15.6
極貧困者	214	0.4	30	0.5	22	0.2	35	0.3	11	0.2	312	0.3

**(5) 住居の形態**

家の壁には、全体の 21%が煉瓦又はセメント、44%が日干し煉瓦と泥壁が使用されている。床材は土又はセメントが 94%占めている。

上水の普及率が低い、El Carmen、Tambo de Mora を除いて、公共の上水の普及率は、平均 45%であり、公共の下水道の普及率は平均 29%である。電気の普及率は平均で 74%である。

**表-3.1.2-6 住宅状況**

Variable/Indicador	Distritos									
	Chincha Alta		Alto Laran		Chincha Baja		El Carmen		Tambo de Mora	
	世帯	%	世帯	%	世帯	%	世帯	%	世帯	%
<b>世帯数</b>										
居住者が居る一般住宅	13,569	85.7	1,522	76.1	2,804	93.3	2,696	87.6	1,124	85.3
<b>壁財</b>										
煉瓦 or セメント	5,220	38.5	170	11.2	590	21	176	6.5	309	27.5
日干し煉瓦、泥壁	4,817	35.5	891	58.5	1,146	40.9	1,589	58.9	289	25.7
竹材+泥壁 or 木材	281	2.1	121	8.0	125	4.5	160	5.9	45	4.0
その他	3,251	24.0	340	22.3	943	33.6	771	28.6	481	42.8
<b>床材</b>										
土	5,036	37.1	812	53.4	1,521	54.2	1,547	57.4	604	53.7
セメント	6,454	47.6	680	44.7	1,136	40.5	1,081	40.1	450	40
タイル、寄木、高級木材	1,979	14.6	25	1.6	134	4.8	42	1.6	58	5.2
その他	100	0.7	5	0.3	13	0.5	26	1.0	12	1.1
<b>上水システム</b>										
住宅内まで公共上水システムあり	10,321	76.1	705	46.3	1,055	37.6	861	31.9	379	33.7
敷地内に公共上水システムあり	1,030	7.6	87	5.7	239	8.5	242	9	62	5.5
公共の水栓	311	2.3	214	14.1	192	6.8	202	7.5	38	3.4
<b>下水、トイレ</b>										
住宅内に下水あり	9,244	68.1	167	11	709	25.3	320	11.9	336	29.9
敷地内に下水あり	748	5.5	60	3.9	77	2.7	31	1.1	61	5.4
簡易トイレ (穴)	1,441	10.6	621	40.8	1,167	41.6	1,348	50	259	23
<b>電力</b>										
公共電力	10,989	81	811	53.3	2,251	80.3	2,146	79.6	837	74.5
<b>家族数</b>										
居住者がいる一般世帯に住む世帯	<b>14,841</b>	<b>100</b>	<b>1,559</b>	<b>100</b>	<b>2,997</b>	<b>100</b>	<b>2,893</b>	<b>100</b>	<b>1,200</b>	<b>100</b>
<b>家電製品</b>										
3つ以上の家電製品	7,024	47.3	466	29.9	1,159	38.7	908	31.4	473	39.4
<b>通信情報サービス</b>										
固定電話と携帯電話	12,640	85.2	920	59.0	2,182	72.8	1,919	66.3	872	72.7

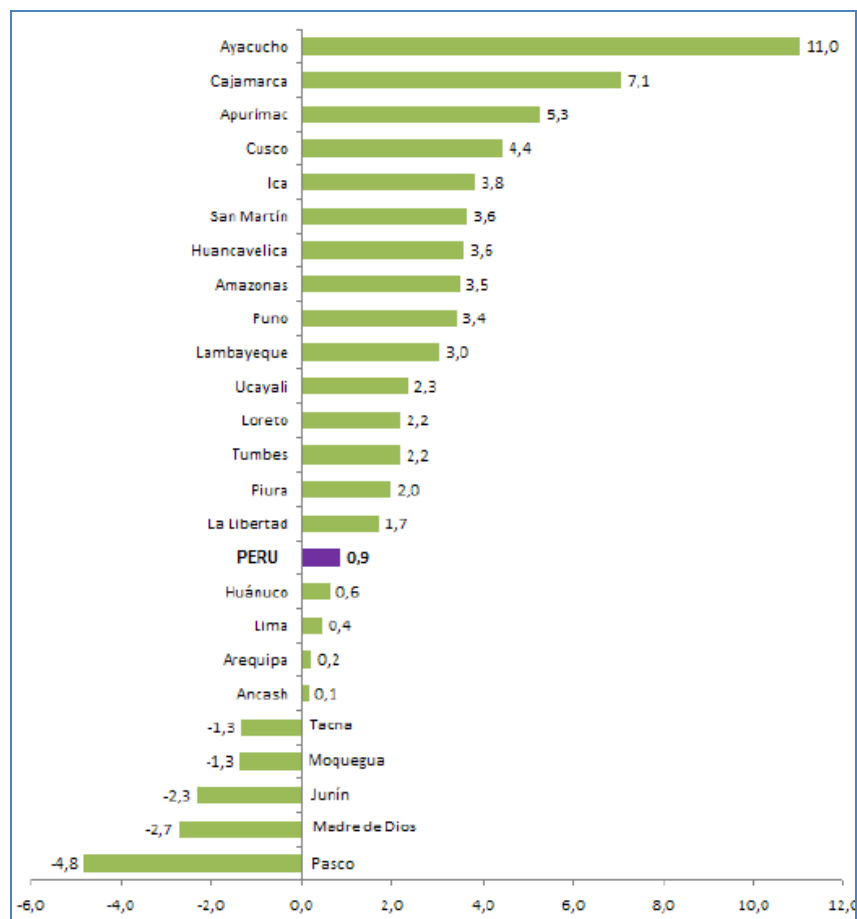
Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Instituto Nacional de Estadística – INEI, Censo de Población y Vivienda, 2007.

## (6) GDP

2009年の「ペ」国における GDP は、S./392,565,000,000 である。

2009年の「ペ」国の成長率は、世界経済不況の影響で過去11年では最低の前年比0.9%アップであった。

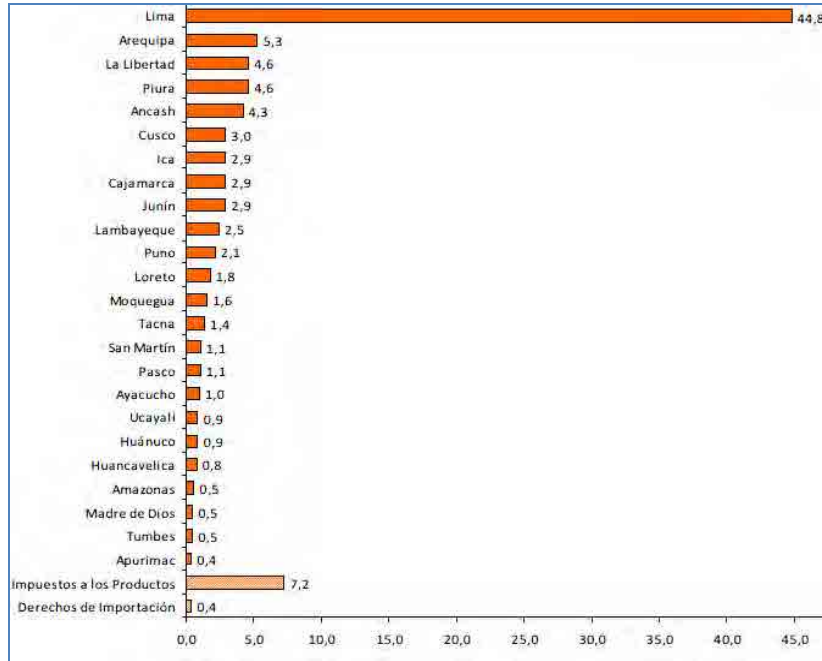
州別の GDP をみると、イカ州が3.8%、ピウラ州が2.0%、リマ州が0.4%、アレキパ州0.2%の成長率を示している。特に、イカ州およびピウラ州は国の全体の値よりも高い成長率を示している。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-1 州別 GDP 成長率(2009/2008)

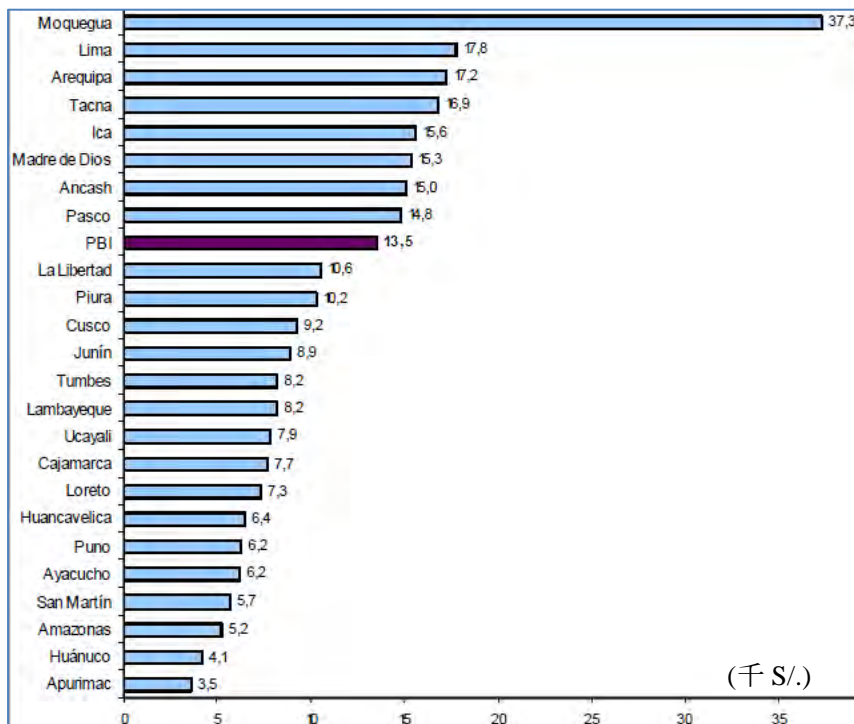
以下に GDP への寄与率を州ごとに示している。リマ州が全体の半分近く 44.8% に寄与している。その他の州の寄与率は、アレキパ州が 5.3%、ピウラ州が 4.6%、イカ州が 2.9% である。また、税金と輸入関税がそれぞれ 7.2%、0.4% 寄与している。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-2 州別の GDP への寄与率

2009 年における「ペ」国 1 人当たりの GDP の値は S/.13,475 であった。州ごとの 1 人当たりの GDP の値は、リマ州では S/.17,800、アレキパ州で S/.17,200、イカ州で S/.15,600 と国の平均より高く、一方、ピウラ州で S/.10,200 と国の平均を下回っている。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-3 1 人当たり GDP (2009 年)

表-3.1.2-7は、2001年から2009年の9年間の州別の1人当たりGDPの経年変化を示したものである。「ペ」国平均で2001年から2009年の9年間にGDPが44%増加している。州別の値は、イカ州で83.9%、アレキパ州で54.2%、ピウラ州で48.3%、リマ州で42.9%増加している。

なお、表-3.1.2-7の値は1994年を基準年とした値である。

**表-3.1.2-7 1人当たりGNPの経年変化 (2001-2009)**

(基準年1994年 S/.)

Departamentos	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007P/	2008P/	2009E/	Crecimiento Acumulado 2001-2009 (%)
Cusco	2 194	2 086	2 195	2 565	2 768	3 071	3 340	3 554	3 685	67,9
Ica	4 055	4 259	4 343	4 663	5 214	5 582	6 025	7 265	7 457	83,9
La Libertad	3 162	3 316	3 483	3 410	3 697	4 216	4 586	4 874	4 895	54,8
Ucayali	3 063	3 149	3 203	3 411	3 584	3 754	3 846	4 007	4 039	31,9
Moquegua	10 405	11 967	12 670	13 455	13 882	13 794	13 606	14 201	13 865	33,3
Arequipa	5 387	5 766	5 895	6 143	6 488	6 807	7 786	8 379	8 308	54,2
Apurimac	1 216	1 278	1 334	1 400	1 494	1 619	1 653	1 691	1 770	45,5
Piura	2 733	2 780	2 847	3 049	3 192	3 472	3 780	4 007	4 052	48,3
San Martín	2 026	2 059	2 094	2 232	2 393	2 476	2 655	2 870	2 928	44,5
Ayacucho	1 788	1 870	1 942	1 900	2 045	2 207	2 448	2 640	2 896	61,9
Amazonas	1 835	1 910	1 996	2 081	2 212	2 349	2 510	2 684	2 761	50,5
Madre de Dios	4 441	4 708	4 550	4 846	5 171	5 215	5 617	5 878	5 564	25,3
Cajamarca	2 493	2 731	2 947	2 968	3 165	3 113	2 864	3 094	3 295	32,2
Ancash	4 037	4 703	4 772	4 876	4 999	5 089	5 408	5 852	5 827	44,3
Tumbes	2 744	2 802	2 873	3 018	3 385	3 212	3 427	3 594	3 611	31,6
Lima	6 451	6 579	6 700	6 925	7 284	7 817	8 520	9 314	9 220	42,9
Puno	2 105	2 236	2 234	2 270	2 365	2 460	2 617	2 731	2 800	33,0
Lambayeque	2 941	3 046	3 132	2 959	3 164	3 300	3 615	3 882	3 963	34,8
Junín	3 245	3 311	3 350	3 527	3 505	3 856	4 072	4 379	4 248	30,9
Loreto	2 827	2 917	2 936	2 995	3 079	3 192	3 287	3 402	3 429	21,3
Huánuco	1 678	1 694	1 833	1 866	1 890	1 915	1 942	2 050	2 044	21,8
Pasco	5 137	5 552	5 481	5 634	5 644	6 062	6 711	6 729	6 349	23,6
Tacna	6 004	6 124	6 382	6 643	6 782	6 941	7 256	7 458	7 253	20,8
Huancavelica	2 700	2 632	2 683	2 697	2 864	3 014	2 903	2 959	3 039	12,5
<b>PBI</b>	<b>4 601</b>	<b>4 765</b>	<b>4 890</b>	<b>5 067</b>	<b>5 345</b>	<b>5 689</b>	<b>6 121</b>	<b>6 643</b>	<b>6 625</b>	<b>44,0</b>

Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

### 3.1.3 農業

各流域の農業の現況について、水利組合、農作物の種類、作付け面積、収穫量、売上高などを以下に示す。

#### (1) 灌漑セクター

水利組合の概要を表-3.1.3-1に示す。マタヘンテ川、チコ川流域には、3つの灌漑委員会、14灌漑セクターのがあり、7,676人農業に従事している。また、このセクターが管理する農地の面積は25,629haである。

**表-3.1.3-1 水利組合の概要**

灌漑委員会	灌漑セクター	灌漑面積		受益者 (人)	河川名
		ha	%		
La Pampa	Chochocota	1,624	6%	277	Matagente
	Belen	1,352	5%	230	Matagente
	San Regis	1,557	6%	283	Matagente
	Pampa Baja	4,124	16%	596	Matagente
Chincha Baja	Matagente	2,609	10%	421	Matagente
	Chillon	2,258	9%	423	Matagente
	Rio Viejo	2,054	8%	367	Matagente
	Chincha Baja	1,793	7%	351	Matagente
Chincha Alta	Rio Chico	475	2%	106	Chico
	Cauce Principal	1,644	6%	456	Chico
	Pilpa	218	1%	573	Chico
	Ñoco	1,227	5%	1,428	Chico
	Aceqia Grande	1,077	4%	1,520	Chico
	Irrigacion Pampa de Ñoco	3,616	14%	645	Chico
<b>Total</b>		<b>25,629</b>	<b>100%</b>	<b>7,676</b>	

Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Junta de Usuarios de Cañete, Octubre 2010

**(2) 主要農産物**

主要作物の作付面積や収穫量の 2004 年から 2009 年までの経年変化を表-3.1.3-2 に示す。

チンチャ流域では、作付け面積、収穫量、売上高は年々増加している。2008-2009 年の売上高は合計 242,249,071(S/.)である。この流域の主要作物は綿花、とうもろこし、ブドウ、アーティチョーク、アスパラである。



表-3.1.3-2 主要農作物の作付け状況および売上高

	Variables	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
綿花	作付け面積(Ha)	10,217	11,493	10,834	11,042	8,398
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	2,829	2,634	2,664	2,515	2,386
	収穫量(Kg)	28,903,893	30,272,562	28,861,776	27,770,630	20,037,628
	取引単価 (S./kg)	2.19	2.21	2.82	2.65	1.95
	売上高(S./)	63,299,526	66,902,362	81,390,208	73,592,170	39,073,375
とうもろこし (黄)	作付け面積(Ha)	3,410	3,631	3,918	4,190	5,148
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	7,585	7,460	7,640	7,860	8,286
	収穫量(Kg)	25,864,850	27,087,260	29,933,520	32,933,400	42,656,328
	取引単価 (S./kg)	0.62	0.64	0.80	0.94	0.76
	売上高(S./)	16,036,207	17,335,846	23,946,816	30,957,396	32,418,809
ブドウ	作付け面積(Ha)	1,589	1,271	1,344	1,411	1,325
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	14,420	16,658	13,137	17,029	17,720
	収穫量(Kg)	22,913,380	21,172,318	17,656,128	24,027,919	23,479,000
	取引単価 (S./kg)	0.92	1.06	1.40	1.54	1.66
	売上高(S./)	21,080,310	22,442,657	24,718,579	37,002,995	38,975,140
アーティ チョーク	作付け面積(Ha)	587	896	993	777	1,426
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	16,595	18,445	19,525	18,768	18,300
	収穫量(Kg)	9,741,265	16,526,720	19,388,325	14,582,736	26,095,800
	取引単価 (S./kg)	0.93	1.00	1.10	1.17	1.20
	売上高(S./)	9,059,376	16,526,720	21,327,158	17,061,801	31,314,960
アスパラガス	作付け面積(Ha)	903	860	855	776	1,102
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	6,725	9,892	8,036	7,713	9,343
	収穫量(Kg)	6,072,675	8,507,120	6,870,780	5,985,288	10,295,986
	取引単価 (S./kg)	2.81	3.08	2.93	3.04	2.79
	売上高(S./)	17,064,217	26,201,930	20,131,385	18,195,276	28,725,801
アルアルフ	作付け面積(Ha)	574	578	651	651	776
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	16,871	21,645	29,926	39,072	44,161
	収穫量(Kg)	9,683,954	12,510,810	19,481,826	25,435,872	34,268,936
	取引単価 (S./kg)	0.23	0.23	0.36	0.39	0.40
	売上高(S./)	2,227,309	2,877,486	7,013,457	9,919,990	13,707,574
アボガド	作付け面積(Ha)	347	347	638	703	938
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	7,268	9,772	9,036	12,221	11,853
	収穫量(Kg)	2,521,996	3,390,884	5,764,968	8,591,363	11,118,114
	取引単価 (S./kg)	1.30	1.51	1.75	2.08	2.25
	売上高(S./)	3,278,595	5,120,235	10,088,694	17,870,035	25,015,757
サツマイモ	作付け面積(Ha)	408	553	539	522	777
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	20,134	20,195	19,076	16,856	18,153
	収穫量(Kg)	8,214,672	11,167,835	10,281,964	8,798,832	14,104,881
	取引単価 (S./kg)	0.16	0.33	0.22	0.44	0.43
	売上高(S./)	1,314,348	3,685,386	2,262,032	3,871,486	6,065,099
かぼちゃ	作付け面積(Ha)	346	603	437	444	522
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	31,021	30,992	30,925	30,582	32,939
	収穫量(Kg)	10,733,266	18,688,176	13,514,225	13,578,408	17,194,158
	取引単価 (S./kg)	0.38	0.49	0.41	0.56	0.29
	売上高(S./)	4,078,641	9,157,206	5,540,832	7,603,908	4,986,306
みかん	作付け面積(Ha)	360	401	405	427	594
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	25,918	27,493	33,723	31,727	34,887
	収穫量(Kg)	9,330,480	11,024,693	13,657,815	13,547,429	20,722,878
	取引単価 (S./kg)	0.51	0.52	0.76	0.81	1.06
	売上高(S./)	4,758,545	5,732,840	10,379,939	10,973,417	21,966,251
その他	作付け面積(Ha)	2,434	1,897	2,161	1,830	1,994
合計	作付け面積(Ha)	21,175	22,530	22,775	22,773	23,000
	収穫量(Kg)	133,980,431	160,348,378	165,411,327	175,251,877	219,973,709
	売上高(S./)	142,197,073	175,982,668	206,799,102	227,048,475	242,249,071

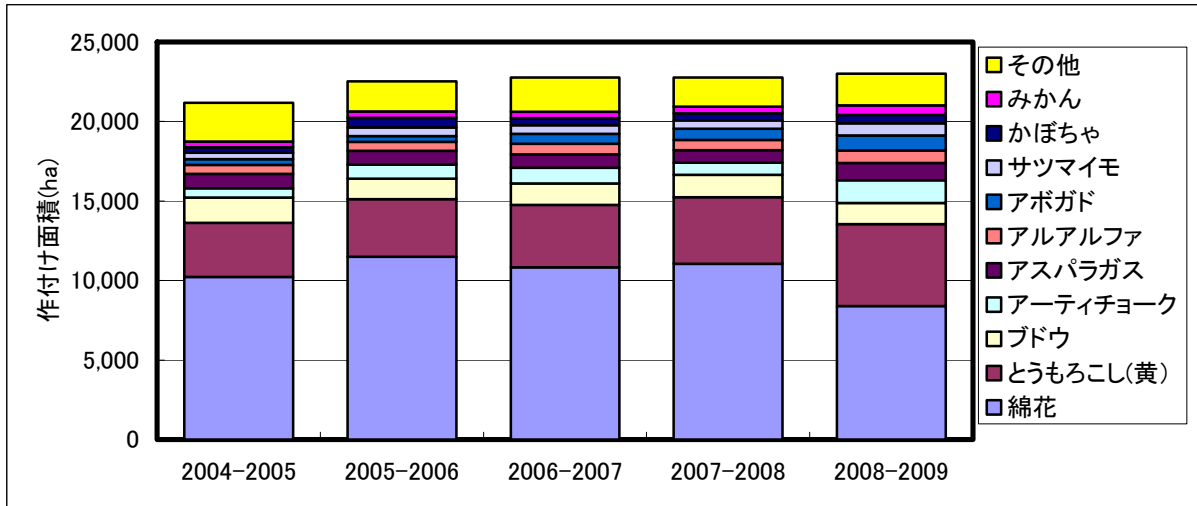


図-3.1.3-1 作付け面積

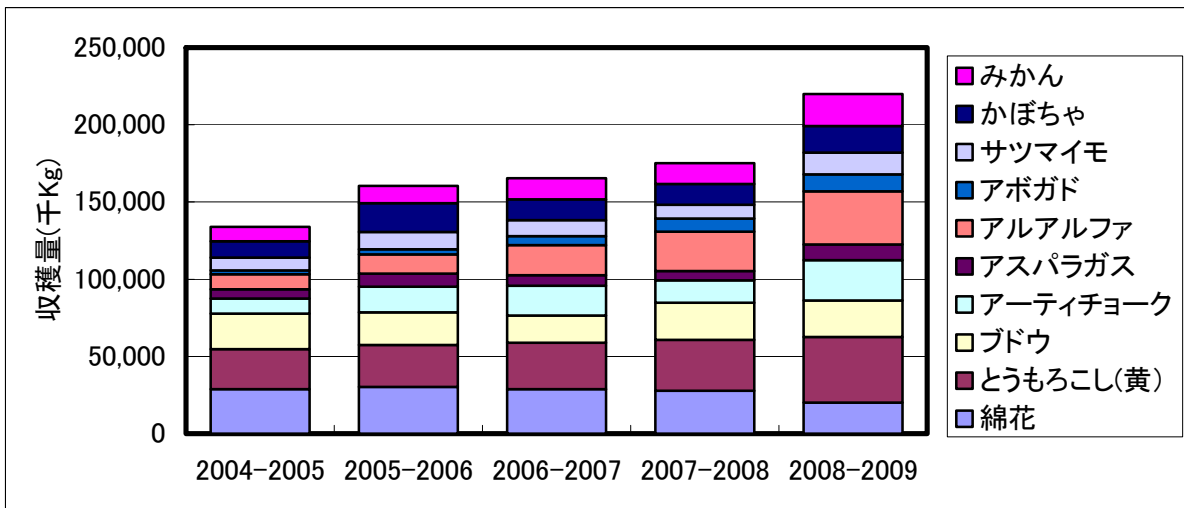


図-3.1.3-2 収穫量

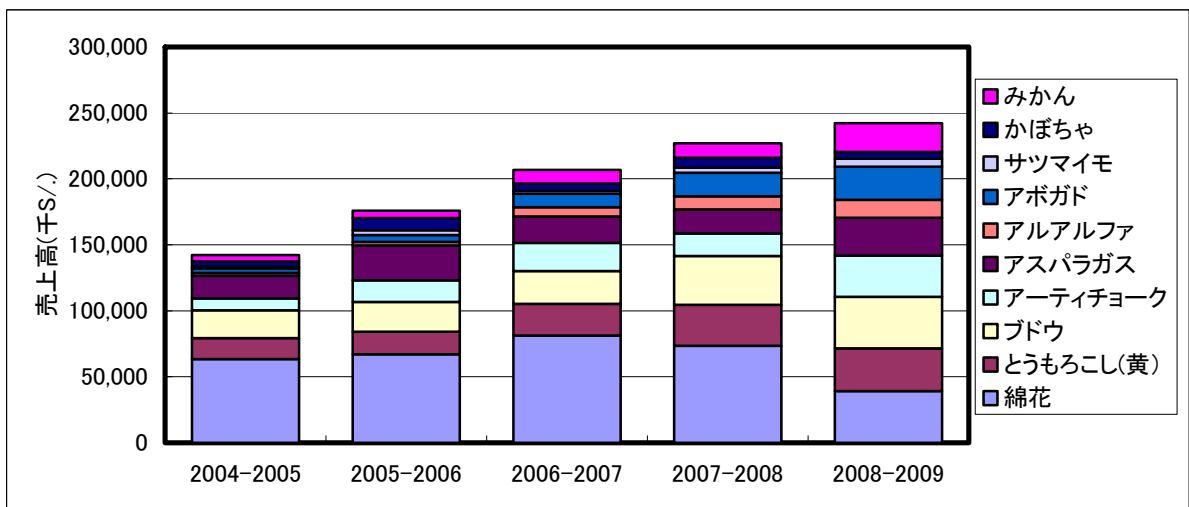


図-3.1.3-3 売上高

### 3.1.4 インフラ

#### (1) 道路

表-3.1.4-1 にチンチャ流域に位置する道路の概要を示す。道路の総延長は 453.27km である。その内訳は、国道:81.39km(18.0%)、県道:227.16km(50.1%)、市道:144.72km(31.9%)である。国道の道路状態は、40.75km はアスファルト舗装され良好な状態であるが、残り 40,64km は道路の状態が良くない。県道は、20.02km でアスファルト舗装され良好な状態であるが、残り 207.14km は道路の状態が良くない。市道は、25.42km でアスファルト舗装され良好な状態であるが、残り 119.3km は道路の状態が良くない。

表-3.1.4-1 道路概要

種別	総延長		舗装状況 (Km)			
			アスファルト	転圧道路	無転圧道路	砂利道、自然道
国道	81.39	18.0%	40.75	40.64		
県道	227.16	50.1%	20.02		207.14	
市道	144.72	31.9%	25.42		70.30	49.00
Total	453.27	100.0%	86.19	40.64	277.44	49.00

#### (2) PERPEC

2006 年から 2009 年に PERPEC により実施された事業を表-3.1.4-2 に示す。

表-3.1.4-2 PERPEC により実施された事業

№	年	事業名	所在地				内容			総額 (S/)
			県	郡	町	地区				
1	2006	チコ川護岸工、Canyar地区	Ica	Chincha	Chincha	Canyar	堤防形成	0.05	km	50,000.00
2	2006	チコ川護岸工、Partidor Conta地区	Ica	Chincha	Alto Laran	Partidos conta	かごマットを利用した堤防	0.23	Km	187,500.00
3	2007	マタヘンテ川右岸の護岸工、Roncero Alto地区およびチコ川左岸 Ayacucho地区、チンチャ郡Alto Laran町	Ica	Chincha	Chincha Baja	Chincha Baja	ガビオンと/またはかごマット利用の堤防	2.5	Km	517,979.00
4	2007	Ñoco幹線灌漑水路リハビリ	Ica	Chincha	Alto Laran	Primeros 5km del canal, Huampullo	水路のコンクリート護岸	0.1	Km	43,109.00
5	2007	水路リハビリ、Alto Laran町Parte Alto地区	Ica	Chincha	Alto Laran	Huachinga Condores	水路の成形とリハビリ	0.4768	Km	130,264.00
6	2007	水路清掃、Pampa Bja, Belen, Chochocoba地区	Ica	Chincha	El Carmen	Pampa Baja, Belen, Chochocoba	水路清掃	12.6278	Km	91,372.00
7	2008	マタヘンテ川暫定護岸工、El Carmen町 La Pelola地区 (緊急時対応)	Ica	Chincha	El Carmen	La Pelola	河床材料利用の堤防形成	1.5	Km	107,735.00
8	2008	チコ川両岸の護岸工、Chincha郡Chincha Baja町Canyar地区 (緊急時対応)	Ica	Chincha	Chincha	Canyar	河床の根掘り対策としてかごマットを利用した堤防形成	850	ml	695,900.00
9	2008	マタヘンテ川護岸工、El Carmen町Punta La Isla、Roncero Alto、Ganaderos Los Angeles地区 (防災)	Ica	Chincha	El Carmen	La Isla - Roncero Alto - Ganaderos Los Angeles	ロック材利用の堤防	1460	ml	583,294.00
10	2009	チコ川右岸チンチャ郡Alto Laran町El Taro地区	Ica	Chincha	Alto Laran	Chamorro, Atahualpa	チコ川堤防へのネット利用	200	ml	290,222.00

### 3.1.5 洪水被害の実態

#### (1) 全国における被害

「ペ」国における 2003 年から 2007 年の 5 年間の全国の洪水被害の状況は、表-3.1.5-1 に示すとおりである。毎年数万人から十数万人もの人が洪水被害にあっている。

表-3.1.5-1 洪水被害状況

		Total	2003	2004	2005	2006	2007
災害発生件数	件	1,458	470	234	134	348	272
被災者	人	373,459	118,433	53,370	21,473	115,648	64,535
家屋損失者	人	50,767	29,433	8,041	2,448	6,328	4,517
死亡者	人	46	24	7	2	9	4
被災家屋数	軒	50,156	17,928	8,847	2,572	12,501	8,308
倒壊家屋数	軒	7,951	3,757	1,560	471	1,315	848

出展 : Compendio estadísticos de SINADECI

また、「ペ」国ではこれまでに、エルニーニョの影響を受けて発生した大雨により甚大な被害を受けてきた。表-3.1.5-2 に近年最も被害が大きかった 1982-1983、1997-1998 のエルニーニョによる大雨での被害を示す。1982-1983 では被災者数が約 6,000,000 人、被害額は US\$1,000,000,000、1997-1998 では被災者数が約 502,461 人、被害額は US\$1,800,000,000 であった。なお、1982-1983 の被害では GNP が 12%ダウンするほどの被害であった。

表-3.1.5-2 被害状況

被害項目	1982-1983	1997-1998
家屋損失者 (人)	1,267,720	—
被災者数	6,000,000	502,461
けが	—	1,040
死者	512	366
不明者	—	163
被災家屋数 (軒)	—	93,691
倒壊家屋数 (軒)	209,000	47,409
被災 学校教育施設	—	740
倒壊 学校教育施設	—	216
被災 病院 診療所	—	511
倒壊 病院 診療所	—	69
被災農地(ha)	635,448	131,000
被災家畜数	2,600,000	10,540
橋梁	—	344
道路(km)	—	944
被害額(\$)	1,000,000,000	1,800,000,000

「—」: 記録記載無し

## (2) 調査対象流域における災害

調査対象地域が属するイカ州における災害は表-3.1.5-3 に示すとおりである。

**表-3.1.5-3 イカ州における災害**

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	計	平均
ALUD (土砂崩れ)																	0	
ALUVION (沖積層)																	0	
DERRUMBE (倒壊)											2						2	
DESLIZAMIENTO (地すべり)								2	1				1				4	
HUAYCO (鉄砲水)	2		2		5	2				2	1	1	3	1		1	20	
土砂災害の合計	2	0	2	0	5	2	0	0	2	3	3	1	3	2	0	1	26	2
洪水の合計	4	4	0	13	14	1	2	0	0	1	1	0	4	6	1	0	51	3

### 3.1.6 現地調査の結果

JICA 調査団は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ヤ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。

#### (1) ヒヤリング

(クリティカルポイントについて)

- 現地の河道は 100m<sup>3</sup>/s しか流れないが 1,200m<sup>3</sup>/s の洪水があり、氾濫した。
- 本来は上流の分岐点で 1 : 1 に分流することになっているが、増水すると水がどちらかの川に偏るので氾濫する。水を 1 : 1 にきちんと分岐できれば解決できると思う。
- 2つの氾濫ポイントがある。チコ川の 15k 付近とマタヘンテ川の 16k 付近。
- マタヘンテ川は 6 キロ(10k-16k 位)にわたって土砂が堆積しており、それによって氾濫するようになった。
- チコ川は 15k 付近の湾曲部で氾濫する。
- 勾配があるので氾濫すると一気に下流まで浸水する。
- 3つの取水堰が機能しなくなると灌漑できなくなる。
- 水門は 3つとも 1936 年に築造。上流端の分流施設は 1954 年築造。
- 1~3 月しか水は流れない。残りの期間は地下水で賄っている。
- 180km 上流に 7つの貯水池がある。全部で貯水量は 104×106m<sup>3</sup>。1~7 月まで貯留し、8 月から放流する。
- マタヘンテ川の氾濫は私(組合長)がここで生活している 20 年前以前から問題になっていた。河床は現在でも上昇していて 50 年で 4~5 m 上昇した。氾濫を防ぐため堤防を造った。
- 問題は毎年 12~3 月末に発生する。5~6 時間(Max で 12 時間)の洪水が毎年その期間に 10 回くらい発生する。この洪水が何回も来ると分流堰のどちらか一方にしか水が流れなくなり、そうなるに氾濫する。
- 天井川になっている。
- 上流域はすべてが崩壊地。

- 氾濫した水は周辺の水路から河川に戻る。
- チンチャ市街も水路から水が溢れて浸水することがある。
- 作物はコットン、ぶどう。
- 流量は上流の分流堰で計測している。

(その他：現地視察地点)

○チャモロ橋 (マタヘンテ川)

- 1985年竣工

○マタヘンテ橋 (マタヘンテ川)

- $200\text{m}^3/\text{s}$  流れるように築堤。(計画は  $550\text{m}^3/\text{s}$ )
- 下流の氾濫地点まで堤防を延伸する予定。

○取水堰 (マタヘンテ川)

- 取水期間は1～3月。
- 全量を取水しているが、本来この川はこの時期水は流れない。ダムで開発した水を取水しているので下流へ流さなくても問題ない。

○チョコ川取水堰 (チョコ川)

- 浄水施設があるが現在は使っていない。

## (2) 現地視察概要

現地の主な視察現場を図-3.1.6-1 に示す。

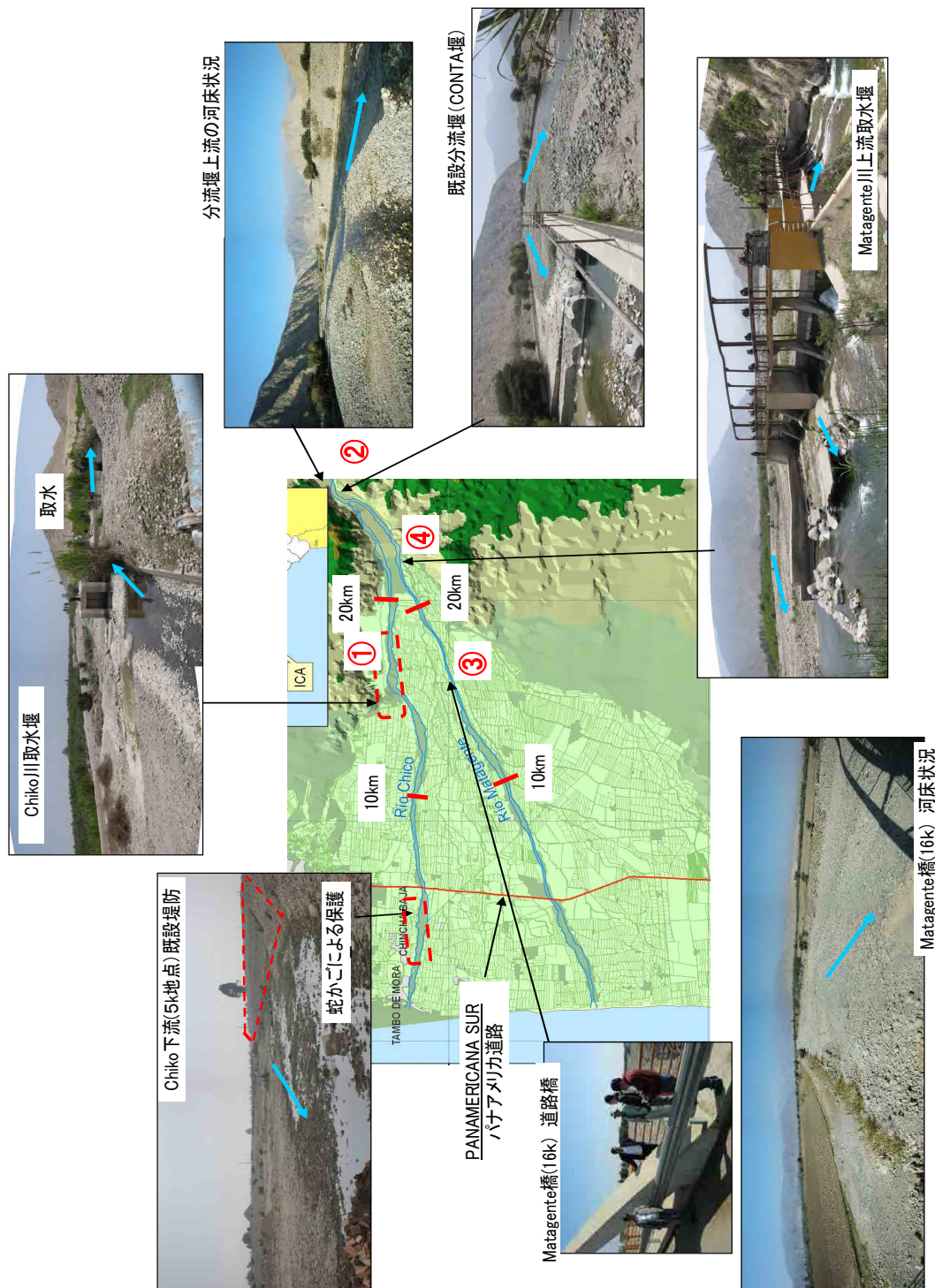


図-3.1.6-1 視察現場の概要 (チンチャ川)

(3) 課題点と対策案

現地視察結果を踏まえ、現時点で考えられる治水上の課題と解決案について述べる。

1) 課題1：分流施設 (24k 地点)

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>洪水は毎年 12～3 月に 10 回程度発生する。継続時間は 5～12 時間。エルニーニョの時の最大流量は 1,200m<sup>3</sup>/s</li> <li>計画では 1：1 に分流することになっているが、洪水が頻発すると流水がどちらかに偏り、下流で氾濫する</li> </ul>
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>下流農地（主要作物は綿、ぶどう）</li> <li>Chincha 市街地</li> </ul>
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設損傷部の補修、補強など既設堰堤のリハビリ</li> <li>堰上流の導流堤の延伸</li> <li>堰上流水路の整形</li> </ul>

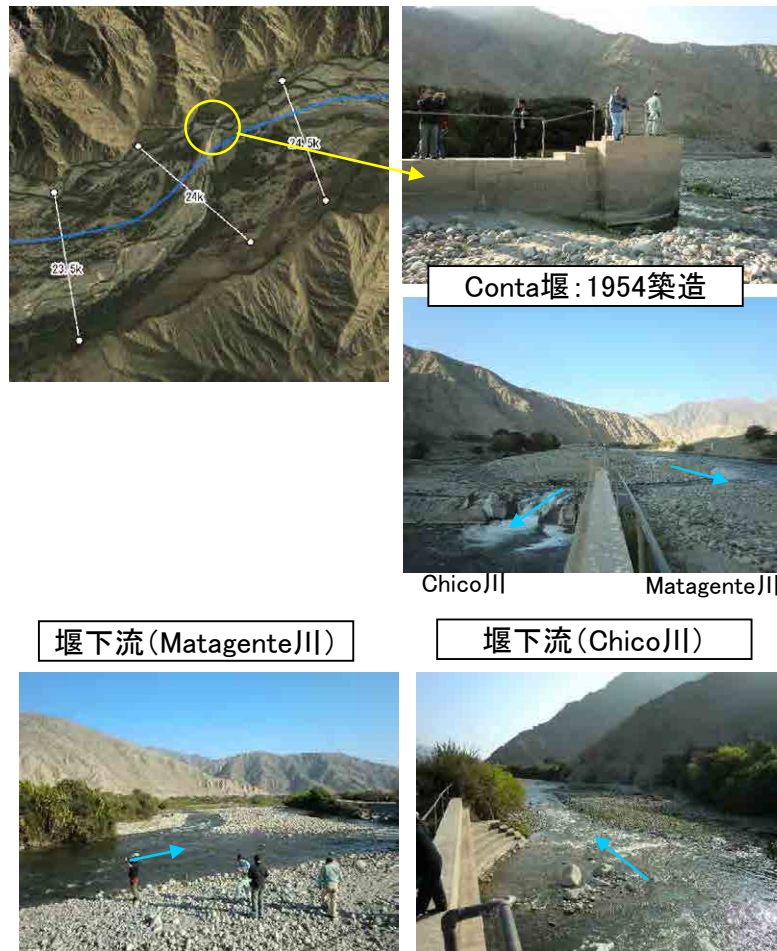


図-3.1.6-2 課題1に関する現地状況 (チンチャ川)



2) 課題2：取水堰（マタヘンテ 21k 地点）

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水期間は1月～3月。1936年築造。</li> <li>・主要な取水堰の1つ。</li> <li>・現状では取水堰のエプロン工の損傷が著しく、今後、現状のまま放置すると施設本体が損壊する可能性がある。</li> </ul>
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・下流農地（主要作物は綿、ぶどう）</li> </ul>
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・損傷している堰直下流の床止めや、上流側導流壁の補修、補強など既設堰堤のリハビリの実施</li> </ul>



図-3.1.6-3 課題2に関する現地状況（チンチャ川）

3) 課題3：取水堰（チコ川 15k 地点）

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 取水期間は1月～3月。1936年築造。</li> <li>・ 過去に左岸側へ氾濫したことがある。</li> <li>・ 堰地点で水路が絞られているため、洪水流が取水堰に集中しやすくなっている。</li> <li>・ 取水配分施設および水路内に土砂が堆積しやすい構造となっており、放置すると用水を適切に供給できなくなるおそれがある。</li> </ul>
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 下流農地（主要作物は綿、ぶどう）</li> </ul>
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 堰損傷部の補修・補強など既設堰堤のリハビリ</li> <li>・ 水路の拡幅・整形による洪水流の安定的な流下</li> </ul>

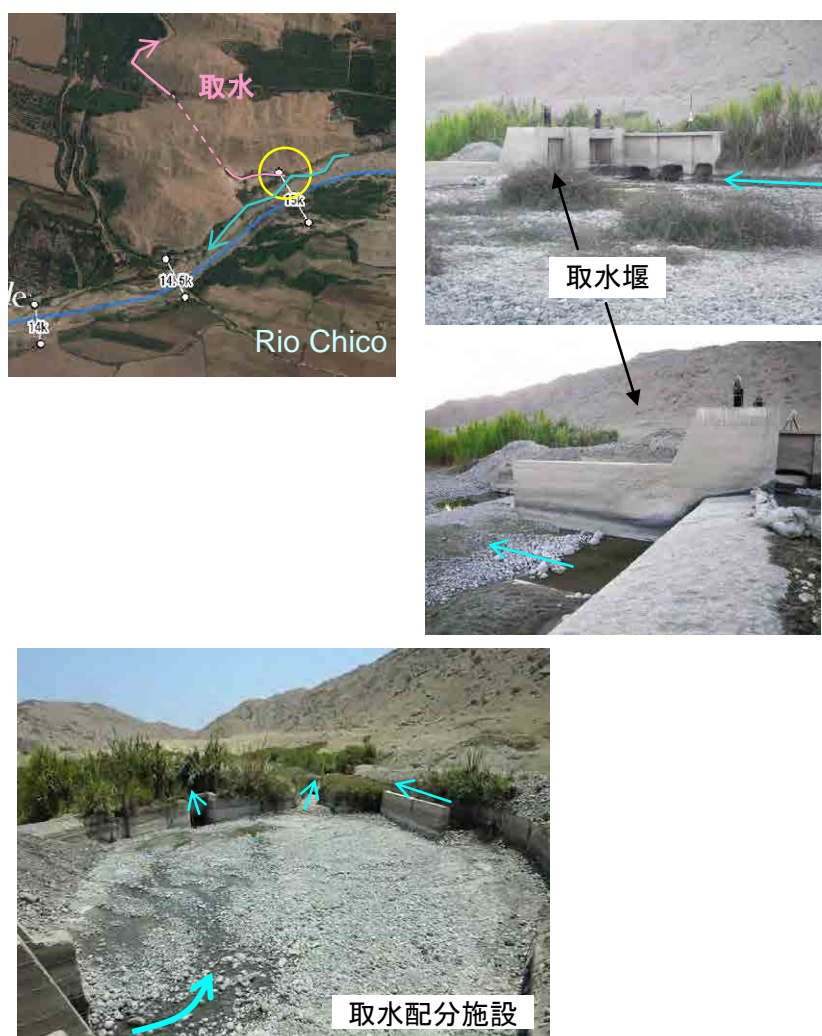


図-3.1.6-4 課題3に関する現地状況（チンチャ川）

### 3.1.7 植生および植林の現況

#### (1) 植生現況

ペルーの植生分布調査として、最新のものは2005年にFAOが主体となってINRENAの協力を得て実施した調査があるが、これは1995年INRENA<sup>1</sup>（農業省天然資源院）森林総局により作成された「1995年植生区分図」及びその解説が基礎データとなっている。また、1970年代には国立計画局（Instituto Nacional de Planificacion）、国立天然資源評価局（ONERN：Oficina Nacional de Evaluacion de Recursos Naturales）によって「海岸地域の天然資源評価と合理的利用目録」が作成され、海岸地域の自然特性区分と植生が解説されている。

1995年植生区分図とその解説によれば、チンチャ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。

表-3.1.7-1 チンチャ流域の代表的植生一覧

区分	名称	分布する標高	降雨量	代表的な植生
1)Cu	沿岸部の農地	沿岸部	ほとんどゼロ	河川沿いに広がる農地
2)Dc	沿岸部の砂漠	0～1,500m	ほとんどゼロ、霧出現箇所あり	ほとんどなく、霧の発生場所に草本がある程度
3)Ms	乾燥草本・灌木帯	1,500～3,900m	120～220mm	サボテン類、草本
4)Msh	半湿潤灌木・草本帯	北中部 2,900～3,500m アンデス山間 2,000～3,700m	220～1,000mm	常緑、4mを超えない低木
5)Mh	湿潤草本・灌木帯	北部 2,500～3,400m 南部 3,000～3,900m	500～2,000mm	常緑、4m以下
6)Cp	アンデス高地の牧草地	3,800m付近	(記述なし)	イネ科の草本
7)Pj	草原	3,200～3,300m 中南部 3,800mまで	南部寡雨地帯で 125mm 下東斜面では 4,000mm 超	イネ科の草本
8)N	雪山		—	—

出典：1995年植生区分図を元にJICA調査団により作成

#### (2) 植生分布面積

1995年INRENA調査の結果をGIS上に移植し、流域ごとに各植生区分の面積と流域面積に対する割合を算出した（表-3.1.7-2 および図-3.1.7-1を参照）。この結果を、沿岸部の砂漠地帯（Cu、Dc）、草本・サボテン地帯（Ms）、灌木林地帯（Msh、Mh）、高地の草原（Cp、Pj）という大区分で面積を集計し、区分ごとの流域面積に対する割合を計算したものが表-3.1.7-3である。砂漠地帯

<sup>1</sup> INRENAは解散され、現在は森林・野生動物総局（Direction General Forestal Y de Fauna Silvestra）がその機能を担っている。

が3割程度、草本・サボテン地帯が1～2割、草地在帯が3～5割となっており、灌木林地帯は1割～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、チンチャ流域においては、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。

表-3.1.7-2 植生区分面積と流域面積に対する割合(チンチャ流域)

流域名	植生区分								
	Cu	Dc	Ms	Msh	Mh	Cp	Pj	N	計
(植生区分面積 : ha)									
チンチャ流域	169.98	1,010.29	642.53	365.18	0.00	854.74	261.17	0.00	3,303.89
(流域面積に対する割合 : %)									
チンチャ流域	5.1	30.6	19.4	11.1	0.0	25.9	7.9	0.0	100.0

(出典 : 1995年 INRENA 調査を元に JICA 調査団により作成)

表-3.1.7-3 大区分植生の流域面積に対する割合(チンチャ流域)

流域名	植生区分					
	砂漠等 (Cu, Dc)	草・サボテン (Ms)	灌木林 (Msh, Mh)	草地 (Cp, Pj)	雪山 (N)	計
(流域面積に対する割合 : %)						
チンチャ	35.7	19.4	11.1	33.8	0.0	100.0

(出典 : 1995年 INRENA 調査を元に JICA 調査団により作成)

### (3) 森林面積の変化

ペルーにおける森林面積の変遷は詳細に調査されていないが、INRENA による全国植林計画 (Plan Nacional de Reforestacion Peru 2005 - 2024) の「Anexo 2.」には2005年までに減少した森林面積が当時の県 (Departamento) ごとに記載されている。調査対象地で該当する箇所は、Arequipa 県、Ayacucho 県、Huancavelica 県、Ica 県、Lima 県、Piura 県であるが、いずれの県に対しても調査対象地はその一部である。該当する県の累積減少森林面積を表-3.1.7-4 に示す。

イカ州についてはデータが存在しない。

表-3.1.7-4 2005年までに減少した森林面積

県名	面積 (ha)	累積森林減少面積 (ha)、及び減少面積が県面積に占める割合 (%)	伐採後の状況	
			未利用の面積 (ha)	利用されている面積 (ha)
Ica	2,093,457	-	-	-

(出典 : 全国植林計画、INRENA、2005)

2005年に実施されたFAOの調査による植生区分(2000年の衛星画像データを元に作成)と1995年のINRENA調査による植生区分(1995年の衛星画像データを元に作成)をGIS上に移植し、流域ごとに植生区分の変化を測定した。(表-3.1.7-5参照)。

植生区分ごとの面積の増減をみると、乾燥地(砂漠、サボテン地 : Cu, Dc, Ms)が減少、灌木林地帯(Msh, Mh)、草原(Cp, Pj)が増加という結果となっている。

**表-3.1.7-5 1995年から2000年の植生区分の面積変化**

流域名	植生区分								流域面積
	Cu	Dc	Ms	Msh	Mh	Cp	Pj	N	
(植生区分面積 : ha)									
チンチャ	-5.09	-19.37	-95.91	86.85	3.55	-5.54	35.51	—	3,303.89
現況面積 (b)	169.98	1,010.29	642.53	365.18	0.00	854.74	261.17	0.00	3,303.89
現況に対する割合 (a/b) %	-3.0	-1.9	-14.9	+23.78	—	-0.6	+13.6	—	

(出典 : 1995年 INRENA 調査、2005年 FAO 調査を元に JICA 調査団により作成)

#### (4) 植林の現況

前述のように、チンチャ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、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、水源地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 がコミュニティーに苗木を供給し、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ーの合意が必要で、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。また、組織改革のため資料が散逸し、これまでの植林事業実績についての記録はほとんど収集できなかった。

前出の全国植林計画 (INRENA、2005) に 1994 年から 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-3.1.7-6 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、イカは沿岸に位置し、降雨量が非常に少ないため植林が可能なところが少なく、また、植林の需要が低いと想定される。

**表-3.1.7-6 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
イカ	2,213	20	159	159	89	29	61	15	4	1	2,750

出典 : 全国植林計画、INRENA、2005

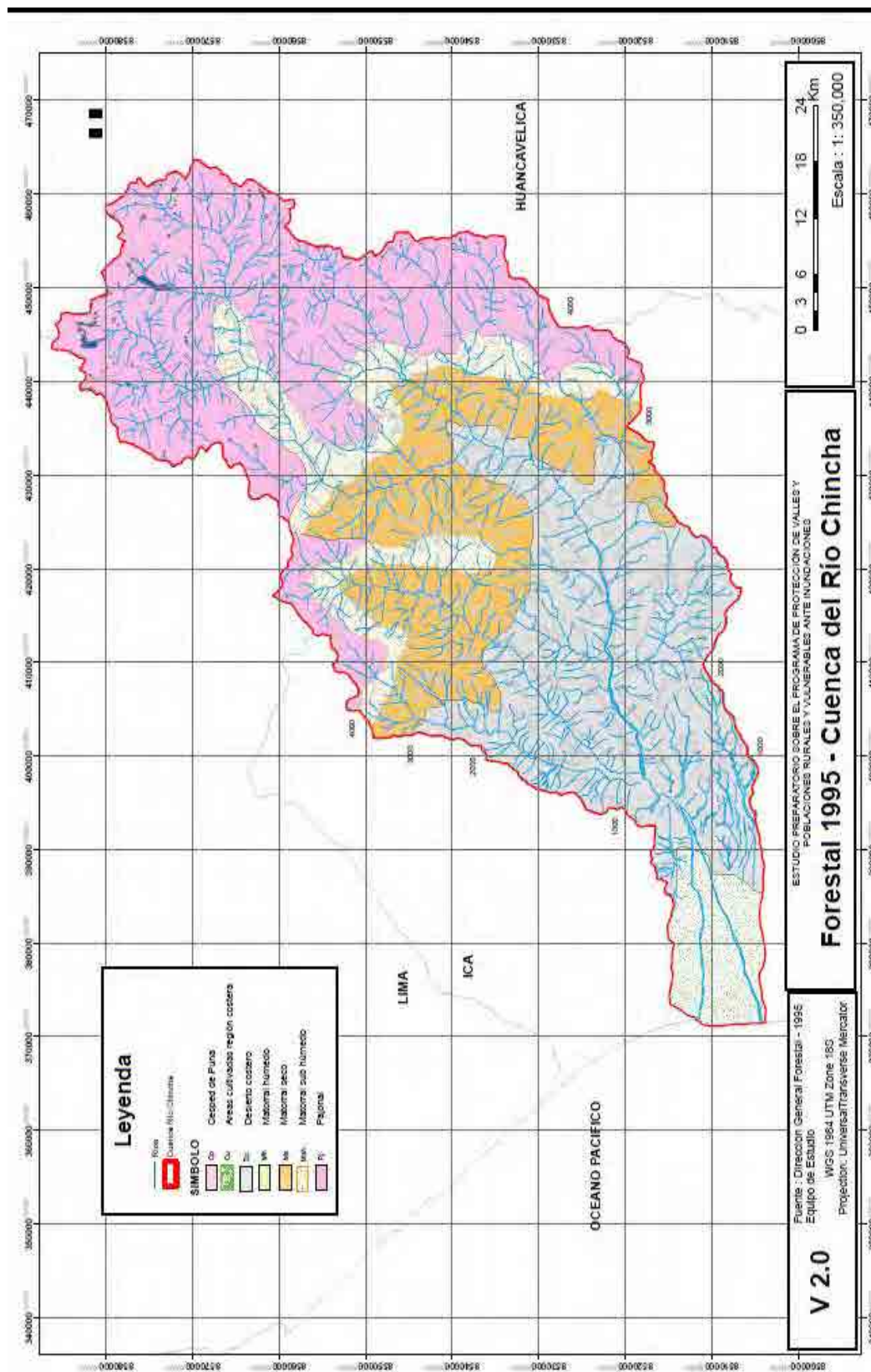


図-3.1.7-1 チンチャ流域植生分布

### 3.1.8 土壌侵食の現況

#### (1) 収集資料および基礎資料の作成

##### 1) 収集資料

調査対象地域の土砂生産の現況を調査する目的で表-3.1.8-1 に示す資料を収集した。

**表-3.1.8-1 収集資料の一覧**

収集資料	形式	作成機関
地形図 (S=1/50,000)	Shp	INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
地形図 (S=1/100,000)	Shp,dxf	INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
地質図 (S=1/250,000)	SHP	Geologic data systems
地質図 (S=1/100,000)	Shock Wave	INGEMMET
30m メッシュデータ	Text	NASA
河川データ	SHP	ANA
流域データ	SHP	ANA
侵食区分図	SHP	ANA
土壌区分図	SHP	INRENA
植生区分図	SHP2000 年 PDF1995 年	DGFFS
雨量データ	Text	Senami

##### 2) 基礎資料の作成

収集した資料を用いて以下のデータを作成した。これらのデータは Annex-6 に添付する。

- ・水系区分図 (3 次谷で流域区分)
- ・傾斜区分図
- ・地質図
- ・侵食区分図と河床勾配
- ・侵食区分図と谷次数
- ・土壌区分図
- ・等雨量線図

#### (2) 土壌侵食要因の分析

##### 1) 地形特性

###### a) 標高別面積

チンチャ川流域の標高別の面積を表-3.1.8-2 および図-3.1.8-1 に示す。

表-3.1.8-2 標高別の面積 (km<sup>2</sup>)

Altitude ( msnm )	Area ( Km <sup>2</sup> )	
	Chincha	
0 - 1000	435.6	
1000 - 2000	431.33	
2000 - 3000	534.28	
3000 - 4000	882.39	
4000 - 5000	1019.62	
5000 - Mas	0.67	
TOTAL	3303.89	
Max Altitude	5005.00	

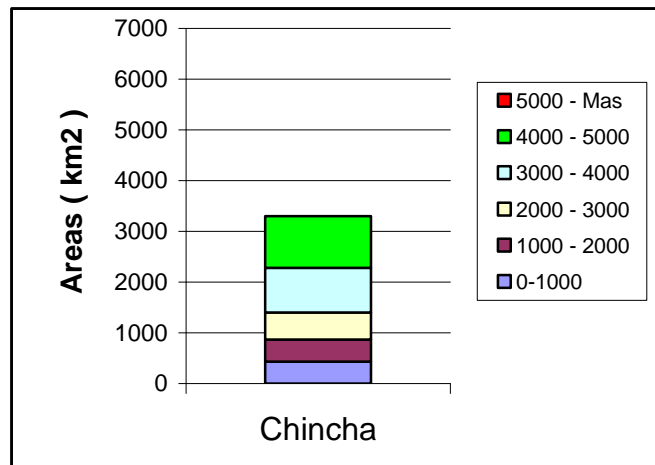


図-3.1.8-1 標高別の面積

b) 傾斜区分

チンチャ川流域の傾斜区分を表-3.1.8-3 および図-3.1.8-2 に示す。特に Chincha は、35%以上の傾斜区分が全流域の50%以上をしめる。地形勾配が大き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。

表-3.1.8-3 傾斜区分と面積

Slope Basin ( % )	Chincha	
	Area(km <sup>2</sup> )	percentage
0 - 2	90.62	3%
2 - 15	499.68	15%
15 - 35	1019.77	31%
Over 35	1693.82	51%
TOTAL	3303.89	100%



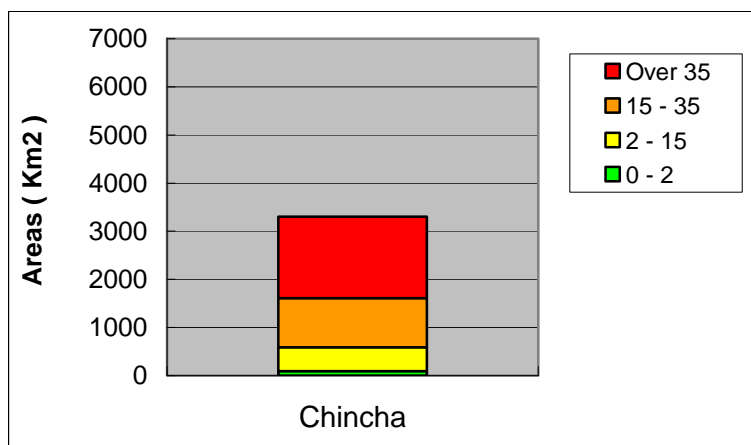


図-3.1.8-2 傾斜区分と面積

c) 河床勾配

チンチャ川における河床勾配とこれに属する支川を含めた溪流の流路延長は表-3.1.8-4 および図-3.1.8-3 に示すとおりである。土砂の移動と河床勾配の関係は一般に図-3.1.8-4 に示すとおりである。土石流発生区間の勾配は 1/3 (33.3%) 以上といわれている。

表-3.1.8-4 河床勾配と溪流の総流路長

河川勾配(%)	Chinchá
0.00 - 1.00	5.08
1.00 - 3.33	177.78
3.33 - 16.67	1250.82
16.67 - 25.00	458.76
25.00 - 33.33	255.98
33.33 - Mas	371.8
<b>TOTAL</b>	<b>2520.22</b>

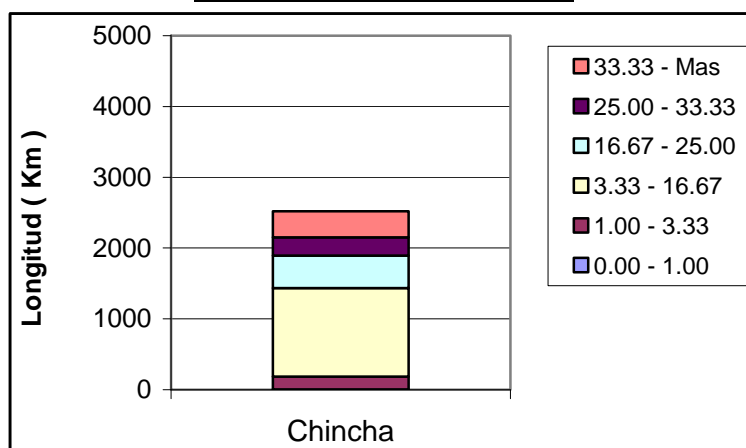


図-3.1.8-3 河床勾配と溪流の総流路長

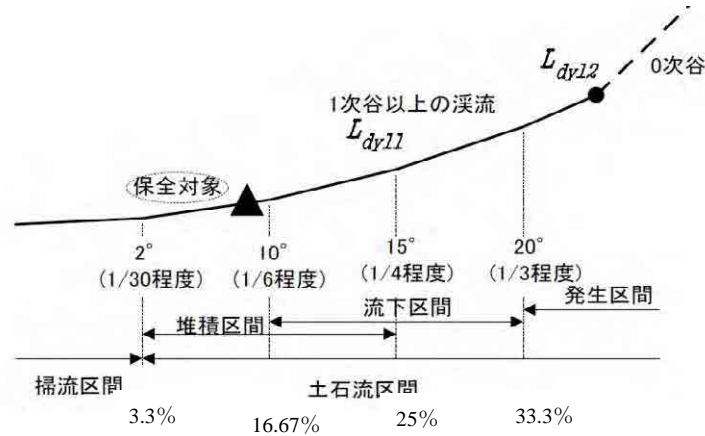


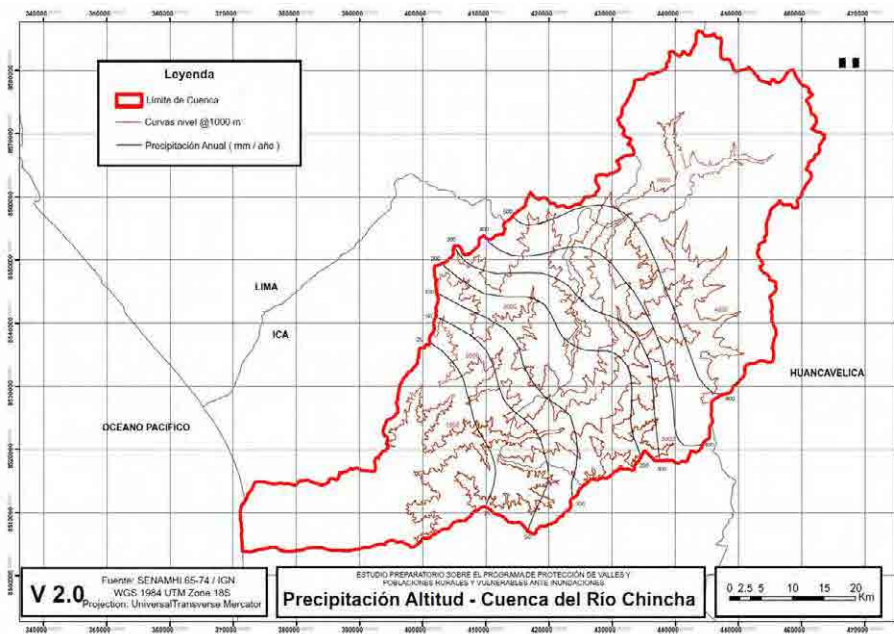
図-3.1.8-4 河床勾配と土砂移動の形態

## 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℃前後。年間を通じてほとんど雨が降らない。

標高 2500~3500m 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 3500~4500m 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。

チンチャ川流域の年間雨量等曲線図を図-3.1.8-5 に示す。



出典： SENAMHI データを基に JICA 調査団により作成

図-3.1.8-5 チンチャ川流域等雨量線図

氾濫解析対象エリアでの年間降水量は 0~25mm である。東側の標高 4,000m のエリアでの年間降水量は 500~750mm である。

### 3) 侵食特性

流域全体での侵食特性は以下に示す通りである。

流域は大きくコスタ、シエラ〜スニ、プナの3つに区分される。それぞれの気候および降水量は図-3.1.8-6に示す通りである。侵食が最も多い箇所は、地形が急峻でなおかつ裸地となっているシエラ〜スニである。

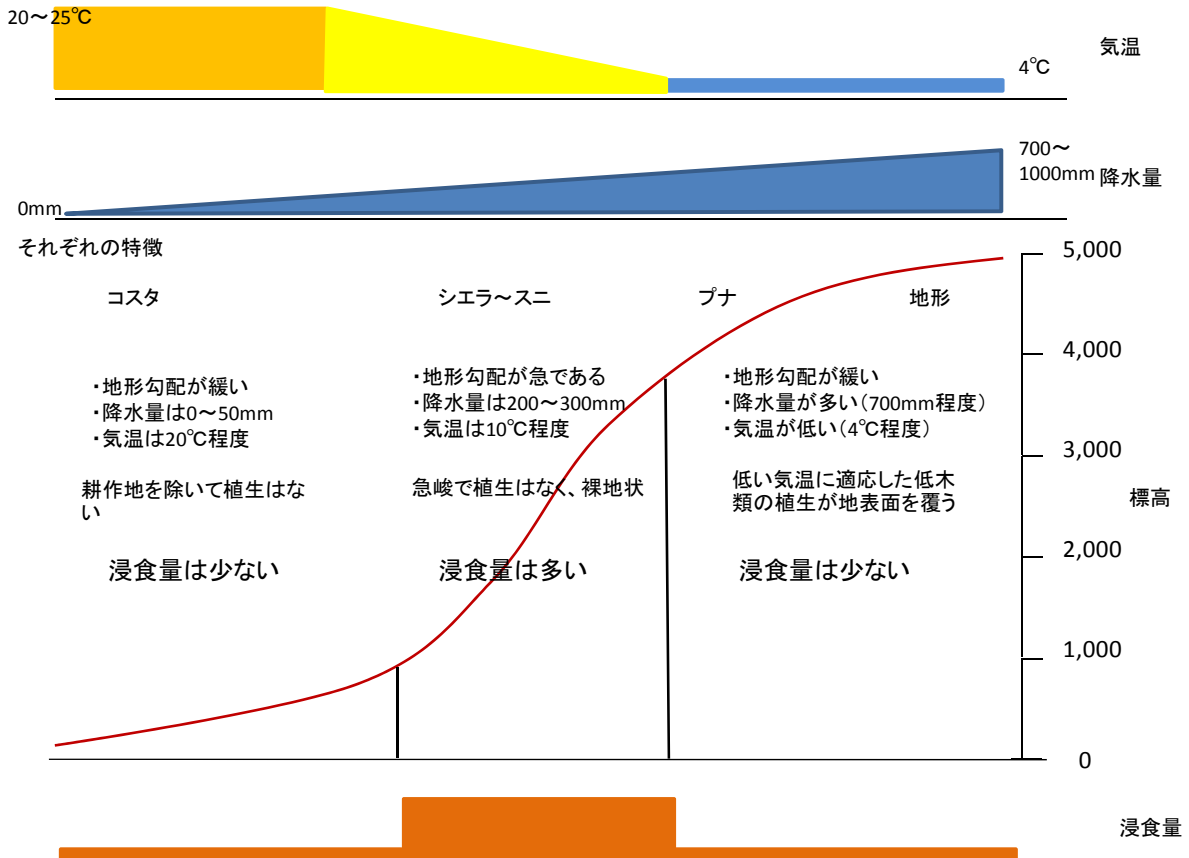


図-3.1.8-6 土壌侵食量と各種要因の関係

#### (3) 侵食量の大きい箇所の特定

Ana によって作成された侵食区分図は、地質図、斜面勾配、雨量を考慮して作成されている。侵食深は、斜面勾配の影響を最も受けるといわれており、この侵食区分図は、傾斜区分図と調和的である。侵食区分図で侵食が多いと判断されている箇所が流域内での侵食が活発な場所であると判断できる。流域毎に見てみると以下の傾向にある。

標高 2,000~5,000m にかけて 35%以上の斜面が多く分布している。特に標高 2,000~3,000m にかけては 79%が 35%以上の斜面となっている。この付近での侵食量が多いものと推定される。

表-3.1.8-5 チンチャ川の標高毎の傾斜区分

Altitude	Slope				total
	0-2	2 - 15	15 - 35	Over 35	
0 - 1000	78.15	80.09	148.11	129.25	435.6
Ratio	18%	18%	34%	30%	100%
1000 - 2000	0	50	234.91	146.42	431.33
Ratio	0%	12%	54%	34%	100%
2000 - 3000	0	47.83	64.87	421.58	534.28
Ratio	0%	9%	12%	79%	100%
3000 - 4000	0	32.12	256.02	594.25	882.39
Ratio	0%	4%	29%	67%	100%
4000 - 5000	12.47	289.52	315.65	401.98	1019.62
Ratio	1%	28%	31%	39%	100%
5000 - Mas	0	0.12	0.21	0.34	0.67
Ratio	0%	18%	31%	51%	100%
Total	90.62	499.68	1019.77	1693.82	3303.89
Ratio	3%	15%	31%	51%	100%

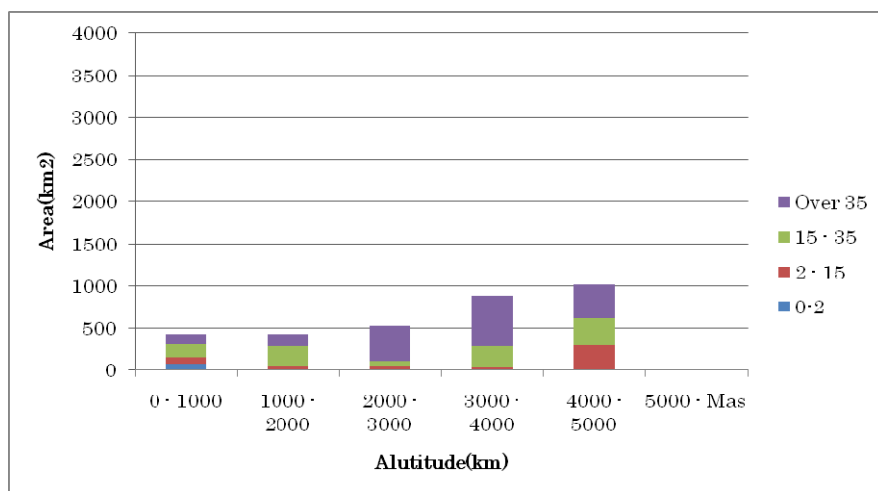


図-3.1.8-7 チンチャ川の標高毎の傾斜区分

#### (4) 土砂生産状況

##### 1) 現地調査結果

- ・山肌には、崩壊、風食などにより生産された碎屑物が崖錐を形成している。
- ・基岩地質毎に若干生産形態は異なる。安山岩質～玄武岩質は巨礫の崩落、破砕がメインであり、堆積岩質は風化による風化侵食、細粒砂の匍行がメインである（図-3.1.8-8 および図-3.1.8-9 参照）。
- ・平時に匍行性の土砂移動があるためか、図-3.1.8-10 に示すように植生は根付いていない。安山岩質の岩盤摂理面など、あまり土砂移動のない場所においては、藻類やサボテン類が侵入しているのが認められた。
- ・ほとんどの河道で低位の段丘面が残っているため、そのような場所では斜面から直接河道への土砂流入は見られず、段丘上に崖錐を形成している。そのため、ほとんどの河川への供給土砂は段丘堆積物からの侵食土砂および河床変動による堆積土砂と推察される（図-3.1.8-11 参照）。
- ・上流側では、段丘面がすくなくなり、斜面からの直接土砂流入が確認できるが、極僅かであると判断できる。



図-3.1.8-8 安山岩質～玄武岩質の崩壊地



図-3.1.8-9 堆積岩類の土砂生産状況



図-3.1.8-10 サボテンの侵入状況



図-3.1.8-11 河道付近における土砂移動

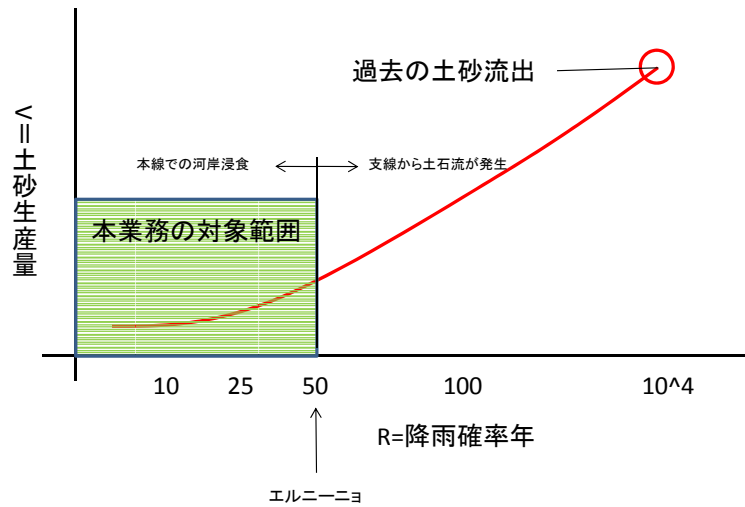
## 2) 土砂移動状況(河道内)

溪谷内は、段丘が発達している。この段丘面の脚部は各所で流路に接しており、それらの地点からは通常流量(雨期の中小規模出水を含む)で土砂が再流出、移動しているものと考えられる。

## 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測される。

定量的な経過測量、比較検討を行っていないため、平常時、エルニーニョ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。本業務の対象範囲は、下図に示す通り 50年確率降雨であり、支線からの土石流が発生する降雨に相当する。



### a) 平常時

- ・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、下流側へ押し出すのパターンで土砂流出が発生すると考えられる(図-3.1.8-12 参照)。

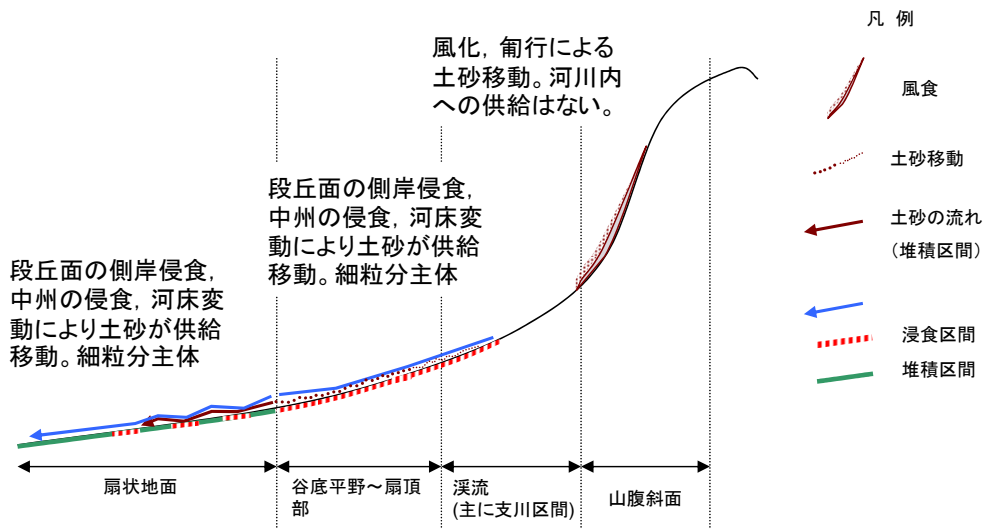


図-3.1.8-12 平常時の土砂生産流出の状態

b) エルニーニョ (1/50) 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線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。

- ・ 斜面から水量に見合った量の土砂が流出する。
- ・ 支線から土石流が発生し本線へ流れ込む。
- ・ 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。

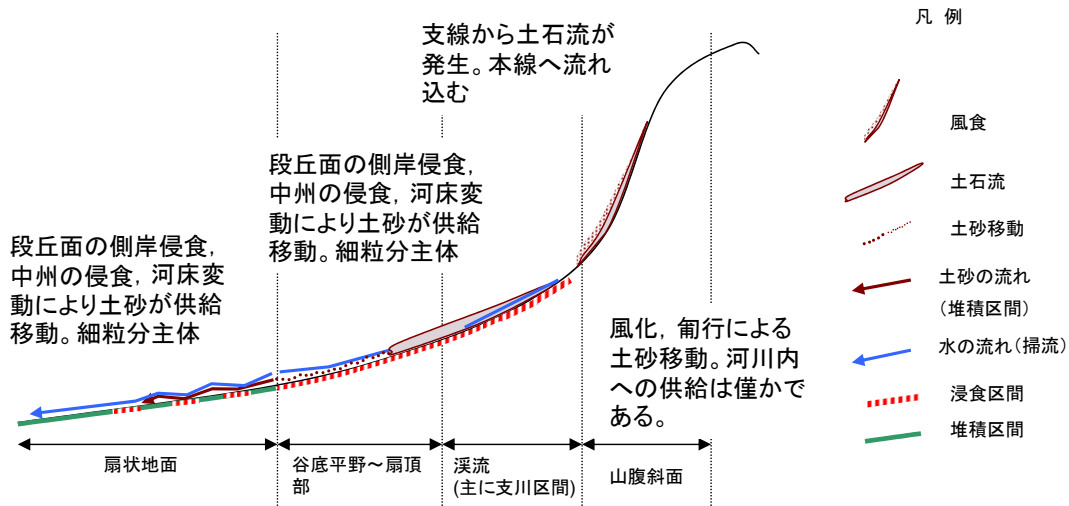


図-3.1.8-13 エルニーニョ (1/50) 程度の豪雨時における土砂生産流出の状態

c) 大規模出水時 (現在の段丘面を形成するような出水) 10,000 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 10,000 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-3.1.8-14 参照)。

- ・ 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。
- ・ 扇面頂部～加積不足断面における河道変更を伴う氾濫

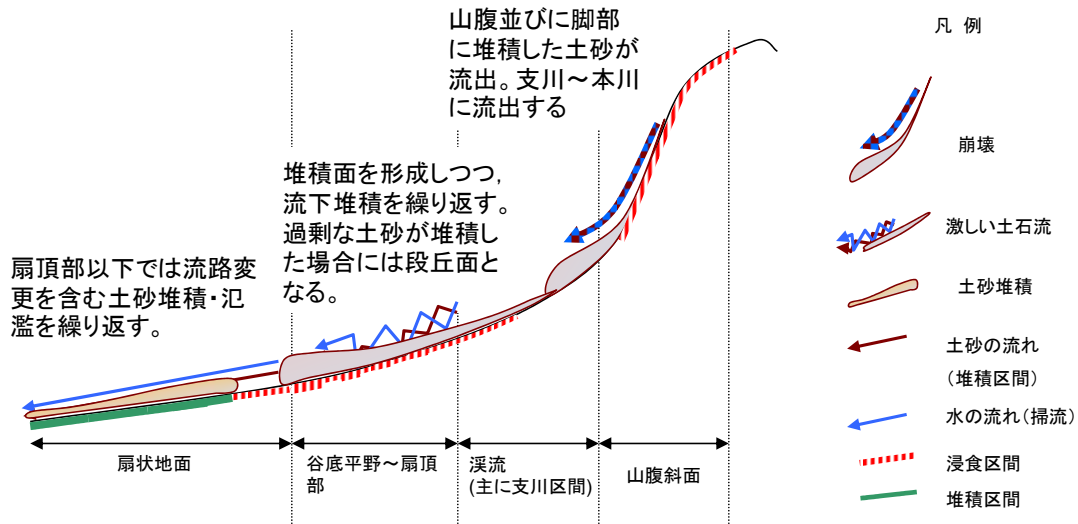


図-3.1.8-14 大規模出水時の土砂生産流出の状態 (地質学的スケール)

### 3.1.9 流出解析

#### (1) 降雨量データ

##### 1) 降雨観測状況

流出解析に用いる降雨量の観測状況を把握するとともに、流出解析に必要な降雨データの収集および整理を行った。

降雨量データは、SENAMHI、ELECT.PERU より収集した。

チンチャ川流域の降雨観測地点および観測データの収集期間を整理して表-3.1.9-1～2、図-3.1.9-1 に示す。

チンチャ川流域ではこれまでに、14箇所の観測所で雨量観測が行われており (現在未観測地点含む)、最長で1980年から2010年までの31年間観測が行われている。





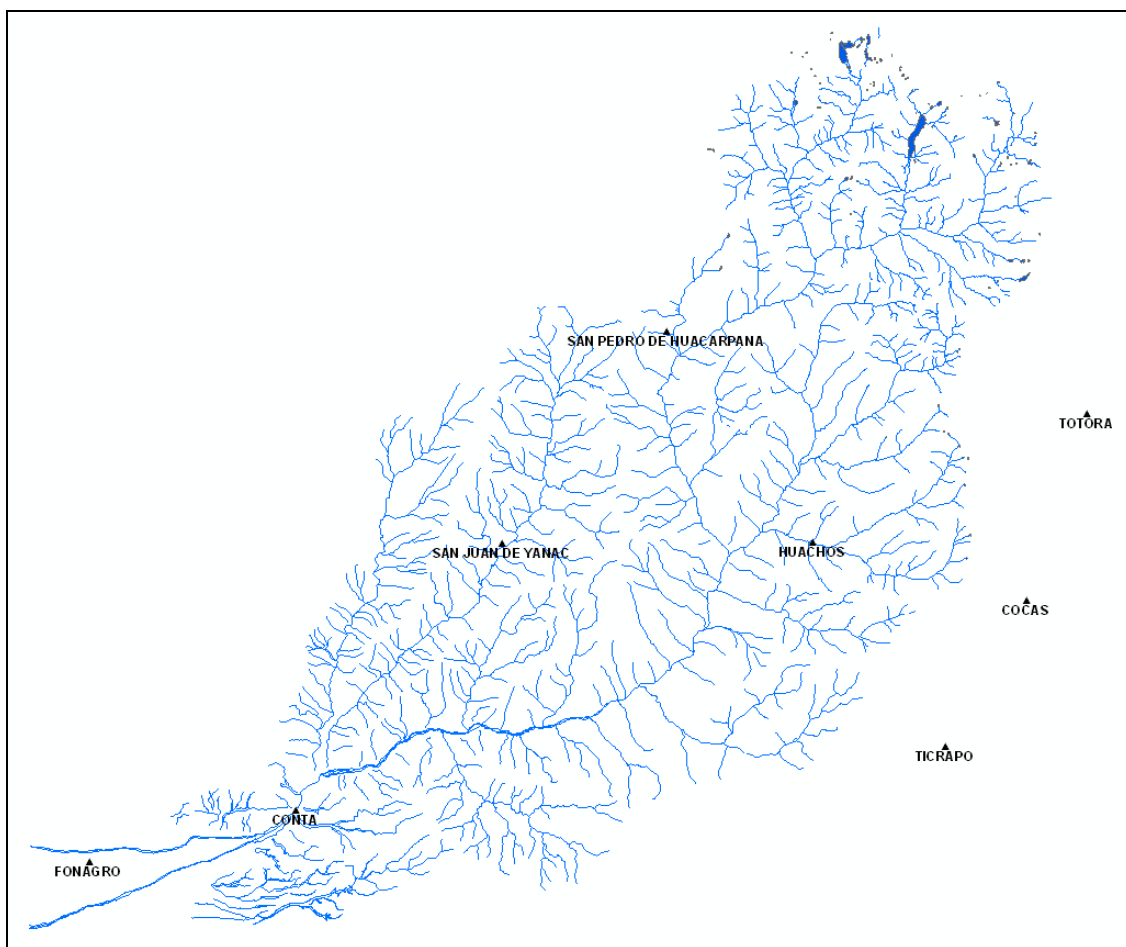


図-3.1.9-1 観測地点位置図 (チンチャ川流域)

## 2) 等雨量線図

観測された 1965 年から 1974 年の降雨データを基に SENAMHI により作成された年降雨量（10 年平均値）の等雨量線図を各流域毎に示す。

チンチャ川流域の等雨量線図を図-3.1.9-2 に示す。

チンチャ川流域では、地域によって年降雨量に大きな開きがあり、最も少ない地域で 25mm 程度以下、最大で 900mm 程度の降雨量を記録している。下流域ほど降雨量が少なく、標高が高くなる上流域ほど降雨量が多くなる。

洪水対策を行う下流域での年降雨量は 25mm 程度とほとんど降雨量はない。

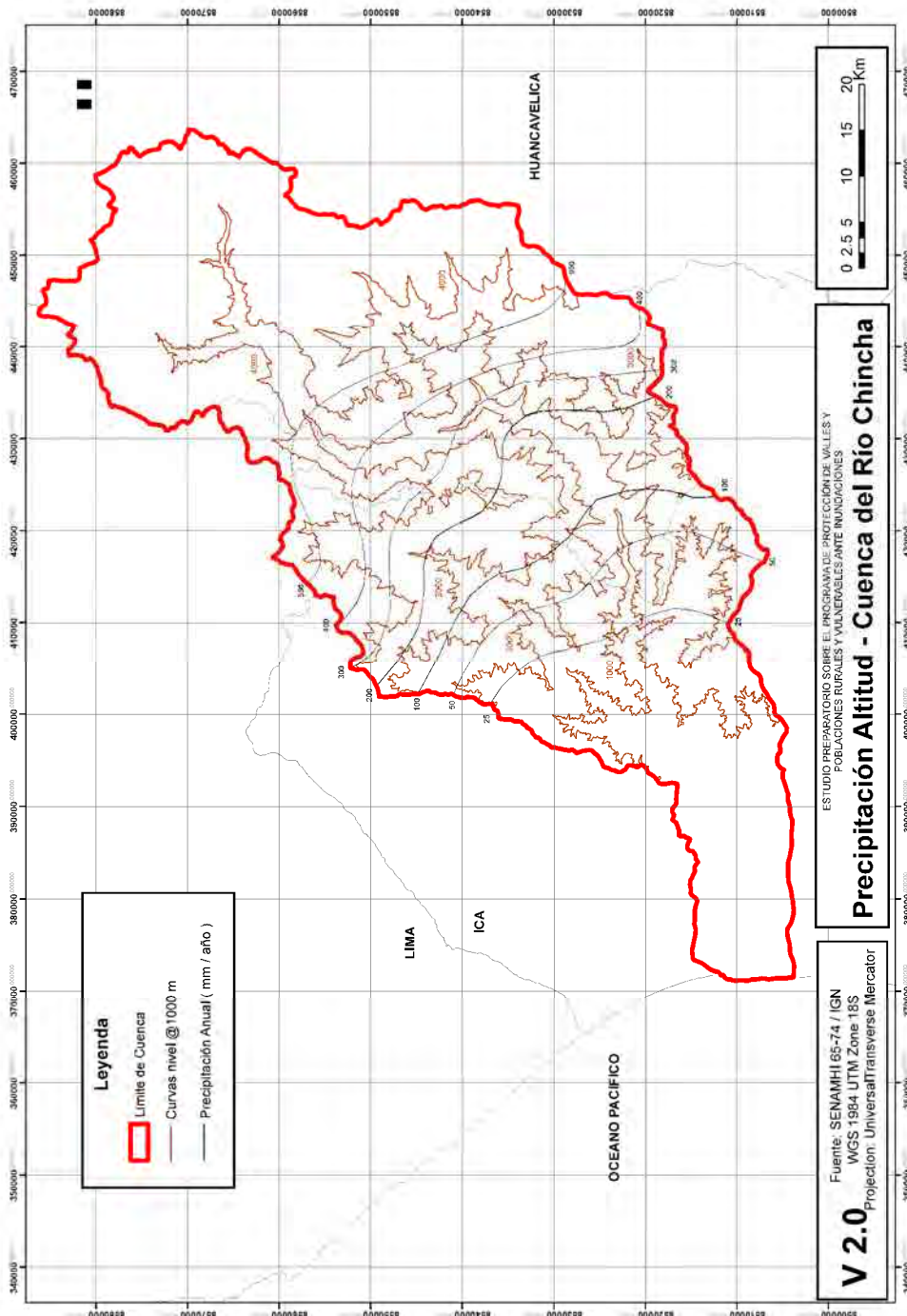


図-3.1.9-2 等雨量線図 (チンチャ川流域)

## (2) 降雨量解析

### 1) 解析手法

各観測所から収集した降雨データ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。

水文統計計算は、複数の確率分布モデルを用いて行い、適応性が最も高いモデルを採用し、そのモデルでの計算結果を確率 24 時間降雨量とした。

なお、水文統計に用いたモデルは下記のとおりである。

- ・ Distribution Normal or Gaussiana
- ・ 対数正規分布 3 母数(Log - Normal 3 parameters)
- ・ 対数正規分布 2 母数(Log - Normal 2 parameters)
- ・ ガンマー分布(Gamma 2 or 3 parameters)
- ・ 対数ピアソンⅢ型分布(the log - Pearson III)
- ・ ガンベル分布(Gumbel)
- ・ 一般化極値分布(Generalized Extreme Values)

### 2) 確率雨量解析結果

各観測地点および基準地点(Station Conta)の確率 24 時間雨量を表-3.1.9-3 に示すとともに確率 50 年雨量の等雨量線図を図-3.1.9-3 に示す。

表-3.1.9-3 確率 24 時間雨量 (チンチャ川流域)

観測地点名	確率 (年)						
	確率_2 年	確率_5 年	確率_10 年	確率_25 年	確率_50 年	確率_100年	確率_200年
COCAS	22.0	30.0	34.0	38.0	40.0	42.0	43.0
CONTA	1.0	2.0	4.0	6.0	9.0	13.0	18.0
FONAGRO	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0	8.0
HUACHOS	24.0	31.0	36.0	42.0	48.0	53.0	59.0
CHINCHA DE YANAC	11.0	18.0	23.0	30.0	34.0	39.0	44.0
SAN PEDRO DE HUACARPANA	23.0	29.0	32.0	35.0	36.0	37.0	38.0
TICRAPO	20.0	31.0	37.0	45.0	50.0	55.0	60.0
TOTORA	24.0	29.0	32.0	36.0	38.0	40.0	42.0

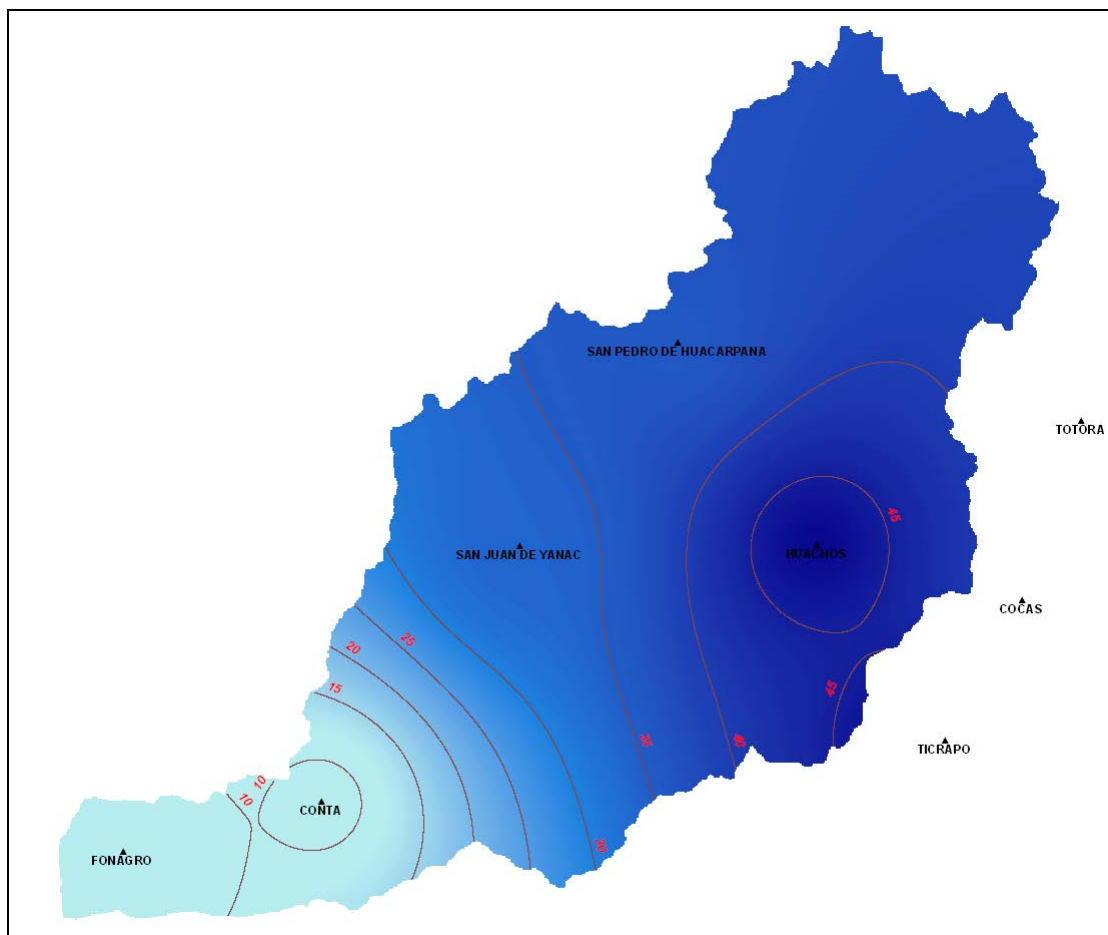


図-3.1.9-3 確率 50 年雨量等雨量線図 (チンチャ川流域)

表-3.1.9-4 確率 24 時間雨量 (基準地点 : Station Conta)

年	24 時間最大雨量 [mm]
5	23.40
10	27.39
25	32.22
50	35.56
100	39.06

**表-3.1.9-5 確率雨量別ハイエイト**

年	時間										総雨量 [mm]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	1	2	2	4	3	2	2	2	1	1	19
10	1	2	3	4	3	3	2	2	1	1	22.0
25	1	2	3	5	4	3	3	2	2	1	25.9
50	1	3	4	5	4	3	3	2	2	1	28.6
100	2	3	4	6	4	4	3	3	2	1	31.4

### (3) 流出量解析

#### 1) 流量観測状況

流出量解析に用いる流量の観測状況を把握するとともに、流出量解析に必要な流量観測データの収集および整理を行った。

流量データは、DGIH、水利組合、水管理局（ANA）、チラーピウラスペシャルプロジェクトより収集した。

#### 2) 流出量解析

収集した流量データより基準地点の年最大流量を用いて、水文統計計算を行い確率流量を算出した。生起確率2年～100年の確率流量を整理して、表-3.1.9-4 に示す。

**表-3.1.9-6 基準地点確率流量**

河川名	(m <sup>3</sup> /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
チンチャ川 Conta	179	378	536	763	951	1,156

### 3) 確率洪水量解析

#### a) 解析手法

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。

#### b) 解析結果

各流域における生起確率2年～100年の確率洪水量を整理して表-3.1.9-5 に示す。

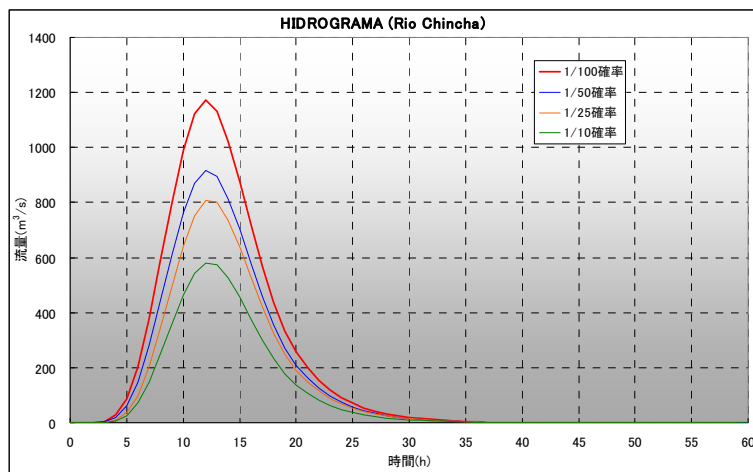
また、各流域における確率洪水のハイドログラフは図-3.1.9-4 に示すとおりである。表

-3.1.9-4 および表-3.1.9-5 の数値はほぼ同程度となっているので、以下の氾濫解析にはハイドログラフと一致する表-3.1.9-5 の値を用いることとする。

**表-3.1.9-7 確率洪水流量 (ピーク流量：基準地点)**

河川名	確率 2年	確率 5年	確率 10年	確率 25年	確率 50年	確率 100年
チンチャ川 Conta	203	472	580	807	917	1,171

( $m^3/s$ )



**図-3.1.9-4 チンチャ川の洪水ハイドログラフ**

### 3.1.10 氾濫解析

#### (1) 河川測量

氾濫解析を行うに当たり、河川の横断測量および堤防高の縦断測量を実施した。チンチャ川について行った河川測量は表-3.1.10-1 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-3.1.10-1 に示す実測結果を補完した。

表-3.1.10-1 河川測量の概要

項目	単位	数量	備考
1. 基準点測量			
チンチャ川	No.	6	
2. 堤防縦断測量			測点間隔250m、片岸のみ
チンチャ川	km	50	2河川 x25km
3. 河川横断測量			測線間隔500m
チンチャ川	km	38.0	95測線x0.4km
4. 標石			
タイプ A	No.	6	各基準点
タイプ B	No.	50	25kmx1ヶ所/km
小計		56	

#### (2) 氾濫解析の方法

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 HEC-RAS 法を用いて実施していることから、これをレビューし、必要に応じて修正し、活用することを基本とする。

##### 1) 検討方針

氾濫解析に使用される手法は、一般的には、以下の 3 種類がある。

- ① 1次元不等流モデル
- ② 池モデル
- ③ 平面 2次元不定流モデル

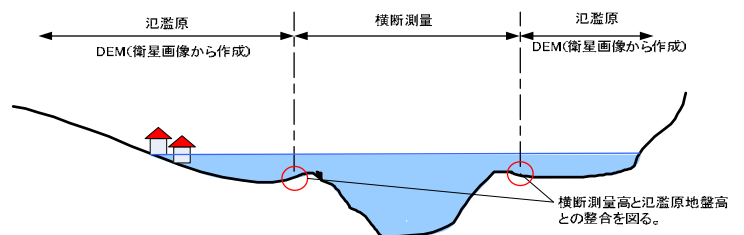


図-3.1.10-1 一次元モデルのイメージ

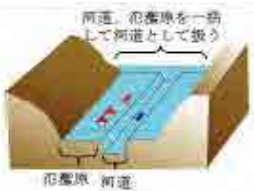
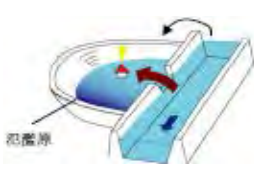
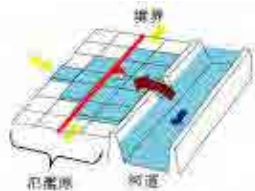
氾濫解析手法により作業に要する時間、コストが大幅に異なるため、浸水想定区域図に必要な精度を確保できる範囲で、より効率的な解析手法を選択する。

表-3.1.10-2 にそれぞれの氾濫解析手法の特徴を示す。DGIH が実施した既往の氾濫シミュレーション結果、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されたため、氾濫解析は 1次元不等流モデルを採用する予定であったが、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。

**表-3.1.10-2 氾濫解析手法**

氾濫解析手法名	1次元不等流モデル	池（ポンド）モデル	平面2次元不定流モデル
浸水区域の設定の概念	氾濫源も河道の一部として扱い、洪水のピーク流量に対する河道内水位を算出することで、浸水区域を設定する。	氾濫源と河道を分割し、氾濫源を閉鎖された一体の領域として取り扱う。この一体化した領域を“池（ポンド）”と呼び、その中の浸水位は全て同一である。河道から氾濫源へ流入した氾濫水量と、氾濫源の地形特性（水位－容量－面積）の関係から浸水区域を設定する。	氾濫源と河道を分割して取り扱い、河道から氾濫源への流入した氾濫水の挙動を2次元の流体運動をして解析することで、浸水区域を設定する。
イメージ			
手法の特徴	氾濫水が河川に沿って氾濫源を流下する氾濫形態、すなわち流下型氾濫に対して適用可能である。ただし手法の特性上、氾濫解析区域は、無堤防（無堤）として扱う。	氾濫水が山地、高地、盛土などで閉塞され拡散を妨げられる氾濫形態、すなわち非拡散型に対して適用可能である。閉鎖領域内の氾濫水は水面勾配や流速を持たず同一の水位となる。ただし氾濫源内に連続盛土などが存在する場合は、それらを反映して背後地の領域を区別し多池モデルとする必要がある場合もある。	基本的にどのような氾濫形態においても適用可能である。最大浸水区域や浸水深だけでなく氾濫水の流速、それらの時間変化も再現できる。また、計算精度も他の手法に対し一般的に高いとされており、そのため浸水想定区域図作成においても使用実績が多い。ただし、手法の特性上、氾濫解析精度は、解析モデルの格子サイズに限定される。

## 2) 氾濫解析方法

平面二次元不定流氾濫解析モデルのイメージは図-3.1.10-2 に示すとおりである。

## ◆はん濫解析モデルイメージ

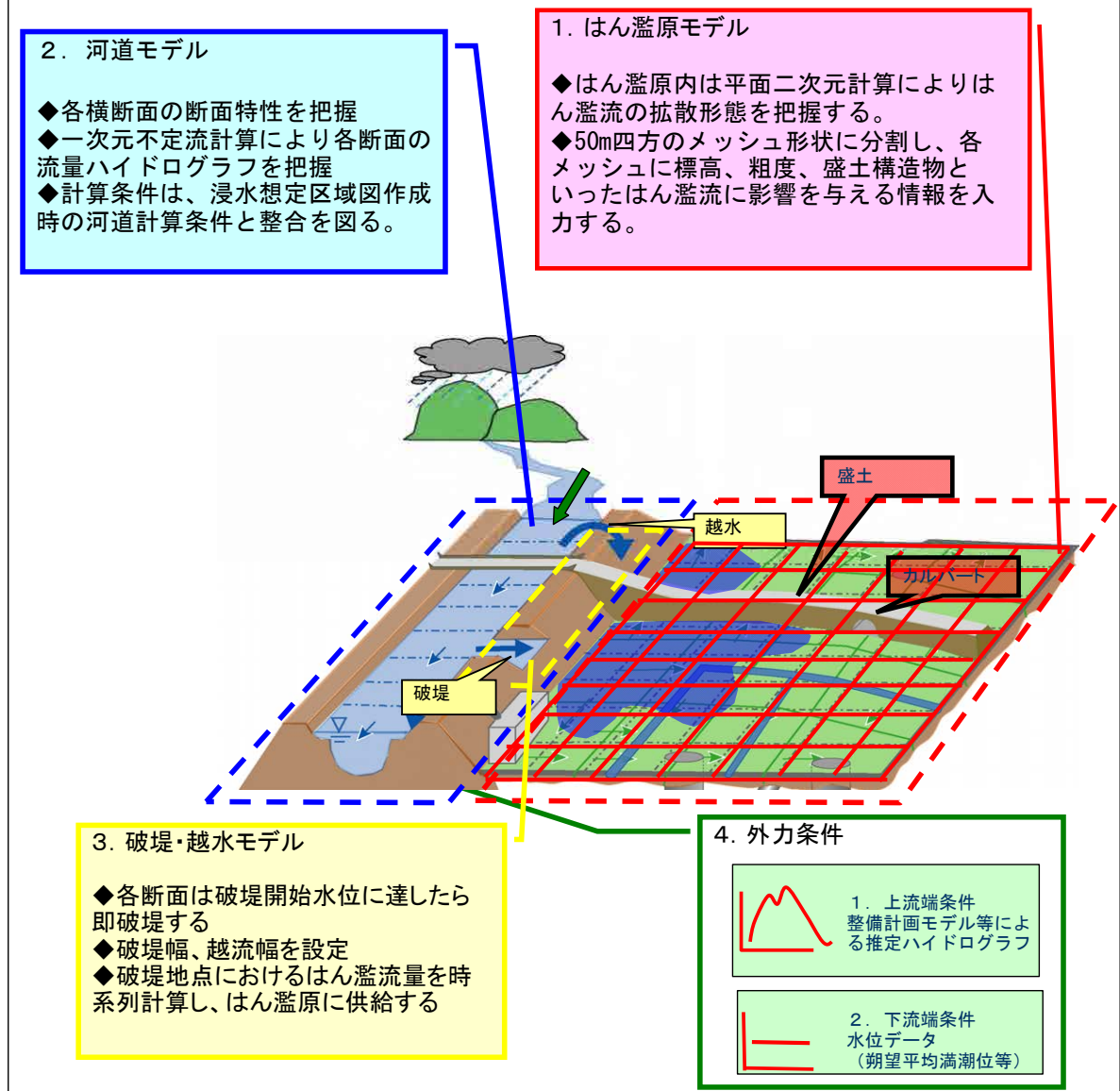


図-3.1.10-2 はん濫解析モデルの概念図

### (3) 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すると図-3.1.10-3～4 に示すとおりとなる。図には生起確率洪水量も示してあるので、チンチャ川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。

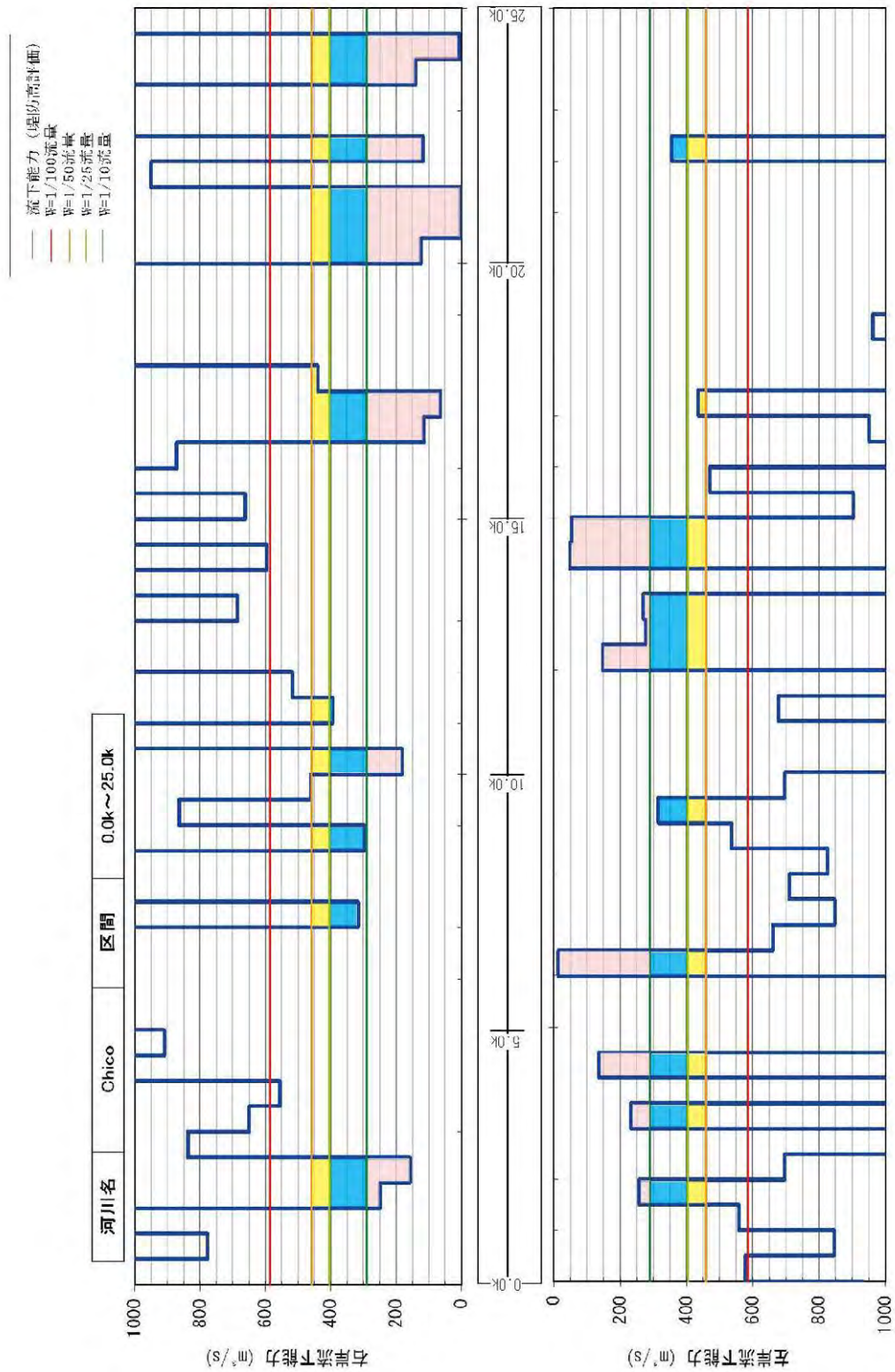


図-3.1.10-3 チンチャ川流域チコ川現況疎通能力

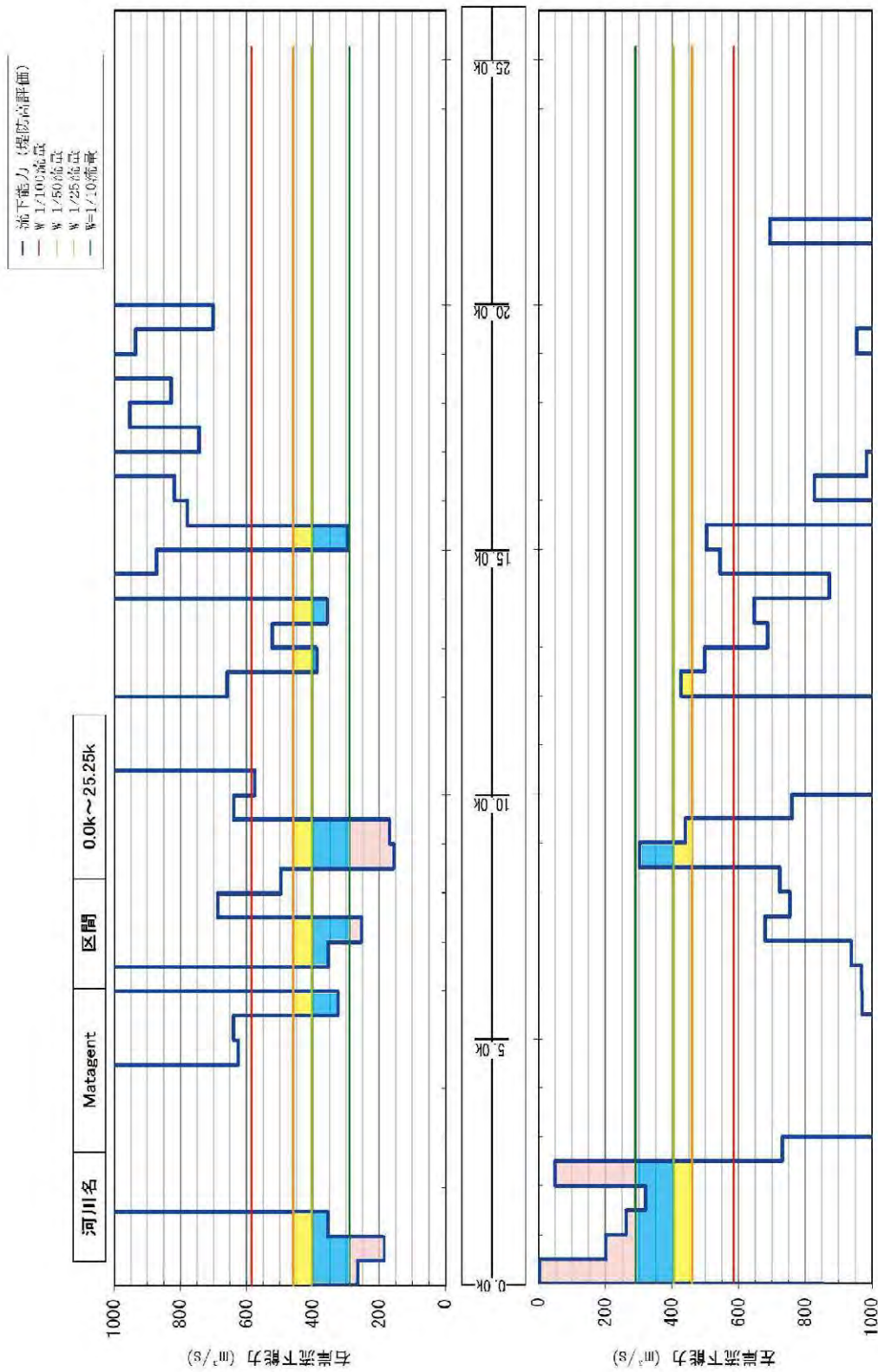


図-3.1.10-4 チンチャ川流域マタヘンテ川現況疎通能力

#### (4) 氾濫範囲

一例として生起確率 50 年洪水量に対してチンチャ川における氾濫範囲を計算すると図-3.1.10-5～-6 に示すとおりとなる。

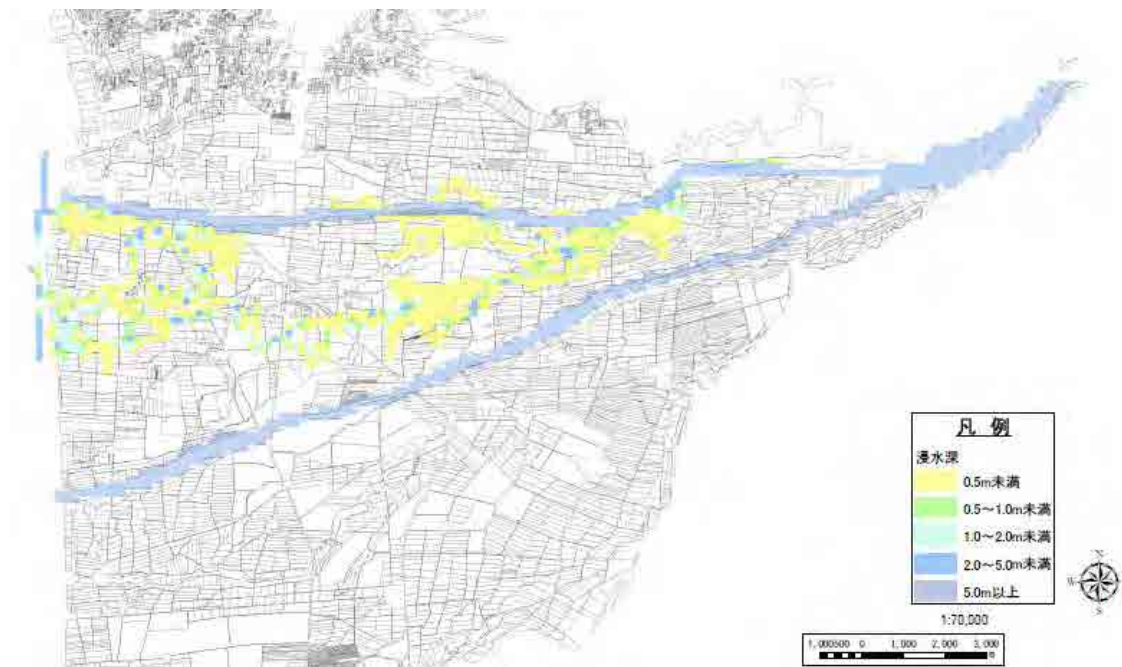


図-3.1.10-5 チンチャ川 (チコ川)氾濫範囲 (確率 50 年洪水)

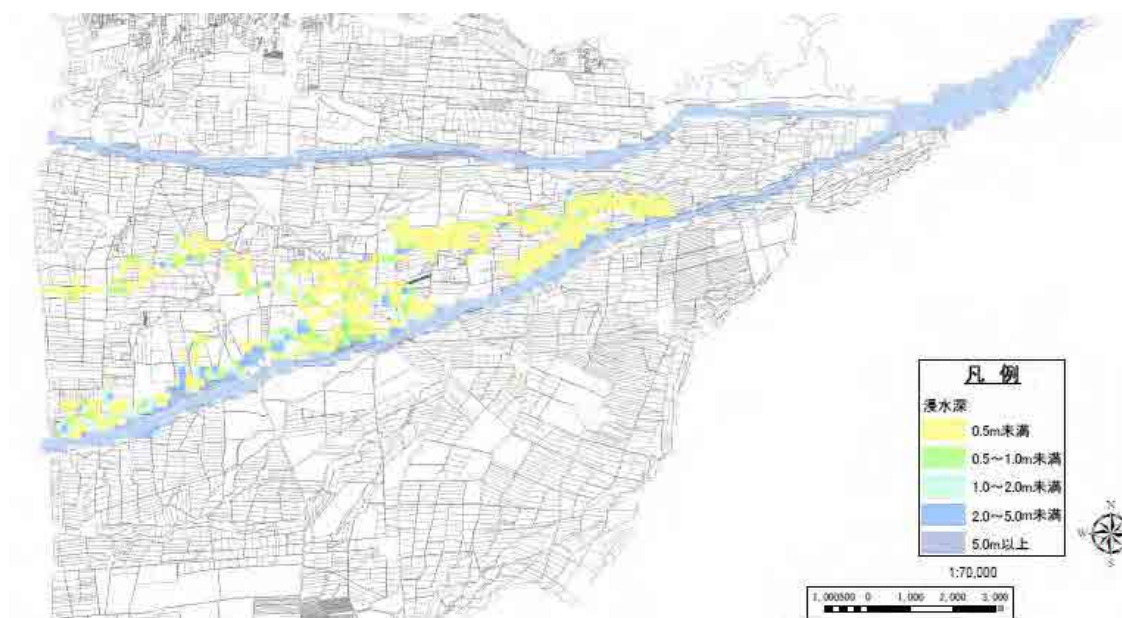


図-3.1.10-6 チンチャ川 (マタヘンテ川) 氾濫範囲 (確率 50 年洪水)

### 3.2 問題の定義と原因

#### 3.2.1 調査対象地域の洪水対策における問題点

現地調査の結果に基づき調査対象地域のチンチャ川における洪水対策上の問題点とこれらに関連する保全対象は表-3.2.1-1 に示すとおりである。

表-3.2.1-1 洪水対策における問題点と保全対象

問題点	氾濫			堤防侵食	河岸侵食	取水堰機能不全	分流堰機能不全
	無堤	河床堆積	河幅狭小				
保全対象	農地	○	○	○	○	○	○
	灌漑水路				○	○	
	市街地	○		○			○
	道路				○		
	道路橋		○				

#### 3.2.2 問題点の原因

調査対象地域における洪水対策上の主要な問題点、直接的原因および間接的原因は次に示すとおりである。

##### (1) 主要な問題点

溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性

##### (2) 直接的原因および間接的原因

主要な問題点の直接的原因および間接的原因は表-3.2.1-2 に示すとおりである。

表-3.2.1-2 主要な問題点の直接的原因および間接的原因

直接的原因	1. 過大な洪水流量	2. 氾濫	3. 洪水対策施設の維持管理不十分	4. 地域の水防活動が不十分
間接的原因	1.1 エルニーニョなどの異常気象の頻発	2.1 洪水対策施設が未整備	3.1 維持管理の知識能力が不足	4.1 水防活動の知識能力の不足
	1.2 上・中流域の異常降雨	2.2 施設整備の資金不足	3.2 維持管理の訓練不足	4.2 水防活動の訓練の不足
	1.3 上・中流域の植生が殆どない	2.3 流域の治水計画が不十分	3.3 堤防や河岸の維持補修が不十分	4.3 洪水予警報システムの欠如
	1.4 上・中流域からの土砂流出が大きい	2.4 堤防の整備不十分	3.4 取水堰や分流堰の維持補修が不十分	4.4 水文資料の観測・収集の不足
	1.5 河床勾配の変化による流下能力の減	2.5 河道幅の不足	3.5 河床の不法農地化	
		2.6 河床の土砂堆積	3.6 維持管理費用の不足	
		2.7 橋梁部における河幅狭小		
		2.8 橋梁部における河床の上昇		
		2.9 堤防や河岸の侵食		
		2.10 施設設計の能力不足		

### 3.2.3 問題点による結果

#### (1) 主要な問題点

溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性

#### (2) 直接のおよび間接的結果

主要な問題点による直接のおよび間接的結果は表-3.2.3-1 に示すとおりである。

表-3.2.3-1 問題点による直接のおよび間接的結果

直接的結果	1.農業関連の被害	2.住民の直接被害	3.社会インフラの被害	4.その他経済に対する被害
間接的結果	1.1 農作物・家畜の被害	2.1 家屋・私有財産の損害	3.1 道路の損壊	4.1 交通の途絶
	1.2 農地の流失	2.2 事業所・在庫資産の損害	3.2 橋梁の流失	4.2 水防活動・避難のコスト
	1.3 灌漑水路の損壊	2.3 事故、人命の損失	3.3 水道、電力、ガス、通信の被害	4.3 復旧・応急対策コスト
	1.4 取水堰・分流堰の損壊	2.4 営業損失		4.4 地域住民の雇用喪失
	1.5 堤防・河岸の侵食			4.5 地域住民の収入の減少
				4.6 生活の品質低下
				4.7 経済活動の低下

#### (3) 最終的な結果

主要な問題点による最終的な結果はこれによって影響を受ける地域の社会経済的発展の阻害である。

### 3.2.4 原因と結果の樹系図

上述の分析結果に基づき原因と結果の樹系図は図-3.2.4-1 に示すとおりとなる。

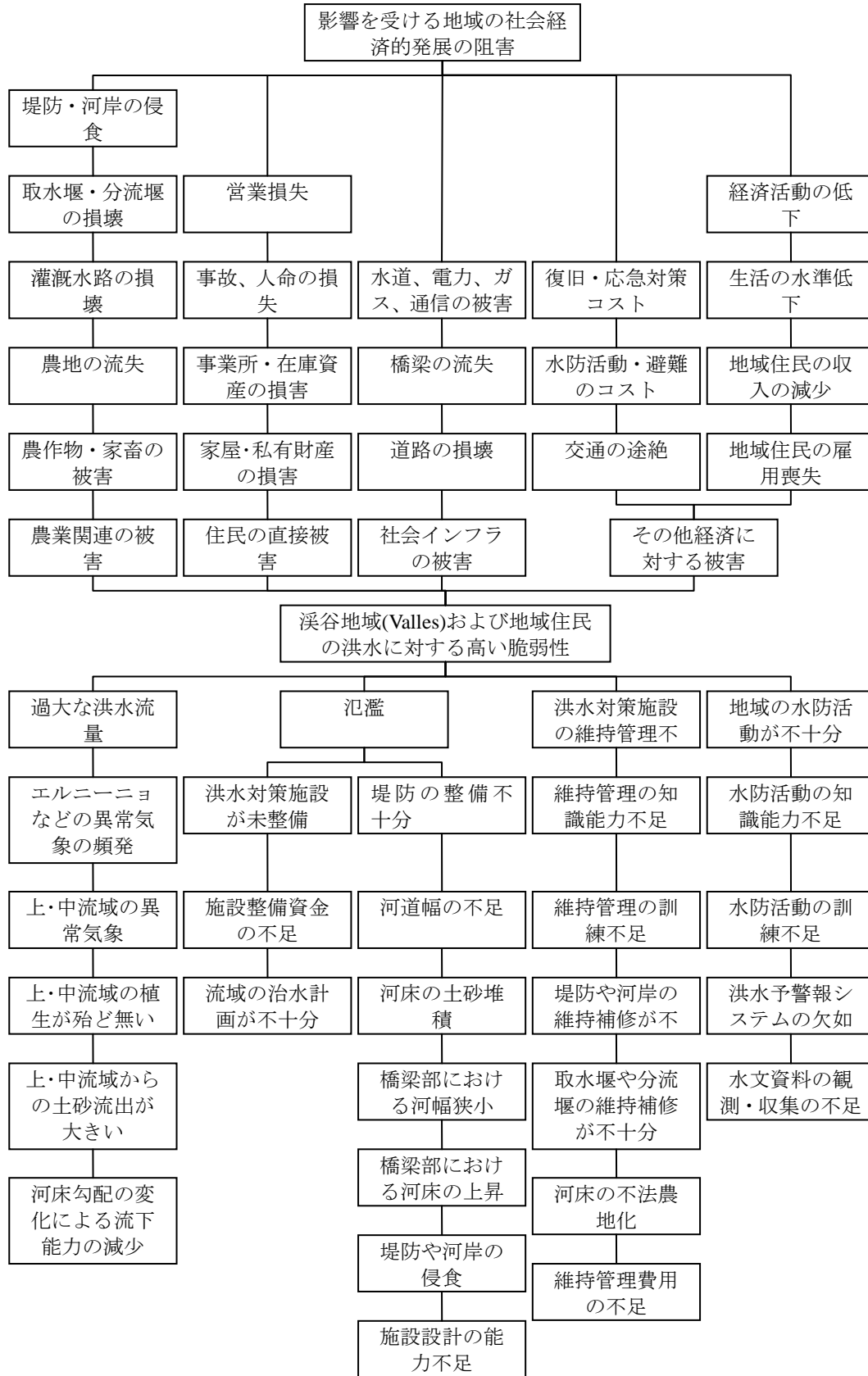


図-3.2.4-1 原因と結果の樹系図



### 3.3 プロジェクトの目的

プロジェクトの目標とする最終的な結果は溪谷地域 (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することである。

#### 3.3.1 主要な問題点を解決する手段

##### (1) 主要な目的

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する。

##### (2) 直接のおよび間接的手段

主要な目的を達成するための直接のおよび間接的手段は表-3.3.1-1 に示すとおりである。

表-3.3.1-1 問題点を解決する直接のおよび間接的手段

直接的手段	1.過大な洪水流量の解析および軽減	2.氾濫の防止	3.洪水対策施設の維持管理の徹底	4.地域の水防活動奨励
間接的手段	1.1エルニーニョなどの異常気象の解析	2.1洪水対策施設の整備	3.1維持管理の知識能力の強化	4.1水防活動の知識能力の強化
	1.2上・中流域の異常降雨量の解析	2.2施設整備の資金の供給	3.2維持管理の訓練の強化	4.2水防活動の訓練実施
	1.3上・中流域の植生の実施	2.3流域の治水計画策定	3.3堤防や河岸の維持補修	4.3洪水予警報システムの整備
	1.4上・中流域からの土砂流出の軽減	2.4堤防の整備	3.4取水堰や分流堰の維持補修	4.4水文資料の観測・収集強化
	1.5河床勾配の変化による流下能力の減少への対策実施	2.5河道の拡幅	3.5河床の不法農地化の防止	
		2.6河床の堆積土砂の掘削	3.6維持管理費用の増加	
		2.7橋梁部における河幅の拡大		
		2.8橋梁部における河床堆積の掘削上		
		2.9堤防や河岸の侵食防止		
		2.10施設設計能力の強化		

#### 3.3.2 主要な目的を達成することにより得られる効果

##### (1) 最終的な効果

主要な目的を達成することにより得られる最終的な結果は溪谷地域 (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することである。

##### (2) 直接のおよび間接的效果

最終的な結果を得るために主要な目的を達成することによって得られる直接のおよび間接的效果は表-3.3.2-1 に示すとおりである。

表-3.3.2-1 直接のおよび間接的効果

直接的効果	1.農業関連被害の軽減	2.住民の直接被害軽減	3.社会インフラの被害軽減	4.その他経済に対する被害
間接的効果	1.1農作物・家畜の被害軽減	2.1家屋・私有財産の損害防止	3.1道路の損壊防止	4.1交通の途絶防止
	1.2農地の流失軽減	2.2事業所・在庫資産の損害防止	3.2橋梁の流失防止	4.2水防活動・避難のコストの減少
	1.3灌漑水路の損壊防止	2.3事故、人命の損失防止	3.3水道、電力、ガス、通信の被害軽減	4.3復旧・応急対策コストの減少
	1.4取水堰・分流堰の損壊防止	2.4営業損失の軽減		4.4地域住民の雇用増加
	1.5堤防・河岸の侵食軽減			4.5地域住民の収入の増加
				4.6生活の品質向上
				4.7経済活動の発展

### 3.3.3 手段—目的—効果の樹系図

手段—目的—効果の樹系図は図-3.3.3-1 に示すとおりである。

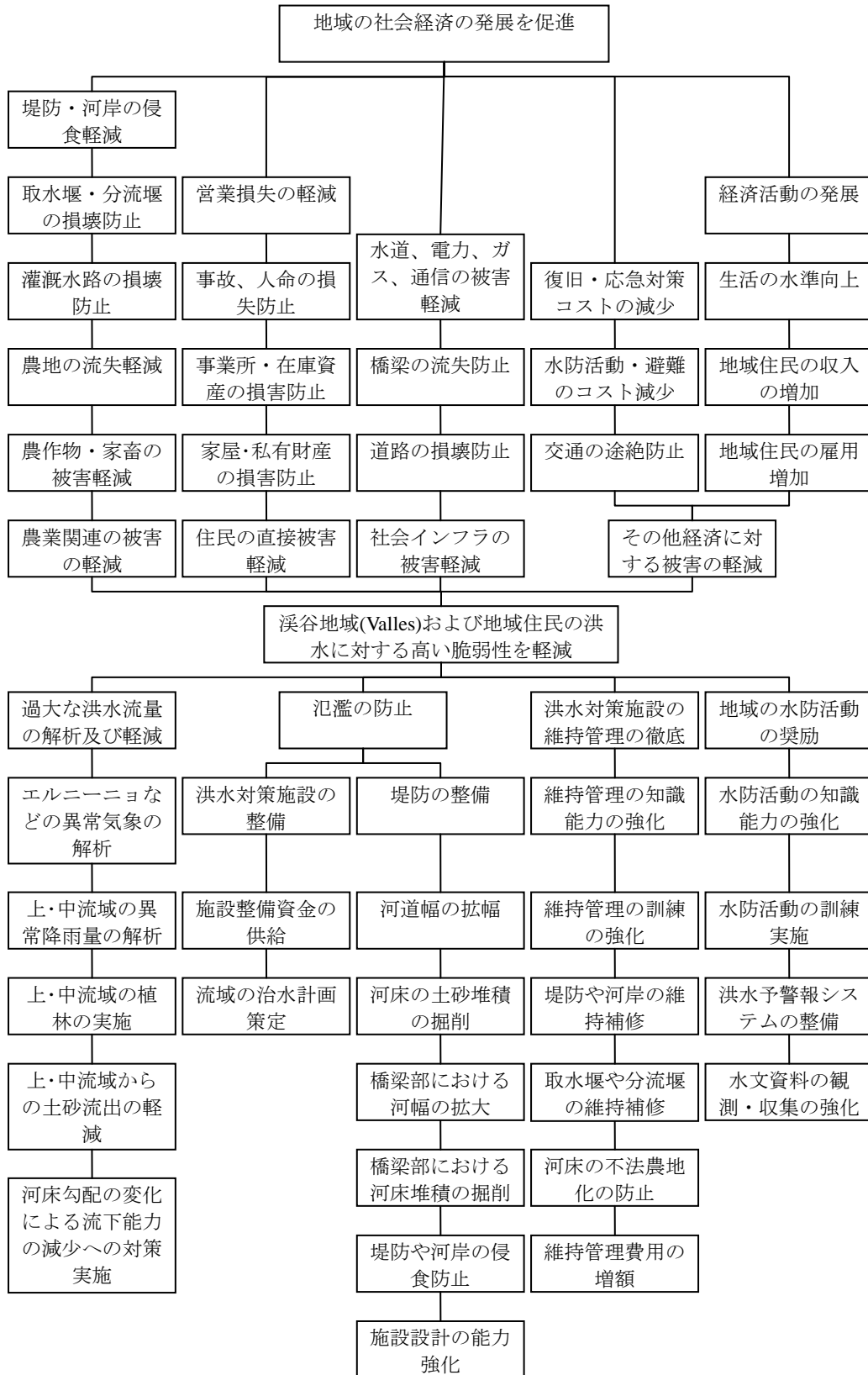


図-3.3.3-1 手段—目的—効果の樹系図



## 第4章 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 (Definición del Horizonte de Evaluación del Proyecto)

プロジェクトの評価期間は本プロジェクトのプログラムペルフィルレポートに採用されたと同様に 15 年間とする。SNIP の規定 Annex-10 には評価期間は原則として 10 年とするが、プロジェクトの形成機関（本プロジェクトの場合 DGIH）が必要と認めれば変更出来るとしている。DGIH はプログラムペルフィルレポートにおいて 15 年間を採用し、OPI および DGPM の承認を得ている（2010 年 3 月 19 日）。JICA の開発調査においては一般に 50 年を採用しているため、DGIH および OPI に問い合わせたところ、当初採用の 15 年とする事を指示された。なお評価期間を 50 年とした場合の社会経済評価は Annex-14 有償資金協力事業実施計画に記載する。

### 4.2 需要と供給分析

確率 50 年洪水流量を計画洪水流量としてチンチャ川流域において、500mピッチで実施した河川横断測量に基づき計画洪水量が流下するときの計算水位を計算した。計算水位に必要な堤防余有高を加えて必要な堤防高を算出する。

この堤防高は計画洪水流量に対して洪水被害を防御するために必要とされる高さであり、地域住民にとっての需要を表す指標となる。

また現在の堤防高または地盤高は現状における洪水被害を防御する高さであり、現時点での供給を表す指標となる。

上記の需要を表す計画堤防高と現堤防高または現地盤高の差が需要と供給のギャップと考えられる。

3.1.9 流出解析で求めた確率 50 年流量に対する計算水位、これに堤防余裕高を加えた必要堤防高（需要）および現堤防高または地盤高（供給）ならびにこれらの差（需給ギャップ）の平均値は表-4.2-1 に示す通りとなる。各地点におけるこれらの値は表-4.2-2、4.2-3 に示す通りである。地点によって現堤防または現地盤高が必要堤防高より高くなるが、この場合需給ギャップは 0 とした。

表-4.2-1 流域の需要と供給

流域	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②	③	④	⑤=③+④	⑥=⑤-①	⑦=⑤-②
チンチャ川							
チコ川	144.81	145.29	144.00	0.80	144.80	0.40	0.45
マタヘンテ川	133.72	133.12	132.21	0.80	133.01	0.29	0.36

**表-4.2-2 チコ川各地点における需要と供給**

距離標 (km)	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸 ①	右岸 ②				左岸 ⑥=⑤-①	右岸 ⑦=⑤-②
0.0	3.71	4.12	2.94	0.80	3.74	0.03	0.00
0.5	6.72	8.25	6.38	0.80	7.18	0.47	0.00
1.0	10.89	10.80	10.30	0.80	11.10	0.21	0.30
1.5	15.17	20.55	14.98	0.80	15.78	0.61	0.00
2.0	19.56	19.55	19.83	0.80	20.63	1.06	1.08
2.5	24.95	24.12	24.62	0.80	25.42	0.46	1.29
3.0	30.48	30.30	29.93	0.80	30.73	0.25	0.43
3.5	34.82	35.29	35.11	0.80	35.91	1.09	0.62
4.0	40.27	42.10	39.92	0.80	40.72	0.45	0.00
4.5	46.38	48.59	47.57	0.80	48.37	1.99	0.00
5.0	53.20	51.85	50.96	0.80	51.76	0.00	0.00
5.5	58.00	58.31	55.93	0.80	56.73	0.00	0.00
6.0	62.36	62.11	60.00	0.80	60.80	0.00	0.00
6.5	65.97	67.28	65.23	0.80	66.03	0.07	0.00
7.0	70.68	71.22	70.31	0.80	71.11	0.43	0.00
7.5	76.17	75.60	75.78	0.80	76.58	0.41	0.98
8.0	81.79	82.51	81.44	0.80	82.24	0.45	0.00
8.5	87.91	88.23	87.25	0.80	88.05	0.14	0.00
9.0	92.69	92.27	92.44	0.80	93.24	0.56	0.97
9.5	98.27	99.23	98.58	0.80	99.38	1.10	0.14
10.0	104.25	103.92	103.88	0.80	104.68	0.43	0.75
10.5	110.34	109.64	109.72	0.80	110.52	0.18	0.89
11.0	117.19	116.83	115.78	0.80	116.58	0.00	0.00
11.5	122.77	122.32	122.43	0.80	123.23	0.46	0.91
12.0	130.13	128.13	128.06	0.80	128.86	0.00	0.73
12.5	134.47	135.27	134.81	0.80	135.61	1.14	0.33
13.0	141.10	143.66	141.36	0.80	142.16	1.06	0.00
13.5	147.52	148.33	147.93	0.80	148.73	1.21	0.40
14.0	155.34	154.91	153.81	0.80	154.61	0.00	0.00
14.5	159.29	160.51	159.98	0.80	160.78	1.49	0.28
15.0	166.80	173.71	168.06	0.80	168.86	2.06	0.00
15.5	174.12	173.81	173.49	0.80	174.29	0.17	0.48
16.0	180.87	182.06	180.83	0.80	181.63	0.76	0.00
16.5	188.22	187.95	187.27	0.80	188.07	0.00	0.12
17.0	194.87	193.23	194.08	0.80	194.88	0.01	1.66
17.5	202.01	200.70	202.04	0.80	202.84	0.83	2.13
18.0	209.54	208.18	208.22	0.80	209.02	0.00	0.83
18.5	217.27	217.43	216.16	0.80	216.96	0.00	0.00
19.0	224.75	225.09	224.00	0.80	224.80	0.05	0.00
19.5	232.65	233.30	231.65	0.80	232.45	0.00	0.00
20.0	240.35	254.51	238.42	0.80	239.22	0.00	0.00
20.5	250.05	246.58	247.29	0.80	248.09	0.00	1.51
21.0	256.42	254.14	255.38	0.80	256.18	0.00	2.04
21.5	263.72	263.40	261.89	0.80	262.69	0.00	0.00
22.0	271.34	270.77	271.53	0.80	272.33	0.99	1.57
22.5	280.04	284.63	279.11	0.80	279.91	0.00	0.00
23.0	289.05	290.36	287.73	0.80	288.53	0.00	0.00
23.5	295.99	294.21	294.76	0.80	295.56	0.00	1.35
24.0	304.42	306.21	303.34	0.80	304.14	0.00	0.00
24.5	315.48	314.46	312.07	0.80	312.87	0.00	0.00
25.0	324.92	319.10	319.40	0.80	320.20	0.00	1.11
平均	144.81	145.29	144.00	0.80	144.80	0.40	0.45

表-4.2-3 マタヘンテ川各地点における需要と供給

距離標 (km)	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②	③	④	⑤=③+④	⑥=⑤-①	⑦=⑤-②
0.0	2.58	2.16	2.22	0.80	3.02	0.44	0.85
0.5	3.40	4.85	5.26	0.80	6.06	2.66	1.21
1.0	6.55	6.50	7.22	0.80	8.02	1.47	1.52
1.5	10.00	10.11	10.17	0.80	10.97	0.97	0.85
2.0	13.43	15.09	13.71	0.80	14.51	1.08	0.00
2.5	17.07	20.06	17.69	0.80	18.49	1.43	0.00
3.0	22.03	24.12	21.63	0.80	22.43	0.39	0.00
3.5	27.56	27.50	26.13	0.80	26.93	0.00	0.00
4.0	31.51	31.24	30.47	0.80	31.27	0.00	0.04
4.5	35.58	35.32	34.51	0.80	35.31	0.00	0.00
5.0	41.98	40.32	40.01	0.80	40.81	0.00	0.49
5.5	45.86	45.19	44.84	0.80	45.64	0.00	0.45
6.0	50.08	48.81	49.14	0.80	49.94	0.00	1.13
6.5	54.35	55.04	53.40	0.80	54.20	0.00	0.00
7.0	59.08	57.82	58.08	0.80	58.88	0.00	1.06
7.5	63.40	62.51	62.98	0.80	63.78	0.38	1.27
8.0	68.88	67.69	67.28	0.80	68.08	0.00	0.39
8.5	73.29	72.83	72.72	0.80	73.52	0.23	0.69
9.0	78.20	77.68	78.60	0.80	79.40	1.20	1.72
9.5	83.40	82.77	83.25	0.80	84.05	0.66	1.28
10.0	89.48	89.30	88.98	0.80	89.78	0.29	0.48
10.5	96.85	95.26	95.01	0.80	95.81	0.00	0.55
11.0	101.96	101.83	100.37	0.80	101.17	0.00	0.00
11.5	107.51	106.67	106.03	0.80	106.83	0.00	0.16
12.0	115.71	113.02	112.27	0.80	113.07	0.00	0.05
12.5	120.34	120.84	120.40	0.80	121.20	0.86	0.36
13.0	126.80	126.53	126.68	0.80	127.48	0.69	0.95
13.5	133.51	133.18	133.00	0.80	133.80	0.29	0.62
14.0	139.51	138.84	139.07	0.80	139.87	0.36	1.03
14.5	146.29	146.59	145.46	0.80	146.26	0.00	0.00
15.0	152.42	153.14	152.17	0.80	152.97	0.55	0.00
15.5	158.48	157.91	158.34	0.80	159.14	0.67	1.24
16.0	166.41	165.40	164.64	0.80	165.44	0.00	0.04
16.5	171.68	171.66	170.82	0.80	171.62	0.00	0.00
17.0	178.50	178.55	177.38	0.80	178.18	0.00	0.00
17.5	185.97	184.93	184.22	0.80	185.02	0.00	0.09
18.0	193.35	191.73	190.81	0.80	191.61	0.00	0.00
18.5	199.11	198.68	197.79	0.80	198.59	0.00	0.00
19.0	206.87	205.53	204.36	0.80	205.16	0.00	0.00
19.5	214.30	214.28	213.56	0.80	214.36	0.06	0.09
20.0	222.43	221.28	220.84	0.80	221.64	0.00	0.36
20.5	229.93	230.02	228.96	0.80	229.76	0.00	0.00
21.0	237.01	236.42	234.90	0.80	235.70	0.00	0.00
21.3	238.88	240.30	238.30	0.80	239.10	0.22	0.00
21.8	246.95	250.05	245.04	0.80	245.84	0.00	0.00
22.3	255.59	256.42	253.48	0.80	254.28	0.00	0.00
22.8	267.12	263.72	261.25	0.80	262.05	0.00	0.00
23.3	275.04	271.34	270.12	0.80	270.92	0.00	0.00
23.8	279.22	280.04	278.31	0.80	279.11	0.00	0.00
24.3	299.88	289.05	285.93	0.80	286.73	0.00	0.00
24.8	303.56	295.99	293.62	0.80	294.42	0.00	0.00
25.3	304.42	306.21	303.29	0.80	304.09	0.00	0.00
平均	133.72	133.12	132.21	0.80	133.01	0.29	0.36

## 4.3 技術的提案

### 4.3.1 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、検討の結果は後述する 4.12 中・長期計画、4.12.1 全体治水計画に述べてある。結論としては流域全体の治水方式として堤防方式を提案しているが、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高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) 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 年～50 年洪水流量が計画対象流量として考えられる。

#### 2) 既往最大流量と計画洪水流量

チンチャ川における年最大流量の観測値は図-4.3.1-1 に示すとおりである。これに基づき既往最大流量を抽出して各生起年確率洪水流量とともに示すと表- に示すとおりである。チンチャ川の既往最大流量は表-4.3.1-1 に示すように 1960 年代以前であって最近 40 年間における年最大流量は確率 50 年流量よりかなり小さい。

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、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、今回の整備目標としては、過去 40 年間の最大規模の洪水流量より大きい 1/50 年確率規模とする。

表-4.3.1-1 生起年確率洪水流量と既往最大流量(m<sup>3</sup>/sec)

河川名	確率2年	確率10年	確率25年	確率50年	確率100年	既往最大
チンチャ川	203	580	807	917	1,171	1,269



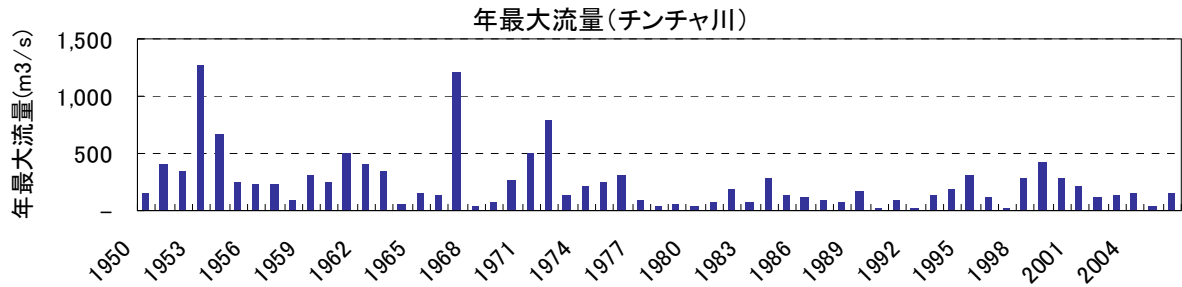


図-4.3.1-1 年最大流量 (観測値：チンチャ川)

3) 確率洪水流量と被害額および浸水面積

チンチャ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概略検討して図-4.3.1-2 に示す。

この図より次のことが言える。

- ① 確率洪水流量が増加するほど浸水面積が増加する (図中の緑線)。
- ② 確率洪水流量が増加するほど被害額が増加する (図中の赤線)。
- ③ 確率洪水流量の増加に伴って対策後の被害額は漸増する (図中の青線)。
- ④ 確率洪水流量の増加に伴って被害軽減額 (赤線と青線の差) は着実に増加し、検討した範囲では確率 50 年流量において最大となる。

上述したように確率 50 年流量は過去 40 年の既往最大流量より大きい。また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、社会評価の結果経済効果も確認されている。

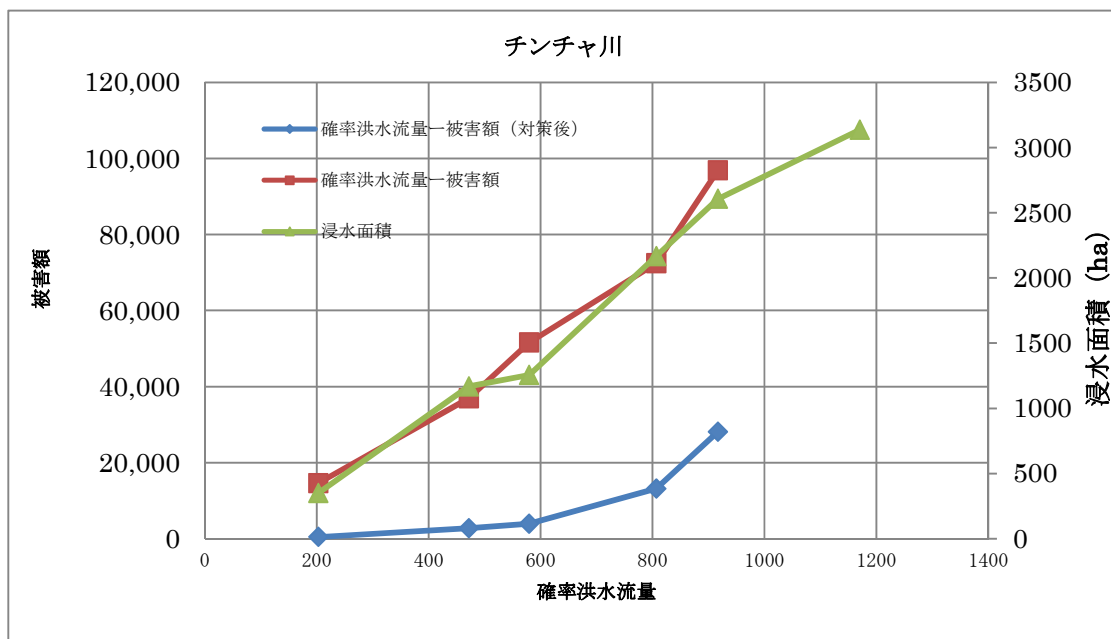


図-4.3.1-2 確率洪水流量と被害額および浸水面積 (チンチャ川)

## (2) 地形測量

各構造物対策の予定地において表-4.3.1-2 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-4.3.1-2 地形測量の概要

河川名	位置	施設	地形測量 (S=1/2500)	横断測量(S=1/200)		
			(ha)	側線の数	平均長 (m)	合計 (m)
チンチャ川	Chico-1	護岸	15.0	32	50.0	1,600
	Chico-2	取水堰	21.0	8	300.0	2,400
	Chico-3	取水堰	5.0	4	200.0	800
	Ma-1	護岸	15.0	32	50.0	1,600
	Ma-2	河道掘削	24.0	13	200.0	2,600
合計			80.0	89		9,000

## (3) 重点洪水対策施設の選定

### 1) 基本方針

重点洪水対策施設の選定には次の項目を考慮した。

- ・ 地域住民の要望箇所（過去の洪水被害を踏まえた要望）
- ・ 流下能力不足箇所（洗掘箇所も含む）
- ・ 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、地元ヒヤリング結果（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、各河川において治水上の対策が必要な箇所（総合評価点の高い箇所）5 か所を重点洪水対策箇所として選定した。

具体的には、河川測量を 500mピッチ（横断図）で実施し、流下能力評価や氾濫解析をこれに基づいて実施しているため、500m区間毎に上記の各項目について3段階評価（0点、1点、2点）を行い、その合計点が6点以上の区間を選定した。なお、施設選定の下限值（6点）については、全体事業費の予算等にも配慮して設定した。

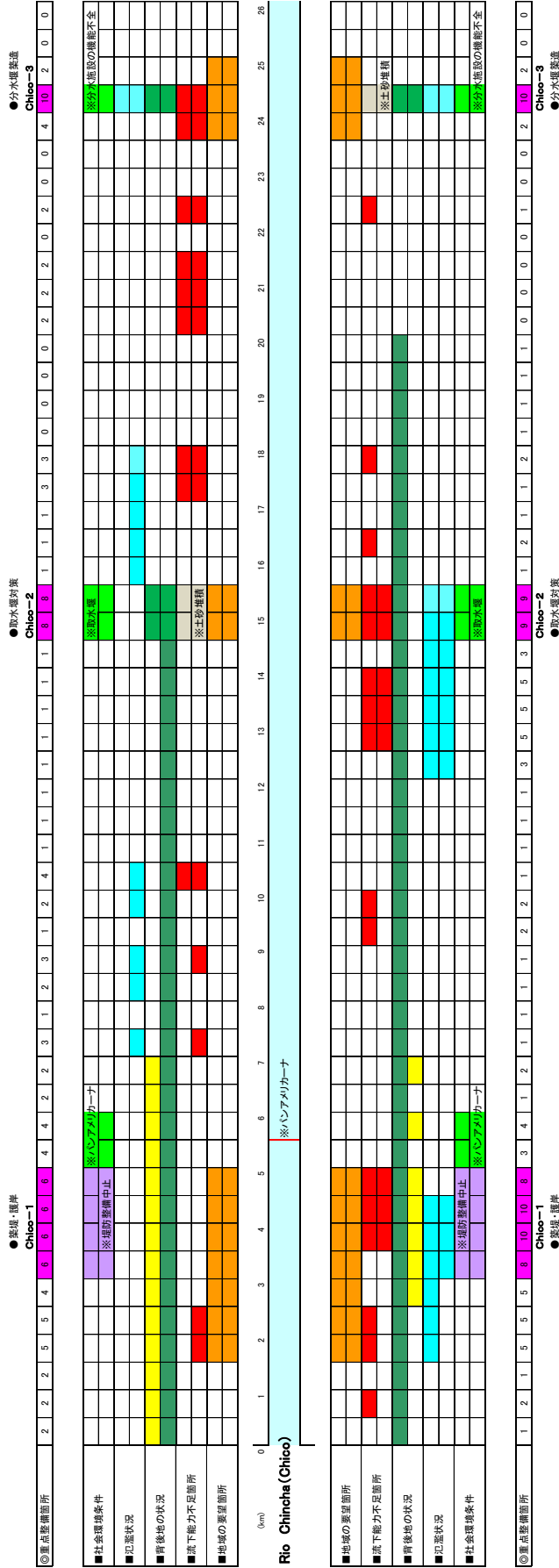
評価の項目と採点基準は表-4.3.1-3 に示すとおりである。

**表-4.3.1-3 評価項目と採点基準**

評価項目	評価内容	段階評価基準
地域の要望箇所	<ul style="list-style-type: none"> <li>●過去の洪水被害の実績</li> <li>●地域住民・農民の要望</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模な洪水被害の経験があり、地域の要望が特に高い箇所（2点）</li> <li>・地域の要望箇所（1点）</li> </ul>
流下能力不足箇所（洗掘箇所含）	<ul style="list-style-type: none"> <li>●流下能力不足により氾濫の可能性</li> <li>●洗掘による堤防崩壊の可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流下能力が特に低い箇所（確率洪水流量 1/10 年以下）（2点）</li> <li>・流下能力の低い箇所（1/25 年以下）（1点）</li> </ul>
背後地の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>●大規模農地等</li> <li>●市街地等</li> <li>●背後地や周辺施設の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模な農地が広がっている箇所（2点）</li> <li>・農地に市街地が混在、大規模市街地（2点）</li> <li>・上記の規模の小さいもの（1点）</li> </ul>
氾濫状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>●氾濫の規模</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・氾濫が平面的に大きく拡散する場合（2点）</li> <li>・氾濫が限定的な範囲に留まる場合（1点）</li> </ul>
社会環境条件 （地域の重要施設）	<ul style="list-style-type: none"> <li>●灌漑や上水道の取水施設など</li> <li>●主要道（パンアメリカーナなど）の橋や道路</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域の重要施設がある場合（2点）</li> <li>・重要施設に準ずる施設（地方道、小規模取水施設等）の場合（1点）</li> </ul>

2) 選定結果

河川の各区間における評価の結果および重要洪水対策施設の選定結果は図-4.3.1-3 および図-4.3.1-4 に示すとおりである。



● 過去の洪水において右岸に浸透し、農地等に被害を与えた箇所  
 ● 背後地において下流下能力が概七不  
 ● 社会環境条件、取水堰の取入、事故対策  
 ● 流下能力確保のために、築堤・護岸が必要箇所

● 取水堰の一部が水割トンネルであり、土砂堆積による流下能力不足が懸念な箇所  
 ● 河川に配分できない場合、チンチャ川本流に配分可能な容量を確保する必要がある  
 ● 河川の航行により洪水流を計画どおりに(1:1)に配分できない場合、チンチャ川本流に配分可能な容量を確保する必要がある  
 ● 分水堰設置

図-4.3.1-3 チンチャ川 - チンチャ川における重点洪水対策施設の選定



## 3) 選定根拠

チンチャ川の特徴としては、上流部のチ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、チコ川とマタヘンテ川に適正（1：1）に分流した場合でも、チ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。（③が実施された場合を想定）

表-4.3.1-4 対策箇所の選定根拠（Chincha川）

No	対策位置	選定根拠
①	<b>Chico 川</b> 3.0km～5.1km (左岸側) + (右岸側)	<p>当該箇所は、上記にも示したようにチコ川下流部で最も流下能力が不足する箇所であるため、特に左岸の被害拡大を防止する築堤護岸が必要である。また、上流側の整備を実施した場合に、右岸側でも氾濫が始まり拡大するものと考えられるため、当該地区は左右岸の築堤が必要である。</p> <p>&lt;対策位置の特徴&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●過去の洪水において左右岸に氾濫し、農地等に被害を与えた箇所</li> <li>●現在、左岸側に部分的な築堤が建設されているが、上流側の整備に伴い氾濫が拡大する箇所</li> <li>●下流部で最も流下能力が不足する箇所</li> </ul> <p>&lt;保全対象&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○対策位置左右岸に広がる広大な農地（特に左岸側）</li> </ul> <p>&lt;保全方法（どのように・どの程度）&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全に流下させる施設を整備する。</li> <li>▼既存の堤防が部分的に整備されていることから、それらを有効に活用し、流下能力を確保する築堤・護岸を行う。</li> </ul>
②	<b>Chico 川</b> 14.8km～15.5km (左岸側への河道拡幅)	<p>当該箇所は、取水堰付近の土砂堆積が顕著であると共に、上記に示したように流下能力が大きく不足する箇所でもある。従って、取水堰への土砂流入対策（流量配分に配慮した分水堰の築造）及び流下能力の確保が重要な箇所である。</p> <p>&lt;対策位置の特徴&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●過去の洪水において氾濫した箇所</li> <li>●河道を拡幅し、取水堰への流入土砂対策及び流下能力確保を実施すべき箇所</li> <li>●取水後の用水路の一部が水路トンネルであり、トンネル内の土砂堆積による機能不全が問題となっている箇所</li> </ul> <p>&lt;保全対象&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○取水堰</li> <li>○対策位置左岸側に広がる農地</li> </ul> <p>&lt;保全方法（どのように・どの程度）&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全に流下させる施設を整備する。</li> <li>▼川幅を拡幅し、洪水流が取水堰に集中しないように工夫する。</li> </ul>
③	<b>Chico 川</b> 24.2km～24.5km (全体)	<p>当該箇所は、チンチャ川の流水がチコ川とマタヘンテ川に分岐する地点であり、チンチャ川の治水対策を考える上で最も重要となる箇所である。（治水対策の基本となる）</p> <p>既存の分流施設が存在するが、1954年に築造されて施設が老朽化が著しい。また、洪水が続くと洪水流が堰上流で蛇行し、チコ川かマタヘンテ川のどちらか一方に洪水流が流れてしまい、分流機能も不十分</p>

		<p>な状況となっている。</p> <p>よって、チコ川とマタヘンテ川に適正に洪水流を分配する分流堰の築造は、チンチャ川の治水計画を考える上で必要不可欠な対策である。</p> <p><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></p> <p>●河川の蛇行により洪水流を計画どおり（1：1）に配分できない場合、チコ川又はマタヘンテ川の何れかの河川で大規模な氾濫が発生するため、適切な分流施設が必要な箇所。</p> <p><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <p>○チコ川、マタヘンテ川の全地区 （流量配分が適正に行われない場合には、片方の河川に甚大な被害をもたらすため）</p> <p><b>&lt;保全方法（どのように・どの程度）&gt;</b></p> <p>▼洪水流が確実に分流できる施設を整備する。</p>
④	<p><b>Matagente 川</b></p> <p>2.5km～5.0km （全体）</p>	<p>当該箇所は、過去の氾濫地点であり、右岸側に氾濫流が大きく広がる傾向にある。また、過去の被害に際して、無秩序に盛土がなされており、上流側の整備を実施した場合に、左岸側でも氾濫が始まり拡大するものと考えられるため、当該地区は左右岸の築堤が必要である。</p> <p><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></p> <p>●下流側で流下能力が最も不足する箇所</p> <p>●過去の洪水において、左右岸に氾濫し、農地等に甚大な被害を与えた箇所</p> <p>●無秩序な盛土が実施されている箇所</p> <p><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <p>○対策位置左右岸に広がる広大な農地（特に右岸側）</p> <p><b>&lt;保全方法（どのように・どの程度）&gt;</b></p> <p>▼流下能力不足を解消するための堤防及び流路が蛇行しているため堤防法面、法尻を保護する護岸を整備する。</p> <p>▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全流下させる施設を整備する。</p>
⑤	<p><b>Matagente 川</b></p> <p>8.0km～10.5km （全体）</p>	<p>当該箇所は、過去の氾濫地点である。狭窄部（道路橋部）により流下能力が不足するとともに、過去 50 年で河床が約 4～5m 上昇した。河床を掘削し（道路橋の基礎に十分留意した上で）流下能力の向上を図るとともに、左右岸に築堤が必要な箇所である。</p> <p><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></p> <p>●8.9km 付近の狭窄部（道路橋）のため流下能力が不足している箇所</p> <p>●道路橋による堰上げ効果により上流部に土砂が堆積している箇所</p> <p><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <p>○対策位置左右岸に広がる広大な農地（特に右岸側）</p> <p><b>&lt;保全方法（どのように・どの程度）&gt;</b></p> <p>▼河床が上昇傾向にあるため、当該地区の流下能力確保及び上流側の水位低減効果を期待できる河床掘削を実施する。</p> <p>▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全流下させる施設を整備する。</p>

#### (4) 重点洪水対策施設の位置

チンチャ川における重点洪水対策施設の位置は図-4.3.1-5 に示すとおりである。また施設の概要を表-4.3.1-5 に示す。



図-4.3.1-5 チンチャ川における重点洪水対策構造物の位置

表-4.3.1-5 重点洪水対策施設の概要

対象河川	クリティカルポイント		保全対象	対策(暫定案)	施設規模	対象範囲	
チンチャ流域	Chico1	C-3.5~5.0k	氾濫点	農地 (綿・ぶどう) 市街地	築堤(無堤区間) 護岸工	天端幅:4.0m 高さ:2.0m 法勾配:1:2 延長:3,000m(1,500+1,500)	3.0km~5.1km(全体)
	Chico2	C-15k	取水堰		取水堰 河道拡幅	堰幅:100m 堰高:3.0m 堰厚:2.0m	14.8km~15.5km(全体)
	Chico3	C-24k	分水堰		分流堰の改良(既存施設の改修、流路工、導流堤の延伸)	堰幅:70m 堰高:3.0m 堰厚:2.0m	24.2km~24.5km(全体)
	Ma1	M-3.0k~4.5k	氾濫点		築堤(無堤区間) 護岸工	天端幅:4.0m 高さ:2.0m 法勾配:1:2 延長:3,000m(1,500+1,500)	2.5km~5.0km(全体)
	Ma2	M-8.9k	狭窄部		河床掘削	掘削幅:100m 掘削深:1.0m 延長:1,200m	8.0km~10.5km(全体)

(5) 堤防の標準断面

i) 天端幅

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。

ii) 堤防の構造

堤防の構造は、過去の被災履歴、地盤条件、背後地の状況等を勘案して過去の経験等に基づいて計画した。

各流域の堤防構造は、すべて土質材料により構成されている。地域ごとに若干構造が異なるが現地で確認し、堤防の管理者からヒヤリングした結果は次のようである。

- ① のり面勾配は鉛直1に対して水平2の1：2勾配程度のもので大半である。河川や地域によって若干形状が異なる。
- ② 堤体材料は、近傍の河床材料を使用しており、砂礫～礫混じり砂質土で塑性は低い。材料強度として粘着力は期待できないものが大半である。
- ③ カニエテ川流域では大小の砂礫で構成される礫質土で構成されており、比較的良く締まっている。



- ④ チラ川のスマナ堰より下流では、シルト混じりの砂質土で構成され、川表側に比較的透水性の低い材料を配置し、河裏側に透水性の高い材料を配置するゾーン型の構造として設計している。しかし、現実には透水性の低い材料の入手は困難で、施工管理で粒度等の管理による厳密な材料配置をしているわけではないとのことである。
- ⑤ 各河川で被災箇所を調べたが、洪水による破堤箇所と残存箇所の堤防に特別な堤体材料や地盤の差は認められなかった。破堤は、殆ど越流によるものである。
- ⑥ チラ川、カニエテ川などでは水制工が施工されているが、破壊されているものも多い。水制工は巨石で構成されているが内部は土砂で構成されているものもあり内部材料の吸出しにより破壊された可能性がある。
- ⑦ ピスコ川の河口部では巨石で構成された護岸があり、管理者の話では、この構造は破堤に対して強いとのことである。巨石材料については、概ね 10km 圏内に採石場がありそこから搬送している。

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。
- ② 堤防の糊面勾配は、粘着力のない砂質土であれば、内部摩擦角  $\phi$   $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$  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。(  $\theta$  : のり面勾配、  $\phi$  内部摩擦角、  $n$  : 安全率 1.5) 必要な安定勾配は、内部摩擦角  $30^{\circ}$  に対して  $V : H = 1 : 2.6$  ( $\tan \theta = 0.385$ ) となる。この計算上必要なのり面勾配に対して、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、異常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。
- 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。

### iii) 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-4.3.1-6 のとおりである。ペルー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-4.3.1-6 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 <sup>3</sup> /s 未満	0.6m
200 m <sup>3</sup> /s 以上 500 m <sup>3</sup> /s 未満	0.8m
500 m <sup>3</sup> /s 以上 2,000 m <sup>3</sup> /s 未満	1.0 m
2,000 m <sup>3</sup> /s 以上 5,000 m <sup>3</sup> /s 未満	1.2 m
5,000 m <sup>3</sup> /s 以上 10,000 m <sup>3</sup> /s 未満	1.5 m
10,000 m <sup>3</sup> /s 以上	2.0 m

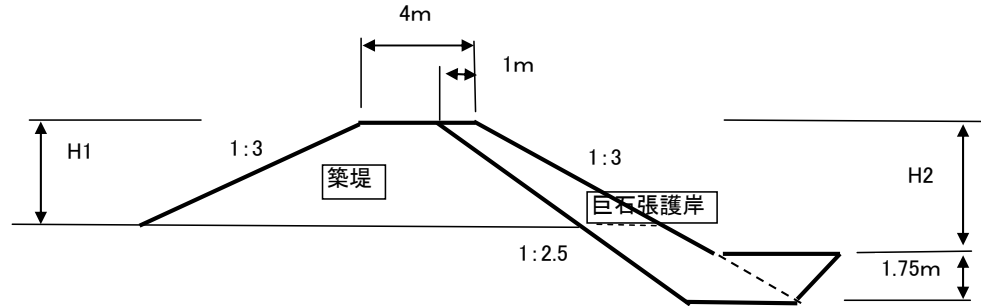


図-4.3.1-6 堤防の標準断面

#### 4.3.2 非構造物対策

##### 4.3.2.1 植林/植生回復

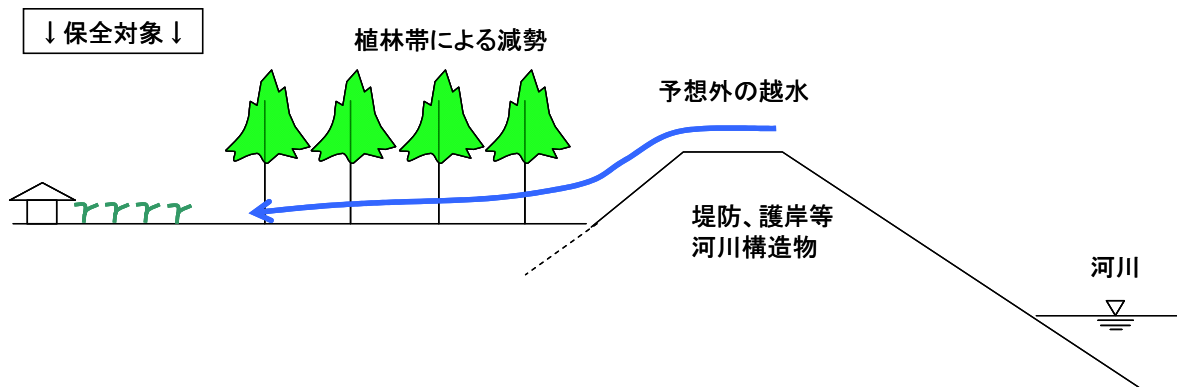
###### (1) 基本方針

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。後者については後述する 4.12 中・長期計画、4.12.2 植林・植生計画に述べるように、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。

###### (2) 河川構造物沿いの植林について

この案は堤防や護岸などの河川構造物沿いに植林を行う案である。

- a) 目的：予想外の流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。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 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)

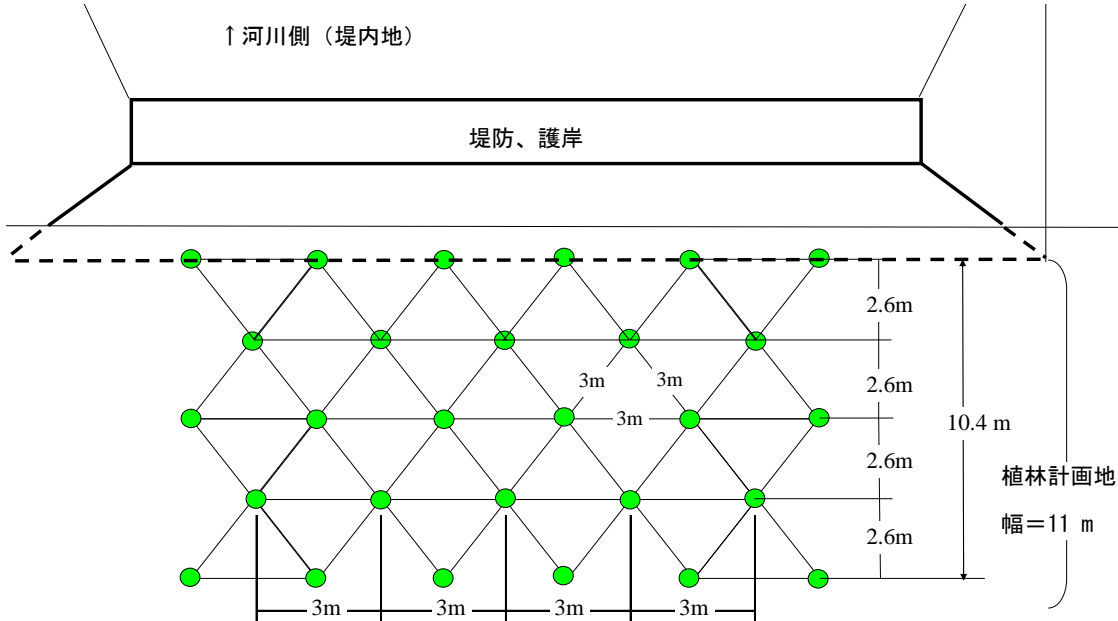
図-4.3.2.1-1 河川構造物沿いの植林 概念図

###### (3) 河川構造物沿いの植林/植生回復計画

洪水時になんらかの理由で堤防等を越水した場合に備え、河川構造物沿いに植生帯を設け、緩衝帯としての機能を発揮させる。

1)構造 (植栽配置)

ペルー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。3m間隔で植栽木を配置した場合、直径1mの石がどこかの立木に衝突し、停止するかあるいは減勢されることも期待でき、これを4列配置することにより効果を高める。ただし、主たる目的は堤防等を乗り越えてくる洪水の減勢であり、洪水が直接立木に衝突した場合、その効果はあまり期待できない。



(出典：JICA 調査団)

図-4.3.2.1-2 河川構造物沿いの植林計画標準配置図

2)植栽樹種

以下の評価項目によって河川沿いに植栽する樹種を評価し、総合的に判断して選定した。

- ① 樹種特性から河川沿いで生育すると考えられること (施工地近傍に自生していることが望ましい)
- ② 苗木生産が可能なこと
- ③ 木材、果実などが利用可能であること
- ④ 住民の要望があること
- ⑤ 郷土種であること (望ましいが必須ではない)

現地調査の結果、現地で植栽されている樹種、あるいは自生している樹種のリストを作成し、苗木生産業者へのヒアリングによって苗木生産が可能な樹種のリストを作成した。現地における適性、苗木生実績、の2点を重視し、利用、要望、郷土種であることは参考にした。それぞれの評価基準は表-4.3.2.1-1 に示すとおりである。

表-4.3.2.1-1 樹種選定の評価基準

		評価項目				
		1	2	3	4	5
評価点	A	現地で自生・植栽を確認した	通常生産されている	木材と果実が利用可能	水利組合等の要望有	郷土種である
	B	現地では自生が確認できなかったが一般樹種特性では適性がある	時々生産される	木材か果実のどちらかが利用可能	水利組合の要望なし	郷土種ではない
	C	上記の2項目に該当しない	生産可能だが稀	どちらも利用されない	—	—
	D	不明	生産されていない	不明	—	—

(出典：JICA 調査団)

この評価基準をもって想定される樹種を評価した結果として、選定された樹種は、表-4.3.2.1-2 に示すとおりである。◎の樹種を主として計画し、○を3割から5割の割合で混交する。混交する理由は、病虫害等の理由で植栽樹種に被害があった場合に全滅を避けるためである。

**表-4.3.2.1-2 選定した樹種**

チンチャ川流域	: ユーカリ (◎)、ワランゴ (○)、モクマオウ (○)
---------	-------------------------------

チンチャ流域では、ユーカリを主として植栽する。ユーカリはこれらの流域で植栽実績があり、かつ、適性が高い。また、水利組合の要望も高い樹種である。ワランゴ (*Prosopis limensis*: 北部で同じ呼び名の別の種がある) は、ペルー南部のコスタ地域での代表的区郷土樹種であり、パン・アメリカン高速道路沿いの植林実績もある。モクマオウはこれらの地域では主として農地の周辺に防風・防砂用に植栽されることが多い。

3) 植林/植生回復計画数量

河川沿いに計画される、護岸工、堤防、遊砂地において 1) で述べたような配置計画で植林計画を策定する。植栽幅は 11m とする。

チンチャ川流域における植林/植生回復数量は表-4.3.2.1-3 に示すとおりである。なお植林は河川堤防沿いに行う事としているので、築堤を伴わない洪水対策 (河床掘削、堰の改修など) については表中で植林の数量を計上していない。

**表-4.3.2.1-3 植林/植生回復計画数量 (河川沿い)**

番号	位置	植林延長 (m)	植林幅 (m)	植林面積 (ha)	植栽本数 (本)	植栽樹種内訳(本)			
						ユーカリ	ワランゴ	モクマオウ	計
Chico-1	両岸	2,100	22	4.6	13,616	6,808	4,085	2,723	13,616
Chico-2	全体			0.0	0	—	—	—	—
Chico-3	全体			0.0	0	—	—	—	—
Ma-4	両岸	2,500	22	5.5	16,280	8,140	4,884	3,256	16,280
Ma-5	全体			0.0	0	—	—	—	—
チンチャ 流域 計		4,600		10.1	29,896	14,948	8,969	5,979	29,896

4) 植林/植生回復計画箇所

河川構造物の植林/植生回復計画箇所はそれぞれの構造物の配置と同じであるため、配置については、図-4.3.2.1-2 を参照されたい

5) 植林/植生回復計画工事費

植林/植栽計画の工事費は以下の方法で算出した。

- ・ 苗木単価 (苗木単価 + 運搬費)
- ・ 植栽労務費

苗木の供給者は i) アグロローラル、ii) 民間業者に区分できるが、河川沿いの植林については ii) 民間業者から苗木を購入する計画とする。

(i) 苗木単価

民間業者へのヒアリングにより苗木単価を表-4.3.2.1-4 のように設定した。苗木の値段、輸送費とも業者によって幅があるため、平均値を用いている。

**表-4.3.2.1-4 苗木単価**

流域	樹種	苗木単価 (苗木単価 + 輸送費) (ソレス/本)
チンチャ	ユーカリ	1.4
	ワランゴ	1.8
	モクマオウ	2.2

(ii) 植栽労務費

植栽作業の歩掛は、アグロルーラル、水利組合などからの聞き取りによって 40 本/人日として計算した。労務単価は河川沿い植林では 33.6 (ソレス/人日)、上流域の植林ではその半分として 16.8 (ソレス/人日) とした。

(iii) 植林工事費

河川沿い植林/植生回復計画に必要な直接工事費は表-4.3.2.1-5 に示すとおりである。なお用地取得は堤防用地と同時に先行し別途計上する。

**表-4.3.2.1-5 植林工事費**

流域	番号	植林工事費		
		苗木費用	植栽費用	計
ヤ チ ン チ ャ	Chico-1	22,875	11,437	34,312
	Chico-2			
	Chico-3			
	Ma-4	27,350	13,675	41,025
	Ma-5			
チンチャ流域 計		50,225	25,113	75,338

6) 事業実施工程計画

河川沿い植林の工事工程計画は河川構造物の一部であることから、河川構造物の工事計画と同じとする。本来、植栽木の活着のため、雨季開始時あるいはその直前に植林作業を開始し、雨期終了 1 ヶ月程度前に終了しなければならないが、河川沿いの地域はほとんど降雨がないため、雨期乾期の影響は少ない。したがって、できるだけ河川水位が上昇する時期を狙って植栽することが望ましいが、河川構造物の建設工事工程によっては河川水位が低い時期に植栽しても大きな問題はなく、河川水位が上昇するまでホースを利用した重力式の簡易な散水システムを用いて植栽後 3 ヶ月程度の間散水すればよい。この散水システムはホースを等高線上に配置し、ホースに穴をあけて散水する方法でチラ川のポエチョスダム周辺で実施されていた現場技術を利用する。

**4.3.2.2 土砂制御計画**

**(1) 土砂制御計画位置づけ**

対象流域における治水上の課題として以下があげられており、その内の幾つかは土砂制御に関係が深い。本プロジェクトでは、上流から下流まで一貫した総合的な治水計画検討が行われている。土砂制御計画では、流域全体を対象として土砂制御の検討を実施した。

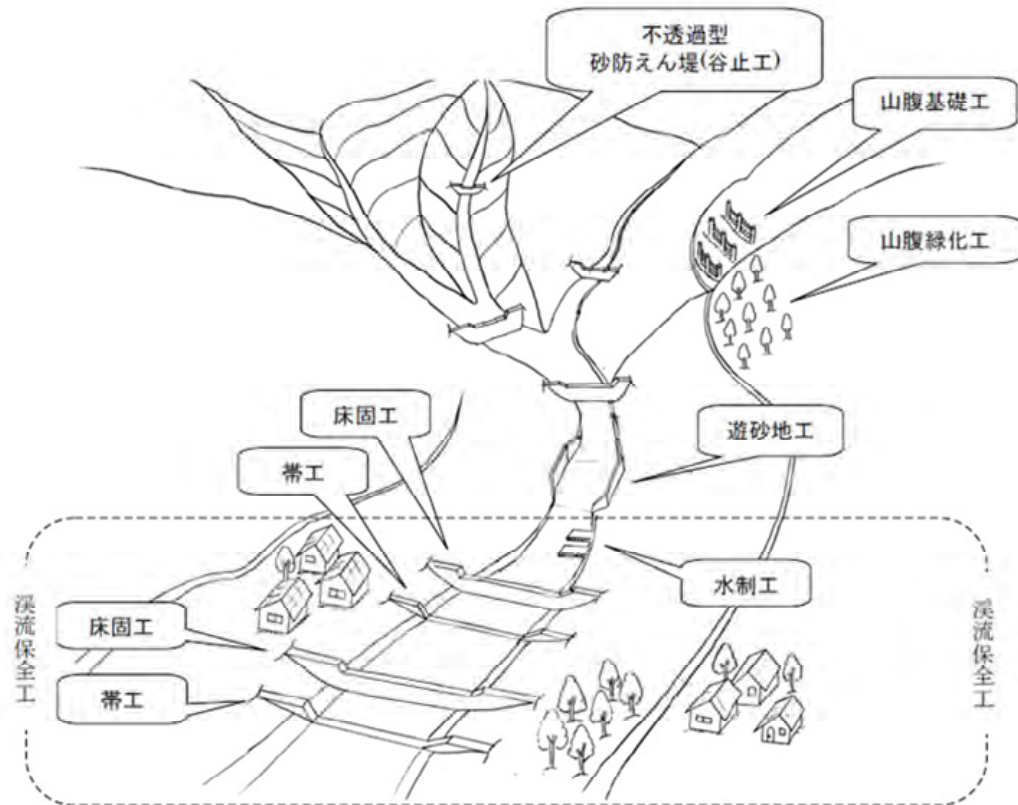
- 洪水が河岸高を越え、氾濫する。
- 河床勾配が 1/30-1/300 程度の急流河川である。そのため、流速、土砂運搬能力が大きい。
- 大量の流入土砂の堆積による河道閉塞・河床上昇が洪水被害を助長している。
- 河道は土砂堆積が激しく、複列砂州の形態となっており、滞筋や水衝部が不安定で流路が変化し、水衝部もそれにつれて移動する。
- 河岸の侵食が激しい。そのため農地等の面積減少、地域主要道路の崩壊の危険等があり、保護する必要がある。
- 農業用水路の取水口が土石により損傷や破壊される。

**(2) 土砂制御計画 (構造物対策)**

現在の土砂移動形態に適合した土砂制御計画を検討した。基本方針は表-4.3.2.2-1 に示す通りとする。

**表-4.3.2.2-1 土砂制御計画基本方針**

状況	通常時	50年超過確率降雨時
土砂流出状況	河岸侵食および河床変動	河岸侵食および河床変動 溪流からの土石流
対応方針	侵食防止→護岸工 河床変動防止→床固工、帯工 (扇頂部での床固工、帯工)	侵食防止→護岸工 河床変動防止→床固工、帯工 (扇頂部での床固工、帯工) 土石流対応→山腹保全工、砂防堰堤の配置



**図-4.3.2.2-1 土砂制御対策**

1) 上流域での土砂制御計画

上流域全体を対象とした土砂制御計画は後述の 4.12 中・長期計画、4.12.3 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。

2) 扇状地での土砂抑制計画

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。

i)河床変動解析結果

河床変動解析結果は次に示すとおりである。河床変動解析結果によれば、チンチャ川において土砂堆積の影響が大きい結果となった、扇状地での土砂制御計画を実施することが望ましい。

総流入土砂量 (千 $m^3$ )	5,759
年平均流入土砂量 (千 $m^3$ )	115
総河床変動量 (千 $m^3$ )	2,610
平均河床変動高 (m)	0.5

#### ii)扇状地での土砂抑制計画

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。

チンチャ川では、チコ川およびマタヘンテ川の分流点に分流堰が計画されている。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。

#### 3)本プロジェクトにおける実施計画

今回対象としている流域はいずれも広大であり、流域全体で護岸工および砂防ダム等の施設を配置した場合、建設コストだけでなく、事業終了まで長期間を要する。このため、効果発現までかなりの時間が必要となる。

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、チンチャ川では、砂防機能を有する河川構造物（分流堰）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する。堆砂機能を確保・維持するための除石工のための進入路、維持管理用のスペースなどの施設を含めることとする。

### 4.3.3 技術支援

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

本コンポーネントの目的は、「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

本コンポーネントにおいても、本事業対象流域であるチンチャの流域を対象とする。

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、チンチャ川流域の水利組合および小組合の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者などを想定する。

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、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「河岸保護活動の知識に係る研修」、「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」、「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」を実施する。

1) 活動1「河岸保護活動の知識に係る研修」

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「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」

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)
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
対象者	a-b) 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19回(1日4時間) b) 各流域において全34回(1日5時間)
講師	a-b) 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) 生態学的地域計画 b-2) 危機管理計画



	b-3) 活動計画策定
--	-------------

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（山腹）保全技術 b) 植林用苗木栽培技術 c) 植林用苗木植え付け技術 d) 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山腹部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。 c) 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。 d) 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
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（山腹）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) 山腹部の農林システム a-3) 山腹部の牧草システム a-4) 伝統的な植物群の再生方法 a-5) 山腹部の保全対策および軽減策 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) 事業費用および期間

チンチャ川における上記活動にかかるコスト（見込み）は、表-4.3.3-1 のとおりであり、S/.129,170（案）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-4.3.3-1 技術支援の内容と直接費用**

項目	活動	形態	溪谷数	費用計(S/.)	第1年度費用	第2年度費用
	選択肢 1					
1.00	<b>河岸保護活動の知識に係る研修</b>					
1.1.	構造物維持管理に係る実習・講習:	実習・講習	1	9,300	4,650	4,650
1.2.	河岸植物の取り扱いに係る実習・講習	実習・講習	1	9,300	4,650	4,650
	侵食の予防と軽減に係る実習・講習	実習・講習	1	9,300	4,650	4,650
	天然資源の管理に係る実習・講習	実習・講習	1	9,300	4,650	4,650
2.00	<b>洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修</b>					
2.1	危機管理計画策定に係る実習・講習	実習・講習	1	8,370	4,185	4,185
2.2	上記に係る詳細実習・講習					
	生態学的地域計画	実習・講習	1	12,200	6,100	6,100
	危機管理計画	実習・講習	1	12,200	6,100	6,100
	資源管理計画	実習・講習	1	12,200	6,100	6,100
	活動計画策定	実習・講習	1	12,200	6,100	6,100
3.00	<b>河川堆積対策向け溪谷(山腹)管理に係る研修</b>					
3.1	溪谷(山腹)保全技術	実習・講習	1	7,500	3,750	3,750
	植林用苗木栽培技術	実習・講習	1	7,900	3,950	3,950
	植林用苗木植え付け技術	実習・講習	1	7,900	3,950	3,950
	森林資源管理・保全	実習・講習	1	7,900	3,950	3,950
3.2	パンフレット等資料の配布	実習・講習	1	3,600	1,800	1,800
	<b>合計</b>			<b>129,170</b>	<b>64,585</b>	<b>64,585</b>

出典: JICA調査団

## (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水インフラ総局(DGIH-MINAG)が、州政府農業局(DRA)や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。

- ・ 農業省水インフラ総局(DGIH-MINAG)は、本コンポーネントの実施に当たり、各流域を管轄する農業省中央管理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、農業省水インフラ総局は、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(INDECI)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、農業省水インフラ総局(DGIH-MINAG)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(INDECI)等関連諸機関の各専門家およびコンサルタント(国際的および国内)を通じて実施される。

## 4.4 コスト

### 4.4.1 コストの算出(民間価格)

#### (1) 事業費の構成

事業費の構成はつぎのとおりである。

- ① 直接工事費＝工事種別毎の工事数量 x 工事単価の合計
- ② 共通仮設＝① x 10%
- ③ 工事費-1＝①＋②
- ④ 諸経費＝③ x 15%
- ⑤ 利益＝③ x 10%
- ⑥ 工事費-2＝③＋④＋⑤
- ⑦ 税金＝⑥ x 18% ( I G V )
- ⑧ 建設費＝⑥＋⑦
- ⑨ 環境対策費＝⑧ x 1%
- ⑩ 詳細設計費＝⑧ x 5%
- ⑪ 施工管理費＝⑧ x 10%
- ⑫ 事業費＝⑧＋⑨＋⑩＋⑪

#### (2) 直接工事費

チンチャ川流域の構造物対策の直接工事費の総括表を表-4.4.1-1 に示す。

#### (3) 事業費

事業費は表-4.4.1-2 に示すように 44.0 百万ソルとなる。この事業費には植林・植生回復工、洪水予警報および技術支援コストも含まれている。なお構造物完成後に毎年必要となる維持管理費は建設費の 0.5% と仮定する。



表-4.4.1-1 直接工事費総括表 (民間価格)

Cuenca 流域名	Puntos críticos クリティカル・ポイント		Medidas 対策		Costo directo 直接工事費計 (1)
チンチャ川	1	C-3.5~5.0k	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	5,134,000
	2	C-15K	Descolmatación de cauce	築堤・護岸工	3,366,000
	3	C-24K	Repartidor+Consolidación de piso	分流堰・床止工	8,510,800
	4	M-3.0K~4.5K	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	5,134,000
	5	M-8.9K	Descolmatación de cauce	河床掘削・護岸工	1,030,000
<b>SUB TOTAL</b>					<b>23,174,800</b>

表-4.4.1-2 事業費 (民間価格)

(金額：ソル)

流域名	COMPONENTE A												COMPONENTE B		COSTO TOTAL DEL PROGRAMA 全体事業費	
	MEDIDAS ESTRUCTURALES											MEDIDAS NO ESTRUCTURALES 非構造物対策		ASISTENCIA TECNICA 能力開発		
	COSTO DIRECTO (直接工事費)			COSTO INDIRECTO (間接工事費)								INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total	REFORESTACION Costo Total 植林/植生回復 事業費	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Costo Total 洪水予警報 事業費		CAPACITACION Costo Total 防災教育 事業費
	Costo Directo	Costo de Obras Temporales	Costo de Obras	Gastos Operativos	Utilidad	Costo Total Infraestructura	IGV	Costo Total Obra	Impacto Ambiental	Expediente Tecnico	Supervisión					
直接工事費計	共通仮設費	工事費	諸経費	利益	構造物工事費	税金	建設費	環境影響	詳細設計	施工管理費	構造物・事業費	(13)	(14)	(15)	(16) = (12)+(13)+(14)+(15)	
チンチャ川	23,174,800	2,317,480	25,492,280	3,823,842	2,549,228	31,865,350	5,735,763	37,601,113	376,011	1,880,056	3,760,111	43,617,291	128,676	0	219,105	43,965,072



#### 4.4.2 コストの算出(社会価格)

##### (1) 直接工事費

チラ川流域の構造物対策の直接工事費の総括表を表-4.4.2-1 に示す。民間価格直接工事費を変換係数により社会価格に変換した。

##### (2) 事業費

事業費は表-4.4.2-2 に示すように 35.4 百万ソルとなる。この事業費には植林・植生回復工、洪水予警報および技術支援コストも民間価格より変換して含めている。





表-4.4.2-1 直接工事費総括表 (社会価格)

Cuenca 流域名	Puntos críticos クリティカル・ポイント		Medidas 対策		Precio Privado 民間価格 (PP)	Factor de Corrección 係数 (fs)	Precio Social 社会価格 (PS) = (PP) x (fs)
チンチャ川	1	C-3.5~5.0k	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	5,134,000	0.804	4,127,736
	2	C-15K	Descolmatación de cauce	築堤・護岸工	3,366,000	0.804	2,706,264
	3	C-24K	Repartidor+Consolidación de piso	分流堰・床止工	8,510,800	0.804	6,842,683
	4	M-3.0K~4.5K	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	5,134,000	0.804	4,127,736
	5	M-8.9K	Descolmatación de cauce	河床掘削・護岸工	1,030,000	0.804	828,120
合計					23,174,800		18,632,539

表 4.4.2-2 事業費 (社会価格)

流域名	COMPONENTE A												COMPONENTE B		COSTO TOTAL DEL PROGRAMA 全体事業費 (16) = (12)+(13)+(14)+(15)	
	MEDIDAS ESTRUCTURALES										MEDIDAS NO ESTRUCTURALES 非構造物対策		ASISTENCIA TECNICA 能力開発			
	COSTO DIRECTO (直接工事費)			COSTO INDIRECTO (間接工事費)							INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費 (12) = (8)+(9)+(10)+(11)	REFORESTACION Costo Total 植林/植生回復 事業費 (13)	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Costo Total 洪水予警報 事業費 (14)	CAPACITACION Costo Total 防災教育 事業費 (15)		
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15 x (3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1 x (3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18 x (6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01 x (8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05 x (8)						Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1 x (8)
チンチャ川	18,632,539	1,863,254	20,495,793	3,074,369	2,049,579	25,619,741	4,611,553	30,231,295	302,313	1,511,565	3,023,129	35,068,302	101,629	0	189,759	35,359,690



## 4.5 社会評価

### 4.5.1 民間価格

#### (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。ペルー国における洪水対策ガイドライン (GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS、4.1.2p-105) においても同様の方法が規定されている。

具体的な便益の算定方法は

- ① 事業を実施しない場合の氾濫解析を洪水の生起確率 (2~50 年) ごとに行い、氾濫地域における洪水被害額を算出する。次に
- ② 重点洪水対策施設 (Chiko-1~Chico-3, Ma-1, Ma-2) を配置した状態で同様の氾濫解析を行い、氾濫区域における洪水被害を算出する。
- ③ ①と②の差に、堤防以外の施設 (取水堰、道路護岸) について算出した便益を加えて合計の便益を算定する。

被害は氾濫による直接被害および構造物被災危険箇所については、その構造物が破損することによる間接被害額 (農作不能、交通遮断による損失等) を便益とする。

#### 1) 被害額の算定方法

本件調査では、表-4.5.1-1 に示す項目を直接被害及び間接被害として設定し、被害額を算定している。

**表-4.5.1-1 水被害額の算定項目**

被害分類	被害項目	適 用
(1) 直接被害	①農作物被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水期における畑作物 農作物に関する洪水被害は、浸水深及び浸水日数に応じた被害率を乗じて農作物被害額を算定</li> <li>・農地及び水路等の農業用施設</li> <li>・農地土砂流出被害資産額に浸水深及び浸水日数に応じた被害率を乗じて農作物被害額を算定</li> </ul>
	②水利構造物への被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水堰及び水路等の水利構造物の破損による被害額</li> </ul>
	③道路被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路に関する洪水被害は、流通に関する被害を算出する。</li> </ul>
	④家屋被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・居住用及び事業所用の建物 資産額に水深に応じた被害率を乗じて算出。 家屋：居住用及び事業所用の建物 家庭用品：家具・家電製品・衣類・自動車等 住宅及び商店の家屋、資産、在庫に関する洪水被害は、洪水による浸水深によって被害係数を乗じるにより算出する。</li> </ul>

被害分類	被害項目	適用
	⑤公共施設被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路、橋梁、下水道及び都市施設</li> <li>・学校、教会等の公共施設の被害を算出する。 一般資産被害額に施設等に応じた比率を乗じ、公共土木施設等の被害額を算定</li> </ul>
	⑥公共サービス被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力・ガス・水道・鉄道・電話等の施設</li> </ul>
(2) 間接被害	①農業へ被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水利構造物破損により農業用水供給ができなることによる被害を想定</li> <li>・水利構造物の新設、修理費用を直接被害として産出する。</li> </ul>
	②交通遮断による被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水により破壊された道路の交通遮断による被害を想定</li> <li>・道路の補修、新設費用を直接被害として算出する。</li> </ul>

#### A. 直接被害

直接被害は、資産額に氾濫水深による被害係数を乗じることにより算出する。

#### B. 間接被害

間接被害については、取水堰の破損による影響と道路の崩壊による影響を考慮した。被害額算出の考え方は以下のとおりである。

##### a. 堰の破損

堰の破損については、堰の新設、修復にかかる直接被害と農業用水が供給不能になることにより農作物の収穫が損なわれることを想定した農作物被害額の間接被害との総和を被害額として算定する。

##### ①施設コストの算出

施設コスト=単位取水量当り施設建設費×規模（流量、施設延長）

単位当り施設建設費：取水堰、水路は、既往施設の取水量と施設整備費用（新設、補修）の資料を収集し、その相関性を検討して単位当り費用を設定

施設は 1/10 確率流量で全損するとして算定

##### ②農作物被害

灌漑区域で耕作されている農作物毎に年間収益額を算出

年間収益額 = (作物収穫高 - コスト) × 年間収穫回数

作物収穫高 = 作付け面積(ha) × 単位収穫量(kg/ha) × 取引単価

コスト = 単位面積当りのコスト(\$/ha) × 作付け面積(ha)

##### b. 道路の被災

交通遮断による損失を算定する。

被害額 = 直接被害額 + 間接被害額

直接被害額：道路の建設コスト（新設、補修）

間接被害額：道路の崩壊により通行不能となった場合の機械損失費用（車の損料+人件費ロス）

通行不能期間を 5 日間として算出（ペルー国では一般的に 5 日間程度で仮設道路が整備される。）

2) 確率規模別想定被害額

チンチャ川における確率規模別想定被害額をプロジェクトを実施しない場合と実施した場合について表-4.5.1-2 に示す。

表-4.5.1-2 想定洪水被害額（民間価格）

千ソール		
Caso ケース	t 確率年	Chincha
Sin Proyecto 事業を実施しない場合	2	14,576
	5	36,902
	10	51,612
	25	72,416
	50	96,886
	Total	272,392
Con Proyecto 事業を実施した場合	2	423
	5	2,731
	10	3,904
	25	13,140
	50	28,112
	Total	48,311

3) 年平均被害軽減期待額

流量規模別に求めた被害軽減額に、流量規模に応じた洪水の生起確率を乗じた流量規模別年平均被害額を累計し、年平均被害軽減期待額を算定する。

洪水は確率的に発生するため、毎年の便益は年平均被害軽減期待額として算出する。その計算方法は以下のとおりである。

表-4.5.1-3 年平均想定被害軽減期待額の算定方法

生起確率	被害額			区間平均被害額	区間確率	年平均被害軽減額
	事業無し	事業有り	被害軽減額			
1/1			$D_0=0$			
1/2	$L_1$	$L_2$	$D_1=L_1-L_2$	$(D_0+D_1)/2$	$1-(1/2)=0.500$	$d_1=(D_0+D_1)/2 \times 0.67$
1/5	$L_3$	$L_4$	$D_2=L_3-L_4$	$(D_1+D_2)/2$	$(1/2)-(1/5)=0.300$	$d_2=(D_1+D_2)/2 \times 0.300$
1/10	$L_5$	$L_6$	$D_3=L_5-L_6$	$(D_2+D_3)/2$	$(1/5)-(1/10)=0.100$	$d_3=(D_2+D_3)/2 \times 0.100$
1/20	$L_7$	$L_8$	$D_4=L_7-L_8$	$(D_3+D_4)/2$	$(1/10)-(1/20)=0.050$	$d_4=(D_3+D_4)/2 \times 0.050$
1/30	$L_9$	$L_{10}$	$D_5=L_9-L_{10}$	$(D_4+D_5)/2$	$(1/20)-(1/30)=0.017$	$d_5=(D_4+D_5)/2 \times 0.017$
1/50	$L_{11}$	$L_{12}$	$D_6=L_{11}-L_{12}$	$(D_5+D_6)/2$	$(1/30)-(1/50)=0.013$	$d_6=(D_5+D_6)/2 \times 0.013$
1/100	$L_{13}$	$L_{14}$	$D_7=L_{13}-L_{14}$	$(D_6+D_7)/2$	$(1/50)-(1/100)=0.010$	$d_7=(D_6+D_7)/2 \times 0.010$
Expected Annual Average of Damage Reduction				$d_1+d_2+d_3+d_4+d_5+d_6+d_7$		

チンチャ川流域における年平均被害軽減期待額の計算結果を表-4.5.1-4 に示す。

**表-4.5.1-4 年平均被害軽減期待額（民間価格）**

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
CHINCH A	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	14,576	423	14,153	7,076	0.500	3,538	3,538
	5	0.200	36,902	2,731	34,171	24,162	0.300	7,249	10,787
	10	0.100	51,612	3,904	47,708	40,939	0.100	4,094	14,881
	25	0.040	72,416	13,140	59,276	53,492	0.060	3,210	18,090
	50	0.020	96,886	28,112	68,774	64,025	0.020	1,281	19,371

**(2) 社会評価**

1) 目的及び評価指標

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、純現在価値、経済的内部収益率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。市場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。

内部収益率、B/C 及び純現在価値は、下表の数式によって計算される。IRR が社会的割引率、B/C が 1、または NPV が 0 を超えた場合、その事業は国民経済の成長の観点から効率的であると判断される。

**表-4.5.1-5 費用便益分析の評価指標と特徴**

評価指標	定義	特徴
純現在価値 (NPV: Net Present Value)	$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業実施による純便益の大きさを比較できる。</li> <li>社会的割引率によって値が変化する。</li> </ul>
費用便益比 (CBR: Cost Benefit Ratio)	$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>単位投資額あたりの便益の大きさにより事業の投資効率性を比較できる。</li> <li>社会的割引率によって値が変化する。</li> </ul>
経済的内部収益率 (IRR: Economic Internal Rate of Return)	$\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会的割引率との比較によって事業の投資効率性を判断できる。</li> <li>社会的割引率の影響を受けない。</li> </ul>
ここで、Bi: 第 i 年目の便益、Ci: 第 i 年目の費用、r: 社会的割引率(10%) n: 評価年数		

## 2) 前提条件

経済評価を実施する上での各指標の前提条件は以下のとおりである。

### i) 評価期間

評価期間は2013年～2027年（建設着手後15年）である。事業実施の想定スケジュールは以下のとおりである。

- 2012年：詳細設計
- 2013年～2014年：建設
- 2013年～2027年：評価対象期間

### ii) 標準変換係数 (SCF)

標準変換係数とは、その国の経済の全ての財に関して、国境において計算された社会経済価格と国内の市場価格の比率である。国内で調達された財やサービスをSCFを適用して経済価格に変換する。本調査ではSCFとして以下の値を使用する。

- 堤防 0.804
- 蛇籠 0.863
- 取水堰 0.863

また、市場価格から社会経済価格の変換に当たっては消費税を考慮しない。

### iii) その他の前提条件

- 価格水準:2011年
- 社会的割引率：10%
- 年間維持管理費：建設費の0.5%

## 3) 費用対効果分析

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。

表-4.5.1-6に民間価格におけるB/C、NPV、IRRの計算結果を示す。

**表-4.5.1-6 民間価格におけるB/C、NPV、IRRの評価**

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Chincha	251,818,212	113,716,113	43,965,072	2,444,072	2.88	74,212,307	35%

#### 4.5.2 社会価格

##### (1) 便益

###### 1) 確率規模別想定被害額

チンチャ川における確率規模別想定被害額をプロジェクトを実施しない場合と実施した場合について表-4.5.2-1 に示す。

表-4.5.2-1 想定洪水被害額 (社会価格)

Caso ケース	t 確率年	千ソール	
		Chincha	
Sin Proyecto 事業を実施 しない場合	2	16,283	
	5	42,375	
	10	70,525	
	25	95,769	
	50	125,742	
	Total	350,693	
Con Proyecto 事業を実施 した場合	2	430	
	5	4,507	
	10	6,449	
	25	17,698	
	50	33,329	
	Total	62,414	

###### 2) 年平均被害軽減期待額

チラ川流域における年平均被害軽減期待額の計算結果を表-4.5.2-2 に示す。

表-4.5.2-2 年平均被害軽減期待額 (社会価格)

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合① Sin Proyecto ①	事業を実施し た場合② Con Proyecto ②	軽減額 ③=①-② Daños mitigados ③=①-②				
			CHINCHA	1	1.000				
	2	0.500	16,283	430	15,852	7,926	0.500	3,963	3,963
	5	0.200	42,375	4,507	37,868	26,860	0.300	8,058	12,021
	10	0.100	70,525	6,449	64,076	50,972	0.100	5,097	17,118
	25	0.040	95,769	17,698	78,070	71,073	0.060	4,264	21,383
	50	0.020	125,742	33,329	92,413	85,242	0.020	1,705	23,088

##### (2) 社会評価

表-4.5.2-3 に社会価格における計算結果を示す。



**表-4.5.2-3 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (社会価格)**

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Chincha	300,137,698	135,536,235	35,359,690	1,965,034	4.27	103,764,959	50%

### 4.5.3 社会評価のまとめ

チンチャ川流域の社会評価は民間価格および社会価格において経済効果が高く、金銭的に計量困難な事業によるプラス効果としても以下が上げられる。

- 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

以上の経済評価から、本プロジェクトを実施することにより地域経済の発展に大きく貢献することが期待される。

## 4.6 感度分析

### (1) 目的

社会経済状況の変動による将来の不確実性に対応するため、感度分析を実施する。費用便益分析においては、評価対象事業に係る将来の費用と便益を予測する必要がある。しかし、公共事業には、計画から共用までに要する事業期間や、共用後の耐用年数が長いという特性があり、将来の費用や便益に大きな影響を及ぼす不確実な要因が多数存在するため、これらを確定的に予測することはできない。そのため、事前に設定した前提条件や仮定が現実と乖離し、費用便益分析の結果が実際の事業の効率性と乖離することも少なくない。したがって、不確実性を伴う費用便益分析の結果は、本来、一つのシナリオから算出される絶対的、一義的なものではなく、幅を持ったものとして算出し、示すことが望ましい。これに対応する手法として、感度分析が挙げられる。

感度分析を実施し、費用便益分析の結果に幅を持って示すことにより、事業の適切な執行管理や国民へのアカウントビィティを果たすとともに、事業評価の精度や信頼性の向上を図る。

### (2) 感度分析の実施

#### 1) 感度分析の概要

感度分析には、表-4.6-1 に示すような3つの手法がある。

**表-4.6-1 感度分析手法**

感度分析の手法	各手法の概要	アウトプット
要因別感度分析	分析で設定した前提条件や仮定のうち、一つだけを変動させた場合の分析結果への影響を把握する。	一つの前提条件・仮定が変動したときの分析結果がとりうる値の範囲
上位ケース・下位ケース	分析で設定した前提条件や仮定のうち、主要なもの全てを変動させた場合に、分析結果が良好になる場合や悪化する場合は設定し、分析結果の幅を把握する手法	主要な全ての前提条件・仮定が変動したときの分析結果がとりうる値の範囲
モンテカルロ感度分析	分析で設定した前提条件や仮定の主要なもの全ての変数に確率分布を与え、モンテカルロシミュレーションによって、分析結果の確率分布を把握する方法	主要な全ての前提条件・仮定が変動したときの分析結果の確率分布

2) 感度分析の検討内容

本事業においては、一般的に公共事業投資において採用されている要因別感度分析を採用し、実施する。感度分析を行う検討ケース及び経済指標は以下のとおりとする。

**表-4.6-2 感度分析の検討ケース及び経済指標**

指標	要因変動幅	評価する経済指標
建設費	建設費が 5% 及び 10% 上昇した場合	IRR、NPV、B/C
便益	便益が 5% 及び 10% 下落した場合	IRR、NPV、B/C
社会的割引率	社会的割引率が 5% 上昇した場合及び 5% 下落した場合	NPV、B/C

3) 感度分析結果

表-4.6-3 に各検討ケースにおける社会価格における感度分析結果を示す。

**表-4.6-3 IRR、B/C、NPV の感度分析結果**

	流域名	項目	基本ケース	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
				コスト上昇 5%	コスト上昇 10%	便益低下 5%	便益低下 10%	割引率増加 5%	割引率低下 5%
民間価格	CHINCHA	IRR (%)	35%	34%	32%	34%	32%	35%	35%
		B/C	2.88	2.74	2.62	2.73	2.59	2.22	3.87
		NPV(\$)	74,212,307	72,237,117	70,261,927	68,526,502	62,840,696	44,893,501	122,434,010
社会価格	CHINCHA	IRR (%)	50%	48%	46%	48%	46%	50%	50%
		B/C	4.27	4.06	3.88	4.05	3.84	3.29	5.74
		NPV(\$)	103,764,959	102,176,396	100,587,832	96,988,148	90,211,336	67,804,372	162,443,112

(3) 感度分析評価

本プロジェクトにおける社会経済状況の変化にともなうプロジェクトへの影響は以下のとおりである。

チンチャ川については、基本ケースから効率性の高い事業であり、費用や便益が多少変化しても、IRR、B/C、NPV の数値の変動は小さく、効率性の高い事業である。

## 4.7 持続可能性分析

本プロジェクトは、中央政府（DGIH）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る。建設費用の分担は中央政府（DGIH）と水利組合及び地方政府が、それぞれ分担する。一般的な分担率は中央政府（DGIH）が 80%、水利組合 10%、地方政府 10%であるが、水利組合と地方政府の分担割合は協議により決定される。一方、施設整備後の維持管理は水利組合が担当することになる。したがって、プロジェクトの持続可能性は、事業による収益性、水利組合による維持管理能力により判断される。

表-4.7-1 にチンチャ川流域における最近の水利組合の予算を示す。

**表-4.7-1 水利組合の事業予算**

河 川	年予算			(単位 S)
	2007	2008	2009	3 ヶ年平均
チンチャ川	1,562,928.56	1,763,741.29	1,483,108.19	1,603,259

### (1) 収益性

チンチャ川流域における事業収益性は十分であり、事業の持続可能性は高い。チンチャ川における投資額は民間価格で S/ 44.0 百万ソルであるが、事業実施にともなう経済効果は社会価格において B/C=4.27、内部収益率は約 50%と高く、15 年間で NPV が S/ 103.7 百万ソルとなり、非常に効率性の高い事業である。

### (2) 維持管理費

2008 年をベースとして本事業で必要となる年間維持管理費は建設費の 0.5%とするとチラ川においては S/188,006 である。一方、水利組合の最近 3 ヶ年の平均事業費は 1,603,259 となっている。

水利組合の年間予算に占める年間維持管理費は約 11.7%であり、水利組合の資金面の維持管理能力からも十分に持続可能性があると判断される。

## 4.8 環境インパクト

### 4.8.1 環境影響評価の手続き

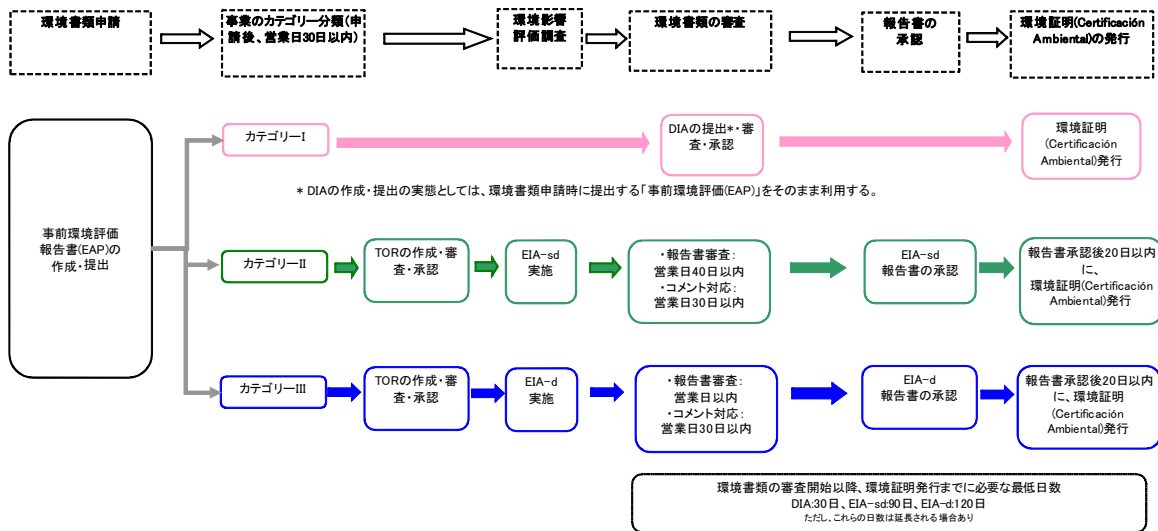
ペルー国では、投資前調査の段階で事業管轄省庁の担当部局が、事業の実施により発現が予測される環境社会影響の度合いに応じて、事業を準備調査のレベルにおいて 3 つのカテゴリーに分類する。環境への影響が軽度であるカテゴリーIについては「環境影響宣言報告書 (Declaración de Impacto Ambiental: DIA)」、カテゴリーII の事業は「準詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado: EIA-sd)」、カテゴリーIII の事業に関しては、「詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental 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 4.8.1-1 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-4.8.1-1 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。

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.)によりチンチャ川流域については2010年12月から2011年1月にかけて実施された。

EAP はチンチャ川流域については2011年1月25日に調査団より DGIH に提出され、DGIH から DGAA には2011年7月19日に提出された。

チンチャ川流域の EAP について DGAA が審査を行い、2011 年 9 月 9 日に DGIH へコメントが出された。調査団はこのコメントに対して EAP の修正を行い、同年 9 月 21 日 DGAA に提出した。DGAA はこれの審査を終了し、2011 年 12 月 28 日 DGIH に承認レターを出しチンチャ川流域はカテゴリー I に分類された。したがってチンチャ川について更なる環境影響評価は必要ない。

本節では本事業の実施により発現が予測される正負の環境影響の確認及び評価を行い、それらの影響の予防・緩和策についての計画を事前環境評価の結果と、JICA 調査団員の現地踏査及び聞き取り調査の結果に基づき作成した。

本事業の中で計画されている工事内容は、既存堤防の修復、築堤、河道掘削、護岸工、分流堰・取水堰の修復・改良、河道拡幅である。表-4.8.1-2 は、チンチャ川流域において計画されている洪水対策工事をまとめたものである。

**表-4.8.1-2 工事实施予定地**

対象河川	クリティカルポイント		保全対象	対策(暫定案)	施設規模	対象範囲	
チンチャ流域	1	C-3.5~5.0k	氾濫点	農地 (綿・ぶどう) 市街地	築堤(無堤区間) 護岸工	天端幅:4.0m 高さ:2.0m 法勾配:1:2 延長:3,000m(1,500+1,500)	3.0km~5.1km(全体)
	2	C-15k	取水堰		取水堰 河道拡幅	堰幅:100m 堰高:3.0m 堰厚:2.0m	14.8km~15.5km(全体)
	3	C-24k	分水堰		分流堰の改良(既存施設の改修、流路工、導流堤の延伸)	堰幅:70m 堰高:3.0m 堰厚:2.0m	24.2km~24.5km(全体)
	4	M-3.0k~4.5k	氾濫点		築堤(無堤区間) 護岸工	天端幅:4.0m 高さ:2.0m 法勾配:1:2 延長:3,000m(1,500+1,500)	2.5km~5.0km(全体)
	5	M-8.9k	狭窄部		河床掘削	掘削幅:100m 掘削深:1.0m 延長:1,200m	8.0km~10.5km(全体)

出典：JICA 調査団作成

#### 4.8.2 環境影響評価の方法

自然環境及び社会環境への影響の確認・評価の手順、手法を説明する。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、環境影響値をだした。表-4.8.2-1 は、影響の評価（数値化）に用いた基準である。

表-4.8.2-1 Leopold マトリックスー評価基準

評価変数		点数	
環境影響の性質	正(+)	+	
	負(-)	-	
環境影響の発現可能性	高(50%)	1	
	中(50%>10%)	0.5	
	低<10%	0.2	
環境影響の程度	強度	大	10
		中	5
		小	2
	範囲	間接的に影響を受ける範囲	10
		直接的に影響を受ける範囲	5
		事業実施地	2
	発現期間	10年以上	10
		5~10年	5
		1~5年	2
	可逆性	なし	10
部分的にあり		5	
あり		2	

出典：事前環境評価(EAP)に基づき JICA 調査団作成

表-4.8.2-2 影響の大きさの程度の基準

環境影響値	顕著の度合い
15以下	あまり顕著でない
15.1-28	顕著である
28以上	極めて顕著である

出典：事前環境評価(EAP)に基づき JICA 調査団作成

#### 4.8.3 環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価

ここでは、チンチャ川流域における影響評価の結果をまとめ、その次に特に顕著な影響について説明する。その後、チンチャ川流域の EAP で作成したマトリックスの要約を載せる。

チンチャ流域において、建設期間には 64 点の影響が予測される。そのうち 62 点 (97%) の影響は、負の性質を持ち、2 点 (3%) の影響は正の性質を持つと予測される。62 点の負の影響の中で、顕著であるものが 15 点、極めて顕著であるものが 2 点ある。これらの点数は、表-4.8.3-1 を利用して算出した。影響の程度に関係なく、影響を与えるか与えないかで点数をつけている。なお、表中の「N」は「負の影響」、「P」は「正の影響」を示す。

表-4.8.3-1 影響の認識マトリックス (建設期間)

		事業対象地		チンチャ川流域										負の影響合計	正の影響合計	
		環境指標	1-5	1-5	1-5	2,3	1,4,5	1-4	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5			1-5
自然環境	大気	粉塵 (PM-10)		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	8	0
		排気ガス		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	9	0
	騒音	騒音		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	10	0
		騒音		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	3	0
	土壌	肥沃さ		N						N	N				3	0
		土地利用性		N						N	N				3	0
	水	表流水質			N	N	N	N	N	N	N				4	0
地表水量								N			N			2	0	
地形・河川地形	河川地形			N	N	N	N	N	N	N				4	0	
	地形		N							N				2	0	
生物環境	植物	陸上植物		N						N				2	0	
		水生植物			N	N	N	N	N	N				4	0	
	動物	陸上動物		N						N				2	0	
		水生動物			N	N	N	N	N	N				4	0	
社会経済環境	社会	景観							N	N				2	0	
		生活の質	P									N	N	N	3	1
	経済	脆弱性・安全性													0	0
		経済活動人口	P												0	1
	土地利用													0	0	
<b>合計</b>			<b>2</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>62</b>	<b>2</b>	
%														<b>97%</b>	<b>3%</b>	

出典：事前環境評価 (チンチャ川流域)

表-4.8.3-2 環境影響評価のマトリックス (建設期間) チンチャ川流域

		事業対象地	チンチャ川流域										
			環境指標	Chico1,2,3, Ma1,2	Chico1,2,3, Ma1,2	Chico1,2,3, Ma1,2	Chico2,3	Chico1,2,3, Ma1,2	Chico1,2,3, Ma1	Chico1,2,3, Ma1,2	Chico1,2,3, Ma1,2	Chico1,2,3, Ma1,2	Chico1,2,3, Ma1,2
自然環境	大気	粉塵 (PM-10)	0.0	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0	0.0	-18.0	-18.0	0.0	-12.0	-12.0
		排気ガス	0.0	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	0.0	-11.5	-11.5
	騒音	騒音	0.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0
		騒音	0.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0
	土壌	安定性	0.0	-11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-14.2	-14.2	0.0	0.0	0.0
		土地利用性	0.0	-14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.0	-15.0	0.0	0.0	0.0
	水	地表水質	0.0	0.0	-17.5	-12.0	-23.0	0.0	-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
地表水量		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.0	0.0	0.0	-15.0	0.0	0.0	
地形・河川地形	河川地形	0.0	0.0	-12.0	-20.0	-31.0	0.0	-23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	地形	0.0	-33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
生物環境	植物	陸上植物	0.0	-28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	0.0	0.0	0.0
		水生植物	0.0	0.0	-12.0	-14.5	-14.5	0.0	-14.5	0.0	0.0	0.0	0.0
	動物	陸上動物	0.0	-24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	0.0	0.0	0.0
		水生動物	0.0	0.0	-12.0	-14.5	-22.5	0.0	-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
社会経済環境	社会	景観	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.0	-12.0	0.0	0.0	0.0
		生活の質	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.5	-17.5	-17.5
	経済	脆弱性・安全性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		経済活動人口	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	土地利用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

維持管理期間には 33 点の影響が予測される。そのうち 7 点 (21%) が負の影響、26 点 (79%) が正の影響である。7 点の負の影響の中で、顕著であるものが 5 点、極めて顕著であるもの 2 点ある。点数の算出方法は、先に掲載した建設期間中の方法と同じである。

表-4.8.3-3 影響の認識マトリックス (維持管理期間)

			Chico1	Chico2	Chico3	Ma1	Ma2	負の影響	正の影響
			築堤・護岸工	取水堰・河道拡幅	分流堰の改修	築堤・護岸工	河床掘削		
自然環境	大気	粉塵(PM-10)						0	0
		排気ガス						0	0
	騒音	騒音						0	0
		安定性						0	0
	土壌	土地利用性						0	0
		地表水質		P				0	1
	水	地表水量	P	P	P	P	P	0	5
地形・河川地形		河川地形	N		P	N	N	3	1
	地形						0	0	
生物環境	植物	陸上植物						0	0
		水生植物						0	0
	動物	陸上動物						0	0
		水生生物	N		N	N	N	4	0
社会経済環境	社会	景観	P		P	P	P	0	4
		生活の質	P	P	P	P	P	0	5
		脆弱性・安全性	P	P	P	P	P	0	5
	経済	経済活動人口						0	0
土地の利用		P	P	P	P	P	0	5	
<b>合計</b>			<b>7</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>26</b>	
<b>%</b>							<b>21 %</b>	<b>79 %</b>	







表-4.8.3-4 環境影響評価マトリックス (維持管理期間) チンチャ流域

		チンチャ流域					
		Chico1 (築堤・護岸工)	Chico2 (取水堰・河道拡幅)	Chico3 (分流堰の改良)	Ma4 (築堤・護岸工)	Ma5 (河床掘削)	
自然環境	大気	粉塵(PM-10)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		排気ガス	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	騒音	騒音	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		安定性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	土壌	土地利用性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		地表水質	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0
	水	地表水量	26.0	31.0	26.0	26.0	31.0
地形・河川地形		河川地形	-25.5	0.0	26.0	-25.5	-30.5
	地形	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
生物環境	植物	陸上植物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		水生植物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	動物	陸上動物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		水生生物	-25.5	0.0	-25.5	-25.5	-30.5
社会経済環境	社会	景観	36.0	0.0	36.0	36.0	36.0
		生活の質	36.0	31.0	36.0	36.0	36.0
		脆弱性・安全性	36.0	31.0	36.0	36.0	36.0
	経済	経済活動人口	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		土地の利用	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0

出典：事前環境評価(EAP)の結果に基づき JICA 調査団が作成

表-4.8.3-2、4.8.3-4 で使用している凡例



正の影響			負の影響		
	0 - 15	あまり顕著でない		0 - 15	あまり顕著でない
	15.1 - 28	顕著である		15.1 - 28	顕著である
	28.1 以上	極めて顕著である		28.1 以上	極めて顕著である

チンチャ川流域において建設期間に極めて顕著な負の影響を与える作業は、「工事实施サイトの整備と撤収」及び「河道の掘削と盛り土作業」である。「工事实施サイトの整備と撤収」が地形に対し、「河道の掘削と盛り土作業」が河川地形に対して顕著な負の影響を与える。

他方、地元住民の雇用により経済活動人口の増加が見込まれ、生活の質が向上するという正の影響も予測される。

維持管理期間においては、「河道の掘削及び盛り土の作業」により、河川地形が変化し、水生生物の生息環境に影響を与えるという顕著な負の影響が予測されている。

正の影響として、生活の質の向上、土地利用性の向上、安全性の確保と脆弱性の低下が挙げられる。

#### 4.8.4 環境影響管理

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。

建設期間は、チラ川流域において「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」、「工事車両交通管理計画」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。

次の表は、顕著な影響を与える作業と、それに対する予防・軽減対策をまとめたものである。環境影響管理計画は、顕著もしくは極めて顕著な負の影響を発現すると分析された工事を実施する事業実施対象地において、それに対応する計画を実施する。

表-4.8.4-1 環境影響と予防・緩和策

	影響	対策	期間
自然環境	表流水水質・水量への影響	河川転流・囲い環作業管理計画 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	建設期間
	河川地形への影響	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	
	地形への影響	事業実施サイト管理計画 大量の掘削土・浚渫土の管理計画	
	粉塵	事業実施サイト管理計画 大量の掘削土・浚渫土の管理計画	
生物環境	水生生物への影響	河床の掘削・盛り土作業管理計画	維持管理期間
	陸上生物への影響	事業実施サイト管理計画 大量の掘削土・浚渫土の管理計画	建設期間
	陸上植物への影響	事業実施サイト管理計画 大量の掘削土・浚渫土の管理計画	
社会環境	生活の質への影響	労働者・工事事務所の管理計画 工事車輛交通管理計画 地元住民雇用計画	建設期間
	経済活動人口	地元住民雇用計画	

#### 4.8.5 環境管理計画

##### (1) フォローアップ・モニタリング計画

フォローアップ計画においては、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<sup>1</sup>。

#### 建設期間

建設期間においては、環境影響管理計画のフォローアップのほかに、以下のモニタリングを実施する。

#### 水質・生物多様性モニタリング

河床の掘削及び盛り土といった作業により、河川地形及び水生生物の生息環境に負の影響を与える。したがって、事業実施対象地付近及びその下流の水質及び生物多様性のモニタリングを実施する必要がある。以下の表が、モニタリング計画の概要である。

表-4.8.5-1 水質及び生物多様性モニタリング

	詳細
測定パラメーター	水量
	水質: 水温/pH/溶存酸素量(DO)/生物化学的酸素要求量(BOD)/総溶解固形分(TDS)/懸濁物質質量(TSS) (ECAカテゴリー4に基づく) 多様性評価指数: 多様性指数(H') (Shannon-Wiener Index)/均衡度指数(J') (Pielou Evanness Index)/EPT指数(EPT)/EPT割合(EPT%)
測定地点	工事実施地より50m上流
	工事実施地より50m下流
	工事実施地より100m下流
測定頻度	毎3ヶ月
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典: JICA 調査団作成

#### 大気質モニタリング

チンチャ川流域の事前環境評価の結果によれば、計画されている事業による顕著な大気質汚染は懸念されない。しかしながら、工事により発生する粉塵等は工事従事者及び工事現場に近い住

<sup>1</sup> 環境基本法 (Ley 28611) 第 74 項、75 項において、事業の実施により発生する全ての環境影響は、事業実施主体が責任を負うこと、そしてそれらの負の環境影響を予防する方策を事前に実施することが決められている。

民に影響を与えると考えられる。したがって、大気質のモニタリングを実施することが望ましい。

**表-4.8.5-2 大気質モニタリング**

詳細	
実施地点	工事現場、河川から離れた場所に位置する採掘場(最大のもの/居住地区付近のもの)、大量の掘削土・浚渫土を設置する場所 計測地の風上と風下に1箇所ずつ計測地を設置
測定項目	PM-10/PM-2.5/CO/NO <sub>2</sub> /O <sub>3</sub> /Pb/SO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S
測定頻度	毎3ヶ月
参照基準	D.S N° 074-2001-PCM(大気質国家基準)
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典：JICA 調査団作成

### 騒音モニタリング

各工事現場にて以下の表に基づき騒音のモニタリングを実施する。

**表-4.8.5-3 騒音モニタリング**

詳細	
測定地点	工事現場で騒音が発生する付近に想定装置を設置
パラメーター	等価平均騒音レベル(ECPNL)をデシベルで表現
奨励する測定方法	IEC 61672, IEC651/804, ANSI S 1.4
測定頻度	毎2ヶ月
基準	騒音国家基準 (ECA) - D.S. N° 085-2003-PCM
実施地域	住宅地
最大騒音値	昼間(7:01 - 22:00): 60 デシベル 夜間(22:01 - 7:00): 50 デシベル
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典：JICA 調査団作成

### 維持管理期間

続いて、河床掘削・盛り土等の工事により河川地形と水生生物の生活環境に影響を与える事業については、維持管理期間において河川の水質及び水生生物の多様性をモニタリングする必要がある。

**表-4.8.5-4 水質及び生物多様性モニタリング**

詳細	
測定パラメーター	水量
	水質: 水温/pH/溶存酸素量(DO)/生物化学的酸素要求量(BOD)/総溶解固形分(TDS)/懸濁物質(TSS) (ECAカテゴリー4に基づく) 多様性評価指数: 多様度指数(H')(Shannon-Wiener Index)/均衡度指数(J')(Pielou Evanness Index)/EPT指数(EPT)/EPT割合(EPT%)
測定地点	工事実施地より50m上流
	工事実施地より50m下流
	工事実施地より100m下流
測定頻度	維持管理期間開始後2年間、毎3ヶ月
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典：JICA 調査団作成

### (2) 事業終了時計画

事業終了時には、工事に使用した機器の撤収、工事を実施した区画や影響を与えた区画の整備をそれぞれの流域において実施する。区画の整備として、汚染された土壌、瓦礫等の廃棄物を撤収し、地形を整え、植物を植えることが考えられる。

### (3) 市民参加計画

建設期間及び事業終了時において、それぞれの流域において市民参加の協議を実施する計画を提示する。

- 工事前：事業内容および事業がもたらす便益について、事業対象地の住民に対して説明するためのワークショップの開催。公共スペースに事業の概要・期間・目的・便益等に関する資料を掲示。
- 工事期間：工事の進捗状況の公表。工事期間中に発生する住民からの苦情への対応。その対応は事前に住民との間でコンセンサスをとる必要あり。
- 工事終了時：工事終了を通知するためのワークショップ。住民への建設物の引渡し。

#### 4.8.6 環境影響管理対策実施コスト

上記で提案した環境影響管理対策実施に必要な直接コストはチンチャ川流域について以下の通りである。なお、詳細設計時に各流域の環境影響管理対策実施予算をさらに詳細に算出する必要がある。

表-4.8.6-1 環境影響管理対策直接コスト

内容	単位	数量	単価(S/.)	小計(S/.)	合計(s/.)
工事車両入口の標識設置	1ヶ月	6	S/. 1,400.0	S/. 8,400.0	S/. 8,400.0
工業廃棄物の運搬	1ヶ月	6	S/. 4,200.0	S/. 25,200.0	S/. 25,200.0
事業対象地の景観保護対策	1ヶ月	6	S/. 2,800.0	S/. 16,800.0	S/. 16,800.0
工事機器の維持管理	1ヶ月	6	S/. 1,960.0	S/. 11,760.0	S/. 11,760.0
工事従事者への騒音対策	1ヶ月	6	S/. 1,120.0	S/. 6,720.0	S/. 6,720.0
環境影響緩和対策実施に必要な運営費	1ヶ月	6	S/. 4,480.0	S/. 26,880.0	S/. 26,880.0
土壌・大気汚染予防のための能力育成	1ヶ月	6	S/. 2,520.0	S/. 15,120.0	S/. 15,120.0
河床状況及び水中生物のモニタリング					S/. 11,239.2
多様性指標モニタリング	回	3	S/. 672.0	S/. 2,016.0	
水量モニタリング	回	3	S/. 588.0	S/. 1,764.0	
T°, pH, OD モニタリング	回	3	S/. 571.2	S/. 1,713.6	
DBO モニタリング	回	3	S/. 638.4	S/. 1,915.2	
総溶解固形分(TDS)モニタリング	回	3	S/. 638.4	S/. 1,915.2	
総浮遊物質(TSS)モニタリング	回	3	S/. 638.4	S/. 1,915.2	
大気質・騒音モニタリング					S/. 37,500.0
排出ガスモニタリング	回	3	S/. 4,500.0	S/. 13,500.0	
粉塵モニタリング	回	3	S/. 5,000.0	S/. 15,000.0	
騒音モニタリング	回	3	S/. 3,000.0	S/. 9,000.0	
合計					S/. 159,619.2

#### 4.8.7 結論と提言

##### (1) 結論

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ている。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。

## (2) 提言

- 1) 建設工事の時期については乾期に合わせて事業を開始することが好ましい。  
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、流域における農業のサイクル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。
- 2) 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、以下の対応をとる。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。
- 3) 文化遺産保全に係る手続きについては DGIH は F S 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。
- 4) ジェンダー配慮については流域において女性が置かれている概況より、水利組合の会合への女性の参加はある程度確保されているが、能力強化等のワークショップへの参加は少ない。したがって、本事業に含まれる防災教育・能力強化コンポーネントにおいては、女性の参加を促進するような配慮が必要である。例えば、全ての流域において、女性組織の存在が確認されていることを踏まえ、ワークショップ開催の通達は既存の女性組織を通じて行うことができるだろう。また、開催時間についても出来る限り多くの女性が参加できる時間を調査し、それにあつた時間設定をするといった配慮が考えられる。
- 5) 最後に、DGIH が環境承認取得に向けて今後とるべき手段を示す。2011 年 4 月現在、農業省 DGAA が 5 流域の初期環境評価 (EAP) 報告書を審査している。この審査により事業の 카테고리分類がされる。カテゴリ I に分類された場合には、環境承認が発行される。カテゴリ II もしくは III に分類された場合には、DGAA の指示に応じて EIA-sd あるいは EIA-d を、実施し、環境承認を F/S 段階終了時まで取得する。

## 4.9 実施計画

プロジェクトの実施計画では、①投資前段階のプレ F/S 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。

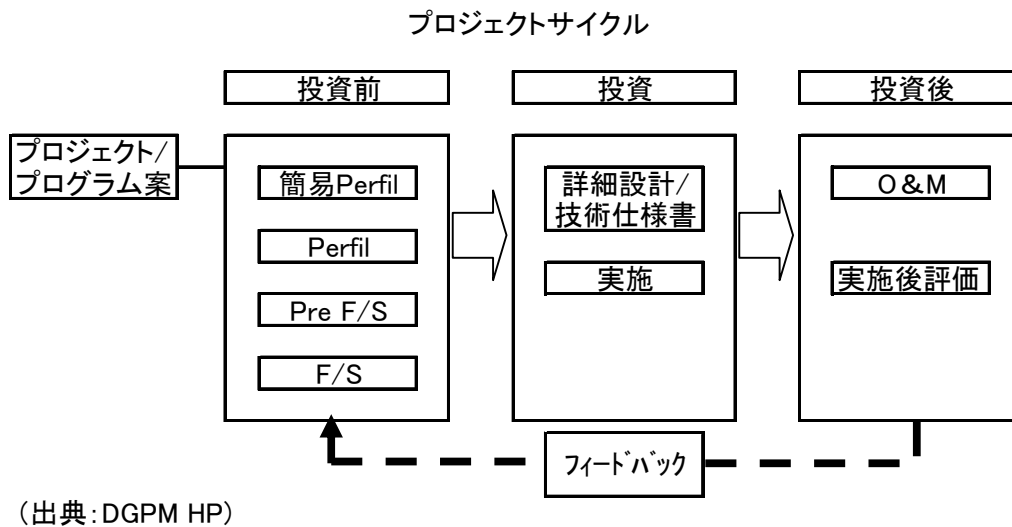
### (1) 公共投資審査 (SNIP)

「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 (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、ペルフィル調査 (事業の概略調査)、プレ F/S、F/S という 3 段階の投資前調査の中から事業の規模等に応じて必要な投資前調査が決定される。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3段階の投資前調査 (ペルフィル (以下、ペルフィルまたは Perfil)、プレ F/S または PreF/S、F/S) の作成と承認を義務づけている。ただし 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)、中間段階の PreF/S 調査は不要になったが、Perfil 調査において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。



**図-4.9-1 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、プログラムレベルでの投資前調査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、案件形成機関 (以下、「UF」) が各段階の調査を実施し、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、公的部門多年度計画局 (以下、「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 DGPM 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。



(Directiva No. 001-2009-EF/68.01を参照)

**図-4.9-2 SNIP の関連組織**

審査部局 (OPI・DGPM) 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るために、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。

JICA 調査団の作成したチンチャ川流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポートに基づき DGIH は 7 月 21 日に SNIP に登録した。

チンチャ川流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポートの審査は 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。このコメントに対する報告書の修正および OPI との協議が継続中である。

## (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た後、JICA よりアプレイザルミッションが派遣され、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 9 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-4.9-1 に示す。

- 1)コンサルタント選定 3 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 12 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を 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-4.9-1 実施計画**

項目	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	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	12
1	調査				調査				審査																			
2					調査				審査																			
3																												
4																												
5													設計・入札図書				施工管理											
6																												
7																												
1)																												
2)																												
3)																												
8																												

#### 4.10 組織と管理

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。

##### 農業省(MINAG)

- プログラム実施の責任官庁は、農業省 (MINAG) であり、プログラムの技術的な管理は水インフラ総局(DGIH)が担当する。水インフラ総局(DGIH)は投資前段階の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、工事実施に対する監理を行う。
- 農業省の計画投資室(OPI)は、水インフラ総局(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) の公的部門多年度計画局(DGPM)へ承認申請を行う。
- 農業省の総合管理局(OGA-MINAG)は財務省の公的債務部 (National Debt Public (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。
- 環境総局(DGAA)は、投資段階において EIA の審査、承認を行う。

##### 経済財政省(MEF)

- 公的多年度計画局(DGPM)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、財務省の公的債務部 (National Debt Public (DNEP)) と農業省の総合事務所 (OGA-MINAG)が担当する。
- 経済財政省の公的債務部(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。



### 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-4.10-1 及び図-4.10-2 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 が担当することになっている。PSI では、JBIC プロジェクト等を実施しており、新たなプロジェクトを実施する場合、そのプロジェクトを管理する組織 (Project Management Unit (PMU)) を組織し、コンサルタントの選定や工事発注、施工管理等を実施することになっている。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。

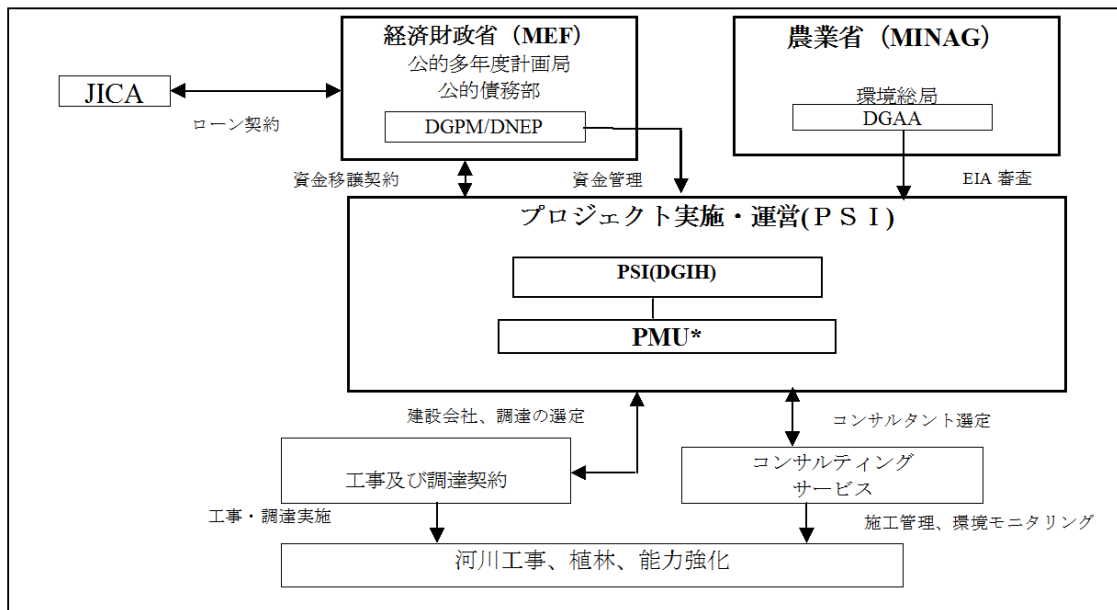


図-4.10-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

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。また水利組合は施設建設の負担金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。

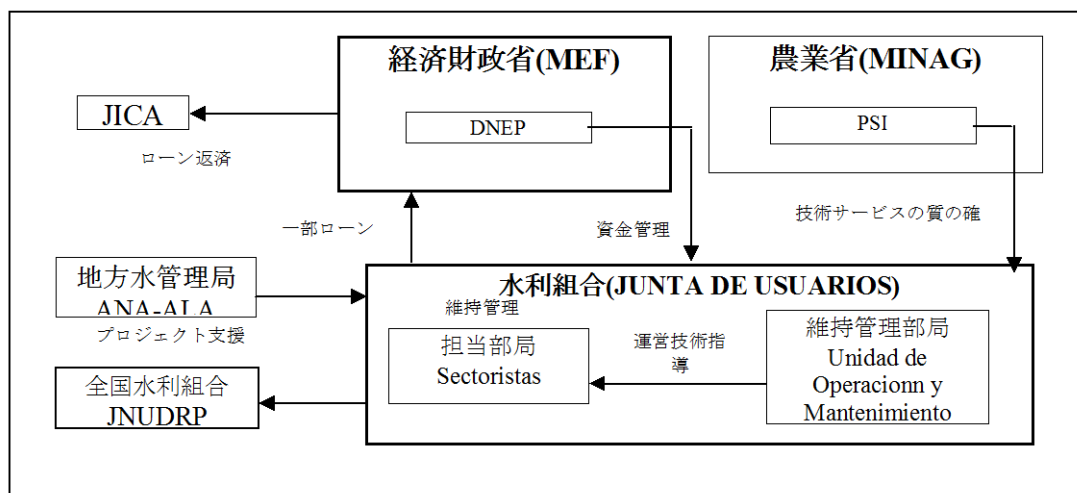


図-4.10-2 プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)

## (1) DGIIH

### 1) 役割及び機能

国家水政策や国家環境政策に沿って、水関連施設の開発促進を目的として政策、戦略及び計画を策定することである。

水関連インフラ開発には、調査、建設、運用、維持管理、建設リスク管理、開発、ダム of 改造、取水、小水路、用水路、排水路、メーター、ソケット、地下水取水井戸及び灌漑の近代化等が含まれる、

### 2) 主な所掌

- a. 水インフラ開発に対して、計画及び予算事務所と調整して水インフラの開発に関する管理及び部門 政策を提案することと、水インフラ開発に関して、部門政策の実施をモニタリングし評価する。
- b. 部門政策の一部分として政府や州、地方が関与する基準を提案する。
- c. 水インフラ施設の必要性を確認するとともに優先付けをする。
- d. 概略の水インフラ施設への公共投資のレベルで開発プロジェクトの開発及び推進を行う。
- e. 水インフラ整備の実施に関する技術基準を整備する。
- f. 水インフラの技術開発を促進する。
- g. 水インフラ設備の維持管理に関する技術基準を整備する。

## (2) PSI

### 1) 役割

灌漑サブセクターPROGRAM - PSI は、投資プロジェクトの実施を担当する。プロジェクト実施にあたってはプロジェクト毎にプロジェクトマネジメントユニットが創設される。

### 2) 主な所掌

- a. PSI は、農業省の内部組織であるが、運営と財政的に独立した組織であり、プロジェクト参加組織の調整、管理、運営に責任があり、投資プロジェクトの目的や目標を達成することを目的としている。
- b. 同様に、JICA のような海外の援助組織の融資に対しても支出などの調整を行う。
- c. PSI の計画財務部において、業務発注や調達、投資プログラムの作成やプロジェクト実施計画を策定する。これらのプロジェクトの準備のための作業はインハウスコンサルタント雇用し実施される。
- d. 同様に、コントラクターを召集し入札、工事、調達等のプロジェクトの実施を行う。
- e. 契約管理は計画財務部が実施する。

### 3) 予算

2011 年の PSI の予算を表-4.10-1 に示す。

**表-4.10-1 PSI の予算 (2011 年)**

Programs / Projects / Activities	PIM (S/.)
JBIC Program (Loan Agreement EP-P31)	69,417,953
Program - PSI Sierra (Loan Agreement 7878-PE)	7,756,000
Works by direct administration	1,730,793
South Earthquake Recostruction Works - FORSUR	228,077
Crop Conversion Project - ARTRA	132,866
Modern irrigation program - PRT	1,851,330
Activity - 1.113819 Smallholders ...	783,000
Program Management of PSI (Current Expenditure)	7,280,005
<b>TOTAL</b>	<b>89,180,024</b>

**4) 組織**

PSI は 235 名の職員で構成されており、JBIC プロジェクトに対しては 14 名が専属で活動しており、その下に 29 名の技術者やアシスタントが活動している。

**表-4.10-2 PSI の職員数**

CENTRAL UNIT LEVEL	Data from 31 May 2011		
	CAS	Servic. y Consult.	TOTAL
Central Office	61	43	104
Zonal Office LIMA	12	24	36
Zonal Office AREQUIPA	14	12	26
Zonal Office CHICLAYO	17	13	30
Zonal Office TRUJILLO	13	26	39
<b>TOTAL</b>	<b>117</b>	<b>118</b>	<b>235</b>

PSI の組織を図-4.10-3 に示す。

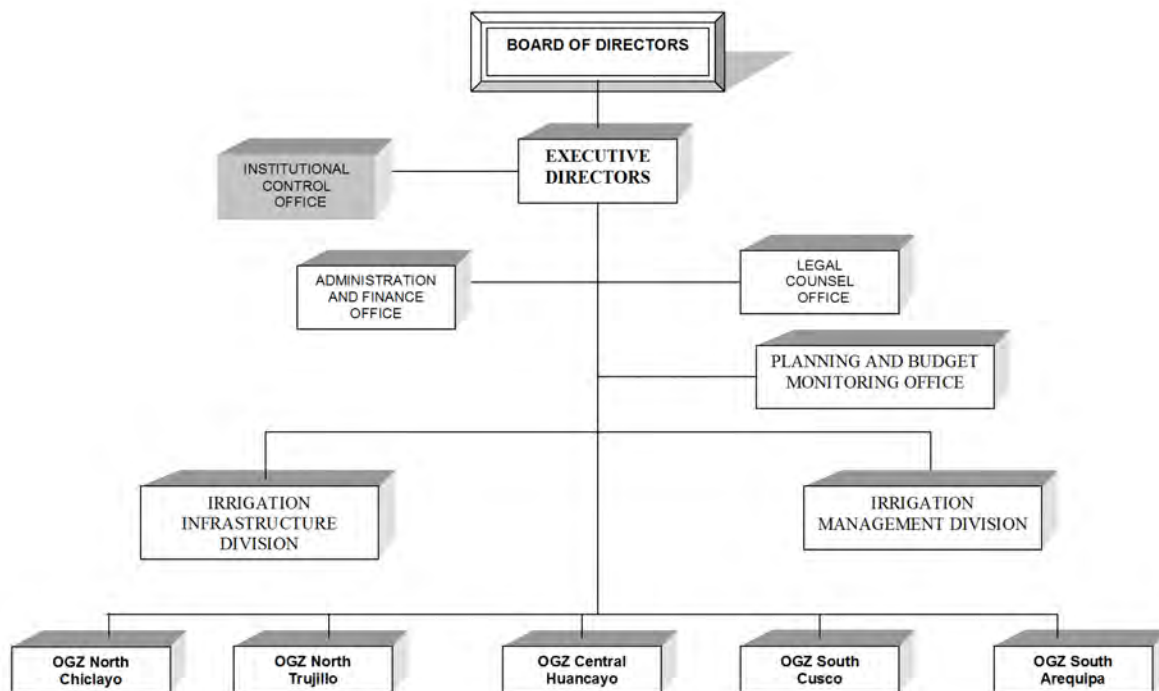


図-4.10-3 PSIの組織

#### 4.11 最終選定案の論理的枠組み

最終的に選定された案の論理的枠組みは表-4.11-1 に示すとおりである。

表-4.11-1 最終案の論理的枠組み

要約	検証可能な指標	検証の方法	前提
<b>最終目標</b>			
地域における社会経済の発展を促進し、住民の福祉に貢献する。	地域における生産性の向上、雇用の拡大、住民の収入増加、貧困率の低減、	公表される各種統計資料	社会、経済、政治の安定
<b>目的</b>			
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する。	洪水対策施設の種別と数および分布、被益人口、被益面積	年次工事計画、資金計画のモニタリング、予算執行の監視	必要予算の確保、中央政府、地方政府および自治体、水利組合、地域住民などの積極的関
<b>結果</b>			
氾濫ヶ所および面積の減少、取水堰機能の改善、道路損壊の回避、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止、ポエチヨスダムの安全確保	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、道路損箇所および頻度、河岸侵食の状況、ダム下流の侵食状況	現地視察、治水対策計画書、洪水対策工事報告書などのチェック、地域住民による日常的なモニタリング	地方政府、自治体、地域住民など維持管理者の監視および上位機関への適切な報告
<b>活動</b>			
コンポーネントA.: 構造物対策	堤防、護岸、取水堰の改善、道路の損壊防止、ダムの安全確保施設等28の構造物対策	詳細設計報告書、工事進捗報告書、予算支出状況のチェック	工事予算の確保、優良な詳細設計、工事施工、施工管理
コンポーネントB.: 非構造物対策			
B-1 植林・植生回復	植林面積、河畔林面積	工事進捗報告書、地域住民による日常的なモニタリング	コンサルタントやNGOの支援、対象地域住民の協力、下流住民の理解と協力
B-2 洪水予警報	機器据付状況、操作状況、予報・警報の回数、情報の伝達状況	工事進捗報告書、担当官庁や住民によるモニタリング	機器の正常な作動および操作、担当者の良好な訓練、連絡・広報活動、機器やソフトウェアの維持・管理
コンポーネントC.: 防災教育・能力開発	講習会、実習、訓練、ワークショップなどの回数	実施報告書、地方自治体担当者および住民によるモニタリング	対象者の参加意欲、コンサルやNGOによる指導
<b>プロジェクト実施管理</b>			
プロジェクトマネジメント	詳細設計、工事発注、施工管理、維持管理	設計図、施工計画および工事費積算書、工事仕様書、契約書、工事管理報告書、維持管理マニュアル	優良コンサルタントおよび建設業者の選定、維持管理における被益住民の参加

#### 4.12 中・長期計画

前節までには本プロジェクトの事業費予算の制約もあり、緊急に実施すべき洪水対策について述べたが、流域における洪水対策は長期計画に基づき今後も逐次実施していくべきである。ここでは流域における洪水対策の中・長期計画を検討する。

#### 4.12.1 全体治水計画

流域全体を対象とした場合の治水方式としてダム案、遊水地案、堤防案およびこれ等の組み合わせ案などがある。

ダム案については仮に50年確率洪水流量をダムによりピークカットして10年確率洪水流量まで低下させるとしてダムの必要貯水量を概算するとチンチャ川においては4.4百万m<sup>3</sup>と非常に大きくなる。扇状地の上流は一般に溪谷状をなし、ダムサイトの適地も少ないので容量を確保するためにはダム高の大きなダムが必要となり、巨額の事業費が必要となる（一基数百億円以上）。またダムサイトの適地調査、測量、地質調査、材料調査、概略設計などに3～5年は必要となり、周辺環境に及ぼす影響も甚大である。したがって今回の調査でダム案を検討の対象とすることは困難である。

遊水地案についても上記ダム案に示したように、大きな治水容量を必要とし、扇状地出口下流の河川沿いの低平地は殆ど農地として使用されていて適地がなく今回の調査では検討の対象とすることは困難である。

従って実現性が高いと思われる堤防方式について検討する。

##### (1) 河道計画

###### 1) 流下能力

河川の縦断および横断測量の結果に基づきチンチャ川の現河道の流下能力を算定した。その結果は3.1.10、図-3.1.10-3 および図-3.1.10-4 に示すとおりである。

###### 2) 氾濫特性

チンチャ川について氾濫解析を行った。確率50年洪水流量に対する氾濫状況は3.1.10、図-3.1.10-5 および図-3.1.10-6 に示す通りとなる。チンチャ川の氾濫状況は右支川のチョコ川については河口より15km 及び4km 付近で氾濫し、左岸側に氾濫流が大きく広がる。また左支川のマタヘンテ川については河口より10km 及び4km 付近で氾濫し、右岸側に氾濫流が大きく広がる。

###### 3) 計画高水位および堤防天端の高さ

計画高水位は計画対象洪水の確率50年洪水が流下する時の水位とし、堤防標準断面は4.3.1、(5)、1) に示す通りとする。4.2、表-4.2-2、4.2-3 には計画洪水流量の計算水位および必要堤防天端高を示している

###### 4) 堤防法線

現況の堤防整備状況等を踏まえて、堤防法線を設定した。基本的には、流下能力の増加と遊水効果を得るためにできるだけ広く川幅を設定した。図-4.12.1-1 に一般河道部と現河道の川幅が広い部分の法線の定め方を模式的に示している。一般部では堤防天端を確率50年洪水流下時の水位+余裕高とし、川幅の広い部分では堤防を2重にして内側の堤防法線は上下流の一般部と連続する法線を保ち、天端高を確率50年洪水流下水位とし、外側の堤防天端高は確率50年洪水流下時の水位+余裕高として内側堤防越流時には貯砂効果と遊水効果を持たせた。

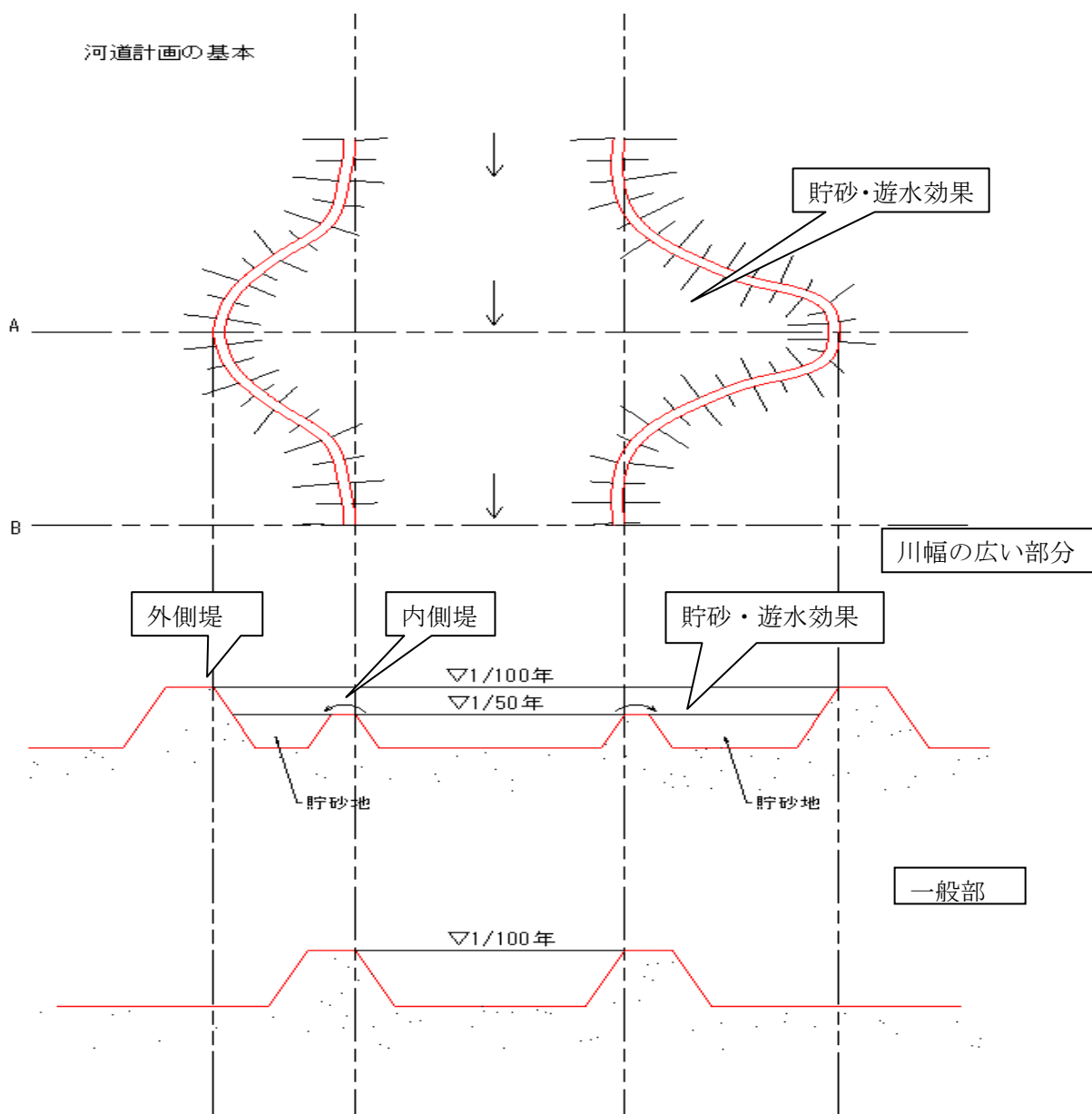


図-4.12.1-1 堤防法線の決定

5) 河川の平面および縦断形状

チンチャ川の平面形状は図-4.12.1-2 にまた縦断形状は図-4.12.1-3 および図-4.12.1-4 に示す通りである。

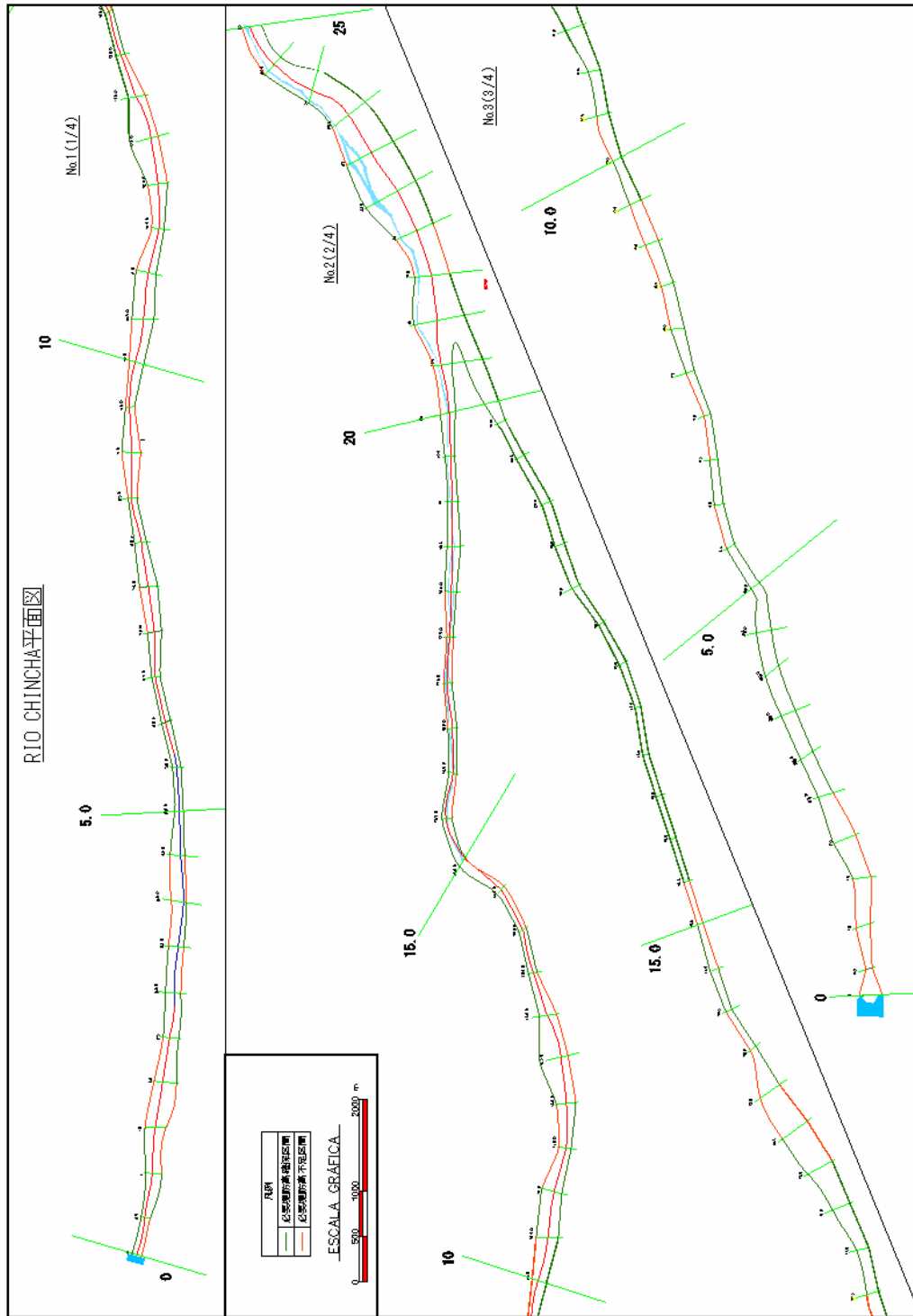


図-4.12.1-2 チンチャ川平面形状



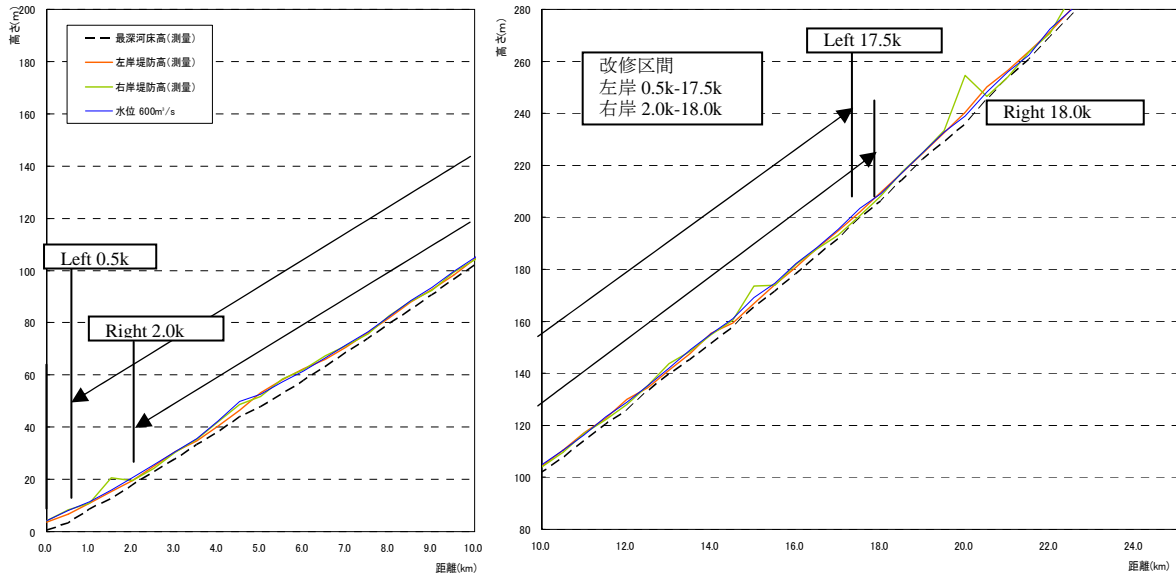


図-4.12.1-3 チンチャ川ーチョコ川縦断図

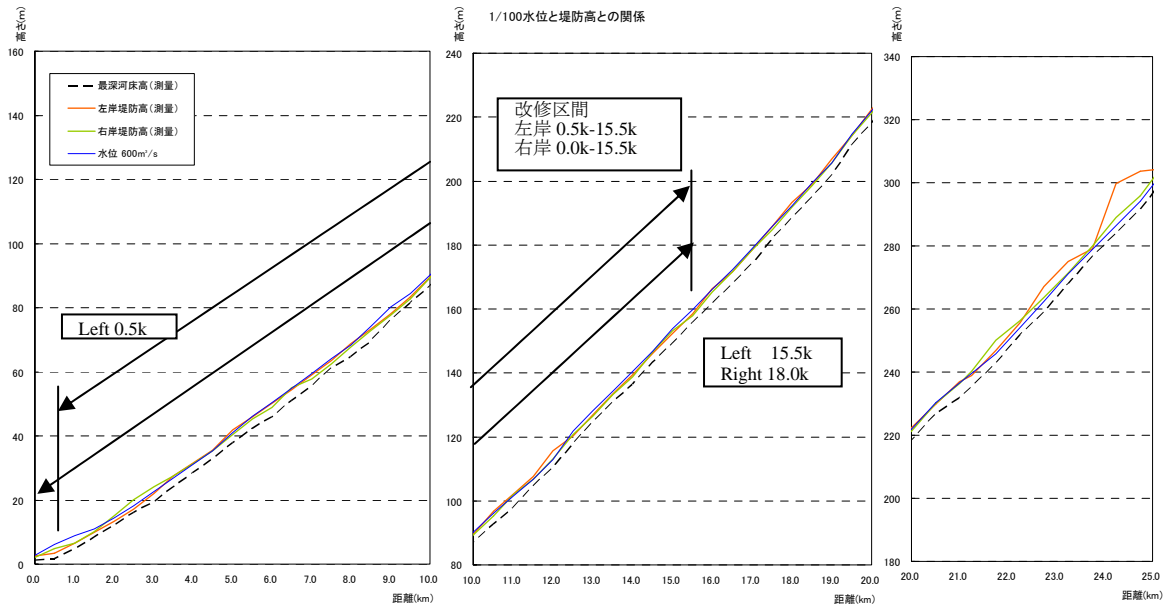


図-4.12.1-4 チンチャ川ーマタヘンテ川縦断図

#### 6) 堤防の設置計画

チンチャ川における堤防設置計画の基本方針は以下のとおである。

- ① 確率流量 1/50 年の洪水を安全に流下する堤防を配置する。
- ② 堤防設置範囲は、氾濫シミュレーションにより堤内地への氾濫が拡散する箇所とする。
- ③ 堤防配置は、洪水拡散区間のうち、計画水位が既存堤防高または堤内地盤高を上回っている箇所とする。
- ④ 堤防高は、1/50 年確率洪水の水位＋余裕高とする。

チンチャ川における堤防計画は表-4.12.1-1 および図-4.12.1-5、図-4.12.1-6 に示すとおりである。

表-4.12.1-1 チンチャ川における堤防計画

河川名		改修区間		平均堤防不足高 (m)	想定堤防規模	堤防延長 (km)
チンチャ川	チコ川	左岸	0.5k-17.5k	0.56	堤防 h=1.5m 護岸 h=3.0m	7.0
		右岸	2.0k-18.0k	0.53		5.5
		計				12.5
	マタヘンテ川	左岸	0.5k-15.5k	0.58		5.5
		右岸	0.0k-15.5k	0.55		7.5
		計		0.56		13.0
						25.5

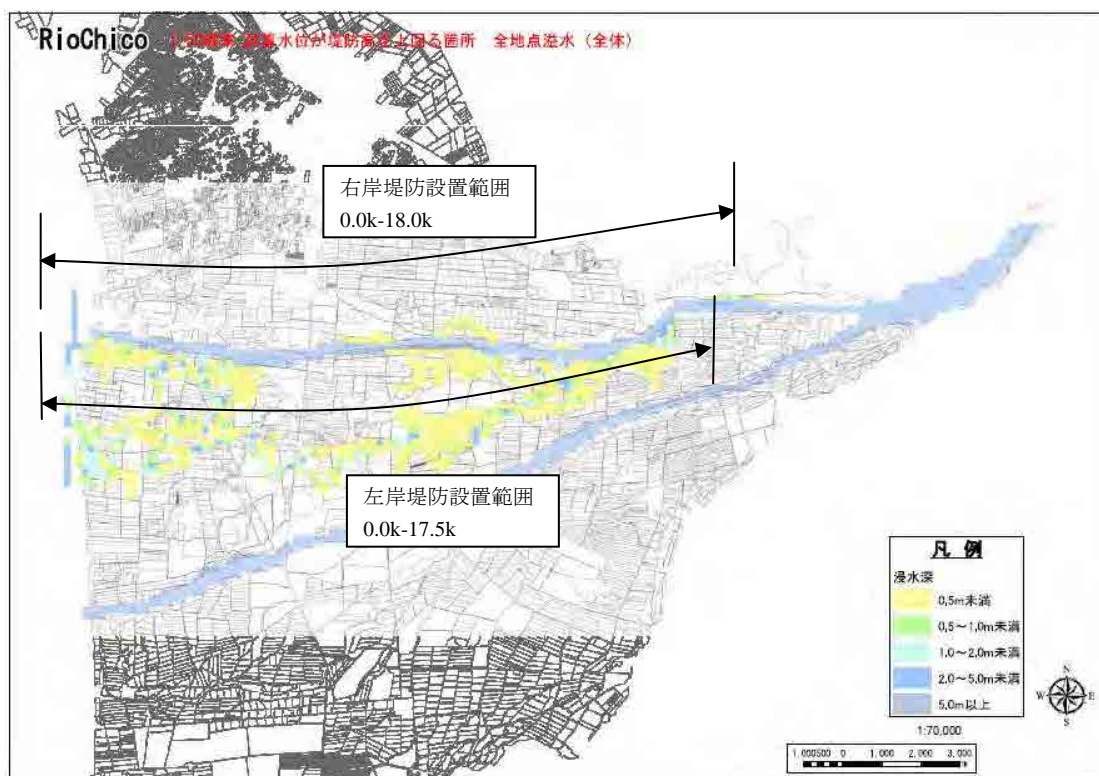


図-4.12.1-5 チンチャ川ーチコ川の堤防設置範囲

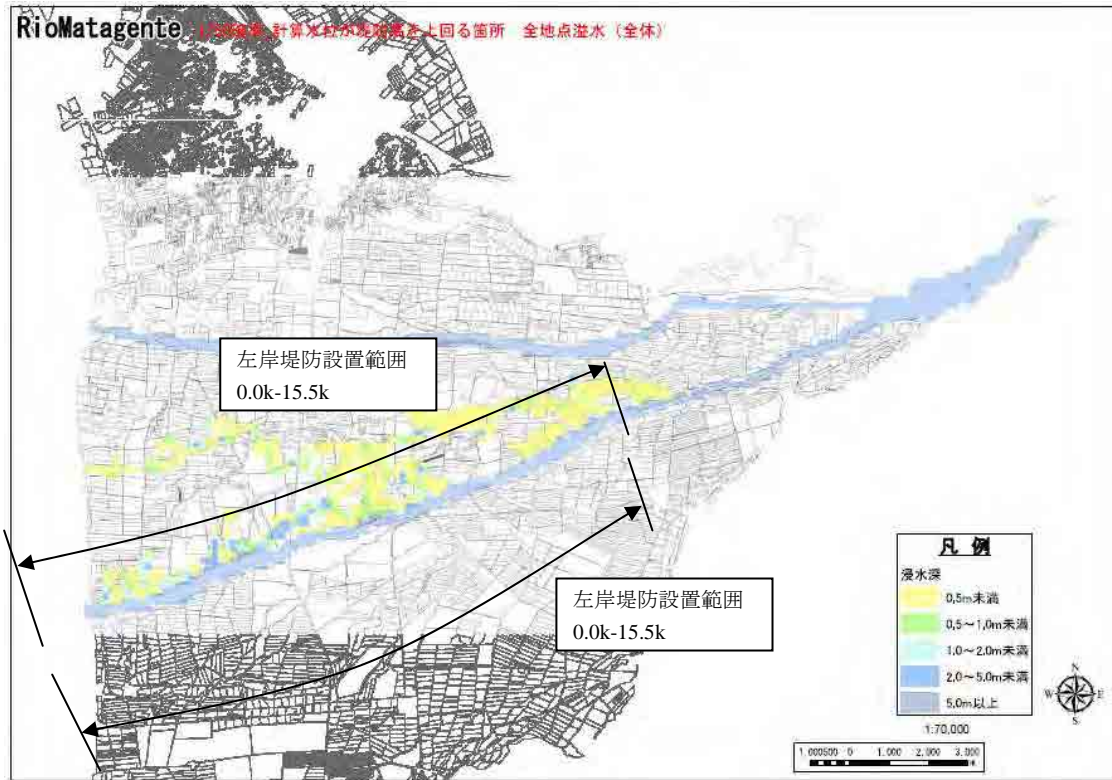


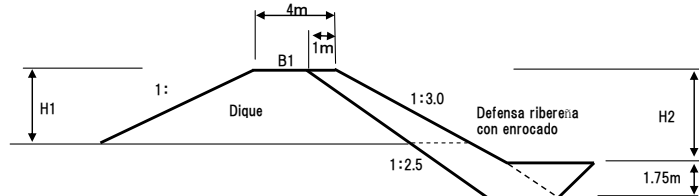
図-4.12.1-6 チンチャ川-マタヘンテ川の堤防設置範囲

7) 事業費

民間価格の直接工事費および事業費はそれぞれ表-4.12.1-2 および表-4.12.1-3 示すとおりである。また社会価格の事業費は表-4.12.1-4 に示す通りである。

表-4.12.1-2 直接工事費 (民間価格)

Construcción de dique				Defensa ribereña			
B1	H1	B2	A	B1	H2	B2	A
3.0	1.0	8.5	5.8	1.0	1.0	2.4	10.8
3.0	2.0	14.0	17.0	1.0	2.0	2.9	13.4
3.0	3.0	19.5	33.8	1.0	3.0	3.4	16.5
3.0	4.0	25.0	56.0	1.0	4.0	3.9	20.1
3.0	5.0	30.5	83.8	1.0	5.0	4.4	24.3
3.0	1.5	11.3	10.7	1.0	6.0	4.9	28.9
				1.0	1.5	2.6	12.0
				1.0	10.0	6.9	52.4



流域	工種	数量	単位	単価(ソル)	直接工事費/m	直接工事費/km	堤防延長(km)	直接工事費(千ソル)
チンチャ	築堤	10.7	m3	10.0	107.0	107.0	25.5	2,728.5
	護岸	16.5	m3	100.0	1650.0	1,650.0		42,075.0
	合計				1,757.0	1,757.0		44,803.5

表-4.12.1-3 事業費 (民間価格)

流域名	直接費			間接費							事業費	
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15 x (3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1 x (3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18 x (6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01 x (8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05 x (8)		Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1 x (8)
チンチャ川	44,803,500	4,480,350	49,283,850	7,392,578	4,928,385	61,604,813	11,088,866	72,693,679	726,937	3,634,684	7,269,368	84,324,667

表-4.12.1-4 事業費 (社会価格)

流域名	直接費			間接費							事業費	
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15 x (3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1 x (3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18 x (6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01 x (8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05 x (8)		Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1 x (8)
チンチャ川	36,022,014	3,602,201	39,624,215	5,943,632	3,962,422	49,530,269	8,915,448	58,445,718	584,457	2,922,266	5,844,572	67,797,033

## (2)維持管理計画

一次元河床変動解析の結果に基づいて河床の堆積／侵食傾向を把握し、それらへの対応を考慮して長期の維持管理計画を立案し、コストを推定する。

現況の河道の形状は、道路橋や農業施設（取水堰）等が存在する箇所が狭窄部となっており、その上流側に土砂が堆積する傾向にある。従って、今回の計画では、狭窄部の流下能力を高め、できるだけ狭窄部及びその上流の河道（主要部）には土砂が堆積しないようにするとともに、狭窄部上流側の河道（拡幅部）に 1/50 年規模を超える洪水時に土砂をできるだけ貯めるように工夫する。

### 1) 河床変動解析

チンチャ川流域について今後 50 年間の河床変動解析を行った結果を図-4.12.1-7 および図-4.12.1-8 に示す。図より河床の堆積および侵食の今後の傾向および堆積量および侵食量が推定出来る。

### 2) 維持管理の必要箇所

チンチャ川流域において今後、長期的に維持管理が必要すべきと考えられる箇所を抽出して表-4.12.1-5 に示す。

### 3) 維持管理費

各流域における今後 50 年間に渡って必要とされる河床掘削のための維持管理費については民間価格の直接工事費は次に示すとおりである。

#### 直接工事費

民間価格  $479,000\text{m}^3 \times 10 \text{ ソル} = 4,790,000 \text{ ソル}$

また民間価格および社会価格における 50 年間の事業費それぞれ表-4.12.1-6 および表-4.12.1-7 に示す通りである。

**表-4.12.1-5 今後計画的に河床掘削すべき箇所**

河川名		掘削対象範囲		維持管理方法
チンチャ川	(チコ川)	箇所 1	対象区間：3.5km-4.5km 対象土量：53,000m <sup>3</sup>	既往の氾濫箇所であり、今後、徐々に河床上昇するため、定期的な掘削を実施すべきと考えられる
	(マタヘンテ川)	箇所 1	対象区間：10.5km-13.5km 対象土量：229,000m <sup>3</sup>	
		箇所 2	対象区間：21.0km-23.5km 対象土量：197,000m <sup>3</sup>	川幅が広く、土砂が堆積しやすい区間である。今後徐々に河床上昇し、氾濫を引き起こす可能性があるため、定期的な維持掘削を実施すべきと考えられる。

※対象土量は 50 年間の堆積土砂量

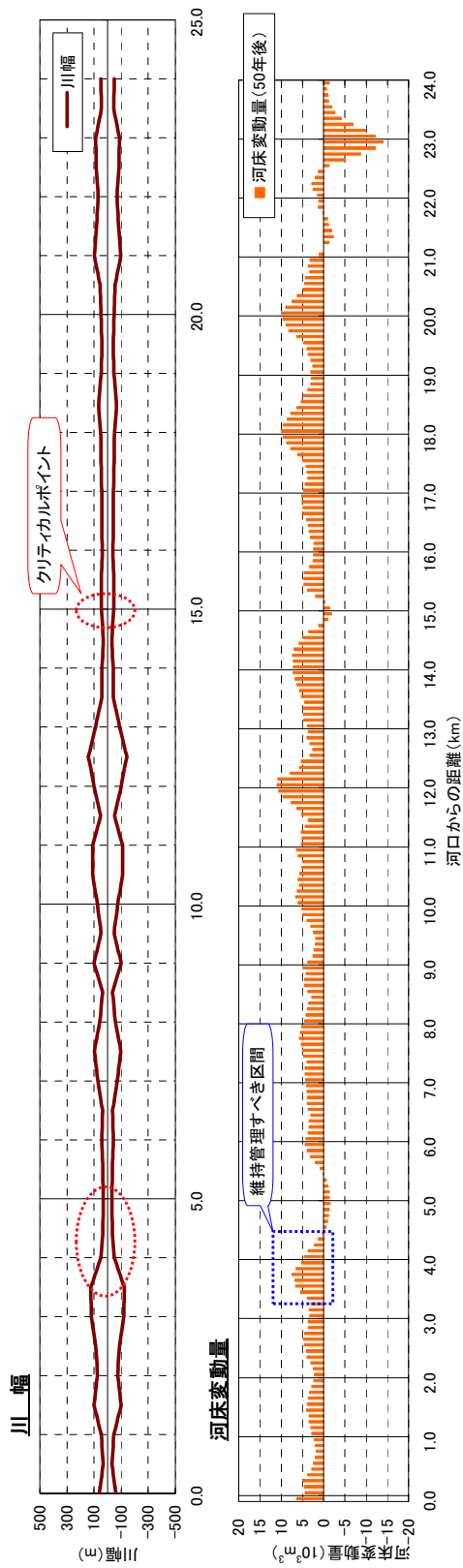


図-4.12.1-7 維持管理が必要な堆積区間 (チンチャ-チョコ川)

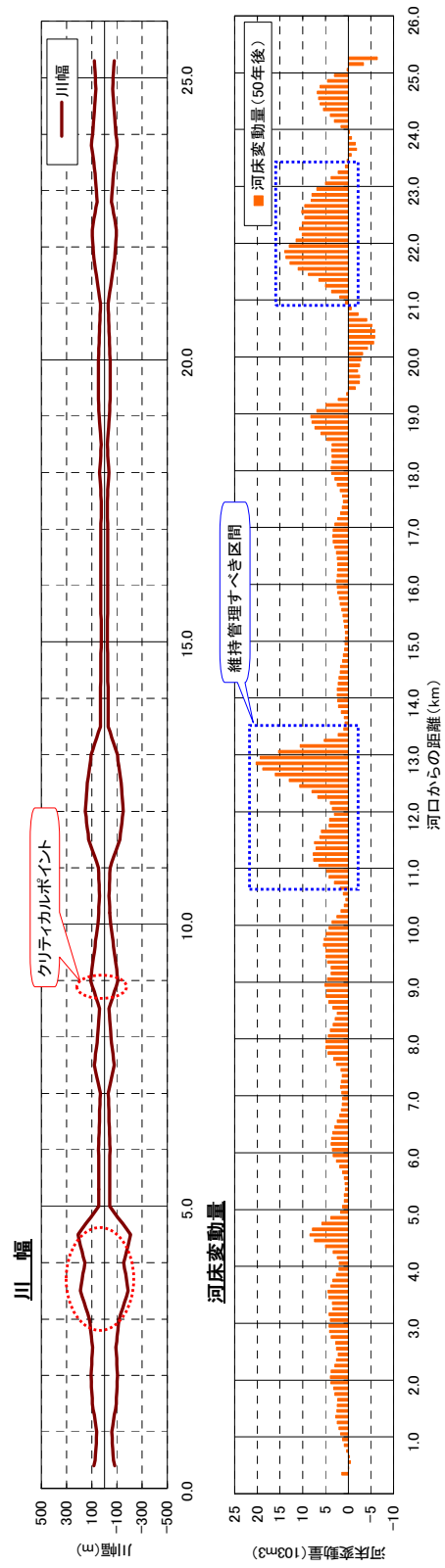


図-4.12.1-8 維持管理が必要な堆積区間 (チンチャ-マタテンテ川)

表-4.12.1-6 50年間の河床掘削事業費 (民間価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	Costo Directo (soles) 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1*(1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15*(3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1*(3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18*(6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9) = 0.01*(8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05*(8)	Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1*(8)	Costo Total 事業費 (12) = (8)+(9)+(10)+(11)
チンチャ川	4,790	479	5,269	790	527	6,586	1,186	7,772	78	389	777	9,015

(千ソールレス)

表-4.12.1-7 50年間の河床掘削事業費 (社会価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	Costo Directo (soles) 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1*(1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15*(3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1*(3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18*(6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Factor de Corrección 修正係数 fc	Costo Total Obra 建設費 (9) = fc*(8)	Impacto Ambiental 環境影響 (10) = 0.01*(9)	Expediente Tecnico 詳細設計 (11) = 0.05*(9)	Supervisión 施工管理費 (12) = 0.1*(9)	Costo Total 事業費 (13) = (9)+(10)+(11)+(12)
チンチャ川	4,790	479	5,269	790	527	6,586	1,186	7,772	0.804	6,249	62	312	625	7,248

(千ソールレス)

**(3)社会評価**

1) 民間価格

i) 被害額

チンチャ川流域において確率洪水量 2 年~50 年に対する氾濫解析を行い、被害額を算定すると表-4.12.1-8 に示すとおりである。

**表-4.12.1-8 各確率洪水量に対する被害額**

	Daños en miles de S/. 被害額(千ソール)
確率年(t)	Chincha
2	14,576
5	36,902
10	51,612
25	72,416
50	96,886

ii) 年平均被害軽減額

表-4.12.1-8 に基づき各流域における年平均被害軽減額を算定すると表-4.12.1-9 に示すとおりとなる。

iii) 事業費および維持管理費

事業費は表-4.12.1-3 に示すとおりである。また年間の維持管理費は築堤・護岸の維持管理費として建設費の 0.5%および表-4.12.1-6 に示す河床掘削費の年平均河床掘削費とする。

iv) 経済評価

経済評価の結果は表-4.12.1-10 に示すとおりである。

**表-4.12.1-9 年平均被害軽減額 (民間価格)**

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S/.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
CHINCHA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	14,576	0	14,576	7,288	0.500	3,644	3,644
	5	0.200	36,902	0	36,902	25,739	0.300	7,722	11,366
	10	0.100	51,612	0	51,612	44,257	0.100	4,426	15,791
	25	0.040	72,416	0	72,416	62,014	0.060	3,721	19,512
	50	0.020	96,886	0	96,886	84,651	0.020	1,693	21,205

**表-4.12.1-10 経済評価の結果 (民間価格)**

流域名	年平均被害軽減額	評価期間被害 軽減額(15年)	事業費	維持管理費	B/C	NPV	IRR(%)
	Annual Average Damage Reduction	Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	Project Cost	O&M Cost	Cost Benefit Ration	Net Present Value	Internal Return of Rate
Chincha	275,669,025	124,486,667	84,324,667	7,429,667	1.61	47,326,578	20%



2) 社会価格

i) 被害額

各流域において確率洪水量 2 年~50 年に対する氾濫解析を行い、被害額を算定すると表-4.12.1-11 に示すとおりである。

表-4.12.1-11 各確率洪水量に対する被害額

	Daños en miles de S/. 被害額(千ソール)
確率年(t)	Chincha
2	16,283
5	42,375
10	70,525
25	95,769
50	125,742

ii) 年平均被害軽減額

表-4.12.1-11 に基づき各流域における年平均被害軽減額を算定すると表-4.12.1-12 に示すとおりとなる。

iii) 事業費および維持管理費

事業費は表-4.12.1-4 に示すとおりである。また年間の維持管理費は築堤・護岸の維持管理費として事業費の 0.5%および表-4.12.1-7 に示す河床掘削費の年平均河床掘削費とする。

iv) 経済評価

経済評価の結果は表-4.12.1-13 に示すとおりである。

(1) 結論

経済評価の結果としては民間価格および社会価格共に経済効果はあるが、事業費が民間価格で 84.3 百万ソル(25.3 億円)と巨額となり、本プロジェクトでは採用が困難である。

表-4.12.1-12 年平均被害軽減額 (社会価格)

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S/.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
CHINCHA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	16,283	0	16,283	8,141	0.500	4,071	4,071
	5	0.200	42,375	0	42,375	29,329	0.300	8,799	12,869
	10	0.100	70,525	0	70,525	56,450	0.100	5,645	18,514
	25	0.040	95,769	0	95,769	83,147	0.060	4,989	23,503
	50	0.020	125,742	0	125,742	110,756	0.020	2,215	25,718

**表-4.12.1-13 経済評価の結果 (社会価格)**

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O&M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Chincha	334,336,127	150,979,568	67,797,033	5,973,452	2.43	88,942,856	31%

## 4.12.2 植林・植生計画

### (1) 上流域における植林

長期的には上流域において植林が必要なすべての地域に植林を行う事が望ましいのでこの案を検討する。

#### 1) 基本方針

- ① 目的：水源となるエリアの土壌浸透能を向上させ、表面流量を軽減するとともに中間流量・地下水量を増加させる。これにより、洪水ピーク流量のカット、山地の水資源賦存量増加を図り、もって洪水防止・軽減に寄与する。
- ② 植林対象地：水源となる流域の植栽可能箇所、あるいは森林が衰退した箇所に植林する。
- ③ 植林方法：地域住民による植栽とする。プロモーターによる自主的管理と、NGOによる現地植栽管理、コンサルタントによるNGOの指導・管理によって工事を実施する。
- ④ 植栽後のメンテナンス：植栽を担当したコミュニティによる維持管理を行ない、そのための費用は下流の受益者（水利組合）が支払うシステムを構築する。（PESの適用）。
- ⑤ 注意：伐採後は必ず再植林し、持続的に植林地を保全し、長期的な視点に立って森林を維持管理していく。上流の住民に対し、インセンティブを与える工夫が必要である。

地域住民による維持管理、伐採後の再植林がなされることで長期的に植林地を保全でき、洪水緩和・防止機能が発揮できる。このためには地域住民への植林の意義、下流への寄与、広い視点での「ペ」国における植林の必要性などの普及啓蒙活動を事業期間中に実施していく必要がある。

#### 2) 植林対象地の選定

上流域において植林を実施する場合、1) で述べたように地元住民によって植林活動を実施する。その場合、地元住民は農業等の合間に植林を実施することになる。しかしながら、上流部のほとんどはアンデス高地のシエラであり、住民のほとんどが厳しい自然条件に耐えながら農耕・畜産を営んでおり、植林する余力があるとは言い難い。このため、住民の理解醸造と合意形成には時間がかかるのが常である。

#### 3) 必要事業期間

もともと人口密度が低い労働力が少ないことから、一日当りの投入量が少ないと推定され、高い作業効率は望めない。JICA 調査団は、植林計画地周辺の人口、植栽本数、作業効率等から全ての面積を植林した場合に必要な期間を試算した。それによれば、チンチャ流域の約4万haの植林を実施するためには14年間が必要である。

#### 4) 上流域の植林計画全体数量、事業期間、事業費用

チンチャ川流域において、植林が必要と考えられる面積、及び事業費用を推定すると約4.4万ha、実施期間14年間、事業費は119.0百万ソレスという大面積、長期間、莫大な費用を要することとなる。

**表-4.12-2-1 上流域における植林計画全体計画**

流域	植栽面積 (ha)	必要事業期間(年)	必要事業費(ソレス)
チンチャ	44,068.53	14	118,946,853

(出典：JICA 調査団)

5) 結論

本事業の目的において、緊急性の高い工事を実施することとなっているため、間接的効果であり効果が発現するまで長い期間を要する植林事業でこのような長い実施期間は本質的な目的とも一致しない。また、14年間という事業期間、約119百万ソレスの事業費を考慮すると本事業としては適当でなく、本事業の終了後にこの計画に基づき長期的に逐次実施すべきである。

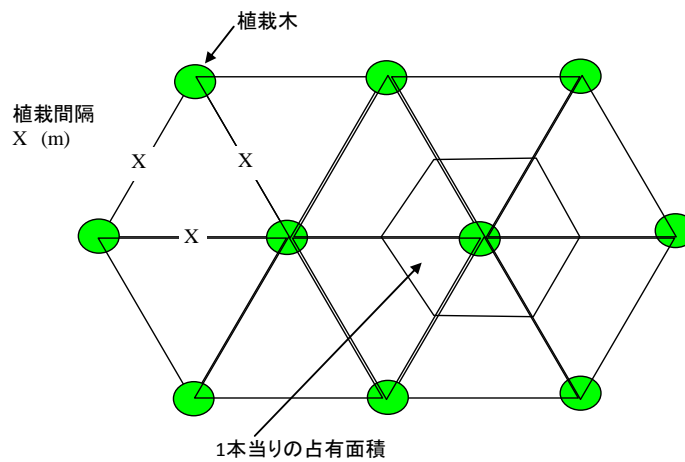
(2) モデル植林地区

上流域にモデル植林地区を選定してパイロット植林事業として選定したモデル植林地区に植林を行う。

チンチャ流域の既存植林計画)では水利組合が約10年前から上流の水源にあるコミュニティと水源林の整備について協議を重ね、いくつかのコミュニティにおいて植林実施の合意形成が図られている。旧PRONAMACHCS(現AGRORURAL)はこの合意形成をフォローし、ウワンカベリカ州のシエラ地域における植林計画策定調査を実施している。この計画は調査が実施されたが、残念ながら資金不足により実施に至っていない。

1) 構造(植栽配置)

ペルー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。



植栽間隔	1本当りの占有面積	ha当り植栽本数
2m	1.50 m <sup>2</sup>	6,670 (本/ha)
3m	3.38 m <sup>2</sup>	2,960 (本/ha)
5m	9.38 m <sup>2</sup>	1,070 (本/ha)
6m	13.50 m <sup>2</sup>	740 (本/ha)

**図-4.12.2-1 植栽配置標準図**

2) 植栽樹種

ペルーのアンデス高地における植林樹種としてユーカリが最も多く採用されており、次いでマツとなる。特に4000m前後の高標高地ではマツが採用されている。その他、ケニユア、モイェ、アリソなどの郷土樹種も植林されているが、農家の収入となることを考えてユーカリ、マツが多いのが現状である。その他には、アグロフォレストリーとして採用されるタラがあるが、現金収入を重視した場合である。

通常、植林はコミュニティの合意に基づいて計画・実施されるが、その際には森林のもつ公益的機能、樹種の特長等も説明し、植林樹種の合意形成も図る。本事業で計画する上流域の植林

は、既に述べたように、チンチャ流域の上流域であるウワンカベリカ州のシエラ地域での植林計画とする。アグロローラルの計画ではコミュニティの意向も含めて樹種選定をしており、ほとんどがマツで比較的低標高地においてケニユアを植林する計画となっている。本事業ではこれを採用する。

### 3) 植林/植生回復計画数量

チンチャ流域の上流域における既存植林計画の全面積は 44,068.53ha である。このなかから、事業期間内で可能な数量に絞り込むため、以下の項目を選定基準として植林/植生回復計画地を選定した。

- ・ 水源地となっていること
- ・ 土壌侵食量が多いと推定されること
- ・ 標高 4000m 以下であること
- ・ 集落が近傍に多く、植林作業のための労働力が集まり易いこと

これによって選定された区域の位置を図-4.12.2-2 に示す。グループ A、グループ B を本事業で実施する区域として選定した。なお、選定されなかった区域の例としてグループ C があるが、ここでは人口密度が低いいため、植栽作業のために必要な労働力が少ないため、採用しなかった。

採用した植林/植生回復計画数量は表-4.12.2-2 に示すとおりである。

**表-4.12.2-2 上流域における植林/植生回復計画**

#### A グループ

計画地 番号	植林面積(ha)			年次計画
	マツ	ケニユア	計	
47	650.04		650.04	2
48	311.91		311.91	2
49	211.90		211.90	3
50	276.40		276.40	3
51	79.94		79.94	3
52	166.27		166.27	3
53	55.96		55.96	3
56		0.05	0.05	3
61	67.58		67.58	4
102	548.38		548.38	4
103	161.45		161.45	4
計	2,529.83	0.05	2,529.88	

#### B グループ

計画地 番号	植林面積(ha)			年次計画
	マツ	ケニユア	計	
42		63.03	63.03	2
43		24.30	24.30	2
44		12.22	12.22	2
45	249.00		249.00	3
65		397.23	397.23	2
66	14.69		14.69	3
67	1.06		1.06	3
68	26.90		26.90	3
69	30.28		30.28	3
70	0.00		0.00	3
71	236.58		236.58	3
72		76.53	76.53	4
73		128.96	128.96	4
74	173.82		173.82	4
75	55.19		55.19	4

計画地 番号	植林面積(ha)			年次計画
	マツ	ケニユア	計	
76	66.34		66.34	4
77	14.82		14.82	4
78	165.11		165.11	4
79	89.24		89.24	4
計	1,123.03	717.09	1,825.30	

(出典：JICA 調査団)

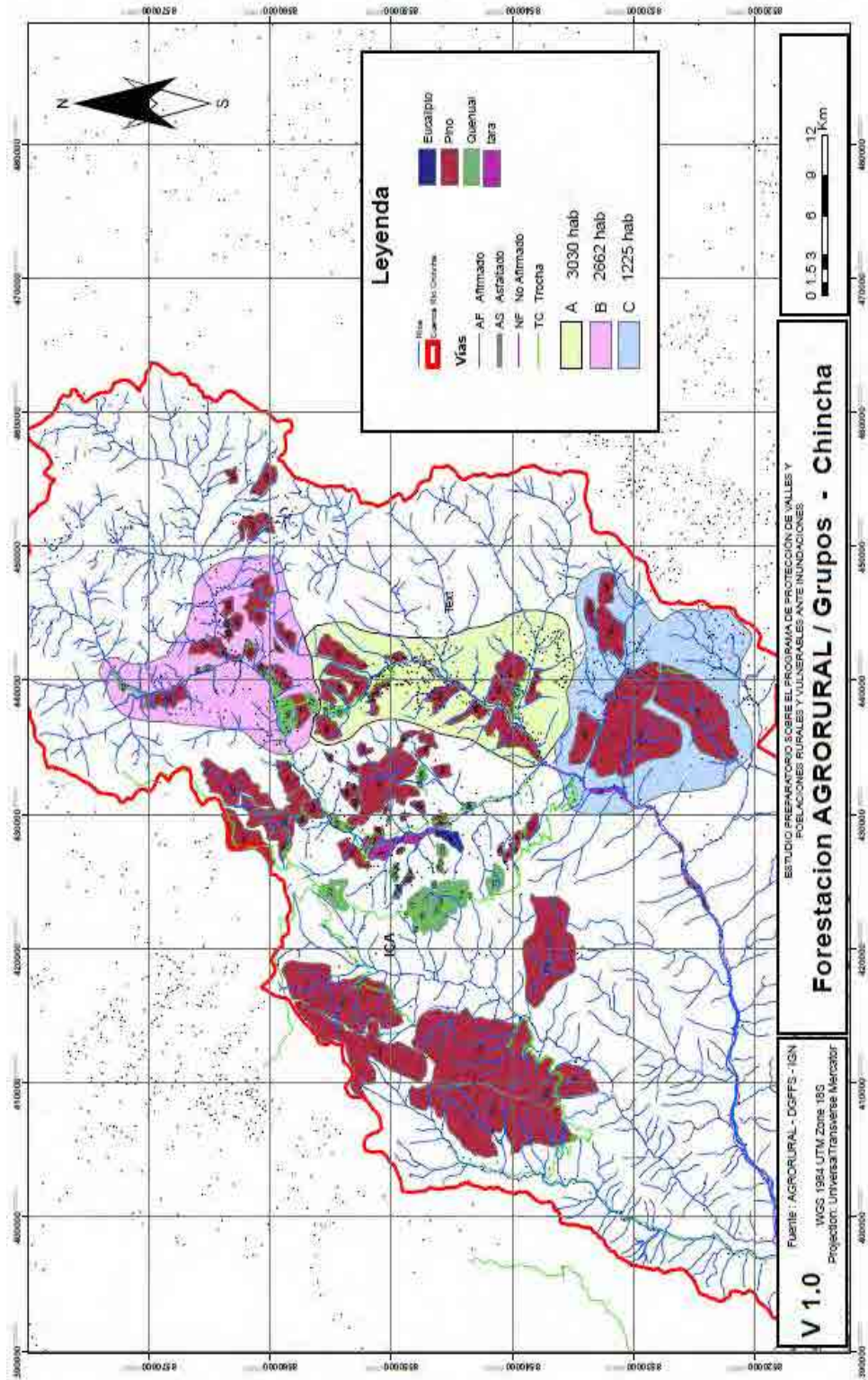


図-4.12.2-2 チンチャ上流域の植林/植生回復地域

4) 植林/植生回復計画工事費

植林/植栽計画の工事費は以下の方法で算出した。

- ・苗木単価（苗木単価＋運搬費）
- ・植栽労務費

苗木の供給者は i)アグロローラル、ii)民間業者に区分できるが、チンチャ流域の上流における植林については苗木をアグロローラルから購入する計画とする。

植栽労務単価は、河川沿いの植林では一般労務単価を用いる。チンチャ流域上流での植林では、地元住民の便益(収入)にもつながるため労務単価の半分をコミュニティで負担する計画とする。

(i) 苗木単価

アグロローラルへのヒアリングにより苗木単価を以下のように設定した。苗木の値段、輸送費とも業者によって幅があるため、平均値を用いている。

(ii) 植栽労務費

植栽作業の分掛は、アグロローラル、水利組合などからの聞き取りによって 40 本/人日として計算した。労務単価は河川沿い植林では 33.6 (ソレス/人日)、上流域の植林ではその半分として 16.8 (ソレス/人日) とした。

Ha 当りの植栽費直接工事費算定に用いた単価は表-4.12.2-3 に示すとおりである。

**表-4.12.2-3 直接工事費単価**

	単位	ユーカリ	マツ	ケニューア	タラ
ha 当り植栽本数	本/ha	2,960	2,960	2,960	2,960
苗木費用	ソレス/ha	1,332	1,480	1,332	1,332
植栽費用	ソレス/ha	1,243	1,243	1,243	1,243
植栽費用計	ソレス/ha	2,575	2,723	2,575	2,575

(iii)植林工事費

上流域における植林/植生回復計画に必要な直接工事費は表-4.12.1-4 に示すとおりである。

**表-4.12.2-4 植林/植生回復の直接工事費 (ソル)**

植栽計画 地番号	植栽計画樹種		
	マツ	ケニューア	計
<b>グループ A</b>			
2 年次	2,619,390	0	2,619,390
3 年次	2,152,450	129	2,152,579
4 年次	2,116,887	0	2,116,887
小計	6,888,727	129	6,888,856
<b>グループ B</b>			
2 年次	0	1,279,209	1,279,209
3 年次	1,520,823	0	1,520,823
4 年次	1,537,188	529,137	2,066,325
小計	3,058,011	1,808,345	4,866,356
計	9,946,738	1,808,474	11,755,212

事業費ベースでは約直接工事費 11.76 百万ソル x 1.882 (間接費など) = 22.1 百万ソルと推定される。

5) 本事業における費用対効果

上流域の植林に関しては、ペルーのアンデス高地における標準的なマツ生産林の ha 当りのキャッシュフローの例を利用し、植栽密度、植栽費用を修正し、それに炭素固定便益を加味して算出した。結果、ha 当りの B/C は 5.20、ENPV (経済的純現在価値) は 14,593US\$ となった。(表-4.5.2.1-9 参照)。

## 6) 工事工程計画

モデル地区植林の工事工程計画は、1年次にコンサルタントによるコミュニティ指導 NGO の選定、NGO による詳細植林計画策定、NGO によるコミュニティにおける植林実施体制の確立、苗木生産等を実施する。(準備期間)。

2年次～4年次の3年間で植林を実施する。苗木生産は通常の場合3～6ヶ月間で可能であるが、活着率を上げるため成長した苗木を生産することとし、乾期(概ね4月～10月:7ヶ月間)の間に実施し、雨期(11月～3月:4ヶ月間)に植栽作業を完了させる。

なお、事業期間内で下流受益者(主として水利組合)と PES の協議、合意形成を目指し、伐採後にただちに再植林し、上流域の住民が伐採による収益を得つつ、下流域の住民の資金支援を得て再植林するシステムを確立する。

年次	乾期							雨期				
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1年次	準備作業											
2年次	苗木生産(7ヶ月間)							植栽作業			予備	
3年次	同上							同上			予備	
4年次	同上							同上			予備	

(出典: JICA 調査団)

図-4.12.2-3 植林/植生回復実施工程

## 7) 結論

表-4.12.2-5 によれば炭素固定便益を加味すれば経済効果がある結果となっているが、洪水対策施設として見た場合、チンチャ川上流域の約4,400haの植林により流域の洪水流出量を軽減し、洪水被害を低減する効果は殆どないものと思われる。また事業費も22.1百万ソルと大きくチンチャ川の洪水対策施設事業費43.6百万ソルの約51%に達している。したがってこのモデル地区植林プロジェクト本プロジェクトにおいて実施するのは適当でなく、本プロジェクトと分離して実施することが妥当と考えられる。



表-4.12.2-5 マツ植林事業の費用対効果計算結果 (単位: US\$/ha)

年	投資コスト (A)	林業作業費 (B)	管理費 (C)	収入 (D)	キャッシュフロー (税抜) (D)-(A)-(B)-(C)	所得税 (E)	キャッシュフロー (税込) (D)-(E)	コスト計 (A)+(B)+(C)	炭素固定 便益 (F)	便益 計 (D)-(E)+(F)
0	481.56	449.39	321.16	0.00	-1,252.11	0.00	-1,252.11	1,252.11	0.00	0.00
1	226.17	704.13	111.65	0.00	-1,041.95	0.00	-1,041.95	1,041.95	222.79	222.79
2	0.00	704.13	84.49	0.00	-788.62	0.00	-788.62	788.62	445.58	445.58
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	668.37	668.37
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	891.16	891.16
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,113.95	1,113.95
6	0.00	1,000.96	120.12	1,614.55	493.47	148.00	345.47	1,121.08	1,336.74	2,803.29
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,559.53	1,559.53
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,151.08	1,151.08
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,522.39	1,522.39
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,893.71	1,893.71
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,265.03	2,265.03
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,636.34	2,636.34
13	0.00	1,491.46	178.97	4,372.73	2,702.30	809.96	1,892.34	1,670.43	3,007.66	6,570.43
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,378.97	3,378.97
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,178.43	4,178.43
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,513.78	6,513.78
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8,849.13	8,849.13
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11,184.48	11,184.48
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13,519.84	13,519.84
20	0.00	0.00	0.00	7,625.00	7,625.00	-2,288.00	5,337.00	0.00	15,855.19	21,192.19

コストの正味現在価値=3,477.84

便益の正味現在価値=18,071.01

BCR = 5.20

ENPV = \$14,593

### 4.12.3 土砂制御計画

長期的な土砂制御計画としては上流域において必要な土砂制御対策を実施するのが望ましい。

上流部での土砂制御計画は、砂防ダムおよび護岸工が主体となる。流域全体に実施する土砂制御対策工の配置は図-4.12.3-1 に示す通りである。チンチャ川流域に対して、流域全体を対象とした場合および優先範囲を限定して、これらの配置検討を実施した結果、概算工事費は表-4.12.3-1 に示す通りとなる。

今回対象としているチンチャ川流域は広大であり、護岸工および砂防ダム等の施設を配置した場合、いずれのケースにおいても建設コストが非常に大きく、事業終了までに長期間を要する。このため、効果発現までにかかなりの時間が必要となる。したがって本プロジェクトにおいては実施することは困難であり、本プロジェクト終了後にこの長期計画に従って逐次対策工を実施する事が望ましい。

**表-4.12.3-1 上流域における土砂制御施設の概算工事費**

流域名	対象範囲	護岸工		帯工		砂防堰堤		直接工事費 合計	事業費 (Million S/.)
		数量 (km)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)		
チンチャ川	全流域	381	S/.407	38	S/.1	111	S/.116	S/.524	S/.986
	優先範囲	381	S/.407	38	S/.1	66	S/.66	S/.474	S/.892

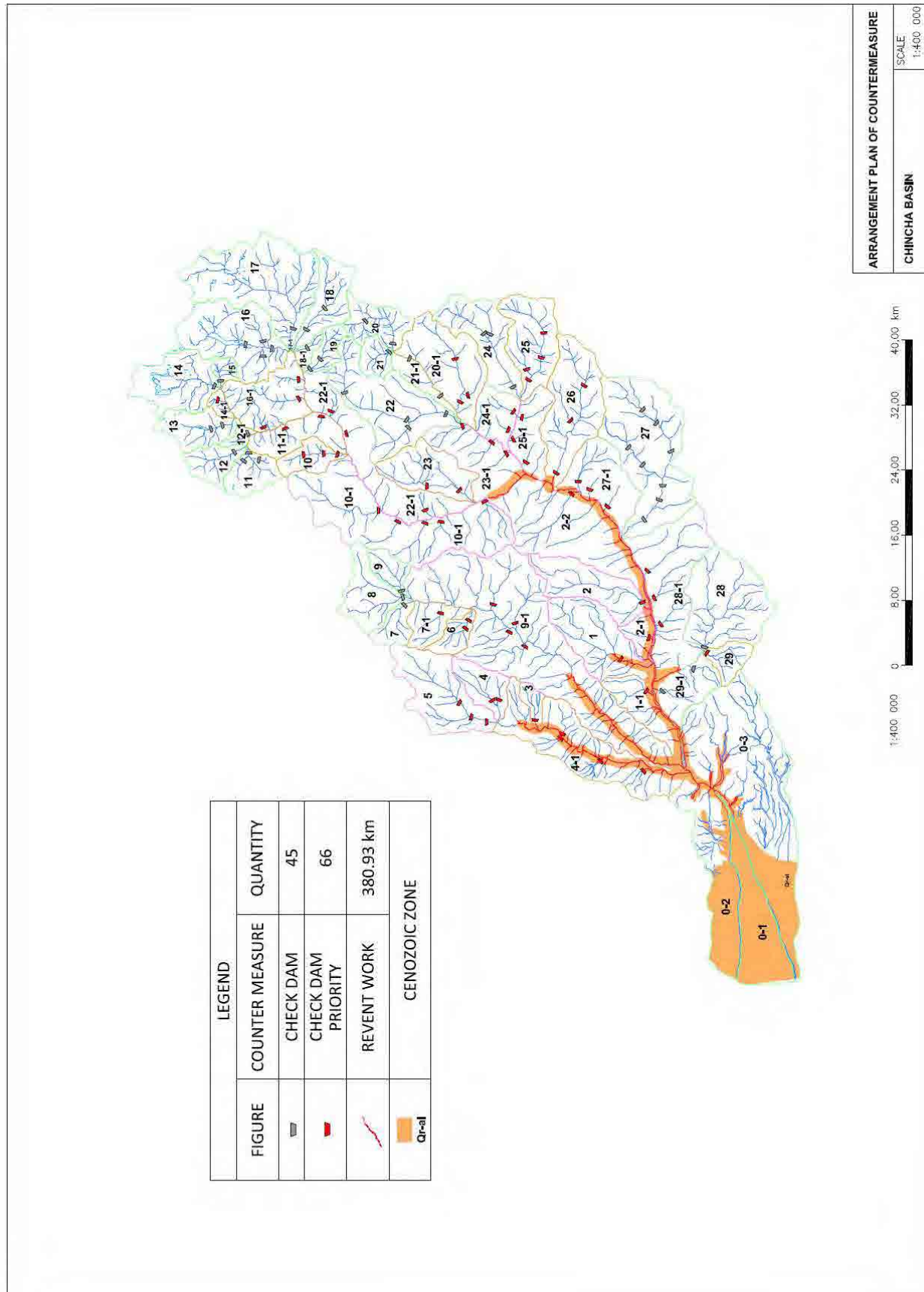


図-4.12.3-1 チンチャ川流域土砂制御対策工位置図



## 第5章 結論

この調査において最終的に選定された案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。



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  
Ⅱ-5 プレフィージビリティ調査報告書  
プロジェクトレポート(ピスコ川)

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







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	フイージビリティ調査 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 チラーピウラ特別プロジェクト)
PES	Payment for Environmental 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  
Ⅱ-5 プレフィージビリティ調査報告書  
プロジェクトレポート（ピスコ川）

目 次

調査対象地域

略 語

まえがき

第1章 要約 .....	1-1
1.1 プロジェクトの名称 .....	1-1
1.2 プロジェクトの目的 .....	1-1
1.3 需要と供給のバランス .....	1-1
1.4 構造物対策 .....	1-1
1.4.1 計画洪水流量 .....	1-2
1.4.2 重点洪水対策施設の選定 .....	1-2
1.5 非構造物対策 .....	1-3
1.5.1 植生/植生回復 .....	1-3
1.5.2 土砂制御計画 .....	1-3
1.6 技術支援 .....	1-4
1.7 コスト .....	1-4
1.8 社会評価 .....	1-4
1.9 持続可能性分析 .....	1-6
1.10 環境インパクト .....	1-7
1.11 実施計画 .....	1-8
1.12 組織と管理 .....	1-8
1.13 論理的枠組み .....	1-9
1.14 中長期計画 .....	1-10
第2章 一般的側面 .....	2-1
2.1 プロジェクトの名称 .....	2-1
2.2 形成および執行機関 .....	2-1
2.3 関係機関と被益者の参加 .....	2-1
2.4 構想の枠組み（関連性の枠組み） .....	2-4
2.4.1 プログラムの背景 .....	2-4

2.4.2	プログラムに関連する法令、政策、ガイドライン .....	2-5
第3章	アイデンティフィケーション .....	3-1
3.1	現状分析 .....	3-1
3.1.1	自然条件 .....	3-1
3.1.2	対象地域の社会経済 .....	3-2
3.1.3	農業 .....	3-7
3.1.4	インフラ .....	3-11
3.1.5	洪水被害の実態 .....	3-12
3.1.6	現地調査の結果 .....	3-13
3.1.7	植生および植林の現況 .....	3-20
3.1.8	土壌侵食の現況 .....	3-24
3.1.9	流出解析 .....	3-33
3.1.10	氾濫解析 .....	3-40
3.2	問題の定義と原因 .....	3-45
3.2.1	調査対象地域の洪水対策における問題点 .....	3-45
3.2.2	問題点の原因 .....	3-45
3.2.3	問題点による結果 .....	3-46
3.2.4	原因と結果の樹系図 .....	3-46
3.3	プロジェクトの目的 .....	3-48
3.3.1	主要な問題点を解決する手段 .....	3-48
3.3.2	主要な目的を達成することにより得られる効果 .....	3-48
3.3.3	手段—目的—効果の樹系図 .....	3-49
第4章	プロジェクトの形成と評価 .....	4-1
4.1	プロジェクトの評価期間 .....	4-1
4.2	需要と供給の分析 .....	4-1
4.3	技術的提案 .....	4-3
4.3.1	構造物対策 .....	4-3
4.3.2	非構造物対策 .....	4-12
4.3.2.1	植林/植生回復 .....	4-12
4.3.2.2	土砂制御計画 .....	4-16
4.3.3	技術支援 .....	4-18
4.4	コスト .....	4-22
4.4.1	コストの算出（民間価格） .....	4-22
4.4.2	コストの算出（社会価格） .....	4-24
4.5	社会評価 .....	4-26
4.5.1	民間価格 .....	4-26

4.5.2	社会価格 .....	4-31
4.5.2	社会評価のまとめ .....	4-32
4.6	感度分析 .....	4-33
4.7	持続可能性分析 .....	4-35
4.8	環境インパクト .....	4-35
4.8.1	環境影響評価の手続き .....	4-35
4.8.2	環境影響評価の方法 .....	4-37
4.8.3	環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価 .....	4-38
4.8.4	環境影響管理 .....	4-41
4.8.5	環境管理計画 .....	4-42
4.8.6	環境影響管理対策実施コスト .....	4-43
4.8.7	結論と提言 .....	4-44
4.9	実施計画 .....	4-45
4.10	組織と管理 .....	4-48
4.11	最終選定案の論理的枠組み .....	4-52
4.12	中・長期計画 .....	4-53
4.12.1	全治水計画 .....	4-53
4.12.2	植林・植生計画 .....	4-64
4.12.3	土砂制御計画 .....	4-66
第5章	結論 .....	5-1

## 表 一 覧

表-1.3-1	需要と供給分析.....	1-1
表-1.7-1	ピスコ川流域の事業費および内訳.....	1-4
表-1.8-1	年平均被害軽減額(民間価格).....	1-5
表-1.8-2	年平均被害軽減額(社会価格).....	1-5
表-1.8-3	社会評価 (民間価格) .....	1-6
表-1.8-4	社会評価 (社会価格) .....	1-6
表-1.9-1	水利組合予算と年間維持管理費.....	1-7
表-1.11-1	実施計画.....	1-8
表-1.13-1	最終案の論理的枠組み.....	1-10
表-1.14-1	全体治水計画における事業費および社会評価 (民間価格) .....	1-11
表-1.14-2	全体治水計画における事業費および社会評価 (社会価格) .....	1-11
表-1.14-3	上流域における植林計画全体計画.....	1-12
表-1.14-4	上流域における土砂制御施設の概算事業費.....	1-12
表-3.1.2-1	ピスコ川周辺の町および面積 .....	3-2
表-3.1.2-2	都市部及び地方部の人口変化 .....	3-2
表-3.1.2-3	世帯数および家族数 .....	3-3
表-3.1.2-4	労働従事状況 .....	3-3
表-3.1.2-5	貧困率 .....	3-3
表-3.1.2-6	住宅状況 .....	3-4
表-3.1.2-7	1人当たり GNP の経年変化 (2001-2009) .....	3-7
表-3.1.3-1	水利組合の概要.....	3-8
表-3.1.3-2	主要農作物の作付け状況および売上額.....	3-9
表-3.1.4-1	灌漑施設.....	3-11
表-3.1.4-2	PERPEC により実施された事業 .....	3-12
表-3.1.5-1	洪水被害状況.....	3-12
表-3.1.5-2	被害状況.....	3-13
表-3.1.5-3	イカ州における災害 .....	3-13
表-3.1.7-1	ピスコ流域の代表的植生一覧 .....	3-20
表-3.1.7-2	植生区分面積と流域面積に対する割合(ピスコ流域).....	3-21
表-3.1.7-3	大区分植生の流域面積に対する割合 (ピスコ流域) .....	3-21
表-3.1.7-4	2005 年までに減少した森林面積.....	3-21
表-3.1.7-5	1995 年から 2000 年の植生区分の面積変化 .....	3-21
表-3.1.7-6	1994 年から 2003 年までの植林実績 .....	3-22



表-3.1.8-1	収集資料の一覧 .....	3-24
表-3.1.8-2	標高別の面積 .....	3-25
表-3.1.8-3	傾斜区分と面積.....	3-25
表-3.1.8-4	河床勾配と溪流の総流路長 .....	3-26
表-3.1.8-5	ピスコ川の標高毎の傾斜区分 .....	3-29
表-3.1.9-1	雨量観測地点一覧（ピスコ川流域） .....	3-34
表-3.1.9-2	雨量観測データ収集期間（ピスコ川流域） .....	3-34
表-3.1.9-3	確率 24 時間雨量（ピスコ川流域） .....	3-37
表-3.1.9-4	確率 24 時間雨量（Station Letrayoc） .....	3-38
表-3.1.9-5	確率雨量別ハイエイト .....	3-38
表-3.1.9-6	基準地点確率流量.....	3-39
表-3.1.9-7	確率洪水流量（ピーク流量：基準地点） .....	3-39
表-3.1.10-1	河川測量の概要 .....	3-40
表-3.1.10-2	氾濫解析手法 .....	3-41
表-3.2.1-1	洪水対策における問題点と保全対象 .....	3-45
表-3.2.1-2	主要な問題点の直接的な原因および間接的な原因 .....	3-45
表-3.2.3-1	問題点による直接的および間接的な結果 .....	3-46
表-3.3.1-1	問題点を解決する直接的および間接的な手段 .....	3-48
表-3.3.2-1	直接的および間接的な効果 .....	3-49
表-4.2-1	流域の需要と供給.....	4-1
表-4.2-2	ピスコ川各地点における需要と供給 .....	4-2
表-4.3.1-1	生起年確率洪水流量と既往最大流量 .....	4-3
表-4.3.1-2	地形測量の概要.....	4-5
表-4.3.1-3	評価項目と採点基準 .....	4-6
表-4.3.1-4	対策箇所の選定根拠（Pisco 川） .....	4-8
表-4.3.1-5	計画高水流量と余裕高 .....	4-12
表-4.3.2.1-1	樹種選定の評価基準 .....	4-14
表-4.3.2.1-2	選定した樹種.....	4-14
表-4.3.2.1-3	植林/植生回復計画数量（河川沿い） .....	4-14
表-4.3.2.1-4	苗木単価.....	4-15
表-4.3.2.1-5	植林工事費.....	4-15
表-4.3.2.2-1	土砂制御計画基本方針 .....	4-16
表-4.3.3-1	技術支援の内容と直接費用 .....	4-20
表-4.4.1-1	直接工事費総括表（民間価格） .....	4-23
表-4.4.1-2	事業費（民間価格） .....	4-23

表-4.4.2-1	直接工事費総括表（社会価格） .....	4-25
表-4.4.2-2	事業費（社会価格） .....	4-25
表-4.5.1-1	洪水被害額の算定項目 .....	4-27
表-4.5.1-2	想定洪水被害額（民間価格） .....	4-28
表-4.5.1-3	年平均想定被害軽減期待額の算定方法 .....	4-29
表-4.5.1-4	年平均被害軽減期待額（民間価格） .....	4-29
表-4.5.1-5	費用便益分析の評価指標と特徴 .....	4-30
表-4.5.1-6	社会評価（B/C、NPV、IRR）（民間価格） .....	4-31
表-4.5.2-1	想定洪水被害額（社会価格） .....	4-31
表-4.5.2-2	年平均被害軽減期待額（社会価格） .....	4-32
表-4.5.2-3	社会評価（B/C、NPV、IRR）（社会価格） .....	4-32
表-4.6-1	感度分析手法 .....	4-33
表-4.6-2	感度分析の検討ケース及び経済指標 .....	4-33
表-4.6-3	IRR、B/C、NPV の感度分析結果 .....	4-34
表-4.7-1	水利組合の事業予算 .....	4-35
表-4.8.1-1	環境影響に基づくカテゴリー分類 .....	4-36
表-4.8.1-2	工事実施予定地 .....	4-37
表-4.8.2-1	Leopold マトリックスー評価基準 .....	4-38
表-4.8.2-2	影響の大きさの程度の基準 .....	4-38
表-4.8.3-1	影響の認識マトリックス（建設期間） .....	4-39
表-4.8.3-2	環境影響評価のマトリックス（建設期間）ピスコ川流域 .....	4-39
表-4.8.3-3	影響の認識マトリックス（維持管理期間） .....	4-40
表-4.8.3-4	環境影響評価マトリックス（維持管理期間）ピスコ川流域.....	4-40
表-4.8.4-1	環境影響と予防・緩和策 .....	4-41
表-4.8.5-1	水質及び生物多様性モニタリング .....	4-42
表-4.8.5-2	大気質モニタリング .....	4-42
表-4.8.5-3	騒音モニタリング .....	4-43
表-4.8.5-4	水質及び生物多様性モニタリング .....	4-43
表-4.8.6-1	環境影響管理対策直接コスト .....	4-44
表-4.9-1	実施計画.....	4-47
表-4.10-1	PSI の予算（2011 年） .....	4-50
表-4.10-2	PSI の職員数 .....	4-51
表-4.11-1	最終案の論理的枠組み .....	4-52
表-4.12.1-1	ピスコ川における堤防計画 .....	4-56
表-4.12.1-2	直接工事費（民間価格） .....	4-57
表-4.12.1-3	事業事費（民間価格） .....	4-58

表-4.12.1-4	事業事費（社会価格） .....	4-58
表-4.12.1-5	今後計画的に河床掘削すべき箇所 .....	4-59
表-4.12.1-6	50年間の河床掘削事業費（民間価格） .....	4-61
表-4.12.1-7	50年間の河床掘削事業費（社会価格） .....	4-61
表-4.12.1-8	各確率洪水量に対する被害額 .....	4-62
表-4.12.1-9	年平均被害軽減額（民間価格） .....	4-62
表-4.12.1-10	経済評価の結果（民間価格） .....	4-63
表-4.12.1-11	各確率洪水量に対する被害額 .....	4-63
表-4.12.1-12	年平均被害軽減額（社会価格） .....	4-64
表-4.12.1-13	経済評価の結果（社会価格） .....	4-64
表-4.12.2-1	上流域における植林計画全体計画 .....	4-65
表-4.12.3-1	上流域における土砂制御施設の概算工事費 .....	4-66

## 図 一 覧

図-1.12-1	プロジェクト実施の関係機関 (投資段階) .....	1-9
図-1.12-2	プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階) .....	1-9
図-3.1.1-1	調査対象河川 .....	3-1
図-3.1.2-1	州別 GDP 成長率(2009/2008) .....	3-5
図-3.1.2-2	州別の GDP への寄与率 .....	3-6
図-3.1.2-3	1人当たり GDP (2009年) .....	3-6
図-3.1.3-1	作付け面積 .....	3-10
図-3.1.3-2	収穫量 .....	3-10
図-3.1.3-3	売上高 .....	3-10
図-3.1.6-1	視察現場の概要 (ピスコ川) .....	3-16
図-3.1.6-2	課題1に関する現地状況 (ピスコ川) .....	3-17
図-3.1.6-3	課題2に関する現地状況 (ピスコ川) .....	3-18
図-3.1.6-4	課題3に関する現地状況 (ピスコ川) .....	3-19
図-3.1.7-1	ピスコ流域植生分布 .....	3-23
図-3.1.8-1	標高別の面積 .....	3-25
図-3.1.8-2	傾斜区分と面積 .....	3-26
図-3.1.8-3	河床勾配と溪流の総流路長 .....	3-26
図-3.1.8-4	河床勾配と土砂移動の形態 .....	3-27
図-3.1.8-5	ピスコ川流域等雨量線図 .....	3-27
図-3.1.8-6	土壌侵食量と各種要因の関係 .....	3-28
図-3.1.8-7	ピスコ川の標高毎の傾斜区分 .....	3-29
図-3.1.8-8	安山岩質～玄武岩質の崩壊地 .....	3-30
図-3.1.8-9	堆積岩類の土砂生産状況 .....	3-30
図-3.1.8-10	サボテンの侵入状況 .....	3-30
図-3.1.8-11	河道付近における土砂移動 .....	3-31
図-3.1.8-12	平常時の土砂生産流出の状態 .....	3-32
図-3.1.8-13	エルニーニョ (1/50) 程度の豪雨時における土砂生産流出の状態 .....	3-32
図-3.1.8-14	大規模出水時の土砂生産流出の状態 (地質学的スケール) .....	3-33
図-3.1.9-1	観測地点位置図 (ピスコ川流域) .....	3-35
図-3.1.9-2	等雨量線図 (ピスコ川流域) .....	3-36
図-3.1.9-3	確率 50 年雨量等雨量線図 (ピスコ川流域) .....	3-38
図-3.1.9-4	ピスコ川の洪水ハイドログラフ .....	3-40

図-3.1.10-1	一次元モデルのイメージ .....	3-41
図-3.1.10-2	はん濫解析モデルの概念図 .....	3-42
図-3.1.10-3	ピスコ川現況疎通能力 .....	3-43
図-3.1.10-4	ピスコ川氾濫範囲（確率 50 年洪水） .....	3-44
図-3.2.4-1	原因と結果の樹系図 .....	3-47
図-3.3.3-1	手段—目的—効果の樹系図 .....	3-50
図-4.3.1-1	年最大流量（観測値：ピスコ川） .....	4-4
図-4.3.1-2	確率洪水流量と被害額および浸水面積（ピスコ川） .....	4-5
図-4.3.1-3	ピスコ川における重点洪水対策施設の選定 .....	4-7
図-4.3.1-4	ピスコ川における重点洪水対策構造物の位置 .....	4-10
図-4.3.1-5	堤防の標準断面 .....	4-12
図-4.3.2.1-1	河川構造物沿いの植林 概念図 .....	4-13
図-4.3.2.1-2	河川構造物沿いの植林計画標準配置図 .....	4-13
図-4.3.2.2-1	土砂制御対策 .....	4-17
図-4.8.1-1	農業省における環境承認取得までのプロセス .....	4-36
図-4.9-1	SNIP プロジェクトサイクル .....	4-46
図-4.9-2	SNIP の関連組織 .....	4-46
図-4.10-1	プロジェクト実施の関係機関（投資段階） .....	4-49
図-4.10-2	プロジェクト実施の関係機関（投資後：運営維持管理段階） .....	4-49
図-4.10-3	PSI の組織 .....	4-51
図-4.12.1-1	堤防法線の決定 .....	4-54
図-4.12.1-2	ピスコ川平面形状 .....	4-55
図-4.12.1-3	ピスコ川縦断面 .....	4-56
図-4.12.1-4	ピスコ川の堤防設置範囲 .....	4-57
図-4.12.1-5	維持管理が必要な堆積区間（ピスコ川） .....	4-60
図-4.12.3-1	ピスコ川流域土砂制御対策工位置図 .....	4-67



## まえがき

「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あり、そのため、調査・設計・施工計画などの観点のもとより、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。

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。

以下に本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。

### 第1章 要約

### 第2章 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）

##### 2.4.1 プログラムの背景

##### 2.4.2 プログラムに関連する法令、政策、ガイドライン

### 第3章 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
- 3.1.11 洪水予警報

## 3.2 問題の定義と原因

- 3.2.1 調査対象地域の洪水対策における問題点と洪水被害の実態
- 3.2.2 問題点の原因
- 3.2.3 問題点による結果 1
- 3.2.4 原因と結果の樹系図

## 3.3 プロジェクトの目的

- 3.3.1 主要な問題点を解決する手段
- 3.3.2 主要な目的を達成することにより得られる効果
- 3.3.3 手段—目的—効果の樹系図

## 第4章 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
    - 4.3.2.3 洪水予警報
  - 4.3.3 技術支援
- 4.4 コスト
  - 4.4.1 コストの算出（民間価格）
  - 4.4.2 コストの算出（社会価格）
- 4.5 社会評価
  - 4.5.1 民間価格
  - 4.5.2 社会価格
  - 4.5.3 社会評価のまとめ
- 4.6 感度分析
- 4.7 持続可能性分析
- 4.8 環境インパクト



4.9 実施計画

4.10 組織と管理

4.11 最終選定案の論理的枠組み

4.12 中・長期計画

4.12.1 全体治水計画

4.12.2 植林・植生計画

4.12.3 土砂制御計画

第5章 結論



## 第1章 要約

### 1.1 プロジェクトの名称

溪谷村落洪水対策事業 イカ州ピスコ川洪水および氾濫防止対策実施計画

( Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables ante Inundaciones, Implementacion de Medidas de Prevencion para el Control de Desbordes e Inundaciones del Río Pisco, Departamento Ica)

### 1.2 プロジェクトの目的

プロジェクトの目的は溪谷地域 (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することである。

### 1.3 需要と供給のバランス

確率 50 年洪水流量を計画洪水流量としてピスコ川流域において、500mピッチで実施した河川横断測量に基づき計画洪水量が流下するときの計算水位を計算した。計算水位に必要な堤防余裕高を加えて必要な堤防高を算出する。

この堤防高は計画洪水流量に対して洪水被害を防御するために必要とされる高さであり、地域住民にとっての需要を表す指標となる。

また現在の堤防高または地盤高は現状における洪水被害を防御する高さであり、現時点での供給を表す指標となる。

上記の需要を表す計画堤防高と現堤防高または現地盤高の差が需要と供給のギャップと考えられる。

流出解析で求めた確率 50 年流量に対する計算水位、これに堤防余裕高を加えた必要堤防高 (需要) および現堤防高または地盤高 (供給) ならびにこれらの差 (需給ギャップ) の全川における平均値は表-1.3-1 に示す通りとなる。各地点におけるこれらの値は表-4.2-2 に示すとおりである。地点によって現堤防または現地盤高が必要堤防高より高くなるが、この場合需給ギャップは 0 とした。

表-1.3-1 需要と供給分析

流域	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②	③	④	⑤=③+④	⑥=⑤-①	⑦=⑤-②
ピスコ川	219.72	217.26	214.82	1.00	215.82	0.63	0.76

### 1.4 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、検討の結果は後述する 4.12 中・

長期計画に述べてある。結論としては流域全体の治水方式として堤防方式を提案しているが、ピスコ川流域における事業規模が大きく事業費が非常に高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した。

#### 1.4.1 計画洪水流量

経済財務省（MEF）の公的部門多年度計画局（DGPM）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 年～50 年洪水流量が計画対象流量として考えられる。

ピスコ川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。

ピスコ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。

#### 1.4.2 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。

- ・地域住民の要望箇所（過去の洪水被害を踏まえた要望）
- ・流下能力不足箇所（洗掘箇所も含む）
- ・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、地元ヒヤリング結果（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、ピスコ川において治水上の対策が必要な箇所（総合評価点の高い箇所）5ヶ所を重点洪水対策箇所として選定した。

具体的には、河川測量を500mピッチ（横断図）で実施し、流下能力評価や氾濫解析をこれに基づいて実施しているため、500m区間毎に上記の各項目について3段階評価（0点、1点、2点）を行い、その合計点が6点以上の区間を選定した。なお、施設選定の下限值（6点）については、全体事業費の予算等にも配慮して設定した。

## 1.5 非構造物対策

### 1.5.1 植林/植生回復

#### (1) 基本方針

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。後者については後述する4.12 中長期計画に述べるように、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) について検討した。

#### (2) 河川構造物沿いの植林について

この案は堤防や護岸などの河川構造物沿いに植林を行う案である。

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

河川構造物沿いの植林幅、植林延長および面積はピスコ川流域については遊水地の植林を含み、それぞれ11-600m、6.5km および125.0ha となっている。

### 1.5.2 土砂制御計画

土砂制御計画としては流域全体計画を検討すべきであり、検討の結果は後述する4.12 中・長期計画に述べてある。結論としては流域全体の土砂制御計画は流域における事業規模が大きく事業費が非常に高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。

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。

ピスコ川では重点洪水対策施設として遊水地（ピスコー6）が計画されている。この遊水地は土砂をコントロールする機能を有しているため土砂制御工兼用とする。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

## 1.6 技術支援

本事業において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、これらの対策を補完する技術的な支援を提案した。

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。

事業実施においては、ピスコ川流域の特性を踏まえた研修の実現を図るため、ピスコ川流域について独自に実施することとする。研修対象者はピスコ川流域の水利組合および小組合の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者などを想定する。

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。

技術支援における研修については「河岸保護活動の知識に係る研修」、「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」および「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」を実施する

## 1.7 コスト

本事業の事業費はつぎのとおりである。

表-1.7-1 ピスコ川流域の事業費および内訳

流域名	構造物対策費				非構造物対策費		技術支援費		合計
	建設費	詳細設計費	施工管理費	環境費	小計	植林費	洪水予警報	防災教育費	
ピスコ	60,170	3,009	6,017	601	69,797	1,593	0	219	71,609

## 1.8 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。プロジェクトを実施することによる年平均被害軽減額は民間価格および社会価格について表-1.8-1 および表-1.8-2 に示すとおりである。

表-1.8-1 年平均被害軽減額（民間価格）

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
PISCO	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	15,788	197	15,591	7,795	0.500	3,898	3,898
	5	0.200	22,310	270	22,040	18,815	0.300	5,645	9,542
	10	0.100	47,479	2,556	44,923	33,481	0.100	3,348	12,890
	25	0.040	56,749	6,019	50,730	47,826	0.060	2,870	15,760
	50	0.020	76,992	8,318	68,674	59,702	0.020	1,194	16,954

表-1.8-2 年平均被害軽減額（社会価格）

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
PISCO	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	16,681	289	16,392	8,196	0.500	4,098	4,098
	5	0.200	22,436	402	22,034	19,213	0.300	5,764	9,862
	10	0.100	52,469	3,055	49,414	35,724	0.100	3,572	13,434
	25	0.040	61,739	7,985	53,754	51,584	0.060	3,095	16,529
	50	0.020	84,256	10,889	73,368	63,561	0.020	1,271	17,801

## (2) 社会評価の結果

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、純現在価値、経済的内部収益率を経済性の評価指標として算出し評価している。

事業開始から15年間をプロジェクト評価期間として便益を算定する。評価期間15年のうち、施工期間として2年間を想定しており、実際の便益は整備完了後の13年間として検討した。

本事業の社会評価の結果は民間価格および社会価格について表-1.8-3および表-1.8-4に示す通りとなる。

**表-1.8-3 社会評価（民間価格）**

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Pisco	220,402,316	99,529,317	71,608,946	3,911,056	1.55	35,225,349	19%

**表-1.8-4 社会評価（社会価格）**

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Pisco	231,407,622	104,499,095	57,564,591	3,144,489	2.02	52,806,516	25%

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

以上の経済評価から、本プロジェクトを実施することにより地域経済の発展に大きく貢献することが期待される。

## 1.9 持続可能性分析

本プロジェクトは、中央政府（DGIH）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る。事業費の分担は中央政府（DGIH）と水利組合及び地方政府が、それぞれ分担する。一般的な分担率は中央政府（DGIH）が 80%、水利組合 10%、地方政府 10%であるが、水利組合と地方政府の分担割合は協議により決定される。一方、施設整備後の維持管理は水利組合が担当することになる。したがって、プロジェクトの持続可能性は、事業による収益性、水利組合による維持管理能力により判断される。

### (1) 収益性



ピスコ川における事業収益性は十分であり、事業の持続可能性は高い。ピスコ川における投資額は民間価格で S/ 71.6 百万ソルであるが、事業実施にともなう経済効果は社会価格において B/C は 2.02 であり、内部収益率も約 25% と高く、15 年間で NPV が S/ 52.8 百万ソルとなり、非常に効率性の高い事業である。

## (2) 維持管理費

2008 年をベースとして本事業で必要となる年間維持管理費は建設費の 0.5% とするとピスコ川においては S/300,850 である。一方、水利組合の最近 4 カ年の平均事業費は 1,617,127 となっている。

水利組合の年間予算に占める年間維持管理費は約 18.6% であり、水利組合の資金面の維持管理能力からも十分に持続可能性があると判断される。

**表-1.9-1 水利組合予算と年間維持管理費**

河川	年予算				(単位 S)
	2007	2008	2009	2010	4 カ年平均
ピスコ川	1,648,019.62	1,669,237.35	1,725,290.00	1,425,961.39	1,617,127

## 1.10 環境インパクト

### (1) 環境影響評価の手続き

ペルー国では、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。環境への影響の程度に応じて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 (DIA)」、カテゴリー II の事業は「準詳細環境影響評価 (EIA-sd)」、カテゴリー III の事業に関しては、「詳細環境影響評価 (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。

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

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.)によりピスコ川流域については 2010 年 12 月から 2011 年 1 月にかけて実施された。

EAP は 2011 年 1 月 25 日に調査団より DGIH に提出され、DGIH から DGAA には 2011 年 7 月 19 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、ピスコ川流域はカテゴリー I に分類された。したがって更なる環境影響評価は必要ない。

## (2) 環境影響評価の結果

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。

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。

### 1.11 実施計画

本プロジェクトの実実施計画は表-1.11-1 に示すとおりである。

表-1.11-1 実施計画

項目	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	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	12
1 ペルフィル調査/SNIP審査	調査							審査																				
2 F/S調査/SNIP審査					調査							審査																
3 円借款手続き																												
4 コンサルタント選定																												
5 コンサルティングサービス(詳細設計、入札図書作成)													設計・入札図書								施工管理							
6 建設業者選定																												
7 事業実施																												
1) 洪水対策施設の建設																												
2) 植林																												
3) 防災教育/能力開発																												
8 施設完成/水利組合引き渡し																												

### 1.12 組織と管理

投資段階と投資後の維持管理段階における組織と管理を図-1.12-1 および図-1.12-2 に示す通りとなる。

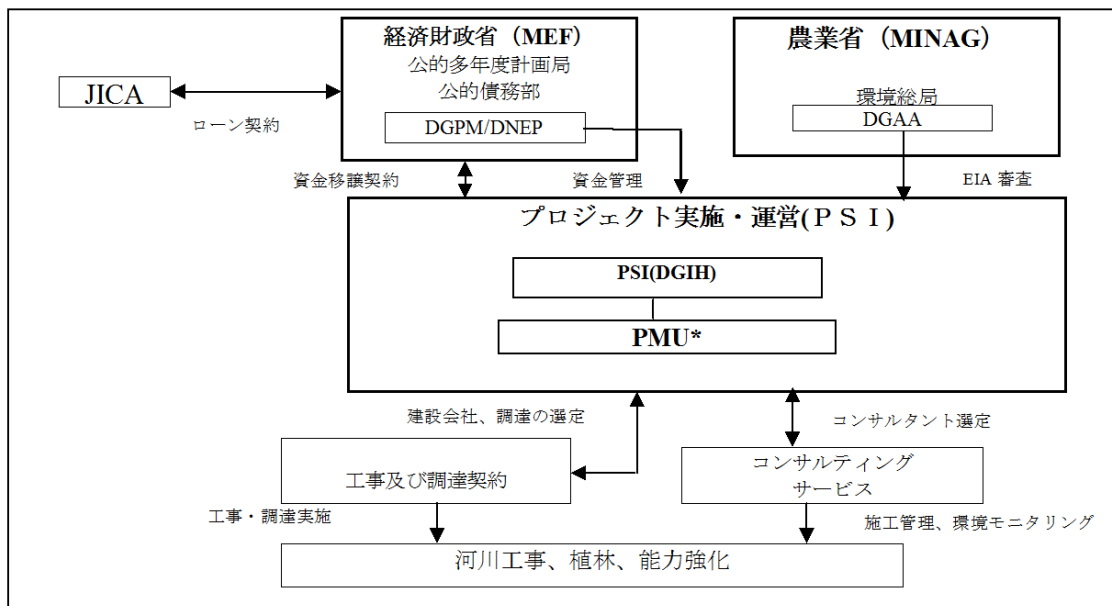


図-1.12-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

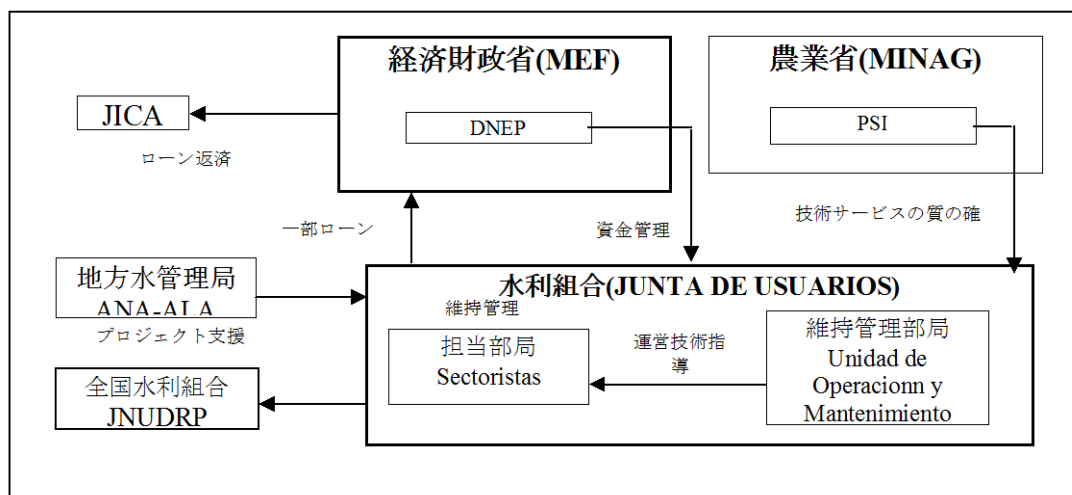


図-1.12-2 プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)

### 1.13 論理的枠組み

最終的に選定された案の論理的枠組みは表-1.13-1 に示すとおりである。

表-1.13-1 最終案の論理的枠組み

要約	検証可能な指標	検証の方法	前提
<b>最終目標</b>			
地域における社会経済の発展を促進し、住民の福祉に貢献する。	地域における生産性の向上、雇用の拡大、住民の収入増加、貧困率の低減、	公表される各種統計資料	社会、経済、政治の安定
<b>目的</b>			
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する。	洪水対策施設の種別と数および分布、被益人口、被益面積	年次工事計画、資金計画のモニタリング、予算執行の監視	必要予算の確保、中央政府、地方政府および自治体、水利組合、地域住民などの積極的関
<b>結果</b>			
氾濫ヶ所および面積の減少、取水堰機能の改善、道路損壊の回避、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止、ポエチヨスダムの安全確保	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、道路損傷箇所および頻度、河岸侵食の状況、ダム下流の侵食状況	現地視察、治水対策計画書、洪水対策工事報告書などのチェック、地域住民による日常的なモニタリング	地方政府、自治体、地域住民など維持管理者の監視および上位機関への適切な報告
<b>活動</b>			
<b>コンポーネントA.: 構造物対策</b>	堤防、護岸、取水堰の改善、道路の損壊防止、ダムの安全確保施設等28の構造物対策	詳細設計報告書、工事進捗報告書、予算支出状況のチェック	工事予算の確保、優良な詳細設計、工事施工、施工管理
<b>コンポーネントB.: 非構造物対策</b>			
B-1 植林・植生回復	植林面積、河畔林面積	工事進捗報告書、地域住民による日常的なモニタリング	コンサルタントやNGOの支援、対象地域住民の協力、下流住民の理解と協力
B-2 洪水予警報	機器据付状況、操作状況、予報・警報の回数、情報の伝達状況	工事進捗報告書、担当官庁や住民によるモニタリング	機器の正常な作動および操作、担当者の良好な訓練、連絡・広報活動、機器やソフトウェアの維持・管理
<b>コンポーネントC.: 防災教育・能力開発</b>	講習会、実習、訓練、ワークショップなどの回数	実施報告書、地方自治体担当者および住民によるモニタリング	対象者の参加意欲、コンサルやNGOによる指導
<b>プロジェクト実施管理</b>			
プロジェクトマネジメント	詳細設計、工事発注、施工管理、維持管理	設計図、施工計画および工事費積算書、工事仕様書、契約書、工事管理報告書、維持管理マニュアル	優良コンサルタントおよび建設業者の選定、維持管理における被益住民の参加

### 1.14 中長期計画

本プロジェクトの事業費予算の制約もあり、緊急に実施すべき洪水対策について述べたが、流域における洪水対策は長期計画に基づき今後も逐次実施していくべきである。ここでは流域における洪水対策の中・長期計画を提案する。

### (1) 全体治水計画

流域全体を対象とした場合の治水方式としてダム案、遊水地案、堤防案およびこれ等の組み合わせ案などがあるが、ダム案や遊水地案では50年確率洪水流量が非常に大きいので、必要な貯水容量が膨大になり、これを満足する施設の建設は不可能である。従って全体治水方式としては実現性の高い堤防方式とする。

確率50年洪水量を計画対象としてピスコ川流域における河川水位を計算し、これに余裕高を加えて必要堤防高を求め、現堤防高または現地盤高がこれより低い地区に堤防を建設すると必要堤防延長は約34kmとなる。施設の維持管理として堤防の維持管理のほかに、別途実施した河床変動解析に基づき、堆積土砂による河床の上昇が予測される箇所については約12,000m<sup>3</sup>/年の堆積土砂を掘削除去する必要がある。

全体治水計画における事業費および社会評価は民間価格および社会価格について表-1.14-1および表-1.14-2に示すとおりである。

**表-1.14-1 全体治水計画における事業費および社会評価(民間価格)**

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O & M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Pisco	229,000,371	103,412,028	110,779,465	9,420,215	1.02	2,217,423	10%

**表-1.14-2 全体治水計画における事業費および社会評価(社会価格)**

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O & M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Pisco	242,702,673	109,599,716	89,066,690	7,573,853	1.35	28,239,253	16%

全体治水方式の事業費は民間価格で110.8百万ソレスと大きくなる。また社会価格における社会評価では十分な経済効果が認められる。

### (2) 植林・植生計画

長期的には上流域において植林が必要なすべての地域に植林を行う案を検討した。目的は水源となるエリアの土壌浸透能を向上させ、表面流量を軽減するとともに中間流量・地下水量を増加させることである。これにより、洪水ピーク流量のカット、山地の水資源賦存量増加を図り、もって洪水防止・軽減に寄与する。植林対象地は水源となる流域の植栽可能箇所、あるいは森林が衰退した箇所である。

ピスコ流域において、植林が必要と考えられる面積、および事業費用をチンチャ流域植林計画をもとに算出すると合計で約54,000ha、実施期間は17年間、事業費は約146百万ソレスとなり、

長期間、莫大な費用を要することとなる。

**表-1.14-3 上流域における植林計画全体計画**

流域	植栽面積 (ha)	必要事業期間(年)	必要事業費(ソレス)
ピスコ	53,933.75	17	145,574,401

(出典：JICA 調査団)

### (3) 土砂制御計画

長期的な土砂制御計画としては上流域において必要な土砂制御対策を実施するのが望ましい。上流部での土砂制御計画は、砂防ダムおよび護岸工が主体となる。各流域に対して、流域全体を対象とした場合および優先範囲を限定して、これらの配置検討を実施した結果、概算工事費は表-1.14-4 に示す通りとなる。

今回対象としている流域はいずれも広大であり、護岸工および砂防ダム等の施設を配置した場合、いずれのケースにおいても建設コストだけでなく、事業終了までに長期間を要する。このため、効果発現までにかかなりの時間が必要となる。

**表-1.14-4 上流域における土砂制御施設の概算事業費**

流域名	対象範囲	護岸工		帯工		砂防堰堤		直接工事費 合計	事業費 (Million S/.)
		数量 (km)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)		
Pisco	全流域	269	S/.287	27	S/.1	178	S/.209	S/.497	S/.935
	優先範囲	269	S/.287	27	S/.1	106	S/.126	S/.414	S/.779

## 第2章 一般的側面

### 2.1 プロジェクトの名称

溪谷村落洪水対策事業 イカ州ピスコ洪水および氾濫防止対策実施計画  
(Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables ante Inundaciones, Implementacion de Medidas de Prevencion para el Control de Desbordes e Inundaciones del Río Pisco, Departamento Ica)

### 2.2 形成および執行機関

#### (1) 形成機関

名 称：農業省水インフラ総局 (Dirección General de Infraestructura Hidráulica, Ministerio de Agricultura)

責任者：オルランド・エルナン・チリノス・トルヒーヨ (Orlando Hernán Chirinos Trujillo)  
水インフラ総局長 (Director General de Dirección General de Infraestructura Hidráulica)

住 所：Av. Benavides N° 395 Miraflores, Lima12 – Perú

電 話：(511) 4455457/6148154

e メール：[ochirinos@minag.gob.pe](mailto:ochirinos@minag.gob.pe)

#### (2) 執行機関

名 称：農業省灌漑サブセクタープログラム (Programa Subsectorial de Irrigaciones, Ministerio de Agricultura)

責任者：ホルヘ・ツニーガ・モルガン (Ing. Jorge Zúñiga Morgan)  
実施局長 (Director Ejecutivo)

住 所：Jr. Emilio Fernandez N° 130 Santa Beatriz, Lima-Perú

電 話：(511)4244488

e メール：[postmast@psi.gob.pe](mailto:postmast@psi.gob.pe)

### 2.3 関係機関と被益者の参加

本プロジェクトに関係する機関をよび被益者は次のとおりである。

#### (1) 農業省 Ministerio de Agricultura(MINAG)

流域における農業の発展を目的とし、流域の天然資源を管理する機関として、経済的、社会的、環境的な持続性を維持して農業の発展に寄与する責務を負っている。

その目的を効果的かつ効率的に果たすために MINAG は 1999 年以来河川流路整備・取水構造物保護プログラム (Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Cptación, PERPEC) の着実な達成に取り組んでいる。また地方政府はこのプログラムによって河川の防災プ

プログラムに対するファイナンスを得ている。

- 1) 総務局 (Oficina de Administracion, OA)
  - －プログラムの管理とプログラムの予算執行を司る。
  - －管理および財務ガイドラインの作成を立案する。
- 2) 農業省水インフラ総局 (Dirección General de Infraestructura Hidráulica, DGIH)
  - －投資プログラムの調査、コントロール、実施を司る。
  - －OPI と協力してプログラムの一般的なガイドラインを立案する。
- 3) 計画投資室 (Oficina de Planeamiento e Inversiones, OPI)
  - －投資プログラムの事前審査を行う。
  - －プログラムの管理とプログラムの予算執行を司る。
  - －管理および財務ガイドラインの作成を立案する。
- 4) 農業省灌漑サブセクタープログラム (Programa Subsectorial de Irrigaciones, PSI)
  - －OPI および DGPM により承認された投資プログラムを実施する。

## (2) 経済財務省 Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)

- 1) 公共部門多年度計画局 (Dirección General de Programación Multianual del Sector Publico, DGPM)

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 (SNIP) に基づき公共投資事業の承認を行い、これに基づき国家予算の支出や JICA ローンの申請を許可する。

## (3) 日本国国際協力機構 (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA)

日本政府の機関であり、その目的は国際的な協力を推進して発展途上国の社会的、経済的發展に寄与することである。JICA は本プロジェクトのプレフィージビリティ調査およびフィージビリティ調査の実施に資金援助を行っている。

## (4) 地方政府 (Gobiernos Regionales, GORE)

国家や地方や地域の計画やプログラムに従って地方の統合的、持続的發展を促進し、公共および民間投資や雇用の増大に努め、住民の権利と機会均等を保証する機関である。

地方政府の参加はプロジェクトに対する財務的な寄与が考えられるのでプロジェクトの持続性にとって不可欠である。

## (5) 水利組合(Comisión de Regantes)

ピスコ川流域には 19 の灌漑委員会があり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。ピスコ川流域の水利組合の概要を下に示す (詳細は 3.1.3 を参照)。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。

灌漑セクターの数	11
灌漑委員会の数	19
灌漑面積	22,468 ha
受益者	3,774 人

**(6) 国立気象・水文機構 (Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología, SENAMHI)**

環境省に所属し、気象、水文、環境、農業気象に係わる活動を行っている。また地球規模の大気モニタリングに参加し、持続的発展、安全保障、国家の福祉に貢献すると共に気象観測所や水文観測所からの情報を収集して処理する。

**(7) 国立防災機構(Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI)**

国家防災システム (Sistema Nacional Defensa Civil) の実行組織である。防災活動に関して住民の組織および調整を行い、計画を策定し、コントロールする。また自然災害や人災による人命の損失を避けまたは軽減し、財産や環境破壊を防ぐ目的を有する。

**(8) 国営水資源局(Autoridad Nacional del Agua, ANA)**

国全般にわたる水資源の持続的利用に関して政策、計画、プログラムおよび規則を推進し、モニタリングし、コントロールする技術的調整機関である。

その機能は水資源の持続的管理、地域における水道について活動のモニターおよび評価に対する技術的、法的枠組みの改善を行うことである。そして水資源の持続的利用を維持しかつ促進すると共に、主要な管理計画および国家的、国際的な経済的、技術的協力に関して調査を行いプログラムを策定する。

**(9) 地方農業局(Direcciones Regionales Aguricultura, DRA'S)**

地方農業局は州政府の下で次のような機能を果たしている。

- 1) 農業に関連する国家の政策、セクター別プラン、市町村から提案された開発計画などに関して地域計画や政策を立案、承認、評価、実施、コントロール、管理する。
- 2) 関連する政策や規則および地域のポテンシャルに従って農業活動やサービスの管理を行う。
- 3) 流域の枠組みの実態や国営水道局の政策に従って水資源の持続的管理に参加する。
- 4) 農産物や農産工業の生産物に関して品種の転換、市場開拓、輸出、消費を促進する。
- 5) 灌漑プログラム、灌漑工事、灌漑施設の改修、水資源や土壌の保全や適切な管理を促進する。

## 2.4 構想の枠組み(関連性の枠組み)

### 2.4.1 プログラムの背景

#### (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 年から 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。

このような背景のもと、1997~98 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）水インフラ総局（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 年~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) 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）の公的部門多年度計画局（DGPM）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 日にペルー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、ペルー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、カニエテ川、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/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 に対してカマナ/マヘス流域のプレ 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。

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。

ピスコ川流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポートは DGIH より OPI に提出され、2011 年 9 月 22 日に OPI より DGIH にコメントが伝達された。現在コメントに関する報告書の修正につき、DGIH,OPI と協議中である。

## 2.4.2 プロジェクトに関連する法令、政策、ガイドライン

本プロジェクトは次に述べる法令、政策、ガイドラインに関連して策定されている。

### (1) 水資源法 29338 号 (Ley de Recursos Hidricos)

#### 第 75 条-水の保護

全国水当局は、流域諮問委員会の意見を受け、水源と生態系そして本法とその他適用可能な規則の枠組みにおけるこれと関わる天然財の保全と保護を含む水の保護を目指さなければなら

らない。上記の目的のため、関連する公共機関と様々な利用者らと調整することができる。

全国水当局は、該当の流域諮問委員会を通し、海、河川、湖の汚染を予防し、対策する目的で相当する事項において、監視と監査の役割を行使する。この目的のため、公共機関や地方政府、現地政府と調整することができる。

国家は水が源を發する流域を環境的に脆弱性のある地域だと認識する。全国水当局は、環境省の意見を受け、水の利用や取水、流入の権利を一切与えない不可侵地域であると宣言することができる。

#### **第 119 条—出水、災害、洪水対策プログラム**

全国水局は、該当する流域諮問委員会とともに、出水や自然あるいは人為的災害をコントロールする総合的なプログラムと洪水その他水とその関連財による影響が引き起こす被害予防を、構造的、組織的行動と必要な活動を促進しながら、奨励する。

水利計画のなかで、マルチセクターによる有効利用のためのインフラプロジェクトの展開を奨励し、そのなかでは出水コントロール、洪水に対する防御、その他の予防策を考慮する。

### **(2) 水資源法 29338 号規則 (Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338)**

#### **第 118 条—河川敷のメンテナンスプログラムについて**

水管理局は、農業省、地方政府、現地政府、水利組織と調整しながら、水の浸食作用からの防御のため河川敷での植林のプログラムとプロジェクトの展開を奨励する。

#### **第 259 条—河岸防護の義務について**

自然現象からの影響に対し、取水堰から何らかの影響を受けている範囲全体の河岸を防護することは、それが自己あるいは第三者の土地に位置する場合でも、利用者全員の義務である。そのため、全国水当局からの検討と承認を受けるため、該当するプロジェクトを提出するであろう。

### **(3) 水法(Ley de Agua)**

第 49 条 農地保護のための予防措置の投資はそれらのリハビリや回復作業に比べてコストが小さい。このように経済的で国家にとって便益が大きく、国費の節約ともなることから保護対策を優先することが重要である。

第 50 条 堤防や灌漑水路の保護対策のコストが家族単位農業組織の場合や利用者の支払い能力を超える場合は政府がそれらの一部を負担出来る。

### **(4) 農業分野における多年度計画に係わる政策と戦略のガイドライン (RM N0 0821-2008-AG)**

水資源の利用可能性と適正利用を前提として灌漑関連インフラの建設と改修を行うことを促進する。

**(5) 農業省基本法(Ley Orgánica de Ministeri de Agricultura, N0 26821)**

第3条に関連して河川における工事や農業用の水資源の管理は農業分野の責任であると規定されている。そのような規定がある以上河川での事業や農業目的の水資源の管理は農業セクターが追うことになる。

**(6) ペルーの農業政策ガイドライン-2002 (農業省政策室)(Lineamientos de Política Agraria para el Perú – 2002, por la Oficina de Políticas del MING)**

第10編 セクター別政策

“農業は高いリスクや天候の脆弱性のもとで行われる生産活動で、それらは予見しかつ軽減され得るものである。……” またインフラや農作物や家畜に対する損害により生ずるコストは農業の発展に障害となり、結果としてその地域や地方や国家の諸条件の悪化を助長する。“

**(7) 河川流路整備・取水構造物保護プログラム、1999 (Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación, PERPEC)**

農業省 (MINAG) 水インフラ総局 (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。



### 第3章 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

##### (1) 位置

調査の対象地域であるピスコ川の位置は図-3.1.1-1 に示すとおりである。



図-3.1.1-1 調査対象河川

##### (2) 流域の概要

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4300km<sup>2</sup>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4000m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である。

年間雨量は標高 4000m 以上で 500mm 程度、標高 1000m 以下で 10mm 程度である。そのため平均的な流量は少ない。

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。

### 3.1.2 対象地域の社会経済

#### (1) 行政区分および面積

ピスコ川は、イカ州 Pisco 郡に位置する。ピスコ周辺の主要な町名およびその面積を表-3.1.2-1 に示す。

表-3.1.2-1 ピスコ川周辺の町および面積

州(Región)	郡(Provincia)	町(Distrito)	面積(km <sup>2</sup> )
イカ	ピスコ (Pisco)	ピスコ (Pisco)	24.92
		サン・クレメンテ (San Clemente)	127.22
		トゥパック・アマール (Tupac Amaru)	55.48
		サン・アンドレス (San Andres)	39.45
		ウマイ (Humay)	1,112.96
		インデペンデンシア (Independencia)	273.34

#### (2) 人口および世帯数

1993 年と 2007 年の人口の変化を表-3.1.2-2 に示す。2007 年の人口は 119,975 人でそのうち 89% の 106,394 人が都市部に、11% の 13,581 人が地方部に居住している。

各地域とも全体の人口が増加しているが、Humay、Independencia を除いた町では地方部の人口は減少傾向にある。

表-3.1.2-2 都市部及び地方部の人口変化

Distrito	Población Total 2007					Población Total 1993					変化率(%)	
	都市	%	地方	%	Total	都市	%	地方	%	Total	都市	地方
Pisco	54,677	99%	320	1%	54,997	51,639	99%	380	1%	52,019	0.4%	-1.2%
San Clemente	18,849	98%	475	2%	19,324	13,200	93%	1,002	7%	14,202	2.6%	-5.2%
Túpac Amaru Inca	14,529	99%	147	1%	14,676	9,314	98%	228	2%	9,542	3.2%	-3.1%
San Andrés	11,495	87%	1,656	13%	13,151	10,742	86%	1,789	14%	12,531	0.5%	-0.6%
Humay	3,099	57%	2,338	43%	5,437	2,016	46%	2,331	54%	4,347	3.1%	0.0%
Independencia	3,745	30%	8,645	70%	12,390	1,630	19%	7,004	81%	8,634	6.1%	1.5%
<b>Total</b>	<b>106,394</b>	<b>89%</b>	<b>13,581</b>	<b>11%</b>	<b>119,975</b>	<b>88,541</b>	<b>87%</b>	<b>12,734</b>	<b>13%</b>	<b>101,275</b>	<b>1.3%</b>	<b>0.5%</b>

Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Instituto Nacional de Estadística - INEI, Censos de Población y Vivienda, 2007 y 1993.

2007 年の世帯数および家族数を表-3.1.2-3 に示す。1 世帯当りの人数は、概ね 3.8~4.4 人程度と町によってばらつきがみられる。1 家族当りの人数は、概ね 3.7~4.1 人程度である。



**表-3.1.2-3 世帯数および家族数**

項目	町名					
	Pisco	San Clemente	Túpac Amaru Inca	San Andrés	Humay	Independencia
人口 (人)	54,997	19,324	14,676	13,151	5,437	12,390
世帯数	12,483	4,837	3,609	3,087	1,409	3,062
家族数	13,356	5,163	3,828	3,206	1,455	3,204
1世帯数当り人数 (人/1世帯)	4.41	4.00	4.07	4.26	3.86	4.05
1家族当り人数 (人/1家族)	4.12	3.74	3.83	4.10	3.74	3.87

**(3) 労働従事状況**

表-3.1.2-4に住民が従事する仕事を産業ごとに区分して示す。Humay、Independenciaでは、第1次産業従事者が70%以上と比率が高くなっている。その他の町では、第3次産業従事者の比率が高くなっている。

**表-3.1.2-4 労働従事状況**

	町名											
	Pisco		San Clemente		Túpac Amaru Inca		San Andrés		Humay		Independencia	
	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%
経済活動人口	19,837	100	7,027	100	5,057	100	4,406	100	2,011	100	4,451	100
第1次産業	1,657	8.4	2,381	33.9	1,065	21.1	1,429	32.4	1,512	75.2	3,234	72.7
第2次産業	4,866	24.5	1,328	18.9	1,366	27.0	767	17.4	93	4.6	259	5.8
第3次産業	13,313	67.1	3,318	47.2	2,626	51.9	2,207	50.1	406	20.2	958	21.5

\* 第1次産業: 農林水産業、第2次産業: 鉱業、建設業、製造業、第3次産業: サービス業その他

**(4) 貧困率**

貧困率を整理して表-3.1.2-5に示す。全地域住民のうち18.7%にあたる22,406人が貧困者であり、0.4%にあたる493人が極度の貧困者である。Piscoは貧困者割合が15.8%、極度の貧困者の割合が0.3%と他の地域よりも貧困率の割合が低くなっている。

**表-3.1.2-5 貧困率**

	町名													
	Pisco		San Clemente		Túpac Amaru Inca		San Andrés		Humay		Independencia			
	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%	合計	%
地域人口	54,997	100	19,324	100	14,676	100	13,151	100	5,437	100	12,390	100	119,975	100
貧困者	8,716	15.8	4,455	23.1	3,042	20.7	2,613	19.9	1,024	18.8	2,556	20.6	22,406	18.7
極貧困者	172	0.3	126	0.7	69	0.5	39	0.3	22	0.4	65	0.5	493	0.4

**(5) 住居の形態**

家の壁には、全体の45%が煉瓦又はセメント、19%が日干し煉瓦と泥壁が使用されている。床材は土又はセメントが87%占めている。

Humay、Independenciaは上水の普及率が25%以下と低く、この2町を除いた公共の上水の普及率は平均45%である。公共の下水道の普及率は平均48%であるが、Humayでは11%、

Independencia では13%と普及率が低くなっている。

電気の普及率は平均で65%である。

**表-3.1.2-6 住宅状況**

Variable/Indicador	Distritos											
	Pisco		San Clemente		Túpac Amaru Inca		San Andrés		Humay		Independencia	
	世帯	%	世帯	%	世帯	%	世帯	%	世帯	%	世帯	%
<b>世帯数</b>												
居住者が居る一般住宅	12,483	83.7	4,837	84.1	3,609	90	3,087	88.2	1,409	79.9	3,062	87.8
<b>壁財</b>												
煉瓦 or セメント	7,600	60.9	1,339	27.7	1,198	33.2	2,088	67.6	65	4.6	401	13.1
日干し煉瓦、泥壁	1,008	8.1	1,780	36.8	284	7.9	159	5.2	644	45.7	1,621	52.9
竹材+泥壁 or 木材	623	5.0	80	1.7	99	2.7	113	3.7	76	5.4	298	9.7
その他	3,252	26.1	1,638	33.9	2,028	56.2	727	23.6	624	44.3	742	24.2
<b>床材</b>												
土	4,199	33.6	2,552	52.8	2,244	62.2	894	29	899	63.8	1,896	61.9
セメント	5,752	46.1	2,109	43.6	1,179	32.7	1,749	56.7	438	31.1	997	32.6
タイル、寄木、高級木材	2,320	18.6	136	2.8	131	3.6	361	11.7	40	2.8	147	4.8
その他	212	1.7	40	0.8	55	1.5	83	2.7	32	2.3	22	0.7
<b>上水システム</b>												
住宅内まで公共上水システムあり	8,351	66.9	2,359	48.8	2,226	61.7	1,928	62.5	266	18.9	706	23.1
敷地内に公共上水システムあり	726	5.8	302	6.2	255	7.1	352	11.4	355	25.2	67	2.2
公共の水栓	645	5.2	109	2.3	163	4.5	30	1	3	0.2	139	4.5
<b>下水、トイレ</b>												
住宅内に下水あり	7,771	62.3	1,729	35.7	1,712	47.4	1,941	62.9	157	11.1	410	13.4
敷地内に下水あり	526	4.2	113	2.3	79	2.2	201	6.5	178	12.6	26	0.8
簡易トイレ (穴)	977	7.8	1,532	31.7	587	16.3	302	9.8	250	17.7	1,623	53
<b>電力</b>												
公共電力	8,933	71.6	2,975	61.5	2,043	56.6	2,342	75.9	949	67.4	1,283	41.9
<b>家族数</b>												
居住者がいる一般世帯に住む世帯	<b>13,356</b>	<b>100</b>	<b>5,163</b>	<b>100</b>	<b>3,828</b>	<b>100</b>	<b>3,206</b>	<b>100</b>	<b>1,455</b>	<b>100</b>	<b>3,204</b>	<b>100</b>
<b>家電製品</b>												
3つ以上の家電製品	5,976	44.7	1,426	27.6	1,086	28.4	1,417	44.2	402	27.6	553	17.3
<b>通信情報サービス</b>												
固定電話と携帯電話	11,385	85.2	3,401	65.9	2,795	73.0	2,579	80.4	630	43.3	1,719	53.7

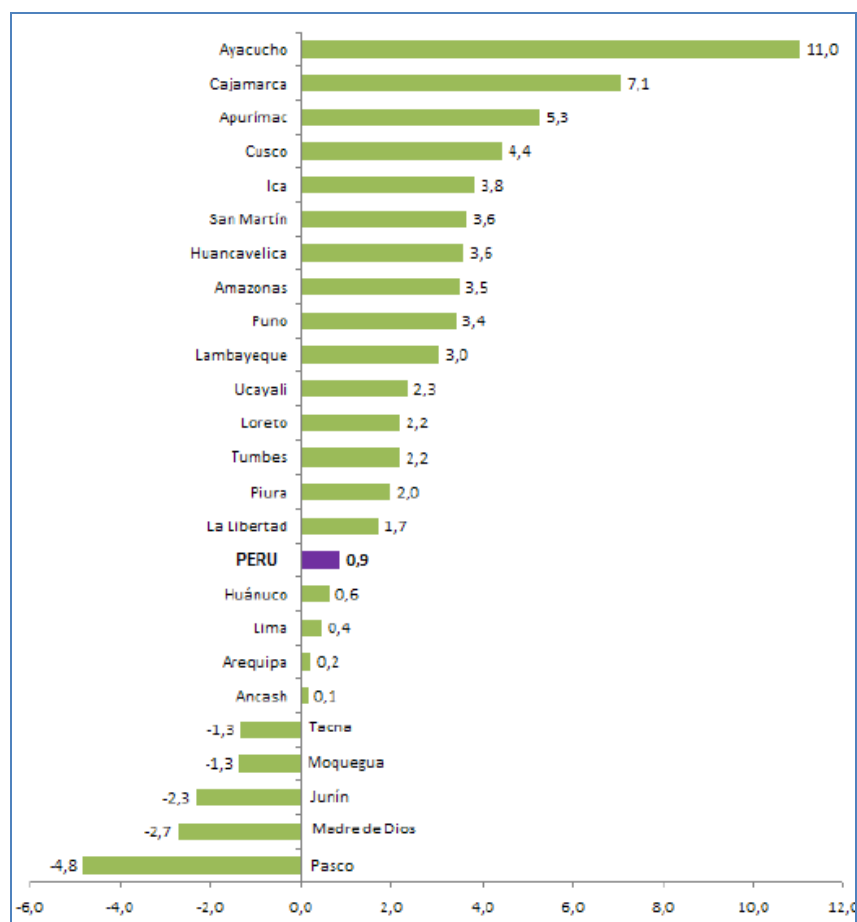
Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Instituto Nacional de Estadística – INEI, Censo de Población y Vivienda, 2007.

## (6) GDP

2009年の「ペ」国におけるGDPは、S./392,565,000,000である。

2009年の「ペ」国の成長率は、世界経済不況の影響で過去11年では最低の前年比0.9%アップであった。

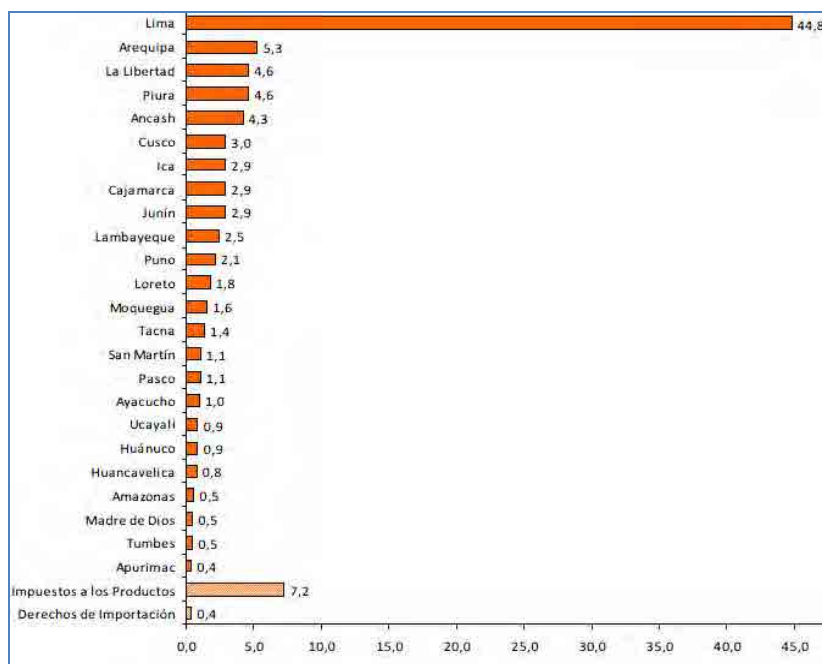
州別のGDPをみると、イカ州が3.8%、ピウラ州が2.0%、リマ州が0.4%、アレキパ州0.2%の成長率を示している。特に、イカ州およびピウラ州は国の全体の値よりも高い成長率を示している。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-1 州別 GDP 成長率(2009/2008)

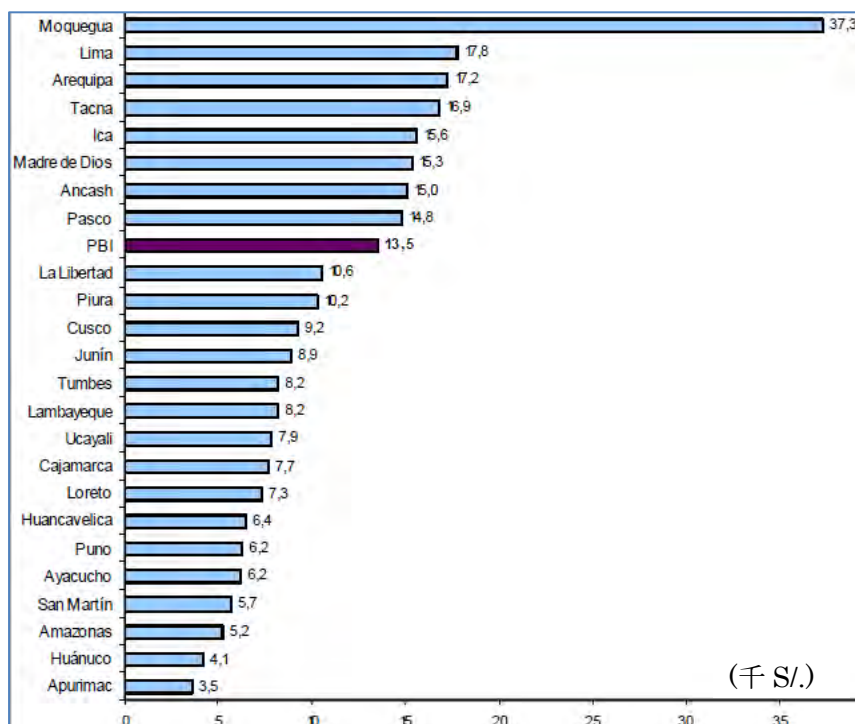
以下にGDPへの寄与率を州ごとに示している。リマ州が全体の半分近く44.8%に寄与している。その他の州の寄与率は、アレキパ州が5.3%、ピウラ州が4.6%、イカ州が2.9%である。また、税金と輸入関税がそれぞれ7.2%、0.4%寄与している。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-2 州別の GDP への寄与率

2009 年における「ペ」国 1 人当たりの GDP の値は \$/13,475 であった。州ごとの 1 人当たりの GDP の値は、リマ州では \$/17,800、アレキパ州で \$/17,200、イカ州で \$/15,600 と国の平均より高く、一方、ピウラ州で \$/10,200 と国の平均を下回っている。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-3 1 人当たり GDP (2009 年)

表-3.1.2-7は、2001年から2009年の9年間の州別の1人当たりGDPの経年変化を示したものである。「ペ」国平均で2001年から2009年の9年間にGDPが44%増加している。州別の値は、イカ州で83.9%、アレキパ州で54.2%、ピウラ州で48.3%、リマ州で42.9%増加している。

なお、表-3.1.2-7の値は1994年を基準年とした値である。

**表-3.1.2-7 1人当たりGNPの経年変化 (2001-2009)**

(基準年 1994年 S/.)

Departamentos	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007P/	2008P/	2009E/	Crecimiento Acumulado 2001-2009 (%)
Cusco	2 194	2 086	2 195	2 565	2 768	3 071	3 340	3 554	3 685	67,9
Ica	4 055	4 259	4 343	4 663	5 214	5 582	6 025	7 265	7 457	83,9
La Libertad	3 162	3 316	3 483	3 410	3 697	4 216	4 586	4 874	4 895	54,8
Ucayali	3 063	3 149	3 203	3 411	3 584	3 754	3 846	4 007	4 039	31,9
Moquegua	10 405	11 967	12 670	13 455	13 882	13 794	13 606	14 201	13 865	33,3
Arequipa	5 387	5 766	5 895	6 143	6 488	6 807	7 786	8 379	8 308	54,2
Apurimac	1 216	1 278	1 334	1 400	1 494	1 619	1 653	1 691	1 770	45,5
Piura	2 733	2 780	2 847	3 049	3 192	3 472	3 780	4 007	4 052	48,3
San Martín	2 026	2 059	2 094	2 232	2 393	2 476	2 655	2 870	2 928	44,5
Ayacucho	1 788	1 870	1 942	1 900	2 045	2 207	2 448	2 640	2 896	61,9
Amazonas	1 835	1 910	1 996	2 081	2 212	2 349	2 510	2 684	2 761	50,5
Madre de Dios	4 441	4 708	4 550	4 846	5 171	5 215	5 617	5 878	5 564	25,3
Cajamarca	2 493	2 731	2 947	2 968	3 165	3 113	2 864	3 094	3 295	32,2
Ancash	4 037	4 703	4 772	4 876	4 999	5 089	5 408	5 852	5 827	44,3
Tumbes	2 744	2 802	2 873	3 018	3 385	3 212	3 427	3 594	3 611	31,6
Lima	6 451	6 579	6 700	6 925	7 284	7 817	8 520	9 314	9 220	42,9
Puno	2 105	2 236	2 234	2 270	2 365	2 460	2 617	2 731	2 800	33,0
Lambayeque	2 941	3 046	3 132	2 959	3 164	3 300	3 615	3 882	3 963	34,8
Junín	3 245	3 311	3 350	3 527	3 505	3 856	4 072	4 379	4 248	30,9
Loreto	2 827	2 917	2 936	2 995	3 079	3 192	3 287	3 402	3 429	21,3
Huánuco	1 678	1 694	1 833	1 866	1 890	1 915	1 942	2 050	2 044	21,8
Pasco	5 137	5 552	5 481	5 634	5 644	6 062	6 711	6 729	6 349	23,6
Tacna	6 004	6 124	6 382	6 643	6 782	6 941	7 256	7 458	7 253	20,8
Huancavelica	2 700	2 632	2 683	2 697	2 864	3 014	2 903	2 959	3 039	12,5
<b>PBI</b>	<b>4 601</b>	<b>4 765</b>	<b>4 890</b>	<b>5 067</b>	<b>5 345</b>	<b>5 689</b>	<b>6 121</b>	<b>6 643</b>	<b>6 625</b>	<b>44,0</b>

Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

### 3.1.3 農業

各流域の農業の現況について、水利組合、農作物の種類、作付け面積、収穫量、売上高などを以下に示す。

#### (1) 灌漑セクター

水利組合の概要を表-3.1.3-1に示す。ピスコ川流域には、6の灌漑委員会、19灌漑セクターのがあり、3,774人が農業に従事している。また、このセクターが管理する農地の面積は22,468haである。

**表-3.1.3-1 水利組合の概要**

Comisión de regantes	Sector de Riego	Áreas Bajo Riego		Nº de Beneficiarios	Río
		ha	%		
Pisco	Casalla	2,276	10	513	Pisco
	El Pueblo Figueroa	756	3	138	
	Caucato	1,612	7	325	
	Chongos	453	2	74	
Independencia	Agua Santa - El Porvenir	469	2	63	
	Francia	931	4	126	
	Montalván	1,596	7	275	
	Manrique	1,555	7	288	
Condor	Chacarilla	1,970	9	315	
	Dadelso				
	Jose Olaya				
	Mencia				
	San Jacinto				
Cabeza de Toro	Urrutia	6,123	27	633	
	Cabeza de Toro				
Murga	Murga - Casaconcha	1,383	6	273	
	La Floresta	303	1	51	
	Bernales	1,286	6	294	
	Miraflores	129	1	35	
	Chunchanga	460	2	75	
Humay	San Ignacio	333	1	56	
	Montesierpe	449	2	118	
	Pallasca Tambo Colorado	145	1	65	
	Huaya Letrayoc	238	1	57	
<b>Total</b>		<b>22,468</b>	<b>100</b>	<b>3,774</b>	

Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Junta de Usuarios de Pisco, Octubre 2010

## (2) 主要農産物

主要作物の作付面積や収穫量の2004年から2009年までの経年変化を表-3.1.3-2に示す。ピスコ川流域では、綿花の作付け面積が減少している影響で流域全体での作付面積は横ばいから減少傾向にある。綿花にかわって、アルファルファやとうもろこし(黄)の作付け面積が増加している。また、2008-2009年の売上高は合計132,512,157(S/)と整理した5年間で最低となっている。これは、綿花の収穫量の減少と取引単価が安価となった影響が大きい。

この流域の主要作物は綿花、アルファルファ、とうもろこし(黄)である。

**表-3.1.3-2 主要農作物の作付け状況および売上額**

	Variables	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
綿花	作付け面積(Ha)	16,598	15,586	13,300	13,536	7,771
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	2,123	1,923	2,104	2,209	2,166
	収穫量(Kg)	35,237,554	29,971,878	27,983,200	29,901,024	16,831,986
	取引単価 (S./kg)	2.13	2.18	2.81	2.76	1.95
	売上高(S./)	75,055,990	65,338,694	78,632,792	82,526,826	32,822,373
アルファルファ	作付け面積(Ha)	2,817	2,941	2,966	3,739	4,133
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	31,965	29,626	30,485	24,078	25,770
	収穫量(Kg)	90,045,405	87,130,066	90,418,510	90,027,642	106,507,410
	取引単価 (S./kg)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	売上高(S./)	9,004,541	8,713,007	9,041,851	9,002,764	10,650,741
とうもろこし(黄)	作付け面積(Ha)	1,065	1,410	2,377	2,447	4,167
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	7,289	6,960	8,197	8,665	8,262
	収穫量(Kg)	7,762,785	9,813,600	19,484,269	21,203,255	34,427,754
	取引単価 (S./kg)	0.60	0.63	0.77	0.85	0.73
	売上高(S./)	4,657,671	6,182,568	15,002,887	18,022,767	25,132,260
とうもろこし	作付け面積(Ha)	813	2,188	1,272	1,605	2,088
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	13,279	10,511	11,579	11,672	9,672
	収穫量(Kg)	10,795,827	22,998,068	14,728,488	18,733,560	20,195,136
	取引単価 (S./kg)	0.63	0.46	0.79	0.73	0.80
	売上高(S./)	6,801,371	10,579,111	11,635,506	13,675,499	16,156,109
アスパラガス	作付け面積(Ha)	648	663	720	1,028	980
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	6,654	7,231	6,491	4,375	4,788
	収穫量(Kg)	4,311,792	4,794,153	4,673,520	4,497,500	4,692,240
	取引単価 (S./kg)	3.13	3.02	3.65	2.65	2.79
	売上高(S./)	13,495,909	14,478,342	17,058,348	11,918,375	13,091,350
オレンジ	作付け面積(Ha)	311	331	367	367	367
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	26,463	24,033	26,432	27,109	26,608
	収穫量(Kg)	8,229,993	7,954,923	9,700,544	9,949,003	9,765,136
	取引単価 (S./kg)	0.52	0.56	0.59	0.55	0.51
	売上高(S./)	4,279,596	4,454,757	5,723,321	5,471,952	4,980,219
パプリカ	作付け面積(Ha)	223	354	461	310	209
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	5,058	5,068	5,490	5,864	5,849
	収穫量(Kg)	1,127,934	1,794,072	2,530,890	1,817,840	1,222,441
	取引単価 (S./kg)	4.64	3.45	5.67	5.33	4.02
	売上高(S./)	5,233,614	6,189,548	14,350,146	9,689,087	4,914,213
トマト	作付け面積(Ha)	306	349	307	258	293
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	71,395	54,399	57,824	65,525	60,604
	収穫量(Kg)	21,846,870	18,985,251	17,751,968	16,905,450	17,756,972
	取引単価 (S./kg)	0.97	0.83	0.76	1.08	0.86
	売上高(S./)	21,191,464	15,757,758	13,491,496	18,257,886	15,270,996
ブドウ	作付け面積(Ha)	136	174	192	218	230
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	8,640	11,429	10,332	17,345	19,504
	収穫量(Kg)	1,175,040	1,988,646	1,983,744	3,781,210	4,485,920
	取引単価 (S./kg)	1.66	1.88	2.21	1.95	2.00
	売上高(S./)	1,950,566	3,738,654	4,384,074	7,373,360	8,971,840
パーシャル豆	作付け面積(Ha)	103	253	136	97	163
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	1,055	1,062	1,230	1,212	1,020
	収穫量(Kg)	108,665	268,686	167,280	117,564	166,260
	取引単価 (S./kg)	3.34	2.80	2.95	3.65	3.14
	売上高(S./)	362,941	752,321	493,476	429,109	522,056
その他	作付け面積(Ha)	615	907	989	518	1,644
合計	作付け面積(Ha)	23,635	25,156	23,087	24,123	22,045
	収穫量(Kg)	180,641,865	185,699,343	189,422,413	196,934,048	216,051,255
	売上高(S./)	142,033,663	136,184,761	169,813,897	176,367,624	132,512,157

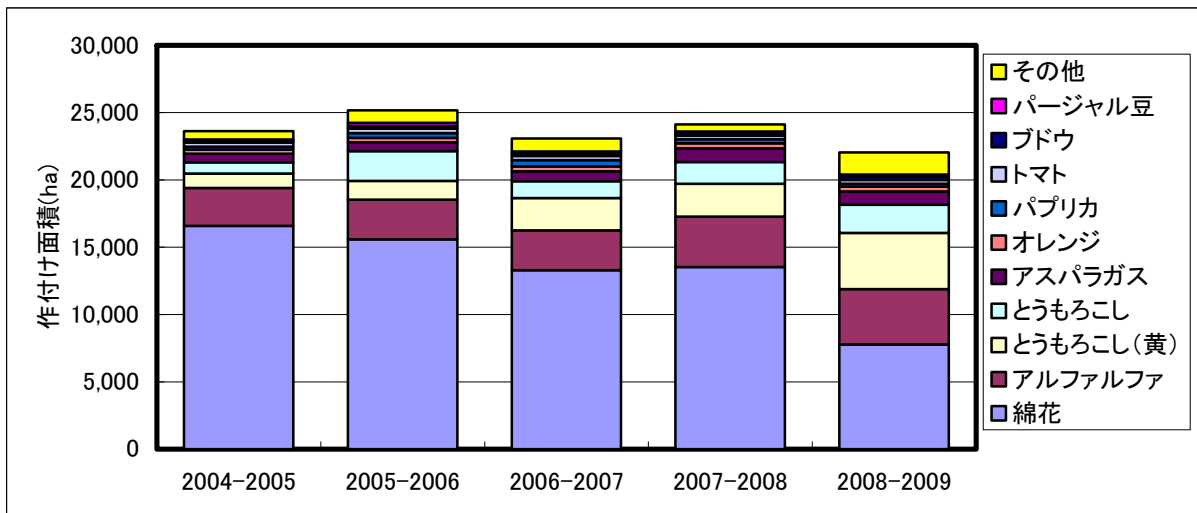


図-3.1.3-1 作付け面積

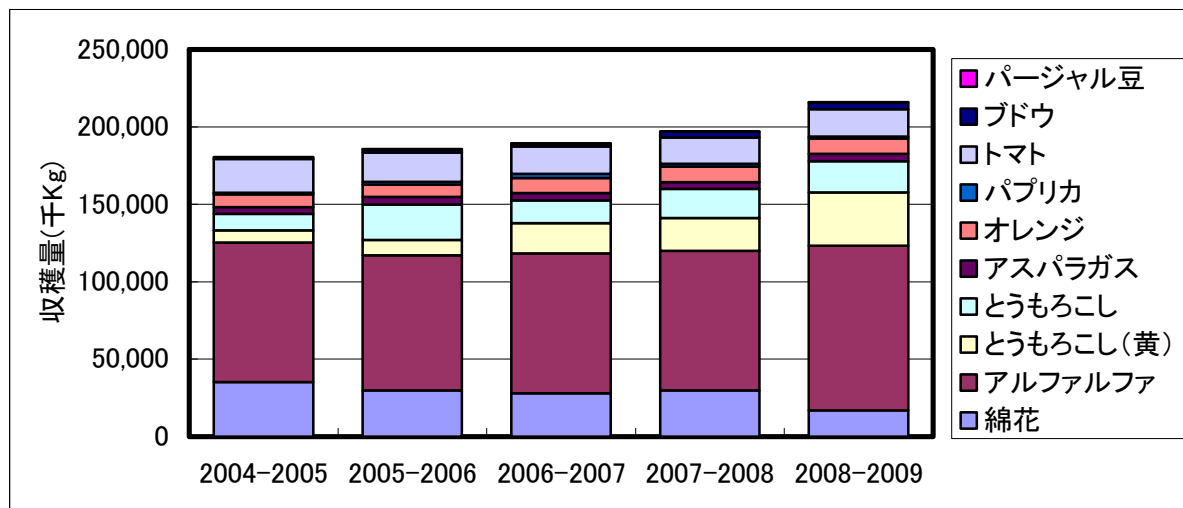


図-3.1.3-2 収穫量

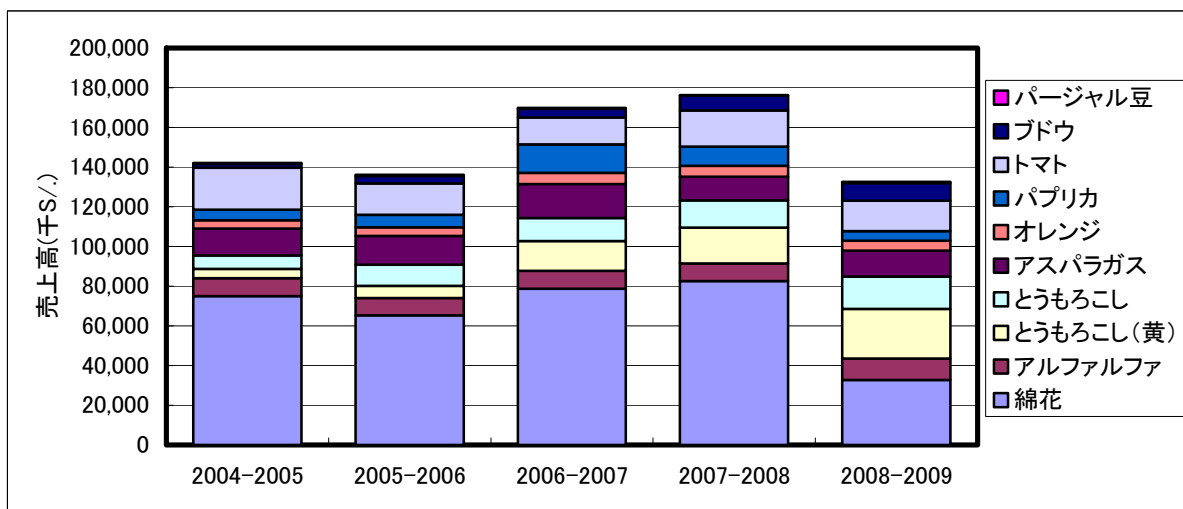


図-3.1.3-3 売上高



### 3.1.4 インフラ

#### (1) 灌漑施設

ピスコ川流域の灌漑施設を表-3.1.4-1 に示す。本河川には 41 箇所の堰があり、灌漑水路はメイン水路が 41 系統、支線水路が 167 系統ある。

表-3.1.4-1 灌漑施設

№	構造物		数量
1	取水堰		41
2	水路	幹線水路	41
		支線水路	167
3	水路橋		11
4	下水		73
5	排水路		6
6	集水排水路		105
7	段差		163
8	樋		85
9	暗渠		2
10	橋梁	歩行者用	36
		車両通行用	381
11	RAPIDAS		10
12	サイフォン		3
13	計測所		39
14	トンネル		32

出典：JICA Study Team

#### (2) PERPEC

2006 年から 2009 年に PERPEC により実施された事業を表-3.1.4-2 に示す。

表-3.1.4-2 PERPEC により実施された事業

№	年	事業名	所在地				内容	総額 (S/)		
			県	郡	町	地区				
1	2006	ピスコ川護岸工、Condor地区	Ica	Pisco	Independencia	Condor	河床成形	0.5	Km	186,723.00
2	2007	ピスコ川右岸における水利インフラ保護、イカ地方ピスコ郡Independencia町Manrique地区	Ica	Pisco	Independencia	Manrique	ガビオンと/またはかごマット利用の堤防	0.84	Km	501,939.72
3	2007	ピスコ川右岸における水路と排水路の導水能力回復	Ica	Pisco	Independencia	複数箇所	コンクリート水路の交換	17.03	Km	145,810.00
4	2007	Chunchanga幹線水路の清掃、Murga地区	Ica	Pisco	Humay	Chunchanga	コンクリート水路の交換	2.824	Km	42,700.00
5	2007	ピスコ川左岸における水路と排水路の導水能力回復	Ica	Pisco	Independencia	複数箇所	コンクリート水路の交換	10.909	Km	92,504.00
							排水路リハビリ	6.307	Km	
6	2007	導水路崩落箇所のリハビリ、Huaya, Tambo Colorado, Miraflores地区	Ica	Pisco	Humay	複数箇所	取水堰でのロック材敷設	0.051	Km	52,003.00
7	2007	ピスコ川主要水路および二次水路のリハビリ、Huancano, Pampano, Parte Alta地区	Ica	Pisco	Huancano	複数箇所	水路のコンクリート護岸	0.5435	Km	71,219.00
8	2007	Cabeza de Toro導水路リハビリおよび農業畜産用貯水地改修	Ica	Pisco	Independencia	Cabeza de Toro	貯水池改修と回復作業	55	Unt	106,819.00
9	2008	ピスコ川右岸(複数箇所)での水制による護岸(緊急時対応)	Ica	Pisco	Independencia	複数箇所	水制23基 c/40 ms. 設置	23	Unt	107,735.00
							堤防形成	1	Km	
10	2008	Chunchanga導水路保護(緊急時対応)	Ica	Pisco	Pisco	Chunchanga	河床掘削	400	ml	279,240.00
							ロック材利用の堤防	200	ml	
11	2008	ピスコ川右岸San Ignacio取水堰と左岸Bernales取水堰の保護を目的とした護岸Humay町Bernales地区(防災)	Ica	Pisco	Humay	Bernales	ロック材利用の堤防	260	ml	435,781
							ロック材利用の水制	19	Unt	
							堤防形成	520	ml	

### 3.1.5 洪水被害の実態

#### (1) 全国における被害

「ペ」国における2003年から2007年の5年間の全国の洪水被害の状況は、表-3.1.5-1に示すとおりである。毎年数万人から十数万人もの人が洪水被害にあっている。

表-3.1.5-1 洪水被害状況

		Total	2003	2004	2005	2006	2007
災害発生件数	件	1,458	470	234	134	348	272
被災者	人	373,459	118,433	53,370	21,473	115,648	64,535
家屋損失者	人	50,767	29,433	8,041	2,448	6,328	4,517
死亡者	人	46	24	7	2	9	4
被災家屋数	軒	50,156	17,928	8,847	2,572	12,501	8,308
倒壊家屋数	軒	7,951	3,757	1,560	471	1,315	848

出展 : Compendio estadísticos de SINADECI

また、「ペ」国ではこれまでに、エルニーニョの影響を受けて発生した大雨により甚大な被害を受けてきた。表-3.1.5-2に近年最も被害が大きかった1982-1983、1997-1998のエルニーニョによる大雨での被害を示す。1982-1983では被災者数が約6,000,000人、被害額はUS\$1,000,000,000、1997-1998では被災者数が約502,461人、被害額はUS\$1,800,000,000であった。なお、1982-1983の被害ではGNPが12%ダウンするほどの被害であった。

**表-3.1.5-2 被害状況**

被害項目	1982-1983	1997-1998
家屋損失者 (人)	1,267,720	—
被災者数	6,000,000	502,461
けが	—	1,040
死者	512	366
不明者	—	163
被災家屋数 (軒)	—	93,691
倒壊家屋数 (軒)	209,000	47,409
被災 学校教育施設	—	740
倒壊 学校教育施設	—	216
被災 病院 診療所	—	511
倒壊 病院 診療所	—	69
被災農地(ha)	635,448	131,000
被災家畜数	2,600,000	10,540
橋梁	—	344
道路(km)	—	944
被害額(\$)	1,000,000,000	1,800,000,000

「—」：記録記載無し

## (2) 調査対象流域における災害

調査対象地域が属するイカ州における災害は表-3.1.5-3 に示すとおりである。

**表-3.1.5-3 イカ州における災害**

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	計	平均
ALUD (土砂崩れ)																	0	
ALUVION (沖積層)																	0	
DERRUMBE (倒壊)											2						2	
DESGLIZAMIENTO (地すべり)									2	1				1			4	
HUAYCO (鉄砲水)	2		2		5	2				2	1	1	3	1		1	20	
土砂災害の合計	2	0	2	0	5	2	0	0	2	3	3	1	3	2	0	1	26	2
洪水の合計	4	4	0	13	14	1	2	0	0	1	1	0	4	6	1	0	51	3

## 3.1.6 現地調査の結果

JICA 調査団は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。

### (1) ヒヤリング

(クリティカルポイントについて)

- 1つ目のクリティカルポイントは7kの橋から1.5km下流。氾濫して左岸側の町が浸水

する。1.5km より下流は無堤になっている。

- 2つ目のクリティカルポイントは 11.5k 地点付近。左岸側に氾濫する。
- 14.5k 地点に取水堰がある。堰は壊れていないが右岸側に造ったプロテクションは壊れてしまった。ここには街に行く用水路と左岸側全域への農地用水路がある。
- 12.5k～13.5k 左岸側にアーマーストーンを置いている。
- 河床は 1970～2010 の 40 年で 3m くらい上昇している。
- 40 年前は堤防があって洪水はなかったが、現在は堤防が無くて氾濫する。
- 28k 地点に浄水場と取水堰がある。
- 3つ目のクリティカルポイントは 20.5k 地点。20.5k で氾濫したときに取水の導水管が流されてしまった。
- 上流に貯水池が 5 つある。総貯水容量は 5 つ  $54 \times 106m^3$  である。
- 50km 上流の Quta Sol でエルニーニョのときは必ず災害になる。

(その他：現地視察地点)

#### ○27.5k 取水地点

- 現在  $7m^3/s$  取水している。(620ha の農地に供給している)
- この上流の右岸側に氾濫したので bank を造った。
- 洪水期は 12～3 月。

#### ○5.5k 氾濫ポイント

- ブル、ユンボ、トレーラを使って護岸した。護岸に使用した石は先程いった上流の堰の地点から持ってきた。
- この断面で  $500m^3/s$  流す計画。(エルニーニョのとき  $700m^3/s$  流れた。そのときのミニマムを採用した)
- 左岸側の土地は個人の所有となっているが、用地買収する必要はないと判断して、この川幅とした。
- 河床+2mの高さまでアーマーストーンを敷設している。
- これ以外にこの地区での防災計画はない。
- 7k 地点にある橋(パンアメリカハイウェイの橋)より下流 100m に新しい橋を造る計画がある。
- 今回の築堤+アーマーストーン敷設工事(L=800m×両岸)の工事費は/s. 960,000 (日本円で約 3000 万円)。

#### ○13.5k (氾濫地点)

- 左岸側の堤防が壊れたので新しい堤防を外側に造った。しかし、現在途中でストップしている。この土地は元々は農地だったが 2 年間放置されたので国の土地となった。
- 600m の堤防工事費は \$ 850,000

#### ○Casaya 取水堰

- 洪水で取水堰は壊れなかったが右岸のプロテクトが壊れた。

#### ○Murga 橋

- 左岸のプロテクトは 1998 年の洪水のときは壊れずに済んだが、1999 年 2 月の洪水で壊れてしまった。根入れは 1m くらいだった。

○Toma Montalvan 取水堰

- 1998年の洪水で取水施設が壊れてしまった。洪水前は上流の河床が高く、洪水流が右岸側（取水口のある側）に流れ込んできたためゲート部が壊れてしまった。
- 水位は今立っているところで胸くらいまで上がった。
- 右岸側の用水路は土砂で埋まってしまった。
- 堰位置の川幅は90m程度で上下流に比べて狭い。左岸側は私有地。
- 農地の用地費用は1ha（10,000m<sup>2</sup>）あたり\$5,000程度。

○Toma Francia 取水堰（19.5k～20k）

- 堤防がないので両側に氾濫した。
- 近年河床が上昇している。
- 私有地の境界情報は1998年に農業省が調査している。もともとは天然資源院の管轄だったが農業省に編入された。他の河川についても同じ情報があると思われる。

(2) 現地視察概要

現地の主な視察現場を図-3.1.6-1に示す。

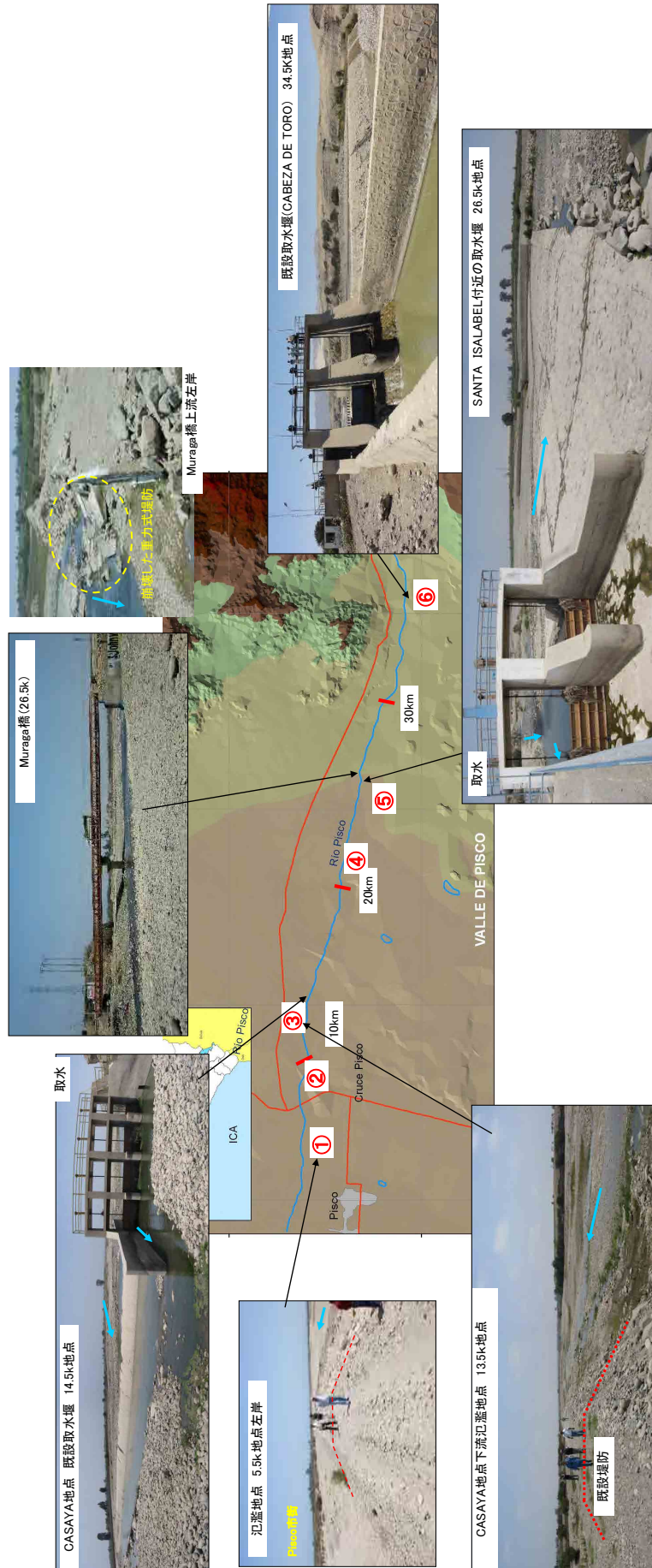


図-3.1.6-1 視察現場の概要 (ピスコ川)

**(3) 課題点と対策案**

現地視察結果を踏まえ、現時点で考えられる治水上の課題と解決案について述べる。

**1) 課題 1 : 氾濫地点 (5.5k 地点)**

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エルニーニョの年に 700m<sup>3</sup>/s の出水があった。</li> <li>・5.5k 左岸から氾濫してピスコ市街が浸水した。</li> <li>・河床は最近 40 年で約 3m 上昇している。</li> <li>・堤防を下流まで延伸したいが現在のところ計画はない。</li> </ul>
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農地</li> <li>・ピスコ市街地</li> </ul>
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無堤区間の築堤</li> <li>・護岸工</li> </ul>



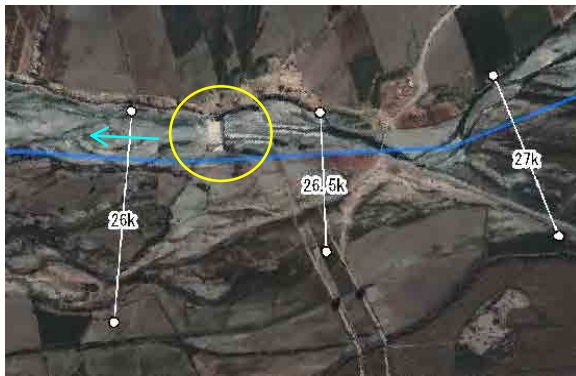
氾濫地点付近の現況堤防



図-3.1.6-2 課題 1 に関する現地状況 (ピスコ川)

2) 課題2：取水堰（26.5k 地点）

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1998年エルニーニョの洪水の際、洪水流が取水施設に集中したため、損壊。用水路も土砂で埋まった。</li> <li>・取水堰、用水路とも現在は補修されている。</li> <li>・取水地点は川幅が90mであり、上下流(250-500m)に比べて狭い。</li> </ul>
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農地（主要作物は現時点では不明）</li> </ul>
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堰損傷部の補修・補強など既設堰堤のリハビリ</li> <li>・用地買収による河道の拡幅および水路整形による洪水流の安定的な流下</li> </ul>



現在の取水堰の状況



用水路

図-3.1.6-3 課題2に関する現地状況（ピスコ川）



3) 課題3：氾濫地点（34.5k 地点）

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・過去に堰上流の右岸側に氾濫したことがあり、上流にはかなりの土砂が堆積している。</li> <li>・洪水氾濫後、堰上流に築堤した。</li> </ul>
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農地（主な作物：トウモロコシ）</li> </ul>
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水堰のリハビリ</li> <li>・堰上流へ遊水池の設置</li> </ul>

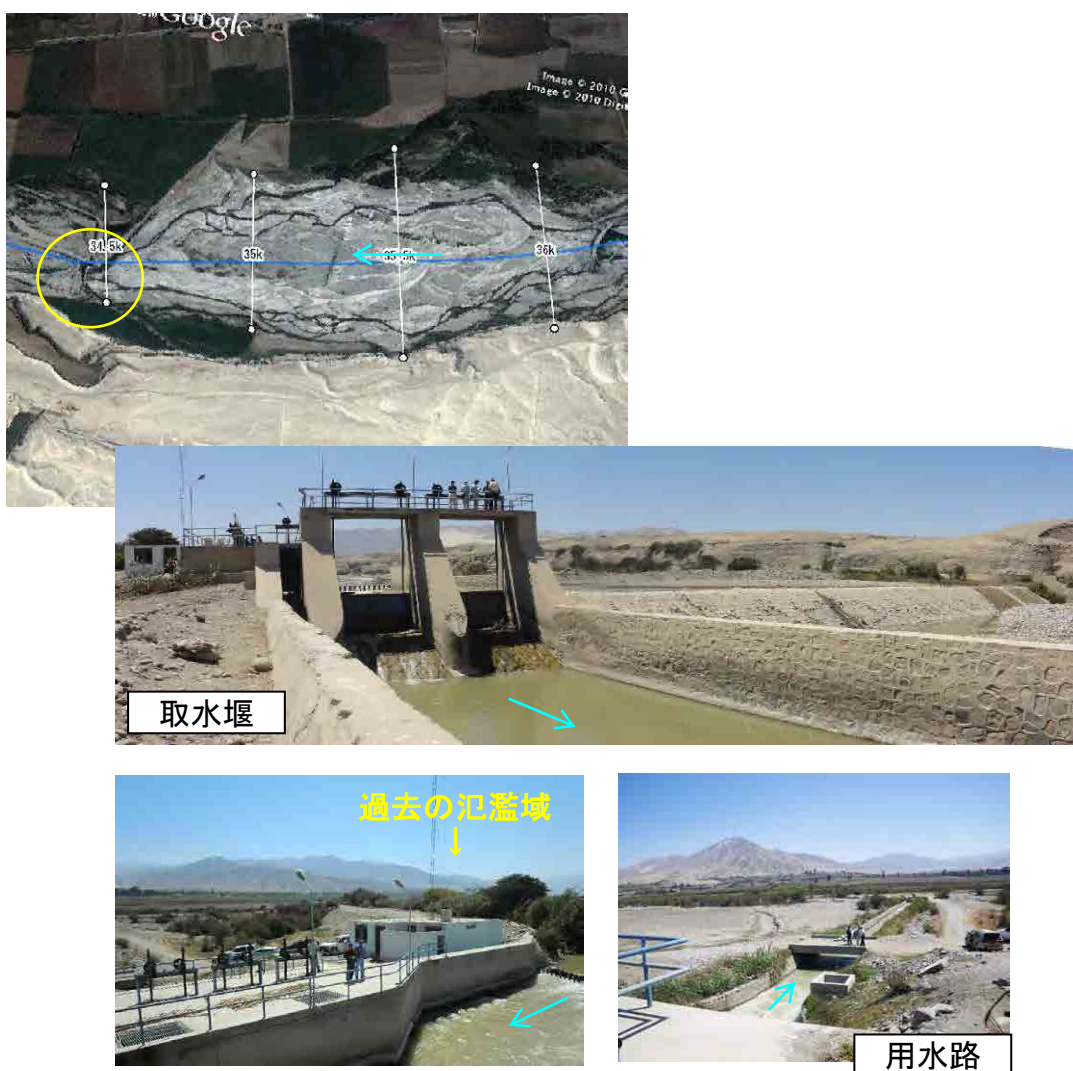


図-3.1.6-4 課題3に関する現地状況（ピスコ川）

### 3.1.7 植生および植林の現況

#### (1) 植生現況

1995年植生区分図とその解説によれば、ピスコ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。

**表-3.1.7-1 ピスコ流域の代表的植生一覧**

区分	名称	分布する標高	降雨量	代表的な植生
1)Cu	沿岸部の農地	沿岸部	ほとんどゼロ	河川沿いに広がる農地
2)Dc	沿岸部の砂漠	0~1,500m	ほとんどゼロ、霧出現箇所あり	ほとんどなく、霧の発生場所に草本がある程度
3)Ms	乾燥草本・灌木帯	1,500~3,900m	120~220mm	サボテン類、草本
4)Msh	半湿潤灌木・草本帯	北中部 2,900~3,500m アンデス山間 2,000~3,700m	220~1,000mm	常緑、4mを超えない低木
5)Mh	湿潤草本・灌木帯	北部 2,500~3,400m 南部 3,000~3,900m	500~2,000mm	常緑、4m以下
6)Cp	アンデス高地の牧草地	3,800m付近	(記述なし)	イネ科の草本
7)Pj	草原	3,200~3,300m 中南部 3,800mまで	南部 寡雨地帯で 125mm 下 東斜面では 4,000mm 超	イネ科の草本
8)N	雪山		—	—

出典：1995年植生区分図を元に JICA 調査団により作成

#### (2) 植生分布面積

1995年 INRENA 調査の結果を GIS 上に移植し、流域ごとに各植生区分の面積と流域面積に対する割合を算出した(表-3.1.7-2 および図-3.1.7-1 を参照)。この結果を、沿岸部の砂漠地帯(Cu、Dc)、草本・サボテン地帯(Ms)、灌木林地帯(Msh、Mh)、高地の草原(Cp、Pj)という大区分で面積を集計し、区分ごとの流域面積に対する割合を計算したものが表-3.1.7-3 である。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割~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、ピスコ流域においては、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。

**表-3.1.7-2 植生区分面積と流域面積に対する割合(ピスコ流域)**

流域名	植生区分								
	Cu	Dc	Ms	Msh	Mh	Cp	Pj	N	計
(植生区分面積 : ha)									
ピスコ流域	217.88	1,354.39	469.99	381.55	140.01	672.59	1,035.68	0.00	4,272.09
(流域面積に対する割合 : %)									
ピスコ流域	5.1	31.7	11.0	8.9	3.3	15.7	24.2	0.0	99.9

(出典 : 1995 年 INRENA 調査を元に JICA 調査団により作成)

**表-3.1.7-3 大区分植生の流域面積に対する割合 (ピスコ)**

流域名	植生区分					計
	砂漠等 (Cu, Dc)	草・サボテン (Ms)	灌木林 (Msh, Mh)	草地 (Cp, Pj)	雪山 (N)	
(流域面積に対する割合 : %)						
ピスコ	36.8	11.0	12.2	40.0	0.0	100.0

(出典 : 1995 年 INRENA 調査を元に JICA 調査団により作成)

### (3) 森林面積の変化

ペルーにおける森林面積の変遷は詳細に調査されていないが、INRENA による全国植林計画 (Plan Nacional de Reforestacion Peru 2005 - 2024) の「Anexo 2.」には 2005 年までに減少した森林面積が当時の県 (Departamento) ごとに記載されている。調査対象地で該当する箇所は、Arequipa 県、Ayacucho 県、Huancavelica 県、Ica 県、Lima 県、Piura 県であるが、いずれの県に対しても調査対象地はその一部である。該当する県の累積減少森林面積を表-3.1.7-4 に示す。

イカ州についてはデータが存在しない。

**表-3.1.7-4 2005 年までに減少した森林面積**

県名	面積 (ha)	累積森林減少面積 (ha)、 及び減少面積が県面積に 占める割合 (%)	伐採後の状況	
			未利用の面積 (ha)	利用されている面積 (ha)
Ica	2,093,457	-	-	-

(出典 : 全国植林計画、INRENA、2005)

2005 年に実施された FAO の調査による植生区分 (2000 年の衛星画像データを元に作成) と 1995 年の INRENA 調査による植生区分 (1995 年の衛星画像データを元に作成) を GIS 上に移植し、流域ごとに植生区分の変化を測定した。(表-3.1.7-5 参照)。

植生区分ごとの面積の増減をみると、乾燥地 (砂漠、サボテン地 : Cu、Dc、Ms) が減少、灌木林地帯 (Msh、Mh) が増加という結果となっている。

**表-3.1.7-5 1995 年から 2000 年の植生区分の面積変化**

流域名	植生区分								
	Cu	Dc	Ms	Msh	Mh	Cp	Pj	N	流域面積
(植生区分面積 : ha)									
ピスコ	-3.59	-3.44	-50.99	46.88	7.01	-9.52	13.65	—	4,272.09
現況面積 (b)	217.88	1,354.39	469.99	381.55	140.01	672.59	1,035.68	0.00	4,272.09
現況に対する割合 (a/b) %	-1.6	-0.3	-10.8	+12.3	+5.0	-1.4	+1.3	—	

(出典 : 1995 年 INRENA 調査、2005 年 FAO 調査を元に JICA 調査団により作成)

#### (4) 植林の現況

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、水源地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 がコミュニティーに苗木を供給し、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ーの合意が必要で、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。また、組織改革のため資料が散逸し、これまでの植林事業実績についての記録はほとんど収集できなかった。

前出の全国植林計画（INRENA、2005）に 1994 年から 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-3.1.7-6 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。

**表-3.1.7-6 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
カ	2,213	20	159	159	89	29	61	15	4	1	2,750

出典：全国植林計画、INRENA、2005

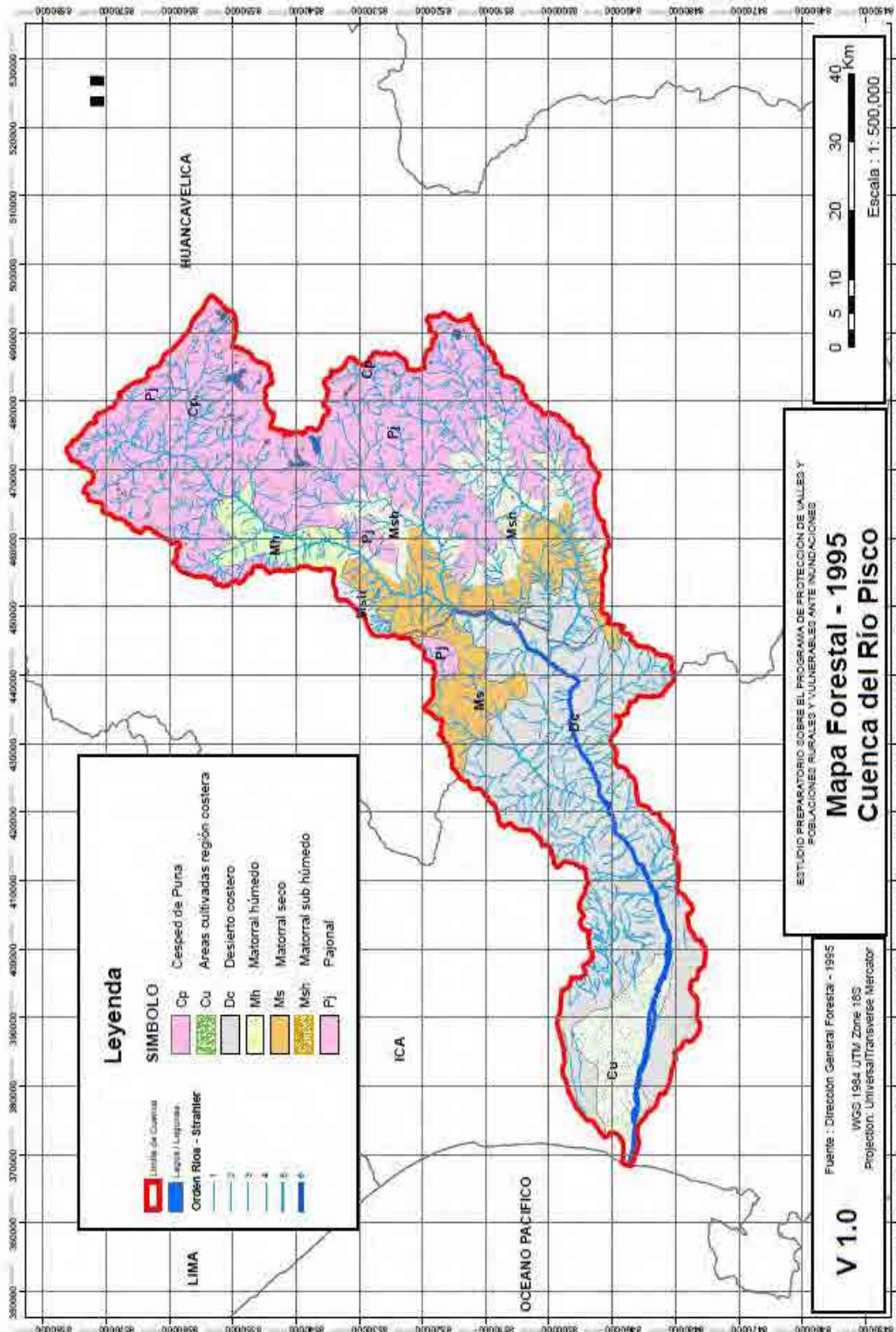


図-3.1.7-1 ピスコ流域植生分布

### 3.1.8 土壌侵食の現況

#### (1) 収集資料および基礎資料の作成

##### 1) 収集資料

調査対象地域の土砂生産の現況を調査する目的で表-3.1.8-1 に示す資料を収集した。

**表-3.1.8-1 収集資料の一覧**

収集資料	形式	作成機関
地形図 (S=1/50,000)	Shp	INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
地形図 (S=1/100,000)	Shp,dxf	INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
地質図 (S=1/250,000)	SHP	Geologic data systems
地質図 (S=1/100,000)	Shock Wave	INGEMMET
30m メッシュデータ	Text	NASA
河川データ	SHP	ANA
流域データ	SHP	ANA
侵食区分図	SHP	ANA
土壌区分図	SHP	INRENA
植生区分図	SHP2000 年 PDF1995 年	DGFFS
雨量データ	Text	Senami

##### 2) 基礎資料の作成

収集した資料を用いて以下のデータを作成した。これらのデータは Annex-6 に添付する。

- ・水系区分図 (3 次谷で流域区分)
- ・傾斜区分図
- ・地質図
- ・侵食区分図と河床勾配
- ・侵食区分図と谷次数
- ・土壌区分図
- ・等雨量線図

#### (2) 土壌侵食要因の分析

##### 1) 地形特性

###### i) 標高別面積

ピスコ川流域の標高別の面積を表-3.1.8-2 および図-3.1.8-1 に示す。

表-3.1.8-2 標高別の面積

Altitude ( msnm )	Area ( Km <sup>2</sup> )
	Pisco
0 - 1000	694.58
1000 - 2000	476.7
2000 - 3000	684.78
3000 - 4000	760.47
4000 - 5000	1647.8
5000 - Mas	6.19
TOTAL	4270.52
Max Altitude	5110.00

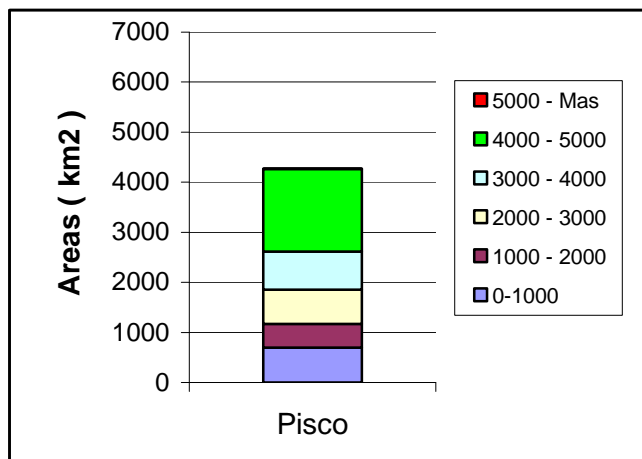


図-3.1.8-1 標高別の面積

ii) 傾斜区分

各流域の傾斜区分を表-3.1.8-3 および図-3.1.8-2 に示す。

表-3.1.8-3 傾斜区分と面積

Slope Basin ( % )	Pisco	
	Area(km <sup>2</sup> )	percentage
0 - 2	168.57	4%
2 - 15	947.86	22%
15 - 35	1426.18	33%
Over 35	1727.91	40%
TOTAL	4270.52	100%

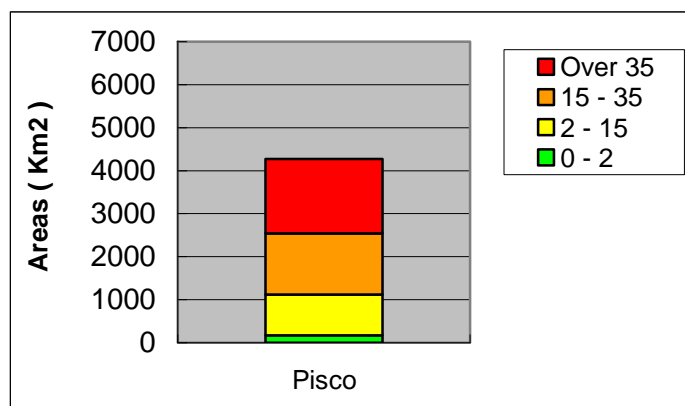


図-3.1.8-2 傾斜区分と面積

iii) 河床勾配

ピスコ川における河床勾配とこれに属する支川を含めた溪流の流路延長は表-3.1.8-4 および図-3.1.8-3 に示すとおりである。土砂の移動と河床勾配の関係は一般に図-3.1.8-4 に示すとおりである。土石流発生区間の勾配は 1/3 (33.3%) 以上といわれており、堆積区間は 1/30 (3.33%) ~1/6 (16.7%) といわれている。

表-3.1.8-4 河床勾配と溪流の総流路長

河川勾配(%)	Pisco
0.00 - 1.00	12.15
1.00 - 3.33	165.05
3.33 - 16.67	1683.15
16.67 - 25.00	519.64
25.00 - 33.33	291.84
33.33 - Mas	511.76
<b>TOTAL</b>	<b>3183.59</b>

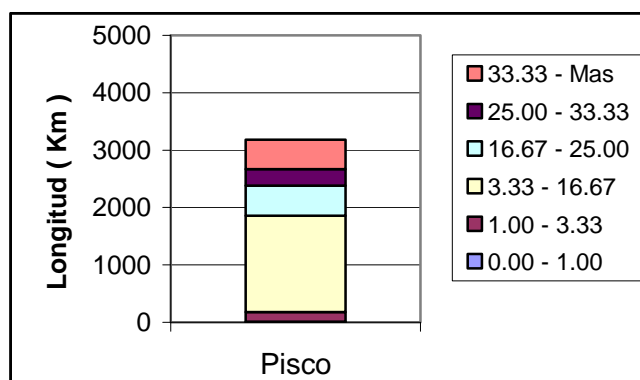


図-3.1.8-3 河床勾配と溪流の総流路長



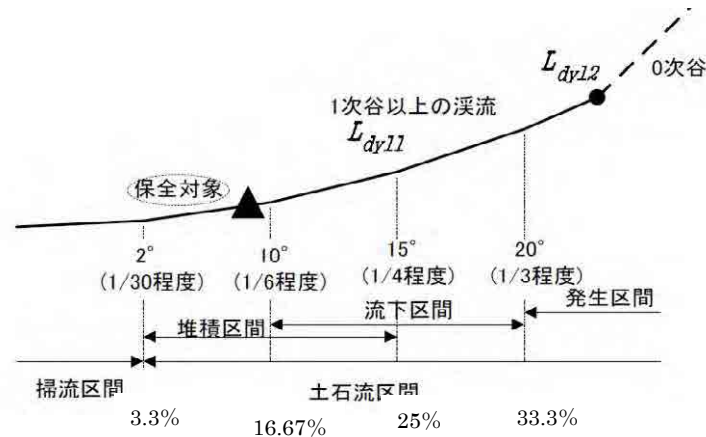


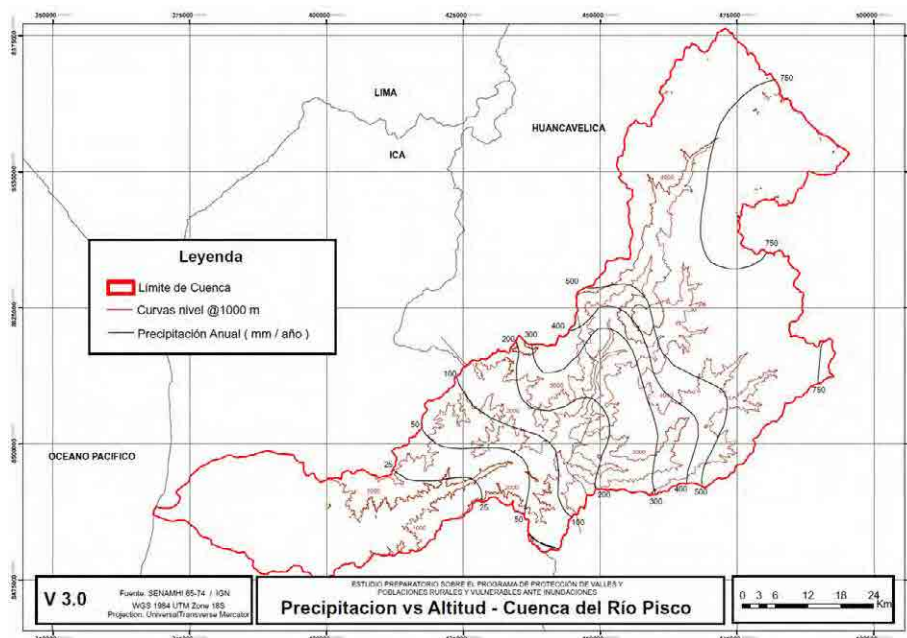
図-3.1.8-4 河床勾配と土砂移動の形態

## 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℃ 前後。年間を通じてほとんど雨が降らない。

標高 2500~3500m 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 3500~4500m 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。

ピスコ川流域の年間雨量等曲線図を図-3.1.8-5 に示す。



出典： SENAMHI データを基に JICA 調査団により作成

図-3.1.8-5 ピスコ川流域等雨量線図

氾濫解析対象エリアでの年間降水量は 0~25mm である。東側の標高 4,000m のエリアでの年間降水量は 500~750mm である。

### 3) 侵食特性

流域全体での侵食特性は以下に示す通りである。

流域は大きくコスタ、シエラ～スニ、プナの3つに区分される。それぞれの気候および降水量は図-3.1.8-6に示す通りである。侵食が最も多い箇所は、地形が急峻でなおかつ裸地となっているシエラ～スニである。

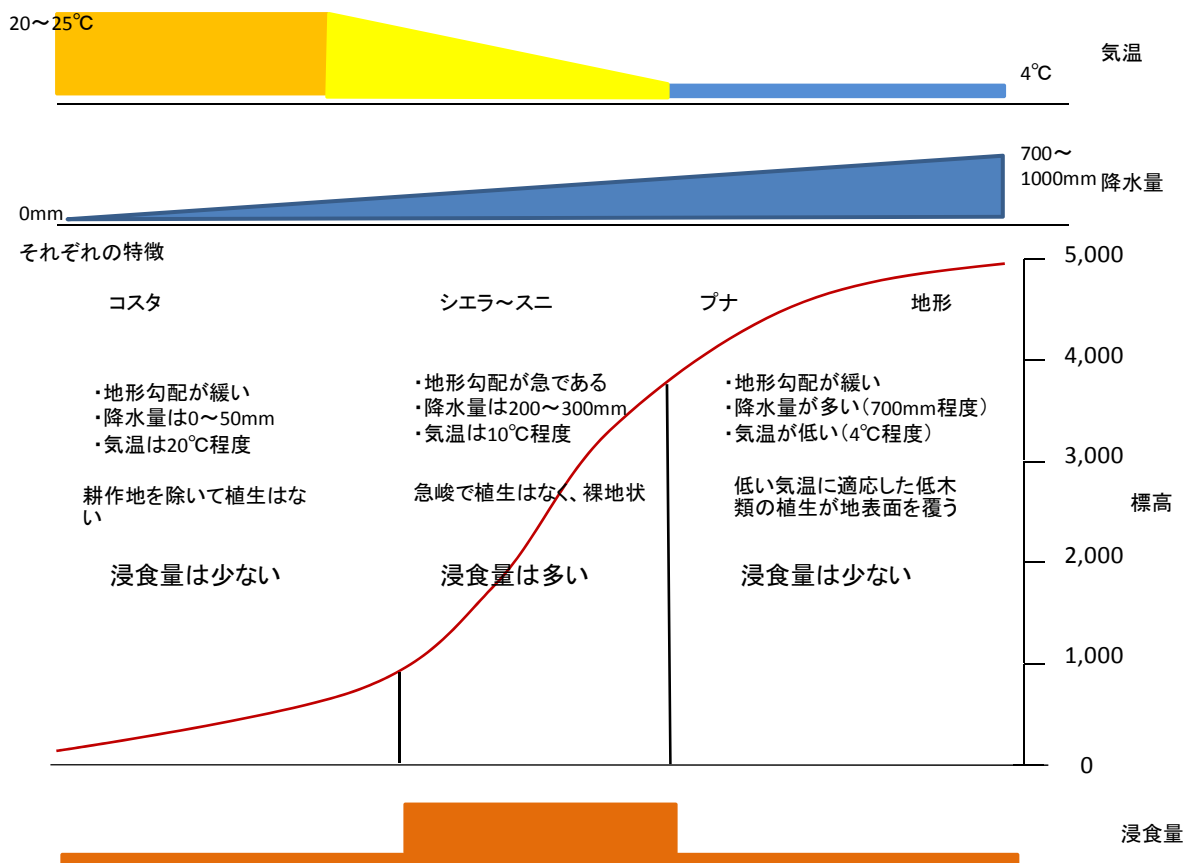


図-3.1.8-6 土壌侵食量と各種要因の関係

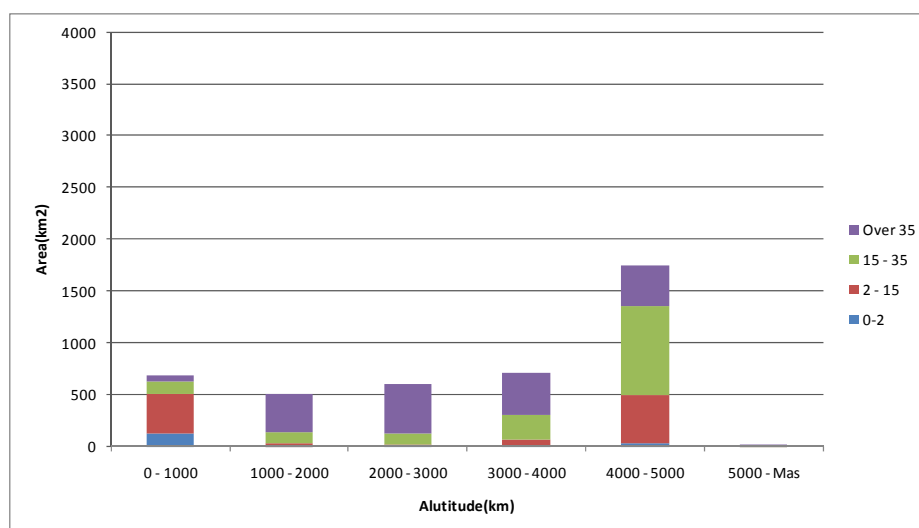
### (3) 侵食量の大きい箇所の特定

Anaによって作成された侵食区分図は、地質図、斜面勾配、雨量を考慮して作成されている。侵食深は、斜面勾配の影響を最も受けるといわれており、この侵食区分図は、傾斜区分図と調和的である。侵食区分図で侵食が多いと判断されている箇所が流域内での侵食が活発な場所であると判断できる。

標高 1,000~4,000m において 35%以上の斜面が多く分布する。特に標高 2,000~3,000m にかけては 79%が 35%以上の斜面となっている。この付近での侵食量が多いものと推定される。

**表-3.1.8-5 ピスコ川の標高毎の傾斜区分**

Altitude	Slope				total
	0-2	2-15	15-35	Over 35	
0 - 1000	132.09	371.35	118.98	60.92	683.34
Ratio	19%	54%	17%	9%	100%
1000 - 2000	1.79	25.01	107.69	373.82	508.31
Ratio	0%	5%	21%	74%	100%
2000 - 3000	2.08	23.33	101.38	479.29	606.08
Ratio	0%	4%	17%	79%	100%
3000 - 4000	3.58	67.75	230.25	415.34	716.92
Ratio	0%	9%	32%	58%	100%
4000 - 5000	33.74	459.43	856.43	398.45	1748.05
Ratio	2%	26%	49%	23%	100%
5000 - Mas	0.02	1.51	4.06	3.8	9.39
Ratio	0%	16%	43%	40%	100%
Total	173.30	948.38	1418.79	1731.62	4272.09
Ratio	4%	22%	33%	41%	100%



**図-3.1.8-7 ピスコ川の標高毎の傾斜区分**

#### (4) 土砂生産状況

##### 1) 現地調査結果

Pisco 流域に対して上流域の調査を行った。調査結果は以下の通りである。

- ・山肌には、崩壊、風食などにより生産された碎屑物が崖錐を形成している。
- ・基岩地質毎に若干生産形態は異なる。安山岩質～玄武岩質は巨礫の崩落、破砕がメインであり、堆積岩質は風化による風化侵食、細粒砂の匍行がメインである（図-3.1.8-8 および図-3.1.8-9 参照）。
- ・平時に匍行性の土砂移動があるためか、図-3.1.8-10 に示すように植生は根付いていない。安山岩質の岩盤摂理面など、あまり土砂移動のない場所においては、藻類やサボテン類が侵入しているのが認められた。
- ・ほとんどの河道で低位の段丘面が残っているため、そのような場所では斜面から直接河道への土砂流入は見られず、段丘上に崖錐を形成している。そのため、ほとんどの河川への供給

土砂は段丘堆積物からの侵食土砂および河床変動による堆積土砂と推察される（図-3.1.8-11 参照）。

- ・上流側では、段丘面が少なくなり、斜面からの直接土砂流入が確認できるが、極僅かであると判断できる。



図-3.1.8-8 安山岩質～玄武岩質の崩壊地



図-3.1.8-9 堆積岩類の土砂生産状況



図-3.1.8-10 サボテンの侵入状況



図-3.1.8-11 河道付近における土砂移動

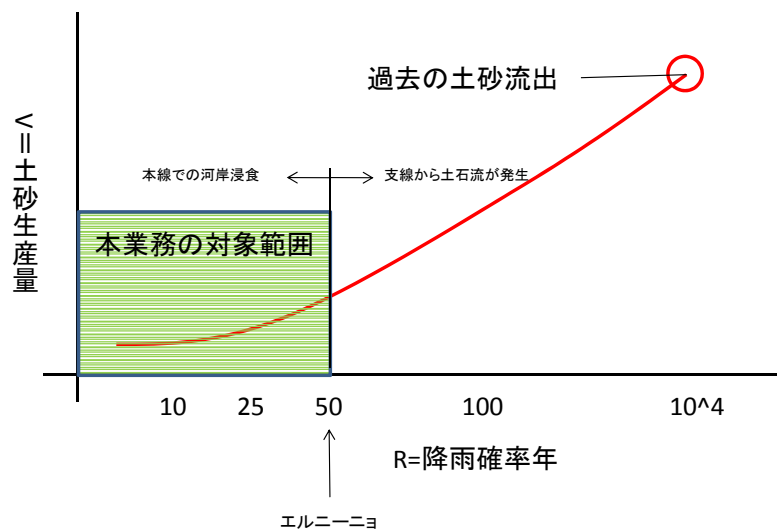
## 2) 土砂移動状況(河道内)

溪谷内は、段丘が発達している。(pisco 流域で高さ 10m 以上の規模)この段丘面の脚部は各所で流路に接しており、それらの地点からは通常流量(雨期の中小規模出水を含む)で土砂が再流出、移動しているものと考えられる。

## 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。

定量的な経過測量、比較検討を行っていないため、平常時、エルニーニョ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。本業務の対象範囲は、下図に示す通り 50 年確率降雨であり、支線からの土石流が発生する降雨に相当する。



i) 平常時

- ・ 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、下流側へ押し出すのパターンで土砂流出が発生すると考えられる(図-3.1.8-12 参照)。

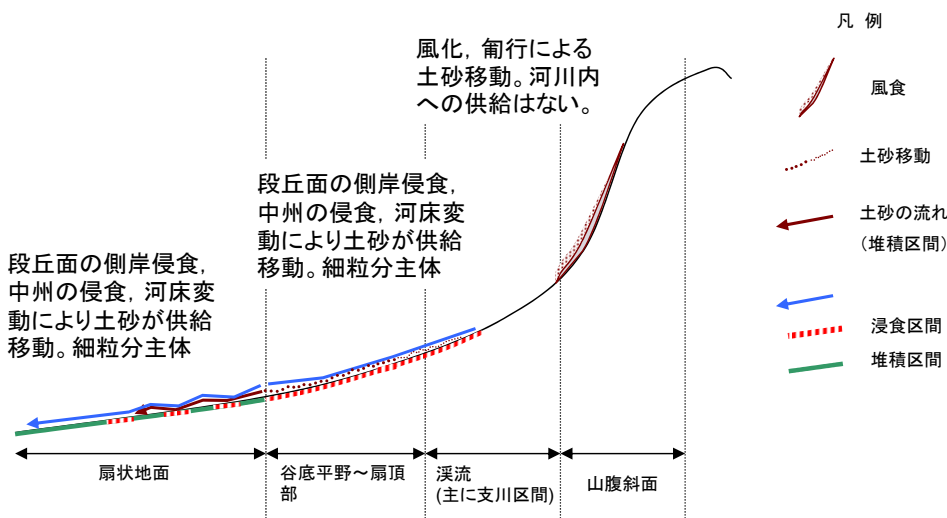


図-3.1.8-12 平常時の土砂生産流出の状態

ii) エルニーニョ (1/50) 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線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。

- ・ 斜面から水量に見合った量の土砂が流出する。
- ・ 支線から土石流が発生し本線へ流れ込む。
- ・ 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。

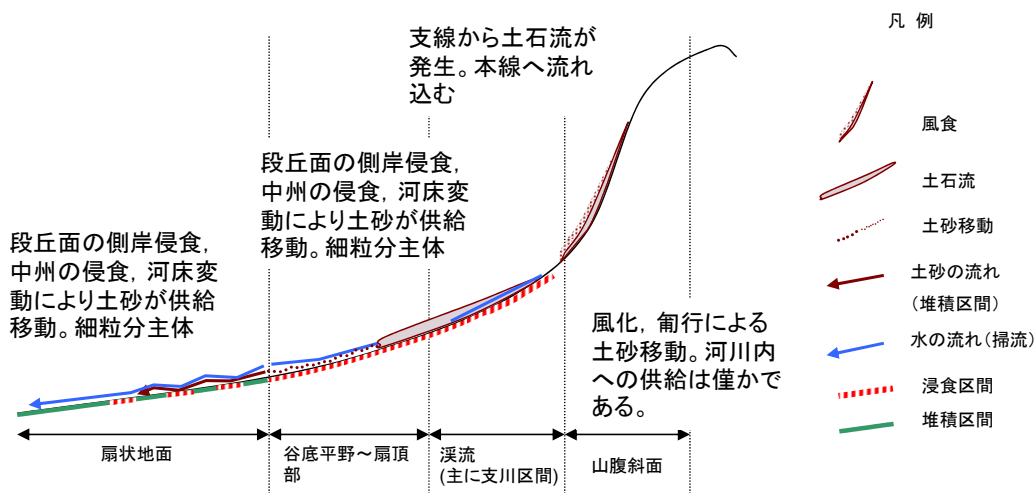


図-3.1.8-13 エルニーニョ (1/50) 程度の豪雨時における土砂生産流出の状態

iii) 大規模出水時（現在の段丘面を形成するような出水）10,000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10,000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-3.1.8-14参照)。

- ・ 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。
- ・ 扇面頂部～加積不足断面における河道変更を伴う氾濫

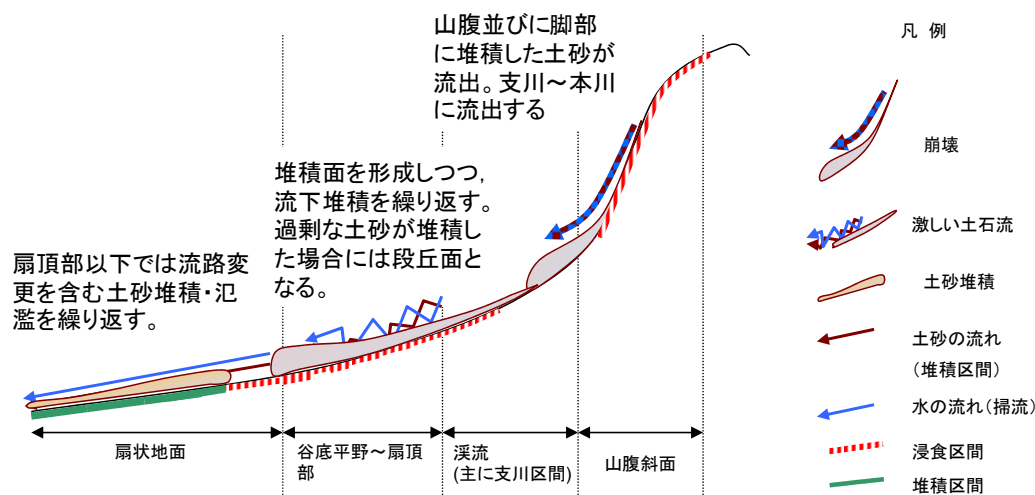


図-3.1.8-14 大規模出水時の土砂生産流出の状態（地質学的スケール）

### 3.1.9 流出解析

#### (1) 降雨量データ

##### 1) 降雨観測状況

流出解析に用いる降雨量の観測状況を把握するとともに、流出解析に必要な降雨データの収集および整理を行った。

降雨量データは、SENAMHI、ELECT.PERU より収集した。

降雨観測地点および観測データの収集期間を整理して表-3.1.9-1～2、図-3.1.9-1 に示す。

ピスコ川流域ではこれまでに、20箇所の観測所で雨量観測が行われており（現在未観測地点含む）、最長で1964年から2002年までの39年間観測が行われている。







図-3.1.9-1 観測地点位置図 (ピスコ川流域)

## 2) 等雨量線図

観測された1965年から1974年の降雨データを基に SENAMHI により作成された年降雨量 (10年平均値) の等雨量線図を各流域毎に示す。

ピスコ川流域の等雨量線図を図-3.1.9-2 に示す。

ピスコ川流域では、地域によって年降雨量に大きな開きがあり、最も少ない地域で25mm程度以下、最大で750mm程度の降雨量を記録している。下流域ほど降雨量が少なく、標高が高くなる上流域ほど降雨量が多くなる。

洪水対策を行う下流域での年降雨量は25~50mm程度と降雨量は少ない。

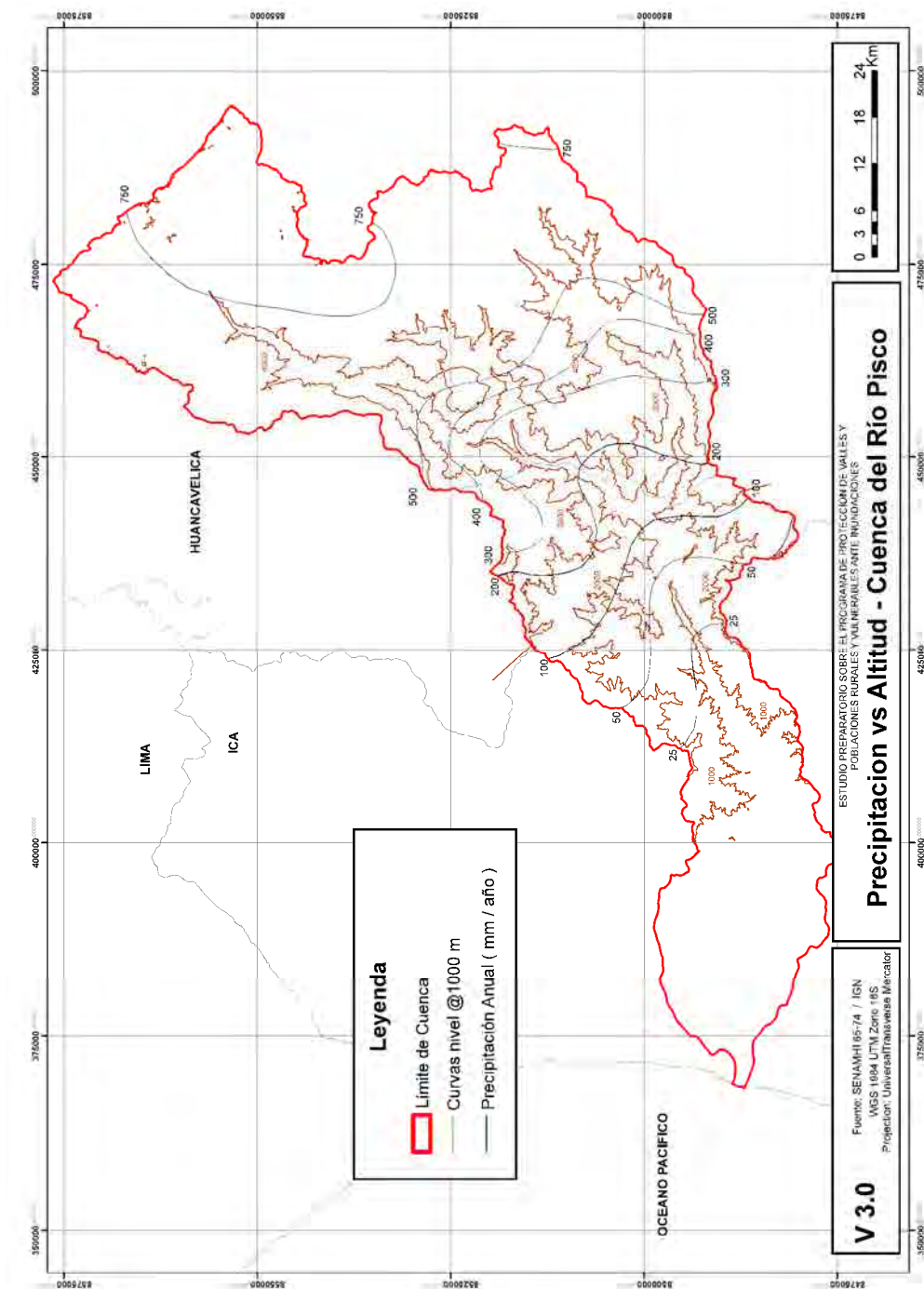


図-3.1.9-2 等雨量線図 (ピスコ川流域)

## (2) 降雨量解析

### 1) 解析手法

各観測所から収集した降雨データ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。

水文統計計算は、複数の確率分布モデルを用いて行い、適応性が最も高いモデルを採用し、そのモデルでの計算結果を確率 24 時間降雨量とした。

なお、水文統計に用いたモデルは下記のとおりである。

- Distribution Normal or Gaussiana
- 対数正規分布 3 母数(Log - Normal 3 parameters)
- 対数正規分布 2 母数(Log - Normal 2 parameters)
- ガンマー分布(Gamma 2 or 3 parameters)
- 対数ピアソンⅢ型分布(the log - Pearson III)
- ガンベル分布(Gumbel)
- 一般化極値分布(Generalized Extreme Values)

## 2) 確率雨量解析結果

各観測所および各流域の基準地点における確率雨量を整理して下記に示す。

ピスコ川流域の観測所の場合、50年確率雨量で10mm以上で最大66mmとなっている。

各観測地点の確率 24 時間雨量を表-3.1.9-3 に示すとともに確率 50 年雨量の等雨量線図を図-3.1.9-3 に示す。

**表-3.1.9-3 確率 24 時間雨量 (ピスコ川流域)**

観測地点名	確率 (年)						
	確率 2 年	確率 5 年	確率 10 年	確率 25 年	確率 50 年	確率 100 年	確率 200 年
ACNOCOCHA	27.0	30.0	32.0	34.0	35.0	36.0	37.0
CHOCLOCOCHA	30.0	43.0	51.0	60.0	66.0	71.0	76.0
COCAS	22.0	30.0	34.0	38.0	40.0	42.0	43.0
CUSICANCHA	19.0	26.0	29.0	33.0	35.0	37.0	39.0
HACIENDA BERNALES	0.0	1.0	3.0	6.0	11.0	19.0	34.0
HUAMANI	2.0	7.0	13.0	25.0	39.0	61.0	93.0
PARIONA	33.0	40.0	43.0	46.0	48.0	49.0	50.0
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	17.0	23.0	29.0	36.0	42.0	49.0	56.0
TAMBO	26.0	35.0	40.0	46.0	49.0	52.0	55.0
TICRAPO	20.0	31.0	37.0	45.0	50.0	55.0	60.0
TOTORA	24.0	29.0	32.0	36.0	38.0	40.0	42.0
TUNEL CERO	29.0	36.0	41.0	48.0	54.0	61.0	67.0

表-3.1.9-4 確率 24 時間雨量 (基準地点 : Station Letrayoc)

年	24 時間最大雨量 (mm)
5	28.90
10	33.23
25	38.78
50	42.59
100	46.92

表-3.1.9-5 確率雨量別ハイエイト

年	時間										総雨量(mm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	1	2	3	4	3	3	2	2	1	1	22.6
10	1	2	3	5	4	3	3	2	2	1	26.0
25	2	3	4	6	4	4	3	2	2	1	30.3
50	2	3	4	6	5	4	3	3	2	1	33.3
100	2	3	5	7	5	4	4	3	2	1	36.7

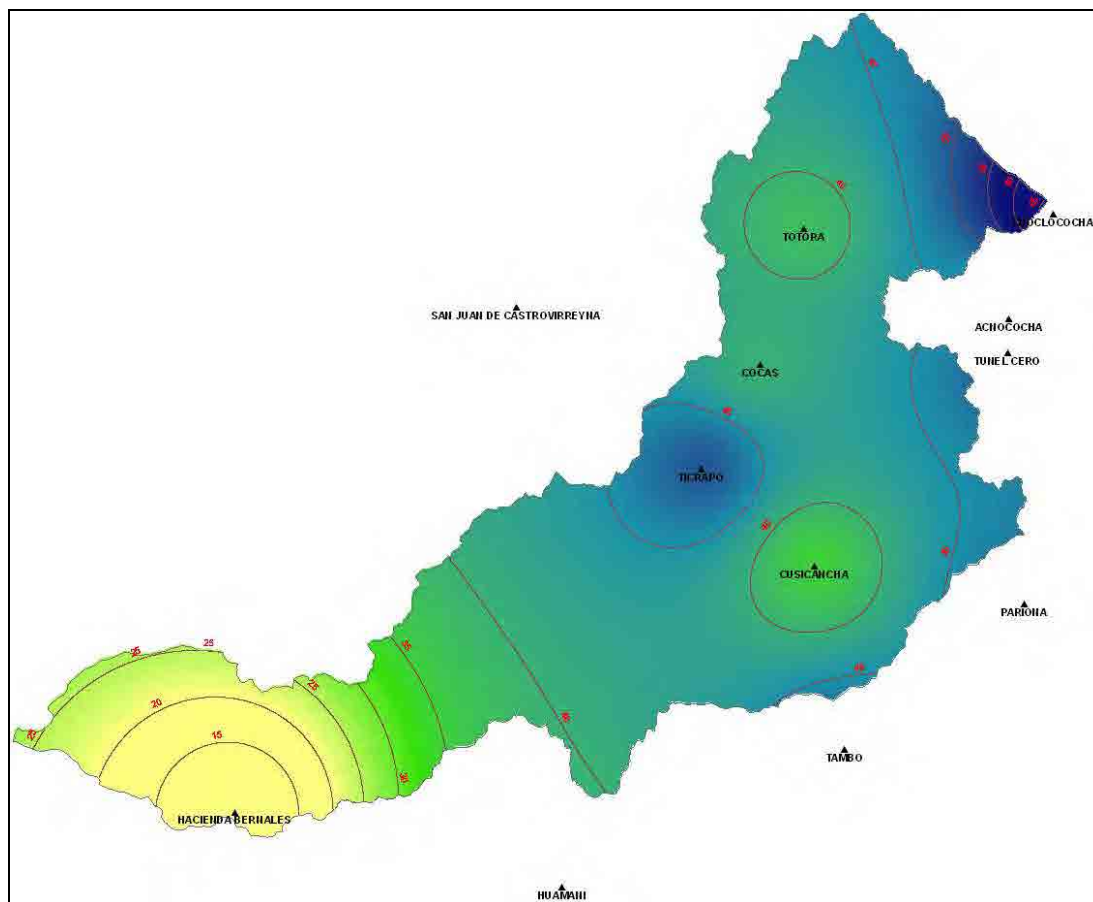


図-3.1.9-3 確率 50 年雨量等雨量線図 (ピスコ川流域)

### (3) 流出量解析

#### 1) 流量観測状況

流出量解析に用いる流量の観測状況を把握するとともに、流出量解析に必要な流量観測データの収集および整理を行った。

流量データは、DGIH、水利組合、水管理局（ANA）、チラーピウラスペシャルプロジェクトより収集した。

#### 2) 流出量解析

収集した流量データより基準地点の年最大流量を用いて、水文統計計算を行い確率流量を算出した。生起確率2年～100年の確率流量を整理して、表-3.1.9-4 に示す。

**表-3.1.9-6 基準地点確率流量**

河川名	(m <sup>3</sup> /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
ピスコ川 Letrayoc	267	398	500	648	774	914

#### 3) 確率洪水量解析

##### ①解析手法

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。

##### ②解析結果

ピスコ川流域における生起確率2年～100年の確率洪水量を整理して表-3.1.9-5 に示す。

また、ピスコ川流域における確率洪水のハイドログラフは図-3.1.9-4 に示すとおりである。表-3.1.9-4 および表-3.1.9-5 の数値はほぼ同程度となっているので、以下の氾濫解析にはハイドログラフと一致する表-3.1.9-5 の値を用いることとする。

**表-3.1.9-7 確率洪水流量（ピーク流量：基準地点）**

河川名	(m <sup>3</sup> /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
ピスコ川 Letrayoc	213	287	451	688	855	962

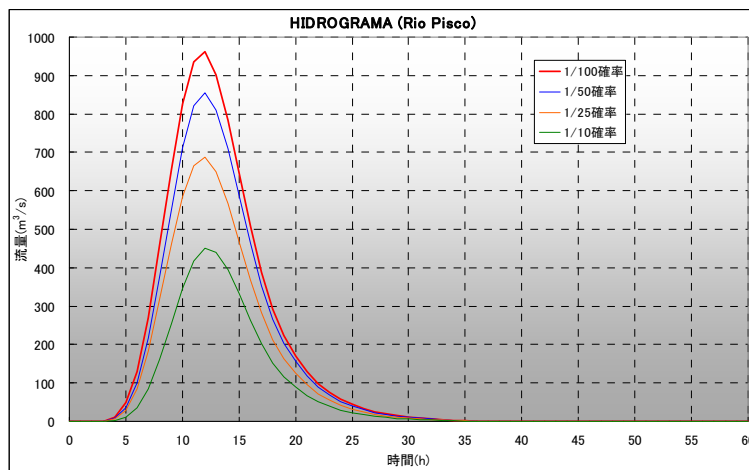


図-3.1.9-4 ピスコ川の洪水ハイドログラフ

### 3.1.10 氾濫解析

#### (1) 河川測量

氾濫解析を行うに当たり、河川の横断測量および堤防高の縦断測量を実施した。ピスコ川について行った河川測量は表-3.1.10-1 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-3.1.10-1 に示す実測結果を補完した。

表-3.1.10-1 河川測量の概要

項目	単位	数量	備考
1. 基準点測量			
ピスコ川	No.	5	
2. 堤防縦断測量			測点間隔250m、片岸のみ
ピスコ川	km	45	
3. 河川横断測量			測線間隔500m
ピスコ川	km	54.6	91測線 1x0.6km
4. 標石			
タイプ A	No.	5	各基準点
タイプ B	No.	45	45kmx1ヶ所/km
小計		50	

#### (2) 氾濫解析の方法

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 HEC-RAS 法を用いて実施していることから、これをレビューし、必要に応じて修正し、活用することを基本とする。

## 1) 検討方針

氾濫解析に使用される手法は、一般的には、以下の3種類がある。

- ① 1次元不等流モデル
- ② 池モデル
- ③ 平面2次元不定流モデル

氾濫解析手法により作業に要する時間、コストが大幅に異なるため、浸水想定区域図に必要な精度を確保できる範囲で、より効率的な解析手法を選択する。

表-3.1.10-2 にそれぞれの氾濫解析手法の特徴を示す。DGIH が実施した既往の氾濫シミュレーション結果、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されたため、氾濫解析は1次元不等流モデルを採用する予定であったが、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。

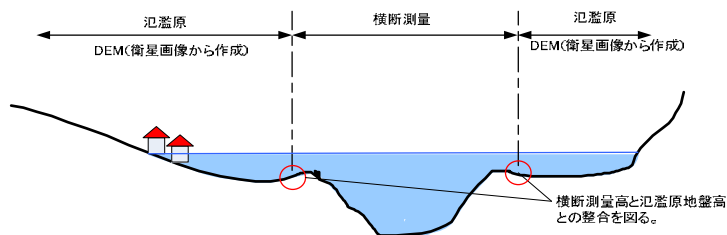


図-3.1.10-1 一次元モデルのイメージ

表-3.1.10-2 氾濫解析手法

氾濫解析手法名	1次元不等流モデル	池(ポンド)モデル	平面2次元不定流モデル
浸水区域の設定の概念	氾濫源も河道の一部として扱い、洪水のピーク流量に対する河道内水位を算出することで、浸水区域を設定する。	氾濫源と河道を分割し、氾濫源を閉鎖された一体の領域として取り扱う。この一体化した領域を“池(ポンド)”と呼び、その中の浸水位は全て同一である。河道から氾濫源へ流入した氾濫水量と、氾濫源の地形特性(水位-容量-面積)の関係から浸水区域を設定する。	氾濫源と河道を分割して取り扱い、河道から氾濫源への流入した氾濫水の挙動を2次元の流体運動をして解析することで、浸水区域を設定する。
イメージ			
手法の特徴	氾濫水が河川に沿って氾濫源を流下する氾濫形態、すなわち流下型氾濫に対して適用可能である。ただし手法の特性上、氾濫解析区域は、無堤防(無堤)として扱う。	氾濫水が山地、高地、盛土などで閉塞され拡散を妨げられる氾濫形態、すなわち非拡散型に対して適用可能である。閉鎖領域内の氾濫水は水面勾配や流速を持たず同一の水位となる。ただし氾濫源内に連続盛土などが存在する場合は、それらを反映して背後地の領域を区別し多池モデルとする必要場合もある。	基本的にどのような氾濫形態においても適用可能である。最大浸水区域や浸水深だけでなく氾濫水の流速、それらの時間変化も再現できる。また、計算精度も他の手法に対し一般的に高いとされており、そのため浸水想定区域図作成においても使用実績が多い。ただし、手法の特性上、氾濫解析精度は、解析モデルの格子サイズに限定される。

## 2) 氾濫解析方法

平面二次元不定流氾濫解析モデルのイメージは図-3.1.10-2 に示すとおりである。

## ◆はん濫解析モデルイメージ

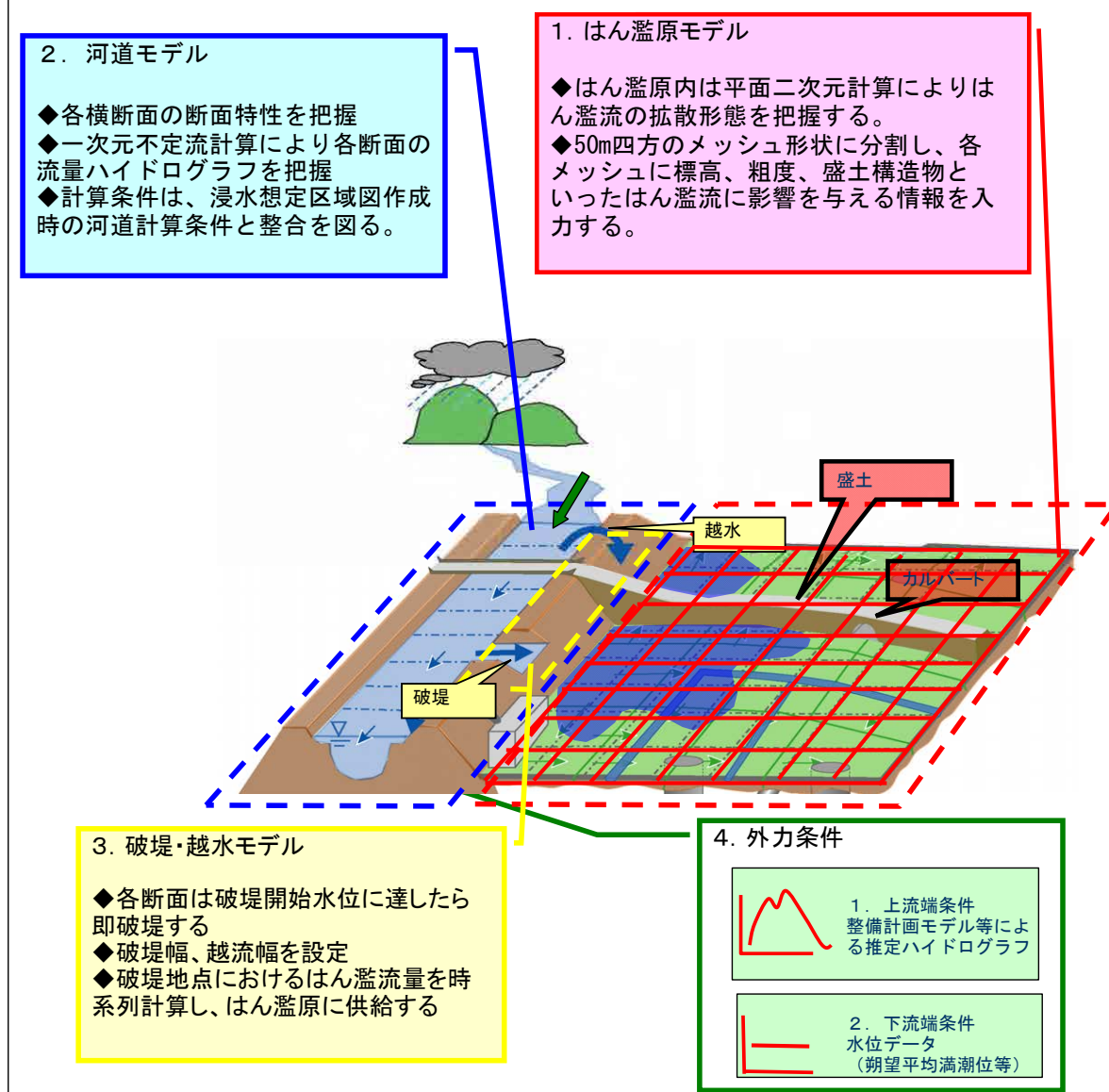


図-3.1.10-2 はん濫解析モデルの概念図

### (3) 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すると図-3.1.10-3 に示すとおりとなる。図には生起確率洪水量も示してあるので、ピスコ川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。



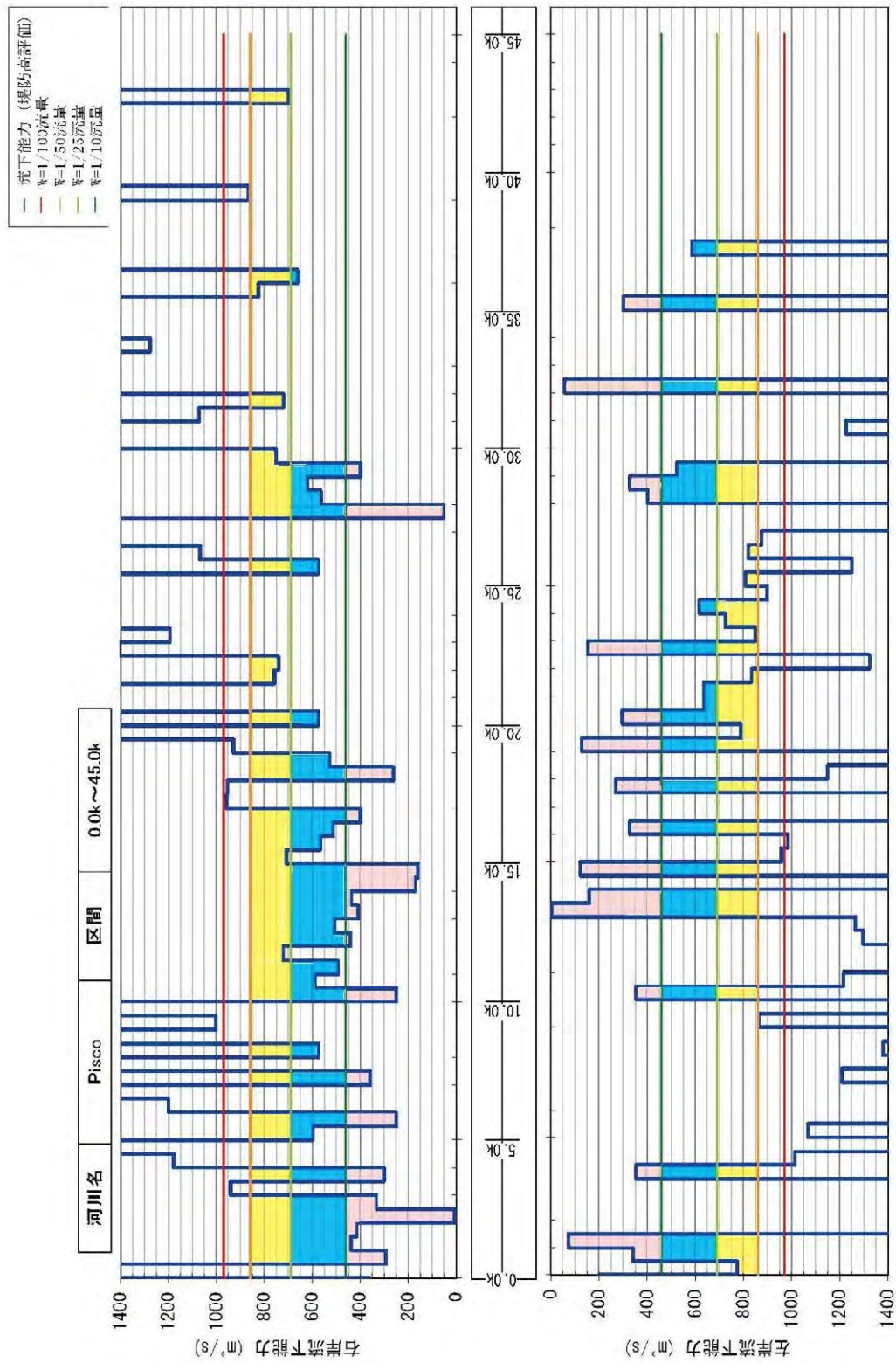


図-3.1.10-3 ピスコ川現況疎通能力

#### (4) 氾濫範囲

一例として生起確率50年洪水量に対してピスコ川における氾濫範囲を計算すると図-3.1.10-4に示すとおりとなる。

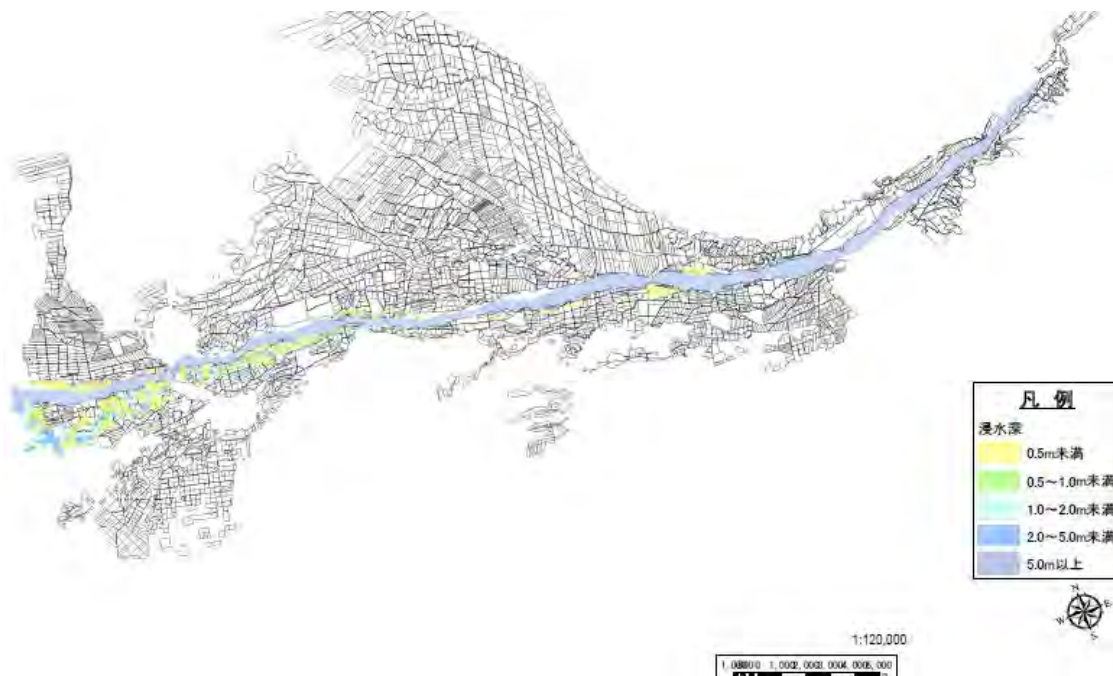


図-3.1.10-4 ピスコ川氾濫範囲 (確率50年洪水)

### 3.2 問題の定義と原因

#### 3.2.1 調査対象地域の洪水対策における問題点

現地調査の結果に基づき調査対象地域のピスコ川における洪水対策上の問題点とこれらに関連する保全対象は表-3.2.1-1 に示すとおりである。

表-3.2.1-1 洪水対策における問題点と保全対象

問題点	氾濫			堤防侵食	河岸侵食	取水堰機能不全	分流堰機能不全
	無堤	河床堆積	河幅狭小				
保全対象	農地	○	○	○	○	○	○
	灌漑水路				○	○	
	市街地	○		○			○
	道路				○		
	道路橋		○				

#### 3.2.2 問題点の原因

調査対象地域における洪水対策上の主要な問題点、直接的原因および間接的原因は次に示すとおりである。

##### (1) 主要な問題点

溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性

##### (2) 直接的原因および間接的原因

主要な問題点の直接的原因および間接的原因は表-3.2.1-2 に示すとおりである。

表-3.2.1-2 主要な問題点の直接的原因および間接的原因

直接的原因	1. 過大な洪水流量	2. 氾濫	3. 洪水対策施設の維持管理不十分	4. 地域の水防活動が不十分
間接的原因	1.1 エルニーニョなどの異常気象の頻発	2.1 洪水対策施設が未整備	3.1 維持管理の知識能力が不足	4.1 水防活動の知識能力の不足
	1.2 上・中流域の異常降雨	2.2 施設整備の資金不足	3.2 維持管理の訓練不足	4.2 水防活動の訓練の不足
	1.3 上・中流域の植生が殆どない	2.3 流域の治水計画が不十分	3.3 堤防や河岸の維持補修が不十分	4.3 洪水予警報システムの欠如
	1.4 上・中流域からの土砂流出が大きい	2.4 堤防の整備不十分	3.4 取水堰や分流堰の維持補修が不十分	4.4 水文資料の観測・収集の不足
	1.5 河床勾配の変化による流下能力の減	2.5 河道幅の不足	3.5 河床の不法農地化	
		2.6 河床の土砂堆積	3.6 維持管理費用の不足	
		2.7 橋梁部における河幅狭小		
		2.8 橋梁部における河床の上昇		
		2.9 堤防や河岸の侵食		
		2.10 施設設計の能力不足		

### 3.2.3 問題点による結果

#### (1) 主要な問題点

溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性

#### (2) 直接のおよび間接的結果

主要な問題点による直接のおよび間接的結果は表-3.2.3-1 に示すとおりである。

表-3.2.3-1 問題点による直接のおよび間接的結果

直接的結果	1.農業関連の被害	2.住民の直接被害	3.社会インフラの被害	4.その他経済に対する被害
間接的結果	1.1 農作物・家畜の被害	2.1 家屋・私有財産の損害	3.1 道路の損壊	4.1 交通の途絶
	1.2 農地の流失	2.2 事業所・在庫資産の損害	3.2 橋梁の流失	4.2 水防活動・避難のコスト
	1.3 灌漑水路の損壊	2.3 事故、人命の損失	3.3 水道、電力、ガス、通信の被害	4.3 復旧・応急対策コスト
	1.4 取水堰・分流堰の損壊	2.4 営業損失		4.4 地域住民の雇用喪失
	1.5 堤防・河岸の侵食			4.5 地域住民の収入の減少
				4.6 生活の品質低下
				4.7 経済活動の低下

#### (3) 最終的な結果

主要な問題点による最終的な結果はこれによって影響を受ける地域の社会経済的発展の阻害である。

### 3.2.4 原因と結果の樹系図

上述の分析結果に基づき原因と結果の樹系図は図-3.2.4-1 に示すとおりとなる。

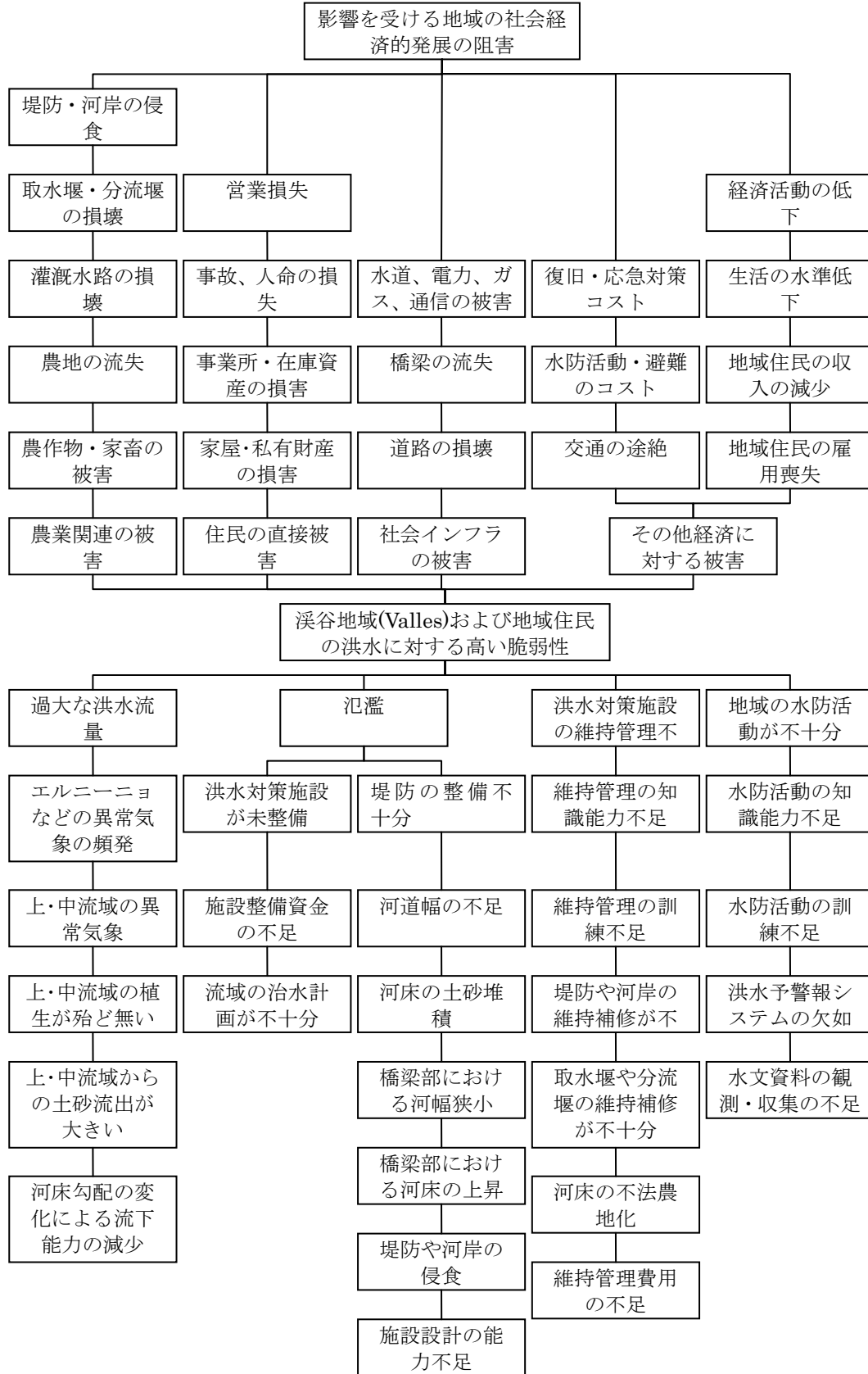


図-3.2.4-1 原因と結果の樹系図

### 3.3 プロジェクトの目的

プロジェクトの目標とする最終的な結果は溪谷地域（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することである。

#### 3.3.1 主要な問題点を解決する手段

##### (1) 主要な目的

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する。

##### (2) 直接のおよび間接的手段

主要な目的を達成するための直接のおよび間接的手段は表-3.3.1-1 に示すとおりである。

表-3.3.1-1 問題点を解決する直接のおよび間接的手段

直接的手段	1.過大な洪水流量の解析および軽減	2.氾濫の防止	3.洪水対策施設の維持管理の徹底	4.地域の水防活動奨励
間接的手段	1.1エルニーニョなどの異常気象の解析	2.1洪水対策施設の整備	3.1維持管理の知識能力の強化	4.1水防活動の知識能力の強化
	1.2上・中流域の異常降雨量の解析	2.2施設整備の資金の供給	3.2維持管理の訓練の強化	4.2水防活動の訓練実施
	1.3上・中流域の植生の実施	2.3流域の治水計画策定	3.3堤防や河岸の維持補修	4.3洪水予警報システムの整備
	1.4上・中流域からの土砂流出の軽減	2.4堤防の整備	3.4取水堰や分流堰の維持補修	4.4水文資料の観測・収集強化
	1.5河床勾配の変化による流下能力の減少への対策実施	2.5河道の拡幅	3.5河床の不法農地化の防止	
		2.6河床の堆積土砂の掘削	3.6維持管理費用の増加	
		2.7橋梁部における河幅の拡大		
		2.8橋梁部における河床堆積の掘削上		
		2.9堤防や河岸の侵食防止		
		2.10施設設計能力の強化		

#### 3.3.2 主要な目的を達成することにより得られる効果

##### (1) 最終的な効果

主要な目的を達成することにより得られる最終的な結果は溪谷地域（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することである。

##### (2) 直接のおよび間接的效果

最終的な結果を得るために主要な目的を達成することによって得られる直接のおよび間接的效果は表-3.3.2-1 に示すとおりである。

表-3.3.2-1 直接的および間接的効果

直接的効果	1.農業関連被害の軽減	2.住民の直接被害軽減	3.社会インフラの被害軽減	4.その他経済に対する被害
間接的効果	1.1農作物・家畜の被害軽減	2.1家屋・私有財産の損害防止	3.1道路の損壊防止	4.1交通の途絶防止
	1.2農地の流失軽減	2.2事業所・在庫資産の損害防止	3.2橋梁の流失防止	4.2水防活動・避難のコストの減少
	1.3灌漑水路の損壊防止	2.3事故、人命の損失防止	3.3水道、電力、ガス、通信の被害軽減	4.3復旧・応急対策コストの減少
	1.4取水堰・分流堰の損壊防止	2.4営業損失の軽減		4.4地域住民の雇用増加
	1.5堤防・河岸の侵食軽減			4.5地域住民の収入の増加
				4.6生活の品質向上
				4.7経済活動の発展

### 3.3.3 手段—目的—効果の樹系図

手段—目的—効果の樹系図は図-3.3.3-1 に示すとおりである。

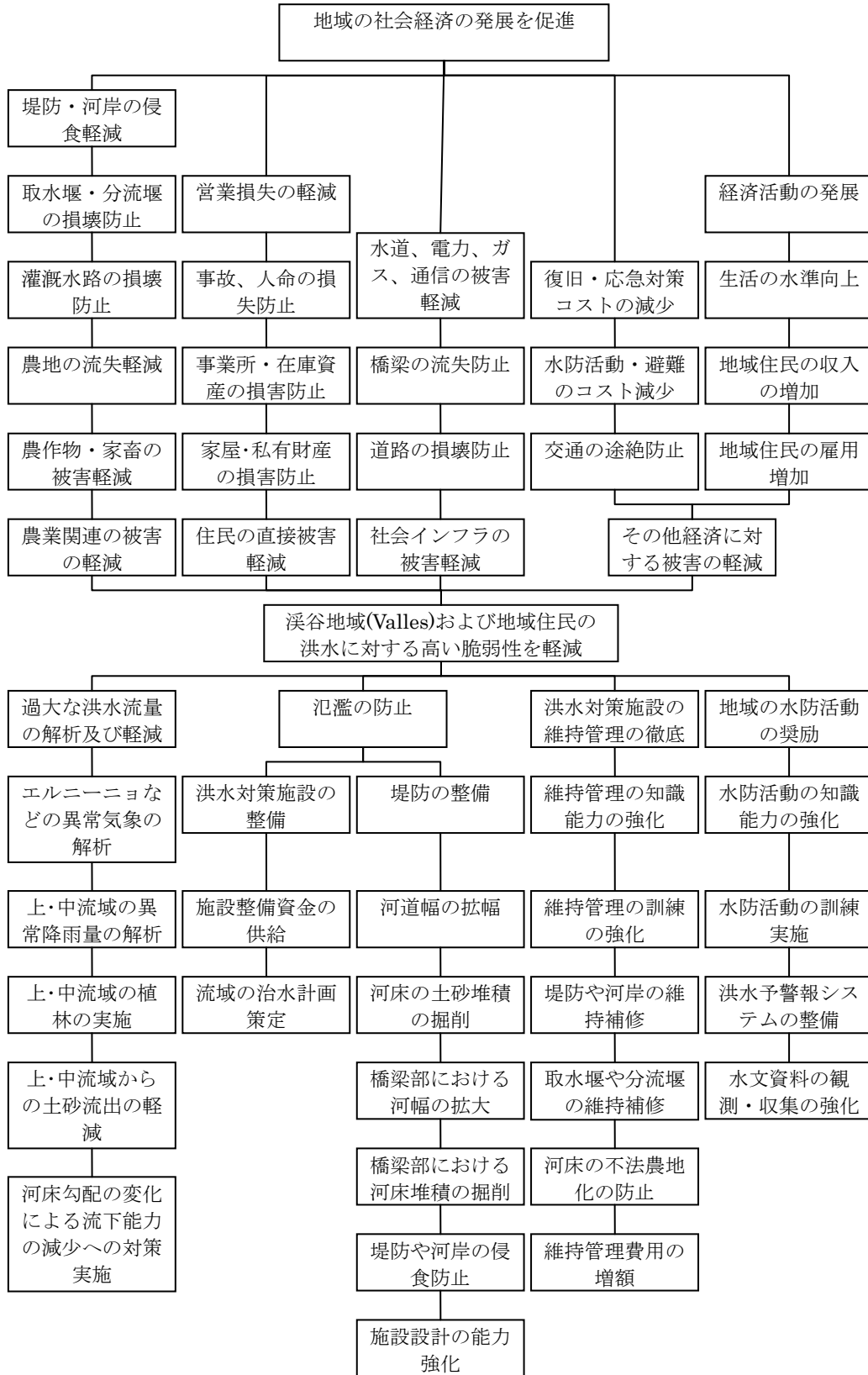


図-3.3.3-1 手段—目的—効果の樹系図



## 第4章 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 (Definición del Horizonte de Evaluación del Proyecto)

プロジェクトの評価期間は本プロジェクトのプログラムペルフィルレポートに採用されたと同様に 15 年間とする。SNIP の規定 Annex-10 には評価期間は原則として 10 年とするが、プロジェクトの形成機関（本プロジェクトの場合 DGIH）が必要と認めれば変更出来るとしている。DGIH はプログラムペルフィルレポートにおいて 15 年間を採用し、OPI および DGPM の承認を得ている（2010 年 3 月 19 日）。JICA の開発調査においては一般に 50 年を採用しているため、DGIH および OPI に問い合わせたところ、当初採用の 15 年とする事を指示された。なお評価期間を 50 年とした場合の社会経済評価は Annex-14 有償資金協力事業実施計画に記載する。

### 4.2 需要と供給の分析

確率 50 年洪水流量を計画洪水流量としてピスコ川流域において、500mピッチで実施した河川横断測量に基づき計画洪水流量が流下するときの計算水位を計算した。計算水位に必要な堤防余裕高を加えて必要な堤防高を算出する。

この堤防高は計画洪水流量に対して洪水被害を防御するために必要とされる高さであり、地域住民にとっての需要を表す指標となる。

また現在の堤防高または地盤高は現状における洪水被害を防御する高さであり、現時点での供給を表す指標となる。

上記の需要を表す計画堤防高と現堤防高または現地盤高の差が需要と供給のギャップと考えられる。

3.1.9 流出解析で求めた確率 50 年流量に対する計算水位に堤防余裕高を加えた必要堤防高（需要）および現堤防高または地盤高（供給）ならびにこれらの差（需給ギャップ）の平均値は表-4.2-1 に示す通りとなる。各地点におけるこれらの値は表-4.2-2 に示す通りである。地点によって現堤防または現地盤高が必要堤防高より高くなるが、この場合需給ギャップは 0 とした。

表-4.2-1 流域の需要と供給

流域	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②				③	④
ピスコ川	219.72	217.26	214.82	1.00	215.82	0.63	0.76

**表-4.2-2 ピスコ川各地点における需要と供給**

距離標 (km)	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②	③	④	⑤=③+④	⑥=⑤-①	⑦=⑤-②
0.0	2.47	2.71	3.30	1.00	4.30	1.83	1.59
0.5	3.80	5.11	4.12	1.00	5.12	1.31	0.00
1.0	5.28	5.20	5.76	1.00	6.76	1.48	1.56
1.5	7.89	8.34	8.65	1.00	9.65	1.76	1.31
2.0	13.15	11.82	12.16	1.00	13.16	0.00	1.34
2.5	16.51	14.57	15.80	1.00	16.80	0.29	2.23
3.0	25.64	19.07	19.62	1.00	20.62	0.00	1.55
3.5	24.20	23.61	23.54	1.00	24.54	0.34	0.93
4.0	27.00	26.93	27.51	1.00	28.51	1.51	1.58
4.5	31.55	31.66	31.43	1.00	32.43	0.88	0.77
5.0	37.35	37.31	36.54	1.00	37.54	0.19	0.23
5.5	40.53	40.09	40.35	1.00	41.35	0.82	1.26
6.0	44.98	43.66	44.45	1.00	45.45	0.47	1.79
6.5	49.78	48.97	48.52	1.00	49.52	0.00	0.55
7.0	56.31	56.69	52.72	1.00	53.72	0.00	0.00
7.5	56.28	55.40	55.91	1.00	56.91	0.63	1.51
8.0	60.66	60.23	59.52	1.00	60.52	0.00	0.28
8.5	64.92	64.20	64.49	1.00	65.49	0.56	1.29
9.0	69.49	69.05	68.58	1.00	69.58	0.09	0.53
9.5	73.22	73.24	73.13	1.00	74.13	0.91	0.88
10.0	78.17	87.08	76.49	1.00	77.49	0.00	0.00
10.5	79.60	79.39	80.30	1.00	81.30	1.70	1.91
11.0	85.06	84.53	84.78	1.00	85.78	0.72	1.25
11.5	91.61	89.30	89.65	1.00	90.65	0.00	1.35
12.0	96.04	94.38	94.58	1.00	95.58	0.00	1.20
12.5	99.09	98.36	98.76	1.00	99.76	0.67	1.39
13.0	103.98	103.27	103.65	1.00	104.65	0.68	1.38
13.5	107.23	108.24	108.74	1.00	109.74	2.51	1.50
14.0	112.45	113.10	113.75	1.00	114.75	2.29	1.64
14.5	118.77	116.28	117.30	1.00	118.30	0.00	2.02
15.0	125.85	122.38	122.20	1.00	123.20	0.00	0.82
15.5	126.60	126.39	126.52	1.00	127.52	0.92	1.13
16.0	131.82	131.42	131.71	1.00	132.71	0.89	1.29
16.5	136.08	136.32	136.65	1.00	137.65	1.57	1.34
17.0	143.80	141.45	142.09	1.00	143.09	0.00	1.64
17.5	147.98	147.40	147.30	1.00	148.30	0.31	0.89
18.0	151.54	152.41	152.32	1.00	153.32	1.77	0.91
18.5	157.07	155.95	156.77	1.00	157.77	0.70	1.82
19.0	166.46	161.42	161.94	1.00	162.94	0.00	1.52
19.5	166.46	168.01	167.92	1.00	168.92	2.46	0.91
20.0	173.43	174.70	173.49	1.00	174.49	1.06	0.00
20.5	178.93	179.30	179.59	1.00	180.59	1.66	1.29
21.0	184.96	187.88	185.15	1.00	186.15	1.19	0.00
21.5	190.89	190.81	190.91	1.00	191.91	1.02	1.10
22.0	196.74	196.23	196.34	1.00	197.34	0.60	1.11
22.5	201.23	202.48	202.07	1.00	203.07	1.84	0.59
23.0	208.45	208.82	208.47	1.00	209.47	1.01	0.65
23.5	212.59	214.69	212.69	1.00	213.69	1.10	0.00
24.0	218.64	219.69	218.85	1.00	219.85	1.21	0.16
24.5	224.51	225.32	224.45	1.00	225.45	0.94	0.13
25.0	229.61	231.33	229.69	1.00	230.69	1.07	0.00
25.5	236.02	235.32	235.64	1.00	236.64	0.62	1.32
26.0	241.27	241.61	241.33	1.00	242.33	1.06	0.72
26.5	247.52	256.44	247.48	1.00	248.48	0.96	0.00
27.0	254.12	263.85	251.69	1.00	252.69	0.00	0.00
27.5	257.70	255.68	257.05	1.00	258.05	0.35	2.37
28.0	261.99	262.22	262.55	1.00	263.55	1.56	1.33
28.5	267.82	268.20	268.44	1.00	269.44	1.62	1.24
29.0	274.48	274.33	274.80	1.00	275.80	1.32	1.47
29.5	281.84	280.46	280.56	1.00	281.56	0.00	1.10
30.0	291.17	316.87	290.00	1.00	291.00	0.00	0.00
30.5	292.63	320.90	292.30	1.00	293.30	0.67	0.00
31.0	300.50	298.22	298.01	1.00	299.01	0.00	0.79
31.5	306.03	304.11	304.24	1.00	305.24	0.00	1.13
32.0	308.19	311.58	309.37	1.00	310.37	2.18	0.00
32.5	318.33	322.80	317.35	1.00	318.35	0.02	0.00
33.0	325.11	329.73	323.46	1.00	324.46	0.00	0.00
33.5	331.02	330.64	330.17	1.00	331.17	0.15	0.53
34.0	348.32	337.51	335.88	1.00	336.88	0.00	0.00
34.5	343.73	344.76	341.81	1.00	342.81	0.00	0.00
35.0	351.25	354.05	352.39	1.00	353.39	2.14	0.00
35.5	359.29	357.35	357.63	1.00	358.63	0.00	1.28
36.0	402.55	363.51	363.73	1.00	364.73	0.00	1.22
36.5	371.86	373.96	370.13	1.00	371.13	0.00	0.00
37.0	375.78	379.66	376.03	1.00	377.03	1.25	0.00
37.5	425.76	386.95	382.44	1.00	383.44	0.00	0.00
38.0	432.47	393.78	389.60	1.00	390.60	0.00	0.00
38.5	439.56	400.77	395.90	1.00	396.90	0.00	0.00
39.0	449.06	402.74	402.74	1.00	403.74	0.00	1.00
39.5	457.67	413.14	408.67	1.00	409.67	0.00	0.00
40.0	449.76	421.44	416.83	1.00	417.83	0.00	0.00
40.5	441.31	430.28	422.24	1.00	423.24	0.00	0.00
41.0	437.72	434.93	429.32	1.00	430.32	0.00	0.00
41.5	447.00	441.37	437.31	1.00	438.31	0.00	0.00
42.0	453.31	451.72	443.63	1.00	444.63	0.00	0.00
42.5	455.27	450.09	450.24	1.00	451.24	0.00	1.15
43.0	464.45	464.02	456.92	1.00	457.92	0.00	0.00
43.5	472.01	489.37	464.80	1.00	465.80	0.00	0.00
44.0	483.96	480.24	470.90	1.00	471.90	0.00	0.00
44.5	484.27	485.63	478.17	1.00	479.17	0.00	0.00
45.0	495.46	494.34	485.30	1.00	486.30	0.00	0.00
平均	219.72	217.26	214.82	1.00	215.82	0.63	0.76

### 4.3 技術的提案

#### 4.3.1 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、検討の結果は後述する 4.12 中・長期計画、4.12.1 全体治水計画に述べてある。結論としては流域全体の治水方式として堤防方式を提案しているが、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高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

##### 1) ペルー国洪水対策ガイドライン

経済財務省（MEF）の公的部門多年度計画局（DGPM）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 Agricolas 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 年～50 年洪水流量が計画対象流量として考えられる。

##### 2) 既往最大流量と計画洪水流量

ピスコ川流域における年最大流量の観測値は図-4.3.1-1 に示すとおりである。これより既往最大流量を抽出して各生起年確率洪水流量とともに示すと表-4.3.1-1 に示すとおりである。

ピスコ川の既往最大流量は各河川において 1/50 年規模程度の洪水が過去に数回発生している。また、過去の洪水において多大な被害が発生しているのも 1/50 年規模程度の洪水規模の場合である。

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。

表-4.3.1-1 生起年確率洪水流量と既往最大流量(m<sup>3</sup>/sec)

河川名	確率10年	確率25年	確率50年	確率100年	既往最大
ピスコ川	451	688	855	963	956

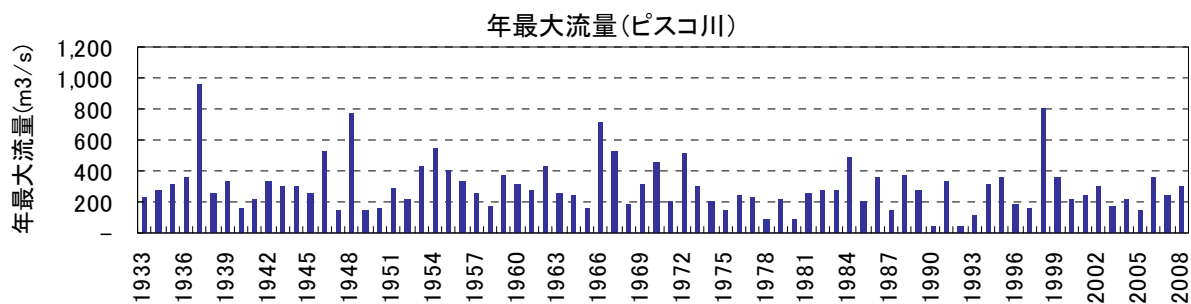


図- 4.3.1-1 年最大流量 (観測値 : ピスコ川)

### 3) 確率洪水流量と被害額および浸水面積

ピスコ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概略検討して図-4.3.1-2 に示す。

この図より次のことが言える。

- ① 確率洪水流量が増加するほど浸水面積が増加する (図中の緑線)。
- ② 確率洪水流量が増加するほど被害額が増加する (図中の赤線)。
- ③ 確率洪水流量の増加に伴って対策後の被害額は漸増する (図中の青線)。
- ④ 確率洪水流量の増加に伴って被害軽減額 (赤線と青線の差) は着実に増加し、検討した範囲では確率 50 年流量において最大となる。

上述したように確率 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、社会評価の結果経済効果も確認されている。

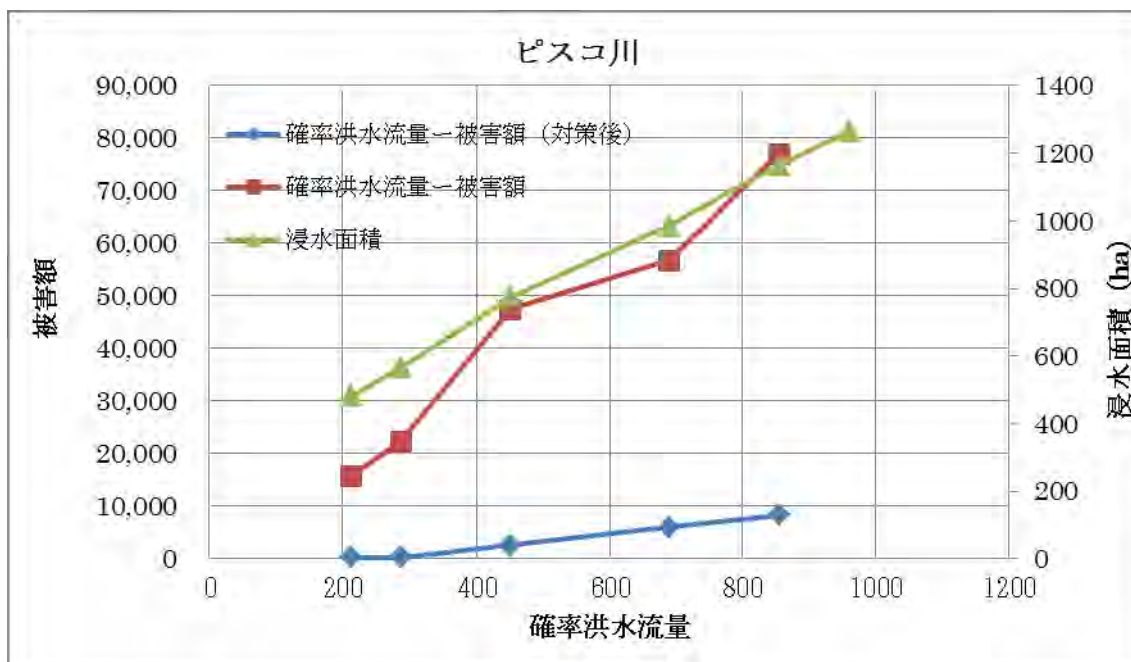


図-4.3.1-2 確率洪水流量と被害額および浸水面積 (ピスコ川)

(2) 地形測量

各構造物対策の予定地において表-4.3.1-2 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-4.3.1-2 地形測量の概要

河川名	位置	施設	地形測量 (S=1/2500)	横断測量(S=1/200)		
			(ha)	側線の数	平均長 (m)	合計 (m)
ピスコ川	Pi-1	護岸	10.0	21	50.0	1,050
	Pi-2	河道掘削	30.0	16	200.0	3,200
	Pi-3	護岸	7.5	16	50.0	800
	Pi-4	護岸	5.0	11	50.0	550
	Pi-5	取水堰	30.0	11	300.0	3,300
	Pi-6	取水堰	100.0	21	500.0	10,500
合計			182.5	96		19,400

(3) 重点洪水対策施設の選定

1) 基本方針

重点洪水対策施設の選定には次の項目を考慮した。

- ・ 地域住民の要望箇所 (過去の洪水被害を踏まえた要望)
- ・ 流下能力不足箇所 (洗掘箇所も含む)
- ・ 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、地元ヒヤリング結果（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、ピスコ川において治水上の対策が必要な箇所（総合評価点の高い箇所）6ヶ所を重点洪水対策箇所として選定した。

具体的には、河川測量を500mピッチ（横断図）で実施し、流下能力評価や氾濫解析をこれに基づいて実施しているため、500m区間毎に上記の各項目について3段階評価（0点、1点、2点）を行い、その合計点が6点以上の区間を選定した。なお、施設選定の下限值（6点）については、全体事業費の予算等にも配慮して設定した。

評価の項目と採点基準は表-4.3.1-3に示すとおりである。

**表-4.3.1-3 評価項目と採点基準**

評価項目	評価内容	段階評価基準
地域の要望箇所	<ul style="list-style-type: none"> <li>●過去の洪水被害の実績</li> <li>●地域住民・農民の要望</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模な洪水被害の経験があり、地域の要望が特に高い箇所（2点）</li> <li>・地域の要望箇所（1点）</li> </ul>
流下能力不足箇所（洗掘箇所含）	<ul style="list-style-type: none"> <li>●流下能力不足により氾濫の可能性</li> <li>●洗掘による堤防崩壊の可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流下能力が特に低い箇所（確率洪水流量1/10年以下）（2点）</li> <li>・流下能力の低い箇所（1/25年以下）（1点）</li> </ul>
背後地の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>●大規模農地等</li> <li>●市街地等</li> <li>●背後地や周辺施設の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模な農地が広がっている箇所（2点）</li> <li>・農地に市街地が混在、大規模市街地（2点）</li> <li>・上記の規模の小さいもの（1点）</li> </ul>
氾濫状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>●氾濫の規模</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・氾濫が平面的に大きく拡散する場合（2点）</li> <li>・氾濫が限定的な範囲に留まる場合（1点）</li> </ul>
社会環境条件 （地域の重要施設）	<ul style="list-style-type: none"> <li>●灌漑や上水道の取水施設など</li> <li>●主要道（パンアメリカーナなどの橋や道路）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域の重要施設がある場合（2点）</li> <li>・重要施設に準ずる施設（地方道、小規模取水施設等）の場合（1点）</li> </ul>

## 2) 選定結果

河川の各区間における評価の結果および重要洪水対策施設の選定結果は図-4.3.1-3に示すとおりである。



3) 選定根拠

各施設の選定根拠は表-4.3.1-4 に示すとおりである。

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。

**表-4.3.1-4 対策箇所の選定根拠 (Pisco 川)**

No	対策位置	選定根拠
①	3.0km～5.0km (左岸側) + (右岸側)	<p>当該箇所は、都市部へ氾濫が及んだ場合の地方経済への影響に配慮すべき箇所である。また、上流側の整備を実施した場合に、右岸側でも氾濫が始まり拡大するものと考えられる。また、蛇行河川であるため、堤防法面、法尻の防護が必要であるため、当該箇所は左右岸の築堤・護岸が必要である。</p> <p>また、既設の堤防が 5.0km～5.5km 付近（左右岸）に築造されていることにも十分留意する必要がある。</p> <p><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●過去の洪水において氾濫し、Pisco 市街地が浸水したことがある箇所</li> <li>●市街地の浸水を防ぐために、築堤・護岸が必要な箇所</li> <li>●上流側の整備により右岸側への氾濫も拡大する箇所</li> </ul> <p><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○対策位置左右岸に広がる広大な農地</li> <li>○対策位置左岸側のピスコ市街地</li> </ul> <p><b>&lt;保全方法 (どのように・どの程度) &gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼1/5 年確率規模から氾濫が始まり、1/50 年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50 年規模の流量を安全流下させる施設を整備する。過去に甚大な被害をもたらした 950m<sup>3</sup>/s (1/50 年規模相当) においても被害が発生しないような施設を整備する。</li> <li>▼上下流や用地に配慮して、築堤・護岸を行う</li> </ul>
②	6.5km～8.0km (河道掘削)	<p>当該箇所は道路橋による狭窄部であり、土砂が堆積しており流下能力が不足している。洪水時の堰上げにより上流側の水位が上昇し、上流側での氾濫を助長している。対策案の 1 つとして道路橋の改修が挙げられるが、現段階としては不可能である。(上記に記載) よって、橋梁付近の河道掘削等を実施し、流下能力を確保するとともに当該地区上流側の水位低下効果を期待する箇所である。</p> <p><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●狭窄部（道路橋部）であり、流下能力が不足している箇所</li> <li>●狭窄部による堰上げ効果により上流側に土砂が堆積している箇所</li> <li>●対策位置を河道掘削することにより上流部の水位低減効果か図れる箇所</li> </ul> <p><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○対策位置左岸側農地及び上流部左岸側の農地</li> </ul> <p><b>&lt;保全方法 (どのように・どの程度) &gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼当該箇所の流下能力不足により上流側の氾濫を助長しているため、1/50 年規模の流量を安全流下させる施設を整備する。過去に甚大な被害をもたらした 950m<sup>3</sup>/s (1/50 年規模相当) においても被害が発生しないような施設を整備する。</li> <li>▼河道を掘削し、道路橋（アメリカーナ）を拡幅せずに流下能力を確保する</li> </ul>
③	12.5km～14.0 k	<p>当該箇所は、左岸側で最も流下能力が小さく、小規模の洪水におい</p>



	m (左岸側)	<p>ても越水する可能性が非常に高い。左岸側の農地に繰り返し被害をもたらすと伴に大規模洪水の場合には甚大な被害を及ぼす可能性が高いため、早急に堤防及び護岸を構築する必要がある。</p> <p>なお、14.5km～14.0km 付近には新設の堤防が築堤されているため、取り付け等には十分留意して設計する必要がある。</p> <p><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●左岸堤が洪水流により破堤した箇所</li> <li>●現在、堤防整備が進んでいたが、途中でストップしている箇所</li> </ul> <p><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○対策位置左岸側及び下流側の農地</li> </ul> <p><b>&lt;保全方法 (どのように・どの程度) &gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全流下させる施設整備が必要である。</li> <li>▼流下能力を確保するために現況の堤防、地形等も生かしながら堤防高不足区間の築堤・護岸を行う</li> </ul>
④	19.5km～20.5km (左岸側)	<p>当該箇所は、左岸側の流下能力が周辺の中で最も小さい箇所であり、小規模な洪水においても越水する可能性が非常に高い。左岸側の農地に繰り返し被害をもたらすと伴に大規模洪水の場合には甚大な被害を及ぼす可能性が高いため、早急に堤防及び護岸を整備する必要がある。</p> <p><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●無堤のため両岸に氾濫し、Pisco 市街地への導水管が流された箇所</li> <li>●近年、河床上昇している箇所</li> <li>●流下能力不足を解消するために築堤・護岸が必要な箇所</li> </ul> <p><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○対策位置左岸側の農地</li> <li>○Pisco 市街地への導水管 (重要施設)</li> </ul> <p><b>&lt;保全方法 (どのように・どの程度) &gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全流下させる施設整備が必要である。また、Pisco 市街地への導水管の保全に留意すべき箇所である。</li> <li>▼流下能力を確保するために現況の堤防、地形等も生かしながら堤防高不足区間の築堤を行う</li> </ul>
⑤	26.0km～27.0km (左岸側への河道拡幅)	<p>当該箇所に位置する取水施設の取水機能を確保することが重要な箇所である。過去の洪水により水門施設が破壊され、土砂が堆積して用水路も機能不全に陥った箇所であることから、26.75km 地点(堰の上流)に低水時に確実に右岸側に流水が流れ、洪水時には左岸側に多くの流水が流れるような分水施設の構築が必要である。</p> <p><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●1998年洪水で水門施設が破壊され、用水路も土砂で埋没した箇所</li> <li>●取水堰の機能確保のために分流施設が必要な箇所</li> </ul> <p><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○対策位置右岸側の取水堰</li> </ul> <p><b>&lt;保全方法 (どのように・どの程度) &gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼当該河川の中でも最も重要な取水施設であり、施設機能が損なわれた場合の地域に与える影響は甚大であるため、過去に甚大な被害をもたらした 950m<sup>3</sup>/s (1/50年規模相当) においても被害が発生しないような施設整備が必要である。</li> <li>▼既存の堤防がほとんどないため、上下流や用地に配慮して、河道を拡幅する (ただし、道路橋部については、拡幅せず河道を掘削する)</li> </ul>
⑥	34.5km～36.5km (全体)	<p>34.5km 地点の堰が狭窄部となっており、その上流に多大な土砂が堆積している。したがって、当該施設を有効に活用し、堰の上流側を遊水地及び沈砂地として利用し、計画規模以上の洪水時に遊水効果を発揮できるように工夫することが重要な箇所である。</p> <p>この施設を有効に活用することにより、計画規模を超える洪水対策に活用するとともに、流出土砂の堆砂機能を確保する。</p>

	<p>本来であれば、下流側から順次 1/50 年の安全度を確保することが望ましいが、現段階としては、当該施設を有効活用し、計画規模 (1/50 年確率規模) 以上の流水ができるだけ下流に流れないように制御する施設とすることが重要である。</p> <p>&lt;対策位置の特徴&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●過去の洪水で堰上流右岸側に氾濫</li> <li>●現況施設の有効活用 (土砂対策等) が重要な箇所</li> </ul> <p>&lt;保全対象&gt;</p> <p>○対策位置の下流側全域</p> <p>&lt;保全方法 (どのように・どの程度) &gt;</p> <p>▼当該箇所は、ピスコ川の上流部に位置し、土砂及び流水を制御するのに最も適した場所である。ピスコ川の特徴としては、流量が増加するごとに氾濫面積が徐々に増加する傾向にあるが、1/50 年規模に流量が増大した時に被害額が大きく増加する傾向を示し、1/50 年規模を超えた場合には、さらに被害額が増大するものと考えられる。したがって、ピスコ川の特徴を考えると 1/50 年規模の洪水以上の洪水に対して超過洪水対策を講じることが重要である。ここでは、1/50 年規模の洪水が発生した場合にその超過分を貯留する施設、さらには、土砂に対しても下流に一気に流さない貯砂機能を備えた施設整備が望まれる。</p>
--	--

(4) 重点洪水対策施設の位置

ピスコ川における重点洪水対策施設の位置は図-4.3.1-4 に示すとおりである。

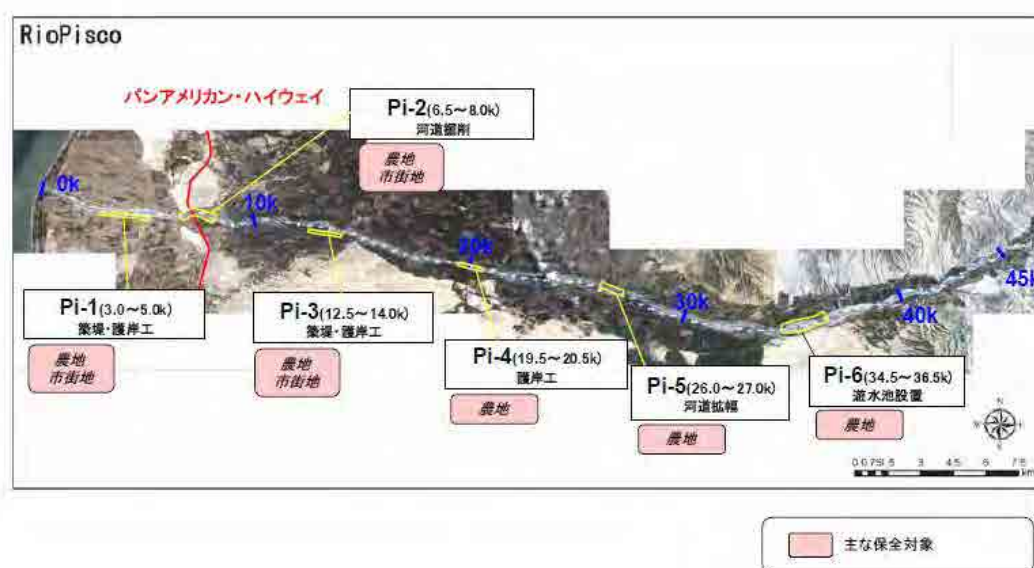


図-4.3.1-4 ピスコ川における重点洪水対策構造物の位置

(5) 堤防の標準断面

i) 天端幅

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。

ii) 堤防の構造

堤防の構造は、過去の被災履歴、地盤条件、背後地の状況等を勘案して過去の経験等に基づいて計画した。

各流域の堤防構造は、すべて土質材料により構成されている。地域ごとに若干構造が異な

るが現地で確認し、堤防の管理者からヒヤリングした結果は次のようである。

- ① のり面勾配は鉛直1に対して水平2の1：2勾配程度のものが大半である。河川や地域によって若干形状が異なる。
- ② 堤体材料は、近傍の河床材料を使用しており、砂礫～礫混じり砂質土で塑性は低い。材料強度として粘着力は期待できないものが大半である。
- ③ カニエテ川流域では大小の砂礫で構成される礫質土で構成されており、比較的良く締まっている。
- ④ チラ川のスヤナ堰より下流では、シルト混じりの砂質土で構成され、川表側に比較的透水性の低い材料を配置し、河裏側に透水性の高い材料を配置するゾーン型の構造として設計している。しかし、現実には透水性の低い材料の入手は困難で、施工管理で粒度等の管理による厳密な材料配置をしているわけではないとのことである。
- ⑤ 各河川で被災箇所を調べたが、洪水による破堤箇所と残存箇所の堤防に特別な堤体材料や地盤の差は認められなかった。破堤は、殆ど越流によるものである。
- ⑥ チラ川、カニエテ川などでは水制工が施工されているが、破壊されているものも多い。水制工は巨石で構成されているが内部は土砂で構成されているものもあり内部材料の吸出しにより破壊された可能性がある。
- ⑦ ピスコ川の河口部では巨石で構成された護岸があり、管理者の話では、この構造は破堤に対して強いとのことである。巨石材料については、概ね10km圏内に採石場がありそこから搬送している。

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。
- ② 堤防の糊面勾配は、粘着力のない砂質土であれば、内部摩擦角 $\phi$   $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 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。(  $\theta$  : のり面勾配、  $\phi$  内部摩擦角、  $n$  : 安全率 1.5)  
必要な安定勾配は、内部摩擦角  $30^{\circ}$  に対して  $V : H = 1 : 2.6$  ( $\tan \theta = 0.385$ ) となる。  
この計算上必要なのり面勾配に対して、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、異常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。
- 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として護岸の最小の厚みを1mと計画した。

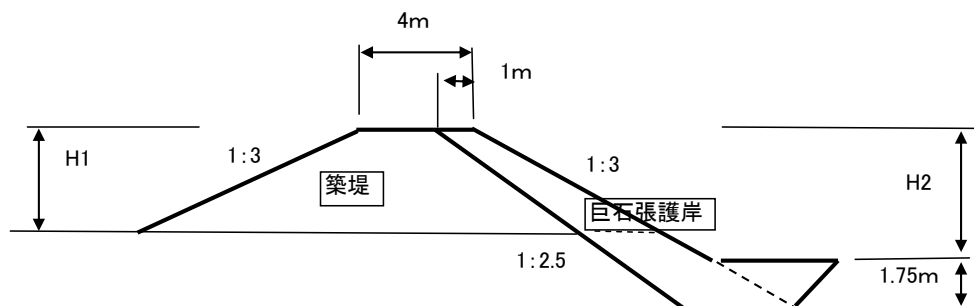
### iii) 堤防の余裕高

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-4.3.1-5のとおりである。ペルー国には余裕高についての基準が無いが、河川の状況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-4.3.1-5 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 <sup>3</sup> /s 未満	0.6m
200 m <sup>3</sup> /s 以上 500 m <sup>3</sup> /s 未満	0.8m
500 m <sup>3</sup> /s 以上 2,000 m <sup>3</sup> /s 未満	1.0 m
2,000 m <sup>3</sup> /s 以上 5,000 m <sup>3</sup> /s 未満	1.2 m
5,000 m <sup>3</sup> /s 以上 10,000 m <sup>3</sup> /s 未満	1.5 m
10,000 m <sup>3</sup> /s 以上	2.0 m



**図-4.3.1-5 堤防の標準断面**

#### 4.3.2 非構造物対策

##### 4.3.2.1 植林/植生回復

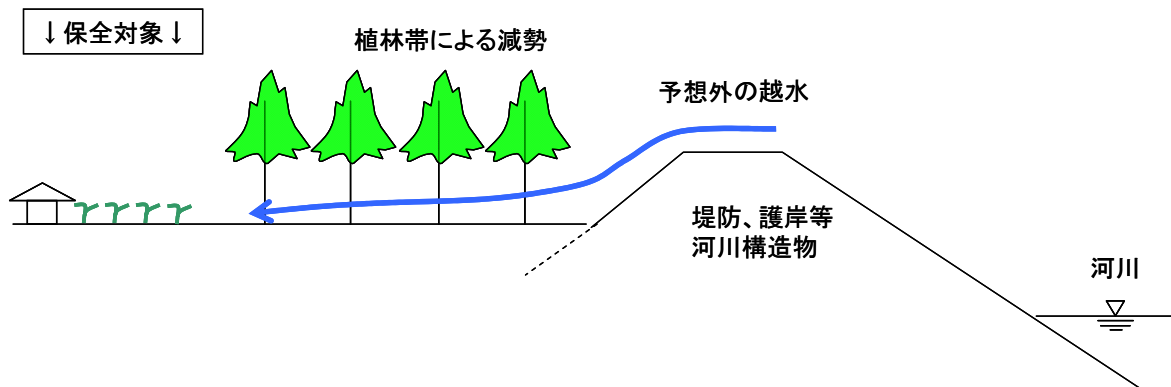
###### (1) 基本方針

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。後者については後述する 4.12 中・長期計画、4.12.2 植林・植生計画に述べるように、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。

###### (2) 河川構造物沿いの植林について

この案は堤防や護岸などの河川構造物沿いに植林を行う案である。

- a) 目的：予想外の流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。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 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)

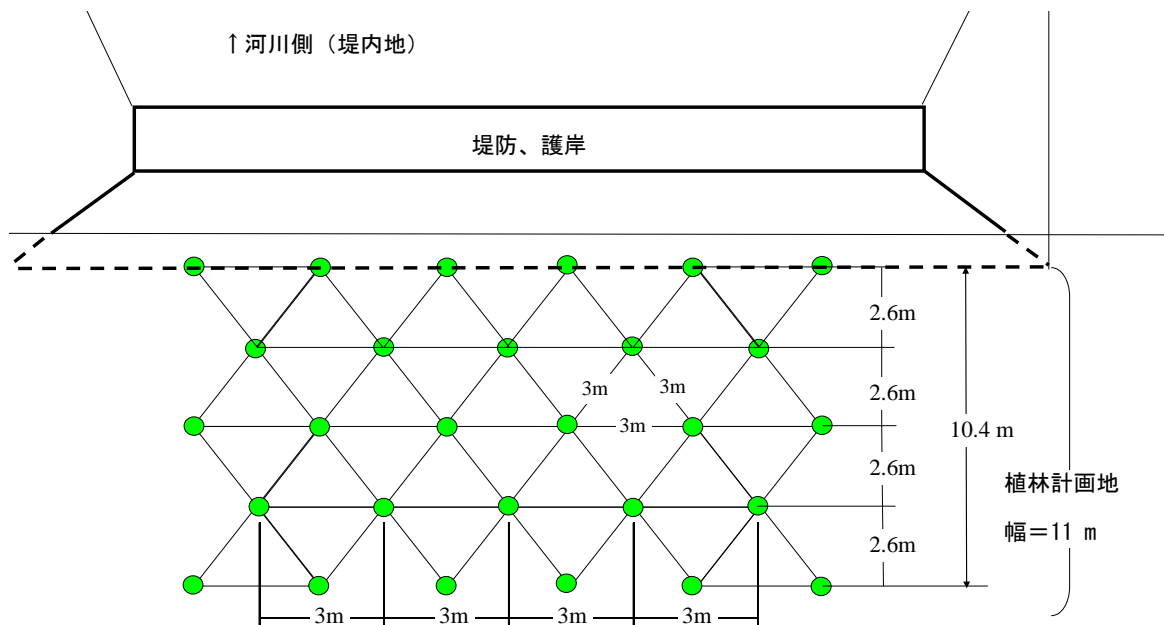
図-4.3.2.1-1 河川構造物沿いの植林 概念図

### (3) 河川構造物沿いの植林/植生回復計画

洪水時になんらかの理由で堤防等を越水した場合に備え、河川構造物沿いに植生帯を設け、緩衝帯としての機能を発揮させる。

#### 1) 構造 (植栽配置)

ペルー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。3m間隔で植栽木を配置した場合、直径1mの石がどこかの立木に衝突し、停止するかあるいは減勢されることも期待でき、これを4列配置することにより効果を高める。ただし、主たる目的は堤防等を乗り越えてくる洪水の減勢であり、洪水が直接立木に衝突した場合、その効果はあまり期待できない。



(出典：JICA 調査団)

図-4.3.2.1-2 河川構造物沿いの植林計画標準配置図

#### 2) 植栽樹種

以下の評価項目によって河川沿いに植栽する樹種を評価し、総合的に判断して選定した。樹種特性から河川沿いで生育すると考えられること (施工地近傍に自生していることが

望ましい)

- ① 苗木生産が可能なこと
- ② 木材、果実などが利用可能であること
- ③ 住民の要望があること
- ④ 郷土種であること（望ましいが必須ではない）

現地調査の結果、現地で植栽されている樹種、あるいは自生している樹種のリストを作成し、苗木生産業者へのヒアリングによって苗木生産が可能な樹種のリストを作成した。現地における適性、苗木生実績、の2点を重視し、利用、要望、郷土種であることは参考にした。それぞれの評価基準は表-4.3.2.1-1 に示すとおりである。

**表-4.3.2.1-1 樹種選定の評価基準**

		評価項目				
		1	2	3	4	5
評価点	A	現地で自生・植栽を確認した	通常生産されている	木材と果実が利用可能	水利組合等の要望有	郷土種である
	B	現地では自生が確認できなかったが一般樹種特性では適性がある	時々生産される	木材か果実のどちらかが利用可能	水利組合の要望なし	郷土種ではない
	C	上記の2項目に該当しない	生産可能だが稀	どちらも利用されない	—	—
	D	不明	生産されていない	不明	—	—

(出典：JICA 調査団)

この評価基準をもって想定される樹種を評価した結果として、選定された樹種は、表-4.3.2.1-2 に示すとおりである。◎の樹種を主として計画し、○を3割から5割の割合で混交する。混交する理由は、病虫害等の理由で植栽樹種に被害があった場合に全滅を避けるためである。

**表-4.3.2.1-2 選定した樹種**

ピスコ流域	: ユーカリ (◎)、ワランゴ (○)、モクマオウ (○)
-------	-------------------------------

ピスコ流域では、ユーカリを主として植栽する。ユーカリはこれらの流域で植栽実績があり、かつ、適性が高い。また、水利組合の要望も高い樹種である。ワランゴ (*Prosopis limensis* : 北部で同じ呼び名の別の種がある) は、ペルー南部のコスタ地域での代表的区郷土樹種であり、パン・アメリカン高速道路沿いの植林実績もある。モクマオウはこれらの地域では主として農地の周辺に防風・防砂用に植栽されることが多い。

### 3) 植林/植生回復計画数量

河川沿いに計画される、護岸工、堤防、遊砂地において(i)で述べたような配置計画で植林計画を策定する。植栽幅は11mとするが、遊砂地では遊砂地の内部で通常の河川水を流下させる場所以外の場所に植栽する。

ピスコ川流域における植林/植生回復数量は表-4.3.2.1-3 に示すとおりである。なお植林は河川堤防沿いに行う事としているので、築堤を伴わない洪水対策（河床掘削、堰の改修など）については表中で植林の数量を計上していない。

**表-4.3.2.1-3 植林/植生回復計画数量 (河川沿い)**

番号	位置	植林延長 (m)	植林幅 (m)	植林面積 (ha)	植栽本数 (本)	植栽樹種内訳(本)			
						ユーカリ	ワランゴ	モクマオウ	計
Pi-1	左岸	2,000	11	2.2	6,512	3,256	1,954	1,302	6,512
Pi-2	全体			0.0	0	—	—	—	—

番号	位置	植林延長 (m)	植林幅 (m)	植林面積 (ha)	植栽本数 (本)	植栽樹種内訳(本)			
						ユーカリ	ワランゴ	モクマオウ	計
Pi-3	左岸	1,500	11	1.7	5,032	2,516	1,510	1,006	5,032
Pi-4	左岸	1,000	11	1.1	3,256	1,628	977	651	3,256
Pi-5	全体			0.0	0	—	—	—	—
Pi-6	全体	2,000	600	120.0	355,200	177,600	106,560	71,040	355,200
ピスコ 流域 計		6,500		125.0	370,000	185,000	111,001	73,999	370,000

(出典：JICA 調査団)

#### 4)植林/植生回復計画箇所

河川構造物の植林/植生回復計画箇所はそれぞれの構造物の配置と同じであるため、配置については、図-4.3.2.1-2 を参照されたい

#### 5)植林/植生回復計画工事費

植林/植栽計画の工事費は以下の方法で算出した。

- ・ 苗木単価 (苗木単価+運搬費)
- ・ 植栽労務費

苗木の供給者は i)アグロルーラル、ii)民間業者に区分できるが、河川沿いの植林については ii)民間業者から苗木を購入する計画とする。

##### (i) 苗木単価

民間業者へのヒアリングにより苗木単価を表-4.3.2.1-3 のように設定した。苗木の値段、輸送費とも業者によって幅があるため、平均値を用いている。

**表-4.3.2.1-4 苗木単価**

流域	樹種	苗木単価 (苗木単価+輸送費) (ソレス/本)
ピスコ	ユーカリ	1.4
	ワランゴ	1.8
	モクマオウ	2.2

##### (ii) 植栽労務費

植栽作業の歩掛は、アグロルーラル、水利組合などからの聞き取りによって 40 本/人日として計算した。労務単価は河川沿い植林では 33.6 (ソレス/人日)、上流域の植林ではその半分として 16.8 (ソレス/人日) とした。

##### (iii)植林工事費

河川沿い植林/植生回復計画に必要な直接工事費は表-4.3.2.1-5 に示すとおりである。なお用地取得は堤防用地と同時に行い別途計上する。

**表-4.3.2.1-5 植林工事費**

流域	番号	植林工事費		
		苗木費用	植栽費用	計
ピ ス コ	Pi-1	10,940	5,470	16,410
	Pi-2			
	Pi-3	8,454	4,227	12,681
	Pi-4	5,470	2,735	8,205
	Pi-5			
	Pi-6	596,736	298,368	895,104

流域	番号	植林工事費		
		苗木費用	植栽費用	計
ピスコ流域計		621,600	310,800	932,400

#### 6) 事業実施工程計画

河川沿い植林の工事工程計画は河川構造物の一部であることから、河川構造物の工事計画と同じとする。本来、植栽木の活着のため、雨季開始時あるいはその直前に植林作業を開始し、雨期終了1ヵ月程度前に終了しなければならないが、河川沿いの地域はほとんど降雨がないため、雨期乾期の影響は少ない。したがって、できるだけ河川水位が上昇する時期を狙って植栽することが望ましいが、河川構造物の建設工事工程によっては河川水位が低い時期に植栽しても大きな問題はなく、河川水位が上昇するまでホースを利用した重力式の簡易な散水システムを用いて植栽後3ヶ月程度の間散水すればよい。この散水システムはホースを等高線上に配置し、ホースに穴をあけて散水する方法でチラ川のポエチョスダム周辺で実施されていた現場技術を利用する。

#### 4.3.2.2 土砂制御計画

##### (1) 土砂制御計画位置づけ

対象流域における治水上の課題として以下があげられており、その内の幾つかは土砂制御に関係が深い。本プロジェクトでは、上流から下流まで一貫した総合的な治水計画検討が行われている。土砂制御計画では、流域全体を対象として土砂制御の検討を実施した。

- 洪水が河岸高を越え、氾濫する。
- 河床勾配が 1/30-1/300 程度の急流河川である。そのため、流速、土砂運搬能力が大きい。
- 大量の流入土砂の堆積による河道閉塞・河床上昇が洪水被害を助長している。
- 河道は土砂堆積が激しく、複列砂州の形態となっており、濤筋や水衝部が不安定で流路が変化し、水衝部もそれにつれて移動する。
- 河岸の侵食が激しい。そのため農地等の面積減少、地域主要道路の崩壊の危険等があり、保護する必要がある。
- 農業用水路の取水口が土石により損傷や破壊される。

##### (2) 土砂制御計画（構造物対策）

現在の土砂移動形態に適合した土砂制御計画を検討した。基本方針は表-4.3.2.2-1 に示す通りとする。

**表-4.3.2.2-1 土砂制御計画基本方針**

状況	通常時	50年超過確率降雨時
土砂流出状況	河岸侵食および河床変動	河岸侵食および河床変動 溪流からの土石流
対応方針	侵食防止→護岸工 河床変動防止→床固工、帯工 (扇頂部での床固工、帯工)	侵食防止→護岸工 河床変動防止→床固工、帯工 (扇頂部での床固工、帯工) 土石流対応→山腹保全工、砂防堰堤の配置



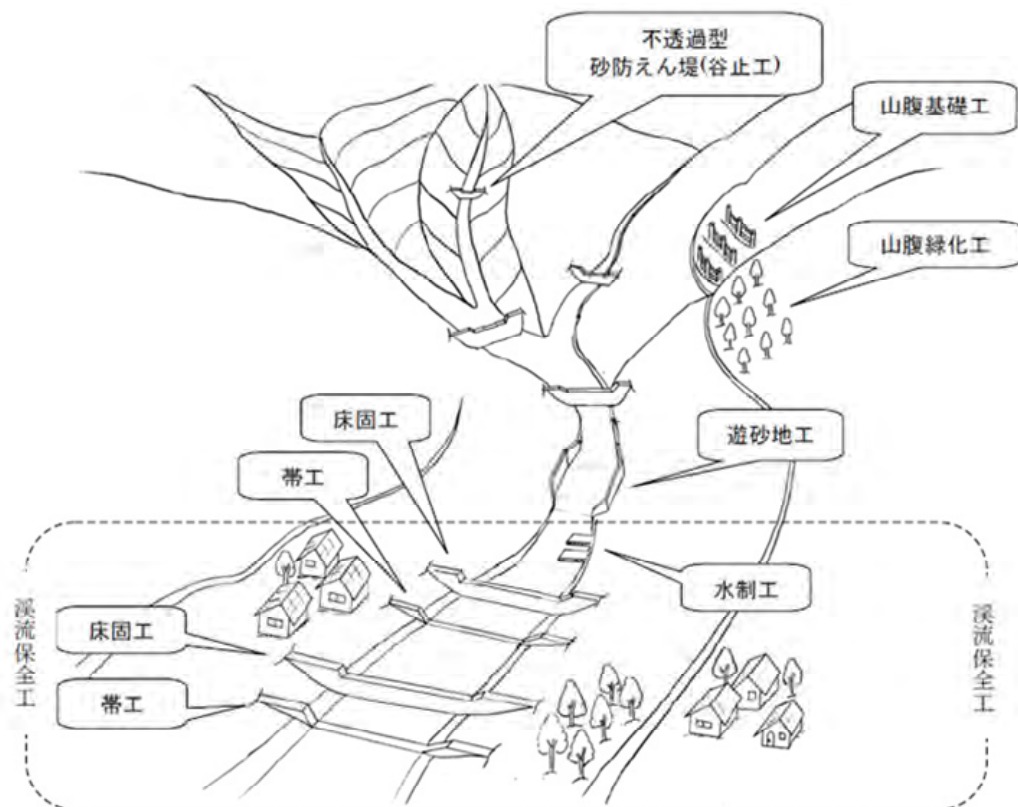


図-4.3.2.2-1 土砂制御対策

1) 上流域での土砂制御計画

上流域全体を対象とした土砂制御計画は後述の 4.12 中・長期計画、4.12.3 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。

2) 扇状地での土砂抑制計画

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。

i)河床変動解析結果

ピスコ川における河床変動解析結果は次に示す通りである。河床変動解析結果によれば、ピスコ川において土砂堆積の影響が大きい結果となったので、扇状地での土砂抑制計画を実施することが望ましい。

総流入土砂量 (千 $m^3$ )	8658
年平均流入土砂量 (千 $m^3$ )	173
総河床変動量 (千 $m^3$ )	2571
平均河床変動高 (m)	0.2

ii)扇状地での土砂抑制計画

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。

ピスコ川流域では、34.5kにて遊水池が計画されており、この遊水池は沈砂池の機能を有する。

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。

### 3)本プロジェクトにおける実施計画

今回対象としている流域は広大であり、流域全体で護岸工および砂防ダム等の施設を配置した場合、建設コストだけでなく、事業終了まで長期間を要する。このため、効果発現までにかかなりの時間が必要となる。

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、ピスコ川では、砂防機能を有する河川構造物（遊水地）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する。堆砂機能を確保・維持するための除石工のための進入路、維持管理用のスペースなどの施設を含めることとする。

### 4.3.3 技術支援

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

本コンポーネントの目的は、「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

本コンポーネントにおいても、本事業対象流域であるピスコ川流域を対象とする。

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、ピスコ川流域の水利組合および小組合の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者などを想定する。

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、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「河岸保護活動の知識に係る研修」、「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」、「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」を実施する。

##### 1) 活動 1 「河岸保護活動の知識に係る研修」

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 「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」

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)
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
対象者	a-b) 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 19 回 (1 日 4 時間) b) 各流域において全 34 回 (1 日 5 時間)
講 師	a-b) 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) 生態学的地域計画 b-2) 危機管理計画 b-3) 活動計画策定

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 (山腹) 保全技術 b) 植林用苗木栽培技術 c) 植林用苗木植え付け技術 d) 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山腹部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。 c) 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。 d) 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
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 (山腹) 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) 山腹部の農林システム a-3) 山腹部の牧草システム a-4) 伝統的な植物群の再生方法 a-5) 山腹部の保全対策および軽減策 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) 事業費用および期間**

ピスコ川における上記活動にかかるコスト(見込み)は、表-4.3.3-1のとおりであり、S/.129,170(案)を見込む。

また、事業期間は構造的および非構造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-4.3.3-1 技術支援の内容と直接費用**

項目	活動	形態	溪谷数	費用計(S/.)	第1年度費用	第2年度費用
	選択肢 1					
1.00	<b>河岸保護活動の知識に係る研修</b>					
1.1.	構造物維持管理に係る実習・講習:	実習・講習	1	9,300	4,650	4,650
1.2.	河岸植物の取り扱いに係る実習・講習	実習・講習	1	9,300	4,650	4,650
	侵食の予防と軽減に係る実習・講習	実習・講習	1	9,300	4,650	4,650
	天然資源の管理に係る実習・講習	実習・講習	1	9,300	4,650	4,650
2.00	<b>洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修</b>					
2.1	危機管理計画策定に係る実習・講習	実習・講習	1	8,370	4,185	4,185
2.2	上記に係る詳細実習・講習					
	生態学的地域計画	実習・講習	1	12,200	6,100	6,100
	危機管理計画	実習・講習	1	12,200	6,100	6,100
	資源管理計画	実習・講習	1	12,200	6,100	6,100
	活動計画策定	実習・講習	1	12,200	6,100	6,100
3.00	<b>河川堆積対策向け溪谷(山腹)管理に係る研修</b>					
3.1	溪谷(山腹)保全技術	実習・講習	1	7,500	3,750	3,750
	植林用苗木栽培技術	実習・講習	1	7,900	3,950	3,950
	植林用苗木植え付け技術	実習・講習	1	7,900	3,950	3,950
	森林資源管理・保全	実習・講習	1	7,900	3,950	3,950
3.2	パンフレット等資料の配布	実習・講習	1	3,600	1,800	1,800
	<b>合計</b>			<b>129,170</b>	<b>64,585</b>	<b>64,585</b>

出典: JICA調査団

## (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水インフラ総局（DGIH-MINAG）が、州政府農業局（DRA）や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。

- ・ 農業省水インフラ総局（DGIH-MINAG）は、本コンポーネントの実施に当たり、各流域を管轄する農業省中央管理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、農業省水インフラ総局は、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（INDECI）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、農業省水インフラ総局（DGIH-MINAG）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（INDECI）等関連諸機関の各専門家およびコンサルタント（国際的および国内）を通じて実施される。

#### 4.4 コスト

##### 4.4.1 コストの算出(民間価格)

###### (1) 事業費の構成

事業費の構成は次のとおりである。

- ① 直接工事費＝工事種別毎の工事数量 x 工事単価の合計
- ② 共通仮設＝① x 10%
- ③ 工事費-1＝①＋②
- ④ 諸経費＝③ x 15%
- ⑤ 利益＝③ x 10%
- ⑥ 工事費-2＝③＋④＋⑤
- ⑦ 税金＝⑥ x 18% ( I G V )
- ⑧ 建設費＝⑥＋⑦
- ⑨ 環境対策費＝⑧ x 1%
- ⑩ 詳細設計費＝⑧ x 5%
- ⑪ 施工管理費＝⑧ x 10%
- ⑫ 事業費＝⑧＋⑨＋⑩＋⑪

###### (2) 直接工事費

ピスコ川流域の構造物対策の直接工事費の総括表を表-4.4.1-1 に示す。

###### (3) 事業費

事業費は表-4.4.1-2 に示すように 71.6 百万ソルとなる。この事業費には植林・植生回復工、洪水予警報および技術支援コストも含まれている。なお構造物完成後に毎年必要となる維持管理費は建設費の 0.5%と仮定する。

表-4.4.1-1 直接工事費総括表 (民間価格)

Cuenca 流域名	Puntos críticos クリティカル・ポイント		Medidas 対策		Costo directo 直接工事費計 (1)
	Rio Pisco ピスコ川	1	5.5K	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工
2		7.0K	Descolmatación de cauce	河床掘削	2,700,000
3		13.5K	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	5,486,000
4		20.5K	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	1,965,000
5		26.5K	Ampliación de cauce fulvial	河道拡幅	9,530,800
6		34.5K	Reservorio de retención	遊水地	12,163,000
<b>SUB TOTAL</b>					<b>37,084,800</b>

表-4.4.1-2 事業費 (民間価格)

(金額：ソル)

COSTOS A PRECIOS PRIVADOS																
Nombre de la Cuenca	MEDIDAS ESTRUCTURALES											MEDIDAS NO ESTRUCTURALES 非構造物対策		ASISTENCIA TECNICA 能力開発	COSTO TOTAL DEL PROGRAMA 全体事業費	
	COSTO DIRECTO (直接工事費)			COSTO INDIRECTO (間接工事費)								INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費	REFORESTACION Costo Total 植林/植生回復 事業費	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Costo Total 洪水予警報 事業費		CAPACITACION Costo Total 防災教育 事業費
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15 x (3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1 x (3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18 x (6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01 x (8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05 x (8)	Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1 x (8)					
PISCO	37,084,800	3,708,480	40,793,280	6,118,992	4,079,328	50,991,600	9,178,488	60,170,088	601,701	3,008,504	6,017,009	69,797,302	1,592,539	0	219,105	71,608,946





#### 4.4.2 コストの算出（社会価格）

##### (1) 直接工事費

ピスコ流域の構造物対策の直接工事費の総括表を表-4.4.2-1 に示す。民間価格直接工事費を変換係数により社会価格に変換した。

##### (2) 事業費

事業費は表-4.4.2-2 に示すように 57.6 百万ソルとなる。この事業費には植林・植生回復工、洪水予警報および技術支援コストも民間価格より変換して含めている。



表-4.4.2-1 直接工事費総括表 (社会価格)

Cuenca 流域名	Puntos críticos クリティカル・ポイント		Medidas 対策		Precio Privado 民間価格 (PP)	Factor de Corrección 係数 (fs)	Precio Social 社会価格 (FS) = (C) x (PP)
							SOLES (ソル)
Rio Pisco ピスコ川	1	5.5K	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	5,240,000	0.804	4,212,960
	2	7.0K	Descolmatación de cauce	河床掘削	2,700,000	0.804	2,170,800
	3	13.5K	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	5,486,000	0.804	4,410,744
	4	20.5K	Construcción de dique+defensa ribereña	築堤・護岸工	1,965,000	0.804	1,579,860
	5	26.5K	Ampliación de cauce fulvial	河道拡幅	9,530,800	0.804	7,662,763
	6	34.5K	Reservorio de retención	遊水地	12,163,000	0.804	9,779,052
<b>SUB TOTAL</b>					<b>37,084,800</b>		<b>29,816,179</b>

表-4.4.2-2 事業費 (社会価格)

(金額: ソル)

COSTOS A PRECIOS SOCIALES																				
Nombre de la Cuenca	MEDIDAS ESTRUCTURALES											MEDIDAS NO ESTRUCTURALES 非構造物対策		ASISTENCIA TECNICA 能力開発	COSTO TOTAL DEL PROGRAMA 全体事業費					
	COSTO DIRECTO (直接工事費)			COSTO INDIRECTO (間接工事費)								INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費	REFORESTACION Total Costo 植林/植生回復 事業費	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Costo Total 洪水予警報 事業費		CAPACITACION Costo Total 防災教育 事業費				
	Costo Directo	Costo de Obras Temporales	Costo de Obras	Gastos Operativos	Utilidad	Costo Total Infraestructura	IGV	Costo Total Obra	Impacto Ambiental	Expediente Tecnico	Supervisión						(7) = 0.18 x (6)	(8) = (6)+(7)	(9)=0.01 x (8)	(10) = 0.05 x (8)
流域名	直接工事費計	共通仮設費	工事費	諸経費	利益	構造物工事費	税金	建設費	環境影響	詳細設計	施工管理費	構造物・事業費	植林/植生回復 事業費	洪水予警報 事業費	防災教育 事業費	全体事業費				
PISCO	29,816,179	2,981,618	32,797,797	4,919,670	3,279,780	40,997,246	7,379,504	48,376,751	483,768	2,418,838	4,837,675	56,117,031	1,257,801	0	189,759	57,564,591				



## 4.5 社会評価

### 4.5.1 民間価格

#### (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。ペルー国における洪水対策ガイドライン (GUÍA METODOLÓGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCIÓN Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRÍCOLAS O URBANAS、4.1.2p-105) においても同様の方法が規定されている。

具体的な便益の算定方法は

事業を実施しない場合の氾濫解析を洪水の生起確率 (2~50 年) ごとに行い、氾濫地域における洪水被害額を算出する。次に

重点洪水対策施設 (Pi-1~Pi-6) を配置した状態で同様の氾濫解析を行い、氾濫区域における洪水被害を算出する。

①と②の差に、堤防以外の施設 (取水堰、道路護岸、ダム保護など) について算出した便益を加えて合計の便益を算定する。

被害は氾濫による直接被害および構造物被災危険箇所については、その構造物が破損することによる間接被害額 (農作不能、交通遮断による損失等) を便益とする。

#### 1) 被害額の算定方法

本件調査では、表-4.5.1-1 に示す項目を直接被害及び間接被害として設定し、被害額を算定している。

**表-4.5.1-1 洪水被害額の算定項目**

被害分類	被害項目	適 用
(1)直接被害	①農作物被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水期における畑作物 農作物に関する洪水被害は、浸水深及び浸水日数に応じた被害率を乗じて農作物被害額を算定</li> <li>・ 農地及び水路等の農業用施設</li> <li>・ 農地土砂流出被害資産額に浸水深及び浸水日数に応じた被害率を乗じて農作物被害額を算定</li> </ul>
	②水利構造物への被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水堰及び水路等の水利構造物の破損による被害額</li> </ul>
	③道路被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路に関する洪水被害は、流通に関する被害を算出する。</li> </ul>
	④家屋被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・居住用及び事業所用の建物 資産額に水深に応じた被害率を乗じて算出。 家屋：居住用及び事業所用の建物 家庭用品：家具・家電製品・衣類・自動車等 住宅及び商店の家屋、資産、在庫に関する洪水被害は、洪水による浸水深によって被害係数を乗じることにより算出する。</li> </ul>
	⑤公共施設被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路、橋梁、下水道及び都市施設</li> <li>・学校、教会等の公共施設の被害を算出する。 一般資産被害額に施設等に応じた比率を乗じ、公共土木施設等の被害額を算定</li> </ul>
	⑥公共サービス被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力・ガス・水道・鉄道・電話等の施設</li> </ul>
(2)間接被害	①農業へ被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水利構造物破損により農業用水供給ができなることによる被害を想定</li> <li>・水利構造物の新設、修理費用を直接被害として産出する。</li> </ul>
	②交通遮断による被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水により破壊された道路の交通遮断による被害を想定</li> <li>・道路の補修、新設費用を直接被害として算出する。</li> </ul>

**A.直接被害**

直接被害は、資産額に氾濫水深による被害係数を乗じることにより算出する。

**B.間接被害**

間接被害については、取水堰の破損による影響と道路の崩壊による影響を考慮した。被害額算出の考え方は以下のとおりである。

**a.堰の破損**

堰の破損については、堰の新設、修復にかかる直接被害と農業用水が供給不能になることにより農作物の収穫が損なわれることを想定した農作物被害額の間接被害との総和を被害額として算定する。

**①施設コストの算出**

施設コスト=単位取水量当り施設建設費×規模（流量、施設延長）

単位当り施設建設費：取水堰、水路は、既往施設の取水量と施設整備費用（新設、補修）の資料を収集し、その相関性を検討して単位当り費用を設定

施設は 1/10 確率流量で全損するとして算定

②農作物被害

灌漑区域で耕作されている農作物毎に年間収益額を算出

年間収益額 = (作物収穫高 - コスト) × 年間収穫回数

作物収穫高 = 作付け面積(ha) × 単位収穫量(kg/ha) × 取引単価

コスト = 単位面積当りのコスト(S/ha) × 作付け面積(ha)

b.道路の被災

交通遮断による損失を算定する。

被害額 = 直接被害額 + 間接被害額

直接被害額：道路の建設コスト（新設、補修）

間接被害額：道路の崩壊により通行不能となった場合の機械損失費用（車の損料 + 人件費ロス）

通行不能期間を 5 日間として算出（ペルー国では一般的に 5 日間程度で仮設道路が整備される。）

2) 確率規模別想定被害額

ピスコ川における確率規模別想定被害額をプロジェクトを実施しない場合と実施した場合について表-4.5.1-2 に示す。

表-4.5.1-2 想定洪水被害額（民間価格）

Caso ケース	t 確率年	千ソール	
		Pisco	
Sin Proyecto 事業を実施 しない場合	2	15,788	
	5	22,310	
	10	47,479	
	25	56,749	
	50	76,992	
	Total		219,318
Con Proyecto 事業を実施 した場合	2	197	
	5	270	
	10	2,556	
	25	6,019	
	50	8,318	
	Total		17,360

3) 年平均被害軽減期待額

流量規模別に求めた被害軽減額に、流量規模に応じた洪水の生起確率を乗じた流量規模別年平均被害額を累計し、年平均被害軽減期待額を算定する。

洪水は確率的に発生するため、毎年の便益は年平均被害軽減期待額として算出する。その計算方法は以下のとおりである。

**表-4.5.1-3 年平均想定被害軽減期待額の算定方法**

生起確率	被害額			区間平均被害額	区間確率	年平均被害軽減額
	事業無し	事業有り	被害軽減額			
1/1			$D_0=0$			
1/2	$L_1$	$L_2$	$D_1=L_1-L_2$	$(D_0+D_1)/2$	$1-(1/2)=0.500$	$d_1=(D_0+D_1)/2 \times 0.67$
1/5	$L_3$	$L_4$	$D_2=L_3-L_4$	$(D_1+D_2)/2$	$(1/2)-(1/5)=0.300$	$d_2=(D_1+D_2)/2 \times 0.300$
1/10	$L_5$	$L_6$	$D_3=L_5-L_6$	$(D_2+D_3)/2$	$(1/5)-(1/10)=0.100$	$d_3=(D_2+D_3)/2 \times 0.100$
1/20	$L_7$	$L_8$	$D_4=L_7-L_8$	$(D_3+D_4)/2$	$(1/10)-(1/20)=0.050$	$d_4=(D_3+D_4)/2 \times 0.050$
1/30	$L_9$	$L_{10}$	$D_5=L_9-L_{10}$	$(D_4+D_5)/2$	$(1/20)-(1/30)=0.017$	$d_5=(D_4+D_5)/2 \times 0.017$
1/50	$L_{11}$	$L_{12}$	$D_6=L_{11}-L_{12}$	$(D_5+D_6)/2$	$(1/30)-(1/50)=0.013$	$d_6=(D_5+D_6)/2 \times 0.013$
1/100	$L_{13}$	$L_{14}$	$D_7=L_{13}-L_{14}$	$(D_6+D_7)/2$	$(1/50)-(1/100)=0.010$	$d_7=(D_6+D_7)/2 \times 0.010$
Expected Annual Average of Damage Reduction				$d_1+d_2+d_3+d_4+d_5+d_6+d_7$		

ピスコ川流域における年平均被害軽減期待額の計算結果を表-4.5.1-4 に示す。

**表-4.5.1-4 年平均被害軽減期待額（民間価格）**

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の累計=年平均被害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施しない場合①	事業を実施した場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
PISCO	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	15,788	197	15,591	7,795	3,898	3,898	
	5	0.200	22,310	270	22,040	18,815	5,645	9,542	
	10	0.100	47,479	2,556	44,923	33,481	3,348	12,890	
	25	0.040	56,749	6,019	50,730	47,826	2,870	15,760	
	50	0.020	76,992	8,318	68,674	59,702	1,194	16,954	

**(2) 社会評価**

**1) 目的及び評価指標**

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、純現在価値、経済的内部収益率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。市場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。

内部収益率、B/C 及び純現在価値は、下表の数式によって計算される。IRR が社会的割引率、B/C が 1、または NPV が 0 を超えた場合、その事業は国民経済の成長の観点から効率的であると判断される。

**表-4.5.1-5 費用便益分析の評価指標と特徴**

評価指標	定義	特徴
純現在価値 (NPV: Net Present Value)	$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業実施による純便益の大きさを比較できる。</li> <li>・社会的割引率によって値が変化する。</li> </ul>
費用便益費 (CBR: Cost Benefit Ratio)	$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単位投資額あたりの便益の大きさにより事業の投資効率性を比較できる。</li> <li>・社会的割引率によって値が変化する。</li> </ul>
経済的内部収益率 (IRR: Economic Internal Rate of Return)	$\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>・社会的割引率との比較によって事業の投資効率性を判断できる。</li> <li>・社会的割引率の影響を受けない。</li> </ul>
ここで、Bi: 第 i 年目の便益、Ci: 第 i 年目の費用、r: 社会的割引率(10%) n: 評価年数		

## 2) 前提条件

経済評価を実施する上での各指標の前提条件は以下のとおりである。

### i) 評価期間

評価期間は 2013 年～2027 年（建設着手後 15 年）である。事業実施の想定スケジュールは以下のとおりである。

- 2012 年：詳細設計
- 2013 年～2014 年：建設
- 2013 年～2027 年：評価対象期間

### ii) 標準変換係数 (SCF)

標準変換係数とは、その国の経済の全ての財に関して、国境において計算された社会経済価格と国内の市場価格の比率である。国内で調達された財やサービスを SCF を適用して経済価格に変換する。本調査では SCF として以下の値を使用する。

- 堤防 0.804
- 蛇籠 0.863
- 取水堰 0.863

また、市場価格から社会経済価格の変換に当たっては消費税を考慮しない。

### iii) その他の前提条件

価格水準：2011 年  
社会的割引率：10%  
年間維持管理費：建設費の 0.5%

### 3) 費用対効果分析

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。

表-4.5.1-6 に民間価格における B/C、NPV、IRR の計算結果を示す。

表-4.5.1-6 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (民間価格)

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Pisco	220,402,316	99,529,317	71,608,946	3,911,056	1.55	35,225,349	19%

## 4.5.2 社会価格

### (1) 便益

#### 1) 確率規模別想定被害額

ピスコ川における確率規模別想定被害額をプロジェクトを実施しない場合と実施した場合について表-4.5.2-1 に示す。

表-4.5.2-1 想定洪水被害額 (社会価格)

Caso ケース	t 確率年	千ソール	
		Pisco	
Sin Proyecto 事業を実施 しない場合	2	16,681	
	5	22,436	
	10	52,469	
	25	61,739	
	50	84,256	
	Total		237,581
Con Proyecto 事業を実施 した場合	2	289	
	5	402	
	10	3,055	
	25	7,985	
	50	10,889	
	Total		22,620

## 2) 年平均被害軽減期待額

ピスコ川流域における年平均被害軽減期待額の計算結果を表-4.5.2-2 に示す。

**表-4.5.2-2 年平均被害軽減期待額 (社会価格)**

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
PISCO	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	16,681	289	16,392	8,196	0.500	4,098	4,098
	5	0.200	22,436	402	22,034	19,213	0.300	5,764	9,862
	10	0.100	52,469	3,055	49,414	35,724	0.100	3,572	13,434
	25	0.040	61,739	7,985	53,754	51,584	0.060	3,095	16,529
	50	0.020	84,256	10,889	73,368	63,561	0.020	1,271	17,801

## (2) 社会評価

表-4.5.2-3 社会価格における計算結果を示す。

**表-4.5.2-3 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (社会価格)**

流域名	年平均被害軽減額	評価期間被害 軽減額(15年)	事業費	維持管理費	B/C	Net Present Value (NPV)	Internal Rate of Return (IRR)
	Beneficio Anual Promedio Acumulado	Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	Costo del Proyecto	Costo de O&M	Relación Beneficio/Costo	Valor Actual Neto (VAN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)
Pisco	231,407,622	104,499,095	57,564,591	3,144,489	2.02	52,806,516	25%

### 4.5.3 社会評価のまとめ

ピスコ川流域の社会評価は民間価格および社会価格において経済効果が高く、金銭的に計量困難な事業によるプラス効果としても以下が上げられる。

- 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

以上の経済評価から、本プロジェクトを実施することにより地域経済の発展に大きく貢献することが期待される。

## 4.6 感度分析

### (1) 目的

社会経済状況の変動による将来の不確実性に対応するため、感度分析を実施する。費用便益分析においては、評価対象事業に係る将来の費用と便益を予測する必要がある。しかし、公共事業には、計画から共用までに要する事業期間や、共用後の耐用年数が長いという特性があり、将来の費用や便益に大きな影響を及ぼす不確実な要因が多数存在するため、これらを確定的に予測することはできない。そのため、事前に設定した前提条件や仮定が現実と乖離し、費用便益分析の結果が実際の事業の効率性と乖離することも少なくない。したがって、不確実性を伴う費用便益分析の結果は、本来、一つのシナリオから算出される絶対的、一義的なものではなく、幅を持ったものとして算出し、示すことが望ましい。これに対応する手法として、感度分析が挙げられる。

感度分析を実施し、費用便益分析の結果に幅を持って示すことにより、事業の適切な執行管理や国民へのアカウントビィティーを果たすとともに、事業評価の精度や信頼性の向上を図る。

### (2) 感度分析の実施

#### 1) 感度分析の概要

感度分析には、表-4.6-1 に示すような3つの手法がある。

**表-4.6-1 感度分析手法**

感度分析の手法	各手法の概要	アウトプット
要因別感度分析	分析で設定した前提条件や仮定のうち、一つだけを変動させた場合の分析結果への影響を把握する。	一つの前提条件・仮定が変動したときの分析結果がとりうる値の範囲
上位ケース・下位ケース	分析で設定した前提条件や仮定のうち、主要なもの全てを変動させた場合に、分析結果が良好になる場合や悪化する場合は設定し、分析結果の幅を把握する手法	主要な全ての前提条件・仮定が変動したときの分析結果がとりうる値の範囲
モンテカルロ感度分析	分析で設定した前提条件や仮定の主要なもの全ての変数に確率分布を与え、モンテカルロシミュレーションによって、分析結果の確率分布を把握する方法	主要な全ての前提条件・仮定が変動したときの分析結果の確率分布

#### 2) 感度分析の検討内容

本事業においては、一般的に公共事業投資において採用されている要因別感度分析を採用し、実施する。感度分析を行う検討ケース及び経済指標は以下のとおりとする。

**表-4.6-2 感度分析の検討ケース及び経済指標**

指 標	要因変動幅	評価する経済指標
建設費	建設費が5%及び10%上昇した場合	IRR、NPV、B/C
便益	便益が5%及び10%下落した場合	IRR、NPV、B/C
社会的割引率	社会的割引率が5%上昇した場合及び5%下落した場合	NPV、B/C

### 3) 感度分析結果

表-4.6-3 に民間価格および社会価格における検討ケースについて感度分析結果を示す。

**表-4.6-3 IRR、B/C、NPV の感度分析結果**

	流域名	項目	基本ケース	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
				コスト上昇 5%	コスト上昇 10%	便益低下 5%	便益低下 10%	割引率増加 5%	割引率低下 5%
民間価格	PISCO	IRR (%)	19%	18%	17%	18%	16%	19%	19%
		B/C	1.55	1.47	1.41	1.47	1.39	1.19	2.08
		NPV(\$)	35,225,349	32,010,150	28,794,952	30,248,883	25,272,417	11,533,380	75,102,472
社会価格	PISCO	IRR (%)	25%	24%	23%	24%	23%	25%	25%
		B/C	2.02	1.93	1.84	1.92	1.82	1.56	2.72
		NPV(\$)	52,806,516	50,221,887	47,637,258	47,581,561	42,356,606	26,882,586	95,916,361

#### (3) 感度分析評価

本プロジェクトにおける社会経済状況の変化にともなうプロジェクトへの影響は民間価格および社会価格のいずれについても検討した感度分析の結果によれば費用、便益および割引率が多少変化しても IRR、B/C、NPV の数値の変動は小さく、かつ経済効果の高い事業である。

## 4.7 持続可能性分析

本プロジェクトは、中央政府（DGIH）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る。建設費用の分担は中央政府（DGIH）と水利組合及び地方政府が、それぞれ分担する。一般的な分担率は中央政府（DGIH）が 80%、水利組合 10%、地方政府 10%であるが、水利組合と地方政府の分担割合は協議により決定される。一方、施設整備後の維持管理は水利組合が担当することになる。したがって、プロジェクトの持続可能性は、事業による収益性、水利組合による維持管理能力により判断される。

表-4.7-1 に最近のピスコ川流域の予算を示す。

**表-4.7-1 水利組合の事業予算**

河川	年予算				(単位 S)
	2007	2008	2009	2010	4 ヶ年平均
ピスコ川	1,648,019.62	1,669,237.35	1,725,290.00	1,425,961.39	1,617,127

### (1) 収益性

ピスコ川における事業収益性は十分であり、事業の持続可能性は高い。ピスコ川における投資額は民間価格で S/71.6 百万ソルであるが、事業実施にともなう経済効果は社会価格において B/C は 2.02 であり、内部収益率も約 25% と高く、15 年間で NPV が S/52.8 百万ソルとなり、非常に効率性の高い事業である。

### (2) 維持管理費

2008 年をベースとして本事業で必要となる年間維持管理費は建設費の 0.5% とするとピスコ川においては S/300,850 である。一方、水利組合の最近 4 ヶ年の平均事業費は 1,617,127 となっている。

水利組合の年間予算に占める年間維持管理費は約 18.6% であり、水利組合の資金面の維持管理能力からも十分に持続可能性があると判断される。

## 4.8 環境インパクト

### 4.8.1 環境影響評価の手続き

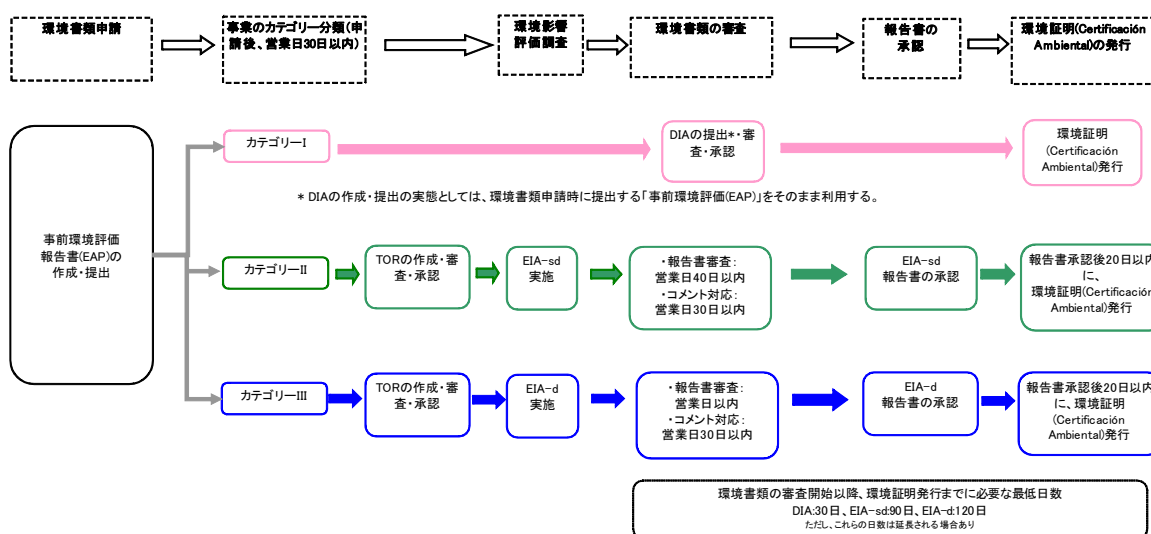
ペルー国では、投資前調査の段階で事業管轄省庁の担当部局が、事業の実施により発現が予測される環境社会影響の度合いに応じて、事業を準備調査のレベルにおいて 3 つの категория に分類する。環境への影響が軽度である categoria-I については「環境影響宣言報告書 (Declaración de Impacto Ambiental: DIA)」、categoria-II の事業は「準詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado: EIA-sd)」、categoria-III の事業に関しては、「詳細環境影響評価 (Estudio 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-4.8.1-1 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-4.8.1-1 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。

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.)によりピスコ川流域については2010年12月から2011年1月にかけて実施された。

EAP はピスコ川流域については2011年1月25日に調査団より DGIH に提出され、DGIH から DGAA には2011年7月19日に提出された。

ピスコ川流域のEAPについてDGAAが審査を行い、2011年9月9日にDGIHへコメントが出された。調査団はこのコメントに対してEAPの修正を行い、同年9月21日DGAAに提出した。DGAAはこれの審査を終了し、2011年12月6日DGIHに承認レターを出しピスコ川流域はカテゴリーIに分類された。したがってピスコ川について更なる環境影響評価は必要ない。

本節では本事業の実施により発現が予測される正負の環境影響の確認及び評価を行い、それらの影響の予防・緩和策についての計画を事前環境評価の結果と、JICA調査団員の現地踏査及び聞き取り調査の結果に基づき作成した。

本事業の中で計画されている工事内容は、既存堤防の修復、築堤、河道掘削、護岸工、分流堰・取水堰の修復・改良、河道拡幅である。表-4.8.1-2は、ピスコ川流域において計画されている洪水対策工事（選択肢）をまとめたものである。

**表-4.8.1-2 工事实施予定地**

対象河川	クリティカルポイント		保全対象	対策(暫定案)	施設規模	対象範囲		
ピスコ川	1	5.5k	氾濫点	農地 築堤(無堤区間) 護岸工	天端幅;4.0m 高さ;2.0m 法勾配;1:2 延長;2,000m	3.0km~5.0km(左岸側)		
	2	7.0k	狭窄部					
	3	13.5k	氾濫点	市街地 築堤(無堤区間) 護岸工	天端幅;4.0m 高さ;2.0m 法勾配;1:2 延長;1,500m	12.5km~14.0km(左岸側)		
	4	20.5k	氾濫点	農地 築堤(無堤区間) 護岸工 河道拡幅 遊水池の設置	天端幅;4.0m 高さ;2.0m 法勾配;1:2 延長;2,000m	19.5km~20.5km(左岸側)		
	5	26.5k	狭窄部					
	6	34.5k	取水堰				河道拡幅	掘削幅;100m 掘削深;1.0m 延長;1,000m
遊水池の設置							遊水池;1,800m×700m	34.5km~36.5km(全体)

出典：JICA 調査団作成

#### 4.8.2 環境影響評価の方法

自然環境及び社会環境への影響の確認・評価の手順、手法を説明する。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、環境影響値をだした。表-4.8.2-1は、影響の評価（数値化）に用いた基準である。



表-4.8.2-1 Leopold マトリックスー評価基準

評価変数		点数	
環境影響の性質	正(+)	+	
	負(-)	-	
環境影響の発現可能性	高(50%>)	1	
	中(50%>10%)	0.5	
	低<10%	0.2	
環境影響の程度	強度	大	10
		中	5
		小	2
	範囲	間接的に影響を受ける範囲	10
		直接的に影響を受ける範囲	5
		事業実施地	2
	発現期間	10年以上	10
		5~10年	5
		1~5年	2
		なし	10
可逆性	部分的にあり	5	
	あり	2	

出典：事前環境評価(EAP)に基づき JICA 調査団作成

表-4.8.2-2 影響の大きさの程度の基準

環境影響値	顕著の度合い
15以下	あまり顕著でない
15.1-28	顕著である
28以上	極めて顕著である

出典：事前環境評価(EAP)に基づき JICA 調査団作成

#### 4.8.3 環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価

ここでは、ピスコ川流域における影響評価の結果をまとめ、その次に特に顕著な影響について説明する。その後、ピスコ川流域の EAP で作成したマトリックスの要約を載せる。

ピスコ川流域において、建設期間には 69 点の影響が予測される。そのうち 67 点 (97%) の影響は、負の性質を持ち、2 点 (3%) の影響は正の性質を持つと予測される。67 点の負の影響の中で、顕著であるものが 12 点、極めて顕著であるものが 2 点ある。

これらの点数は、表-4.8.3-2 を利用して算出した。影響の程度に関係なく、影響を与えるか与えないかで点数をつけている。なお、表中の「N」は「負の影響」、「P」は「正の影響」を示す。

表-4.8.3-1 影響の認識マトリックス (建設期間)

		事業対象地												負の影響合計	正の影響合計
		地元住民の雇用	工事サイトの準備(雑草切り払い、区画策定、地ならし)	河川の転流・囲い堰	河床・河岸以外の地面の掘削と盛り土	河岸の掘削と盛り土	河床の掘削と盛り土	土木工事(コンクリート作業)	採掘場および資材設置場所の維持管理	大量の掘削土・浚渫土の維持管理	工事キャンパブの維持管理	労働者の運搬	工事機材及び資材の運搬		
自然環境	環境指標	1-6	1-6	1,3,4	1-6	5	1-5	1,3,4,6	1,3,4,6	1-6	1-5	1-6	1-6	9	0
	大気	粉塵(PM-10)		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	9	0
		排気ガス		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	10	0
	騒音	騒音		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	11	0
		肥沃さ		N										2	0
	土壌	土地利用性		N						N	N			3	0
		水	表流水質			N		N	N		N		N		5
	地表水量								N					1	0
	地形・河川地形	河川地形			N		N	N		N				4	0
		地形		N		N					N			3	0
生物環境	植物	陸上植物		N						N				2	0
		水生植物			N		N	N		N				4	0
	動物	陸上動物		N		N	N			N				2	0
		水生生物			N	N	N			N				5	0
社会経済環境	社会	景観		N						N				3	0
		生活の質	P								N	N	N	3	1
	経済	脆弱性・安全性												0	0
		経済活動人口	P											0	1
	土地の利用												0	0	
合計		2	9	7	5	7	7	3	9	9	3	4	4	67	2
%														97	3

出典：事前環境評価 (ピスコ川流域)

表-4.8.3-2 環境影響評価のマトリックス (建設期間) ピスコ川流域

		事業対象地	ピスコ川流域																					
			地元住民の雇用	工事サイトの準備(雑草切り払い、区画策定、地ならし)	河川の転流・囲い堰	河岸の掘削と盛り土	河床の掘削と盛り土	土木工事(コンクリート作業)	採掘場および資材設置場所の維持管理	大量の掘削土・浚渫土の維持管理	工事キャンパブの維持管理	労働者の運搬	工事機材及び資材の運搬											
自然環境	大気	粉塵(PM-10)	Pi1-6	Pi1-6	Pi1,3,4	Pi5	Pi1-4	Pi1,3,4,6	Pi1,3,4,6	Pi1-6	Pi1-5	Pi1-6	Pi1-6	0.0	-15.0	-11.5	-8.5	-12.0	0.0	-11.5	-18.0	0.0	-11.5	-11.5
		排気ガス	0.0	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	0.0	-11.5	-11.5									
	騒音	騒音	0.0	-12.0	-12.0	-12.0	-15.0	-15.0	-12.0	-15.0	-15.0	-12.0	-12.0											
		安定性	0.0	-11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-14.2	0.0	0.0											
	土壌	土地利用性	0.0	-11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.0	-15.0	0.0	0.0											
		水	地表水質	0.0	0.0	-17.5	-18.0	-23.0	0.0	-15.0	0.0	-15.0	0.0	0.0										
	地表水量		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0											
	地形・河川地形	河川地形	0.0	0.0	-12.0	-26.0	-31.0	0.0	-23.0	0.0	0.0	0.0	0.0											
		地形	0.0	-33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-28.0	0.0	0.0	0.0											
	生物環境	植物	陸上植物	0.0	-24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	0.0	0.0	0.0										
水生植物			0.0	0.0	-14.5	-14.5	-14.5	0.0	-14.5	0.0	0.0	0.0	0.0											
動物		陸上動物	0.0	-24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	0.0	0.0	0.0											
		水生生物	0.0	0.0	-18.0	-18.0	-23.0	0.0	-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0											
社会経済環境	社会	景観	0.0	-11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.0	-12.0	0.0	0.0	0.0											
		生活の質	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-18.0	-18.0	-17.5											
	経済	脆弱性・安全性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0											
		経済活動人口	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0											
	土地の利用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0												

維持管理期間には 34 点の影響が予測される。そのうち 8 点 (24%) が負の影響、26 点 (76%) が正の影響である。8 点の負の影響の中で、顕著であるものが 6 点、極めて顕著であるものが 2 点ある。点数の算出方法は、先に掲載した建設期間中の方法と同じである。

表-4.8.3-3 影響の認識マトリックス (維持管理期間)

			築堤・護岸工 1	河道掘削 2	築堤・護岸工 3	築堤・護岸工 4	河道掘削 5	遊水地の設置 6	負の影響	正の影響
自然環境	大気	粉塵(PM-10)							0	0
		排気ガス							0	0
	騒音	騒音							0	0
		安定性							0	0
	土壌	土地利用性							0	0
		地表水質							0	0
水	地表水量	P	P	P	P			0	4	
	地形・河川地形	河川地形	N	N	N	N			4	0
地形								0	0	
生物環境	植物	陸上植物							0	0
		水生植物							0	0
	動物	陸上動物							0	0
		水生生物	N	N	N	N			4	0
社会経済環境	社会	景観	P	P	P	P			0	4
		生活の質	P	P	P	P	P	P	0	6
		脆弱性・安全性	P	P	P	P	P	P	0	6
	経済	経済活動人口							0	0
		土地の利用	P	P	P	P	P	P	0	6
<b>合計</b>			<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>26</b>
<b>%</b>									<b>24 %</b>	<b>76 %</b>

表-4.8.3-4 環境影響評価マトリックス (維持管理期間) ピスコ川流域

		ピスコ川流域						
		Pi1 (築堤・護岸)	Pi2 (河道掘削)	Pi3 (築堤・護岸)	Pi4 (築堤・護岸)	Pi5 (河道掘削)	Pi6 (遊水地の設置)	
自然環境	大気	粉塵(PM-10)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		排気ガス	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	騒音	騒音	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		安定性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	土壌	土地利用性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		地表水質	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水	地表水量	26.0	31.0	26.0	26.0	0.0	0.0	
	地形・河川地形	河川地形	-25.5	-30.5	-25.5	-25.5	0.0	0.0
地形		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
生物環境	植物	陸上植物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		水生植物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	動物	陸上動物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		水生生物	-25.5	-30.5	-25.5	-25.5	0.0	0.0
社会経済環境	社会	景観	36.0	36.0	36.0	36.0	0.0	0.0
		生活の質	36.0	36.0	36.0	31.0	41.0	36.0
		脆弱性・安全性	36.0	36.0	36.0	31.0	41.0	36.0
	経済	経済活動人口	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		土地の利用	36.0	36.0	36.0	36.0	41.0	36.0

表-4.8.3-2~4.8.3-4 で使用している凡例

正の影響		負の影響	
	0 - 15    あまり顕著でない		0 - 15    あまり顕著でない
	15.1 - 28    顕著である		15.1 - 28    顕著である
	28.1 以上    極めて顕著である		28.1 以上    極めて顕著である

ピスコ川流域において建設期間に極めて顕著な負の影響を与える作業は、「工事実施サイトの整備と撤収」及び「河道の掘削と盛り土作業」である。「工事実施サイトの整備と撤収」が地形に対し、「河道の掘削と盛り土作業」が河川地形に対して顕著な負の影響を与える。

他方、地元住民の雇用により経済活動人口の増加が見込まれ、生活の質が向上するという正の影響も予測される。

維持管理期間においては、「河道の掘削及び盛り土の作業」により、河川地形が変化し、水生生物の生息環境に影響を与えるという顕著な負の影響が予測されている。

正の影響として、生活の質の向上、土地利用性の向上、安全性の確保と脆弱性の低下が挙げられる。

#### 4.8.4 環境影響管理

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。

建設期間は、ピスコ川流域において「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」、「工事車両交通管理計画」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。

次の表は、顕著な影響を与える作業と、それに対する予防・軽減対策をまとめたものである。環境影響管理計画は、顕著もしくは極めて顕著な負の影響を発現すると分析された工事を実施する事業実施対象地において、それに対応する計画を実施する。

表-4.8.4-1 環境影響と予防・緩和策

	影響	対策	期間
自然環境	表流水水質・水量への影響	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	建設期間
	河川地形への影響	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	
	地形への影響	事業実施サイト管理計画 大量の掘削土・浚渫土の管理計画	
	粉塵	事業実施サイト管理計画 大量の掘削土・浚渫土の管理計画	
生物環境	水生生物への影響	河床の掘削・盛り土作業管理計画	維持管理期間
	陸上生物への影響	事業実施サイト管理計画 大量の掘削土・浚渫土の管理計画	建設期間
	陸上植物への影響	事業実施サイト管理計画 大量の掘削土・浚渫土の管理計画	
社会環境	生活の質への影響	労働者・工事事務所の管理計画 工事車両交通管理計画	建設期間
	経済活動人口	地元住民雇用計画	

出典：JICA 調査団作成

#### 4.8.5 環境管理計画

##### (1) フォローアップ・モニタリング計画

フォローアップ計画においては、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<sup>1</sup>。

##### ・建設期間

建設期間においては、環境影響管理計画のフォローアップのほかに、以下のモニタリングを実施する。

##### 水質・生物多様性モニタリング

河床の掘削及び盛り土といった作業により、河川地形及び水生生物の生息環境に負の影響を与える。したがって、事業実施対象地付近及びその下流の水質及び生物多様性のモニタリングを実施する必要がある。以下の表が、モニタリング計画の概要である。

表-4.8.5-1 水質及び生物多様性モニタリング

	詳細
測定パラメーター	水量 水質: 水温/pH/溶存酸素量(DO)/生物化学的酸素要求量(BOD)/総溶解固形分(TDS)/懸濁物質(TSS) (ECAカテゴリー4に基づく) 多様性評価指数: 多様性指数(H')(Shannon-Wiener Index)/均衡度指数(J')(Pielou Evanness Index)/EPT指数(EPT)/EPT割合(EPT%)
測定地点	工事実施地より50m上流 工事実施地より50m下流 工事実施地より100m下流
測定頻度	毎3ヶ月
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典: JICA 調査団作成

##### 大気質モニタリング

ピスコ川流域の事前環境評価の結果によれば、計画されている事業による顕著な大気質汚染は懸念されない。しかしながら、工事により発生する粉塵等は工事従事者及び工事現場に近い住民に影響を与えると考えられる。したがって、大気質のモニタリングを実施することが望ましい。

表-4.8.5-2 大気質モニタリング

	詳細
実施地点	工事現場、河川から離れた場所に位置する採掘場(最大のもの/居住地区付近のもの)、大量の掘削土・浚渫土を設置する場所 計測地の風上と風下に1箇所ずつ計測地を設置
測定項目	PM-10/PM-2.5/CO/NO <sub>2</sub> /O <sub>3</sub> /Pb/SO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S
測定頻度	毎3ヶ月
参照基準	D.S N° 074-2001-PCM(大気質国家基準)
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典: JICA 調査団作成

##### 騒音モニタリング

各工事現場にて以下の表に基づき騒音のモニタリングを実施する。

<sup>1</sup> 環境基本法 (Ley 28611) 第 74 項、75 項において、事業の実施により発生する全ての環境影響は、事業実施主体が責任を負うこと、そしてそれらの負の環境影響を予防する方策を事前に実施することが決められている。

**表-4.8.5-3 騒音モニタリング**

詳細	
測定地点	工事現場で騒音が発生する付近に想定装置を設置
パラメーター	等価平均騒音レベル(ECPNL)をデシベルで表現
奨励する測定方法	IEC 61672, IEC651/804, ANSI S 1.4
測定頻度	毎2ヶ月
基準	騒音国家基準 (ECA) - D.S. N° 085-2003-PCM
実施地域	住宅地
最大騒音値	昼間(7:01 - 22:00): 60 デシベル 夜間(22:01 - 7:00): 50 デシベル
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典：JICA 調査団作成

・維持管理期間

続いて、河床掘削・盛り土等の工事により河川地形と水生生物の生活環境に影響を与える事業については、維持管理期間において河川の水質及び水生生物の多様性をモニタリングする必要がある。

**表-4.8.5-4 水質及び生物多様性モニタリング**

詳細	
測定パラメーター	水量
	水質: 水温/pH/溶存酸素量(DO)/生物化学的酸素要求量(BOD)/総溶解固形分(TDS)/懸濁物質質量(TSS) (ECAカテゴリー4に基づく) 多様性評価指数: 多様性指数(H')(Shannon-Wiener Index)/均衡度指数(J')(Pielou Evanness Index)/EPT指数(EPT)/EPT割合(EPT%)
測定地点	工事実施地より50m上流
	工事実施地より50m下流
	工事実施地より100m下流
測定頻度	維持管理期間開始後2年間、毎3ヶ月
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典：JICA 調査団作成

**(2) 事業終了時計画**

事業終了時には、工事に使用した機器の撤収、工事を実施した区画や影響を与えた区画の整備をそれぞれの流域において実施する。区画の整備として、汚染された土壌、瓦礫等の廃棄物を撤収し、地形を整え、植物を植えることが考えられる。

**(3) 市民参加計画**

建設期間及び事業終了時において、それぞれの流域において市民参加の協議を実施する計画を提示する。

- 工事前：事業内容および事業がもたらす便益について、事業対象地の住民に対して説明するためのワークショップの開催。公共スペースに事業の概要・期間・目的・便益等に関する資料を掲示。
- 工事期間：工事の進捗状況の公表。工事期間中に発生する住民からの苦情への対応。その対応は事前に住民との間でコンセンサスをとる必要あり。
- 工事終了時：工事終了を通知するためのワークショップ。住民への建設物の引渡し。

**4.8.6 環境影響管理対策実施コスト**

上記で提案した環境影響緩管理対策実施に必要な直接コストはピスコ川流域について以下の通りである。なお、詳細設計時に各流域の環境影響管理対策実施予算をさらに詳細に算出する必要

がある。

**表-4.8.6-1 環境影響管理対策直接コスト**

内容	単位	数量	単価(S/.)	小計(S/.)	合計(s/.)
工事車両入口の標識設置	1ヶ月	6	S/. 1,400.0	S/. 8,400.0	S/. 8,400.0
工業廃棄物の運搬	1ヶ月	6	S/. 4,200.0	S/. 25,200.0	S/. 25,200.0
事業対象地の景観保護対策	1ヶ月	6	S/. 2,800.0	S/. 16,800.0	S/. 16,800.0
工事機器の維持管理	1ヶ月	6	S/. 1,960.0	S/. 11,760.0	S/. 11,760.0
工事従事者への騒音対策	1ヶ月	6	S/. 1,120.0	S/. 6,720.0	S/. 6,720.0
環境影響緩和対策実施に必要な運営費	1ヶ月	6	S/. 4,480.0	S/. 26,880.0	S/. 26,880.0
土壌・大気汚染予防のための能力育成	1ヶ月	6	S/. 2,520.0	S/. 15,120.0	S/. 15,120.0
河床状況及び水中生物のモニタリング					S/. 11,239.2
多様性指標モニタリング	回	3	S/. 672.0	S/. 2,016.0	
水量モニタリング	回	3	S/. 588.0	S/. 1,764.0	
T°, pH, OD モニタリング	回	3	S/. 571.2	S/. 1,713.6	
DBO モニタリング	回	3	S/. 638.4	S/. 1,915.2	
総溶解固形分(TDS)モニタリング	回	3	S/. 638.4	S/. 1,915.2	
総浮遊物質(TSS)モニタリング	回	3	S/. 638.4	S/. 1,915.2	
大気質・騒音モニタリング					S/. 37,500.0
排出ガスモニタリング	回	3	S/. 4,500.0	S/. 13,500.0	
粉塵モニタリング	回	3	S/. 5,000.0	S/. 15,000.0	
騒音モニタリング	回	3	S/. 3,000.0	S/. 9,000.0	
合計					S/. 159,619.2

#### 4.8.7 結論と提言

##### (1) 結論

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ている。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。

##### (2) 提言

- 1) 建設工事の時期については乾期に合わせて事業を開始することが好ましい。  
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、流域における農業のサイクル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。
- 2) 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、以下の対応をとる。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。
- 3) 文化遺産保全に係る手続きについては DGIH は F S 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。
  - 4) ジェンダー配慮については流域において女性が置かれている概況より、水利組合の会合への女性の参加はある程度確保されているが、能力強化等のワークショップへの参加は少ない。したがって、本事業に含まれる防災教育・能力強化コンポーネントにおいては、女性の参加を促進するような配慮が必要である。例えば、全ての流域において、女性組織の存在が確認されていることを踏まえ、ワークショップ開催の通達は既存の女性組織を通じて行うことができるだろう。また、開催時間についても出来る限り多くの女性が参加できる時間を調査し、それにあった時間設定をするといった配慮が考えられる。
  - 5) 最後に、DGIH が環境承認取得に向けて今後とるべき手段を示す。2011 年 4 月現在、農業省 DGAA が 5 流域の初期環境評価 (EAP) 報告書を審査している。この審査により事業の 카테고리分類がされる。カテゴリ I に分類された場合には、環境承認が発行される。カテゴリ II もしくは III に分類された場合には、DGAA の指示に応じて EIA-sd あるいは EIA-d を、実施し、環境承認を F/S 段階終了時まで取得する。

## 4.9 実施計画

プロジェクトの実実施計画では、①投資前段階のプレ F S 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 (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、ペルフィル調査 (事業の概略調査)、プレ F/S、F/S という 3 段階の投資前調査の中から事業の規模等に応じて必要な投資前調査が決定される。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 3 段階の投資前調査 (ペルフィル (以下、ペルフィルまたは Perfil)、プレ F/S または PreF/S、F/S) の作成と承認を義務づけている。ただし 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)、中間段階の PreF/S 調査は不要になったが、Perfil 調査において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。

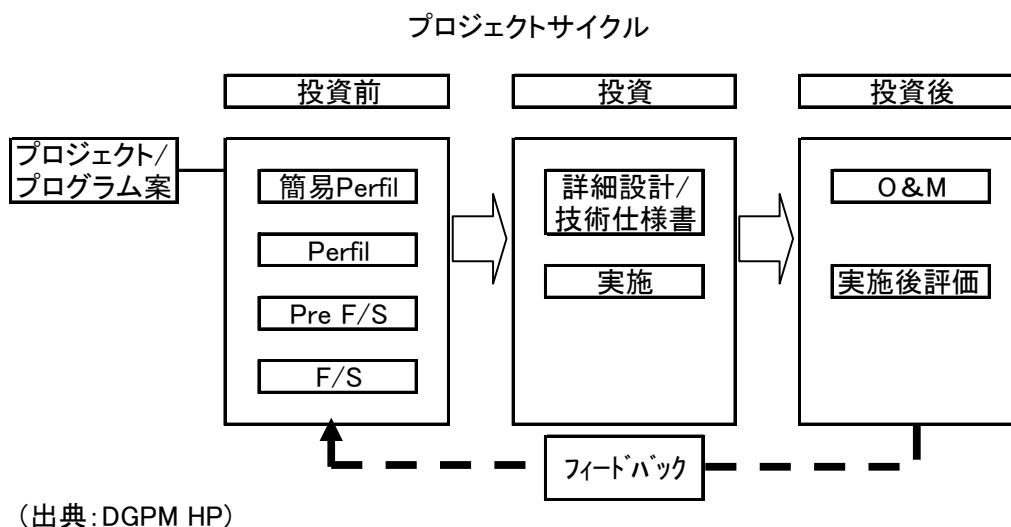


図-4.9-1 SNIP プロジェクトサイクル

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、プログラムレベルでの投資前調査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、案件形成機関（以下、「UF」）が各段階の調査を実施し、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、公的部門多年度計画局（以下、「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 DGPM 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。



(Directiva No. 001-2009-EF/68.01を参照)

図-4.9-2 SNIP の関連組織

審査部局（OPI・DGPM）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るために、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あり、そのため、調査・設計・施工計画などの観点のもとより、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。

JICA 調査団の作成したピスコ川流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポートに基づき DGIH は 7 月 21 日に SNIP に登録した。

ピスコ川流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポートの審査は 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。このコメントに対する報告書の修正および OPI との協議が継続中である。

## (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た後、JICA よりアプレイザルミッションが派遣され、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 greement(LA)が締結される。円借款契約交渉手続きに 9 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-4.12-1 に示す。

- 1)コンサルタント選定 3 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 12 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を 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-4.9-1 実施計画

項目	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	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	12
1 ペルフィル調査/SNIP審査	調査							審査																				
2 F/S調査/SNIP審査				調査								審査																
3 円借款手続き																												
4 コンサルタント選定																												
5 コンサルティングサービス(詳細設計、入札図書作成)													設計・入札図書								施工管理							
6 建設業者選定																												
7 事業実施																												
1) 洪水対策施設の建設																												
2) 植林																												
3) 防災教育/能力開発																												
8 施設完成/水利組合引き渡し																												

#### 4.10 組織と管理

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。

##### 農業省(MINAG)

- プログラム実施の責任官庁は、農業省（MINAG）であり、プログラムの技術的な管理は水インフラ総局(DGIH)が担当する。水インフラ総局(DGIH)は投資前段階の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、水インフラ総局(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）の公的部門多年度計画局(DGPM)へ承認申請を行う。
- 農業省の総合管理局(OGA-MINAG)は財務省の公的債務部（National Debt Public (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。
- 環境総局(DGAA)は、投資段階において EIA の審査、承認を行う。

##### 経済財政省(MEF)

- 公的多年度計画局(DGPM)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、財務省の公的債務部（National Debt Public (DNEP)）と農業省の総合事務所（OGA-MINAG)が担当する。
- 経済財政省の公的債務部(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。

##### 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-4.10-1 及び図-4.10-2 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 が担当することになっている。PSI では、JBIC プロジェクト等を実施しており、新たなプロジェクトを実施する場合、そのプロジェクトを管理する組織（Project Management Unit（PMU)）を組織し、コンサルタントの選定や工事発注、施工管理等を実施することになっている。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。

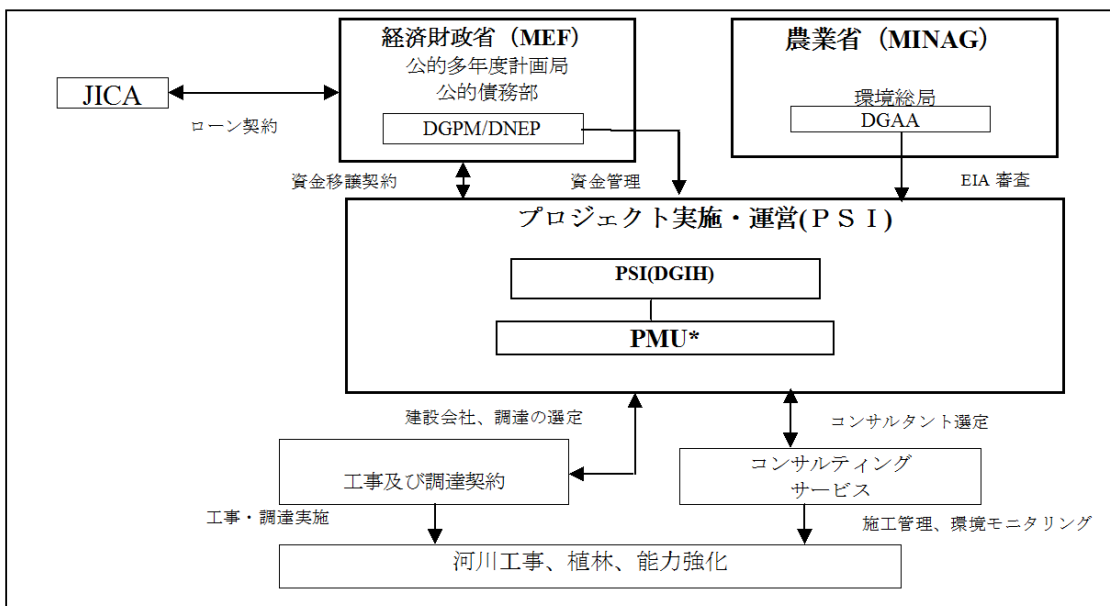


図-4.10-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

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。また水利組合は施設建設の負担金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。

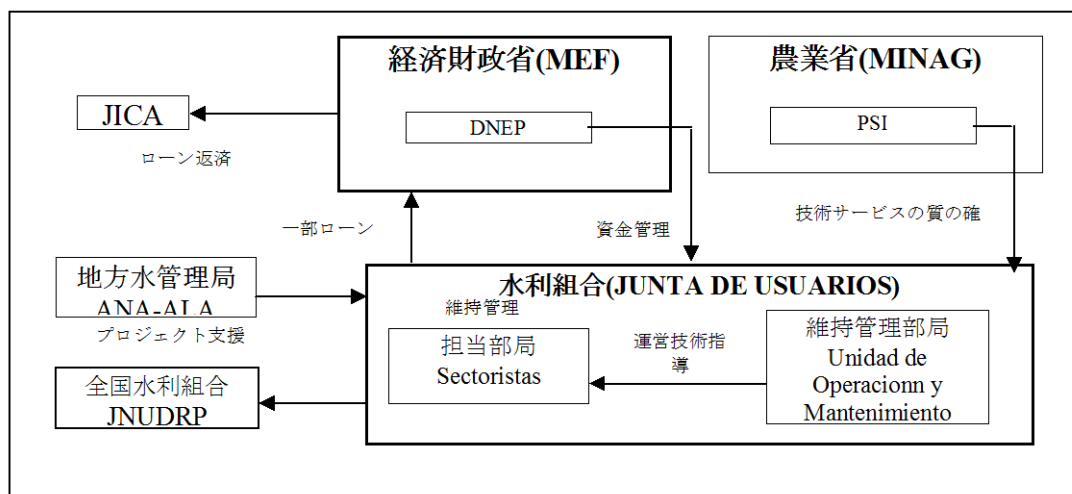


図-4.10-2 プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)

(1) DGIH

1) 役割及び機能

国家水政策や国家環境政策に沿って、水関連施設の開発促進を目的として政策、戦略及び計画を策定することである。

水関連インフラ開発には、調査、建設、運用、維持管理、建設リスク管理、開発、ダムの改造、取水、小水路、用水路、排水路、メーター、ソケット、地下水取水井戸及び灌漑の近代化等が含まれる。

2) 主な所掌

- a. 水インフラ開発に対して、計画及び予算事務所と調整して水インフラの開発に関する管理及び部門 政策を提案することと、水インフラ開発に関して、部門政策の実施をモニタリングし評価する。
- b. 部門政策の一部として政府や州、地方が関与する基準を提案する。
- c. 水インフラ施設の必要性を確認するとともに優先付けをする。
- d. 概略の水インフラ施設への公共投資のレベルで開発プロジェクトの開発及び推進を行う。
- e. 水インフラ整備の実施に関する技術基準を整備する。
- f. 水インフラの技術開発を促進する。
- g. 水インフラ設備の維持管理に関する技術基準を整備する。

## (2) PSI

### 1) 役割

灌漑サブセクターPROGRAM - PSI は、投資プロジェクトの実施を担当する。プロジェクト実施にあたってはプロジェクト毎にプロジェクトマネジメントユニットが創設される。

### 2) 主な所掌

- a. PSI は、農業省の内部組織であるが、運営と財政的に独立した組織であり、プロジェクト参加組織の調整、管理、運営に責任があり、投資プロジェクトの目的や目標を達成することを目的としている。
- b. 同様に、JICA のような海外の援助組織の融資に対しても支出などの調整を行う。
- c. PSI の計画財務部において、業務発注や調達、投資プログラムの作成やプロジェクト実施計画を策定する。これらのプロジェクトの準備のための作業はインハウスコンサルタント雇用し実施される。
- d. 同様に、コントラクターを召集し入札、工事、調達等のプロジェクトの実施を行う。
- e. 契約管理は計画財務部が実施する。

### 3) 予算

2011 年の PSI の予算を表-4.10-1 に示す。

**表-4.10-1 PSI の予算 (2011 年)**

Programs / Projects / Activities	PIM (S/.)
JBIC Program (Loan Agreement EP-P31)	69,417,953
Program - PSI Sierra (Loan Agreement 7878-PE)	7,756,000
Works by direct administration	1,730,793
South Earthquake Recostruction Works - FORSUR	228,077
Crop Conversion Project - ARTRA	132,866
Modern irrigation program - PRT	1,851,330
Activity - 1.113819 Smallholders ...	783,000
Program Management of PSI (Current Expenditure)	7,280,005
<b>TOTAL</b>	<b>89,180,024</b>

#### 4) 組織

PSI は 235 名の職員で構成されており、JBIC プロジェクトに対しては 14 名が専属で活動しており、その下に 29 名の技術者やアシスタントが活動している。

表-4.10-2 PSI の職員数

CENTRAL UNIT LEVEL	Data from 31 May 2011		
	CAS	Servic. y Consult.	TOTAL
Central Office	61	43	104
Zonal Office LIMA	12	24	36
Zonal Office AREQUIPA	14	12	26
Zonal Office CHICLAYO	17	13	30
Zonal Office TRUJILLO	13	26	39
<b>TOTAL</b>	<b>117</b>	<b>118</b>	<b>235</b>

PSI の組織を図-4.10-3 に示す。

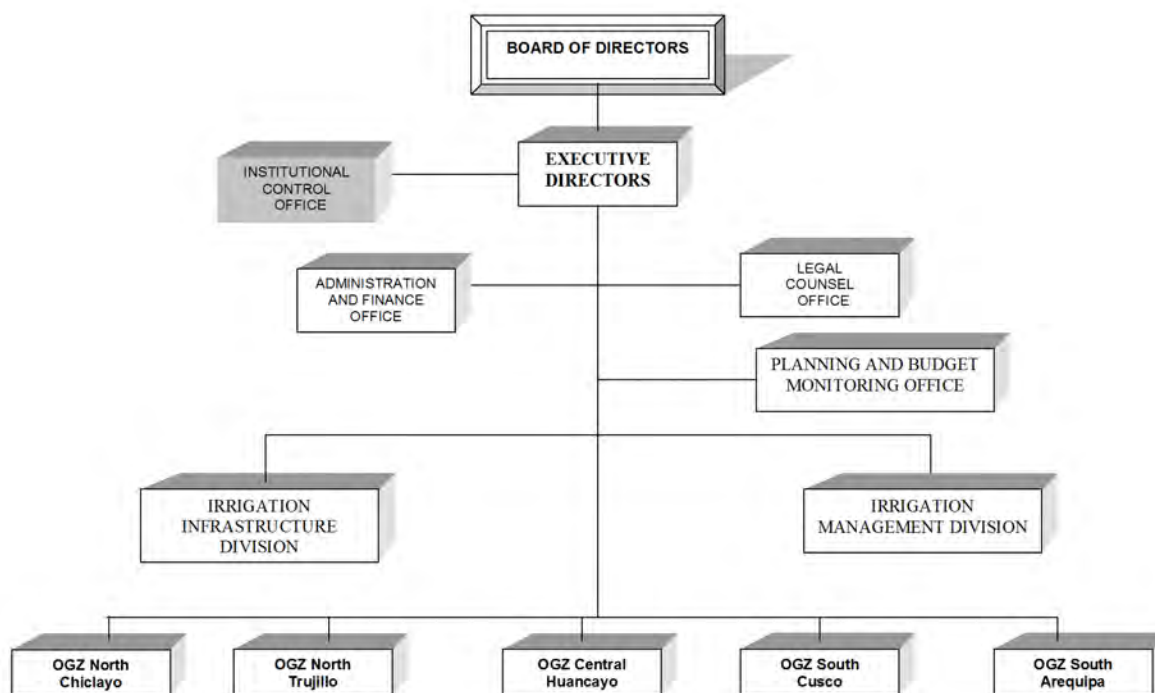


図-4.10-3 PSI の組織

#### 4.11 最終選定案の論理的枠組み

最終的に選定された案の論理的枠組みは表-4.11-1 に示すとおりである

表-4.11-1 最終案の論理的枠組み

要約	検証可能な指標	検証の方法	前提
<b>最終目標</b>			
地域における社会経済の発展を促進し、住民の福祉に貢献する。	地域における生産性の向上、雇用の拡大、住民の収入増加、貧困率の低減、	公表される各種統計資料	社会、経済、政治の安定
<b>目的</b>			
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する。	洪水対策施設の種別と数および分布、被益人口、被益面積	年次工事計画、資金計画のモニタリング、予算執行の監視	必要予算の確保、中央政府、地方政府および自治体、水利組合、地域住民などの積極的関
<b>結果</b>			
氾濫ヶ所および面積の減少、取水堰機能の改善、道路損壊の回避、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止、ポエチョスダムの安全確保	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、道路損箇所および頻度、河岸侵食の状況、ダム下流の侵食状況	現地視察、治水対策計画書、洪水対策工事報告書などのチェック、地域住民による日常的なモニタリング	地方政府、自治体、地域住民など維持管理者の監視および上位機関への適切な報告
<b>活動</b>			
コンポーネントA.: 構造物対策	堤防、護岸、取水堰の改善、道路の損壊防止、ダムの安全確保施設等28の構造物対策	詳細設計報告書、工事進捗報告書、予算支出状況のチェック	工事予算の確保、優良な詳細設計、工事施工、施工管理
コンポーネントB.: 非構造物対策			
B-1 植林・植生回復	植林面積、河畔林面積	工事進捗報告書、地域住民による日常的なモニタリング	コンサルタントやNGOの支援、対象地域住民の協力、下流住民の理解と協力
B-2 洪水予警報	機器据付状況、操作状況、予報・警報の回数、情報の伝達状況	工事進捗報告書、担当官庁や住民によるモニタリング	機器の正常な作動および操作、担当者の良好な訓練、連絡・広報活動、機器やソフトウェアの維持・管理
コンポーネントC.: 防災教育・能力開発	講習会、実習、訓練、ワークショップなどの回数	実施報告書、地方自治体担当者および住民によるモニタリング	対象者の参加意欲、コンサルやNGOによる指導
<b>プロジェクト実施管理</b>			
プロジェクトマネジメント	詳細設計、工事発注、施工管理、維持管理	設計図、施工計画および工事費積算書、工事仕様書、契約書、工事管理報告書、維持管理マニュアル	優良コンサルタントおよび建設業者の選定、維持管理における被益住民の参加

## 4.12 中・長期計画

前節までには本プロジェクトの事業費予算の制約もあり、緊急に実施すべき洪水対策について述べたが、流域における洪水対策は長期計画に基づき今後も逐次実施していくべきである。ここでは流域における洪水対策の中・長期計画を検討する。

### 4.12.1 全体治水計画

流域全体を対象とした場合の治水方式としてダム案、遊水地案、堤防案およびこれ等の組み合わせ案などがある。

ダム案については仮に 50 年確率洪水流量をダムによりピークカットして 10 年確率洪水流量まで低下させるとしてダムの必要貯水量を概算するとピスコ川 5.8 百万 m<sup>3</sup> と非常に大きくなる。扇状地の上流は一般に溪谷状をなし、ダムサイトの適地も少ないので容量を確保するためにはダム高の大きなダムが必要となり、巨額の事業費が必要となる（一基数百億円以上）。またダムサイトの適地調査、測量、地質調査、材料調査、概略設計などに 3～5 年は必要となり、周辺環境に及ぼす影響も甚大である。したがって今回の調査でダム案を検討の対象とすることは困難である。

遊水地案についても上記ダム案に示したように、大きな治水容量を必要とし、扇状地出口下流の河川沿いの低平地は殆ど農地として使用されていて適地がなく今回の調査では検討の対象とすることは困難である。

従って実現性が高いと思われる堤防方式について検討する。

#### (1) 河道計画

##### 1) 流下能力

河川の縦断および横断測量の結果に基づきピスコ川の現河道の流下能力を算定した。その結果は 3.1.10, 図-3.1.10-3 に示すとおりである。

##### 2) 氾濫特性

ピスコ川について氾濫解析を行った。確率 50 年洪水流量に対する氾濫状況は 3.1.10, 図-3.1.10-4 に示す通りとなる。ピスコ川の氾濫状況は、河口より 7km より上流では、流下能力不足により河道周辺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。

##### 3) 計画高水位および堤防天端の高さ

計画高水位は計画対象洪水の確率 50 年洪水が流下する時の水位とし、堤防標準断面は 4.3.1、(5)、1) に示す通りとする。4.2、表-4.2-2 には計画洪水流量の計算水位および必要堤防天端高を示している

##### 4) 堤防法線

現況の堤防整備状況等を踏まえて、堤防法線を設定した。基本的には、流下能力の増加と遊水効果を得るためにできるだけ広く川幅を設定した。図-4.12.1-1 に一般河道部と現河道の川幅が広い部分の法線の定め方を模式的に示している。一般部では堤防天端を確率 50 年洪水流下時の水位+余裕高とし、川幅の広い部分では堤防を 2 重にして内側の堤防法線は上下流の一般部



と連続する法線を保ち、天端高を確率 50 年洪水流下水位とし、外側の堤防天端高は確率 50 年洪水流下水時の水位+余裕高として内側堤防越流時には貯砂効果と遊水効果を持たせた。

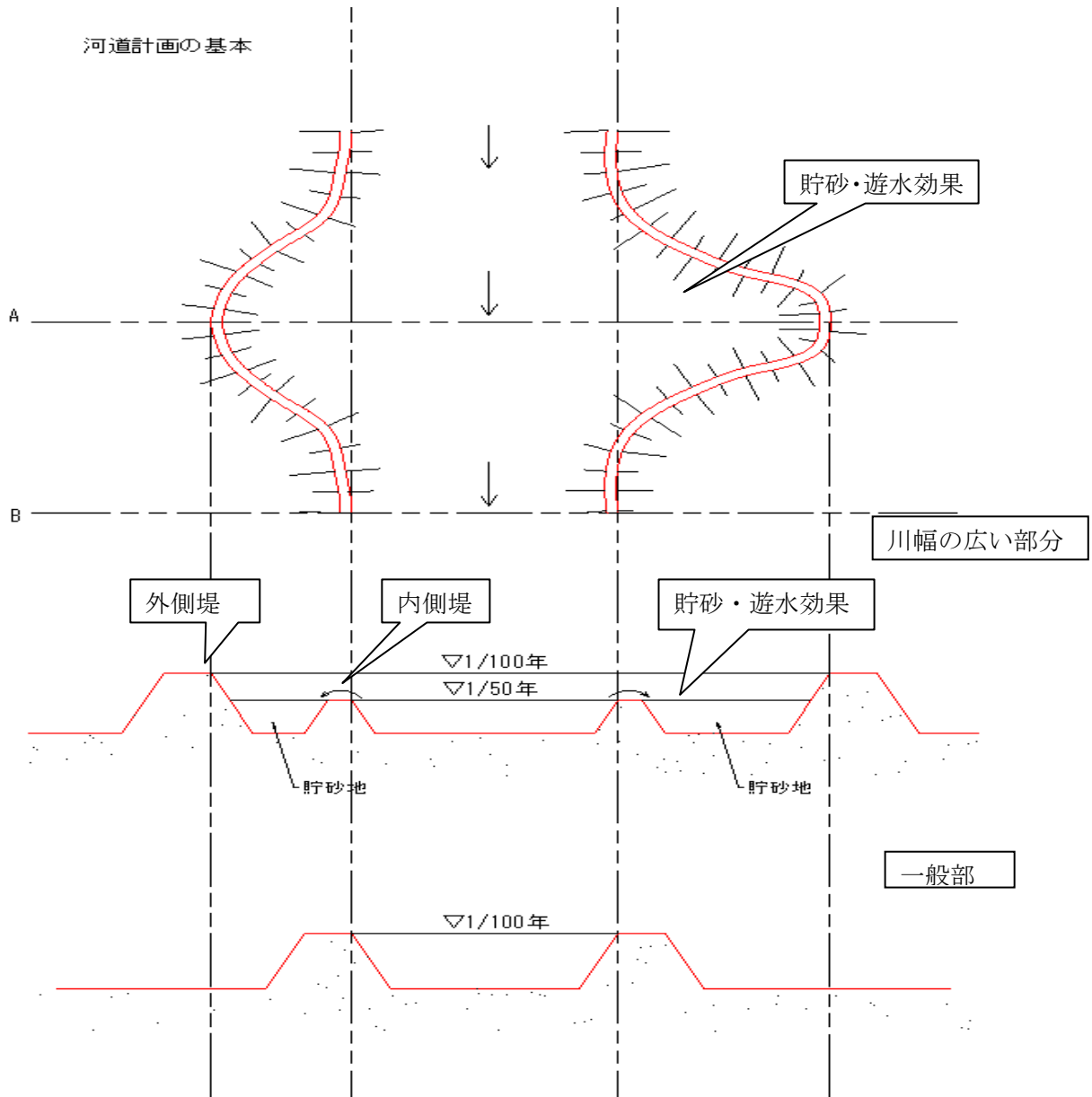


図-4.12.1-1 堤防法線の決定

5) 河川の平面および縦断形状

ピスコ川の平面および縦断形状は図-4.12.1-2 および図-4.12.1-3 に示す通りである。

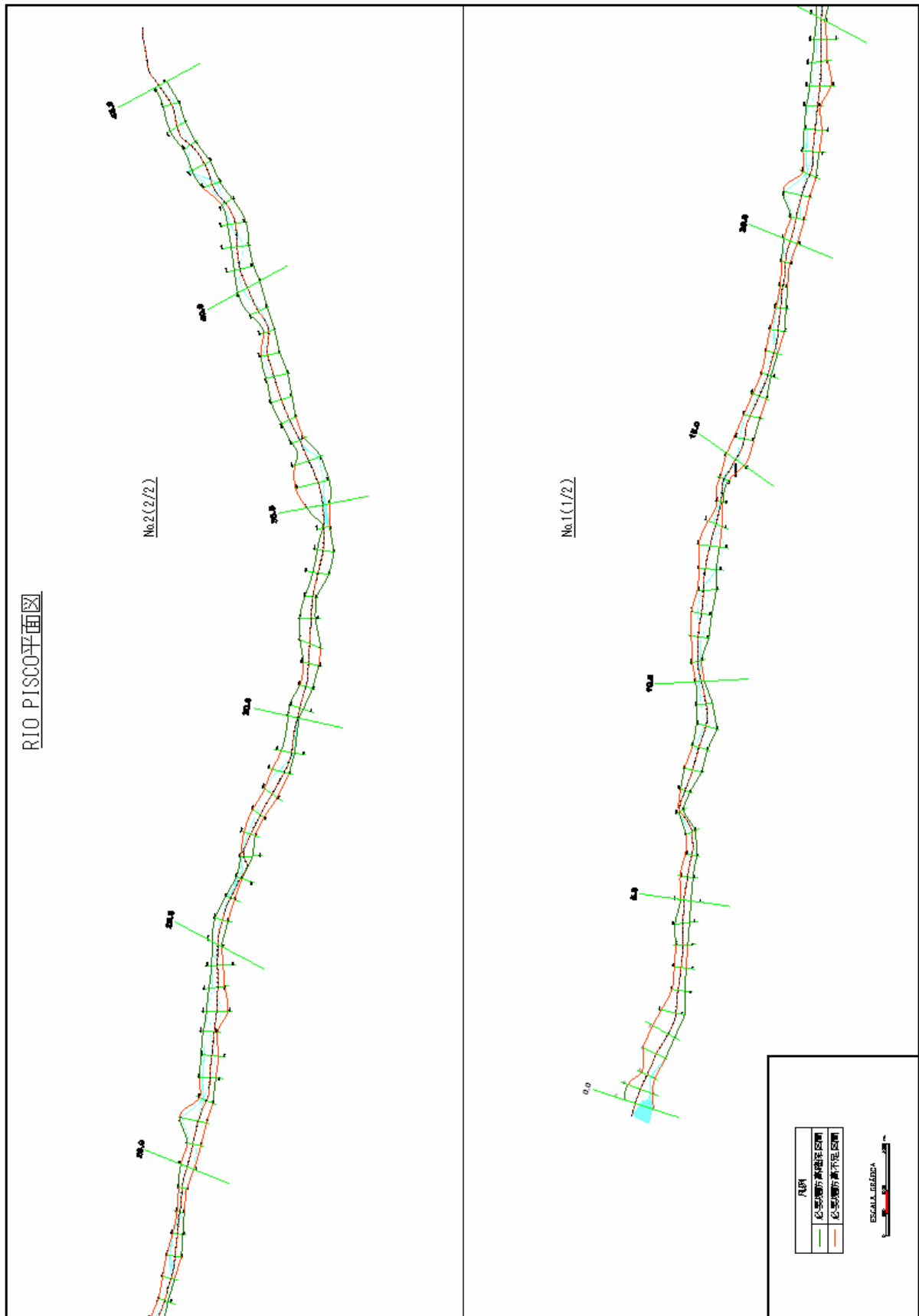


図-4.12.1-2 ピスコ川平面形状

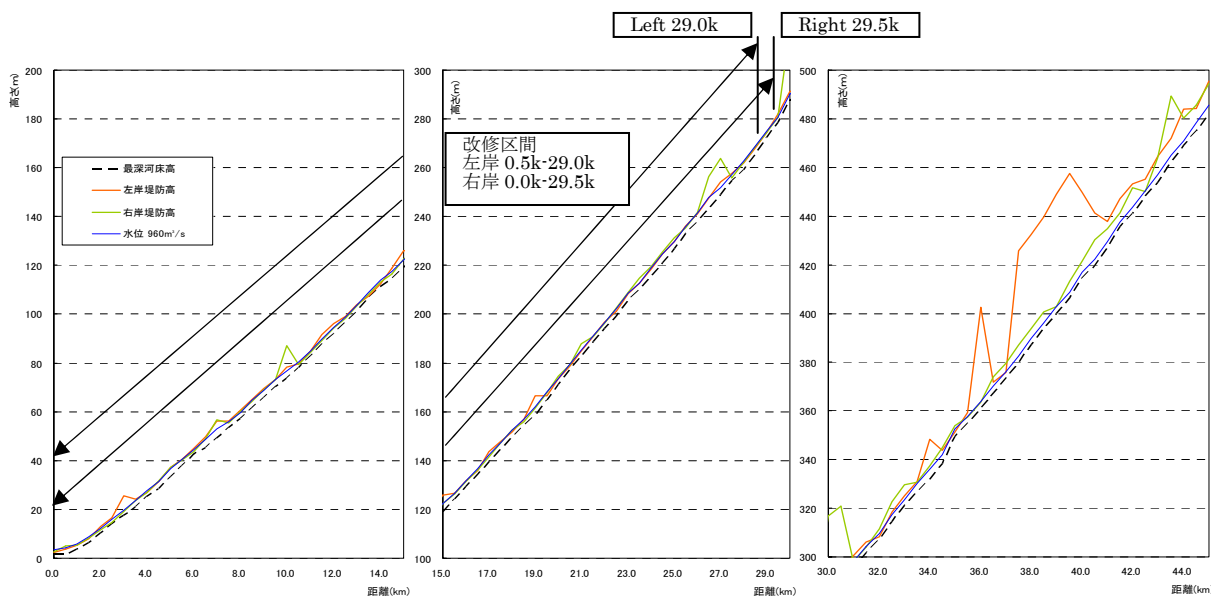


図-4.12.1-3 ピスコ川縦断面図

6) 堤防の設置計画

ピスコ川流域における堤防設置計画の基本方針は以下のとおりである。

- ① 確率流量 1/50 年の洪水を安全に流下する堤防を配置する。
- ② 堤防設置範囲は、氾濫シミュレーションにより堤内地への氾濫が拡散する箇所とする。
- ③ 堤防配置は、洪水拡散区間のうち、計画水位が既存堤防高または堤内地盤高を上回っている箇所とする。
- ④ 堤防高は 1/50 年確率洪水の水位+余裕高とする

ピスコ川における堤防計画は表-4.12.1-1 および図-4.12.1-4 に示すとおりである。

表-4.12.1-1 ピスコ川における堤防計画

河川名	改修区間		平均堤防 不足高 (m)	想定堤防規模 堤防 h=1.5m 護岸 h=3.0m	堤防延長 (km)
	左岸	右岸			
ピスコ川	左岸	0.0k-29.0k	0.55		14.0
	右岸	0.0k-29.5k	0.53		19.5
	計		0.53		33.5

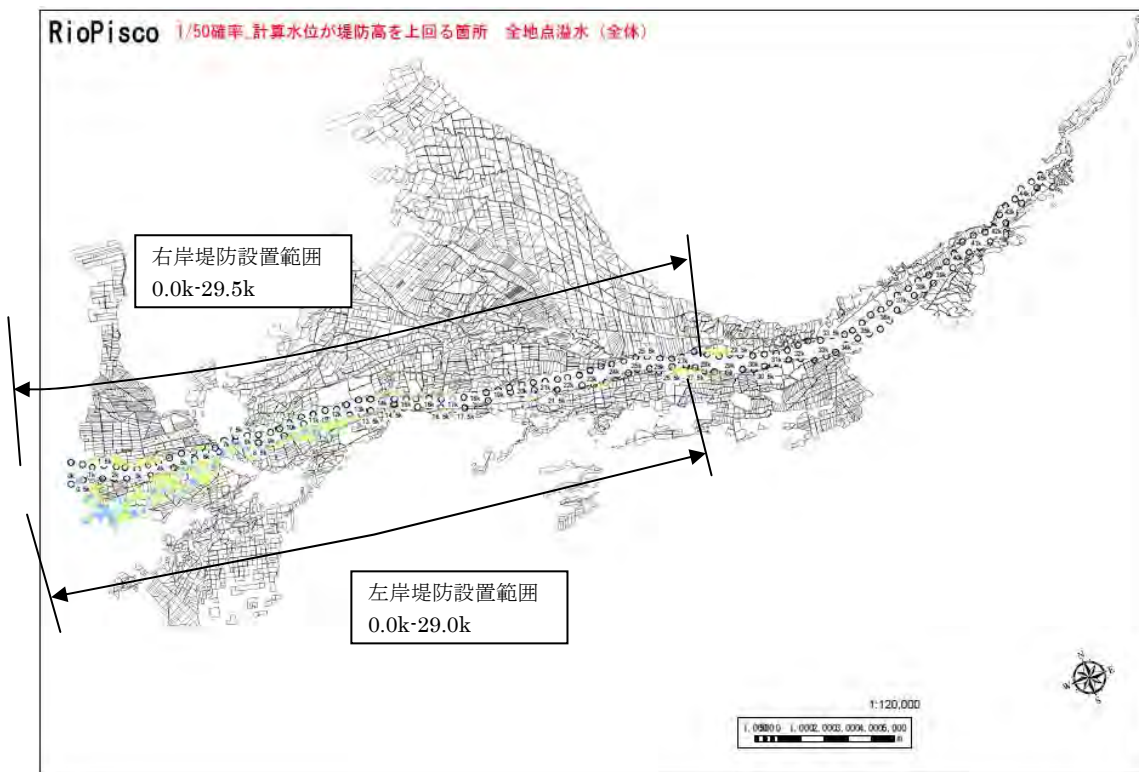


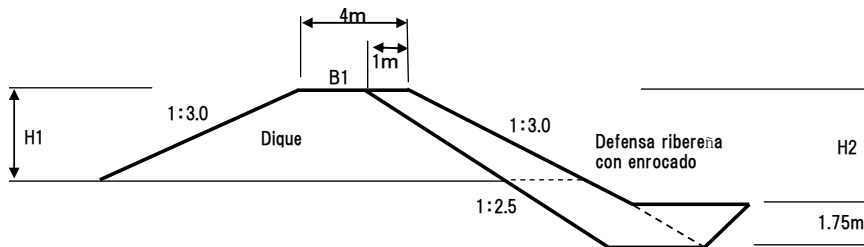
図-4.12.1-4 ピスコ川の堤防設置範囲

7) 事業費

民間価格の直接工事費および事業費はそれぞれ表-4.12.1-2 および表-4.12.1-3 に示すとおりである。また社会価格の事業費は表-4.12.1-4 に示す通りである。

表-4.12.1-2 直接工事費 (民間価格)

Construcción de dique				Defensa ribereña			
B1	H1	B2	A	B1	H2	B2	A
3.0	1.0	8.5	5.8	1.0	1.0	2.4	10.8
3.0	2.0	14.0	17.0	1.0	2.0	2.9	13.4
3.0	3.0	19.5	33.8	1.0	3.0	3.4	16.5
3.0	4.0	25.0	56.0	1.0	4.0	3.9	20.1
3.0	5.0	30.5	83.8	1.0	5.0	4.4	24.3
3.0	1.5	11.3	10.7	1.0	6.0	4.9	28.9
				1.0	1.5	2.6	12.0
				1.0	10.0	6.9	52.4



流域	工種	数量	単位	単価	直接工事費	直接工事費	堤防延長	直接工事費
				(ソル)	/m	/km		(km)
ピスコ	築堤	10.7	m <sup>3</sup>	10.0	107.0	107.0	33.5	3,584.5
	護岸	16.5	m <sup>3</sup>	100.0	1,650.0	1,650.0		55,275.0
合計					1,757.0	1,757.0		58,859.5

表-4.12.1-3 事業費 (民間価格)

事業費 (民間価格)												
Nombre de la Cuenca 流域名	COSTO DIRECTO			COSTO INDIRECTO							INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費	
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15 x (3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1 x (3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18 x (6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01 x (8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05 x (8)	Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1 x (8)	
PISCO	58,859,500	5,885,950	64,745,450	9,711,818	6,474,545	80,931,813	14,567,726	95,499,539	954,995	4,774,977	9,549,954	110,779,465

表-4.12.1-4 事業費 (社会価格)

事業費 (社会価格)												
Nombre de la Cuenca 流域名	COSTO DIRECTO			COSTO INDIRECTO							INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費	
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15 x (3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1 x (3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18 x (6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01 x (8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05 x (8)	Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1 x (8)	
PISCO	47,323,038	4,732,304	52,055,342	7,808,301	5,205,534	65,069,177	11,712,452	76,781,629	767,816	3,839,081	7,678,163	89,066,690

## (2) 維持管理計画

一次元河床変動解析の結果に基づいて河床の堆積／侵食傾向を把握し、それらへの対応を考慮して長期の維持管理計画を立案し、コストを推定する。

現況の河道の形状は、道路橋や農業施設（取水堰）等が存在する箇所が狭窄部となっており、その上流側に土砂が堆積する傾向にある。従って、今回の計画では、狭窄部の流下能力を高め、できるだけ狭窄部及びその上流の河道（主要部）には土砂が堆積しないようにするとともに、狭窄部上流側の河道（拡幅部）に 1/50 年規模を超える洪水時に土砂をできるだけ貯めるように工夫する。

### 1) 河床変動解析

ピスコ川流域について今後 50 年間の河床変動解析を行った結果を図-4.12.1-5 に示す。図より河床の堆積および侵食の今後の傾向および堆積量および侵食量が推定出来る。

### 2) 維持管理の必要ヶ所

ピスコ川流域において今後、長期的に維持管理が必要すべきと考えられるヶ所を抽出して表-4.12.1-5 に示す。

### 3) 維持管理費

各流域における今後 50 年間に渡って必要とされる河床掘削のための維持管理費については民間価格の直接工事費は次に示すとおりである。

#### 直接工事費

民間価格 569,000m<sup>3</sup> x 10 ソル = 5,690 千ソル

また民間価格および社会価格における 50 年間の事業費それぞれ表-4.12.1-6 および表-4.12.1-7 に示す通りである。

表-4.12.1-5 今後計画的に河床掘削すべき箇所

河川名	掘削対象範囲		維持管理方法
ピスコ川	箇所 1	対象区間：18.0km-20.5km 対象土量：314,000m <sup>3</sup>	今後徐々に河床上昇し、氾濫を引き起こす可能性があるため、定期的な掘削を実施すべきと考えられる
	箇所 2	対象区間：34.0km-35.0km 対象土量：255,000m <sup>3</sup>	既設取水堰の上流部で、拡幅部のため土砂が堆積しやすい河床である。同区間において定期的に掘削を実施することで、下流河道全体の河床上昇リスクを低下させることが可能と考えられる。

※対象土量は 50 年間の堆積土砂量

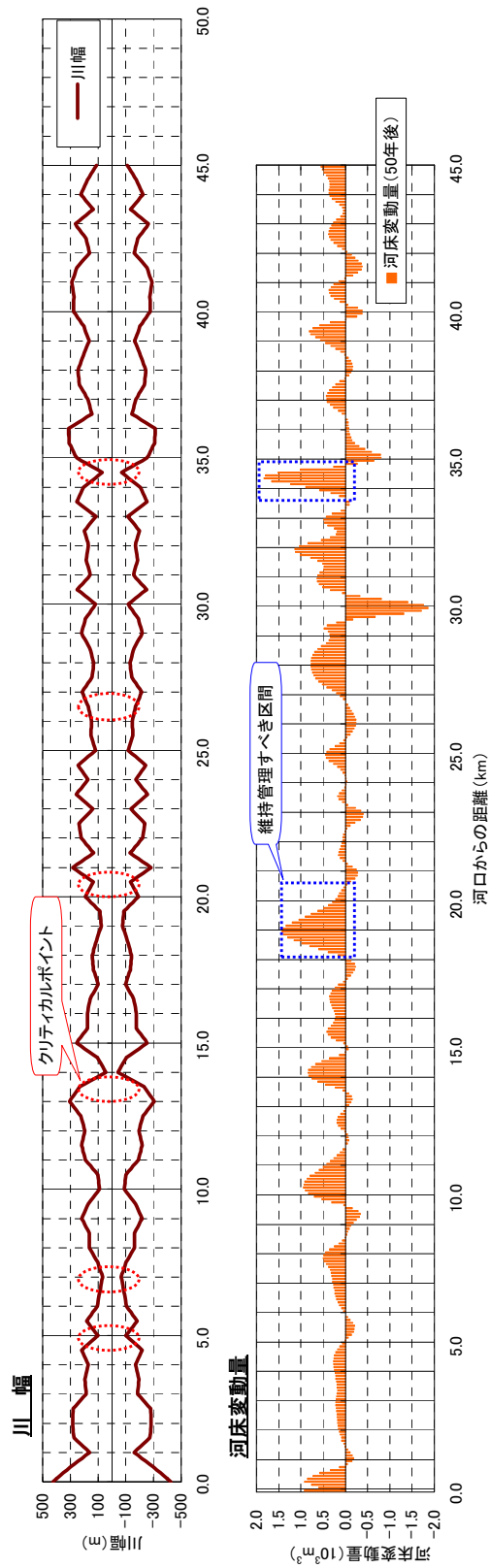


図-4.12.1-5 維持管理が必要な堆積区間 (ピスコ川)

表-4.12.1-6 50年間の河床掘削事業費 (民間価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	Costo Directo (soles) 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1*(1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15*(3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1*(3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18*(6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9) = 0.01*(8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05*(8)	Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1*(8)	Costo Total 事業費 (12) = (8)+(9)+(10)+(11)
PISCO	5,690	569	6,259	939	626	7,824	1,408	9,232	92	462	923	10,709

表-4.12.1-7 50年間の河床掘削事業費 (社会価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	Costo Directo (soles) 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1*(1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15*(3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1*(3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18*(6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Factor de Corrección 修正係数 fc	Costo Total Obra 建設費 (9) = fc*(8)	Impacto Ambiental 環境影響 (10) = 0.01*(9)	Expediente Tecnico 詳細設計 (11) = 0.05*(9)	Supervisión 施工管理費 (12) = 0.1*(9)	Costo Total 事業費 (13) = (9)+(10)+(11)+(12)
PISCO	5,690	569	6,259	939	626	7,824	1,408	9,232	0.804	7,423	74	371	742	8,610



(3) 社会評価

1) 民間価格

i) 被害額

ピスコ川流域において確率洪水量 2 年~50 年に対する氾濫解析を行い、被害額を算定すると表-4.12.1-8 に示すとおりである。

表-4.12.1-8 各確率洪水量に対する被害額

	Daños en miles de S/. 被害額(千ソール)
確率年(t)	Pisco
2	15,788
5	22,310
10	47,479
25	56,749
50	76,992

ii) 年平均被害軽減額

表-4.12.1-8 に基づき各流域における年平均被害軽減額を算定すると表-4.12.1-9 に示す通りとなる。

iii) 事業費および維持管理費

事業費は表-4.12.1-3 に示すとおりである。また年間の維持管理費は築堤・護岸の維持管理費として建設費の 0.5%および表-4.12.1-6 に示す河床掘削費の年平均河床掘削費とする。

iv) 経済評価

経済評価の結果は表-4.12.1-10 に示すとおりである。

表-4.12.1-9 年平均被害軽減額 (民間価格)

s/1000									
民間価格:流域全体 (Precios Privados para las cuencas en su TOTALIDAD)									
流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S/.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
PISCO	1	1.000	0	0	0			0	0
	2	0.500	15,788	0	15,788	7,894	0.500	3,947	3,947
	5	0.200	22,310	0	22,310	19,049	0.300	5,715	9,662
	10	0.100	47,479	0	47,479	34,894	0.100	3,489	13,151
	25	0.040	56,749	0	56,749	52,114	0.060	3,127	16,278
	50	0.020	76,992	0	76,992	66,870	0.020	1,337	17,615

**表-4.12.1-10 経済評価の結果 (民間価格)**

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O & M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Pisco	229,000,371	103,412,028	110,779,465	9,420,215	1.02	2,217,423	10%

## 2) 社会価格

### i) 被害額

各流域において確率洪水量 2 年~50 年に対する氾濫解析を行い、被害額を算定すると表-4.12.1-11 に示すとおりである。

**表-4.12.1-11 各確率洪水量に対する被害額**

	Daños en miles de S/. 被害額(千ソール)
確率年(t)	Pisco
2	16,681
5	22,436
10	52,469
25	61,739
50	84,256

### ii) 年平均被害軽減額

表-4.12.1-11 に基づき各流域における年平均被害軽減額を算定すると表-4.12.1-12 に示す通りとなる。

### iii) 事業費および維持管理費

事業費は表-4.12.1-4 に示すとおりである。また年間の維持管理費は築堤・護岸の維持管理費として事業費の 0.5%および表-4.12.1-7 に示す河床掘削費の年平均河床掘削費とする。

### iv) 経済評価

経済評価の結果は表-4.12.1-13 に示すとおりである。

**表-4.12.1-12 年平均被害軽減額（社会価格）**

s/1000

社会価格：流域全体									
流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計＝年平均被害 軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
PISCO	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	16,681	0	16,681	8,341	0.500	4,170	4,170
	5	0.200	22,436	0	22,436	19,559	0.300	5,868	10,038
	10	0.100	52,469	0	52,469	37,452	0.100	3,745	13,783
	25	0.040	61,739	0	61,739	57,104	0.060	3,426	17,209
	50	0.020	84,256	0	84,256	72,998	0.020	1,460	18,669

**表-4.12.1-13 経済評価の結果（社会価格）**

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O&M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Pisco	242,702,673	109,599,716	89,066,690	7,573,853	1.35	28,239,253	16%

**(4) 結論**

経済評価の結果としては民間価格、社会価格共に経済効果があるが、事業費は民間価格で110.8百万ソル(33.2億円)と巨額となり、本プロジェクトでは採用が困難である。

**4.12.2 植林・植生計画**

**(1) 上流域における植林**

長期的には上流域において植林が必要なすべての地域に植林を行う事が望ましいのでこの案を検討する。

1) 基本方針

- ① 目的：水源となるエリアの土壌浸透能を向上させ、表面流量を軽減するとともに中間流量・地下水量を増加させる。これにより、洪水ピーク流量のカット、山地の水資源賦存量増加を図り、もって洪水防止・軽減に寄与する。
- ② 植林対象地：水源となる流域の植栽可能箇所、あるいは森林が衰退した箇所に植林する。
- ③ 植林方法：地域住民による植栽とする。プロモーターによる自主的管理と、NGOによる現地植栽管理、コンサルタントによるNGOの指導・管理によって工事を実施する。
- ④ 植栽後のメンテナンス：植栽を担当したコミュニティによる維持管理を行ない、そのための費用は下流の受益者（水利組合）が支払うシステムを構築する。（PES

の適用)。

- ⑤ 注意：伐採後は必ず再植林し、持続的に植林地を保全し、長期的な視点に立って森林を維持管理していく。上流の住民に対し、インセンティブを与える工夫が必要である。

地域住民による維持管理、伐採後の再植林がなされることで長期的に植林地を保全でき、洪水緩和・防止機能が発揮できる。このためには地域住民への植林の意義、下流への寄与、広い視点での「ペ」国における植林の必要性などの普及啓蒙活動を事業期間中に実施していく必要がある。

## 2) 植林対象地の選定

上流域において植林を実施する場合、1) で述べたように地元住民によって植林活動を実施する。その場合、地元住民は農業等の合間に植林を実施することになる。しかしながら、上流部のほとんどはアンデス高地のシエラであり、住民のほとんどが厳しい自然条件に耐えながら農耕・畜産を営んでおり、植林する余力があるとは言い難い。このため、住民の理解醸造と合意形成には時間がかかるのが常である。

## 3) 必要事業期間

もともと人口密度が低い労働力が少ないことから、一日当りの投入量が少なくと推定され、高い作業効率望めない。JICA 調査団は、植林計画地周辺の人口、植栽本数、作業効率等から全ての面積を植林した場合に必要な期間を試算した。それによれば、チンチャ流域の約 4 万 ha の植林を実施するためには 14 年間が必要である。面積割合で単純に比率計算すると、ピスコ流域で 17 年間となる。

## 4) 域の植林計画全体数量、事業期間、事業費用

ピスコ流域において、植林が必要と考えられる面積、および事業費用をチンチャ流域植林計画をもとに算出すると合計で約 54,000ha、実施期間は 17 年間、事業費は約 146 百万ソレスとなり、長期間、莫大な費用を要することとなる。

**表-4.12.2-1 上流域における植林計画全体計画**

流域	植栽面積 (ha)	必要事業期間(年)	必要事業費(ソレス)
ピスコ	53,933.75	17	145,574,401

(出典：JICA 調査団)

## 5) 結論

本事業の目的において、緊急性の高い工事を実施することとなっているため、間接的効果であり効果が発現するまで長い期間を要する植林事業でこのような長い実施期間は本質的な目的とも一致しない。また、17 年間という事業期間、146 百万ソレスの事業費を考慮するとこの事業本事業としては適当でなく、本事業の終了後にこの計画に基づき長期的に逐次実施すべきである。

### 4.12.3 土砂制御計画

長期的な土砂制御計画としては上流域において必要な土砂制御対策を実施するのが望ましい。上流部での土砂制御計画は、砂防ダムおよび護岸工が主体となる。流域全体に実施する土砂制御対策工の配置は図- に示す通りである。ピスコ川流域に対して、流域全体を対象とした場合および優先範囲を限定して、これらの配置検討を実施した結果、概算工事費は表-4.12.3-1 に示す通りとなる。

今回対象としているピスコ川流域は広大であり、護岸工および砂防ダム等の施設を配置した場合、いずれのケースにおいても建設コストが非常に大きく、事業終了までに長期間を要する。このため、効果発現までにかかなりの時間が必要となる。したがって本プロジェクトにおいては実施することは困難であり、本プロジェクト終了後にこの長期計画に従って逐次対策工を実施する事が望ましい。

**表-4.12.3-1 上流域における土砂制御施設の概算工事費**

流域名	対象範囲	護岸工		帯工		砂防堰堤		直接工事費 合計	事業費 (Million S/.)
		数量 (km)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)		
Pisco	全流域	269	S/.287	27	S/.1	178	S/.209	S/.497	S/.935
	優先範囲	269	S/.287	27	S/.1	106	S/.126	S/.414	S/.779

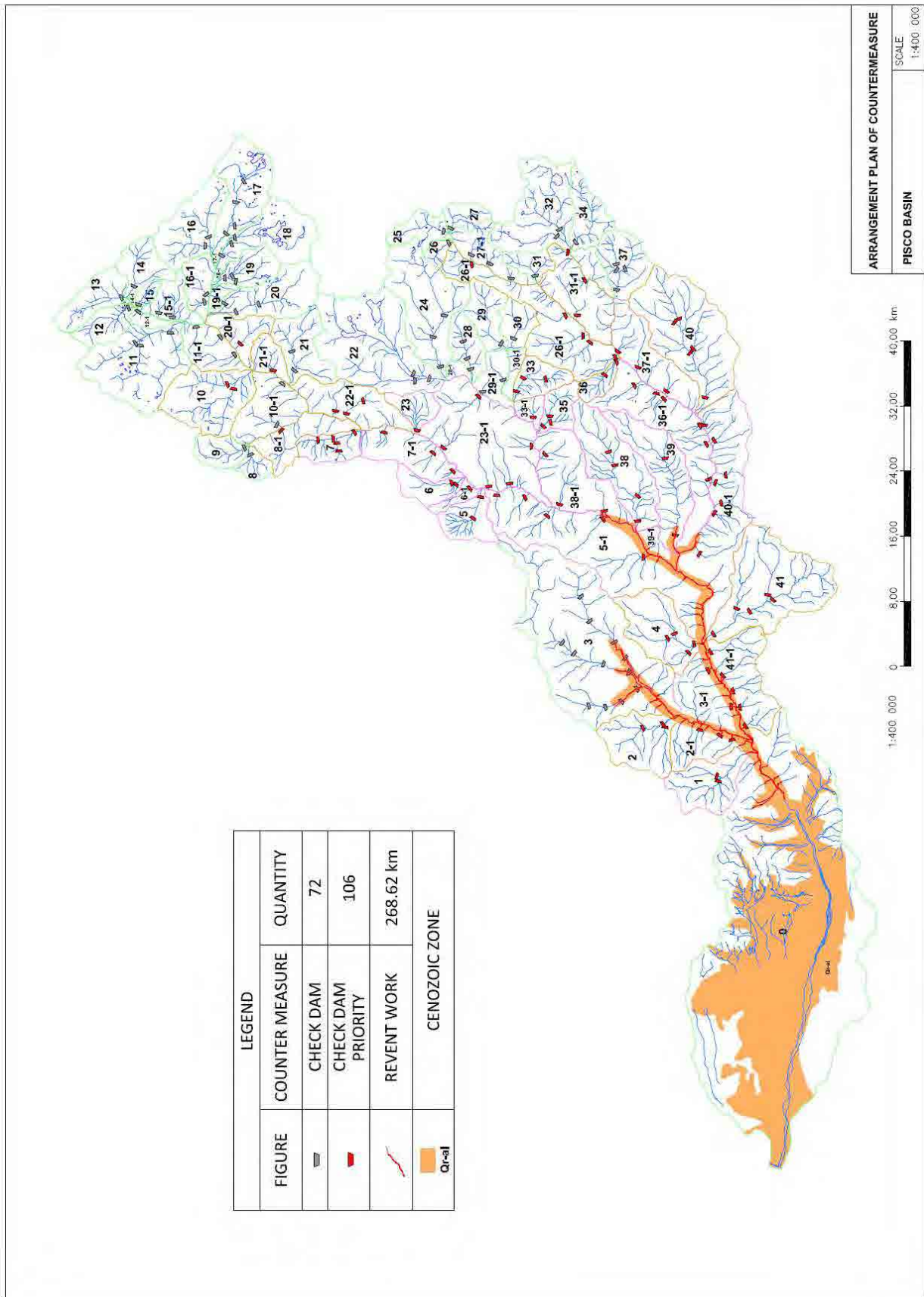


図-4.12.3-1 ピスコ川流域土砂制御対策工位置図

## 第5章 結論

この調査において最終的に選定された案は構造的に安全で社会評価においても流域全体としては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。

