

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  
I-4 メインレポート  
プロジェクトレポート（ピスコ川）  
（開示用暫定版）

平成 25 年 3 月  
(2013 年 3 月)

独立行政法人 国際協力機構

八千代エンジニアリング株式会社  
日本工営株式会社  
中南米工営株式会社



## ドラフトファイナルレポートの構成

### 要約報告書

#### I. メインレポート

I-1 プログラムレポート (カニエテ川、チンチャ川、ピスコ川、マヘス-カマナ川)

I-2 プロジェクトレポート (カニエテ川)

I-3 プロジェクトレポート (チンチャ川)

**I-4 プロジェクトレポート (ピスコ川) (本レポート)**

I-5 プロジェクトレポート (マヘス-カマナ川)

I-6 サポートイングレポート

Annex-1 気象/水文/流出解析

Annex-2 氾濫解析

Annex-3 河床変動解析

Annex-4 治水計画

Annex-5 チラ川洪水予警報

Annex-6 砂防計画

Annex-7 植林/植生回復

Annex-8 施設計画/設計

Annex-9 施工計画/積算

Annex-10 社会経済調査/経済分析

Annex-11 環境社会配慮/ジェンダー

Annex-12 防災教育/能力開発

Annex-13 ステークホルダー会議

Annex-14 有償資金協力事業実施計画

Annex-15 設計図集

I-7 データブック

#### II プレフィージビリティ調査報告書

II-1 プログラムレポート (チラ川、カニエテ川、チンチャ川、ピスコ川、ヤウカ川、マヘス-カマナ川)

II-2 プロジェクトレポート (チラ川)

II-3 プロジェクトレポート (カニエテ川)

II-4 プロジェクトレポート (チンチャ川)

II-5 プロジェクトレポート (ピスコ川)

II-6 プロジェクトレポート (ヤウカ川)

II-5 プロジェクトレポート (マヘス-カマナ川)





付図 調査対象地域



## 略 語

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

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



ペルー国  
溪谷村落洪水対策事業準備調査  
ファイナルレポート  
I-4 メインレポート  
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 技術的提案 .....	1-2
1.4.1 構造物対策 .....	1-2
1.4.2 非構造物対策 .....	1-3
1.4.3 技術支援 .....	1-4
1.5 プロジェクトのコスト .....	1-4
1.6 社会評価 .....	1-4
1.7 持続可能性分析 .....	1-5
1.8 環境インパクト .....	1-6
1.9 組織と管理 .....	1-7
1.10 実施計画 .....	1-8
1.11 資金計画 .....	1-9
1.12 結論と提言 .....	1-10
1.12.1 結論 .....	1-10
1.12.2 提言 .....	1-10
1.13 論理的枠組み .....	1-11
1.14 中・長期計画 .....	1-12
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	プロジェクトに関連する法令、政策、ガイドライン .....	2-6
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 .....	3-34
3.1.9.1	降雨量データ .....	3-35
3.1.9.2	流量 .....	3-39
3.1.9.3	実測流量に基づく確率規模洪水流量 .....	3-41
3.1.9.4	降雨量に基づく流出解析（HEC-HMS システム） .....	3-41
3.1.9.5	解析結果の考察 .....	3-54
3.1.10	氾濫解析 .....	3-57
3.2	問題の定義と原因 .....	3-62
3.2.1	調査対象地域の洪水対策における問題点 .....	3-62
3.2.2	問題点の原因 .....	3-62
3.2.3	問題点による結果 .....	3-63
3.2.4	原因と結果の樹系図 .....	3-63
3.2.5	主要な問題点を解決する手段 .....	3-65
3.2.6	主要な目的を達成することにより得られる効果 .....	3-65
3.2.7	手段—目的—効果の樹系図 .....	3-66
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 .....	4-3
4.3.1	構造物対策 .....	4-3
4.3.2	非構造物対策 .....	4-16
4.3.2.1	植林/植生回復 .....	4-16
4.3.2.2	土砂制御計画 .....	4-21

4.3.3	技術支援 .....	4-24
4.4	コスト .....	4-28
4.4.1	コストの算出（民間価格） .....	4-28
4.4.2	コストの算出（社会価格） .....	4-31
4.5	社会評価 .....	4-32
4.5.1	民間価格 .....	4-32
4.5.2	社会価格 .....	4-37
4.5.3	社会評価のまとめ .....	4-38
4.6	感度分析 .....	4-38
4.7	リスク分析 .....	4-39
4.8	持続可能性分析 .....	4-41
4.9	環境インパクト .....	4-42
4.9.1	環境影響評価の手続き .....	4-42
4.9.2	環境影響評価の方法 .....	4-44
4.9.3	環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価 .....	4-45
4.9.4	環境影響管理 .....	4-48
4.9.5	環境管理計画 .....	4-49
4.9.6	環境影響管理対策実施コスト .....	4-50
4.9.7	結論と提言 .....	4-51
4.10	組織と管理 .....	4-52
4.11	実施計画 .....	4-57
4.12	資金計画 .....	4-60
4.13	最終選定案の論理的枠組み .....	4-61
4.14	インパクト評価の基準 .....	4-62
4.15	中・長期計画 .....	4-63
4.15.1	全体治水計画 .....	4-63
4.15.2	植林・植生計画 .....	4-76
4.15.3	土砂制御計画 .....	4-77
第5章	結論と提言 .....	5-1
5.1	結論 .....	5-1
5.2	提言 .....	5-1
5.2.1	本事業に係わる提言 .....	5-1
5.2.2	ペルー国における今後の洪水対策に係わる提言 .....	5-5

## 表 一 覧

表-1.3-1	需要と供給分析.....	1-1
表-1.5-1	事業費および事業費の内訳.....	1-4
表-1.6-1	社会評価の結果.....	1-5
表-1.7-1	水利組合の事業予算.....	1-5
表-1.7-2	維持管理費の水利組合事業費および被害軽減額に対する比率.....	1-6
表-1.10-1	実施計画.....	1-9
表-1.11-1	事業実施時における資金支出計画.....	1-9
表-1.13-1	最終案の論理的枠組み.....	1-12
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).....	1-13
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).....	1-13
表-1.14-3	上流域における植林計画全体計画.....	1-13
表-1.14-4	上流域における土砂制御施設の概算事業費.....	1-14
表-2.4.1-1	調査および報告書提出の経緯.....	2-6
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 (2001-2010).....	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).....	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.....	3-22
表-3.1.7-6	1994年から2003年までの植林実績.....	3-24
表-3.1.8-1	収集資料の一覧.....	3-25
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	流域毎のエリアと標高の関係.....	3-29
表-3.1.8-5	ピスコ川の標高毎の傾斜区分.....	3-29
表-3.1.9.1-1	雨量観測地点一覧（ピスコ川流域）.....	3-35
表-3.1.9.1-2	雨量観測データ収集期間（ピスコ川流域）.....	3-35
表-3.1.9.1-3	ピスコ川流域およびその近傍の流域における月平均降雨量.....	3-37
表-3.1.9.1-4	ピスコ川流域の各降雨観測所における年最大24時間雨量（日雨量）.....	3-38
表-3.1.9.2-1	ピスコ川における流量観測所.....	3-40
表-3.1.9.2-2	ピスコ川流域 LETRAYOC 観測所の年最大流量.....	3-40
表-3.1.9.3-1	基準地点確率規模流量.....	3-41
表-3.1.9.4-1	各降雨観測所における各確率規模の24時間降雨量（ピスコ川流域）.....	3-45
表-3.1.9.4-2	ピスコ川流域を構成する各小流域における各確率規模の24時間降雨量.....	3-46
表-3.1.9.4-3	SCS Hypothetical Storm における24時間降雨量累加曲線.....	3-47
表-3.1.9.4-4	土地利用および土質性状に基づくCN (1/3).....	3-51
表-3.1.9.4-4	土地利用および土質性状に基づくCN (2/3).....	3-52
表-3.1.9.4-4	土地利用および土質性状に基づくCN (3/3).....	3-53
表-3.1.9.4-5	確率規模別洪水流量.....	3-54
表-3.1.9.4-6	確率規模別洪水比流量.....	3-54
表-3.1.9.4-7	既往最大流量と確率50年流量の比較.....	3-54
表-3.1.10-1	河川測量の概要.....	3-57
表-3.1.10-2	氾濫解析手法.....	3-58
表-3.2.1-1	洪水対策における問題点と保全対象.....	3-62
表-3.2.2-2	主要な問題点の直接的原因および間接的原因.....	3-62
表-3.2.3-1	問題点による直接および間接的結果.....	3-63
表-3.2.5-1	問題点を解決する直接および間接的手段.....	3-65
表-3.2.6-1	直接および間接的効果.....	3-66
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	重点洪水対策施設の概要 .....	4-10
表-4.3.1-6	計画高水流量と余裕高 .....	4-13
表-4.3.2.1-1	生産可能苗木樹種リスト .....	4-18
表-4.3.2.1-2	現地調査で確認された樹種リスト (河川沿い) .....	4-18
表-4.3.2.1-3	植栽樹種選定結果 (詳細) .....	4-19
表-4.3.2.1-4	樹種選定の評価基準 .....	4-19
表-4.3.2.1-5	選定した樹種.....	4-19
表-4.3.2.1-6	植林/植生回復計画数量 .....	4-20
表-4.3.2.1-7	植林計画地別・樹種別本数割合 .....	4-20
表-4.3.2.1-8	苗木単価 (河川構造物沿い植林) .....	4-21
表-4.3.2.1-9	植林工事費 (河川構造物沿い植林) .....	4-21
表-4.3.2.2-1	土砂制御計画基本方針 .....	4-22
表-4.3.3-1	技術支援の内容と直接費用 .....	4-26
表-4.4.1-1	労務費単価 (1) .....	4-29
表-4.4.1-1	労務費単価 (2) .....	4-29
表-4.4.1-2	主要な材料単価.....	4-29
表-4.4.1-3	主要な建設機械単価 .....	4-29
表-4.4.1-4	工事数量.....	4-29
表-4.4.1-5	工事単価の積算 (ピスコ川 Pi-1 の例) .....	4-30
表-4.4.1-6	直接工事費 (民間価格および社会価格) .....	4-30
表-4.4.1-7	コンサルタント詳細設計費 (4 流域合計) .....	4-30
表-4.4.1-8	コンサルタント施工管理費 (4 流域合計) .....	4-30
表-4.4.1-9	用地取得費.....	4-30
表-4.4.1-10	補償工事費(直接工事費).....	4-30
表-4.4.1-11	事業実施機関管理費 (4 流域合計) .....	4-30
表-4.4.1-12	総事業費 (民間価格) .....	4-30
表-4.4.1-13	総事業費 (社会価格) .....	4-30
表-4.4.1-14	年間維持管理費.....	4-30
表-4.4.2-1	社会価格への標準変換係数 (MEF: 経済財政省) .....	4-31
表-4.4.2-2	対策工直接工事費の民間価格から社会価格への変換.....	4-31
表-4.5.1-1	洪水被害額の算定項目 .....	4-32
表-4.5.1-2	想定洪水被害額の計算 (民間価格) (ピスコ川) .....	4-33
表-4.5.1-3	想定洪水被害額 (民間価格) .....	4-34
表-4.5.1-4	年平均想定被害軽減期待額の算定方法.....	4-34

表-4.5.1-5	年平均被害軽減期待額（民間価格）	4-35
表-4.5.1-6	費用便益分析の評価指標と特徴	4-35
表-4.5.1-7	社会評価（B/C、NPV、IRR）（民間価格）	4-36
表-4.5.1-8	社会評価の計算（民間価格）（ピスコ川）	4-36
表-4.5.1-9	社会評価の計算（社会価格）（ピスコ川）	4-36
表-4.5.2-1	想定洪水被害額の計算（社会価格）（ピスコ川）	4-37
表-4.5.2-1	想定洪水被害額（社会価格）	4-37
表-4.5.2-2	年平均被害軽減期待額（社会価格）	4-38
表-4.5.2-3	社会評価（B/C、NPV、IRR）（社会価格）	4-38
表-4.6-1	感度分析手法	4-39
表-4.6-2	感度分析の検討ケース及び経済指標	4-39
表-4.6-3	IRR、B/C、NPV の感度分析結果	4-39
表-4.7-1	NPV が 0 となるコストの増加%および便益の減少%	4-40
表-4.8-1	水利組合の事業予算	4-41
表-4.8-2	維持管理費の水利組合事業費および被害軽減額に対する比率	4-42
表-4.9.1-1	環境影響に基づくカテゴリー分類	4-43
表-4.9.1-2	工事実施予定地	4-44
表-4.9.2-1	Leopold マトリックスー評価基準	4-45
表-4.9.2-2	影響の大きさの程度の基準	4-45
表-4.9.3-1	影響の認識マトリックス（建設期間）	4-46
表-4.9.3-2	環境影響評価のマトリックス（建設期間）ピスコ川流域	4-46
表-4.9.3-3	影響の認識マトリックス（維持管理期間）	4-47
表-4.9.3-4	環境影響評価マトリックス（維持管理期間）ピスコ川流域	4-47
表-4.9.4-1	環境影響と予防・緩和策	4-48
表-4.9.5-1	水質及び生物多様性モニタリング	4-49
表-4.9.5-2	大気質モニタリング	4-49
表-4.9.5-3	騒音モニタリング	4-50
表-4.9.5-4	水質及び生物多様性モニタリング	4-50
表-4.9.6-1	環境影響管理対策予算	4-51
表-4.10-1	PSI の予算（2011 年）	4-55
表-4.10-2	PSI の職員数	4-55
表-4.11-1	実施計画	4-59
表-4.12-1	事業実施時における資金支出計画	4-60
表-4.12-2	円借款貸付金の返済条件	4-61
表-4.13-1	最終案の論理的枠組み	4-62
表-4.15.1-1	ピスコ川における堤防計画	4-67

表-4.15.1-2	直接工事費（民間価格） .....	4-68
表-4.15.1-3	事業費（民間価格） .....	4-69
表-4.15.1-4	事業費（社会価格） .....	4-69
表-4.15.1-5	本調査で使用した河床変動解析モデルの概要 .....	4-70
表-4.15.1-6	対象河川の主な計算条件 .....	4-71
表-4.15.1-7	今後計画的に河床掘削すべき箇所 .....	4-71
表-4.15.1-8	50年間の河床掘削事業費（民間価格） .....	4-73
表-4.15.1-9	50年間の河床掘削事業費（社会価格） .....	4-73
表-4.15.1-10	各確率洪水量に対する被害額 .....	4-74
表-4.15.1-11	年平均被害軽減額（民間価格） .....	4-74
表-4.15.1-12	経済評価の結果（民間価格） .....	4-75
表-4.15.1-13	各確率洪水量に対する被害額 .....	4-75
表-4.15.1-14	年平均被害軽減額（社会価格） .....	4-76
表-4.15.1-15	経済評価の結果（社会価格） .....	4-76
表-4.15.2-1	上流域における植林計画全体計画 .....	4-77
表-4.15.3-1	上流域における土砂制御施設の概算工事費 .....	4-78



## 図 一 覧

図-1.9-1	プロジェクト実施の関係機関（投資段階）	1-7
図-1.9-2	プロジェクト実施の関係機関（投資後：運営維持管理段階）	1-8
図-1.9-3	PMU の組織	1-8
図-3.1.1-1	調査対象河川	3-1
図-3.1.2-1	州別 GDP 成長率(2010/2009)	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（2010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	流域特性	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	3-31
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	50年確率降雨程度の豪雨時における土砂生産流出の状態	3-33
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）	3-34
図-3.1.8-15	土砂生産量と確率降雨年の関係および本業務の対象範囲	3-34
図-3.1.9.1-1	観測地点位置図（ピスコ川流域）	3-36
図-3.1.9.1-2	ピスコ川流域およびその近傍の流域における月平均降雨量の分布（mm）	3-37
図-3.1.9.1-3	等雨量線図（ピスコ川流域）	3-39

図-3.1.9.4-1	ピスコ流域の分割 .....	3-43
図-3.1.9.4-2	HEC-HMS における流域、河道および合流点の模式図.....	3-43
図-3.1.9.4-3	確率 50 年規模の 24 時間降雨量の等雨量線図（ピスコ川） .....	3-46
図-3.1.9.4-4	24 時間雨量の降雨量分布 .....	3-48
図-3.1.9.4-5	24 時間雨量の配分 .....	3-48
図-3.1.9.4-6	USA における 24 時間降雨量曲線のタイプと適用地域.....	3-49
図-3.1.9.4-7	カーブナンバー（CN）、累加雨量 P および有効雨量 $P_e$ の関係.....	3-50
図-3.1.9.4-8	ピスコ川の洪水ハイドログラフ .....	3-54
図-3.1.9.5-1	ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（10 年確率） .....	3-55
図-3.1.9.5-2	ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（20 年確率） .....	3-56
図-3.1.9.5-3	ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（50 年確率） .....	3-56
図-3.1.9.5-4	ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（100 年確率） .....	3-57
図-3.1.10-1	一次元モデルのイメージ .....	3-58
図-3.1.10-2	はん濫解析モデルの概念図 .....	3-59
図-3.1.10-3	ピスコ川現況疎通能力 .....	3-60
図-3.1.10-4	ピスコ川氾濫範囲（確率 50 年規模の洪水） .....	3-61
図-3.2.4-1	原因と結果の樹系図 .....	3-64
図-3.2.7-1	手段—目的—効果の樹系図 .....	3-67
図-4.3.1-1	年最大流量（観測値：ピスコ川） .....	4-4
図-4.3.1-2	確率洪水規模流量と被害額および浸水面積（ピスコ川） .....	4-4
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.....	4-13
図-4.3.1-6	洪水対策施設の効果（Rio Pisco） .....	4-15
図-4.3.2.1-1	河川構造物沿いの植林 概念図 .....	4-17
図-4.3.2.1-2	河川構造物沿いの植林計画標準配置図 .....	4-17
図-4.3.2.2-1	土砂制御対策.....	4-22
図-4.9.1-1	農業省における環境承認取得までのプロセス .....	4-43
図-4.10-1	プロジェクト実施の関係機関（事業実施段階）.....	4-53
図-4.10-2	プロジェクト実施の関係機関（運営維持管理段階） .....	4-54
図-4.10-3	PSI の組織.....	4-56

図-4.10-4	PMU の組織.....	4-56
図-4.11-1	SNIP プロジェクトサイクル.....	4-58
図-4.11-2	SNIP の関連組織.....	4-58
図-4.15.1-1	堤防法線の決定.....	4-65
図-4.15.1-2	ピスコ川平面図.....	4-66
図-4.15.1-3	ピスコ川縦断図.....	4-67
図-4.15.1-4	ピスコ川の堤防設置範囲 .....	4-68
図-4.15.1-5	河床変動解析モデルの概念図 .....	4-71
図-4.15.1-6	維持管理が必要な堆積区間 (ピスコ川) .....	4-72
図-4.15.3-1	ピスコ川流域土砂制御対策工位置図.....	4-79

## 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。

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、かつ一般的に必要な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）

### 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 土壌浸食の現況
- 3.1.9 流出解析
- 3.1.10 氾濫解析
- 3.2 プロジェクトの目的
  - 3.2.1 調査対象地域の洪水対策における問題点
  - 3.2.2 問題点の原因
  - 3.2.3 問題点による結果
  - 3.2.4 原因と結果の樹系図
  - 3.2.5 主要な問題点を解決する手段
  - 3.2.6 主要な目的を達成することにより得られる効果
  - 3.2.7 手段—目的—効果の樹系図
- 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
    - 4.3.3 技術支援
  - 4.4 コスト
  - 4.5 社会評価
  - 4.6 感度分析
  - 4.7 リスク分析
  - 4.8 持続可能性分析
  - 4.9 環境インパクト
  - 4.10 組織と管理
  - 4.11 実施計画
  - 4.12 資金計画
  - 4.13 最終選定案の論理的枠組み
  - 4.14 インパクト評価の基準
  - 4.15 中・長期計画
- 第5章 結論と提言
  - 5.1 結論
  - 5.2 提言



## 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 年規模の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 年規模の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 技術的提案

### 1.4.1 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 1.14 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) 計画洪水流量

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

本プロジェクトの調査対象地域は地方部および農地に属しておりガイドラインによれば生起確率10~50年規模の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規模の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規模の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年規模の流量までの洪水流量においては確率50年規模の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年規模の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年規模以下の他の確率規模の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。

#### (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。

- ・地域住民の要望ヶ所(過去の洪水被害を踏まえた要望)



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

河川の測量結果、現地調査結果、流下能力評価、氾濫解析結果、地元ヒヤリング結果（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。

## 1.4.2 非構造物対策

### (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 1.14 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。

### (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。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。

### 1.4.3 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、現地住民などを想定する。

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

技術支援における研修については「河岸保護活動および農業・自然環境の知識に係る研修」、「洪水被害に対するコミュニティ防災計画策定に係る研修」、「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」を実施することを提案する。

## 1.5 プロジェクトのコスト

本事業の事業費は表-1.5-1 に示すとおりである。なおコンサル費および実施機関管理費は全流域について算出し、コンサル費は建設費に比例して各流域に配分し、実施機関管理費は（建設費＋コンサル費＋用地取得費）に比例して各流域に配分した。

表-1.5-1 事業費および事業費の内訳

## 1.6 社会評価

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 年間で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。

社会評価の結果は表-1.6-1 に示すとおりである。

**表-1.6-1 社会評価の結果**

民間価格および社会価格において事業の経済効果が確認された。

金銭的に計量困難な事業によるプラス効果としては以下が上げられる。

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

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。

### 1.7 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。分担率については関係機関の協議により決定されるが、本調査では一般的な分担率として中央政府（DGIH）が80%、地方政府15%、水利組合5%と仮定する。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。

ピスコ川流域における事業の収益性は1.6 に示すとおりであり、十分高く事業の継続性は問題ない。

維持管理についてはピスコ川流域の水利組合における最近の予算は表-1.7-1 に示すとおりである。

**表-1.7-1 水利組合の事業予算**

(単位 S)

河 川	年事業予算			
	2007	2008	2009	2010
ピスコ川	1,648,019.62	1,669,237.35	1,725,290.00	1,425,961.39

一方施設建設後に必要となる年間維持管理費は4.4.1 より表-1.7-2 に示すとおりとなる。

2009年の水利組合の事業費に対する比率および年平均被害軽減額に対する維持管理費の比率も同表に示すとおりである。

2009年における水利組合の事業予算に対する年維持管理費の比率はピスコ川ではやや高く22.2%となっている。一方維持管理費の年平均被害軽減額に対する比率は2.1%となっていて非常に低い。現状における事業費予算に対して本事業の維持管理費の比率は比較的高いが、事業実施後における維持管理費の年平均被害額に対する比率は非常に低くなるので、洪水被害が軽減され収益が上がればその収益より維持管理費を負担することは十分可能と考えられる。

また維持管理の能力については本事業の洪水対策施設が堤防や堰など水利組合に馴染みの深い施設であるので、農業省や地方政府の技術的支援に基づき十分可能と思われる。

表-1.7-2 維持管理費の水利組合事業費および被害軽減額に対する比率

河川名	水利組合年 事業費(千ソ レス)	年維持管理 費(千ソレ ス)	年維持管理 費の比率 (%)	年平均被害軽 減額(千ソレ ス)	年維持管理 費の比率 (%)
	①	②	③=②/①	④	⑤=②/④
ピスコ川	1,725	383	22.2	17,844	2.1

## 1.8 環境インパクト

### (1) 環境影響評価の手続き

「ペ」国では、投資前調査の段階で事業管轄省庁の担当部局が、事業の実施により発現が予測される環境社会影響の度合いに応じて、事業を準備調査のレベルにおいて3つのカテゴリーに分類する。環境への影響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～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。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。

## 1.9 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-1.9-1 および図-1.9-2 に示す通りとなる。

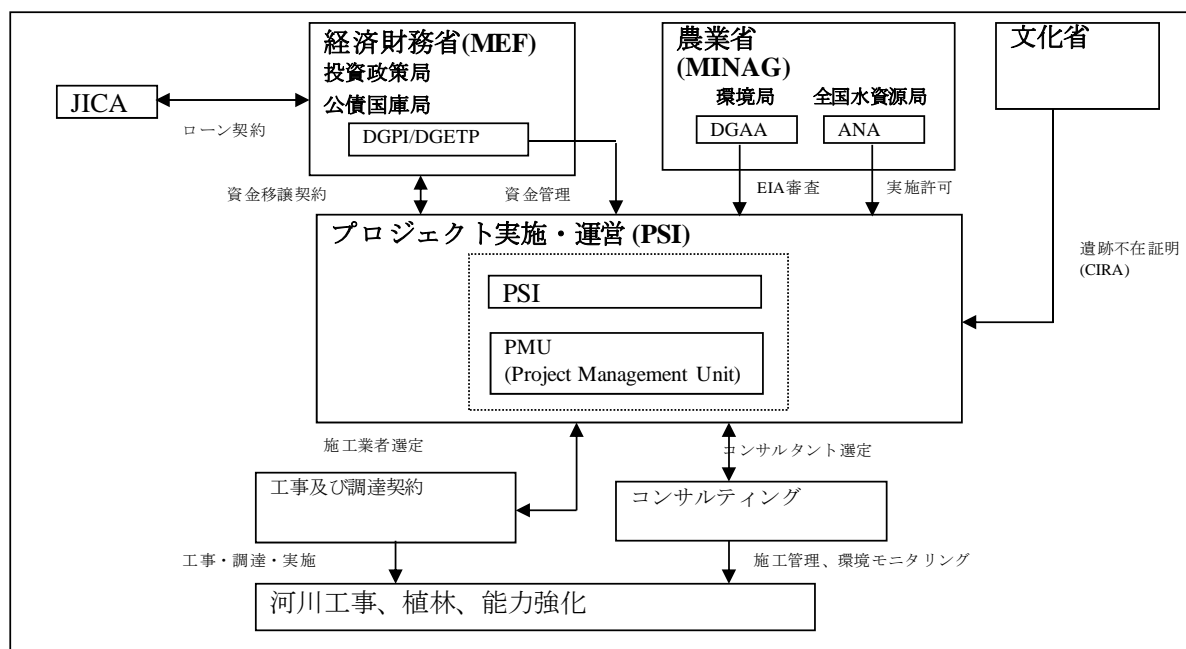


図-1.9-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

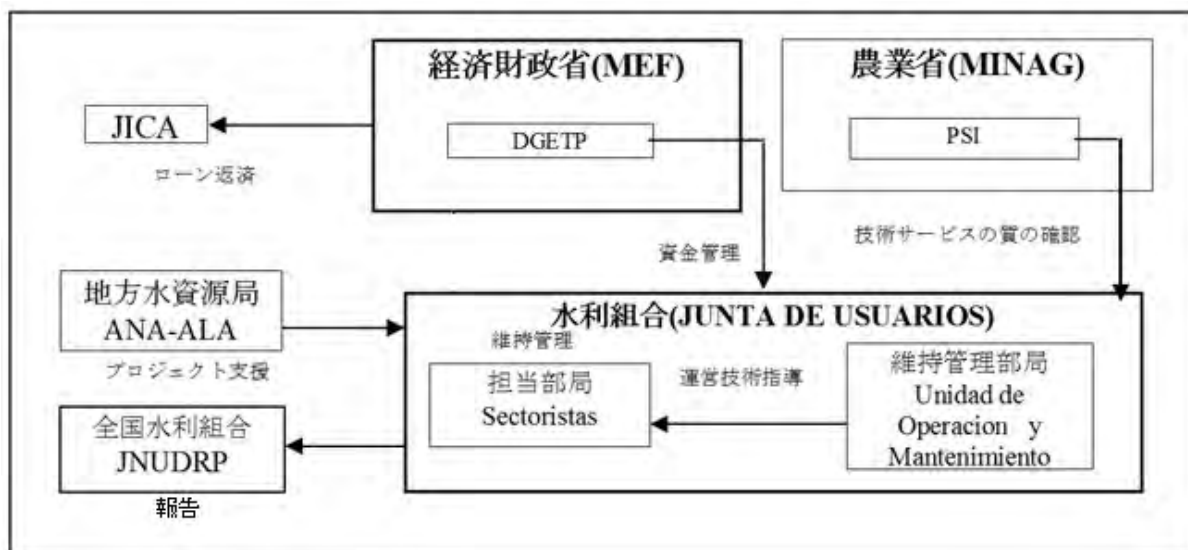


図-1.9-2 プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)

実施機関のPSIにおいて灌漑施設局の下にPMU(Project Management Unit)を設置する。PMUの組織は図-1.9-3に示すとおりとし13名の専門家を配置する。またPMUの運営費用としてソレスを見込む。

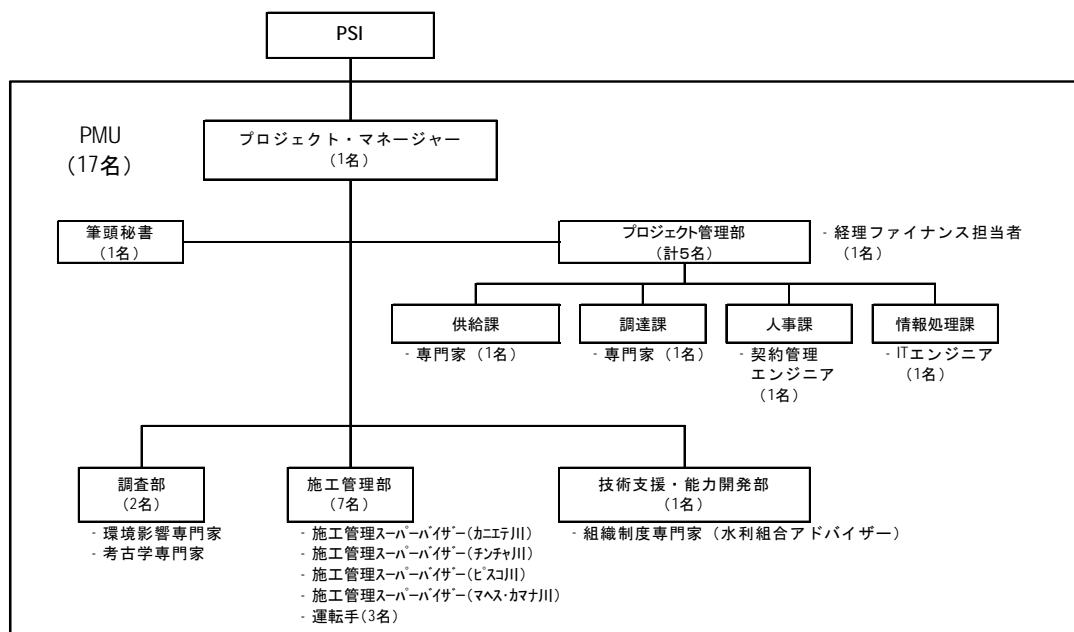


図-1.9-3 PMUの組織

## 1.10 実施計画

本プロジェクトの実施計画は表-1.10-1に示すとおりである。

表-1.10-1 実施計画

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

1) コンサルタントの雇用

円借款事業におけるコンサルタントの雇用は次の項目に留意して行う事とする。

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

2) 建設業者の調達

建設業者の調達は次の各項目に留意して行う事とする。

- ① 調達の経済性、効率性、調達過程の透明性、非差別性、適格性に留意する。
- ② 借款契約(L/A)および JICA 調達ガイドラインによって規定された手続きに従う。
- ③ 国際競争入札(International Competitive Bidding: ICB)による。
- ④ 入札に先立って入札者が技術的および財務的能力を有するか確認するために事前資格審査(Prequalification of Bidder) を実施する。事前資格審査においては a)同種の契約についての経験と実績、 b) 人材、機器およびプラント面での能力、 c)財務状況などが考慮される。

1.11 資金計画

本プロジェクトは、中央政府 (MINAG) と各河川流域の水利組合及び地方政府との共同で実施され、事業費の分担は中央政府 (MINAG)、州政府および水利組合が、それぞれ分担する。分担比率については暫定的に中央政府、州政府および水利組合の分担率をそれぞれ 80%、15%および 5%とする。今後 3 者間で協議のうえ最終的な分担率を決定することとする。

表-1.11-1 事業実施時における資金支出計画

## 1.12 結論と提言

### 1.12.1 結論

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

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

### 1.12.2 提言

本調査の実施により得られた知見に基づき本事業の実施および「ペ」国における今後の洪水対策に係わる問題点を次に述べる。詳細については本文 5.2.2 を参照のこと。

#### (1) 本事業に係わる提言

##### 1) 当面解決すべき問題点

- \* 事業費の中央政府（MINAG）および各事業対象流域における州政府ならびに水利組合による分担比率
- \* 用地の取得および補償交渉
- \* 事業の実施機関（MINAG の PSI）の確定
- \* 遺跡不在証明（Certificación de Inexistente de Restos Arqueológicos: CIRA）の取得
- \* 洪水対策施設完成後の維持管理を実施する水利組合に対する MINAG や州政府の技術的、経済的バックアップ

##### 2) 構造物対策について

- \* 河川整備の基本方針
- \* ピスコ川における計画上の各種問題点

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（築堤、7km 地点より上流では流下能力の特に低い橋梁や取水堰の位置する狭窄部）での対策を優先的に実施する。

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

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

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

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



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

**\*設計・施工上の問題点**

-工事実施期間は雨期から乾期（5～11月）への遷移期間を考慮して4～12月とする。

-堤防構造の安定の確保について

- ・ 詳細設計時における安定解析、浸透流解析の必要性
- ・ 施工時の締固めおよび施工管理の方法

-工事費の80%を占める護岸工事費の削減

-築堤土と掘削土の土量バランスについて

**3) 非構造物対策について**

\*植林/植生回復に関する i) 短期計画、ii) 長期計画

\*土砂制御および河床変動について

-土砂制御施設計画およびソフト対策

-河床変動とモニタリング

**4) 防災教育/能力開発について**

\*洪水被害軽減のためのソフト対策

\*コミュニティ防災の推進

**(2) ペルー国における今後の洪水対策に係わる提言**

1) 総合的な洪水対策マスタープランの作成

2) 総合的洪水対策実施機関の設立

3) 河川管理の徹底

4) 降雨観測所および流量観測所の整備

**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与
<b>結果</b>			
氾濫ヶ所および面積の減少、取水堰機能の改善、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、河岸侵食の状況	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、等23の構造物対策の建設	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（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
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年確率規模の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 年規模の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 34 km 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ヶ所については約 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	評価期間被害軽減額(15年)	事業費	維持管理費	B/C	NPV	IRR(%)
Basin	Annual Average Damage Reduction	Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	Project Cost	O&M Cost	Cost Benefit Ratio	Net Present Value	Internal Return of Rate
Pisco	241,380,602	109,002,695	110,779,465	9,420,215	1.08	7,808,090	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)**

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(%)
Basin	Annual Average Damage Reduction	Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	Project Cost	O&M Cost	Cost Benefit Ratio	Net Present Value	Internal Return of Rate
Pisco	249,965,955	112,879,671	89,066,690	7,573,853	1.39	31,519,208	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 (Annex-7 植林/植生回復、3.2 長期計画参照) 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河床勾配に基づき、優先範囲を限定して (Annex-6 砂防計画、表-1.5.1 参照)、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 (UF)

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

責任者：グスタボ・アドルフォ・カナレス・クリルヘンコ (Gustavo Adolfo Canales Kriljenko)  
水インフラ局長 (Director General de Dirección General de Infraestructura Hidráulica)

住 所：Av. Guillermo Prescott No. 490, San Isidro – Perú

電 話：(511) 6148100, (511)6148101

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

#### (2) 執行機関 (UE)

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お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) 総合管理局 (Oficina de General Administración, OGA)
  - － 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 Programación e Inversiones, OPI) (現計画・予算室、 Oficina de Planificación y Presupuesto, OPP)
  - － 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 DGPI 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)

公共投資局 (Dirección General de Política de Inversiones, DGPI、旧 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ロファイル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。

ピウラ州政府のチラピウラ特別プロジェクト (Proyecto Especial Chira Piura, Gobierno Regional Piura) は本プロジェクトの調査対象地域であるチラ川を含んでいる。

## (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。なお各水利組合は灌漑委員会により構成され、各灌漑委員会は灌漑水路を共有

する灌漑セクターからなっている。

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)

国家災害リスク管理システム (Sistema Nacional de Gestioh del Riesgo de Desastiv SINAGERD,2011年5月制定) 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。

- －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年にエルニーニョ現象により大きな被害を受けているが、中でも最も被害が大きかったのは、エルニーニョ現象が発生した1997～1998年にかけての雨季で、洪水・土砂災害等により「ペ」国全体で35億ドルもの被害を受けた。直近の洪水災害としては、2010年1月末に、世界遺産マチュピチュ付近が集中豪雨に見舞われて鉄道や道路が寸断されるなどし、観光客ら約2千人が孤立した災害が発生したことは記憶に新しい。またマヘス-カマナ川流域においては2012年2月13日（深夜）に1,100m<sup>3</sup>/secを超える洪水（約確率10年相当）が発生し、流域各地に被害をもたらした。被害の合計は氾濫面積1,085ha、堤防の損壊780m、灌漑幹線水路の損壊800m、支線水路の損壊1,550mに達している。さらにピスコ川流域においても各地域の堤防の侵食が生じ、ウメイ（Humay）地区のミラフロレス(Miraflores)道路橋が流失した。

このような背景のもと、1997～98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。2007～2009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年確率規模の洪水量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) (現 DGPI) に提出し、同局より 2010 年 3 月 19 日に調査報告書に対するレビューとコメントが伝達された。

JICA 調査団は 2010 年 9 月 5 日に「ペ」国に入り本プロジェクトの調査を開始した。当初の調査対象流域は 9 流域であったが、「ペ」国側の都合により対象流域よりイカ川が除外され、8 流域に変更された。更にこの 8 流域は A グループ 5 流域と B グループ 3 流域に分割され、前者の調査は JICA の担当、後者の調査は DGIH の担当となった。A グループの 5 流域はチラ川、カニエテ川、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 流域についてのプロファイル調査をプレ 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を行い上記流域の調査を行う事とした (Second Amendment on Minutes of Meetings on Inception Report, Lima, July 22, 2011 参照)。これに基づき JICA 調査団は同流域のプレ F/S レベルの調査を 8 月に開始し、11 月末までに完了した。

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

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

ピスコ流域について DGIH はコメントに関する報告書の修正を行い、2012 年 5 月に OPI に提

出した。OPI は DGIH の修正報告書を審査してコメントを付して 2012 年 7 月に MEF に送付した。MEF はこのコメントに基づきコメントをつけて 2012 年 10 月 FS 調査の実施について承認した。

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

現在 DGIH は MEF のコメントに基づき JICA のドラフト FS レポートを修正している。修正が終わり次第 OPI および MEF の審査承認を得る予定である。

上記の経緯は表-2.4.1-1 に示すとおりである。

**表-2.4.1-1 調査および報告書提出の経緯**

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

## 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 4,300km<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 4,000m を超えるエリアは全体の約 20% である。対象流域である下流域に着目すると、河川勾配は約 90 分の 1、川幅は 200~600m である。

年間雨量は標高 4,000m 以上で 500mm 程度、標高 1,000m 以下で 10mm 程度である。そのため平均的な流量は少ない。

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

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

#### (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.

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

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

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

### (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

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

### (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

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

## (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	13,356	100	5,163	100	3,828	100	3,206	100	1,455	100	3,204	100
<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.

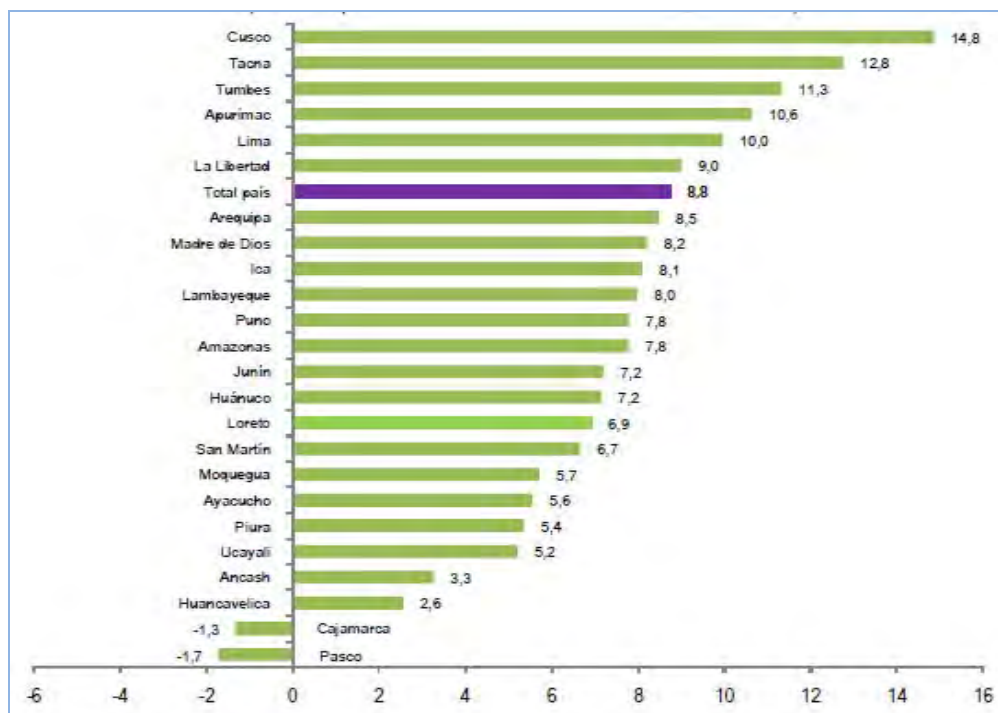
国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

## (6) GDP

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



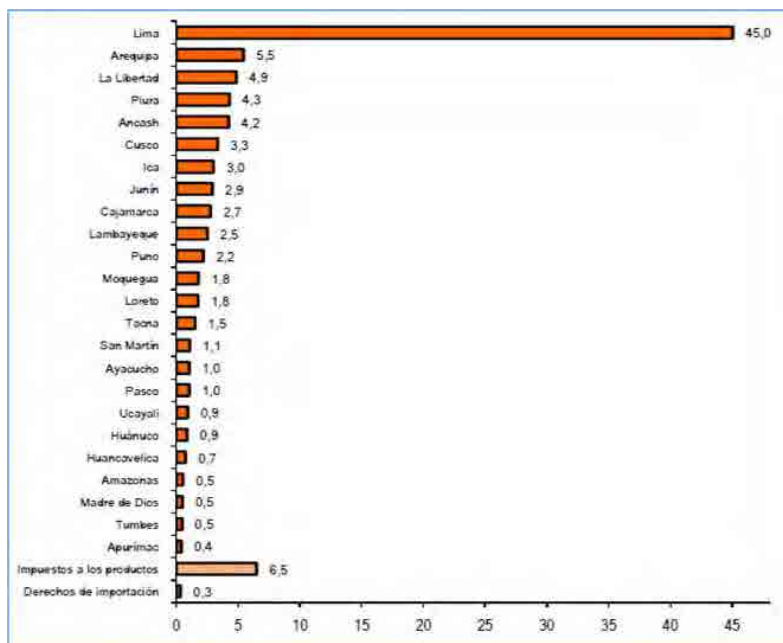
州別の GDP をみると、イカ州が 8.1%、ピウラ州が 5.4%、リマ州が 10.0%、アレキパ州 8.5% の成長率を示している。特に、リマ州は国の全体の値よりも高い成長率を示している。



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

図-3.1.2-1 州別 GDP 成長率(2010/2009)

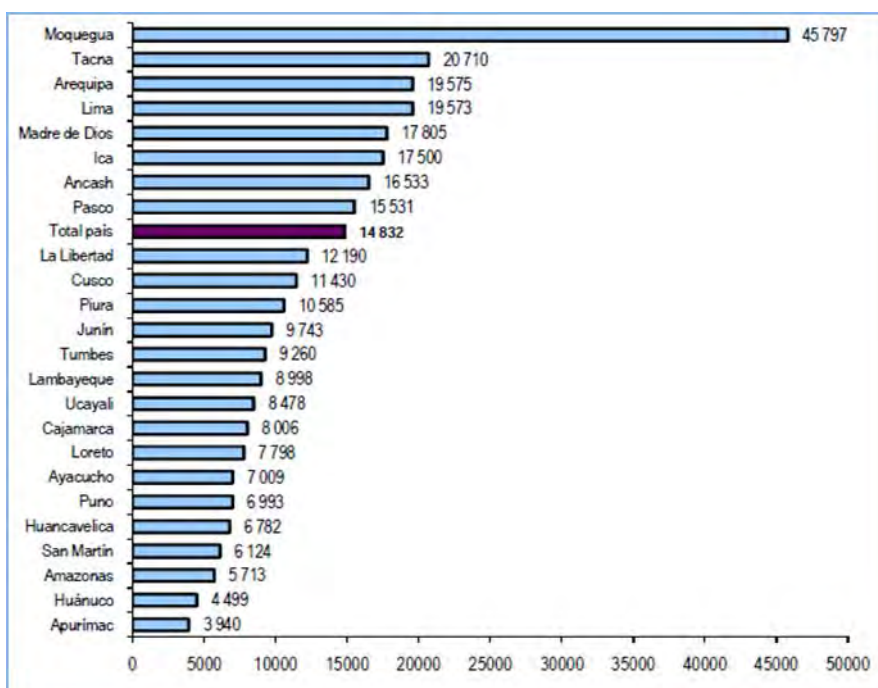
以下に GDP への寄与率を州ごとに示している。リマ州が全体の半分近く 45.0%に寄与している。その他の州の寄与率は、アレキパ州が5.5%、ピウラ州が4.3%、イカ州が3.0%である。また、税金と輸入関税がそれぞれ6.5%、0.3%寄与している。



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

図-3.1.2-2 州別の GDP への寄与率

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



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

図-3.1.2-3 1人当たり GDP (2010年)

表-3.1.2-7は、2001年から2010年の10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2010年の10年間にGDPが54.8%増加している。州別の値は、イカ州で96.6%、アレキパ州で65.5%、リマ州で54.8%およびピウラ州で55.2%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 (2001-2010)

(基準年1994年 S/.)

Departamento	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007P/	2008P/	2009P/	2010E/	Variación acumulada 2001-2010 (%)
Total país	4 601	4 765	4 890	5 067	5 345	5 689	6 121	6 643	6 625	7 124	54,8
Amazonas	1 835	1 910	1 996	2 081	2 212	2 349	2 510	2 684	2 761	2 959	61,3
Ancash	4 037	4 703	4 772	4 876	4 999	5 089	5 408	5 852	5 824	5 979	48,1
Apurímac	1 216	1 278	1 334	1 400	1 494	1 619	1 653	1 691	1 770	1 946	60,0
Arequipa	5 387	5 766	5 895	6 143	6 488	6 807	7 786	8 379	8 307	8 917	65,5
Ayacucho	1 788	1 870	1 942	1 900	2 045	2 207	2 448	2 640	2 896	3 020	68,9
Cajamarca	2 493	2 731	2 947	2 968	3 165	3 113	2 864	3 094	3 295	3 235	29,8
Cusco	2 134	2 086	2 195	2 565	2 768	3 071	3 340	3 554	3 685	4 202	91,5
Huancavelica	2 700	2 632	2 683	2 697	2 864	3 014	2 903	2 959	3 039	3 090	14,4
Huánuco	1 678	1 694	1 833	1 866	1 890	1 915	1 942	2 050	2 044	2 170	29,4
Ica	4 055	4 259	4 343	4 663	5 214	5 582	6 025	7 265	7 457	7 973	96,6
Junín	3 245	3 311	3 350	3 527	3 505	3 856	4 072	4 379	4 248	4 526	39,3
La Libertad	3 162	3 316	3 483	3 410	3 697	4 216	4 586	4 874	4 895	5 269	66,6
Lambayeque	2 941	3 046	3 132	2 959	3 164	3 300	3 615	3 882	3 963	4 240	44,2
Lima	6 451	6 579	6 700	6 925	7 284	7 817	8 520	9 314	9 219	9 990	54,8
Loreto	2 827	2 917	2 936	2 995	3 079	3 192	3 287	3 402	3 430	3 621	28,1
Madre de Dios	4 441	4 708	4 550	4 846	5 171	5 215	5 617	5 878	5 564	5 862	32,0
Moruega	10 405	11 967	12 670	13 455	13 882	13 794	13 606	14 201	13 863	14 503	39,4
Pasco	5 137	5 552	5 481	5 634	5 644	6 062	6 711	6 729	6 349	6 187	20,4
Piura	2 733	2 780	2 847	3 049	3 192	3 472	3 780	4 007	4 059	4 241	55,2
Puno	2 105	2 236	2 234	2 270	2 365	2 480	2 617	2 731	2 800	2 992	42,1
San Martín	2 026	2 059	2 094	2 232	2 393	2 476	2 655	2 870	2 928	3 075	51,8
Tacna	6 004	6 124	6 382	6 643	6 782	6 941	7 256	7 458	7 256	8 067	34,4
Tumbes	2 744	2 802	2 673	3 018	3 385	3 212	3 427	3 594	3 611	3 967	44,2
Ucayali	3 053	3 149	3 203	3 411	3 584	3 754	3 846	4 007	4 040	4 190	36,8

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

### 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 Dadelso Jose Olaya Mencia San Jacinto Urrutia	1,970	9	315		
	Cabeza de Toro	6,123	27	633		
	Murga	Murga - Casaconcha	1,383	6		273
		La Floresta	303	1		51
		Bernales	1,286	6		294
Miraflores		129	1	35		
Humay	Chunchanga	460	2	75		
	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

ピスコ水利組合資料より JICA 調査団作成

## (2) 主要農産物

主要作物の作付面積や収穫量の 2004～2009 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
パージャル豆	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

マヘス-カナナ水利組合資料より JICA 調査団作成

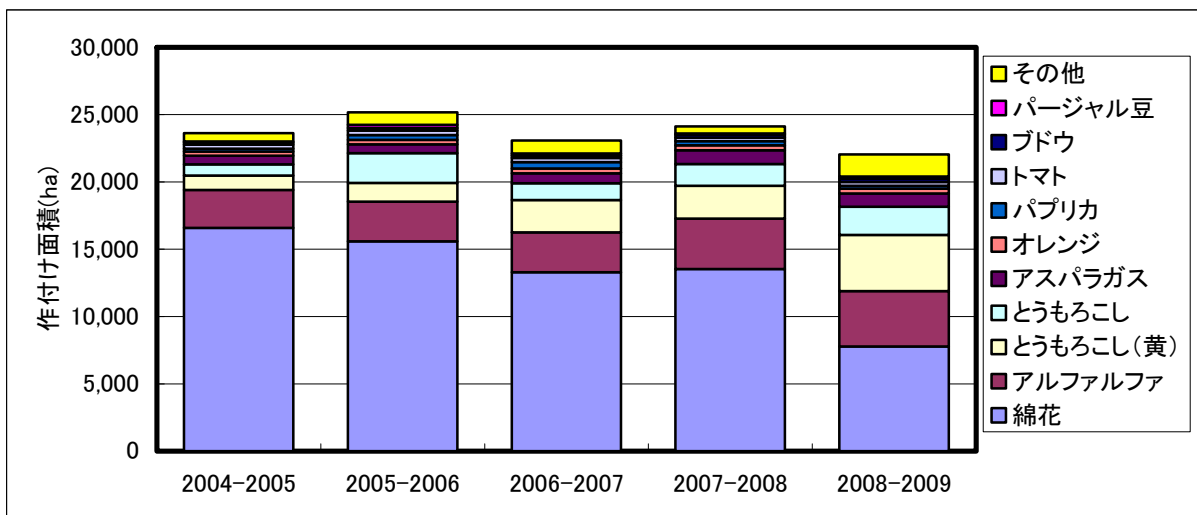


図-3.1.3-1 作付け面積

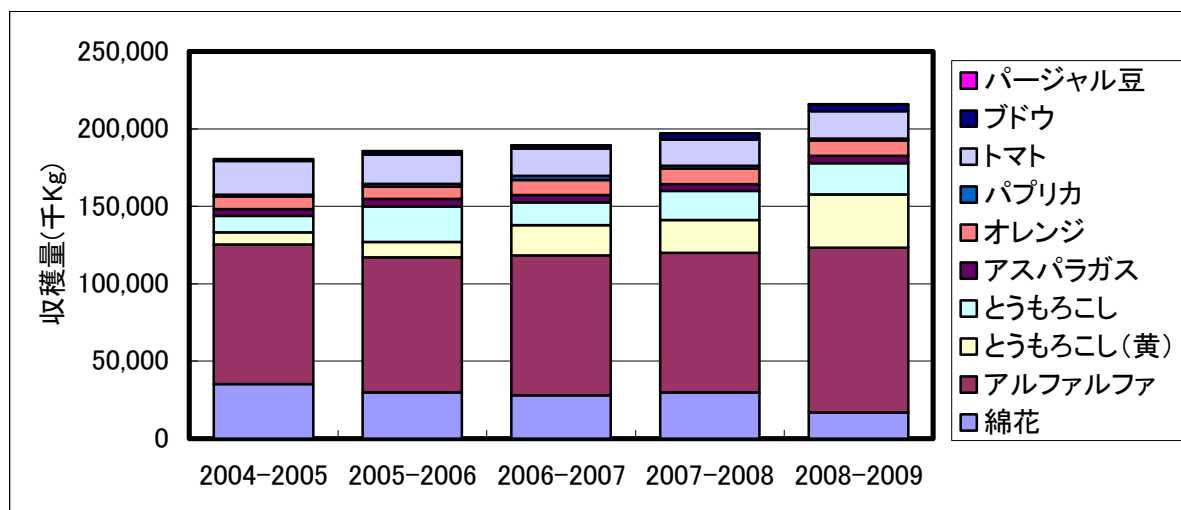


図-3.1.3-2 収穫量

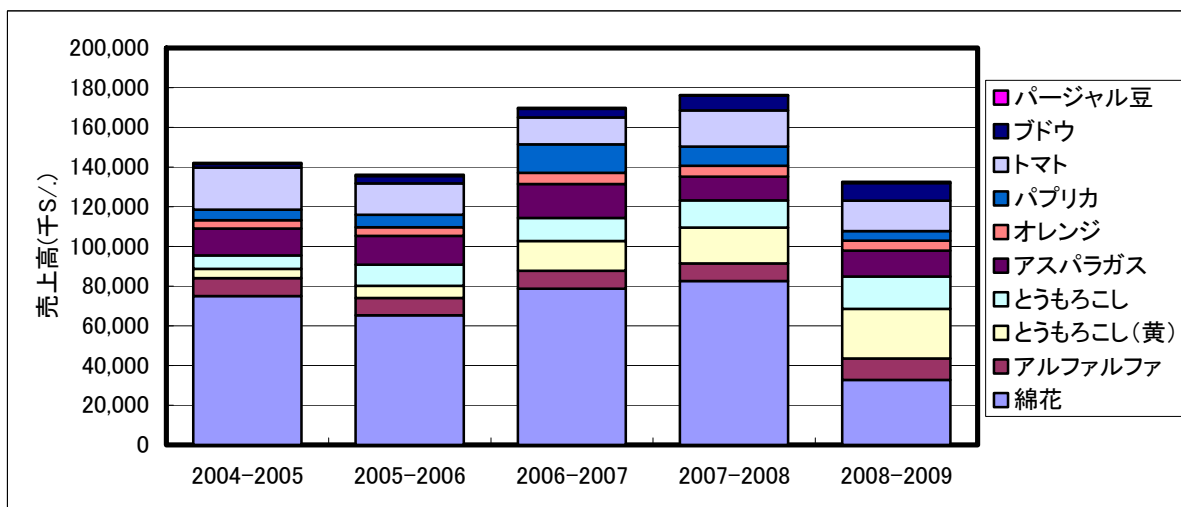


図-3.1.3-3 売上高

### 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

ピスコ水利組合資料より JICA 調査団作成

#### (2) PERPEC

2006～2009 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	Plisco	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	Plisco	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	Plisco	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	Plisco	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	Plisco	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	Plisco	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	Plisco	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	Plisco	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	Plisco	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	Plisco	Plisco	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	Plisco	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	

ピスコ水利組合資料より JICA 調査団作成

### 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 2003～2007 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

SINADECI 統計調査大要書

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 年、1997～1998 年のエルニーニョによる大雨での被害を示す。1982～1983 年では被災者数が約 6,000,000 人、被害額は US\$1,000,000,000、1997～1998 年では被災者数が約 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

SINADECI 統計調査大要書

## (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	0
ALUVION (沖積層)																	0	0
DERRUMBE (倒壊)											2						2	2
DESlizAMIENTO (地すべり)									2	1				1			4	4
HUAYCO (鉄砲水)	2		2		5	2				2	1	1	3	1		1	20	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

SINADECI 統計調査大要書

## 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 年の 40 年で 3m くらい上昇している。
- 40 年前は堤防があつて洪水はなかったが、維持管理も十分でなく度重なる洪水により流失したようで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  $54 \times 106\text{m}^3$  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  $7\text{m}^3/\text{s}$  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  $500\text{m}^3/\text{s}$  流す計画。(エルニーニョのとき  $700\text{m}^3/\text{s}$  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 (19.5~20k)

- 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。

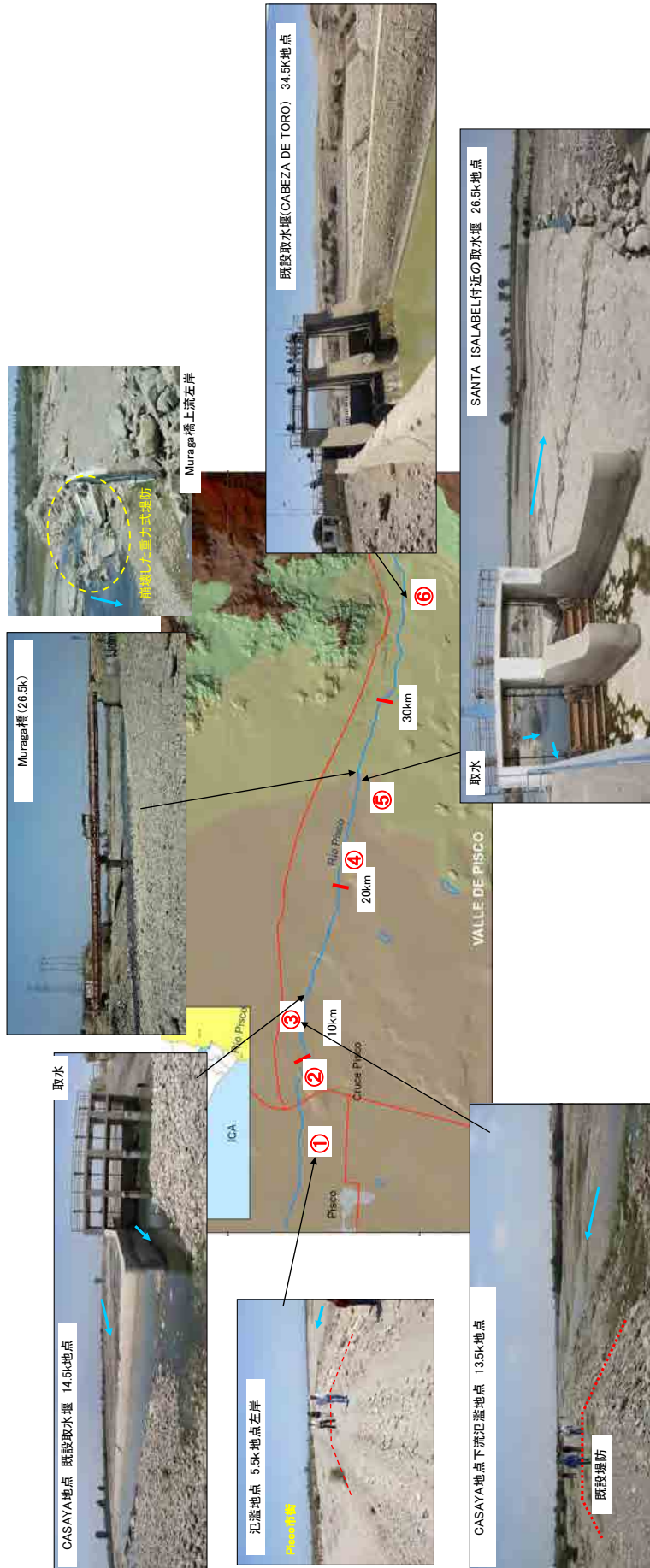


図-3.1.6-1 視察現場の概要 (ピスコ川)

(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 <math>700\text{m}^3/\text{s}</math> 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>



← アーマーストーンによる護岸

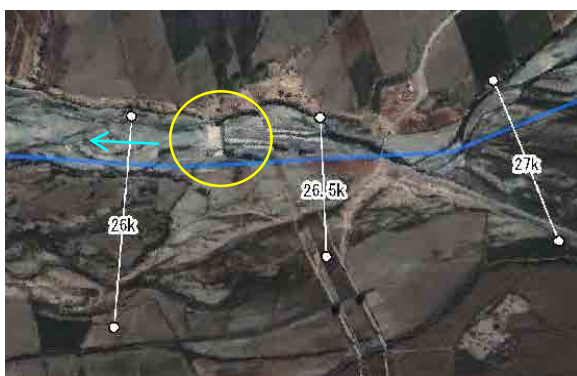
氾濫地点付近の現況堤防



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>・堰上流へ遊砂池の設置（狭窄部となっており、上流のポケットに堆積した土砂を固定し、将来の堆砂に備えるため）</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2,500～3,500m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」国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 がコミュニティに苗木を供給し、農民がそれを植栽し、維持管理していくシステムが一般的である。州政府による植林事業もあるが数量としては多くない。このシステムでは、植栽地の選定にコミュニティの合意が必要で、多くの農民は少しでも農地を増やしたいと考えているため、合意形成には長い期間を要しており、なかなか植林事業がすすまないのが実情である。加えてアンデス高地の 3,800m 以上のところでは冷温のため植林が難しくなる。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 1994～2003 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

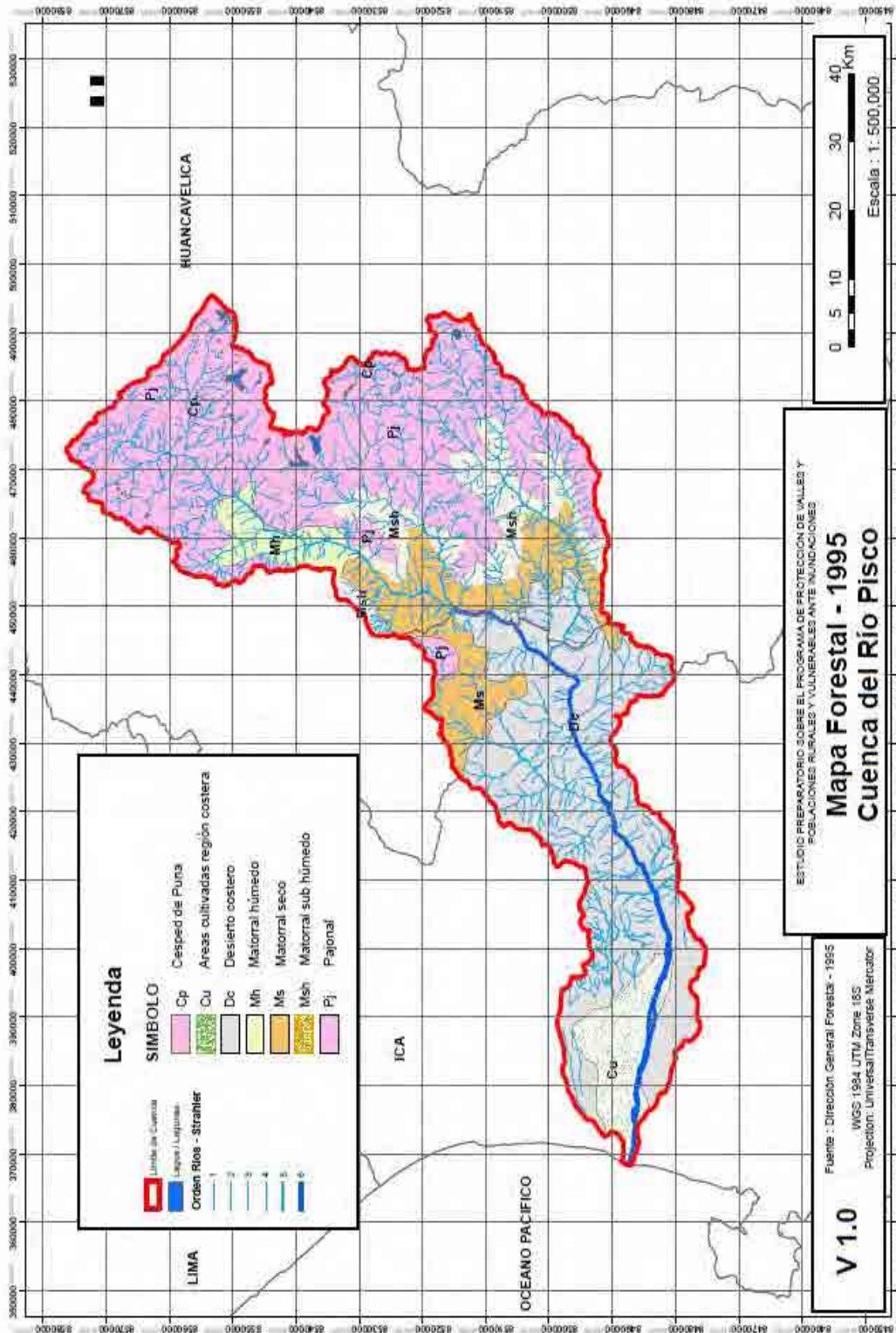


図-3.1.7-1 ピスコ流域植生分布

### 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
浸食区分図	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
- ・浸食区分図と河床勾配
- ・浸食区分図と谷次数
- ・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

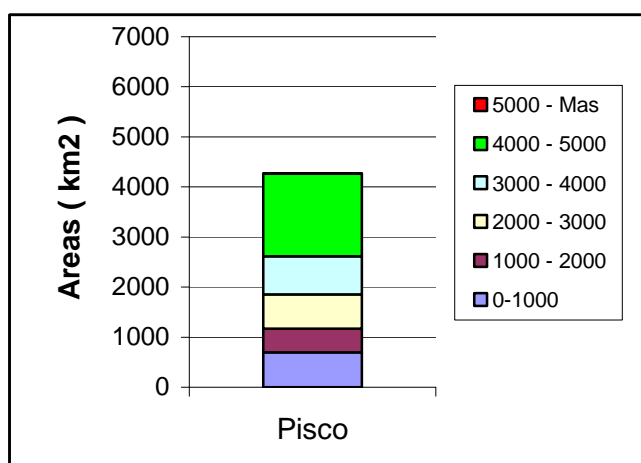


図-3.1.8-1 標高別の面積

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%

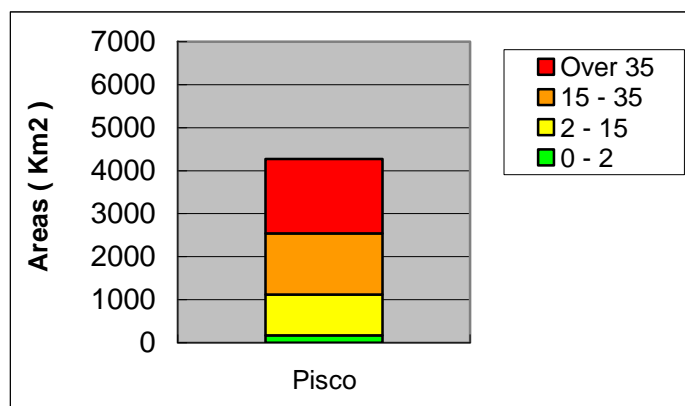


図-3.1.8-2 傾斜区分と面積

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>

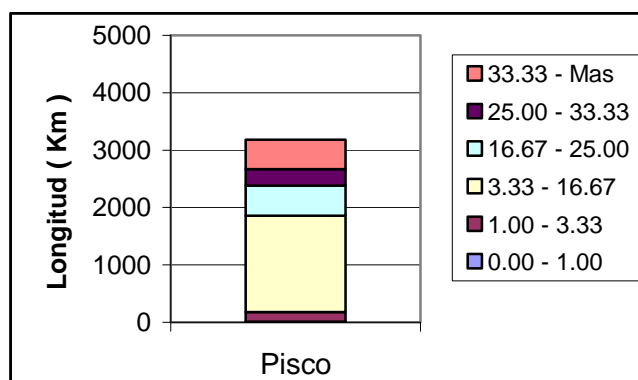


図-3.1.8-3 河床勾配と溪流の総流路長

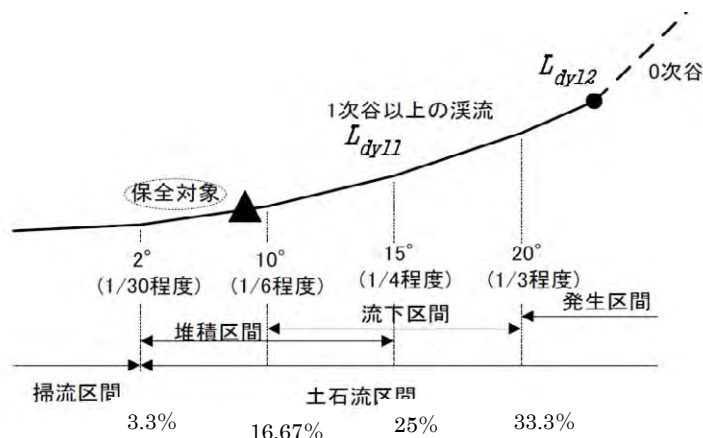


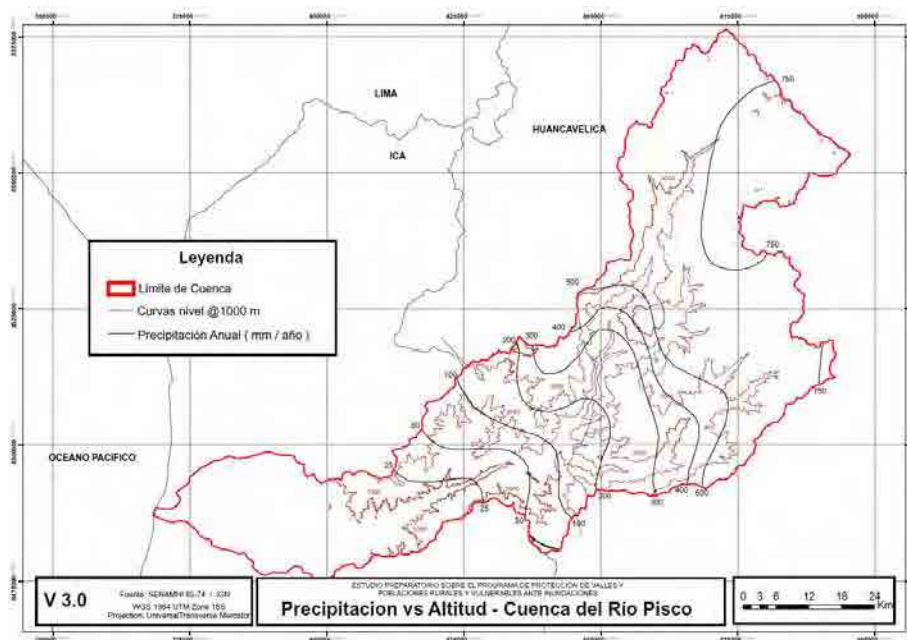
図-3.1.8-4 河床勾配と土砂移動の形態

2) 降雨特性

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

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

流域の特性は図-3.1.8-6 のようにまとめられる。標高が 500m 以下では、植生がなく、降水量が小さく侵食量は小さい (エリア A)。この地域はコスタ(海岸地帯)と呼ばれ北はエクアドル、南はチリまで 2,414km に及ぶ砂漠地帯を形成し、太平洋から内陸部に向けて標高 500m までの地点を指す。標高 1,000～4,000m では、地形が急峻で植生はなく、裸地状である (エリア B)。降水量はそれほど大きくないが、この箇所での侵食量が最も多いと推定される。この箇所はシエラ (山岳地帯)、ケチュア帯、スニ帯と呼ばれる。国土の約 28% を占めるシエラ (山岳地帯) は、アンデス山脈の西斜面の標高 500m 以上の地域から、東斜面の標高 1,500m 程までの地域を指し、国土の約 28% を占め、ケチュア帯 (またはキチュア帯) は、標高 2,300～3,500m までの温暖な地域を指し、スニ帯 (またはハルカ帯) は、標高 3,500～4,000m の冷涼地域をさす。また、標高 4,000m を超えると降水量が多く、気温が低い。低温に適した低木類が地表面を覆い、なおかつ地形勾配が緩いため侵食量は少ない (エリア C)。この地域はプーナ帯と呼ばれる。

ピスコ流域のエリアと標高の関係を表-3.1.8-5 に示す。

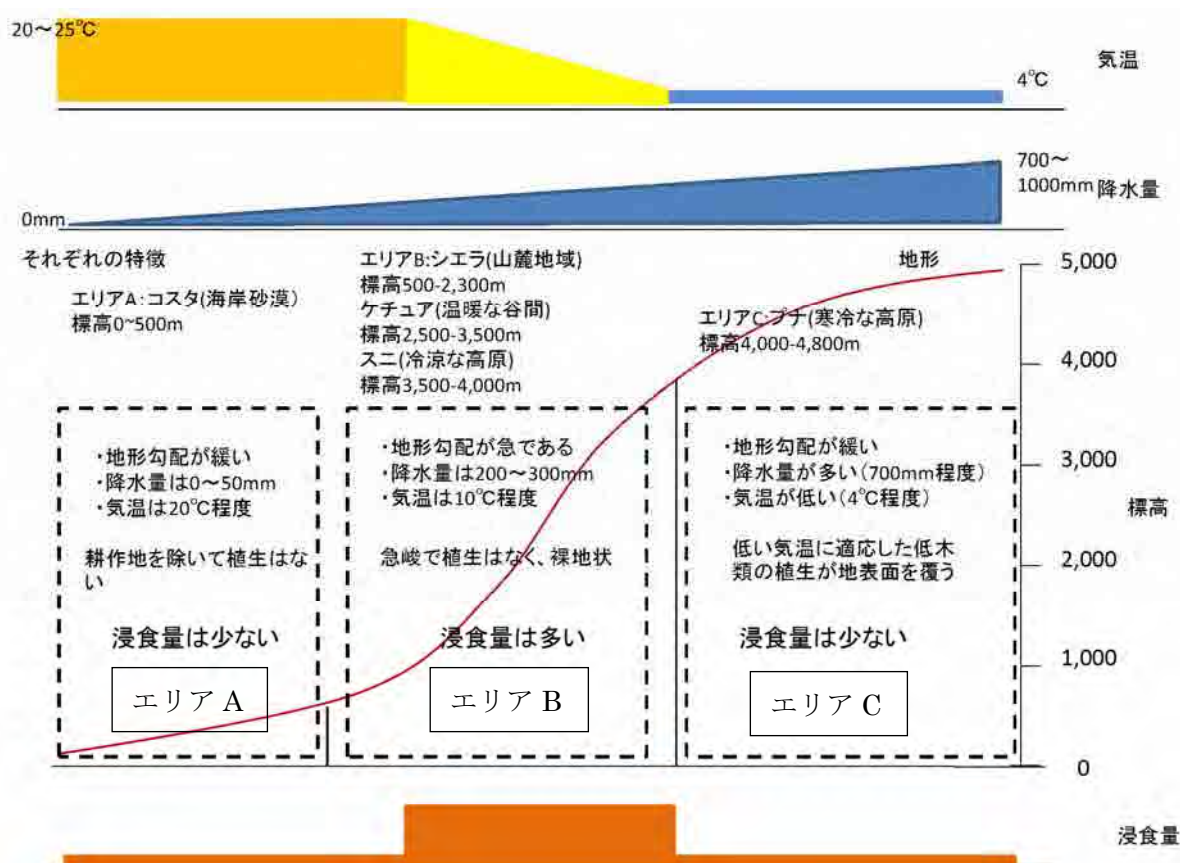


図-3.1.8-6 流域特性



表 3.1.8-5 流域毎のエリアと標高の関係

エリア	ピスコ流域
A	0-1,000
B	1,000-3,500
C	3,500-5,000

(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%

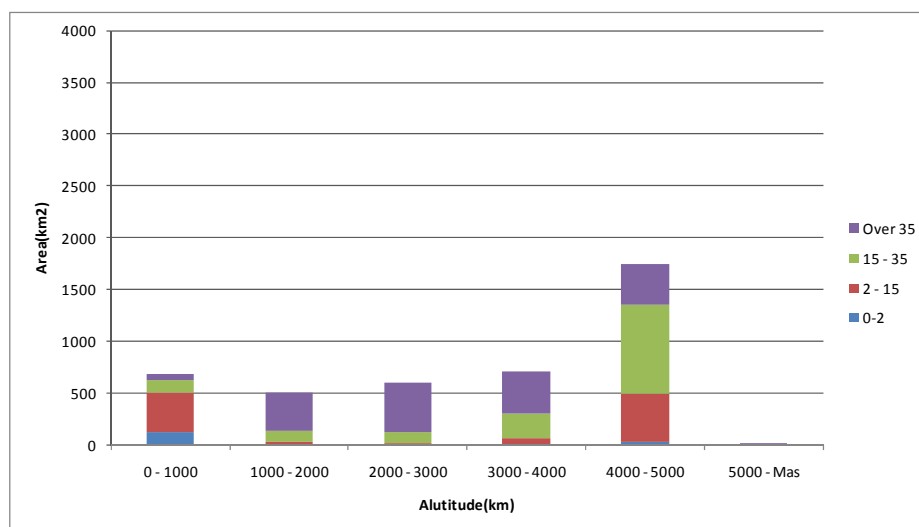


図-3.1.8-7 ピスコ川の標高毎の傾斜区分

#### (4) 土砂生産状況

##### 1) 現地調査結果

ピスコ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浸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。(ピスコ流域で高さ 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、50 年確率程度の降雨および大規模出水時での定性的な所見を以下に示す。

i) 平常時

平常時の土砂生産流出状態を図-3.1.8-12 に示す。

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

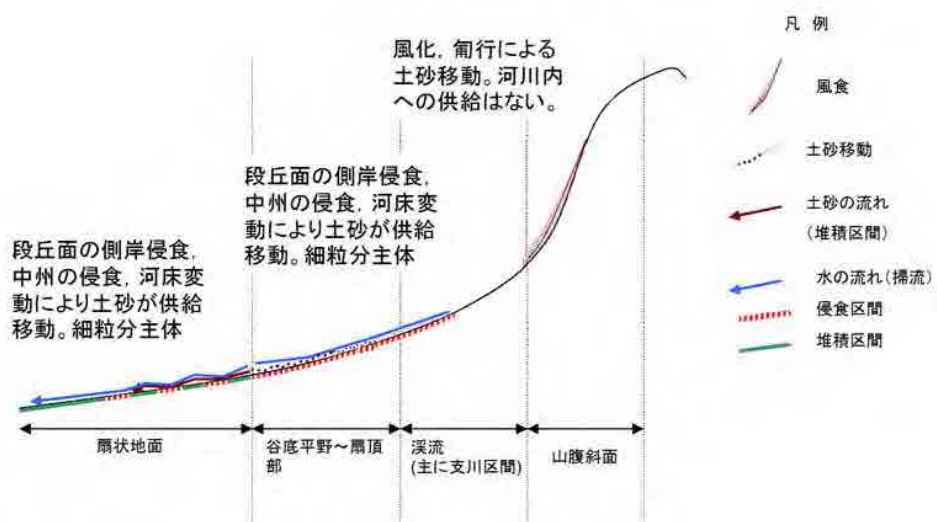


図-3.1.8-12 平常時の土砂生産流出の状態

出典： JICA 調査団により作成

ii)50年確率降雨程度の豪雨

現地ヒアリングによればエルニーニョ年度には各支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。エルニーニョ程度の豪雨における土砂生産流出状態を図-3.1.8-13 に示す。斜面から水量に見合った量の土砂が流出する。

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

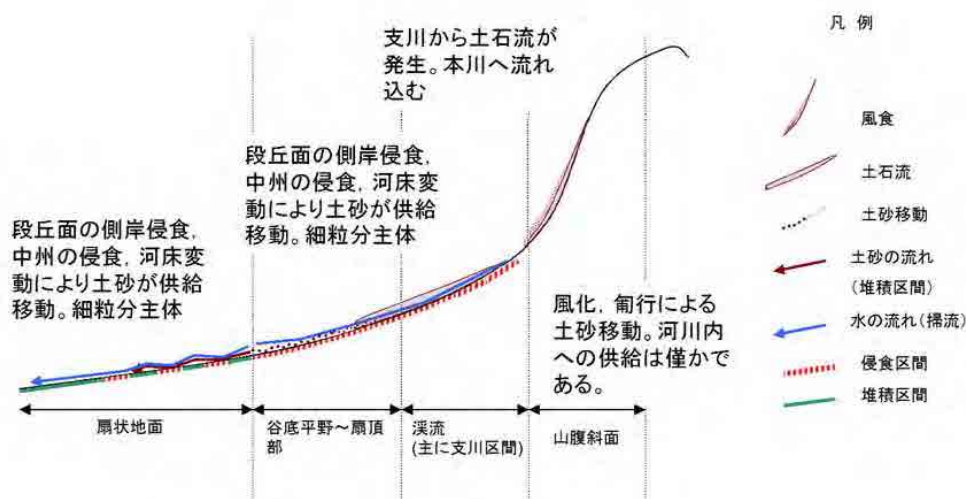


図-3.1.8-13 50年確率降雨程度の豪雨時における土砂生産流出の状態

出典：JICA 調査団により作成

iii)大規模出水時（現在の段丘面を形成するような出水）数千年に1回程度

コスタ地方については、100年超過確率日降雨量は50mm程度である。そのため水による土砂移動がきわめて少ない状態である。しかしながら雨が少ない分、ひとたび豪雨が発生した場合、流水による土砂生産ポテンシャルは非常に高い状態にあるといえる。

およそ数千年確率規模以上の低確率規模降雨が生じた場合、以下の土砂生産形態が発生すると考えられる(図-3.1.8-14参照)。なお、大規模出水の頻度は地球規模の温暖化-寒冷化のサイクルに一致していると推定して数千年とした。

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

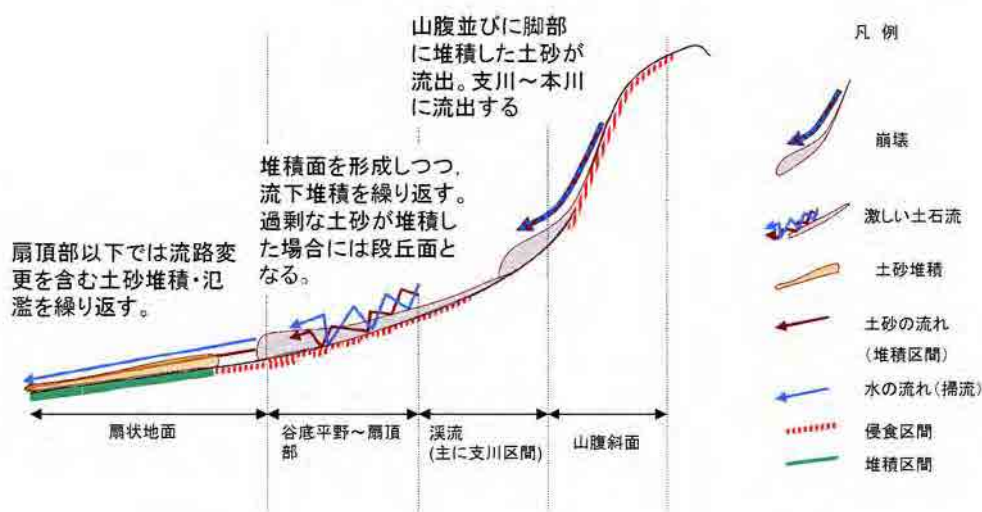


図-3.1.8-14 大規模出水時の土砂生産流出の状態 (地質学的スケール)

出典： JICA 調査団により作成

### (5) 本業務の対象範囲

本業務の対象範囲は、下図に示す通り 50 年確率規模の降雨であり、支川からの土石流が発生する降雨に相当する。

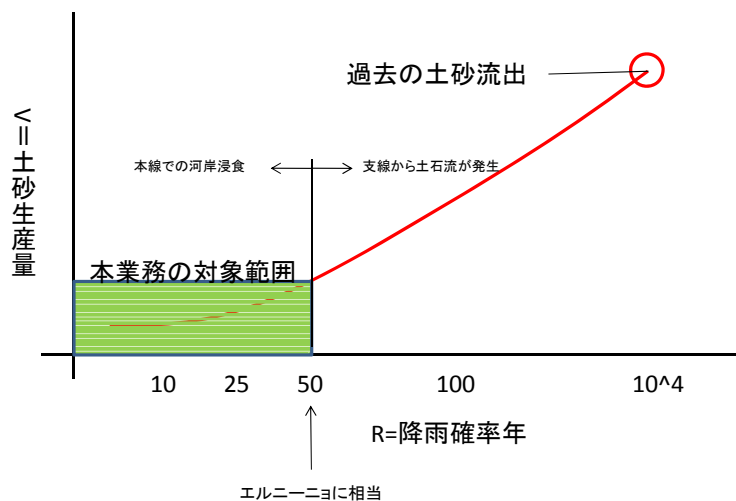


図-3.1.8-15 土砂生産量と確率降雨年の関係および本業務の対象範囲

出典： JICA 調査団により作成

### 3.1.9 流出解析

調査対象地域における流出解析について以下に述べる。気象/水文および流出解析の詳細については Annex-1 気象/水文/流出解析を参照のこと。

### 3.1.9.1 降雨量データ

調査対象流域で行う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。降雨量データは主として SENAMHI より収集した。観測担当機関も殆どが SENAMHI である。対象とした降雨観測所において自動観測は行われておらず、全て定時における手動による観測である。従って時間雨量データは無く、全て日雨量 (24 時間雨量) データである。

#### (1) 降雨観測状況

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-3.1.9.1-1~2、図-3.1.9.1-1 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、最長で 1964~2002 年までの 39 年間観測が行われている。

表-3.1.9.1-1 雨量観測地点一覧 (ピスコ川流域)

観測所	県	経度	緯度	担当機関
ACNOCOCHA	HUANCAVELICA	75° 05'1	13° 13'1	SENAMHI
CHOCLOCOCHA	HUANCAVELICA	75° 02'1	13° 06'1	SENAMHI
COCAS	HUANCAVELICA	75° 22'1	13° 16'1	SENAMHI
CUSICANCHA	HUANCAVELICA	75° 18'18	13° 29'29	SENAMHI
PARIONA	HUANCAVELICA	75° 04'1	13° 32'1	SENAMHI
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	HUANCAVELICA	75° 38'38	13° 12'12	SENAMHI
TAMBO	HUANCAVELICA	75° 16'16	13° 41'41	SENAMHI
TICRAPO	HUANCAVELICA	75° 26'1	13° 23'1	SENAMHI II
TOTORA	HUANCAVELICA	75° 19'1	13° 07'1	SENAMHI
TUNEL CERO	HUANCAVELICA	75° 05'5	13° 15'15	SENAMHI
HACIENDA BERNALES	ICA	75° 57'57	13° 45'45	SENAMHI
HUAMANI	ICA	75° 35'35	13° 50'50	SENAMHI

表-3.1.9.1-2 雨量観測データ収集期間 (ピスコ川流域)

観測所	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010					
RIO PISCO																																																							
AGNOCOCHA																																																							
CHOCLOCOCHA																																																							
COCAS																																																							
CUSICANCHA																																																							
PARIONA																																																							
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA																																																							
TAMBO																																																							
TICRAPO																																																							
TOTORA																																																							
TUNEL CERO																																																							
HACIENDA BERNALES																																																							
HUAMANI																																																							

■ : エルニーニョ年



図-3.1.9.1-1 観測地点位置図 (ピスコ川流域)

2) 月別降雨量

ピスコ川流域における雨量観測所の月平均雨量およびその分布を表 - 3.1.9.1-3 および図 - 3.1.9.1-2 に示す。

これらの図および表より降雨量は10~4月にかけて大きく、5~9月にかけて非常に少なくなっている。さらに年間降雨量は Hacienda Bernales 観測所の 2.93 mm から Choclococha 観測所の 884mm まで変化している。



表-3.1.9.1-3 ピスコ川流域およびその近傍の流域における月平均降雨量

(mm)

ESTACION	Mes												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
ACNOCOCHA	139.08	145.04	129.35	56.57	17.74	8.18	5.65	13.73	21.69	40.59	52.30	83.59	713.51
CHOCLOCOCHA	147.66	161.73	156.09	80.13	26.52	14.25	8.03	22.18	35.24	59.48	68.69	103.97	883.97
COCAS	94.93	111.50	138.93	29.87	5.31	0.26	0.36	1.54	6.70	11.83	15.36	40.73	457.31
CUSICANCHA	74.40	88.26	104.57	33.77	1.74	0.00	0.01	0.71	3.48	4.85	12.38	36.37	360.55
PARIONA	161.82	155.42	174.45	68.15	13.61	3.06	3.12	4.02	16.39	32.52	54.23	90.91	777.70
SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	49.69	54.27	46.95	8.78	0.96	0.09	0.17	0.67	0.95	3.50	7.06	19.24	192.34
TAMBO	82.19	120.28	130.42	32.03	3.95	0.00	0.12	0.51	0.88	9.53	11.48	40.40	431.78
TICRAPO	54.24	75.45	73.35	14.10	0.44	0.20	0.03	0.45	0.98	3.99	5.05	24.32	252.60
TOTORA	125.39	133.76	104.56	46.33	18.20	4.07	4.90	7.76	24.24	32.59	41.47	81.67	624.95
TUNEL CERO	163.61	162.53	150.68	72.29	20.96	7.59	6.98	14.51	29.20	56.12	72.29	121.55	878.32
HACIENDA BERNALES	0.84	1.50	0.05	0.03	0.07	0.14	0.08	0.08	0.02	0.01	0.03	0.09	2.93
HUAMANI	3.08	3.75	3.45	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.00	0.00	0.17	10.60

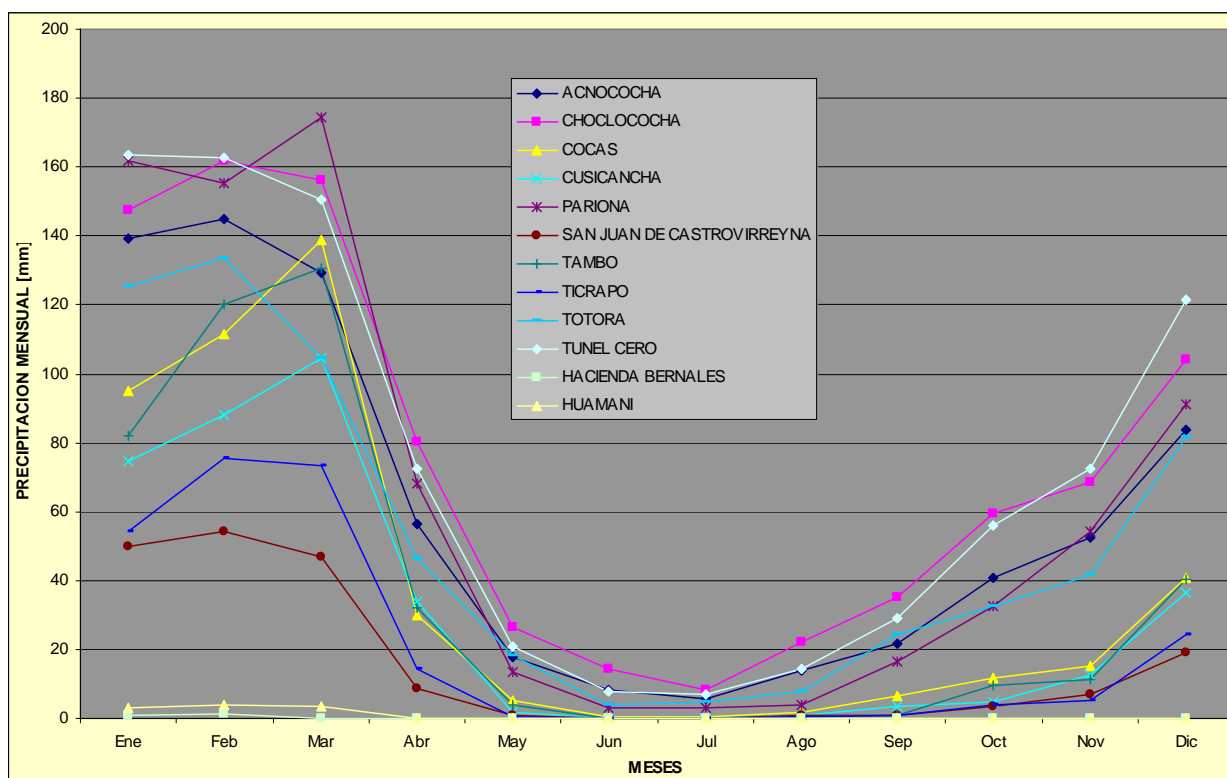


図 - 3.1.9.1-2 ピスコ川流域およびその近傍の流域における月平均降雨量の分布 (mm)

3) 年最大 24 時間雨量

ピスコ川流域の各降雨観測所における年最大 24 時間雨量 (日雨量) は表 - 3.1.9.1-4 に示すとおりである。

表 - 3.1.9.1-4 ピスコ川流域の各降雨観測所における年最大 24 時間雨量 (日雨量)

Year	ACNOCOC HA	CHOCLOC OCHA	COCAS	CUSICANG HA	PARIONA	SAN JUAN DE CASTROVI RREYNA	TAMBO	TICRAPO	TOTORA	TUNEL CERO	HACIENDA BERNALES	HUAMANI
1964			19.8					21.5				
1965			21.6				35.0	20.7				
1966			20.2	18.7				12.6	15.0			
1967			36.0	23.5		20.1		24.4	24.0			25.5
1968				12.3			24.0	10.0	20.0			0.0
1969				23.0				35.8	22.0			1.6
1970			22.1	25.3		33.3	13.3	40.2	23.0			33.5
1971	32.3		29.4	28.6		13.7	18.2	28.4	21.0	30.7		1.7
1972	29.2		30.8	26.9	40.0	28.0	30.7	32.0	27.0	28.2	29.5	18.8
1973	24.6		36.8	13.1	37.8	23.0			25.0	34.6	1.6	2.1
1974	31.1		20.6	9.7	36.9	12.1	21.0	14.0	22.0	24.2	0.0	4.1
1975	24.1	27.4	22.4	6.6	39.1	17.0	42.4	19.5	19.0	29.2	0.0	23.0
1976	26.4	36.1	21.4	6.6	34.4	17.2	40.0		20.0	22.8	20.8	12.5
1977	26.9		20.6	24.2	29.7	15.5	20.5	24.0	25.0	31.3	0.0	0.0
1978	28.1	22.9	14.4	20.0	20.6	7.8	32.0	5.4	20.0	19.5	0.6	0.0
1979	22.3	15.4	27.4		25.4	21.6	20.4	18.0	25.0	33.2	0.0	0.2
1980	23.0	14.8		19.0	44.4	40.0	21.2		35.0	27.3	0.0	0.3
1981	22.6	13.5	0.0	20.0	28.5		25.6	33.0	29.0	35.9		0.0
1982	32.1			10.1		17.1	15.7	10.9	29.0	52.2		0.0
1983	30.1	26.5		5.0		28.0	35.0	30.0	24.0		0.0	0.0
1984	28.7			20.0		24.0	40.0	20.8	37.0	38.3	0.0	0.4
1985	26.5	19.0		11.0	26.5	11.5	30.0	18.0	30.0	22.7	0.0	7.5
1986	29.2	36.0				14.7	30.0		27.0	35.3	0.0	
1987	22.4	24.4			14.8	12.3	20.0		13.0	23.1	0.0	0.0
1988	26.9	39.1			28.0	13.5	17.0			27.8	0.0	
1989	20.3					31.8	36.7			31.9	0.0	0.0
1990		39.5				13.1	29.0			54.5	0.0	
1991						11.0	40.0				0.0	0.0
1992												
1993		39.3				13.7				36.5	0.0	
1994		37.3				12.3	22.0			30.5	0.0	
1995		28.1				12.0	43.2			26.2	0.0	
1996		35.9				19.2	42.0			27.3	0.0	
1997		67.5				10.5	30.0			21.6	0.0	
1998		55.5				37.9	40.0			25.1	0.0	
1999		34.4				25.0	23.0			26.1	0.5	
2000		38.0				18.8	26.0				0.3	2.5
2001		29.3				23.2	16.0			29.6	1.3	2.2
2002		30.7				19.5				23.7	0.5	3.1
2003		57.7				10.5	22.0			27.4	0.0	2.7
2004		45.0				10.3	16.0			28.7	0.4	0.0
2005		36.1				16.1	27.0			47.8	4.6	13.0
2006		36.7				21.4	38.0			25.0	3.2	4.2
2007						18.4	16.5			35.8		0.0
2008		24.6				14.5	26.0			28.6	5.1	6.2
2009		58.4				17.2	38.0			36.2	1.3	8.3
2010												

4) 年平均等雨量線図

ピスコ川流域の等雨量線図を図-3.1.9.1-3 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。

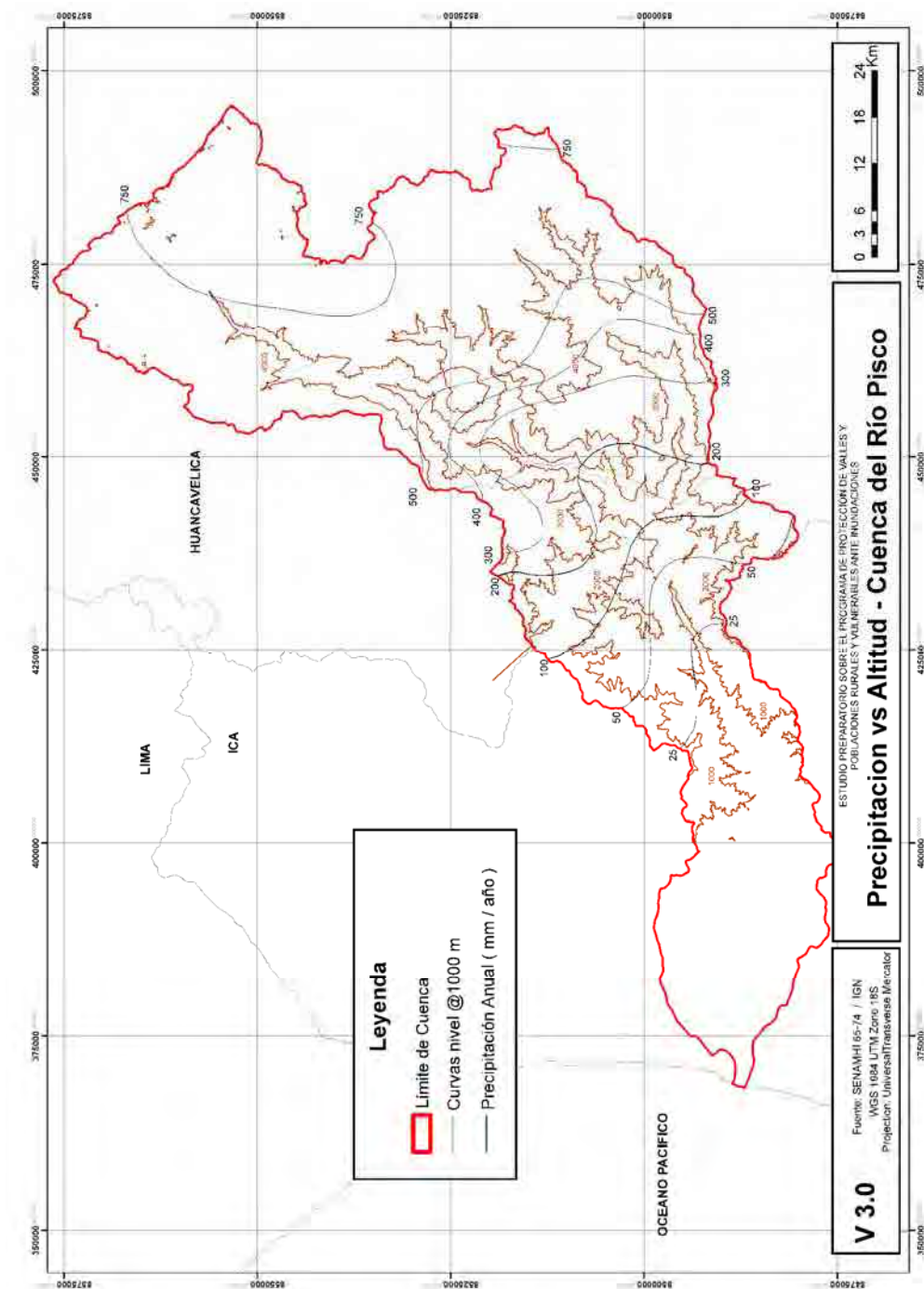


図-3.1.9.1-3 等雨量線図 (ピスコ川流域)

### 3.1.9.2 流量

調査対象地域における流量観測所において自動観測は行われておらず、1日1回(7a.m.)ないし1日2回(7a.m.および7p.m.)手動による観測が行われている。従って観測データには時間流量はなく、日流量(24時間流量)のみである。また定時観測のため洪水のピーク流量のような瞬間最大流量を観測していない可能性が高い。

水位の観測は量水標により行われており、あらかじめ河川横断測量と流量の実測により作成

された観測地点の水位 - 流量の関係式により流量に換算している。

河川はアンデス山脈につながる高地から扇状地に出て海岸に至るが、観測所は海岸地帯の扇状地部中・下流に設置されており（雨量観測所位置図参照）、海岸地帯における降雨が殆どないことから観測地点下流の残留域からの流入は殆どなく、観測データが即ち対象流域の流出量を示していると思われる。したがってこれらのうち最下流の流量観測地点を流出解析の基準点とする。

### (1) 流量観測所

ピスコ川流域における流量観測所を表-3.1.9.2-1 に示す。

**表-3.1.9.2-1 ピスコ川における流量観測所**

観測所名	緯度	経度	標高 (m.a.s.l.)
LETRAYOC	13° 40'	75° 45'	640

### 2) 年最大日流量

上記観測所における年最大流量は表-3.1.9.2-2 に示すとおりである。

**表-3.1.9.2-2 ピスコ川流域 LETRAYOC 観測所の年最大流量**

年	年最大流量 (m3/sec)	年	年最大流量 (m3/sec)
1933	227.50	1971	194.45
1934	264.50	1972	509.87
1935	311.00	1973	293.62
1936	360.50	1974	194.68
1937	956.03	1975	141.88
1938	253.70	1976	237.62
1939	328.67	1977	231.26
1940	155.34	1978	80.33
1941	212.25	1979	213.13
1942	326.79	1980	91.23
1943	301.93	1981	252.00
1944	295.05	1982	274.00
1945	250.01	1983	273.00
1946	528.14	1984	485.65
1947	144.09	1985	200.50
1948	765.10	1986	355.00
1949	148.26	1987	146.20
1950	156.33	1988	369.50
1951	289.09	1989	272.50
1952	208.05	1990	49.38
1953	427.20	1991	325.00
1954	536.64	1992	47.75
1955	403.42	1993	118.00
1956	330.99	1994	312.50
1957	256.19	1995	354.37
1958	169.35	1996	190.00
1959	378.26	1997	150.00
1960	312.85	1998	800.00
1961	272.04	1999	355.00
1962	423.06	2000	215.00

1963	255.85	2001	240.00
1964	238.45	2002	300.00
1965	162.44	2003	176.25
1966	710.02	2004	215.00
1967	521.91	2005	137.50
1968	189.11	2006	350.00
1969	314.07	2007	250.00
1970	454.31	2008	300.00

### 3.1.9.3 実測流量に基づく確率規模洪水流量

各流域における流出解析の基準点を扇状地出口付近の流量観測所に選定し、これら観測所における年最大日流量の観測値を統計処理して生起確率 2~100 年規模の洪水流量を計算した。計算の結果は表-3.1.9.3-1 に示すとおりである。

水文統計計算には下記の確率分布モデルを用い、適応性が最も高いと思われるモデルの値を採用した。なお詳細については Annex - 1 気象/水文/流出解析の Appendix を参照のこと。

- 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)

**表-3.1.9.3-1 基準地点確率規模流量**

河川名/基準点	(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

### 3.1.9.4 降雨量に基づく流出解析 (HEC-HMS システム)

調査対象地域における流量観測は日流量についてのみであって、前節で求めた確率規模洪水流量はピーク流量である。後述する氾濫解析を行うためには洪水の時間的分布（洪水波形）が必要となる。ここでは降雨観測データに基づく流出解析を行う。

流出解析に用いる方法はアメリカ工兵隊 (US Army Corps of Engineer) が開発した HEC-HMS システム (Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System) とする。このシステムは北米をはじめ世界各地で用いられている流出解析の汎用プログラムで、ペルー国においても最もポピュラーなプログラムの一つである。

#### (1) HEC-HMS システムの概要

HEC-HMS システムは多数の小流域からなる流域システムにおける降雨と流出の関係をシミュ

レーションするようにデザインされている。流域モデルは多数の小流域、河道、合流点、分流域、貯水池などから構成する事が可能である。

浸透損失についても SCS curve number, Initial Constant, Exponential, Green Ampt 法などの適用が可能である。

有効雨量を流出量に変換する方法についても Clark, Snyder, SCS を含む単位図 (Unit Hydrograph) 法の適用が可能である。河道の流出についてはマスキンガム法やキネマティックウエーブ法などを含む各種の方法が適用可能である。その他にも基底流量の流出計算についても各種の方法が適用可能となっている。

降雨量解析については 6 種類の降雨データ解析法や降雨データの合成法が含まれている。テイーセン法を含む 4 種類の雨量配分法が無制限の数の降雨観測所について適用可能である。

洪水頻度法 (Frequency storm method) により特定の超過確率を有する洪水を計算することが可能である。また SCS hypothetical storm 法により NRCS 規準 (Natural Resources Conservation Service criteria) を用いて降雨量の時間的配分を計算することが可能である。

小流域や河道に含まれる殆どのパラメーターは最適化トライアルを用いて自動的に推定される。異なる目的を持つ 6 種類の機能が計算流量の実測流量に対する最適化に利用可能である。

本調査において上記のシステムを適用する手順は次のとおりである。この手順に従って流出解析の概要について以下に述べる。流出解析の詳細については Annex-1 気象/水文/流出解析の Appendix を参照されたい。

- (1) 流域モデルの作成
- (2) 降雨量解析
  - 1) 各降雨観測所の確率規模 24 時間降雨量の計算
  - 2) 各構成流域における 24 時間雨量の算定
  - 3) 24 時間雨量曲線の選定
- (3) SSC 法による浸透損失計算
  - 1) 各構成流域のカーブナンバー初期値の選定
  - 2) 同上最終カーブナンバーの決定
  - 3) モデルの検証
- (4) 確率規模洪水流量および洪水波形の計算

## (2) 流域モデルの作成

### 1) 流域の分割

ピスコ流域を水理特性の類似した小流域に分割した。流域の特性としては地形、支川の分布形状、地形、植生、土質条件などを考慮した。流域の分割を図-3.1.9.4-1 に示す。

### 2) 流域モデルの作成

HEC-HMS においては流域を構成する小流域 (Sub Basin)、河道 (Reach)、合流点 (Junction) などを模式的に図-3.1.9.4-2 に示すように表現する。これに基づき流域全体のモデルを作成する。

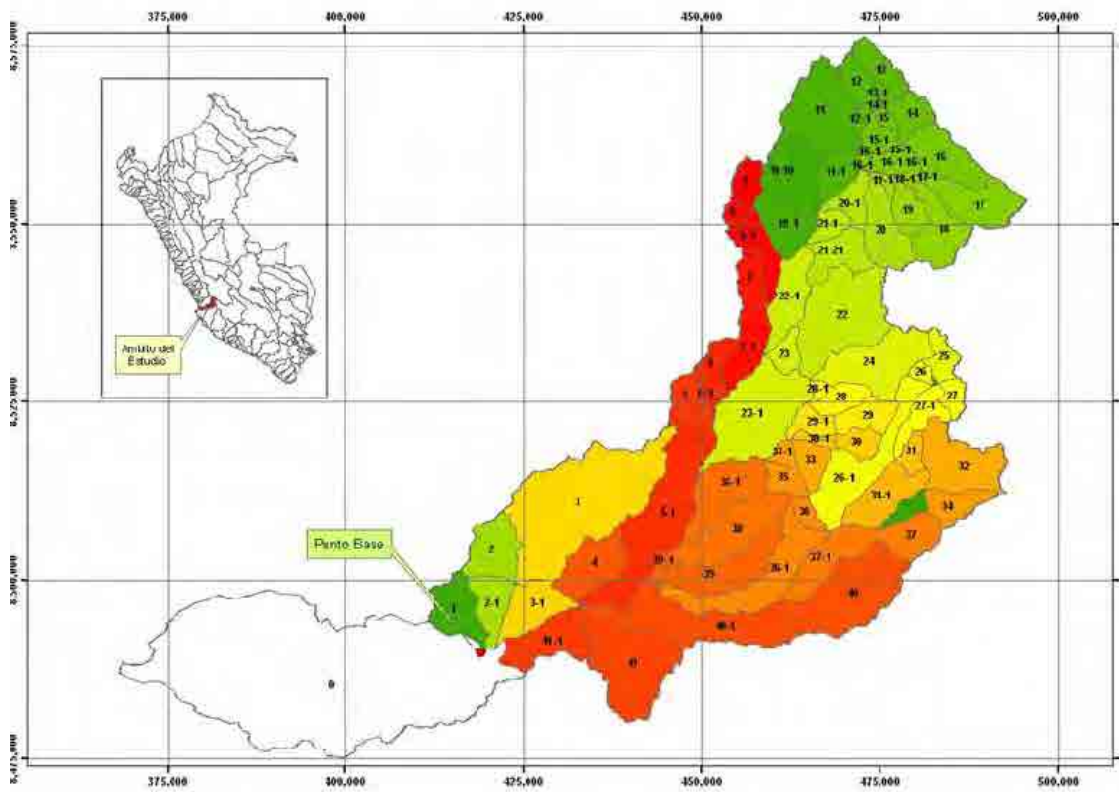


図-3.1.9.4-1 ピスコ流域の分割

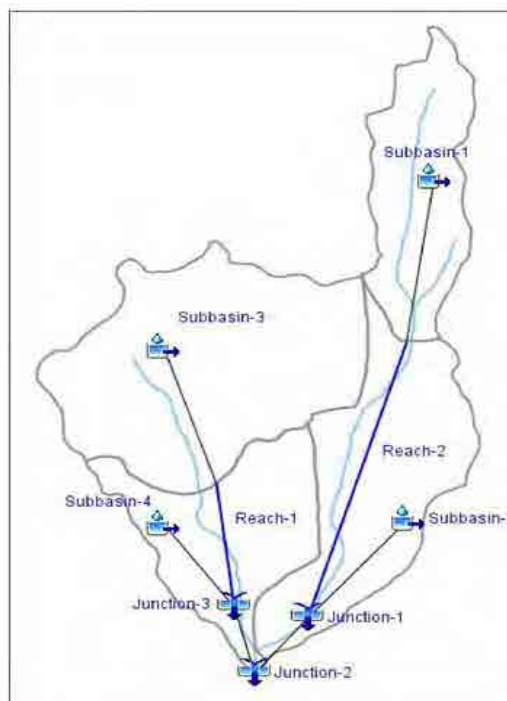


図-3.1.9.4-2 HEC-HMS における流域、河道および合流点の模式図

### (3) 降雨量解析

マヘスーカマナ川流域中上流部の Chivay 降雨観測所の時間雨量データのうち 2011 年 2 月およ

び2012年2月の時間雨量データを入手し、3洪水の降雨強度継続時間解析 (Depth-Duration Analysis) を行った。この結果主要3洪水のうち最も降雨継続時間が長い2012年2月の洪水 ( $Q_p=1,400\text{m}^3/\text{s}$ ) の降雨継続時間は17時間であった。従って、流出解析における降雨継続時間は24時間とした。

なお、SENAMHI および大学関係者等へのヒアリングの結果においても、ペルー海岸域の降雨継続時間は6~12時間程度とのことであり、ペルー沿岸部の他河川の流出解析<sup>1</sup>においても通常、降雨継続時間は24時間として計算している。

1) 各降雨観測所の確率規模24時間降雨量の計算

各年最大24時間降雨量の観測値を統計処理して各降雨観測所における確率規模24時間降雨量を計算すると表-3.1.9.4-1に示す通りとなる。

この表より確率50年規模の24時間降雨量の等雨量降雨線図は図-3.1.9.4-3に示す通りとなる。

2) 各構成流域における24時間降雨量の算定

各観測所の確率規模24時間降雨量よりピスコ川を構成する小流域について Inverse Distance Weighted 法により確率規模24時間降雨量を求めると表-3.1.9.4-2に示す通りとなる。この表には流域を構成する数多くの小流域の一部について示してある。

一般的には各構成流域の流域平均雨量から各年最大値を求め、確率雨量を算定する必要がある。しかし、対象流域の降水量データの欠測が多く流域平均雨量の算定が困難であるため、止むを得ず各観測所の確率雨量から各構成流域の確率雨量を推定した。

Inverse Distance Weighted 法は HEC-HMS に組み込まれている流域平均雨量の算定法の一つで小流域の周辺雨量観測所のデータより流域平均雨量を次式により計算する (HEC-HMS, Technical Reference Manual, p-23 参照)。

$$w_c = (1/d_c^2)/(1/d_a^2) + (1/d_b^2) + (1/d_c^2)$$

$$P = w_a P_a + w_b P_b + w_c P_c$$

ここに、 $w_c$  : c 観測所のウエイト、 $d$  : 小流域の中心点から各観測所への距離、 $P$  : 小流域の平均雨量、 $P_{a,b,c}$  : 各観測所の雨量データ

3) 24時間雨量曲線の選定

流域内の降雨観測所には時間雨量データは無いので、24時間雨量より時間雨量曲線を推定せざるを得ない。

24時間雨量曲線は HEC-HMS において一般的に用いられている SCS(Soil Conservation Service) hypothetical storm を用いる。この方法は USA における降雨データの解析結果から導き出されたもので24時間降雨量を無次元化して表-3.1.9.4-3 および図-3.1.9.4-4 に示す4タイプの降雨時間曲線により表している。24時間雨量の配分は各タイプの累加雨量曲線より時間間隔を定めて図-3.1.9.4-5 に示す通りとする。なお USA においてはそれぞれの降雨タイプの適

<sup>1</sup> Estudio de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Zona Centro de la Vertiente del Pacífico, Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua, Ing. Mg Sc. Ricardo Apacla Nalvarte, 2010.



用範囲は図-3.1.9.4-6 に示すとおりであり、USA の大部分においてタイプ II を適用する事が推奨されている。降雨継続時間については HEC-HMS においては殆どの流域で 24 時間の継続時間で十分としている。

本調査対象流域においては時間雨量の資料がなく 24 時間雨量曲線のタイプを判定することは困難であるが、「ペ」国においては既存の数少ない調査結果に基づきタイプを選定しているのが実態である。

Miplo Mining Company はペルー国の西側斜面(カニェテ川流域とピスコ川流域のチンチャ高地)に設置した Chavin 観測所のデータを解析してこの地域の 24 時間降雨量の分布がタイプ II に類似しているとした。この降雨パターンはペルー海岸地帯の中央部および南部の降雨パターンを示しているとされている。この結果に基づき本調査ではピスコ川の流域についてはタイプ II を採用した。

ピスコ川における降雨継続時間については「Study of the Hydrology of Peru, (Convention IILA-SENAMHI-UNI) developed in 1982」に基づき 10 時間とし、時間雨量の配分についても同文献によっている。

表-3.1.9.4-1 各降雨観測所における各確率規模の 24 時間降雨量 (ピスコ川流域)

観測所名	生起確率年						
	PT_2	PT_5	PT_10	PT_25	PT_50	PT_100	PT_200
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

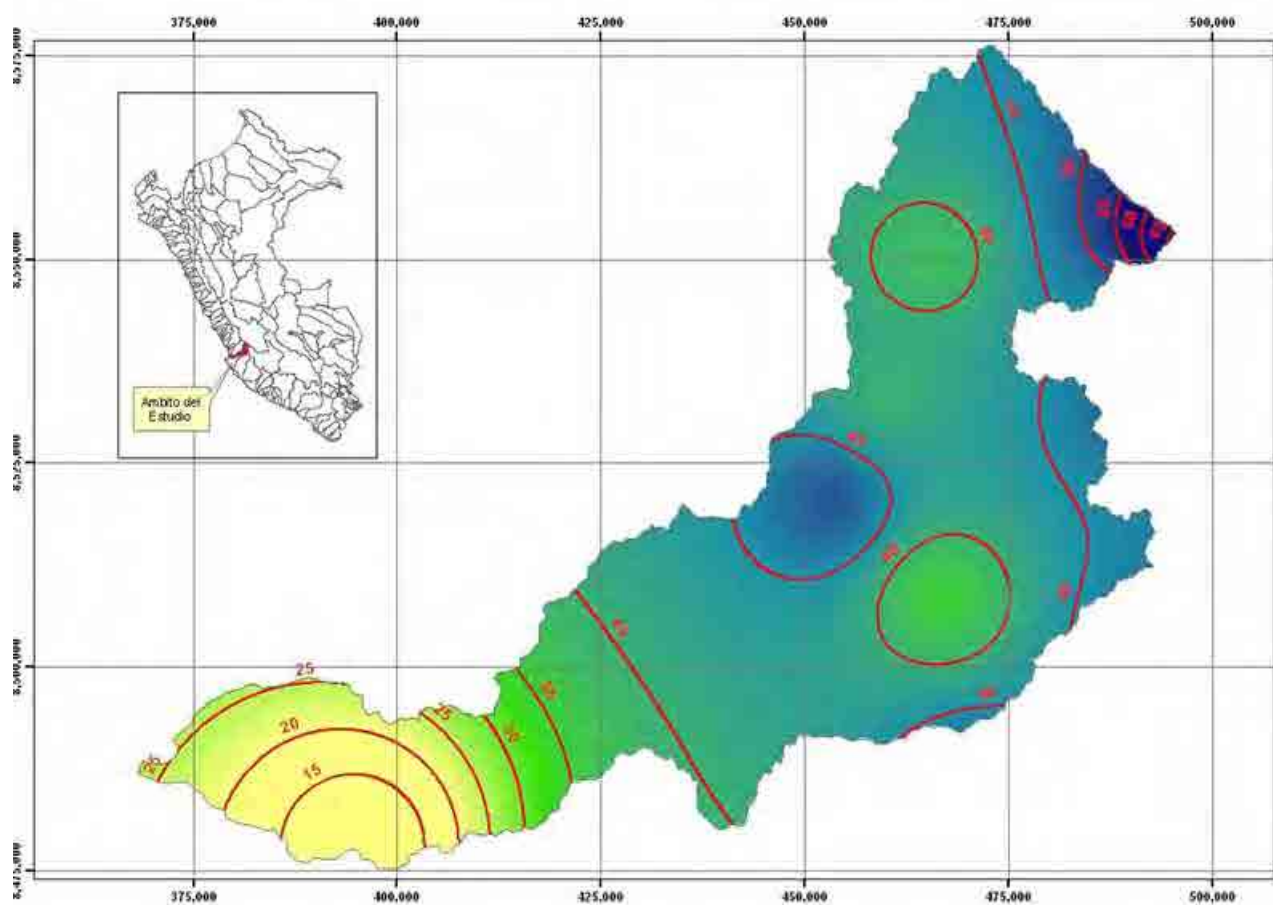


図-3.1.9.4-3 確率 50 年規模の 24 時間降雨量の等雨量線図 (ピスコ川)

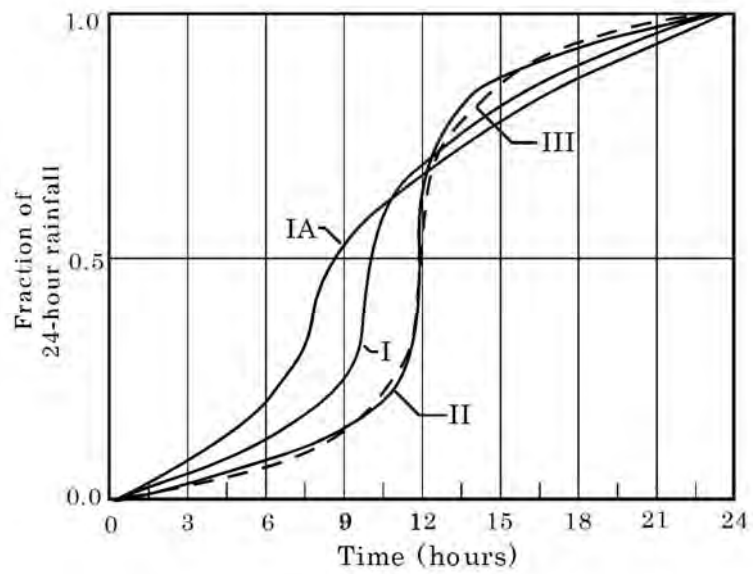
表-3.1.9.4-2 ピスコ川流域を構成する各小流域における各確率規模の 24 時間降雨量

SUBCUENCA	AREA [m <sup>2</sup> ]	PERIODO DE RETORNO T [AÑOS]					
		PT_2	PT_5	PT_10	PT_25	PT_50	PT_100
0	774,360,000	5.4	8.3	11.2	15.6	21.2	29.5
1	48,731,800	12.5	17.9	22.0	28.1	34.0	42.3
10	69,819,600	23.8	29.7	33.2	37.7	40.2	42.9
10-1	48,920,900	23.8	29.3	32.6	36.8	39.1	41.4
11	95,251,900	24.1	30.7	34.8	39.8	43.0	46.3
11-1	32,178,400	24.2	30.1	33.6	38.2	40.8	43.4
12	24,316,700	24.5	31.6	35.9	41.2	44.7	48.2
12-1	7,599,270	24.6	31.4	35.6	40.8	44.1	47.4
13	34,377,100	24.8	32.1	36.6	42.1	45.7	49.3
13-1	528,564	24.8	32.0	36.4	41.7	45.2	48.7
14	28,835,500	25.5	33.0	37.6	43.2	46.9	50.5
14-1	736,281	24.9	32.0	36.4	41.7	45.2	48.7
15	6,629,310	25.0	32.2	36.5	41.9	45.3	48.8
15-1	23,888,300	24.9	31.7	36.0	41.1	44.4	47.7
16	58,145,800	26.7	35.1	40.3	46.5	50.5	54.4
16-1	22,568,800	25.2	32.3	36.6	41.8	45.1	48.5
17	62,232,400	28.1	37.9	44.0	51.0	55.7	59.9
17-1	969,962	25.8	33.2	37.8	43.2	46.8	50.3
18	56,833,600	26.7	33.8	38.3	43.7	47.3	50.8
18-1	1,282,460	25.4	32.5	36.8	42.0	45.4	48.7
19	26,733,300	25.7	32.6	36.9	42.1	45.4	48.8
19-1	6,671,040	24.9	31.6	35.6	40.6	43.7	46.8

2	52,919,500	16.1	22.5	27.0	33.2	38.6	45.6
20	56,155,800	25.0	31.3	35.2	40.0	43.0	46.1
20-1	26,253,900	24.2	30.0	33.5	37.9	40.4	43.0
21	43,743,800	24.0	29.9	33.3	37.7	40.1	42.7
2-1	38,110,400	14.0	19.9	24.3	30.7	36.6	44.8
21-1	17,536,300	24.0	29.2	32.3	36.5	38.6	40.7
22	133,682,000	23.5	30.6	34.6	39.3	42.1	45.0
22-1	54,257,600	22.8	29.9	33.7	38.0	40.4	42.8
23	19,208,200	22.0	30.0	34.1	38.3	40.5	42.7
23-1	133,886,000	20.9	30.3	35.4	41.8	45.7	49.6
24	92,053,600	24.5	31.5	35.6	40.6	43.9	47.3
25	21,774,100	27.0	33.4	37.4	42.7	46.6	51.0
26	7,607,610	26.1	32.7	36.8	41.9	45.6	49.6

表-3.1.9.4-3 SCS Hypothetical Storm における 24 時間降雨量累加曲線

Time (hr)	t/24	24 hr precipitation temporal distribution			
		Type I	Type IA	Type II	Type III
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.00	0.083	0.035	0.050	0.022	0.020
4.00	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043
6.00	0.250	0.125	0.206	0.080	0.072
7.00	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089
8.00	0.333	0.194	0.425	0.120	0.115
8.50	0.354	0.219	0.480	0.133	0.130
9.00	0.375	0.254	0.520	0.147	0.148
9.50	0.396	0.303	0.550	0.163	0.167
9.75	0.406	0.362	0.564	0.172	0.178
10.00	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189
10.50	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216
11.00	0.458	0.624	0.624	0.235	0.250
11.50	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298
11.75	0.490	0.669	0.655	0.357	0.339
12.00	0.500	0.682	0.664	0.663	0.500
12.50	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702
13.00	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751
13.50	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785
14.00	0.583	0.767	0.736	0.820	0.811
16.00	0.667	0.830	0.800	0.880	0.886
20.00	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957
24.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



Source :Urban water hydrology for small watersheds(TR-55) Appendix B

図-3.1.9.4-4 24時間雨量の降雨量分布

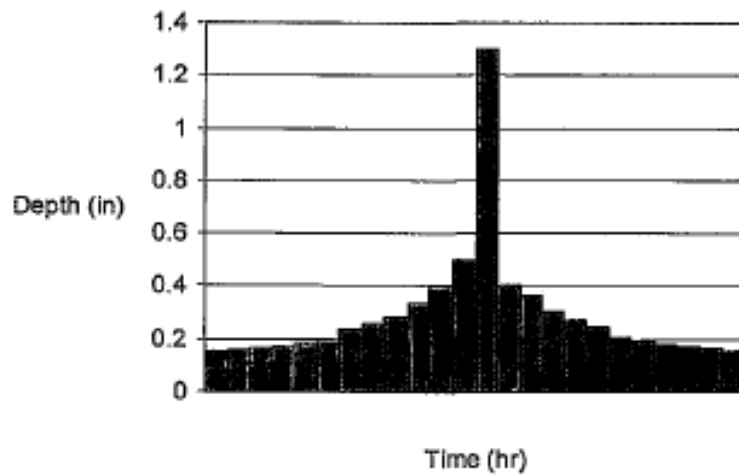
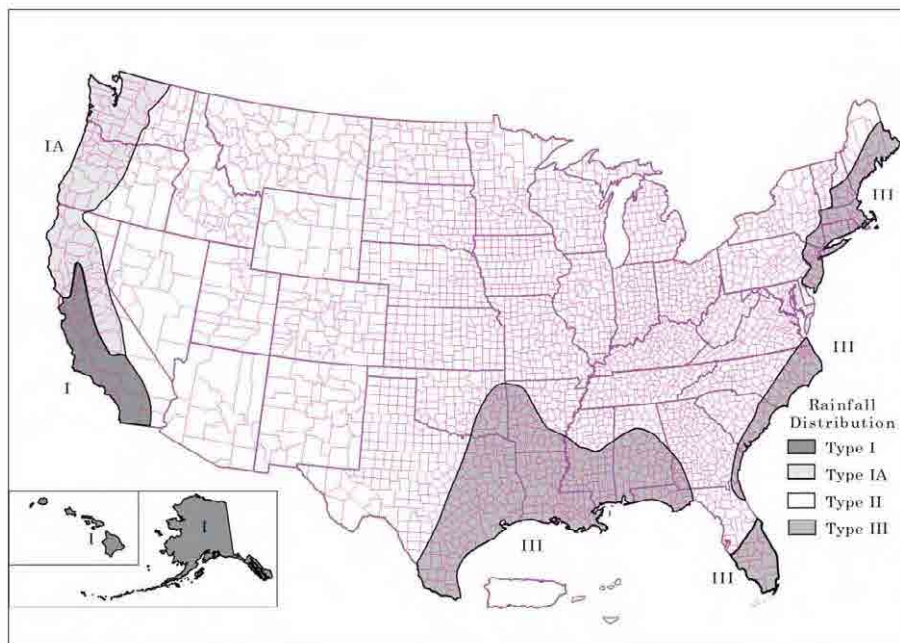


図-3.1.9.4-5 24時間雨量の配分



Source :Urban water hydrology for small watersheds(TR-55) Appendix B

図-3.1.9.4-6 USA における 24 時間降雨量曲線のタイプと適用地域

#### (4) SSC 法による有効雨量の計算

##### 1) 基本式

SSC Curve Number (CN) Loss Model は累加雨量、流域の土質、土地利用、初期損失などの関数として有効雨量を次式により推定する方法である。

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

ここに  $P_e$  : 時刻  $t$  における有効雨量 ;  $P$  : 時刻  $t$  における累加雨量 ;  $I_a$  : 初期損失 ;  $S$  : 可能最大貯留量

$I_a = 0.2 S$  と仮定すると

$$P_e = \frac{(P_e - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

$S$  と流域の特性を表す CN の関係は次の通りとなる。

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

CN を仮定して  $P_e$  と  $P$  の関係を計算すると図-3.1.9.4-7 に示すとおりとなる。

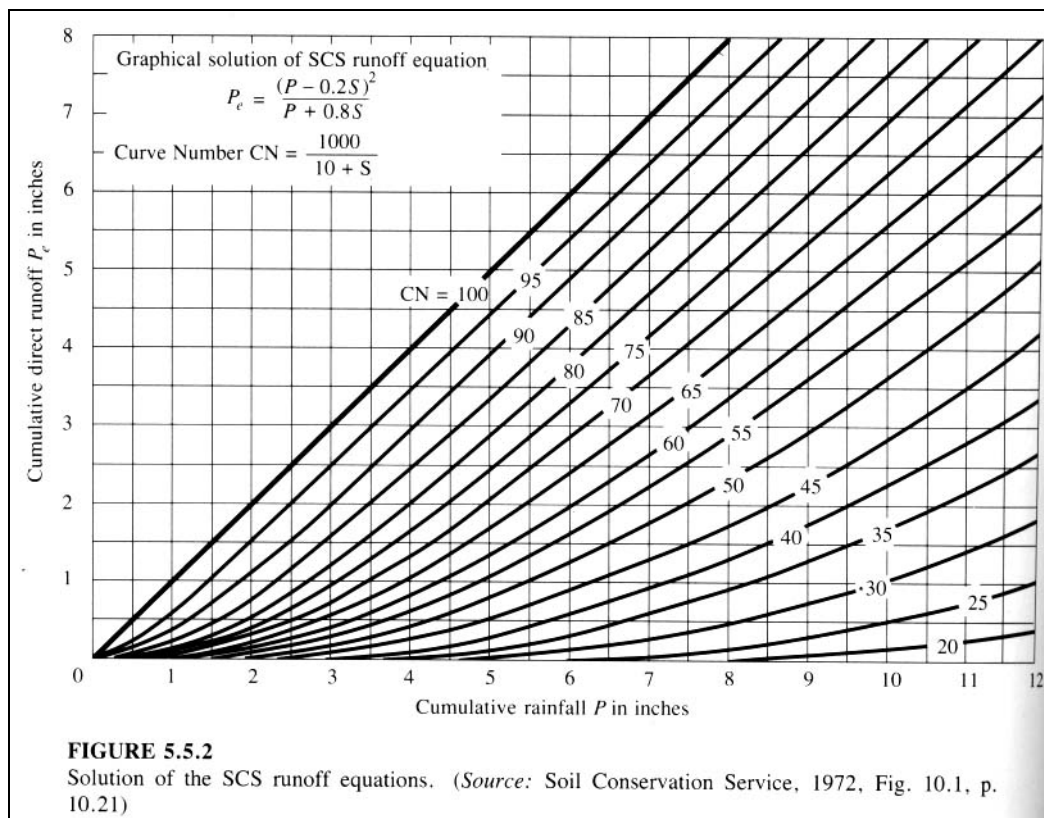


図-3.1.9.4-7 カーブナンバー (CN)、累加雨量 P および有効雨量  $P_e$  の関係

2) 各構成流域のカーブナンバーの選定

流域を構成する小流域毎に土地利用や土質条件に基づき表 - 3.1.9.4-4 を参考として CN を設定する。

ピスコ川流域における CN の初期値は流域特性、過去の経験、理論的枠組みなどを考慮し、土地の被覆状況、勾配なども考慮して 75~78 に設定した。

CN の初期値に基づき流出解析を行い、さらに CN を変化させて各確率洪水のピーク流量と波形を計算した。これらの流出解析結果に基づき最終的な CN を 84 とした。本調査対象流域においては時間流量データが無く、日流量データのみしか得られないため、厳密な検証は困難であるが、3.1.9.5 に示すように検証した。

表-3.1.9.4-4 土地利用および土質性状に基づく CN (1/3)

**TABLE 5.5.2**  
**Runoff curve numbers for selected agricultural, suburban, and urban land uses (antecedent moisture condition II,  $I_a = 0.2S$ )**

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land <sup>1</sup> : without conservation treatment	72	81	88	91
with conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition	68	79	86	89
good condition	39	61	74	80
Meadow: good condition	30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
good cover <sup>2</sup>	25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential <sup>3</sup> :				
Average lot size	Average % impervious <sup>4</sup>			
1/8 acre or less	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. <sup>5</sup>	98	98	98	98
Streets and roads:				
paved with curbs and storm sewers <sup>5</sup>	98	98	98	98
gravel	76	85	89	91
dirt	72	82	87	89

<sup>1</sup>For a more detailed description of agricultural land use curve numbers, refer to Soil Conservation Service, 1972, Chap. 9  
<sup>2</sup>Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.  
<sup>3</sup>Curve numbers are computed assuming the runoff from the house and driveway is directed towards the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.  
<sup>4</sup>The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.  
<sup>5</sup>In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

表-3.1.9.4-4 土地利用および土質性状に基づく CN (2/3)

**TABLE 5.5.1 SCS Runoff Curve Numbers (Continued)**

*c. Other agricultural areas*

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition	A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing*	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay	—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element†	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30	48	65	73
Woods-grass combination (orchard or tree farm)‡	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods§	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots	—	59	74	82	86

\* Poor: <50% ground cover or heavily grazed with no mulch.  
 Fair: 50 to 75% ground cover and not heavily grazed.  
 Good: >75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.  
 † Poor: <50% ground cover.  
 Fair: 50 to 75% ground cover.  
 Good: >75% ground cover.  
 ‡ CNs shown were computed for areas with 50% woods and 50% grass (pasture) cover. Other combinations of conditions may be computed from the CNs for woods and pasture.  
 § Poor: Forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning.  
 Fair: Woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil.  
 Good: Woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil.  
 Source: Ref. 105.

*d. Arid and semiarid range areas*

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition*	A†	B	C	D
Herbaceous—mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element	Poor	80	87	93	
	Fair	71	81	89	
	Good	62	74	85	
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush	Poor	66	74	79	
	Fair	48	57	63	
	Good	30	41	48	
Piñon-juniper—piñon, juniper, or both: grass understory	Poor	75	85	89	
	Fair	58	73	80	
	Good	41	61	71	
Sagebrush with grass understory	Poor	67	80	85	
	Fair	51	63	70	
	Good	35	47	55	



表-3.1.9.4-4 土地利用および土質性状に基づく CN (3/3)

d. Arid and semiarid range areas					
Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition*	A†	B	C	D
Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84

\* Poor: < 30% ground cover (litter, grass, and brush overstory).  
 Fair: 30 to 70% ground cover.  
 Good: > 70% ground cover.  
 † Curve numbers for group A have been developed only for desert shrub.  
 Source: Ref. 105.

Source: Maidment (1993).

Note: Hydrological Soil Group

**Group A**soils have low runoff potential and high infiltration rates even when thoroughly wetted. They consist chiefly of deep, well to excessively drained sand or gravel and have a high rate of water transmission (greater than 0.30 in/hr).

**Group B**soils have moderate infiltration rates when thoroughly wetted and consist chiefly of moderately deep to deep, moderately well to well drained soils with moderately fine to moderately coarse textures. These soils have a moderate rate of water transmission (0.15-0.30 in/hr).

**Group C**soils have low infiltration rates when thoroughly wetted and consist chiefly of soils with a layer that impedes downward movement of water and soils with moderately fine to fine texture. These soils have a low rate of water transmission (0.05-0.15 in/hr).

**Group D**soils have high runoff potential. They have very low infiltration rates when thoroughly wetted and consist chiefly of clay soils with a high swelling potential, soils with a permanent high water table, soils with a claypan or clay layer at or near the surface, and shallow soils over nearly impervious material. These soils have a very low rate of water transmission (0-0.05 in/hr).

#### (5) 確率規模別洪水流量および洪水波形の計算

前述の検討結果に基づき各流域について確率規模別の洪水流量および洪水波形を HEC-HMS により計算した。なお降雨開始時間と洪水波形の 0 時間は一致している。また河道の流出についてはキネマティックウェーブ法を適用した。

計算の結果は表-3.1.9.4-5~表-3.1.9.4-7 ならびに図-3.1.9.4-8 に示すとおりである。

本調査における流下能力の検討、氾濫解析、洪水対策施設の検討にはこれらの計算結果を用いる事とする。

表-3.1.9.4-5 確率規模別洪水流量

河川名/基準点	(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

表-3.1.9.4-6 確率規模別洪水比流量

河川名/基準点	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )						流域面積 Km2
	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	0.069	0.093	0.147	0.224	0.279	0.313	3,070

\*流域面積は基準点より上流域の面積

表-3.1.9.4-7 既往最大流量と確率50年流量の比較

河川名/基準点	既往最大 流量	観測期間	流出解析による 確率50年流量
ピスコ川 Letrayoc	957	76	855

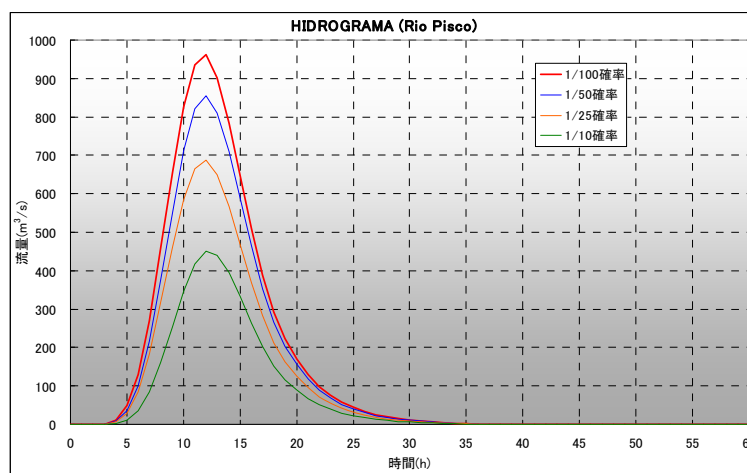


図-3.1.9.4-8 ピスコ川の洪水ハイドログラフ

### 3.1.9.5 解析結果の考察

#### (1) ピーク流量の検証

ペルー海岸域の各河川の確率流量の比流量と今回算定した流出計算結果をプロットしたものを図-3.1.9.5-1～図-3.1.9.5-4 に示す。(出典: "Estudio Hidrológico - Meteorológico en la Vertiente del Pacífico del Perú con Fines de Evaluación y Pronóstico del Fenómeno El Niño para Prevención y Mitigación de Desastres", Ministerio de Economía y Finanzas,

Asociacion BCEOM - Sofi Consult S.A. ' ORSTOM, Nov. 1999)

これらの各地域別比流量図とクリーガー曲線から、今回算定した各確率流量の計算値は、ほぼ  
 妥当な範囲内にあると判断される。

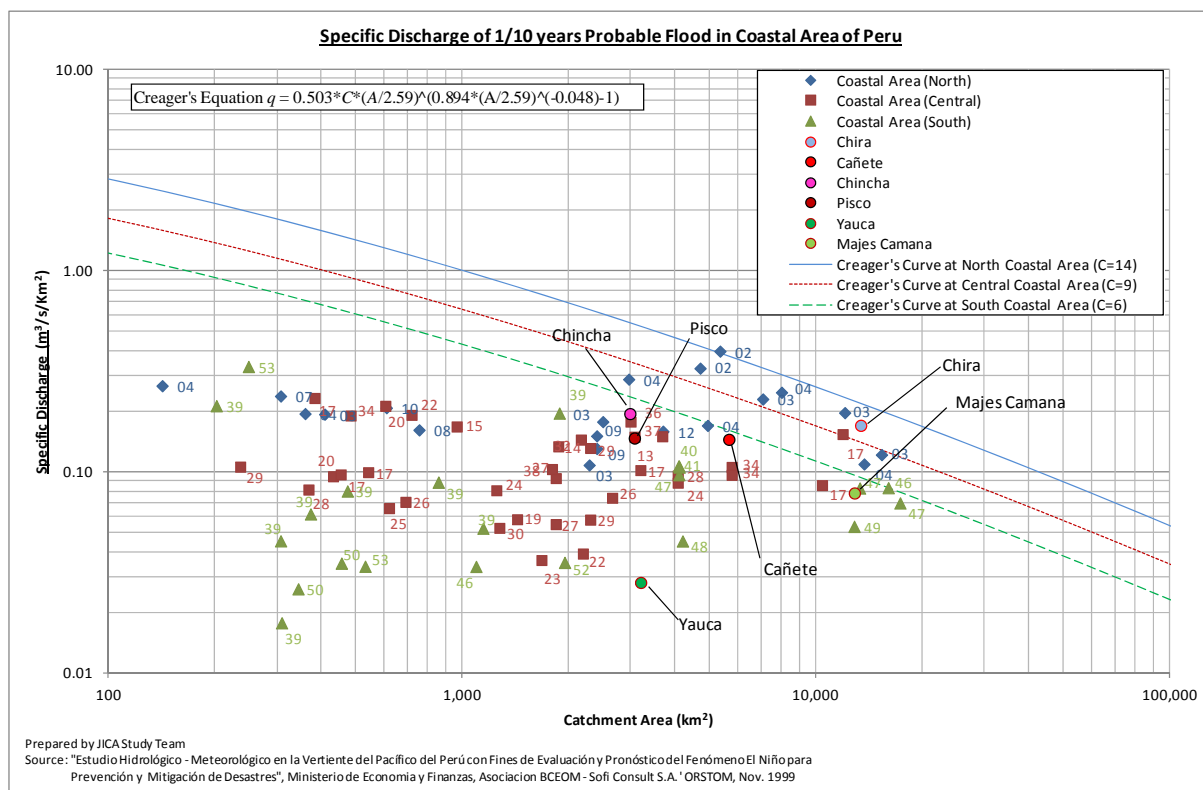


図-3.1.9.5-1 ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（10年確率）

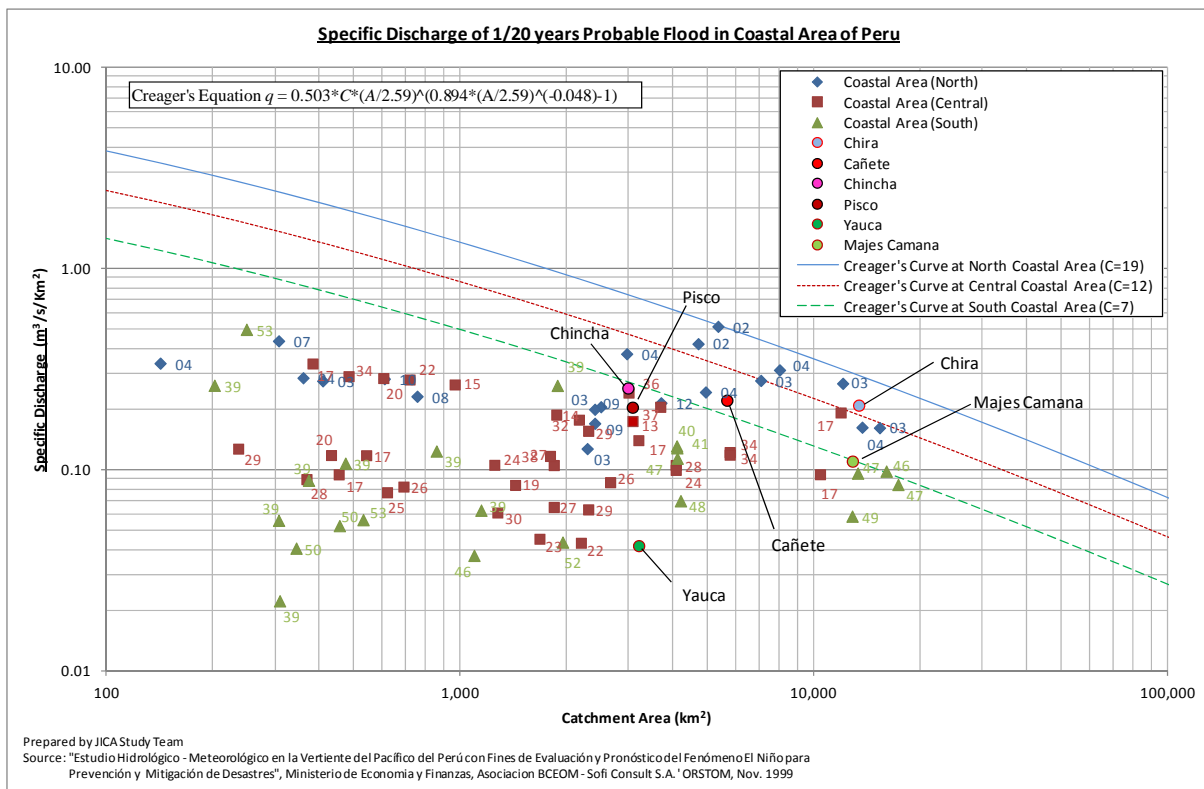


図-3.1.9.5-2 ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（20年確率）

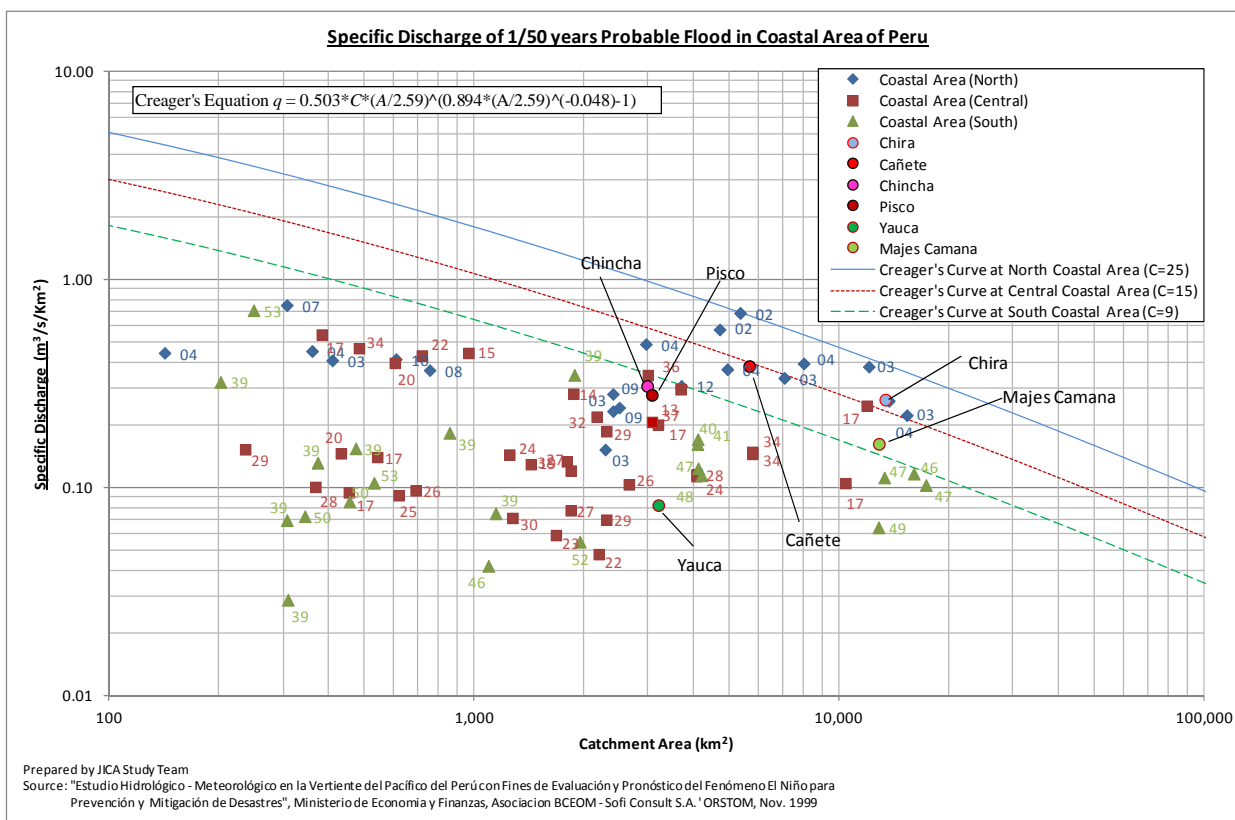


図-3.1.9.5-3 ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（50年確率）

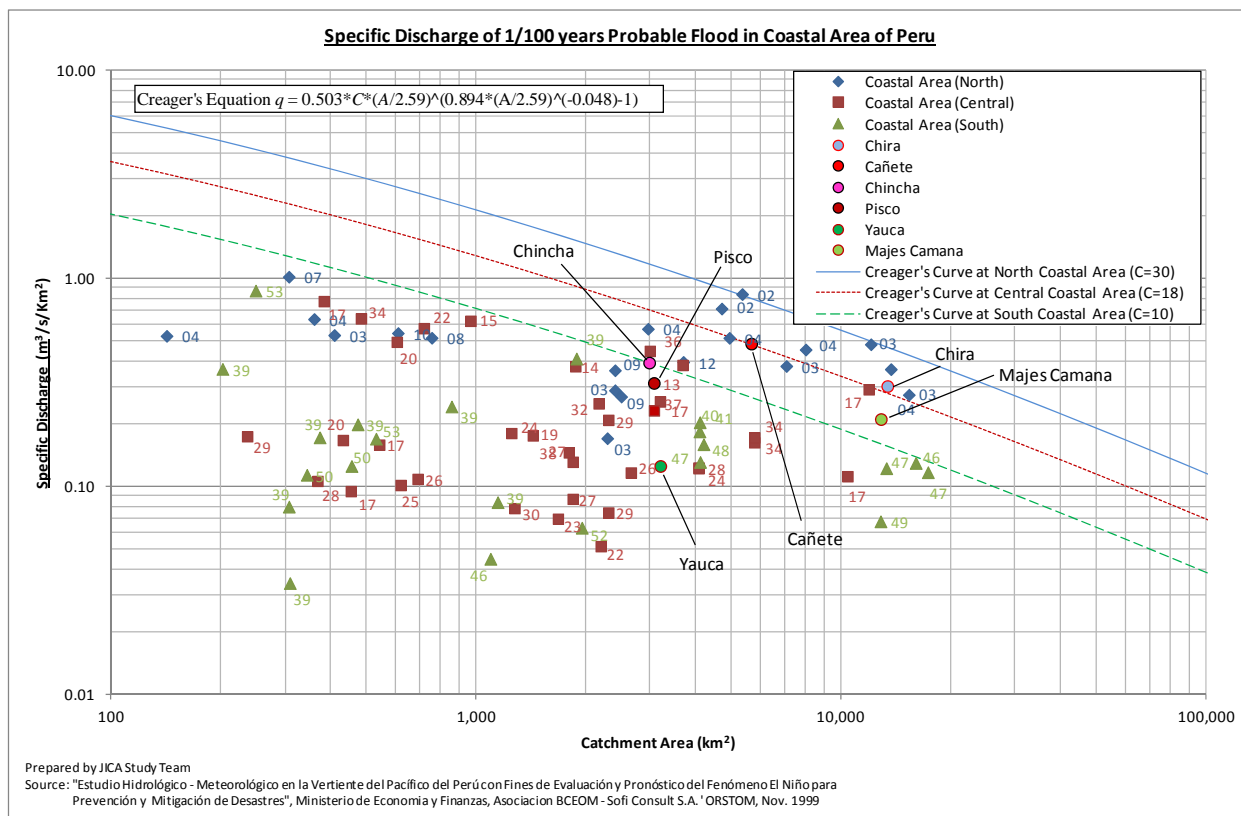


図-3.1.9.5-4 ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（100年確率）

### 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

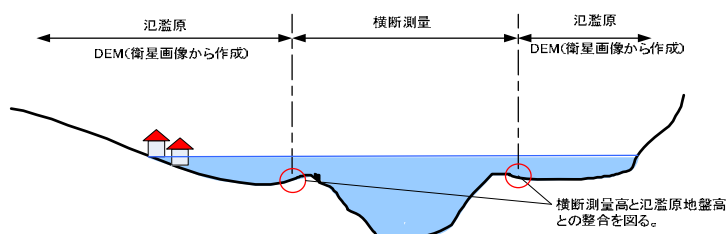
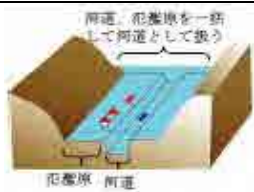
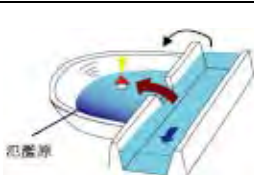
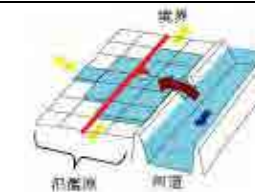


図-3.1.10-1 一次元モデルのイメージ

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。なお氾濫解析の詳細については Annex -2 氾濫解析を参照のこと。

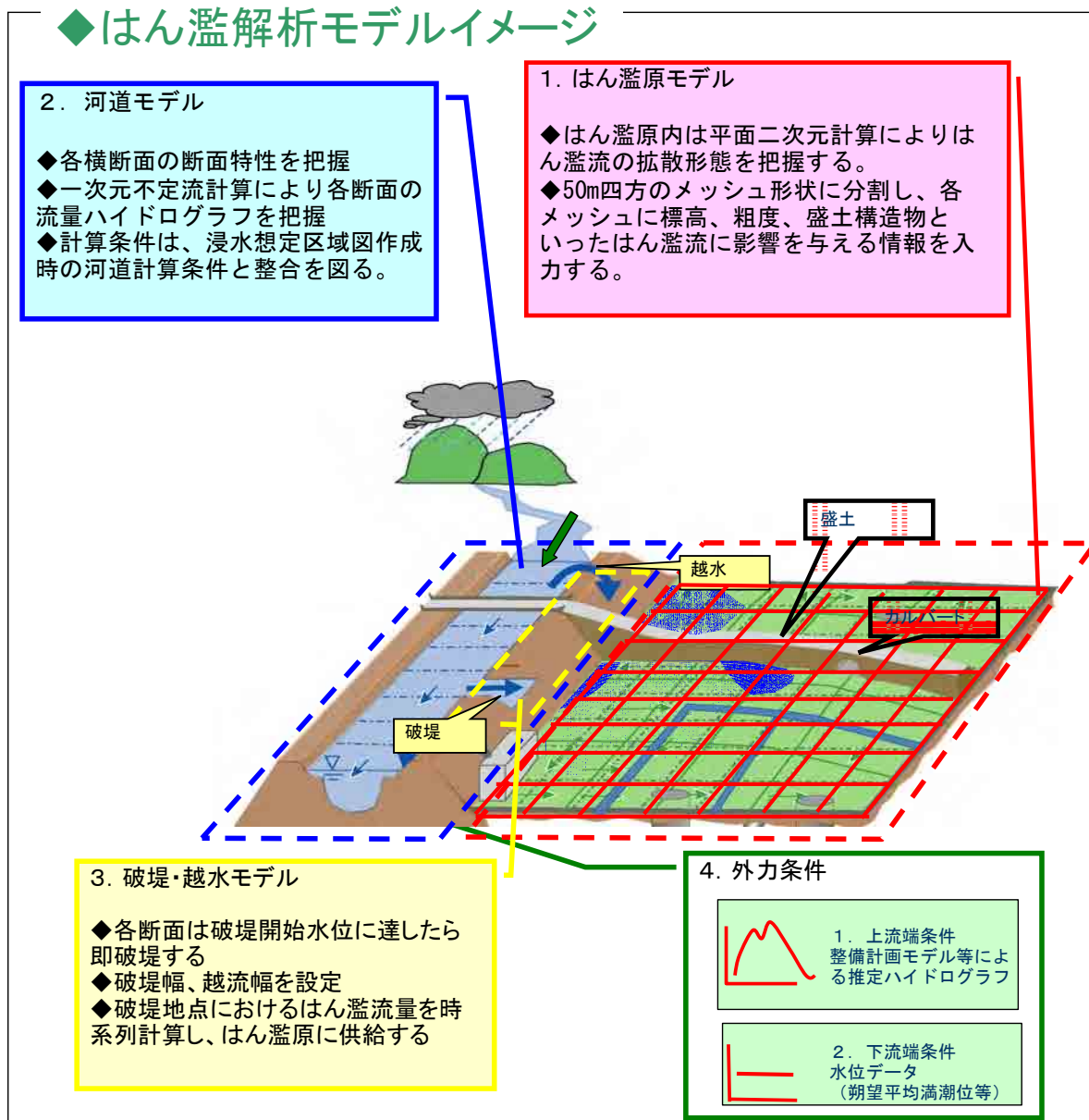


図-3.1.10-2 はん濫解析モデルの概念図

(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。

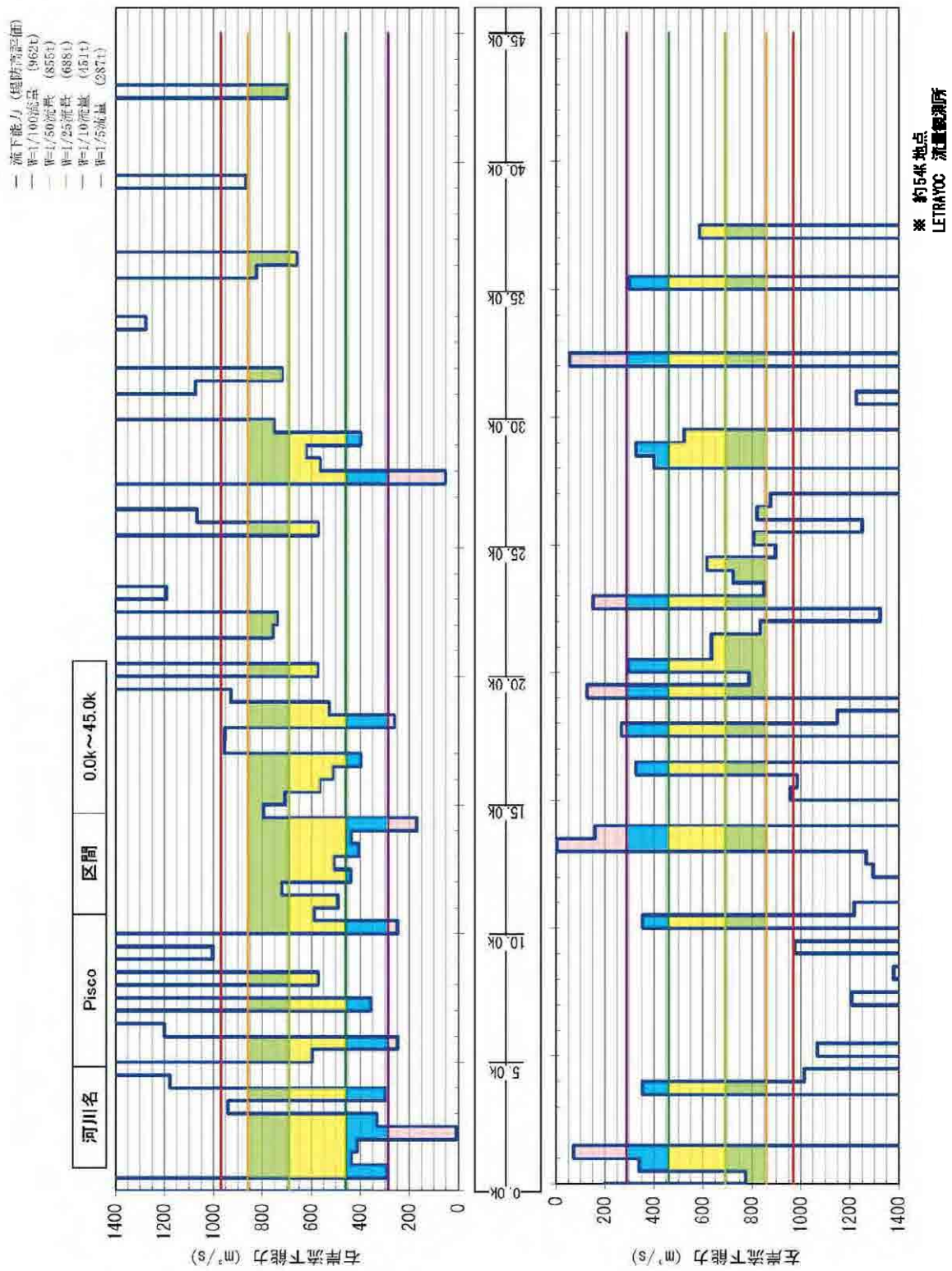


図-3.1.10-3 ピスコ川現況疎通能力



#### (4) 氾濫範囲

一例として生起確率 50 年規模の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。

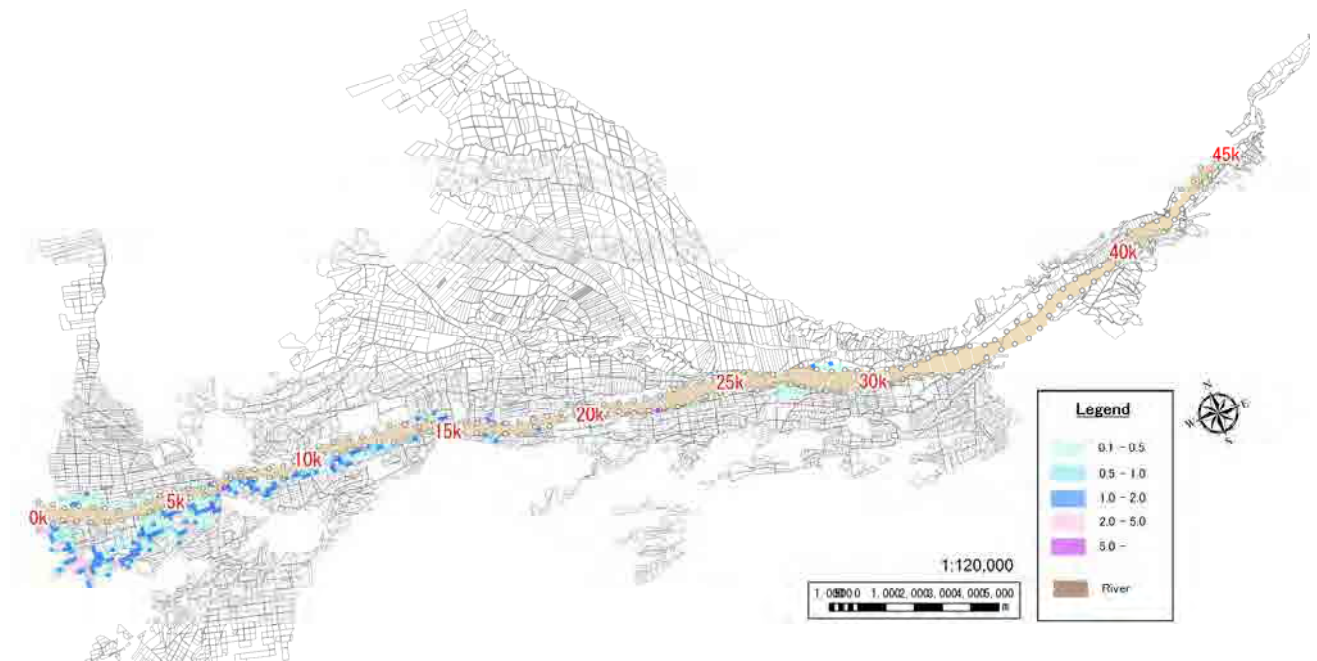


図-3.1.10-4 ピスコ川氾濫範囲 (確率 50 年規模の洪水)

### 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-3.2.2-2 に示すとおりである。

表-3.2.2-2 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。

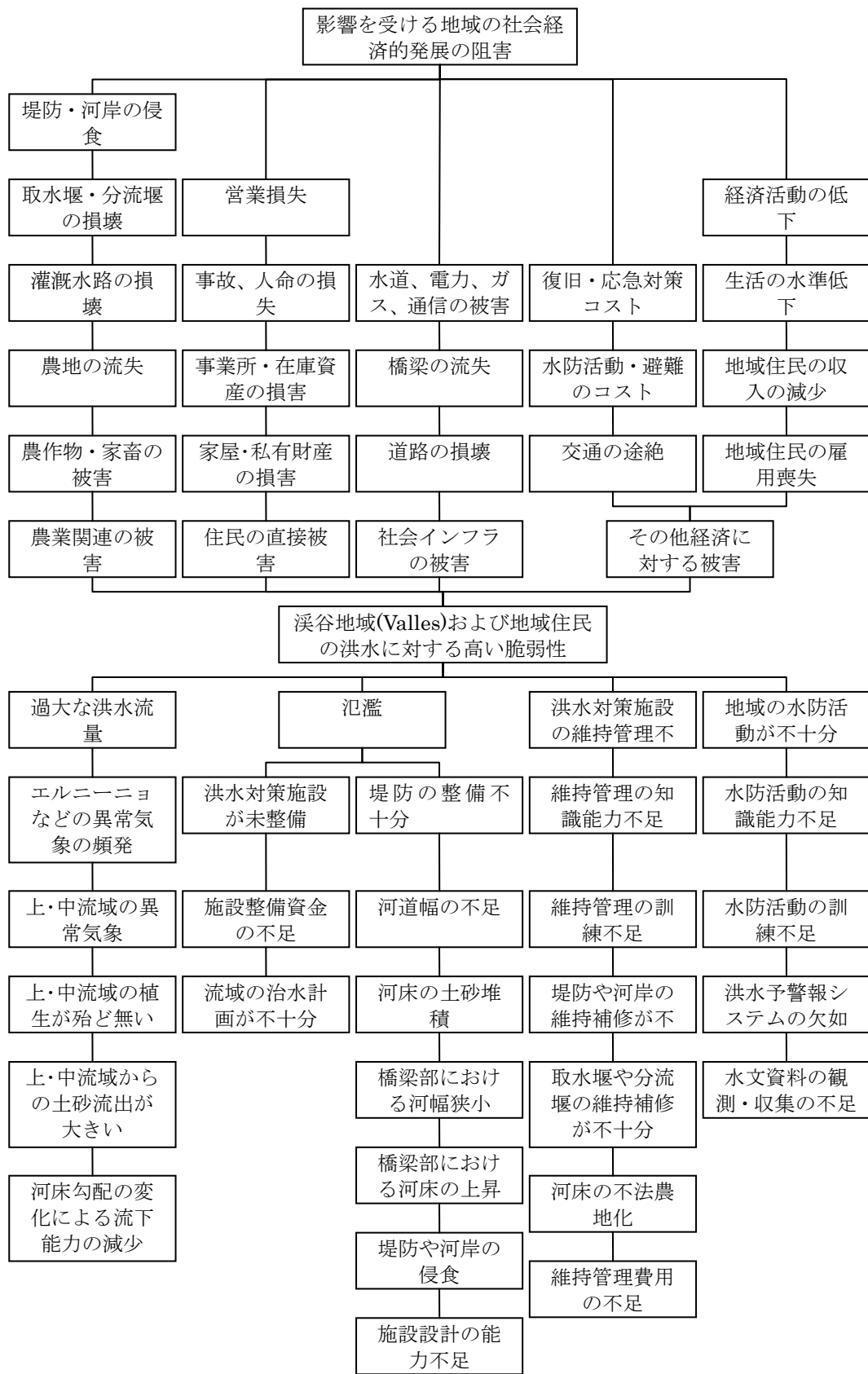


図-3.2.4-1 原因と結果の樹系図

### 3.2.5 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-3.2.5-1 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		

### 3.2.6 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-3.2.6-1 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

### 3.2.7 手段—目的—効果の樹系図

手段—目的—効果の樹系図は図-3.2.7-1 に示すとおりである。



図-3.2.7-1 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 年規模の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。

3.1.9 流出解析で求めた確率 50 年規模の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	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

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 ③	堤防余裕高 ④	必要堤防高 (需要) ⑤=③+④	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②				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	190.99	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	320.80	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	422.24	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 4.14 中・長期計画、4.14.1 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

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) (現 DGPI) 制定の“農地または市街地における洪水および氾濫防止プロジェクトのガイドライン” (Guia Metodologica para Proyectos de Proteccion y/o Control de Inundaciones en Áreas 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 10~50 年規模の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」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。なお 1/50 確率洪水流量を採用したことについては絶対的な意味はなく、調査対象流域を相対的に比較検討することを目的としている。

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

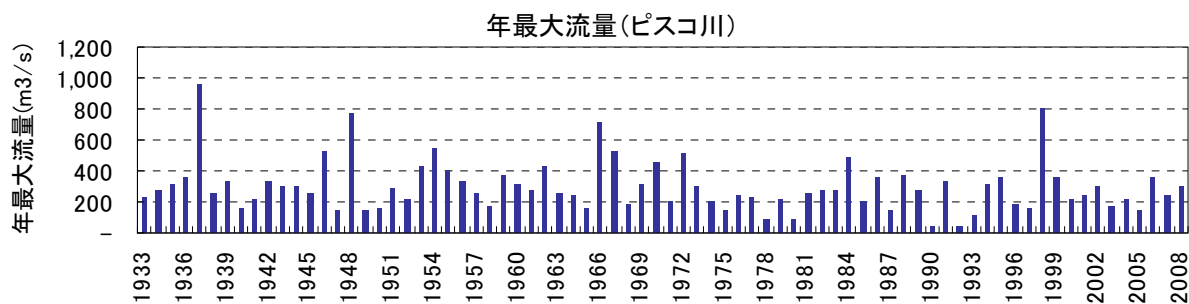


図- 4.3.1-1 年最大流量 (観測値：ピスコ川)

### 3) 確率規模別の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規模別の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 確率洪水規模流量が増加するほど浸水面積が増加する (図中の緑線)。
- ② 確率洪水規模流量が増加するほど被害額が増加する (図中の赤線)。
- ③ 確率洪水規模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 確率洪水規模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 年規模の流量において最大となる。

上述したように確率 50 年規模の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 年規模以下の他の確率規模の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。規模は 50 年であるが浸水面積については参考のために確率 100 年洪水規模についても記載した。

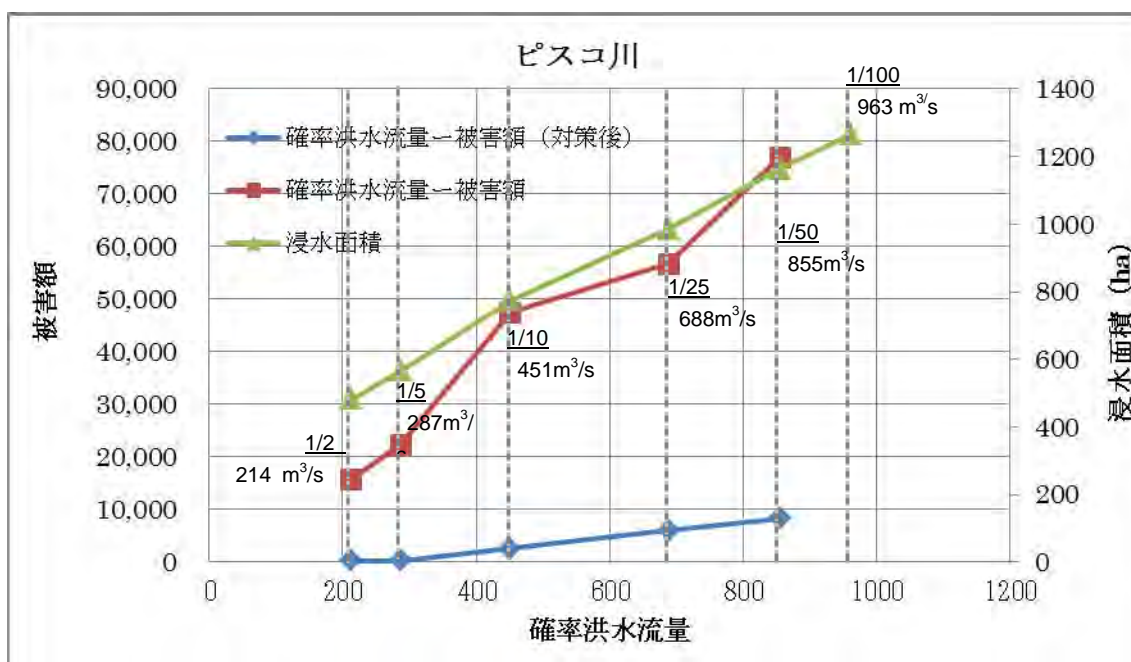


図-4.3.1-2 確率洪水規模流量と被害額および浸水面積 (ピスコ川)

## (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（洗掘ヶ所も含む）
- ・ 背後地の状況（市街地や農地の状況）
- ・ 氾濫の状況および規模（氾濫解析結果を踏まえた氾濫の拡散状況）
- ・ 社会環境条件（地域の重要施設など）

河川の測量結果、現地調査結果、流下能力評価、氾濫解析結果、地元ヒアリング結果（水利組合、地方政府の要望、過去の洪水被害状況）等を元に上記 5 項目について総合評価を実施し、各河川において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 に示すとおりである。



### 3) 選定の根拠

各河川における各施設の選定根拠は次に述べるとおりである。

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	3.0～5.0km (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 5.0～5.5km 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	6.5～8.0km (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が図れる箇所</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 (アメリカナ) を拡幅せずに流下能力を確保する</li> </ul>
③	12.5～14.0km (左岸側)	<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、14.5～14.0km 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	19.5～20.5km (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	26.0～27.0km (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	34.5～36.5km (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><b>&lt;対策位置の特徴&gt;</b></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><b>&lt;保全対象&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○対策位置の下流側全域</li> </ul>

		<p>&lt;保全方法（どのように・どの程度）&gt;                  ▼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。また施設の概要を表-4.3.1-5 に示す。

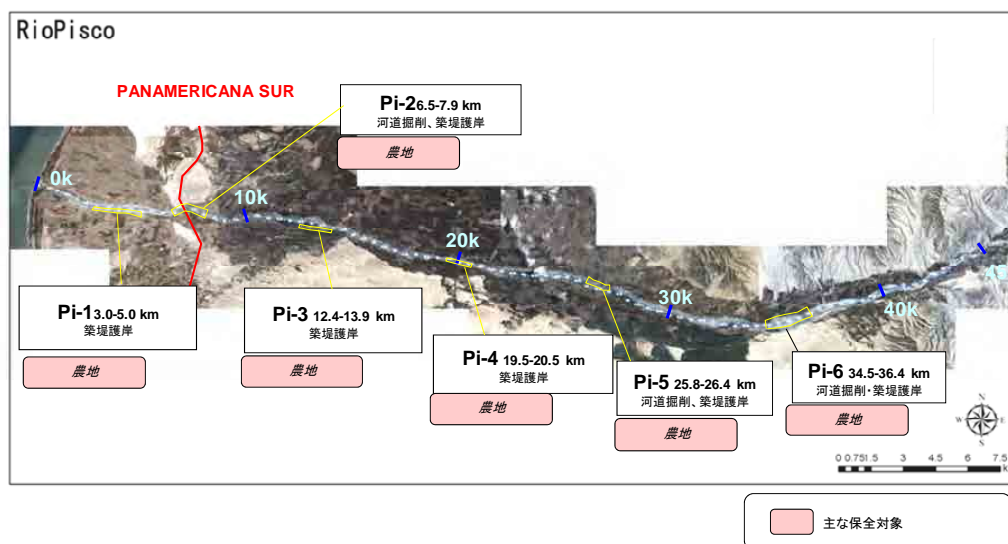


図-4.3.1-4 ピスコ川における重点洪水対策施設の位置

表-4.3.1-5 重点洪水対策施設の概要

河川名	候補地点	クリティカル・ポイントの特徴	主な保全対象	主要な対策工	施設規模	
Rio Pisco	Pi-1	3.0-5.0 km	農地	築堤護岸 延長 築堤 巨石による護岸工	4,120 m	
	Pi-2	6.5-7.9 km			河道掘削 築堤 巨石による護岸工	92,900 m <sup>3</sup> 32,200 m <sup>3</sup> L=1,200 m, V=74,900 m <sup>3</sup> L=2,950 m, V=42,520 m <sup>3</sup> 25,000 m <sup>3</sup>
	Pi-3	12.4-13.9 km			延長 築堤 巨石による護岸工	1,500 m 33,900 m <sup>3</sup> 12,600 m <sup>3</sup>
	Pi-4	19.5-20.5 km	農地	築堤護岸 延長 築堤 巨石による護岸工	1,010 m	
	Pi-5	25.8-26.4 km			河道掘削 築堤 巨石による護岸工	17,400 m <sup>3</sup> 8,060 m <sup>3</sup> L=600 m, V=67,600 m <sup>3</sup> L=400 m, V=29,900 m <sup>3</sup> 10,600 m <sup>3</sup>
	Pi-6	34.5-36.4 km			河道掘削 築堤(外側) 巨石による護岸工 築堤(内側) 巨石による護岸工	L=1,900 m, V=496,000 m <sup>3</sup> L=1,450 m, V=103,600 m <sup>3</sup> 19,900 m <sup>3</sup> L=3,750 m, V=114,000 m <sup>3</sup> 63,100 m <sup>3</sup>

出典：JICA 調査団作成

## (5) 堤防の標準断面

### 1) 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。

### 2) 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アリングした結果は次のようである。

- ① 法面勾配は鉛直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。比較的透水性の高い材料で堤防を造った場合に堤防の安定上問題となるのは、
  - i)パイピングによる細粒土砂の流失による浸透破壊
  - ii)浸透に伴う浸透圧によるすべり破壊である。堤防の安全性を担保するためには、詳細設計においては築堤材料の単位体積重量、強度、透水性を調査して、浸透流解析及びすべり破壊の検討を行って適正な断面形状を決定する必要がある。
- ② 堤防の法面勾配は、粘着力のない砂質土であれば、内部摩擦角 $\phi$ 30°～35°程度と想定される。また、粘着力の無い材料で構成される盛土の法面の安定勾配は $\tan \theta = \tan \phi / n$ で求められる。(θ:法面勾配、φ内部摩擦角、n:安全率1.5)

必要な安定勾配は、内部摩擦角  $30^\circ$  に対して  $V:H=1:2.6$  ( $\tan \theta = 0.385$ ) となる。

この計算上必要な法面勾配に対して、流出解析の結果、計画高水の継続時間が 24 時間以上と長いこと、2 割勾配の既存堤では破壊例が多い事、計画対象以上の大規模洪水時の越流に対してもある程度耐えられる事などを考慮して現地の在来堤防よりは勾配の緩い 1:3.0 の勾配とした。

本調査では、地質調査及び材料試験及び設計値に基づく堤防の浸透流解析及び安定計算は行なっていない。そのため、現地踏査で確認した材料から推定値として強度定数を仮定し、簡便的な安定検討に余裕を考慮して法面勾配を設定した。材料の仮定値の根拠としては、「道路土工 盛土工指針（平成 22 年度版）」（社団法人日本道路協会）P101、解表 4-2-4 設計時に用いる土質定数の仮定値を参考とした。同資料による剪断抵抗角の仮定値は、盛土で砂の場合で締め固めたもので粒径幅の広いもので  $35^\circ$ 、盛土で砂の場合で締め固めたもので分級されたもの（粒径幅が狭いもの）で  $30^\circ$  となっている。これらことから、内部摩擦角の推定値を  $30^\circ \sim 35^\circ$  と仮定した。さらに現地踏査での現堤の材料については、礫質土のような粒径幅の広い材料も見受けられたが、多くは砂質土で粒径幅が狭いように見受けられた。そのため、 $\phi 30^\circ$  を基本として簡便的な安定計算により法面勾配を設定した。詳細な安定計算では、浸透圧を外力して考慮する必要があり簡便的な安定計算結果に余裕を考慮した。また、我国の堤防は、1:20 を最小の勾配としているが高さ 2~3m 毎に小段を設置し、平均勾配としては 1:30 以上となっているものが多いことも考慮している。

- ③ 河床勾配が比較的急なため流速が早いので堤防の川表のり面には、護岸を配する。護岸の形式として接続ブロックのようなコンクリート性のものは流通していないので現地で容易に入手できる粗石または巨石を用いた護岸形式を採用する。

石材の大きさは、各河川の流速により最終的に設計するが、概ね径 30cm~1m として護岸の最小の厚みを 1m と計画した。

- ④ 護岸の根入れ深さについては、①現位置の最深河床と現況河床高さの差、②経験的な深さ（我国では 0.5~1.5m 程度）とするが、①については、経年的な河床変動のデータが得られていないので不明確である。従って経験的な深さとして 1.5m 程度を考えるが、「ペ」国におけるイカ川の改修断面を参考として 1.75m の深さを採用している。

- ⑤ 堤防の嵩上げ方法

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

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

i) 川表側で嵩上げ堤防を嵩上げる前腹付け形式は、河道幅を狭くし、結果として堤防高さが高くなる。

ii) 川裏側で堤防を嵩上げる後腹付け形式は、堤内地の用地取得範囲が広く必要となる。

溪谷地形の堤内地は貴重な農地となっていることが多く出来るだけ用地の補償を少

なくしたい。

iii)既存の堤体は締め固め状況等施工経緯や材料特性が不明であるが、現存する部分ではこれまでの洪水に対して機能を果たしてきているためこれを活用し、既設の堤防をより高強度の新堤で包み込むようにする全体拡幅形式は嵩上げ堤防の安全が確保しやすくなる。用地補償費等の費用で経済的である。

一方、河道幅が著しく狭くかつ河道が堤防に近接している箇所等では、後腹付けを計画している。このような箇所では、川表の既設堤防法面は、護岸で補強する計画である。

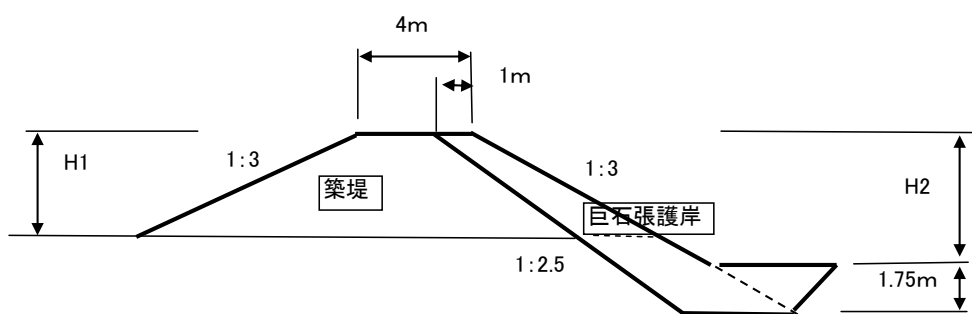
### 3) 堤防の余裕高

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、河川の状況が日本のそれと類似しているので、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-4.3.1-5 堤防の標準断面**

### 4) 施工上の留意点

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

**(6) 洪水対策施設の効果**

重点洪水対策施設を建設することにより各河川の施設建設地点における流下能力は図-4.3.1-6に示すように確率規模 50 年流量まで拡大され、氾濫防止効果が著しく増加する。

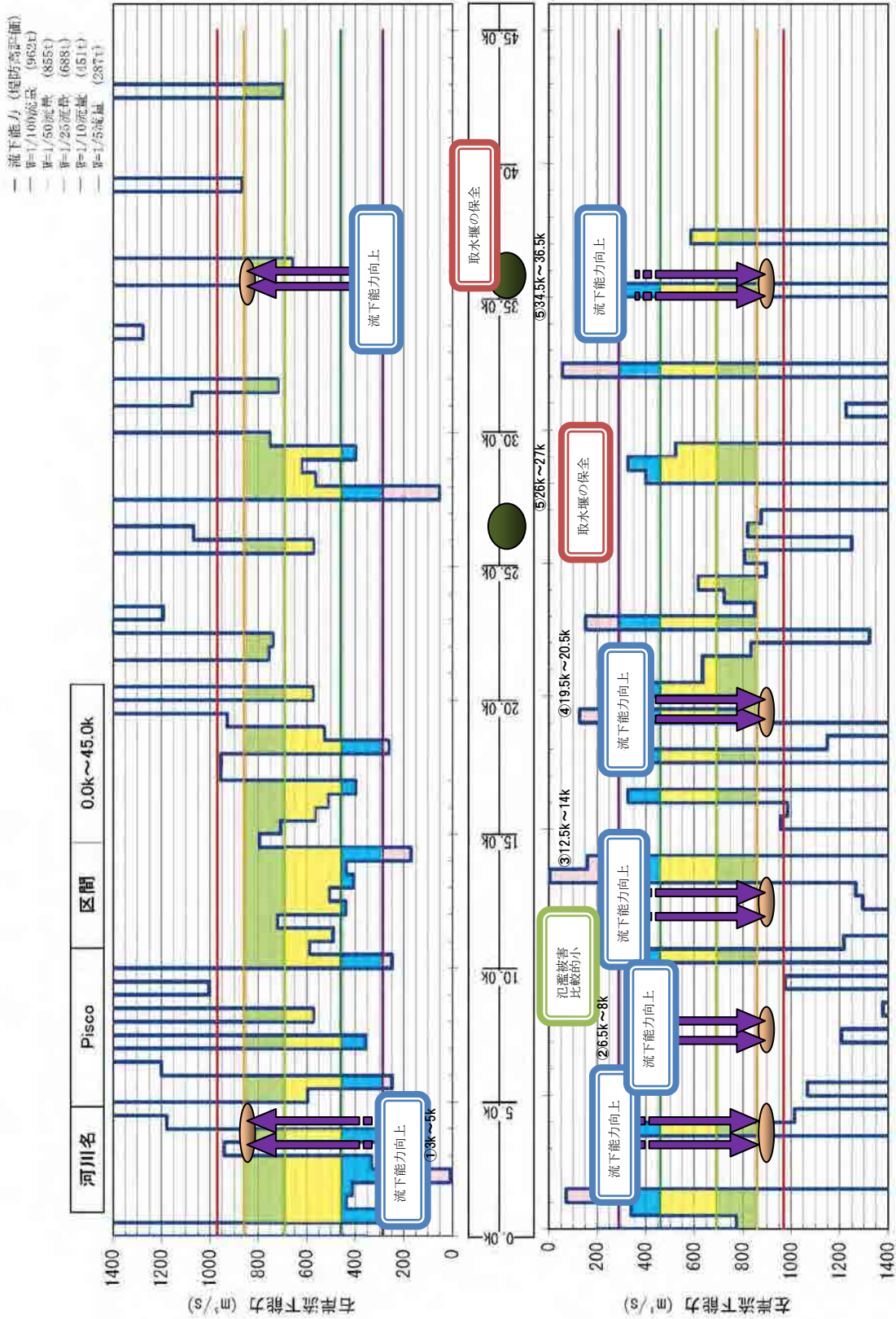


図-4.3.1-6 洪水対策施設の効果 (Rio Pisco)

## 4.3.2 非構造物対策

### 4.3.2.1 植林/植生回復

#### (1) 基本方針

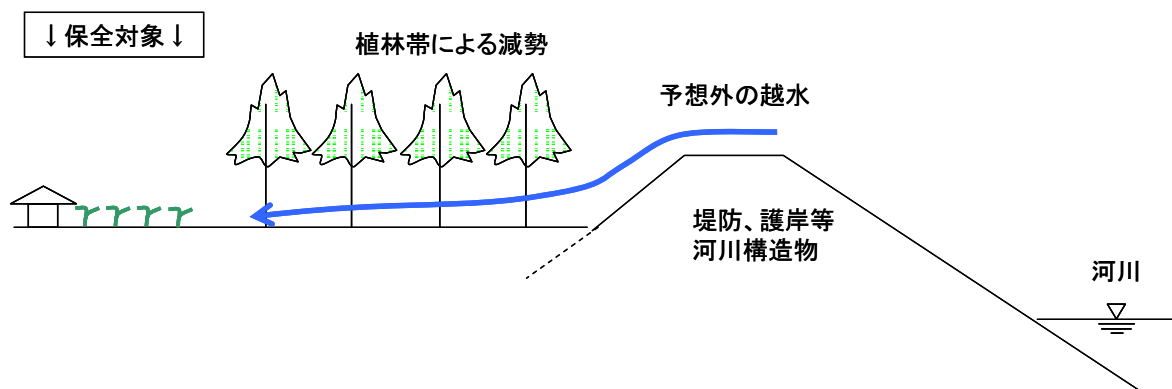
本事業の目的に合致した植林/植栽計画としては、i)河川構造物沿いの植林と ii)上流域における植林に分類できる。前者は洪水防止に直接的効果があり、短期的に効果が発現する。後者については後述する 4.14 中・長期計画、4.14.2 植林・植生計画に述べるように、多大の事業費と実施期間を必要とし、本プロジェクトで実施する事が困難なのでここでは i) について検討する。

#### (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。

- (i) 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。
- (ii) 植林方法: 河川構造物の堤内地寄りに一定幅の植林帯を造成する。
- (iii) 工事方法: 堤防等の河川構造物工事の一部として植栽を実施する。植栽工事は河川構造物建設業者が実施する。理由は次の 2 点である。1)植栽直後の枯損に対する補植など植栽木の活着を確実にすること、2)植栽時期が堤防の完成と連動するため同一業者の方が適当であること。
- (iv) 植栽後のメンテナンス: 関係する水利組合が自主的に実施する。これまでに実施されている事業の例から次の 2 点を水利組合と DGIH が次の項目を含む覚書(レセプションレター) を交わすことが通例である。1)植栽木の所有権は水利組合にあり、かつ、2)植栽された樹木の維持管理費を水利組合が 100%負担すること。したがって、植栽木は私的財産ではなく、水利組合全体の共有物となる。
- (v) 計画箇所: 植林の目的が予想外の越水被害を緩和することが目的であることから、堤防等河川構造物の保全対象側に植林する。堤防等がない箇所に植林をすると、植栽木が洪水の直接的な影響を受けて倒壊し、流木となって橋の閉塞等、二次被害を発生させる危険性が高いためである。また堤防等の無い部分の延長が非常に長く用地費・工事費が増加する。





(出典：JICA 調査団)

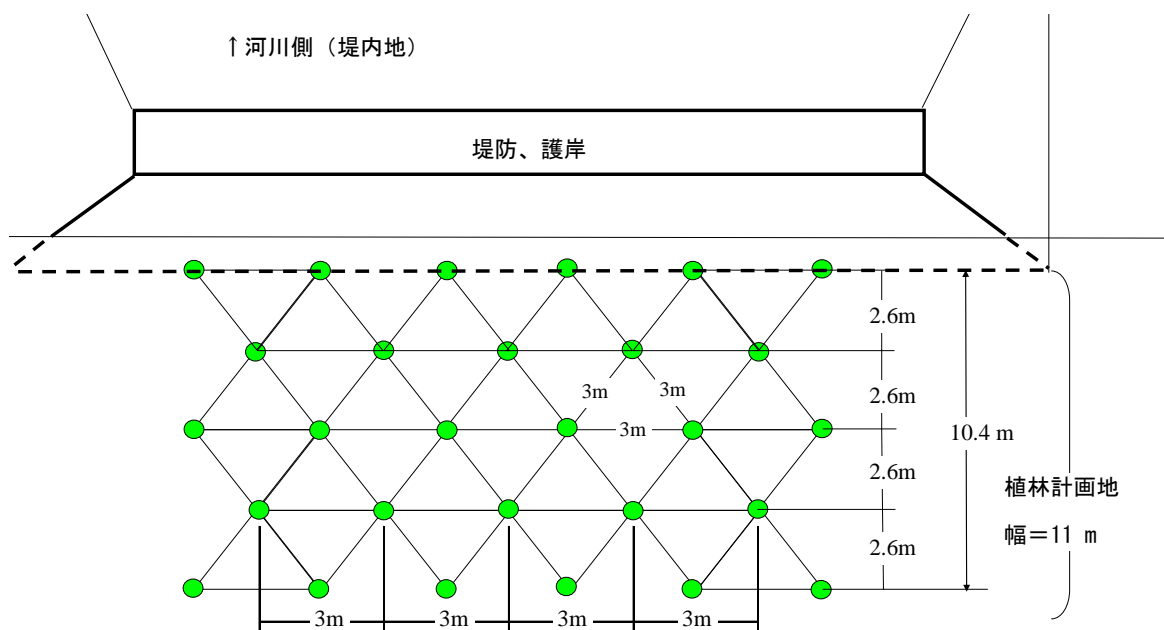
図-4.3.2.1-1 河川構造物沿いの植林 概念図

### (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」国における一般的な植栽配置は正三角形の植栽配置である。本計画でもこれを使用し、植栽木の間隔を 3m とする。3m 間隔で植栽木を配置した場合、堤防と直角方向の植栽幅は約 2.6m、千鳥配置にすればそれは半分の 1.3m となる。植栽間隔が 1.3m であれば、直径 1m の石が堤防を越えた場合でも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。これから、植栽幅は 10.4m と計算され、余幅をとって 11m と計画した。



(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

植栽する樹種の選定のため、以下の樹種リストを作成した。

- ・ 生産可能樹種（苗木生産業者情報）：表-4.3.2.1-1
- ・ 現地調査で確認できた樹種：表-4.3.2.1-2

これらの樹種リストから河川構造物沿いの植林に適した樹種を選定した。以下の評価項目を用いて樹種を評価し、総合的に判断して選定した。選定基準は表-4.3.2.1-4、選定結果の詳細は表-4.3.2.1-3 に示した。

（選定のための評価項目）

- 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）

**表-4.3.2.1-1 生産可能苗木樹種リスト**

植栽流域	生産業者	苗木生産場所	通常生産されている樹種	時々生産されている樹種
ピスコ	AGRORURAL	リマ	マツ、モイェ、ユーカリ、ワランゴ( <i>Prosopis limensis</i> )	シプレス、タラ
	フォモ	リマ	タラ、モイェ、ワランゴ( <i>Prosopis limensis</i> )	—
	アグリメックス	イカ	アリソ、アルガローボ、カニヤ、タマリックス、バンブ、マツ、モクマオウ、ユーカリ	—

（出典：苗木生産業者<sup>1</sup>からの聞き取り）

**表-4.3.2.1-2 現地調査で確認された樹種リスト（河川沿い）**

植栽計画地	樹種	特性等
ピスコ	ワランゴ ( <i>Prosopis limensis</i> )	植栽実績あり。イカ州カンサスにおける植林事業計画で採用されている。
	アロモ	

（出展：JICA 調査団）

<sup>1</sup> Appendix 7-表 1 苗木生産業者リスト参照。

表-4.3.2.1-3 植栽樹種選定結果 (詳細)

流域	樹種	選択基準との適合度						備考
		1	2	3	4	5	判定	
ピスコ流域	アリソ	C	B	A	C	A	×	どちらかという高地特性有 南部ではワランゴ ( <i>Prosopis limensis</i> ) を採用 草本 高地特性があると言われている 高地特性があると言われている 北部では適性あるが南部では不明 近年、果実の有用性が見直され、 栽培されるようになった 植林実績不明 高地特性があると言われている 根系が深いといわれている 河川沿いの環境への適性は高い 河川沿いの環境への適性は高い 海岸に近いところ、乾燥地に適性が高い
	アルガローボ	B	A	C	B	A	×	
	カニャ (カリソ)	A	C	B	B	A	×	
	ケニューア	C	C	B	C	A	×	
	コイエ	C	D	D	B	A	×	
	タマリックス	B	A	B	B	B	×	
	タラ	D	A	A	B	A	△	
	バンブ	A	A	B	B	A	○	
	マツ	B	D	B	B	B	△	
	モイエ	B	A	B	B	A	○	
	モクマオウ	A	B	C	B	B	○	
	ユーカリ	A	B	B	A	B	◎	
	ワランゴ ( <i>Prosopis limensis</i> )	A	A	D	A	A	◎	

◎：採用する、○：採用候補、△：採用候補ではあるがあまり好ましくない、×：採用しない

(出展：苗木生産業者への聞き取りを元に JICA 調査団により作成)

樹種選定の評価項目のうち、1：現地における適性、2：苗木生実績、の2点を重視し、3：利用、4：地元の要望、5：郷土種は参考にした。評価基準を表-4.3.2.1-4 に示す。

表-4.3.2.1-4 樹種選定の評価基準

評価点	評価項目				
	1：現地における適性	2：苗木生産実績	3：利用	4：地元の要望	5：郷土種
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)

評価の結果、選定された樹種は、表-4.3.2.1-5 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-4.3.2.1-5 選定した樹種

ピスコ流域	：ユーカリ (◎)、ワランゴ (○)、モクマオウ (○)
-------	------------------------------

(出典：JICA 調査団)

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」国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) 計画数量

河川沿いに計画される、護岸工、堤防、遊砂地において前述(a)、(b)に述べたような配置計画・樹種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ところ以外の場所に流水や土砂等の減勢効果に期待して植栽する。除石・除砂の際若干支障があるが、遊水や遊砂の効果は期待できる。

流域別の植林/植生回復数量は表-4.3.2.1-6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-4.3.2.1-6 植林/植生回復計画数量**

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	ラランゴ <sup>o</sup>	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	—	—	—	—
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	1,450	11	1.6	4,736	2,368	1,421	947	4,736
ピスコ 流域 計		5,950		6.6	19,536	9,768	5,862	3,906	19,536

(出典：JICA 調査団)

それぞれの河川構造物における樹種別割合とその理由は表-4.3.2.1-7に示すとおりである。

**表-4.3.2.1-7 植林計画地別・樹種別本数割合**

番号	植栽樹種内訳(割合)			備考
	ユーカリ	モクマオウ	ラランゴ <sup>o</sup>	
Pi-1	5	2	3	ユーカリを主、ラランゴ <sup>o</sup> をとする。 ラランゴ <sup>o</sup> は郷土種であり、計画地の気象条件に適性があると考え、モクマオウよりも優先する。
Pi-3	5	2	3	
Pi-4	5	2	3	
Pi-6	5	2	3	

(出典：JICA 調査団) 4)

### 4) 計画位置、施工計画

河川構造物の植林/植生回復計画位置はそれぞれの構造物の配置と同じである。なお、植林/植生回復計画は河川構造物の施工が完了したのちに実施する。

### (4) 計画事業費

#### (a)植林/植生回復工事単価

植林/植栽計画の直接工事費は以下の項目から構成される。

- ・ 苗木単価 (苗木単価+運搬費)
- ・ 植栽労務費

- ・直接経費（諸道具費用：植栽労務費の5%）

#### (b)苗木単価

苗木の供給者は AGRRORURAL と民間業者に区分できる。チンチャ流域の上流における植林は AGRRORURAL から購入する計画とする。河川構造物沿いの植林用苗木単価を表-4.3.2.1-8 に示す。数社の民間業者へ苗木の値段、輸送費をヒアリングし、その平均値を用いている。（苗木単価の詳細情報は Appendix 7-表 2 参照）。

表-4.3.2.1-8 苗木単価（河川構造物沿い植林）

#### (c)植栽労務費

#### (d)直接経費

直接経費として諸道具購入費として、植栽穴を掘る道具、苗木受け渡し場所から植栽箇所までの小運搬用道具を購入する費用として、植栽費用の5%を計上する。

#### (e) 河川構造物沿いの植林/植生回復工事費算出

河川沿い植林/植生回復計画工事費は表-4.3.2.1-9 に示すとおりである。

河川構造物沿いの植林を実施するのは河川構造物等施工を受注した施工会社である。したがって、一般建設工事と同様に直接工事費の88%を間接費として計上した。なお用地取得は堤防用地と同時に行い、別途計上する。

表-4.3.2.1-9 植林工事費（河川構造物沿い植林）

### (5)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。通常は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。しかし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。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い。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。

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	浸食防止→護岸工 河床変動防止→床固工、帯工 (扇頂部での床固工、帯工)	浸食防止→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

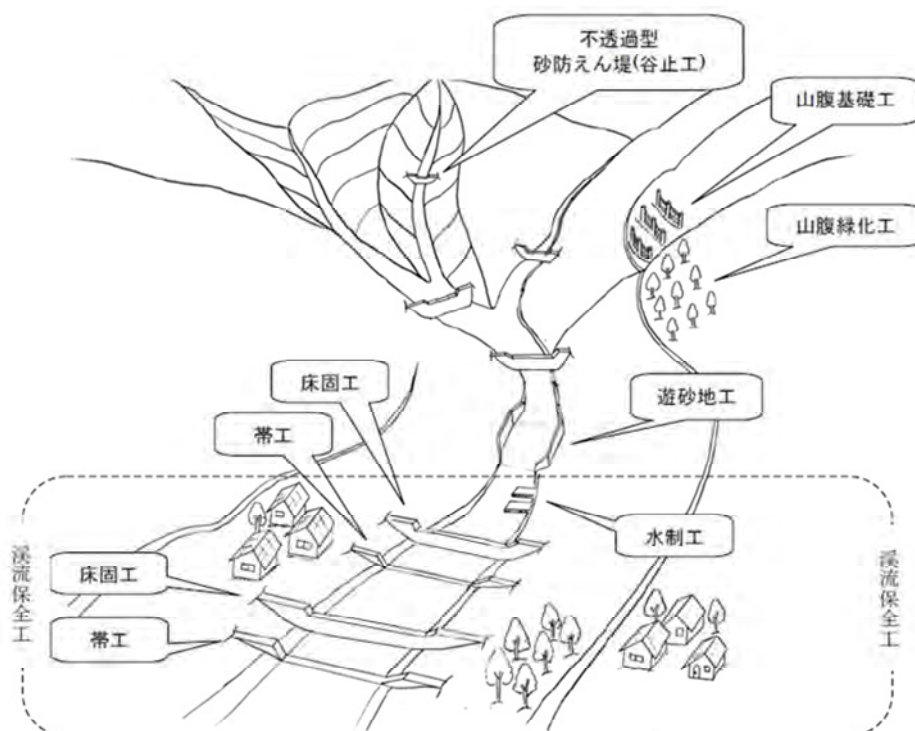


図-4.3.2.2-1 土砂制御対策

### 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 4.14 中・長期計画、4.14.3 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。平均河床高は将来 50 年における各対象区間の平均的な河床変動高を表している。ピスコ川流域は平均河床高が上昇しており、基本的に土砂上昇傾向の河川と推測される。総流入土砂量、総河床変動量も大きい。土砂災害は突発的な時期に局所的に発生するため、河道の変化をモニタリングしながら必要に応じた河道維持対策を全河川において検討する必要がある。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、扇状地での土砂制御計画を実施することが望ましい。

総流入土砂量 (千 m <sup>3</sup> )	8658
年平均流入土砂量 (千 m <sup>3</sup> )	173
総河床変動量 (千 m <sup>3</sup> )	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

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

#### (2) 対象地域

本事業対象流域である 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の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者、現地住民などを想定する。

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

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

#### (4) 活動内容

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

##### 1) 活動 1「河岸保護活動および農業・自然環境の知識に係る研修」

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



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

2) 活動2「洪水被害に対するコミュニティ防災計画策定に係る研修」

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

3) 活動3「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」

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

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

(5) 直接費用および実施期間

上記活動にかかる直接費用は、下表のとおりである。事業費総額は、ソレスを見込む。なお直接費用単価の内訳は Annex- 12 付属 No.05 流域別事業額に示す通りである。

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**

本事業は SNIP においてはコンポーネント A (構造物対策、植林、土砂制御) とコンポーネント B (技術支援；防災教育/能力開発防災) に分けられており、A と B は同時並行的に実施される。コンポーネント B についても工業者に発注され、コンサルタントおよび実施機関の計画・管理のもとで実施されるのが一般的である。工業者自身が実施するのが困難な場合は独自に適切なコンサルタントに外注して行う事になる。従って入札図書の仕事仕様書に工業者の責務を詳細に規定する必要がある。

(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中央管理局 (OGA-MINAG) が、農業省水インフラ局 (DGIH-MINAG)、州政府農業局 (DRA)、ペルー国家防災庁 (INDECI)、水利組合など各流域の関連諸機関と連携して中心的な役割を担う。円滑な事業活動を実現するため、下記のような業務担当に留意する必要がある。

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

##### 1) 構造物対策事業費

###### i) 建設費

① 直接工事費 (植林費、環境対策費、防災教育/能力開発、補償工事費を含む)

② 諸経費 = ① x 15%

③ 利益 = ① x 10%

④ 工事費 = ① + ② + ③

⑤ 税金 = ④ x 18% ( I G V )

⑥ 建設費 = ④ + ⑤

###### ii) コンサルタント費 (構造物、植林、環境対策および防災教育/能力開発)

⑦ 詳細設計費

⑧ 施工管理費

⑨ コンサルタント費 = ⑦ + ⑧

1) 構造物対策事業費 = ⑥ + ⑨

##### 2) 用地取得費

##### 3) 事業実施機関管理費

総事業費 = 1) + 2) + 3)

#### (2) 直接工事費

直接工事費は 2011 年 8 月 1 日現在の労務費、材料費および機械費より各工事種別の単価を積算し、これに工事数量を乗じて算出した。

##### 1) 労務費

コストと予算誌 (Revista Costos y Presupuesto) より表-4.4.1-1 に示す。

##### 2) 材料費

主要な材料費を表-4.4.1-2 に示す

##### 3) 機械費

主要な機械についての時間あたりレンタル費用を表-4.4.1-3 に示す。

##### 4) 工事数量

本調査における各施設における工事種別毎の工事数量は表-4.4.1-4 に示すとおりである。

工事数量の詳細は Annex-8 施設計画/設計の数量計算書を参照のこと

##### 5) 工事単価

上記の各費用より工事種別毎の単価を積算した。工事単価積算の結果を表-4.4.1-5 に示す。

工事単価積算の詳細は Annex-9 施工計画/積算、3. 積算を参照のこと。

工事単価および工事数量より直接工事費を算出すると表-4.4.1-6 に示す通りとなる。

#### (3) 構造物対策事業費

構造物対策事業費は表-4.4.1-12 に示すとおりである。表-4.4.1-12 におけるコンサルタント費の詳細設計費、および施工管理費の合計値の内訳はそれぞれ表-4.4.1-7~表-4.4.1-8 に示すとおりである。コンサルタント費の積算は Annex-14 有償資金協力事業実施計画、巻末資料-1 Terms of Reference に基づいて行われている。

#### (4) 用地取得費および補償工事費

用地取得費および補償工事費は表-4.4.1-9 および表-4.4.1-10 に示すとおりである。詳細については Annex-9 施工計画/積算、4. 補償を参照のこと。

#### (5) 事業実施機関管理費

事業実施機関管理費は表-4.4.1-11 に示すとおりである。

(6) 総事業費

総事業費を算出すると表-4.4.1-12 に示すとおりとなる。

(7) 維持管理費

事業完了後の維持管理費は表-4.4.1-14 に示すとおりである。(Annex-9, 施工計画/積算参照)。

表-4.4.1-1 労務費単価 (1)

表-4.4.1-1 労務費単価 (2)

表-4.4.1-2 主要な材料単価

表-4.4.1-3 主要な建設機械単価

表-4.4.1-4 工事数量

PARTIDA (工種名)	単位	METRADOS (数量)
		PISCO
<b>1.0 仮設工事</b>		
1.1 仮設現場事務所	M2	530
1.2 工事看板	一式	6
1.3 仮設路	KM	13
1.4 重機運搬	一式	1
<b>2.0 準備工事</b>		
2.1 墨・レベルだし	M	16,020
2.2 測量管理	M	16,020
2.3 重機運搬	一式	5
2.4 既存コンクリート構造物の取り壊し	M3	
2.5 河床掘削	M3	
2.6 残土処分	M3	
<b>3.0 土工事</b>		
3.1 河床掘削	M3	641,708
3.2 埋め戻し用の土の運搬	M3	203,197
3.3 築堤&転圧	M3	344,392
3.4 護岸工爪掘削	M3	200,055
3.5 堤防法面仕上げ	M2	77,898
3.6 残土処分	M3	555,648
3.7 河床掘削 (構造物用)	M3	
<b>4.0 護岸工</b>		
4.1 爆発物を使用し岩の切り出し	M3	231,922

4.2	巨石の集積	M3	231,922
4.3	巨石の運搬	M3	231,922
4.4	護岸工	M3	61,875
4.5	巨石の設置 (爪部)	M3	170,047
4.6	GEOTEXTILE シーとの供給と設置	M2	167,830

表-4.4.1-5 工事単価の積算 (ピスコ川 Pi-1 の例)

表-4.4.1-6 直接工事費 (民間価格および社会価格)

表-4.4.1-7 コンサルタント詳細設計費 (4 流域合計)

表-4.4.1-8 コンサルタント施工管理費 (4 流域合計)

表-4.4.1-9 用地取得費

表-4.4.1-10 補償工事費(直接工事費)

表-4.4.1-11 事業実施機関管理費 (4 流域合計)

表-4.4.1-12 総事業費 (民間価格)

表-4.4.1-13 総事業費 (社会価格)

表-4.4.1-14 年間維持管理費

#### 4.4.2 コストの算出（社会価格）

社会価格における直接工事費は前出の表-4.4.1-6 に示すとおりである。コンサルタント費、用地取得費、補償工事費および実施機関管理費の民間価格を社会価格に変換し、総事業費を算出すると表-4.4.1-13 に示すとおりとなる。

社会価格は、民間価格（労務費、資材費、機械費等）に標準変換係数（SCF）を乗じて算出する。

標準変換係数（SCF）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民間価格の比率である。国内で調達された財やサービスに標準変換係数 SCF を適用して社会価格に変換する。本調査では「ペ」国で利用されているガイドライン（Guideline of the National Public Investment System (Directorial Resolution No. 003-2011-EF/68.01, Annex SNIP 10-V3.1)）に基づき算定する。SCFは経済財政省（MEF）により表-4.4.2-1 のように指定されている。

**表-4.4.2-1 社会価格への標準変換係数（MEF：経済財政省）  
 社会価格変換用計数表（2011年3月・MEF参照）**

記述	係数
国家資産	0.85
輸入財	0.92
輸入財に対する間接的な税金 <sup>1</sup>	
関税率	0.12
一般販売税	0.18
外貨	1.08
燃料	0.66
間接費用(労務費・ファイナンスコスト)	0.85
コンサルタントサービス(詳細設計・施工管理)	
法人	0.85
個人(自然人)	0.91
有資格労働者	0.91
無資格労働者	0.68
首都圏リマ	0,86
海岸部・都市部	0,68
海岸部・農村部	0,57
山間部・都市部	0,60
山間部・農村部	0,41
ジャングル地域・都市部	0,63
ジャングル地域・農村部	0,49
人件費・間接費用 <sup>2</sup>	
非個人の第4カテゴリー課税率(10%)	0.91

1- 税金の平均値に対して適用される。

2- 給与受領書で給与される労働者のみが無資格労働者とみなされる。

一例として対策工事費について民間価格から社会価格に変換した過程を表 4.4.2-2 に示す。他の費目についての変換過程は Annex-10 社会経済調査/経済分析、添付資料-3 に示すとおりである。

**表-4.4.2-2 対策工直接工事費の民間価格から社会価格への変換**

## 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」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。
- ② 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額を算出する。
- 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 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</li> <li>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</li> <li>資産額に水深に応じた被害率を乗じて算出。</li> <li>家屋：居住用及び事業所用の建物</li> <li>家庭用品：家具・家電製品・衣類・自動車等</li> <li>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。</li> <li>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」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

確率規模別想定洪水被害額の計算を行った。想定被害額の計算例を表-4.5.1-2 に示す。なお、詳細については I-7 データブックを参照のこと。

**表-4.5.1-2 想定洪水被害額の計算（民間価格）（ピスコ川）**

(千ソレス)

被害項目	T=50 years	
	事業を実施しない場合	事業を実施した場合
農作物被害	25,230	5,349
水利構造物への被害	12,757	1,442
道路被害	11,560	1,689
家屋被害	16,945	478
公共施設被害	4,548	129
公共サービス被害	10,470	22
<b>TOTAL</b>	<b>81,510</b>	<b>9,108</b>

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-4.5.1-3 に示す。

**表-4.5.1-3 想定洪水被害額（民間価格）**

(千ソレス)

Caso ケース	t	Precios Privados / 民間価格
		Pisco
Sin Proyecto 事業を実施 しない場合	2	16,668
	5	23,343
	10	50,239
	25	59,936
	50	81,510
	Total	231,698
Con Proyecto 事業を実施 した場合	2	221
	5	302
	10	2,756
	25	6,595
	50	9,108
	Total	18,982

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-4.5.1-4 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-4.5.1-5 に示す。

**表-4.5.1-5 年平均被害軽減期待額（民間価格）**

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retomo	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S/.)			区間平均被害額 Promedio de Daños	区間確率 Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 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	事業を実施した場合	軽減額				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
	1	1.000	0	0	0		0	0	
PISCO	2	0.500	16,668	221	16,447	8,224	0.500	4,112	4,112
	5	0.200	23,343	302	23,041	19,745	0.300	5,924	10,036
	10	0.100	50,239	2,756	47,483	35,263	0.100	3,526	13,562
	25	0.040	59,936	6,595	53,341	50,412	0.060	3,025	16,587
	50	0.020	81,510	9,108	72,402	62,872	0.020	1,257	17,844

**(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性を検討することである。社会評価の手法としては費用便益比、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-4.5.1-6 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 2013～2027 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
- 2013～2014 年：建設
- 2013～2027 年：評価対象期間

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。

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。SCF は経済財政省 (MEF) により前出の表-4.4.2-1 のように指定されている。

iii) その他の前提条件

価格水準：2011 年

社会的割引率：10% (SNIP 規定による)

年間維持管理費：別途積算

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-4.5.1-7 に民間価格における B/C、NPV、IRR の計算結果を示す。

**表-4.5.1-7 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (民間価格)**

ピスコ川の社会評価の計算例(民間価格)を表-4.5.1-8 に示す。

**表-4.5.1-8 社会評価の計算 (民間価格) (ピスコ川)**

**表-4.5.1-9 社会評価の計算 (社会価格) (ピスコ川)**

## 4.5.2 社会価格

### (1) 便益

#### 1) 確率規模別想定被害額

想定被害額の計算例を表-4.5.2-1 に示す。なお、詳細についてはI-7 データブックを参照のこと。

**表-4.5.2-1 想定洪水被害額の計算（社会価格）（ピスコ川）**

(千ソレス)

被害項目	T=50 years	
	事業を実施しない場合	事業を実施した場合
農作物被害	41,768	8,585
水利構造物への被害	10,550	1,192
道路被害	9,133	1,334
家屋被害	14,352	404
公共施設被害	3,853	109
公共サービス被害	8,245	18
<b>TOTAL</b>	<b>87,899</b>	<b>11,643</b>

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）**

(千ソレス)

Caso ケース	t	Precios Sociales / 社会価格
		Pisco
Sin Proyecto 事業を実施 しない場合	2	17,099
	5	22,817
	10	54,702
	25	64,250
	50	87,899
	Total	246,768
Con Proyecto 事業を実施 した場合	2	310
	5	433
	10	3,243
	25	8,543
	50	11,643
	Total	24,172

#### 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）**

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 Promedio de Daños	区間確率 Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 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	事業を実施し た場合	軽減額				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
	1	1.000	0	0	0		0	0	
PISCO	2	0.500	17,099	310	16,789	8,394	0.500	4,197	4,197
	5	0.200	22,817	433	22,384	19,586	0.300	5,876	10,073
	10	0.100	54,702	3,243	51,459	36,922	0.100	3,692	13,765
	25	0.040	64,250	8,543	55,707	53,583	0.060	3,215	16,980
	50	0.020	87,899	11,643	76,256	65,982	0.020	1,320	18,300

**(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）**

ピスコ川の社会評価の計算例(社会価格)を表-4.5.1-9 に示す。

**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**

	Basin	Item	Basic Case	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
				Cost increase 5%	Cost increase 10%	Benefit decrease 5%	Benefit decrease 10%	Disc. rate increase 5%	Disc. rate decrease 5%
PRIVATE PRICE	PISCO	IRR (%)	21%	20%	19%	20%	19%	21%	21%
		B/C	1.74	1.66	1.58	1.65	1.56	1.34	2.33
		NPV(\$)	44,377,936	41,471,590	38,565,243	39,140,315	33,902,693	19,082,579	86,701,555
SOCIAL PRICE	PISCO	IRR (%)	27%	25%	24%	25%	24%	27%	27%
		B/C	2.13	2.04	1.95	2.03	1.92	1.65	2.86
		NPV(\$)	57,079,434	54,657,431	52,235,427	51,707,937	46,336,440	30,344,695	101,432,164

### (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 リスク分析

本プロジェクトを構成する主要洪水対策施設についてリスク分析を行う。

### (1) リスクの定義

4.5.2 社会評価（社会価格）で算出した各流域において NPV を 0 とするコストの増加%および便益の減少%を逆算し、施設建設のリスクの大きさを次のように定義する。

リスク大：コストの増加 0～15%未満または便益の減少 0～15%未満により NPV が 0 となる施設

リスク中：コストの増加 15%以上～30%未満または便益の減少 15%以上～30%未満により NPV が 0 となる施設

リスク小：コストの増加 30%以上または便益の減少 30%以上により NPV が 0 となる施設

(2) リスクの大きさ

各施設について NPV が 0 となるコストの増加%および便益の減少%を計算すると表-4.7-1 に示す通りとなる。

**表-4.7-1 NPV が 0 となるコストの増加%および便益の減少%**



## 4.8 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。分担率については関係機関の協議により決定されるが、本調査では一般的な分担率として中央政府（DGIH）が 80%、地方政府 15%、水利組合 5%と仮定する。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) 事業の収益性

ピスコ川流域における事業の収益性は 4.5 社会評価の結果より十分高く事業の継続性は問題ない。

### (2) 水利組合について

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

各水利組合は複数の灌漑セクターからなっているが、灌漑セクターは灌漑地域の特性（小規模な堰や取水口などの水量のコントロールポイントや二次、または三次の灌漑水路を共有）により分類される灌漑地区を指す。

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

水利組合の主要な業務はつぎのとおりである。

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

### (3) 維持管理能力

ピスコ川流域の水利組合における最近の予算は表-4.8-1 に示すとおりである。

**表-4.8-1 水利組合の事業予算**

(単位 S)

河川	年事業予算			
	2007	2008	2009	2010
ピスコ川	1,648,019.62	1,669,237.35	1,725,290.00	1,425,961.39

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

一方施設建設後に必要となる年間維持管理費は 4.4.1 より表-4.8-2 に示すとおりとなる。2009 年の水利組合の事業費に対する比率および年平均被害軽減額に対する維持管理費の比率も同表に示すとおりである。

2009 年における水利組合の事業予算に対する年維持管理費の比率はピスコ川ではやや高く 22.2% となっている。一方維持管理費の年平均被害軽減額に対する比率は 2.1% となっていて非常に低い。現状における事業費予算に対して本事業の維持管理費の比率は比較的高いが、事業実施後における維持管理費の年平均被害額に対する比率は非常に低くなるので、洪水被害が軽減され収益が上がればその収益より維持管理費を負担することは十分可能と考えられる。

また維持管理の能力については水利組合が重機 (ブルドーザー、エキスカベーター、トレーラー、ダンプトラックなど) を保有し堤防、護岸、灌漑水路の維持・補修を行っている。本事業の洪水対策施設が堤防や堰など水利組合に馴染みの深い施設であるので、農業省や地方政府の技術的支援に基づき十分可能と思われる。

**表-4.8-2 維持管理費の水利組合事業費および被害軽減額に対する比率**

河川名	水利組合年 事業費(千ソ レス)	年維持管理 費(千ソレ ス)	年維持管理 費の比率 (%)	年平均被害軽 減額(千ソレ ス)	年維持管理 費の比率 (%)
	①	②	③=②/①	④	⑤=②/④
ピスコ川	1,725	383	22.2	17,844	2.1

#### (4) 水利組合との協議

今後中央政府 (MINAG) と水利組合の間で次のような項目につき協議を行い、合意書を作成する必要がある。

- ・ 事業費の分担比率
- ・ 洪水対策施設の引き渡し
- ・ 施設の維持管理
- ・ 河川沿い植林の引き渡しおよび維持管理

## 4.9 環境インパクト

### 4.9.1 環境影響評価の手続き

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

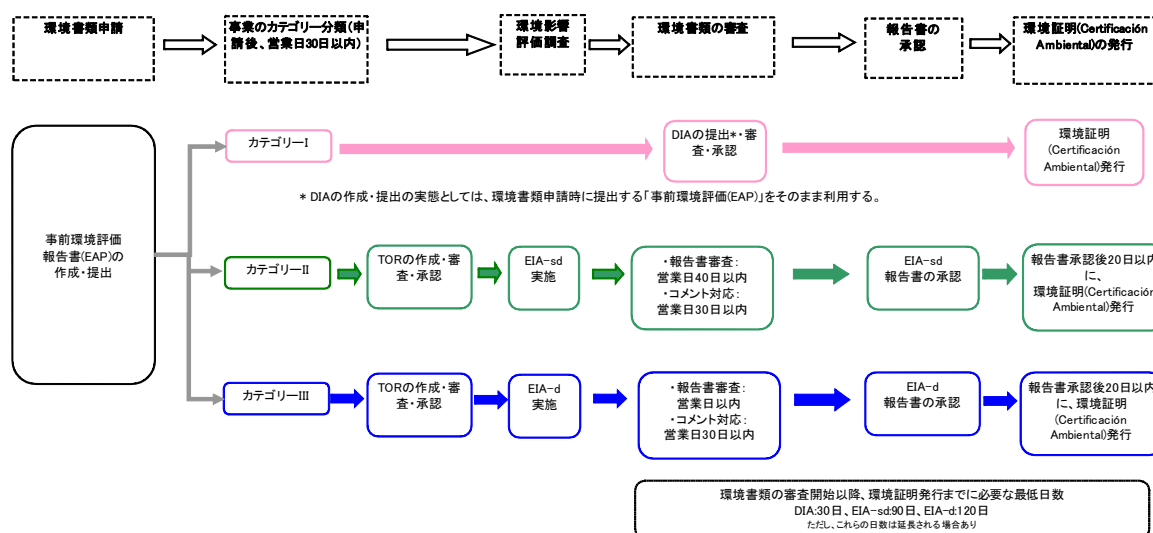
Impacto Ambiental: DIA)」、カテゴリII の事業は「準詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado: EIA-sd)」、カテゴリIII の事業に関しては、「詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental Detallado: EIA-d)」を実施して報告書を作成し、事業管轄省庁の担当部局から承認を得る必要がある。

表 4.9.1-1 環境影響に基づくカテゴリ分類

	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I	環境に軽度の負の影響を与える事業	DIA
カテゴリ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-4.9.1-1 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、事業のカテゴリ分類を行う。カテゴリ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、河道拡幅などである。表-4.9-2 は、ピスコ川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-4.9.1-2 工事実施予定地**

河川名	候補地点	クリティカル・ポイントの特徴	主な保全対象	主要な対策工	施設規模	
Rio Pisco	Pi-1	3.0-5.0 km	農地	築堤護岸	延長 築堤 巨石による護岸工	4,120 m 92,900 m <sup>3</sup> 32,200 m <sup>3</sup>
	Pi-2	6.5-7.9 km			河道掘削、築堤護岸	河道掘削 築堤 巨石による護岸工
	Pi-3	12.4-13.9 km		築堤護岸		延長 築堤 巨石による護岸工
	Pi-4	19.5-20.5 km	農地	築堤護岸	延長 築堤 巨石による護岸工	1,010 m 17,400 m <sup>3</sup> 8,060 m <sup>3</sup>
	Pi-5	25.8-26.4 km			河道掘削、築堤護岸	河道掘削 築堤 巨石による護岸工
	Pi-6	34.5-36.4 km		河道掘削・築堤護岸		河道掘削 築堤(外側) 巨石による護岸工 築堤(内側) 巨石による護岸工

出典：JICA 調査団作成

#### 4.9.2 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-4.9.2-1 は、影響の評価（数値化）に用いた基準である。

**表-4.9.2-1 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-4.9.2-2 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

### 4.9.3 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-4.9.3-2 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-4.9.3-1 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)	河川の氾流・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	工事キャンパの維持管理	労働者の運搬	工事機材及び資材の運搬		
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		
自然環境	大気		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	9	0
		粉塵(PM-10)		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	10	0
		排気ガス		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	11	0
	騒音		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2	0
		騒音		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	3	0
	土壌		N							N	N			5	0
水													1	0	
	肥沃さ		N										3	0	
地形・河川地形													4	0	
	地表水質			N		N	N						3	0	
生物環境			N							N			2	0	
	陸上植物		N							N			4	0	
動物			N							N			2	0	
	水生植物			N	N	N	N		N				5	0	
社会経済環境	社会		N						N	N			3	0	
		生活の質	P								N	N	3	1	
		脆弱性・安全性											0	0	
	経済		P										0	1	
	経済活動人口												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-4.9.3-2 環境影響評価のマトリックス (建設期間) ピスコ川流域

		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)	河川の氾流・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	工事キャンパの維持管理	労働者の運搬	工事機材及び資材の運搬	
環境指標		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	
自然環境	大気	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	0.0	-11.5	-11.5	
	騒音	0.0	-12.0	-12.0	-12.0	-15.0	-15.0	-12.0	-15.0	-15.0	-12.0	-12.0	
	土壌	0.0	-11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.0	-15.0	0.0	0.0	
		安定性	0.0	-11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.0	-15.0	0.0	0.0	
	水	0.0	0.0	-17.5	-18.0	-23.0	0.0	-15.0	0.0	-15.0	0.0	0.0	
地形・河川地形		0.0	0.0	0.0	0.0	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	-9.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
生物環境		0.0	-33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-28.0	0.0	0.0		
	陸上植物	0.0	-24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	0.0	0.0		
動物		0.0	0.0	-14.5	-14.5	-14.5	0.0	-14.5	0.0	0.0	0.0		
	水生植物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
社会経済環境	社会	0.0	-11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.0	-12.0	0.0	0.0		
		生活の質	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-18.0	-18.0		
		脆弱性・安全性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	経済		経済活動人口	20.0	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			

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-4.9.3-3 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	河道拡幅 5	遊水池の設置 6	負の影響	正の影響
			自然環境	大気	粉塵(PM-10)					
排気ガス									0	0
騒音	騒音								0	0
	安定性								0	0
水	地表水質								0	0
	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-4.9.3-4 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 (河道拡幅)	Pi6 (遊水池の設置)	
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
	水	地表水質	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		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-4.9.3-2～4.9.3-4 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。

#### 4.9.4 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浸食を抑え、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-4.9.4-1 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
		地元住民雇用計画	
	経済活動人口	地元住民雇用計画	

出典：JICA 調査団作成



## 4.9.5 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-4.9.5-1 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	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-4.9.5-2 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-25/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-4.9.5-3 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-4.9.5-4 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。

**4.9.6 環境影響管理対策実施コスト**

本事業の環境影響管理対策実施に必要な予算は、表-4.9.6-1 に示す通りである。表内の（1）は、施設毎の環境管理対策費である。それに基づき、流域の費用（2）を算出している。なお、対策1)~7)の費用については、施設毎の工期を Annex-9 施工計画積算表 2.1-1 より算出した施設ごとの延べ工期に基づき算出している。

表-4.9.6-1 環境影響管理対策予算

「ペ」国においては環境対策は全て工事業者が行い、それを実施主体が管理するのが一般的である。本調査においても環境対策費は工事費に計上し、コンサルタントおよび実施主体により計画および管理を行う事とする。

#### 4.9.7 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。調査対象地域の乾期は5～11月と考えられるが、雨期から乾期への遷移期も考慮して実際の工事の実施期間は4～12月とする事が望ましい。ピスコ川においては河川に流水のある増水期と流水が殆どなくなる渇水期があることを考慮に入れる必要がある。

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

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行う必要がある。その後、「用地取得基本法」で規定されているプロセス（政府による用地取得実施の決議発行→土地価格と補償費を所有者に政府が提示→所有者との合意形成→土地価格と補償費の支払い→用地取得完了。なお、政府が提示する金額について所有者と合意形成できない場合は仲裁裁判所に持ち込まれる）を実施し、用地取得を行う。また、特定された土地がコミュニティの土地である場合には、住民との協議により合意を形成する必要がある。

3) 文化遺産保全に係る手続きについては DGIH は FS 調査終了後直ちに CIRA 取得に必要な手続きを行うことにより、事業開始時までに CIRA を取得する必要がある。「ペ」国においては、史跡および文化遺産保全のために、原則として全ての事業実施における「遺跡不在証明 (Certificación de Inexistente de Restos Arqueológicos: CIRA)」を取得することが義務付けられて

いる。CIRA は文化省考古学国家委員会 (Comisión Nacional Técnica de Arqueología) が発行する。CIRA の申請は、事業対象地及び内容の確定後、①申請書、②事業実施地・範囲・内容を表す図面、③申請料金の領収書、④考古学評価の証明書等を、文化省に事業実施主体が提出する。

- 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。

ピスコ川流域における「環境承認」の取得状況については2012年3月現在、ピスコ川流域の事業について「カテゴリーI」に分類された文書が農業省環境総局から DGIH 提出されており、「環境承認」を取得済みである。したがって今後環境影響評価に関する調査は必要がない。

#### 4.10 組織と管理

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

##### 農業省(MINAG)

- プログラム実施の責任官庁は、農業省 (MINAG) であり、案件の形成機関 (UF) および実施機関(UE)となる。プログラムの技術的な管理は水インフラ局(DGIH)が担当する。水インフラ局(DGIH)は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、水インフラ局(DGIH)のプロジェクトの投資前段階におけるプレFS及びFS審査に関する責任部局であり、経済財政省 (MEF) の公共投資局(DGPI)へ承認申請を行う。
- 農業省の総合管理局(OGA-MINAG)は財務省の公債国庫局 (Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público、DGETP(旧 DNEP)) と財務管理を行う。また、農業省の入札、工事発注、契約、調達等の予算執行を行う。
- 環境局(DGAA)は、調査段階においてEIAの審査、承認を行う。

##### 経済財政省(MEF)

- 公共投資局(DGPI)は、FSの承認を行う。また、円借款ローン契約の条件確認と承認を行う。

また、投資段階においては、プロジェクト実施前に技術的なコメントを出す。

- また、財務管理は、財務省の公債国庫局 DGETP(旧 DNEP)と農業省の総合管理局 (OGA-MINAG)が担当する。
- 経済財務省の公債国庫局 DGETP(旧 DNEP)は、投資段階及び投資後の運営段階において支出の管理を行う。

### 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 が担当する予定である。下図にプロジェクト実施段階の各関係機関の構成を示す。

実施機関の PSI は、現在円借款事業を実施しており、本事業においても事業の実施を管理するために、Project Management Unit (PMU) を組織し、また円借プロジェクトの実施に精通した国際コンサルタントを雇用して詳細設計、工事発注、施工管理等を実施する。PMU は、PSI の灌漑施設局 (Irrigation Infrastructure Division) に直結して設置し、その組織は図 - 4-10-4 に示すとおりである。

図-4.10-1 において資金移譲契約および資金管理とは MEF が PSI に事業実施のための資金を与え、この資金を MEF が管理するのに必要な契約である。

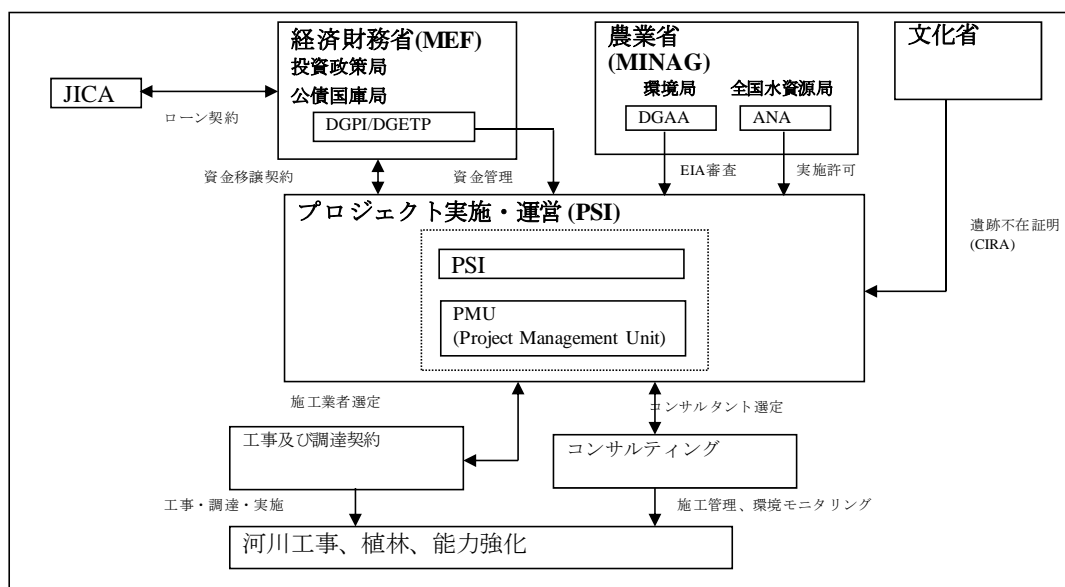


図-4.10-1 プロジェクト実施の関係機関 (事業実施段階)

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

係を下図に示す。

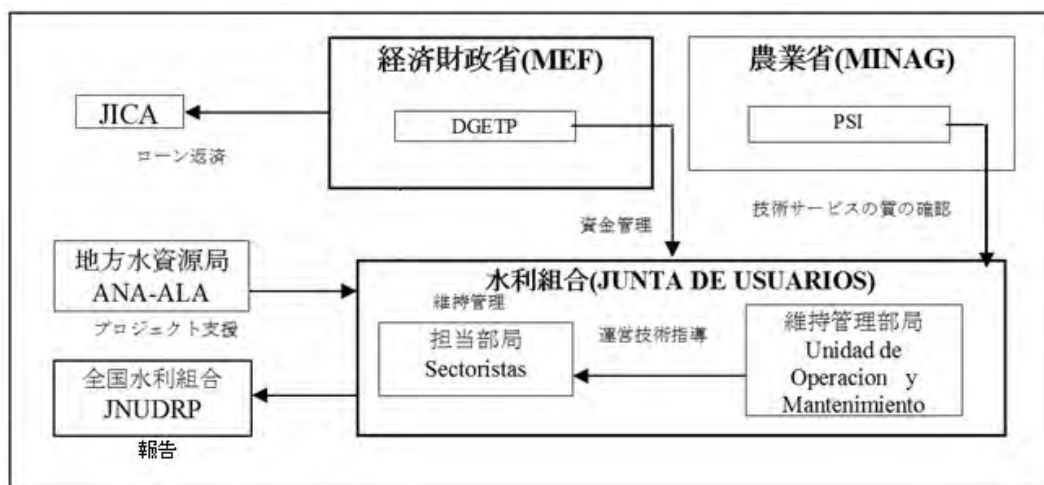


図-4.10-2 プロジェクト実施の関係機関（運営維持管理段階）

## (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 (\$/.)
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 Reconstruction 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。

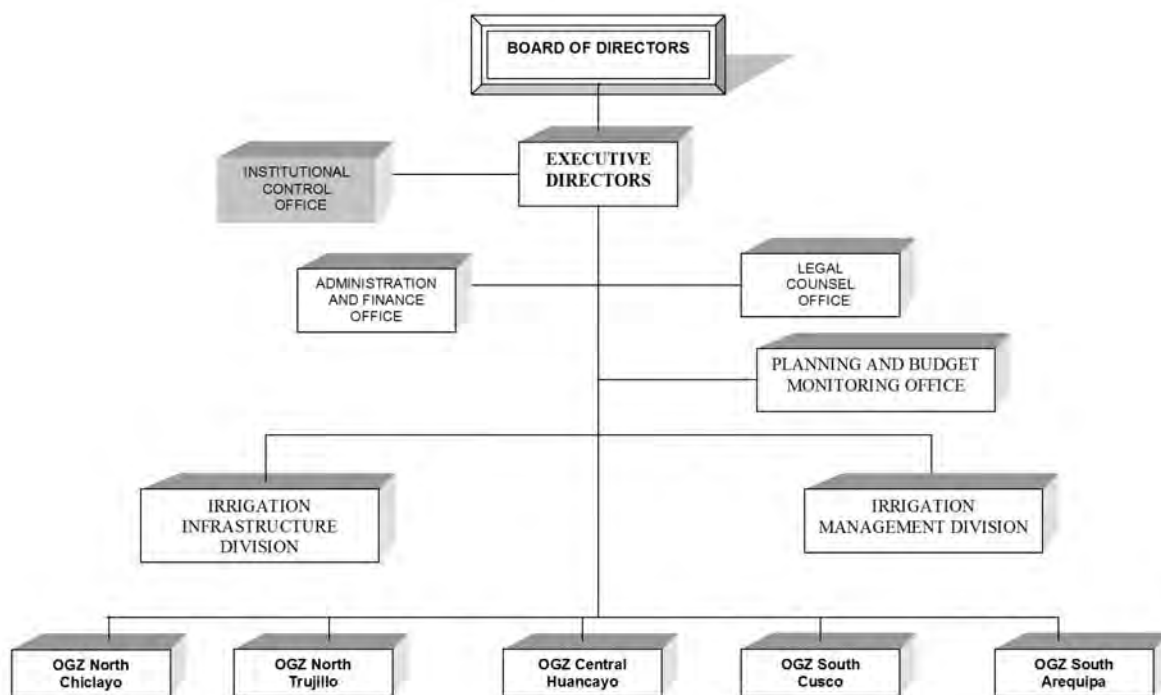


図-4.10-3 PSI の組織

(3) PMU (Project Management Unit) の組織

1) 組織

PSI の灌漑施設局 (Irrigation Infrastructure Division) に直結して PMU を設置する。PMU の組織は図 - 4.10-4 に示すとおりである。

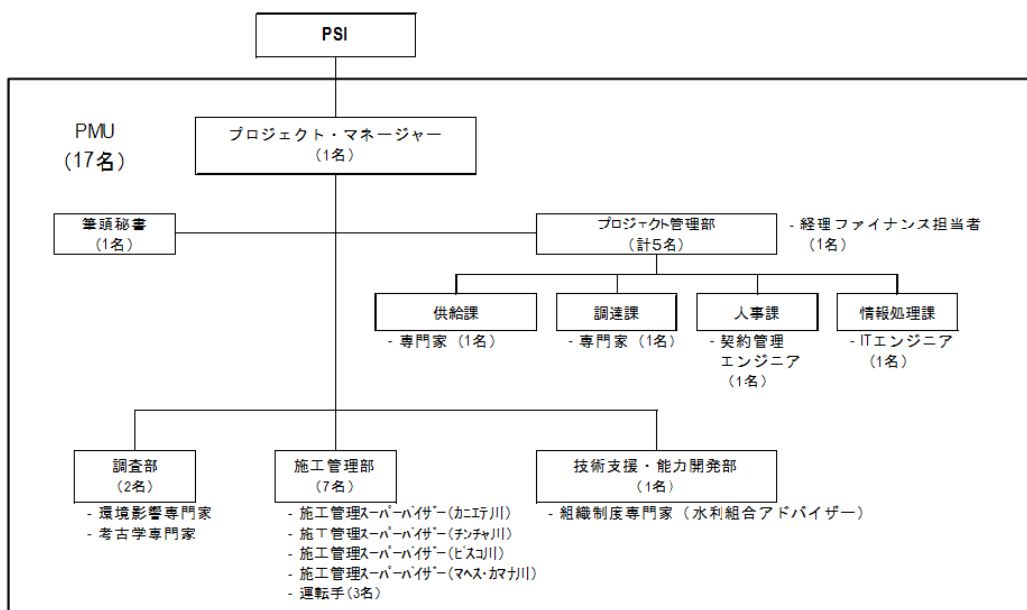


図-4.10-4 PMU の組織



## 2) 主要人員

PMU を構成する主要人員はつぎのとおりである。

- プロジェクト・マネージャー
- 契約管理エンジニア
- 施工管理スーパーバイザーエンジニア 4 名
- IT エンジニア
- プロキュアメント専門家
- 資金運営専門家
- 組織制度専門家 (水利組合アドバイザー)
- 環境影響専門家
- 考古学専門家
- 経理ファイナンス担当者

## 3) コスト

PMU の運営に必要なコストは 4.4.1 表-4.4.1-11 に示すように総額 ソレスを見込んでい  
る。

実施機関 (PSI) に上述する PMU を新たに設置し、別途雇用されるコンサルタントの支援を  
受けて本事業を推進する事は十分可能と思われる。

### 4.11 実施計画

プロジェクトの実施計画では、①プロファイル調査および FS 調査の完成及び SNIP 承認、②  
L/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。

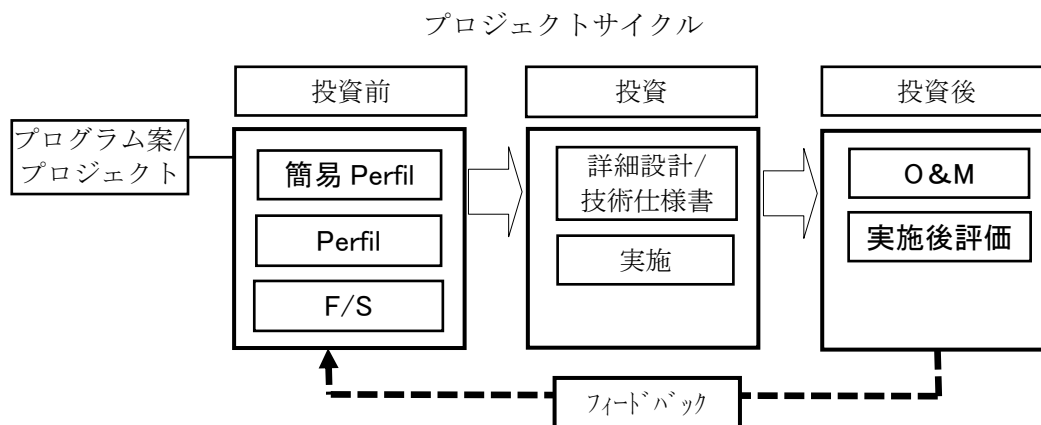
#### (1) 公共投資審査 (SNIP)

「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、ペルファイル調査 (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 2 段階の調査 (以下、プ  
ロファイル調査 (または Perfil)、および F/S) の作成と承認を義務づけている。これは 2011 年 4 月に  
法律の改訂があり (Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública Resolución Directoral N°  
003-2011-EF/68.01 Anexo SNIP 07)、従来必要とされていた中間段階の PreF/S 調査は不要になったが、

プロフィール調査においては二次情報（入手可能な既存の情報）のみでなく測量や環境調査などの現地調査に基づく一次情報に基づく調査が要求されており、改訂の前後で調査段階全体を通じての必要調査精度には殆ど変化がない。

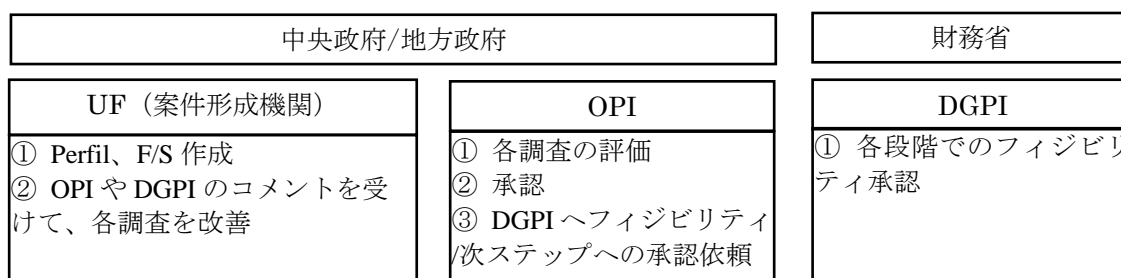


(出典：DGPI)

図-4.11-1 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」）本調査の場合 NINAG, DGIH）が各段階の調査を実施し、MINAG の計画投資室（以下、「OPI」）が UF から提出された各調査を評価、承認し、公共投資局（Dirección General de Política de Inversiones、以下 DGPI=旧 DGPM）に対し、F/S 承認、及び次の調査に進むことにつき承認を依頼する。そして、最終的に 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-4.11-2 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。このコメントに対して DGIH は報告書の修正を行い、2012 年 5 月に OPI に提出した。OPI は DGIH の上記修正報告書を審査してコメントを付して 2012 年 7 月に MEF に送付した。MEF はこのコメントに基づきコメントをつけて 2012 年 10 月 FS 調査の実施について承認した。

## (2) 円借款契約

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

## (3) プロジェクト実施工程

L/A の締結が行われた後、コンサルタントが選定される。コンサルティングサービスは、詳細設計と技術仕様書作成、建設業者選定のアシスト及び工事中の施工管理である。想定した各工程の所要期間以下のとおりである。全体工事工程を表-4.11-1 に示す。(工事の実施期間の詳細は Annex-9 施工計画/積算を参照)。

- 1) コンサルタント選定 10 ヶ月、
- 2) コンサルタントによる詳細設計、技術仕様書作成の作成 6 ヶ月
- 3) 建設業者選定 15 ヶ月
- 4) コンサルタントによる 河川施設および河川構造物沿いの植林の施工管理期間を 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-4.11-1 実施計画**

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

#### (4) 調達方法

##### 1) コンサルタントの雇用

円借款事業におけるコンサルタントの雇用は次の項目に留意して行う事とする。

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

##### 2) 建設業者の調達

建設業者の調達は次の各項目に留意して行う事とする。

- ① 調達の経済性、効率性、調達過程の透明性、非差別性、適格性に留意する。
- ② 借款契約(L/A)および JICA 調達ガイドラインによって規定された手続きに従う。
- ③ 国際競争入札(International Competitive Bidding: ICB)による。
- ④ 入札に先立って入札者が技術的および財務的能力を有するか確認するために事前資格審査 (requalification of Bidder) を実施する。事前資格審査においては a)同種の契約についての経験と実績、 b) 人材、機器およびプラント面での能力、 c)財務状況などが考慮される。

#### 4.12 資金計画

##### (1) 事業費の分担比率

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

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

##### (2) 資金支出計画

総事業費 千ソレスに対して JICA よりの円借款金額は US\$( 千ソレス)を差し引いた 千ソレスが事業実施に際して「ペ」国側が負担すべきカウンターファンドとなる。カウンターファンドの中央政府、州政府および水利組合の負担金額は表-4.12-1 に示すとおりとなる。なお州政府および水利組合分担金は流域別事業費の比率で配分した。

表-4.12-1 事業実施時における資金支出計画

### (3) 資金返済計画

JICA による円借款金額の返済も金利を含めて (1) に示す分担比率で返済されることになるが、返済の条件は L.A.(Loan Agrrement)により決定されるが、概ね表-4.12-2 に示すようになるものと思われる。

表-4.12-2 円借款貸付金の返済条件

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

### 4.13 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-4.13-1 に示すとおりである。

表-4.131 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与
<b>結果</b>			
氾濫ヶ所および面積の減少、取水堰機能の改善、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、河岸侵食の状況	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、等23の構造物対策の建設	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(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
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>			
プロジェクトマネージメント	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

#### 4.14 インパクト評価の基準 (Línea de Base para evaluación de impacto)

プロジェクトのインパクト評価の指標としては次のような項目がある。

- ・発生洪水流量の規模
- ・氾濫面積
- ・洪水被害
- ・環境影響
- ・維持管理費

##### 1) 発生洪水流量の規模

被害を生じた洪水について、当該流域における降雨観測記録および流量観測記録などから

発生した洪水流量を推定する。本調査において各流域における確率洪水流量を算定している  
ので、これより実際の洪水流量の生起確率を推定し、この洪水が流域に与えたインパクトを  
評価する。

#### 2) 氾濫面積

実際の洪水によって発生した氾濫の範囲を地形図または衛星画像の上にプロットし、各洪  
水対策施設位置における概略の氾濫面積を推定する。本調査において各施設の確率洪水流量  
に応じた氾濫面積を推定しているため、この面積と実際の氾濫面積を比較することにより、  
実際の氾濫が流域に与えたインパクトを評価する。

#### 3) 洪水被害額

実際の洪水によって生じた洪水被害額（農作物、農地流失、住宅浸水、灌漑施設、灌漑用  
水の取水不能、道路交通の途絶など直接、間接の被害）を推計し、本調査で推定している確  
率洪水規模ごとの洪水被害額と比較して、実際の洪水被害が流域に与えたインパクトを評価  
する。

#### 4) 環境影響

本プロジェクトの維持管理段階において、本調査の開始段階と同様の手法で環境影響評価  
を定期的に行い、計画段階と実際の環境影響評価を比較し、本プロジェクトの環境影響イン  
パクトを評価する。

#### 5) 維持管理費

本プロジェクトの年間維持管理費は建設費の0.5%と仮定しているが、維持管理を担当する  
水利組合などで実際に必要とした費用を経年的に集計し、モニタリングすることにより実際  
に要した維持管理費の本プロジェクトに与えたインパクトを評価する。

### 4.15 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。

#### 4.15.1 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年確率規模の洪水流量をダムによりピークカットして10年確率規模  
の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では5.8百万 $m^3$ 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年規模の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年規模の洪水が流下する時の水位とし、現況河道に堤防標準断面(4.3.1、(5)、3)参照)を適用して算出した。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-4.15.1-1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年規模の洪水流下時の水位+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年規模の洪水流下水位とし、外側の堤防天端高は確率50年規模の洪水流下時の水位+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。



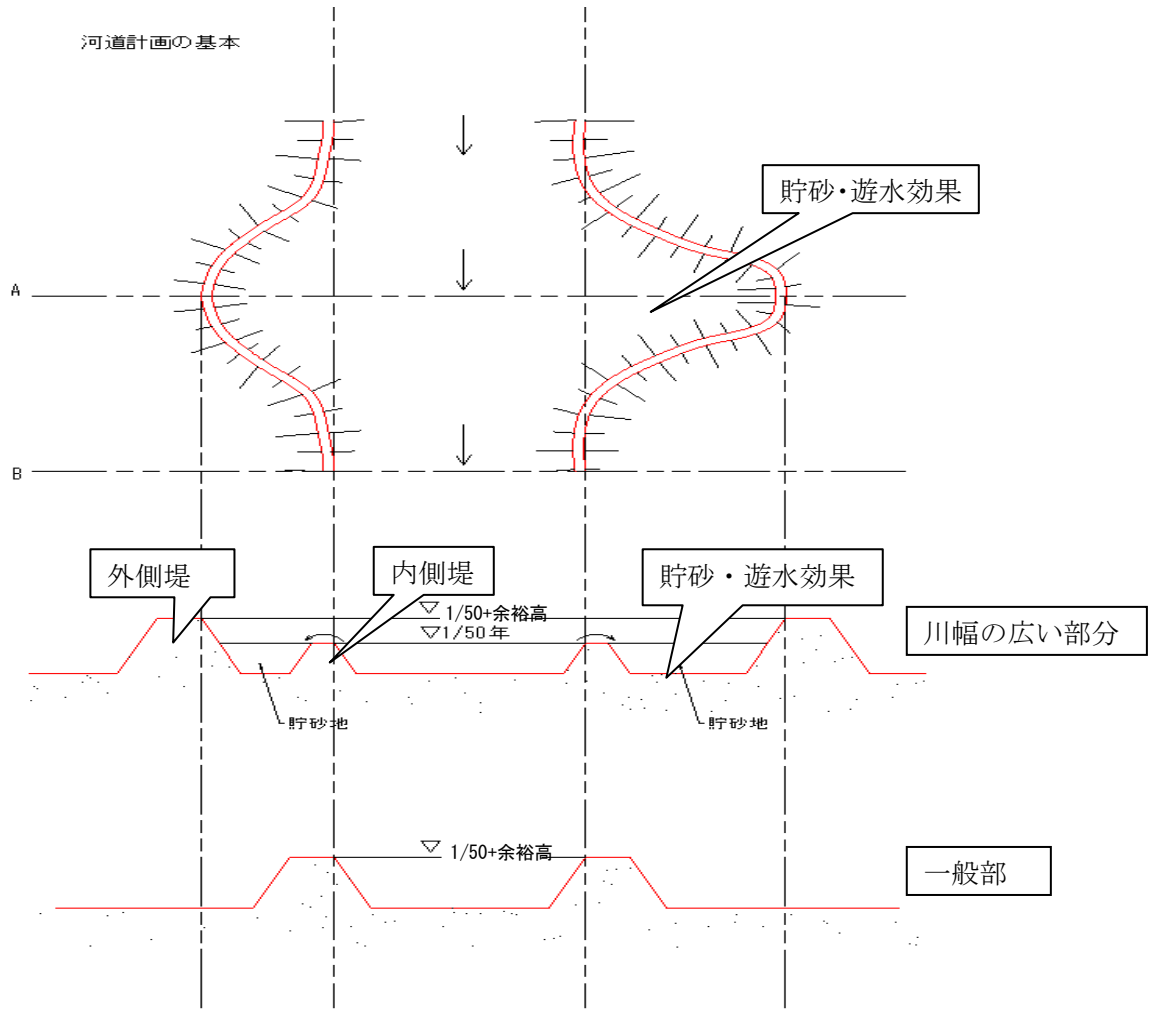


図-4.15.1-1 堤防法線の決定

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-4.15.1-2 および図-4.15.1-3 に示すとおりである。

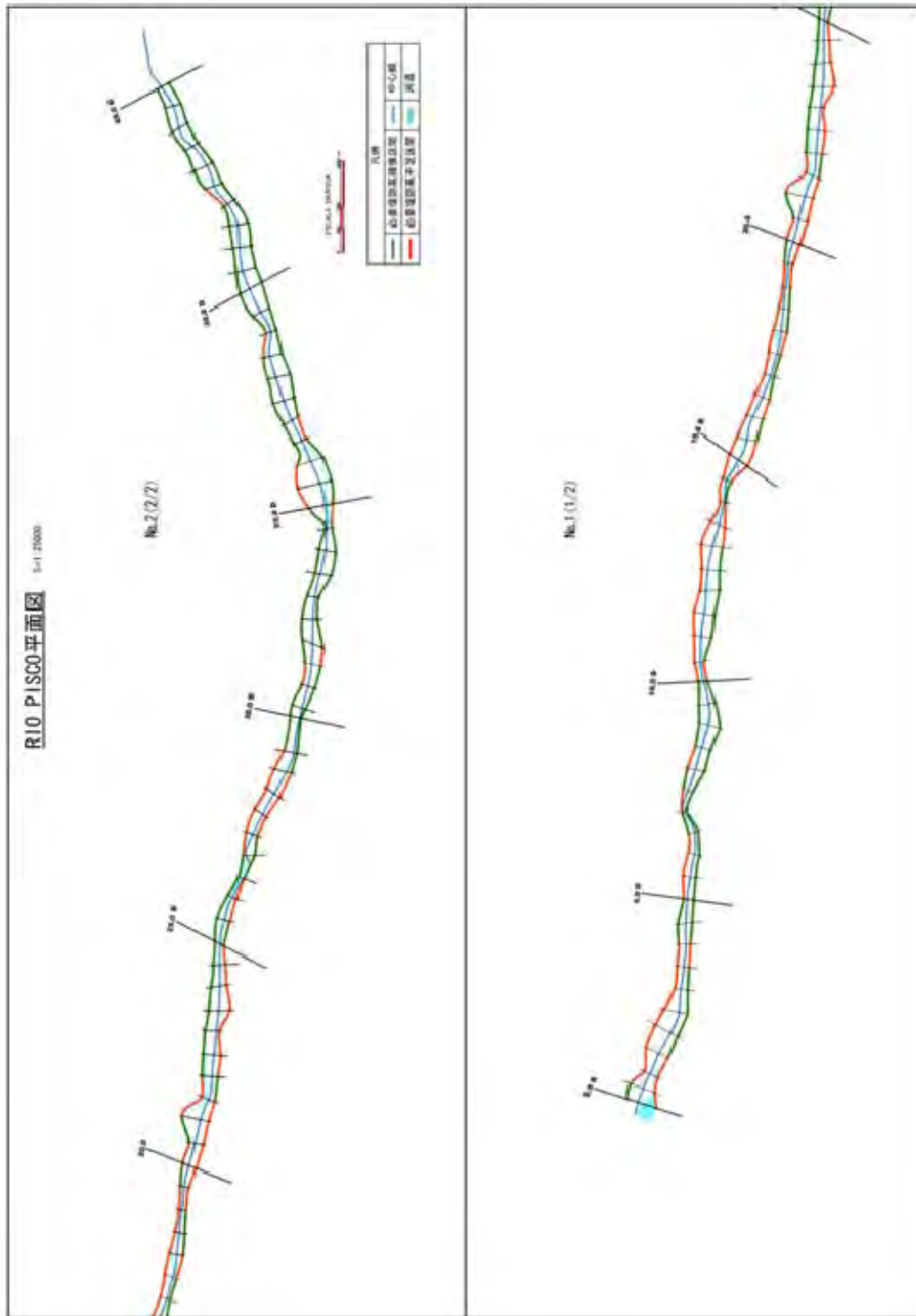


図-4.15.1-2 ピスコ川平面図

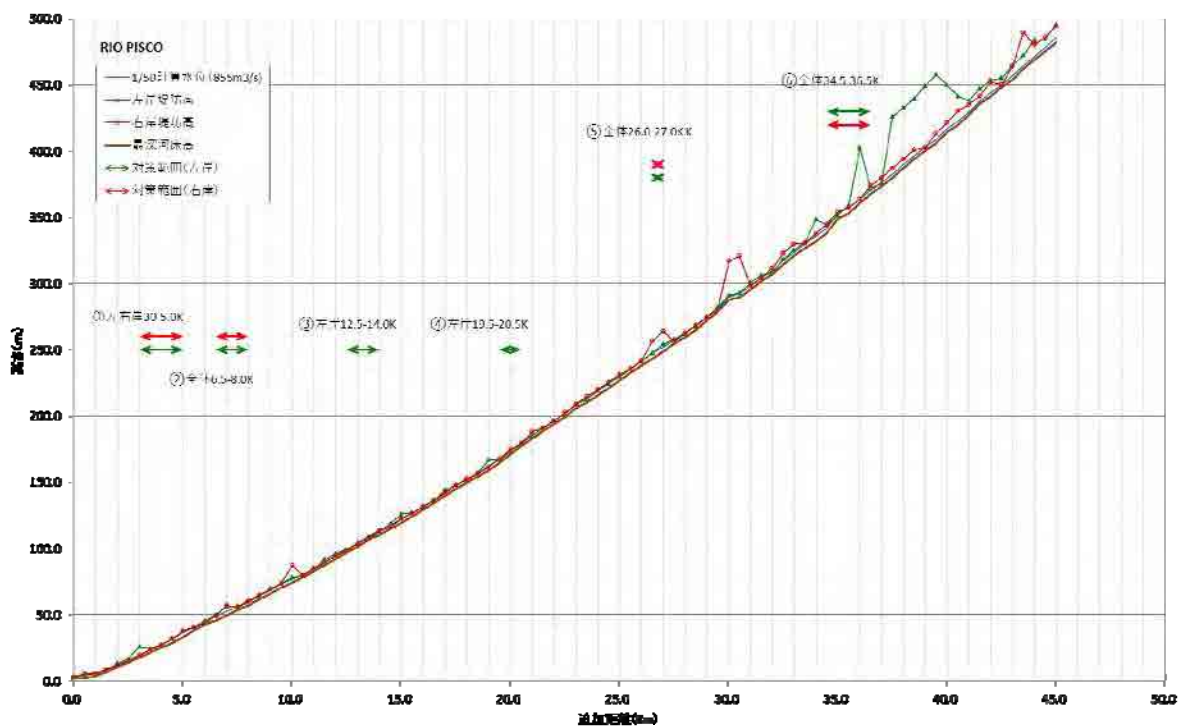


図-4.15.1-3 ピスコ川縦断面図

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 年規模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 年確率規模の洪水の水位+余裕高とする

ピスコ川における堤防計画は表-4.15.1-1 および図-4.15.1-4 に示すとおりである。

表-4.15.1-1 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	堤防延長 (km)
ピスコ川	左岸	0.0k-29.0k	0.55	堤防 h=1.5m 護岸 h=3.0m	14.0
	右岸	0.0k-29.5k	0.53		19.5
	計		0.53		33.5

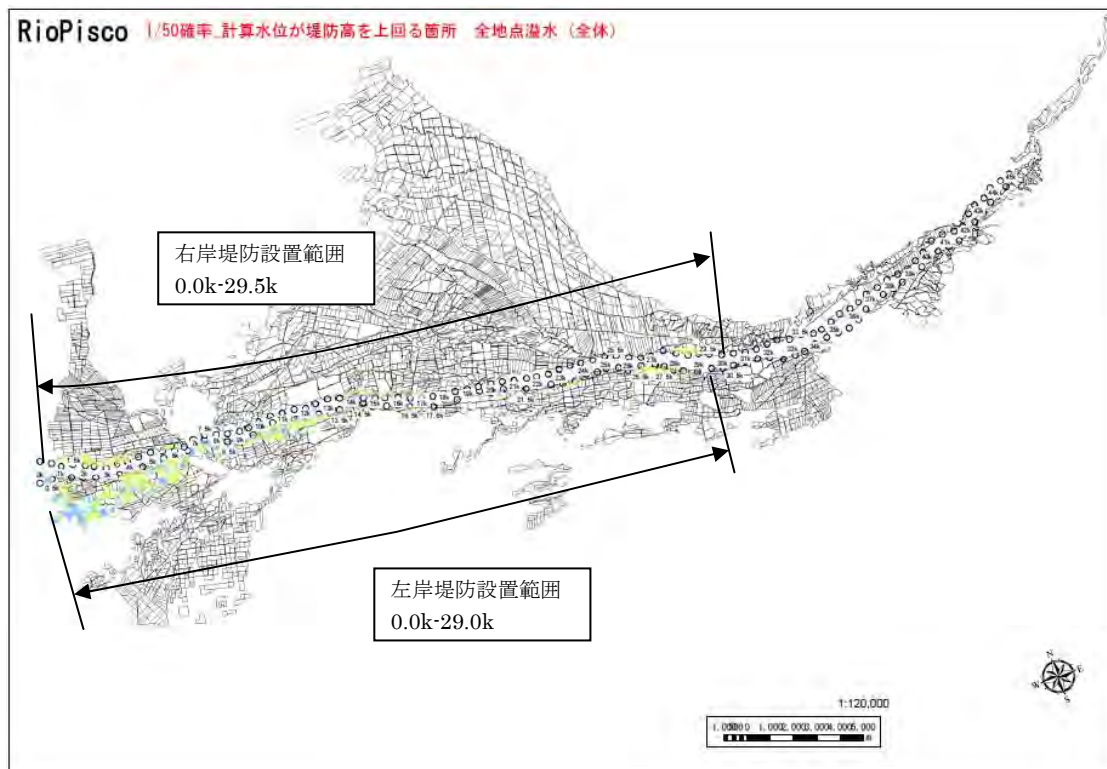


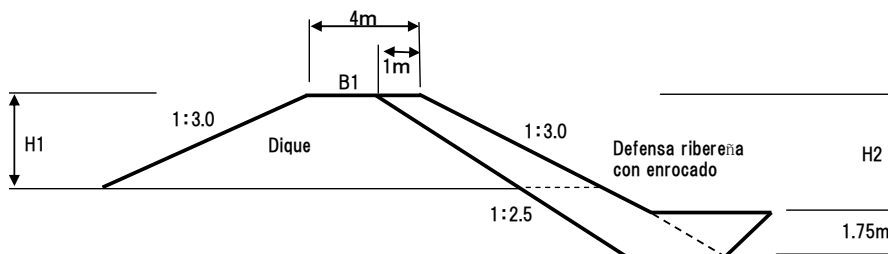
図-4.15.1-4 ピスコ川の堤防設置範囲

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-4.15.1-2 および表-4.15.1-3 に示すとおりである。また社会価格の事業費は表-4.15.1-4 に示す通りである。

表-4.15.1-2 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)	(ソル)		(千ソル)
ピスコ	築堤	10.7	m3	10.0	107.0	107.0	33.5	3,584.5
	護岸	16.5	m3	100.0	1,650.0	1,650.0		55,275.0
合計					1,757.0	1,757.0		58,859.5

表-4.15.1-3 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
												(12) = (8)+(9)+(10)+(11)

表-4.15.1-4 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
												(12) = (8)+(9)+(10)+(11)

## (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

本調査で用いた河床変動解析モデルの概要を表-4.15.1-5、対象河川の計算条件を表-4.15.1-6に示す。

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-4.15.1-6 に示す。

このような傾向は現地ヒアリングや実際の河床状況に比較的合致している。

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-4.15.1-7 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-4.15.1-8 および表-4.15.1-9 に示す通りである。

**表-4.15.1-5 本調査で使用した河床変動解析モデルの概要**

項 目	内 容
流れの計算	1次元不等流モデル
流砂の計算	1次元混合粒径河床変動モデル
掃流砂	芦田・道上の流砂量公式
浮遊砂	浮遊砂の非平衡性を考慮している。基準面濃度には芦田・道上式を採用。
計算解法	MacCormack 法

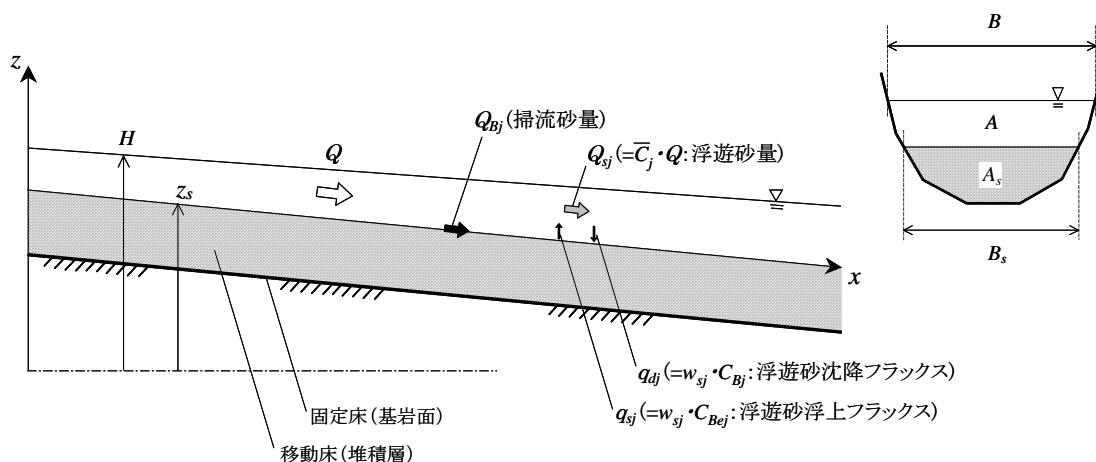


図-4.15.1-5 河床変動解析モデルの概念図

表-4.15.1-6 対象河川の主な計算条件

	ピスコ川
計算対象領域	45.0km
計算期間	現況から将来 50 年間
空間刻み ( $\Delta x$ )	100m
時間刻み ( $\Delta t$ )	2.0sec
上流端流量	各流域の観測流量(年最大流量)を基に 50 年分のデータ作成 (年数が不足する場合は繰り返して作成)
土砂供給条件 <sup>※1</sup>	173 千 $m^3$ /年
支川流入	いずれの河川も対象領域内に大きな支川は存在しないため考慮しない
対象粒径	河床材料の粒度分布を参考として 8~9 粒径を設定 ( $d=0.075mm\sim 500mm$ )
下流端水位	下流端断面にて等流水深を設定
粗度係数	$n=0.05$ (全域)
空隙率	0.4 (砂礫の代表的な空隙率)

※1 河床材料調査結果を基に平衡流砂量を設定。ただし、カニエテ川に関しては現地の土砂流出状況やヒアリング結果を踏まえ、土砂量を補正。

表-4.15.1-7 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：314,000 $m^3$	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：255,000 $m^3$	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

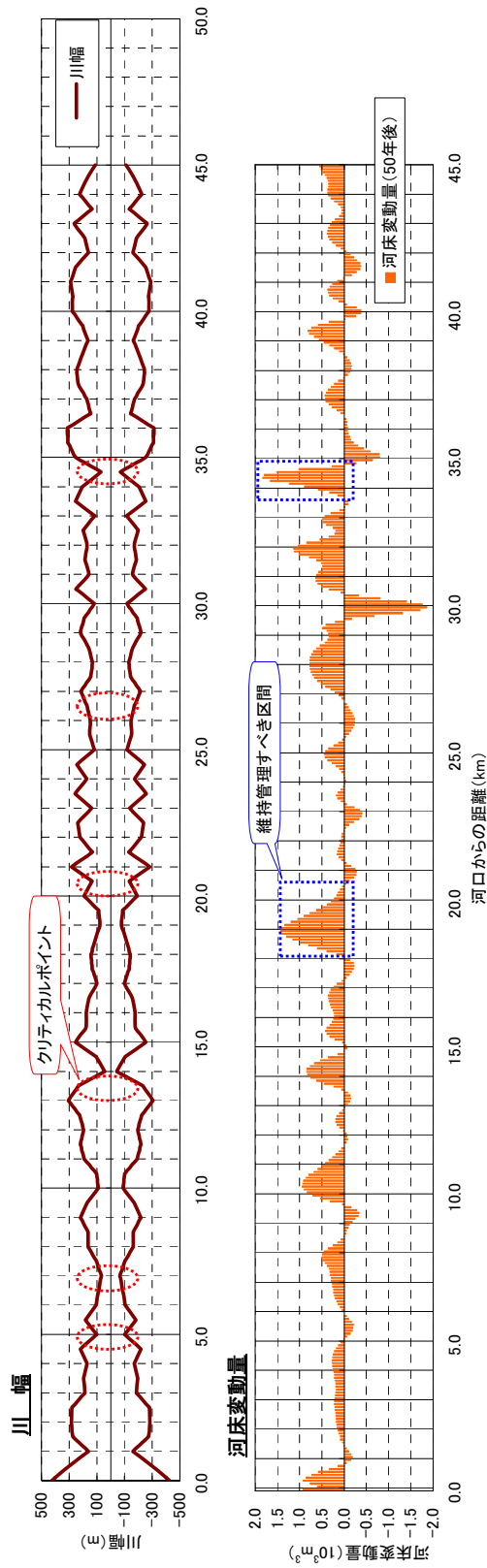


表-4.15.1-7 維持管理が必要な堆積区間 (ピスコ川)



表-4.15.1-8 50年間の河床掘削事業費 (民間価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	COSTO DIRECTO (直接工事費)				COSTO INDIRECTO (間接工事費)							INFRAESTRUCTURA	
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費		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)	HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費 (12) = (8) + (9) + (10) + (11)
		(2) = 0.1 x (1)	(3) = (1) + (2)										
PISCO	5,890	589	6,479	972	648	8,099	1,458	9,557	96	478	956	11,086	

表-4.15.1-9 50年間の河床掘削事業費 (社会価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	COSTO DIRECTO (直接工事費)				COSTO INDIRECTO (間接工事費)							INFRAESTRUCTURA			
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費		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)	Factor de Corrección 修正係数 f c	Costo Total Obra 建設費 (9) = f c x (8)	Impacto Ambiental 環境影響 (10) = 0.01 x (9)	Expediente Tecnico 詳細設計 (11) = 0.05 x (10)	Supervisión 施工管理費 (12) = 0.1 x (11)	HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費 (13) = (9) + (10) + (11) + (12)
		(2) = 0.1 x (1)	(3) = (1) + (2)												
PISCO	5,890	589	6,479	972	648	8,099	1,458	9,557	0.804	7683	77	478	956	9,193	

**(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規模 2～50 年に対する氾濫解析を行い、被害額を算定すると表-4.15.1-10 に示すとおりである。

**表-4.15.1-10 各確率洪水量に対する被害額**

(千ソレス)

t	Daños / 被害額
	Pisco
2	16,668
5	23,343
10	50,239
25	59,936
50	81,510
Total	231,698

ii) 年平均被害軽減額

表-4.15.1-10 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-4.15.1-11 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-4.15.1-3 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-4.15.1-8 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-4.15.1-12 に示すとおりである。

**表-4.15.1-11 年平均被害軽減額 (民間価格)**

(10<sup>3</sup> Soles)

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retomo	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害額 Promedio de Daños ④	区間確率 Valor incremental de la probabilidad ⑤	年平均被害額 Valor Promedio del Flujo de Daños ④×⑤	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	事業を実施した場合	軽減額				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
PISCO	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	16,668	0	16,668	8,334	0.500	4,167	4,167
	5	0.200	23,343	0	23,343	20,006	0.300	6,002	10,169
	10	0.100	50,239	0	50,239	36,791	0.100	3,679	13,848
	25	0.040	59,936	0	59,936	55,088	0.060	3,305	17,153
	50	0.020	81,510	0	81,510	70,723	0.020	1,414	18,568

**表-4.15.1-12 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(%)
Basin	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
Pisco	241,380,602	109,002,695	110,779,465	9,420,215	1.08	7,808,090	11%

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-4.15.1-13 に示すとおりである。

**表-4.15.1-13 各確率洪水量に対する被害額**

(千ソレス)

t	Daños / 被害額
	Pisco
2	17,099
5	22,817
10	54,702
25	64,250
50	87,899
Total	246,768

ii) 年平均被害軽減額

表-4.15.1-13 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-4.15.1-14 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-4.15.1-4 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-4.15.1-9 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-4.15.1-15 に示すとおりである。

**表-4.15.1-14 年平均被害軽減額（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 Promedio de Daños ④	区間確率 Valor incremental de la probabilidad ⑤	年平均被害額 Valor Promedio del Flujo de Daños ④×⑤	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	事業を実施し た場合	軽減額				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
PISCO	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	17,099	0	16,302	8,549	4,275	4,275	
	5	0.200	22,817	0	16,302	19,958	0,300	10,262	
	10	0.100	54,702	0	16,302	38,760	0.100	3,876	14,138
	25	0.040	64,250	0	16,302	59,476	0.060	3,569	17,706
	50	0.020	87,899	0	16,302	76,075	0.020	1,522	19,228

**表-4.15.1-15 経済評価の結果（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	NPV	IRR(%)
Basin	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
Pisco	249,965,955	112,879,671	89,066,690	7,573,853	1.39	31,519,208	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。

### 4.15.2 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ため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、高い作業効率を望めない。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-4.15.2-1 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。

### 4.15.3 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-4.15.3-1 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 (Annex-6 砂防計画 2.3 参照)、概算工事費は表-4.15.3-1 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-4.15.3-1 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

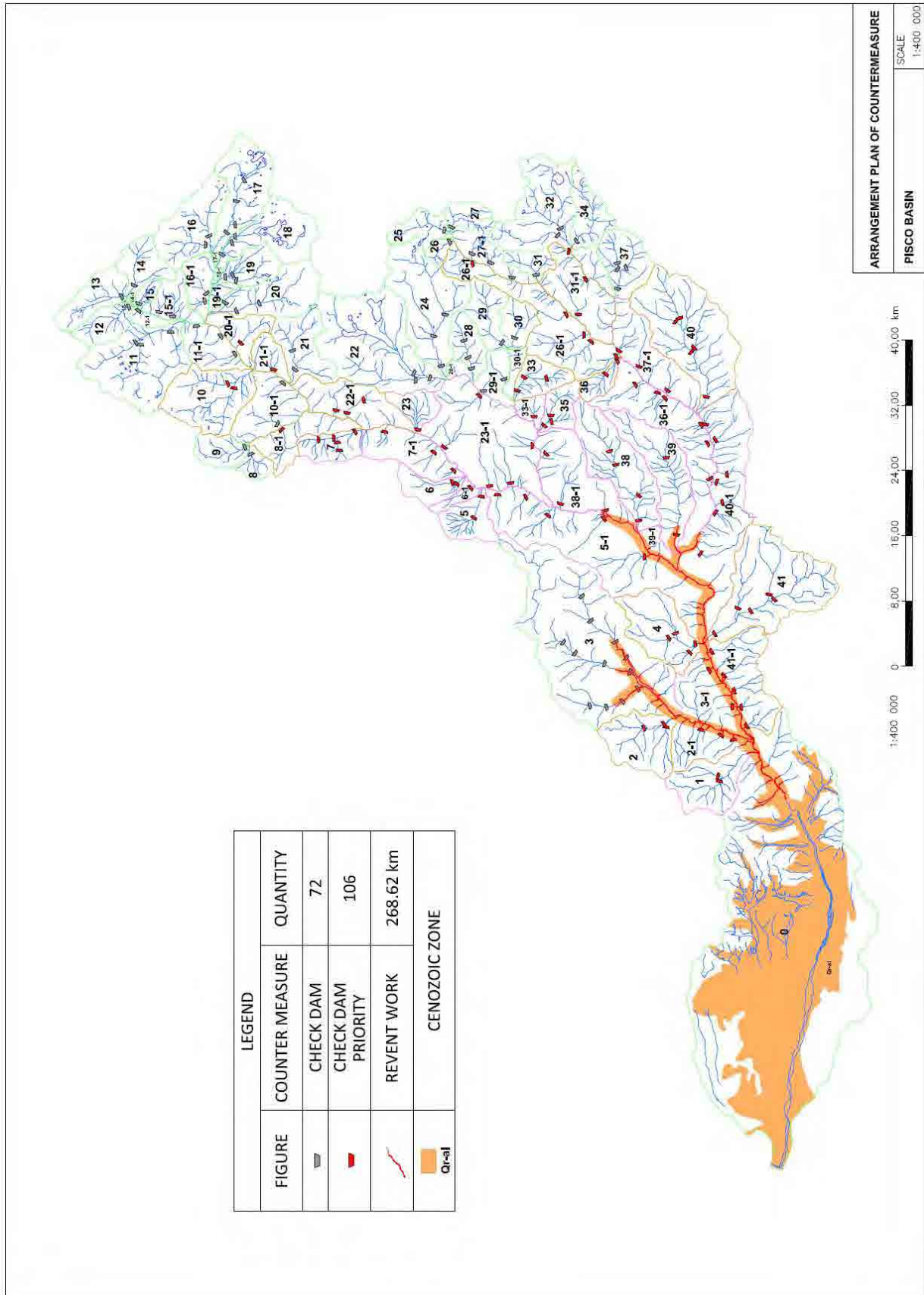


図-4.15.3-1 ピスコ川流域土砂制御対策工位置図





## 第5章 結論と提言

### 5.1 結論

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

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

### 5.2 提言

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

#### 5.2.1 本事業に係わる提言

##### (1) 当面解決すべき問題点

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

Arqueologia) が発行する。CIRA の申請は、事業対象地及び内容の確定後、①申請書、②事業実施地・範囲・内容を表す図面、③申請料金の領収書、④考古学評価の証明書等を、文化省に事業実施主体が提出する。

- 5) 洪水対策施設完成後の維持管理は水利組合が担当する事になっているが、灌漑水路や取水堰などの農業施設と異なり、不慣れであると思われるので、MINAG や州政府の技術的、経済的バックアップが必要である。

## (2) 構造物対策について

### 1) 河川整備の基本方針

河川整備の方法論としては、下流から上流に向けて逐次整備を進めるのが一般であるが、本事業においては各河川において重点的に整備すべき箇所（氾濫被害が大きく拡大する箇所、地域の社会経済に大きく影響する箇所等）を選定し、優先的に整備を進める方法を採用した。河川を整備する際に、上流側を整備するとその影響が対岸や下流側に生じる。また、整備が進んだことにより資産等が蓄積され（被害ポテンシャルの増大）、計画規模を超える洪水が発生した場合には、整備前よりも資産が大きくなっているため、結果的に被害が増大することも考えられる。したがって、河川整備が進んだからと言ってすべての安全が確保されたことにはならないことを広く地域の人々に周知し、土地利用規制等のルールを作ることも重要である。

### 2) ピスコ川における計画上の問題点

河口から 7km より上流では、流下能力不足により河道周辺の農地に氾濫するが、氾濫流が広がることはない。しかし、7km より下流において氾濫すると左岸側に氾濫流が大きく広がり、ピスコ市街に大きな被害が発生する。よって、対策は 7km 地点より下流で最も氾濫するリスクの高い箇所の築堤、7km 地点より上流では流下能力の特に低い橋梁や取水堰の位置する狭窄部での対策を優先的に実施する。

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

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

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

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

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

計画施設 Pi-6(34.5k~36.4k 地点)に関し、既設灌漑堰上流は遊水池及び遊砂地として位置つけて必要な構造物を計画しているが、当施設の規模、機能を十分に検証することが必要である。

### 3) 設計・施工上の問題点

#### i) 工事実施期間

調査対象地域の乾期は5～11月と考えられるが、雨期から乾期への遷移期も考慮して実際の工事の実施期間は4～12月とする事が望ましい。ピスコ川においては河川に流水のある増水期と流水が殆どなくなる渇水期があることを考慮に入れる必要がある。

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

#### ii) 堤防構造の安定の確保について

各流域とも築堤材料は、透水性の高い砂質土ないし礫質土から構成される。溪谷の地形や地質から見て透水性の低い材料の入手は困難と思われる。

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

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

#### iii) 護岸の工事費削減について

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

#### iv) 築堤土と掘削土の土量バランスについて

築堤土と掘削土の土量収支は、ピスコ川においては203,000m<sup>3</sup>築堤土が不足することになる。河川の周辺は農地として利用されていることから、築堤土は、河川敷からの掘削に頼らざるを得ない。この場合に堤防高さが若干低くできる可能性と、反面急流な河川のため河床洗屈を助長する可能性も考えられる。詳細設計時に土取場として適当な箇所を選定することが重要である。

### (3) 非構造物対策について

#### 1) 植林・植生について

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

今後、洪水対策を推進する場合には上記 ii) を計画/実施する必要があるが、ii) 長期計画は事業期間および事業費が莫大な規模となる。予算の確保に努力して ii) 長期計画を逐次実現するこ

とが重要であると考える。

## 2) 土砂制御および河床変動について

### i) 土砂制御計画

土砂制御計画については中山間地での構造物による土砂抑制は、巨額の費用を要し、効果発現にも時間がかかる。中山間地に保全対象が少ないことから費用対効果も低い。洪水対策という観点から見れば、調査対象地域が位置する扇状地の上流側（ピスコ川）において河川構造物によって対応することが現実的である。

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

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

### ii) 河床変動について

河床変動に関する現地調査や数値解析の結果、基本的には緊急的な土砂制御対策は必要ないと考えられる。しかし、長期的な視点では、不安定土砂の流出に伴う河床上昇が予想され、治水機能の低下が懸念される。また、上流域に土砂制御施設（遊砂地機能を有する堰）を計画しているピスコ川についても施設の効果を確認することが重要である。

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

## (4) 防災教育/能力開発について

### 1) 洪水被害軽減のためのソフト対策

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

### 2) コミュニティ防災の推進

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

## 5.2.2 ペルー国における今後の洪水対策に係わる提言

### 1) 総合的な洪水対策マスタープラン

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

### 2) 総合的な洪水対策実施機関の設立

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

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

### 4) 降雨観測所および流量観測所の整備

洪水対策の立案において基本的な資料として洪水流量や洪水波形の推定が不可欠である。これらの基礎資料を精度良く推定するためには調査対象流域全体に十分な密度の降雨観測所が必要であり、河川沿いの要所に流量観測所が必要である。またこれらの観測データについても上記の洪水流量や洪水波形の推定のためには毎時間の記録が是非必要となる。しかるに本調査流域において利用できるデータは限られたものであった。例えば調査対象流域の一つであるヤウカ川流域（流域面積 4,312km<sup>2</sup>）には 7ヶ所の降雨観測所があるが、その内現在稼働中の降雨観測所は Cora Cora2 観測所一ヶ所のみである。観測データについても調査対象全流域の観測所について日雨量および日流量が有るのみで時間データは皆無であった。

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

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

マスタープランの作成および基幹観測所の設置検討には次の項目が含まれる。

- \* 既存観測所および観測データのレビュー
- \* 既存観測所の取捨選択および利用可能データのデジタル化
- \* 観測網の計画および既存および計画観測所の重要度による分類
- \* 重要度に応じて既存観測所の機器の更新
- \* 新規基幹観測所の設置
- \* 観測データ伝送システムの立案

- \* 観測データ記録・保管システムの立案
- \* 維持管理システムの立案
- \* 上記観測所における観測の試行

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

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