

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調査

ファイナルレポート
Ⅱ-6 プレフィージビリティ調査報告書
プロジェクトレポート(ヤウカ川)
(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



Base 800745 (801044) 4-91

付図 調査対象地域

略 語

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

MEF	経済財政省 Ministerio de Economía y Finanzas
MINAG	農業省 Ministerio de Agricultura
M/M	協議議事録 Minutes of Meeting
NPV	純現在価値 (NET PRESENT VALUE) VAN (Valor Actual Neto)
O&M	運営維持管理 Operation and maintenance (Operación y Mantenimiento)
OGA	総合管理局 Oficina General de Administración
ONERRN	国立天然資源評価局 Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
OPI (OPP)	計画投資室 Oficina de Programación e Inversiones (計画・予算室、 Oficina de Planificación y Presupuesto)
PE	特別プロジェクト Proyecto Especial (Exp. PE Chira-Piura チラーピウラ特別プロジェクト)
PES	Payment for Environmental Services, PSA (Pago por Servicios Ambientales)
PERFIL	プロフィール調査
PERPEC	河川流路整備・取水構造物保護プログラム Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación
PRONAMACHIS	全国流域・土壌保全管理計画 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
II-6 プレフィージビリティ調査報告書
プロジェクトレポート (ヤウカ川)

目 次

調査対象地域

略 語

まえがき

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

3.1	現状分析	3-1
3.1.1	自然条件	3-1
3.1.2	対象地域の社会経済	3-2
3.1.3	農業	3-7
3.1.4	インフラ	3-10
3.1.5	洪水被害の実態	3-10
3.1.6	現地調査の結果	3-11
3.1.7	植生および植林の現況	3-18
3.1.8	土壌侵食の現況	3-22
3.1.9	流出解析	3-31
3.1.10	氾濫解析	3-38
3.2	問題の定義と原因	3-43
3.2.1	調査対象地域の洪水対策における問題点	3-43
3.2.2	問題点の原因	3-43
3.2.3	問題点による結果	3-43
3.2.4	原因と結果の樹系図	3-45
3.3	プロジェクトの目的	3-46
3.3.1	主要な問題点を解決する手段	3-46
3.3.2	主要な目的を達成することにより得られる効果	3-46
3.3.3	手段—目的—効果の樹系図	3-48
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 (Definición del Horizonte de Evaluación del Proyecto)	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	4-12
4.3.2.1	植林/植生回復	4-12
4.3.2.2	土砂制御計画	4-16
4.3.3	技術支援	4-17
4.4	コスト	4-21
4.4.1	コストの算出 (民間価格)	4-21
4.4.2	コストの算出 (社会価格)	4-21
4.5	社会評価	4-22
4.5.1	民間価格	4-22
4.5.2	社会価格	4-26
4.5.3	社会評価のまとめ	4-27

4.6	感度分析	4-28
4.7	持続可能性分析	4-30
4.8	環境インパクト	4-30
4.8.1	環境影響評価の手続き	4-30
4.8.2	環境影響評価の方法	4-32
4.8.3	環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価.....	4-33
4.8.4	環境影響管理	4-35
4.8.5	環境管理計画	4-36
4.8.6	環境影響管理対策実施コスト	4-38
4.8.7	結論と提言	4-38
4.9	実施計画	4-39
4.10	組織と管理	4-42
4.11	最終選定案の論理的枠組み	4-47
4.12	中・長期計画	4-48
4.12.1	全治水計画	4-48
4.12.2	植林・植生計画	4-59
4.12.3	土砂制御計画	4-61
第5章	結論	5-1

表 一 覧

表-1.3-1	需要と供給分析.....	1-1
表-1.7-1	ヤウカ川流域の事業費および内訳.....	1-4
表-1.8-1	年平均被害軽減額（民間価格）.....	1-5
表-1.8-2	年平均被害軽減額（社会価格）.....	1-5
表-1.8-3	社会評価（B/C、NPV、IRR）（民間価格）.....	1-5
表-1.8-4	社会評価（B/C、NPV、IRR）（社会価格）.....	1-6
表-1.9-1	水利組合の事業予算.....	1-6
表-1.11-1	実施計画.....	1-8
表-1.13-1	最終案の論理的枠組み.....	1-10
表-1.14-1	全体治水計画における事業費および社会評価(民間価格).....	1-11
表-1.14-2	全体治水計画における事業費および社会評価(社会価格).....	1-11
表-1.14-3	上流域における植林計画全体計画.....	1-12
表-1.14-4	上流域における土砂制御施設の概算事業費.....	1-12
表-3.1.2-1	ヤウカ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.....	3-2
表-3.1.2-4	労働従事状況.....	3-3
表-3.1.2-5	貧困率.....	3-3
表-3.1.2-6	住宅状況.....	3-4
表-3.1.2-7	1人当たり GNP の経年変化（2001-2009）.....	3-7
表-3.1.3-1	水利組合の概要.....	3-7
表-3.1.3-2	主要農作物の作付け状況および売上額.....	3-8
表-3.1.4-1	灌漑施設概要.....	3-10
表-3.1.5-1	洪水被害状況.....	3-10
表-3.1.5-2	被害状況.....	3-11
表-3.1.5-3	アレキパ州における災害.....	3-11
表-3.1.7-1	ヤウカ流域の代表的植生一覧.....	3-18
表-3.1.7-2	植生区分面積と流域面積に対する割合(ヤウカ流域).....	3-18
表-3.1.7-3	大区分植生の流域面積に対する割合（ヤウカ流域）.....	3-19
表-3.1.7-4	2005年までに減少した森林面積.....	3-19
表-3.1.7-5	1995年から2000年の植生区分の面積変化.....	3-19
表-3.1.7-6	1994年から2003年までの植林実績.....	3-20

表-3.1.8-1	収集資料の一覧	3-22
表-3.1.8-2	標高別の面積	3-22
表-3.1.8-3	傾斜区分と面積.....	3-23
表-3.1.8-4	河床勾配と溪流の総流路長	3-24
表-3.1.8-5	ヤウカ川の標高毎の傾斜区分	3-27
表-3.1.9-1	雨量観測地点一覧（ヤウカ川流域）	3-32
表-3.1.9-2	雨量観測データ収集期間（ヤウカ川流域）	3-32
表-3.1.9-3	確率 24 時間雨量（ヤウカ川流域）	3-35
表-3.1.9-4	確率 24 時間雨量（基準地点：Station San Francisco Alto）	3-35
表-3.1.9-5	確率雨量別ハイエイト	3-36
表-3.1.9-6	基準地点確率流量.....	3-37
表-3.1.9-7	確率洪水流量（ピーク流量：基準地点）	3-37
表-3.1.10-1	河川測量の概要	3-38
表-3.1.10-2	氾濫解析手法	3-39
表-3.2.1-1	洪水対策における問題点と保全対象	3-43
表-3.2.1-2	主要な問題点の直接的な原因および間接的な原因	3-43
表-3.2.3-1	問題点による直接的および間接的な結果	3-44
表-3.3.1-1	問題点を解決する直接的および間接的な手段	3-46
表-3.3.2-1	直接的および間接的な効果	3-47
表-4.2-1	流域の需要と供給.....	4-1
表-4.2-2	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（ヤウカ川）	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	4-12
表-4.3.2.1-1	樹種選定の評価基準	4-14
表-4.3.2.1-2	選定した樹種.....	4-14
表-4.3.2.1-3	植林/植生回復計画数量（河川沿い）	4-15
表-4.3.2.1-4	苗木単価.....	4-15
表-4.3.2.1-5	植林工事費.....	4-15
表-4.3.2.2-1	土砂制御計画基本方針	4-16
表-4.3.3-1	技術支援の内容と直接費用	4-20
表-4.4.1-1	直接工事費総括表（民間価格）	4-21

表-4.4.1-2	事業費（民間価格）	4-21
表-4.4.2-1	直接工事費総括表（社会価格）	4-22
表-4.4.2-2	事業費（社会価格）	4-22
表-4.5.1-1	洪水被害額の算定項目	4-22
表-4.5.1-2	想定洪水被害額（民間価格）	4-24
表-4.5.1-3	年平均想定被害軽減期待額の算定方法	4-24
表-4.5.1-4	年平均被害軽減期待額（民間価格）	4-25
表-4.5.1-5	費用便益分析の評価指標と特徴	4-25
表-4.5.1-6	社会評価（B/C、NPV、IRR）（民間価格）	4-26
表-4.5.2-1	想定洪水被害額（社会価格）	4-27
表-4.5.2-2	年平均被害軽減期待額（社会価格）	4-27
表-4.5.2-3	社会評価（B/C、NPV、IRR）（社会価格）	4-27
表-4.6-1	感度分析手法	4-28
表-4.6-2	感度分析の検討ケース及び経済指標	4-28
表-4.6-3	IRR、B/C、NPV の感度分析結果	4-29
表-4.7-1	水利組合の事業予算	4-30
表-4.8.1-1	環境影響に基づくカテゴリー分類	4-31
表-4.8.1-2	工事実施予定地	4-32
表-4.8.2-1	Leopold マトリックスー評価基準	4-32
表-4.8.2-2	影響の大きさの程度の基準	4-33
表-4.8.3-1	影響の認識マトリックス（建設期間）	4-33
表-4.8.3-2	環境影響評価のマトリックス（建設期間）ヤウカ川流域	4-34
表-4.8.3-3	影響の認識マトリックス（維持管理期間）	4-34
表-4.8.3-4	環境影響評価マトリックス（維持管理期間）ヤウカ川流域	4-35
表-4.8.4-1	環境影響と予防・緩和策	4-36
表-4.8.5-1	水質及び生物多様性モニタリング	4-37
表-4.8.5-2	大気質モニタリング	4-37
表-4.8.5-3	騒音モニタリング	4-37
表-4.8.5-4	水質及び生物多様性モニタリング	4-38
表-4.8.6-1	環境影響管理対策直接コスト	4-38
表-4.9-1	実施計画	4-41
表-4.10-1	PSI の予算（2011 年）	4-45
表-4.10-2	PSI の職員数	4-45
表-4.11-1	最終案の論理的枠組み	4-47
表-4.12.1-1	ヤウカ川における堤防計画	4-51
表-4.12.1-2	直接工事費（民間価格）	4-52

表-4.12.1-3	事業費（民間価格）	4-53
表-4.12.1-4	事業費（社会価格）	4-53
表-4.12.1-5	今後計画的に河床掘削すべき箇所	4-54
表-4.12.1-6	50年間の河床掘削事業費（民間価格）	4-56
表-4.12.1-7	50年間の河床掘削事業費（社会価格）	4-56
表-4.12.1-8	各確率洪水量に対する被害額	4-57
表-4.12.1-9	年平均被害軽減額	4-57
表-4.12.1-10	経済評価の結果（民間価格）	4-58
表-4.12.1-11	各確率洪水量に対する被害額	4-58
表-4.12.1-12	年平均被害軽減額	4-59
表-4.12.1-13	経済評価の結果（社会価格）	4-59
表-4.12.2-1	上流域における植林計画全体計画	4-60
表-4.12.3-1	上流域における土砂制御施設の概算工事費	4-61

図 一 覧

図-1.12-1	プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)	1-9
図-1.12-2	プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)	1-9
図-3.1.1-1	調査対象河川	3-1
図-3.1.2-1	州別 GDP 成長率(2009/2008)	3-5
図-3.1.2-2	州別の GDP への寄与率	3-6
図-3.1.2-3	1人当たり GDP (2009年)	3-6
図-3.1.3-1	作付け面積	3-9
図-3.1.3-2	収穫量.....	3-9
図-3.1.3-3	売上額.....	3-9
図-3.1.6-1	視察現場の風景 (ヤウカ川)	3-14
図-3.1.6-2	課題1に関する現地状況 (ヤウカ川)	3-15
図-3.1.6-3	課題2に関する現地状況 (ヤウカ川)	3-16
図-3.1.6-4	課題3に関する現地状況 (ヤウカ川)	3-17
図-3.1.7-1	ヤウカ流域植生分布	3-21
図-3.1.8-1	標高別の面積	3-23
図-3.1.8-2	傾斜区分と面積	3-23
図-3.1.8-3	河床勾配と溪流の総流路長	3-24
図-3.1.8-4	河床勾配と土砂移動の形態	3-24
図-3.1.8-5	ヤウカ流域等雨量線図	3-25
図-3.1.8-6	土壌侵食量と各種要因の関係	3-26
図-3.1.8-7	ヤウカ川の標高毎の傾斜区分	3-27
図-3.1.8-8	安山岩質～玄武岩質の崩壊地	3-28
図-3.1.8-9	堆積岩類の土砂生産状況	3-28
図-3.1.8-10	サボテンの侵入状況	3-28
図-3.1.8-11	河道付近における土砂移動	3-29
図-3.1.8-12	平常時の土砂生産流出の状態	3-30
図-3.1.8-13	エルニーニョ (1/50) 程度の豪雨時における土砂生産流出の状態	3-30
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)	3-31
図-3.1.9-1	観測地点位置図 (ヤウカ川流域)	3-33
図-3.1.9-2	等雨量線図 (ヤウカ川流域)	3-34
図-3.1.9-3	確率 50 年雨量等雨量線図 (ヤウカ川流域)	3-36
図-3.1.9-4	ヤウカ川の洪水ハイドログラフ	3-37

図-3.1.10-1	一次元モデルのイメージ	3-38
図-3.1.10-2	はん濫解析モデルの概念図	3-40
図-3.1.10-3	ヤウカ川現況疎通能力	3-41
図-3.1.10-4	ヤウカ川氾濫範囲（確率 50 年洪水）	3-42
図-3.2.4-1	原因と結果の樹系図	3-45
図-3.3.3-1	手段－目的－効果の樹系図	3-48
図-4.3.1-1	年最大流量（観測値：ヤウカ川）	4-4
図-4.3.1-2	確率洪水流量と被害額および浸水面積（ヤウカ川）	4-4
図-4.3.1-3	ヤウカ川における重点洪水対策施設の選定	4-7
図-4.3.1-4	ヤウカ川における重点洪水対策施設の位置	4-10
図-4.3.1-5	堤防の標準断面	4-12
図-4.3.2.1-1	河川構造物沿いの植林 概念図	4-13
図-4.3.2.1-2	河川構造物沿いの植林計画標準配置図	4-13
図-4.3.2.2-1	土砂制御対策	4-17
図-4.8.1-1	農業省における環境承認取得までのプロセス	4-31
図-4.9.1-1	SNIP プロジェクトサイクル	4-40
図-4.9.1-2	SNIP の関連組織	4-41
図-4.10-1	プロジェクト実施の関係機関（投資段階）	4-43
図-4.10-2	プロジェクト実施の関係機関（投資後：運営維持管理段階）	4-44
図-4.10-3	PSI の組織	4-46
図-4.12.1-1	堤防線の決定	4-49
図-4.12.1-2	ヤウカ川平面形状	4-50
図-4.12.1-3	ヤウカ川縦断面図	4-51
図-4.12.1-4	ヤウカ川の堤防設置範囲	4-52
図-4.12.1-5	維持管理が必要な堆積区間（ヤウカ川）	4-55
図-4.12.3-1	ヤウカ川流域土砂制御対策工位置図	4-62

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、かつ一般的に必要とされる技術的内容についても関連する章節に盛り込むように配慮して作成した。

以下に本レポートの目次を示すが、この目次において赤で着色した章節は一般的技術報告書に含まれないSNIP報告書特有の章節である。

第1章 要約

第2章 一般的側面

2.1 プロジェクトの名称

2.2 形成および執行機関

2.3 関係機関と被益者の参加

2.4 構想の枠組み（関連性の枠組み）

2.4.1 プログラムの背景

2.4.2 プログラムに関連する法令、政策、ガイドライン

第3章 アイデンティフィケーション

3.1 現状分析

3.1.1 自然条件

3.1.2 対象地域の社会経済

3.1.3 農業

3.1.4 インフラ

- 3.1.5 洪水被害の実態
- 3.1.6 現地調査の結果
- 3.1.7 植生および植林の現況
- 3.1.8 土壌侵食の現況
- 3.1.9 流出解析
- 3.1.10 氾濫解析
- 3.1.11 洪水予警報

3.2 問題の定義と原因

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

3.3 プロジェクトの目的

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

第4章 プロジェクトの形成と評価

- 4.1 プロジェクトの評価期間
- 4.2 需要と供給の分析
- 4.3 技術的提案
 - 4.3.1 構造物対策
 - 4.3.2 非構造物対策
 - 4.3.2.1 植林/植生回復
 - 4.3.2.2 土砂制御計画
 - 4.3.2.3 洪水予警報
 - 4.3.3 技術支援
- 4.4 コスト
 - 4.4.1 コストの算出（民間価格）
 - 4.4.2 コストの算出（社会価格）
- 4.5 社会評価
 - 4.5.1 民間価格
 - 4.5.2 社会価格
 - 4.5.3 社会評価のまとめ
- 4.6 感度分析
- 4.7 持続可能性分析
- 4.8 環境インパクト

4.9 実施計画

4.10 組織と管理

4.11 最終選定案の論理的枠組み

4.12 中・長期計画

4.12.1 全体治水計画

4.12.2 植林・植生計画

4.12.3 土砂制御計画

第5章 結論

第1章 要約

1.1 プロジェクトの名称

溪谷村落洪水対策事業 アレキパ州ヤウカ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 Yauca, Departamento Arequipa)

1.2 プロジェクトの目的

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

1.3 需要と供給のバランス

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

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

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

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

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

表-1.3-1 需要と供給分析

流域	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②	③	④	⑤=③+④	⑥=⑤-①	⑦=⑤-②
ヤウカ川	187.54	183.01	179.03	0.80	179.83	0.21	0.40

1.4 構造物対策

構造物対策としては流域全体の治水計画を検討すべきであり、検討の結果は後述する 4.12 中・長期計画に述べてある。結論としては流域全体の治水方式として堤防方式を提案しているが、ヤウカ川流域における事業規模が大きく事業費が非常に高額となり本プロジェクトの事業費予算を大幅に超過するので、この案を採用することは困難である。そこで全体治水方式における堤防案

は中・長期計画として段階的に実施する事として、ここでは緊急に必要な重点洪水対策施設を検討した。

(1) 計画洪水流量

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

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

ヤウカ川の既往最大流量は各河川において 1/50 年規模よりかなり小さい洪水が過去に 3 回程度発生している。

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

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

上述したように確率 50 年流量は既往最大流量よりやや大きく、また被害軽減額の絶対値が確率 50 年以下の他の確率洪水流量よりも大きい。

ヤウカ川については後述 4.5 社会評価の検討結果において経済効果が低い事から本事業より除外する事となった。

(2) 重点洪水対策施設の選定

重点洪水対策施設の選定には次の項目を考慮した。

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

河川の測量結果、現地調査結果、流下能力評価、氾濫解析結果、地元ヒヤリング結果（水利組合、地方政府の要望、過去の洪水被害状況）等を元に上記5項目について総合評価を実施し、ヤウカ川において治水上の対策が必要な箇所（総合評価点の高い箇所）6ヶ所を重点洪水対策箇所として選定した。

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

1.5 非構造物対策

1.5.1 植林/植生回復

(1) 基本方針

本事業の目的に合致した植林/植栽計画としては、i) 河川構造物沿いの植林と ii) 上流域における植林に分類できる。前者は洪水防止に直接的効果があり、短期的に効果が発現する。後者については後述する4.12 中長期計画に述べるように、多大の事業費と実施期間を必要とし、本プロジェクトで実施する事が困難なのでここではi)について検討した。

(2) 河川構造物沿いの植林について

この案は堤防や護岸などの河川構造物沿いに植林を行う案である。

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

河川構造物沿いの植林幅、植林延長および面積はヤウカ川流域についてはそれぞれ11m、4.4kmおよび4.9haとなっている。

1.5.2 土砂制御計画

土砂制御計画としては流域全体計画を検討すべきであり、検討の結果は後述する4.12 中・長期計画に述べてある。結論としては流域全体の土砂制御計画は流域における事業規模が大きく事業費が非常に高額となり本プロジェクトの事業費予算を大幅に超過するので、この案を採用することは困難である。

下流域における土砂制御計画については河床変動解析の結果によれば、流入土砂量および河床変動量が少ない。今後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検討すべきであるが、現時点で緊急を要する対策はない。

1.6 技術支援

本事業においては上述した構造的および非構造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、ヤウカ川流域の特性を踏まえた研修の実現を図るため、ヤウカ川流域について独自に実施することとする。研修対象者はヤウカ川流域の水利組合および小組合の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者などを想定する。

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

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

1.7 コスト

本事業の事業費は、次のとおりである。

表-1.7-1 ヤウカ川流域の事業費および内訳

1.8 社会評価

(1) 便益

治水事業の便益は、事業を実施しない場合（Without-the-project）と実施した場合（With-the-project）の被害額をもとに、事業の実施により防止し得る洪水被害軽減である。洪水対策施設の耐用年数を50年として、洪水の生起確率（2～50年）ごとに氾濫による被害額を算出し、これらの被害額と生起確率より年平均被害軽減期待額を算出し、これを施設建設による便益とする。プロジェクトを実施することによる年平均被害軽減額は民間価格および社会価格について表-1.8-1 および表-1.8-2 に示すとおりである。

表-1.8-1 年平均被害軽減額 (民間価格)

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
YAUCA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0.500	0	
	5	0.200	0	0	0	0	0.300	0	
	10	0.100	1,695	7	1,688	844	0.100	84	84
	25	0.040	2,569	1,005	1,564	1,626	0.060	98	182
	50	0.020	11,497	2,028	9,469	5,517	0.020	110	292

表-1.8-2 年平均被害軽減額 (社会価格)

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
YAUCA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0.500	0	
	5	0.200	0	0	0	0	0.300	0	
	10	0.100	2,150	9	2,141	1,071	0.100	107	107
	25	0.040	3,313	1,341	1,972	2,057	0.060	123	230
	50	0.020	12,092	2,653	9,439	5,706	0.020	114	345

(2) 社会評価の結果

本調査における社会評価の目的は、国民経済の観点から費用便益分析の手法を用いて構造物対策事業への投資の効率を検討することである。社会評価の手法としては費用便益比、純現在価値、経済的内部収益率を経済性の評価指標として算出し評価している。

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

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

表-1.8-3 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (民間価格)

表-1.8-4 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (社会価格)

ヤウカ川流域の社会評価は社会価格において経済効果が認められない。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、経済効果が認められないので、金銭的効果以外の効果が有るとしても本プロジェクトを実施することは困難である。

1.9 持続可能性分析

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

表-1.9-1 に、最近のヤウカ川流域の予算を示す。

表-1.9-1 水利組合の事業予算

河 川	年予算 (単位 S)			
	2006	2007	2008	3 ヶ年平均
ヤウカ川	114,482.12	111,102.69	130,575.40	118,720

(1) 収益性

ヤウカ川における事業収益性は低く、事業の持続可能性は低い。ヤウカ川における投資額は民間価格で S/ _____ ソルで、事業実施にともなう経済効果は社会価格で B/C は 0.13 であり、内部収益率も無く、NPV が S/ -13.0 百万ソルとなり、非常に効率性の低い事業である。

(2) 維持管理費

2008 年をベースとして本事業で必要となる年間維持管理費は建設費の _____ %とするとヤウカ川

においては S/. である。一方、水利組合の最近 3 カ年の平均事業費は S/.118,720 となっている。

水利組合の年間予算に占める年間維持管理費は約 75.9% であり、水利組合の資金面の維持管理能力が疑問視される。

結論として基本となる事業の経済効果が認められず、維持管理費の負担能力についても問題があり、事業の実現は困難である。

1.10 環境インパクト

(1) 環境影響評価の手続き

ペルー国では、投資前調査の段階で事業管轄省庁の担当部局が、事業の実施により発現が予測される環境社会影響の度合いに応じて、事業を準備調査のレベルにおいて 3 つのカテゴリーに分類する。環境への影響の程度に応じて軽度であるカテゴリー I については「環境影響宣言報告書 (DIA)」、カテゴリー II の事業は「準詳細環境影響評価 (EIA-sd)」、カテゴリー III の事業に関しては、「詳細環境影響評価 (EIA-d)」を実施して報告書を作成し、事業管轄省庁の担当部局から承認を得る必要がある。

まず、事業実施主体が事前環境評価 (Evaluación Ambiental Preliminar: EAP) 報告書を事業管轄省庁の担当部局に提出し、事業のカテゴリー分類を申請する。事業管轄省庁の担当部局が EAP 報告書の審査を行い、事業のカテゴリー分類を行う。カテゴリー I に分類された事業に関しては、DIA を提出する。農業省において、DIA の提出は、環境書類申請時に提出する EAP をそのまま利用するという実態となっている。カテゴリー II 及び III に分類された事業に関しては、EIA-sd もしくは EIA-d を実施することになる

本事業における環境影響評価の進捗状況は次のとおりである。

事前環境評価(EAP)は、農業省に登録されている現地コンサルタント(CIDES Ingenieros S.A.)によりヤウカ川流域については 2010 年 12 月から 2011 年 1 月にかけて実施された。

EAP はヤウカ川流域については 2011 年 1 月 25 日に調査団より DGIH に提出されたが、DGIH はヤウカ川流域の経済効果が認められないことから本事業より除外した。したがって EAP は DGAA には提出されていない。

(2) 環境影響評価の結果

本事業の実施により発現が予測される正負の環境影響の確認及び評価を行い、それらの影響の予防・緩和策についての計画を提示した。本事業にかかる事前環境評価(EAP)は、農業省に登録されている現地コンサルタント(CIDES Ingenieros S.A.)により 2010 年 12 月から 2011 年 1 月にかけてヤウカ川流域についても実施され、現在農業省環境総局(DGAA)によりその審査が行われている。

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

環境レベル (自然環境、生物環境、社会環境) 及びプロジェクトレベル (建設期間、維持管理期間) に分類して影響を確認し、影響の評価は、影響の性質、発現可能性、影響の程度 (強度、

範囲、発現期間、可逆性)に基づき数値化し、環境影響値を算出した。

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

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

1.11 実施計画

本プロジェクトの実施計画は、表-1.11-1 に示すとおりである。

表-1.11-1 実施計画

項目	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
1 ペルフィル調査/SNIP審査			調査							審査																		
2 F/S調査/SNIP審査					調査					審査																		
3 円借款手続き																												
4 コンサルタント選定																												
5 コンサルティングサービス(詳細設計、入札図書作成)															設計・入札図書						施工管理							
6 建設業者選定																												
7 事業実施																												
1) 洪水対策施設の建設																												
2) 植林																												
3) チラ川予警報システム																												
4) 防災教育/能力開発																												
8 施設完成/水利組合引き渡し																												

1.12 組織と管理

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

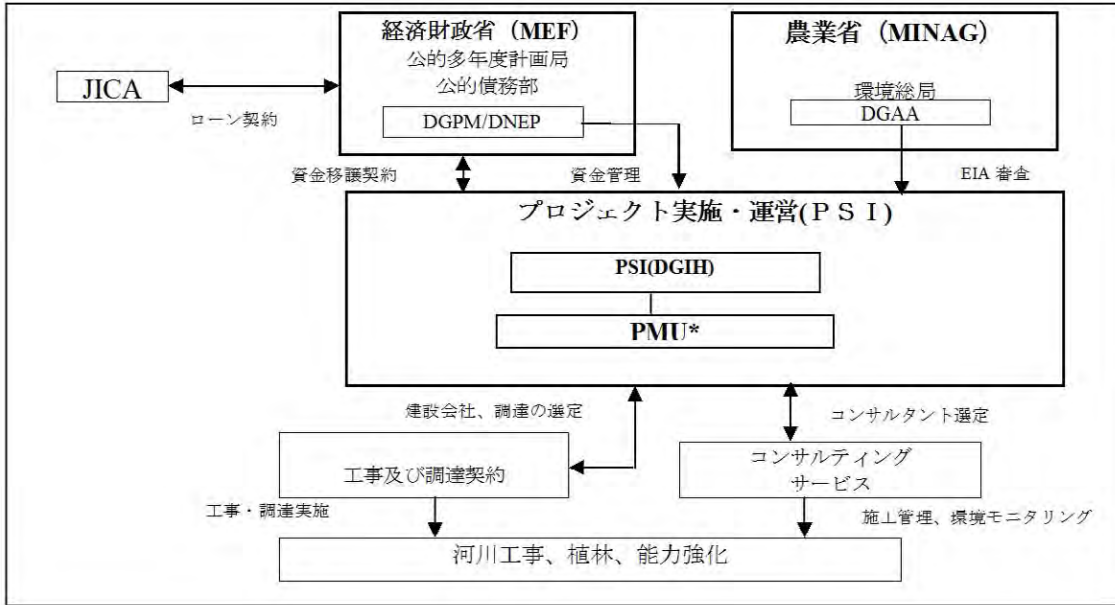


図-1.12-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

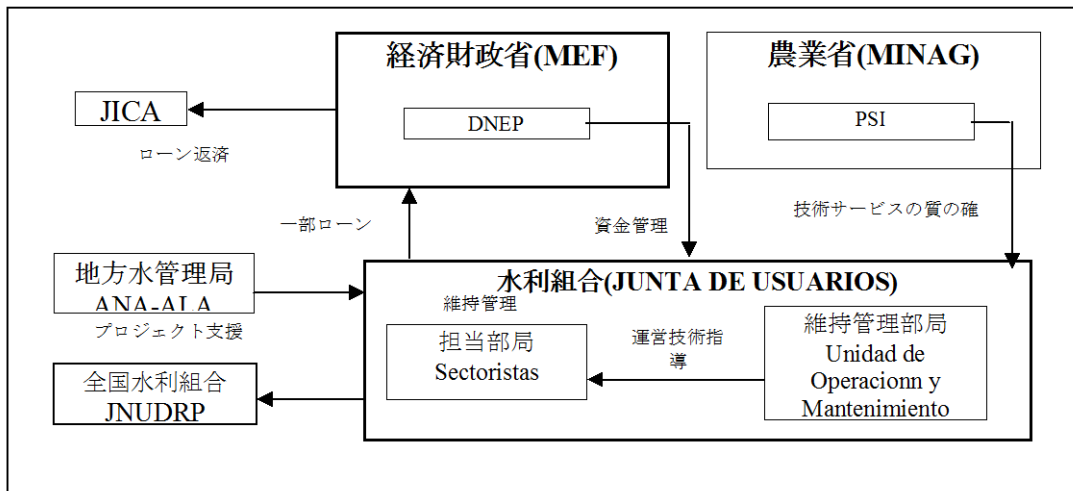


図-1.12-2 プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)

1.13 論理的枠組み

最終的に選定された案の論理的枠組みは、表-1.13-1 に示すとおりである。

表-1.13-1 最終案の論理的枠組み

要約	検証可能な指標	検証の方法	前提
最終目標			
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
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。	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
結果			
氾濫ヶ所および面積の減少、取水堰機能の改善、道路損壊の回避、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止、ポエチョスダムの安全確保	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、道路損箇所および頻度、河岸侵食の状況、ダム下流の侵食状況	現地視察、治水対策計画書、洪水対策工事報告書などのチェック、地域住民による日常的なモニタリング	地方政府、自治体、地域住民など維持管理者の監視および上位機関への適切な報告
活動			
コンポーネントA.: 構造物対策	堤防、護岸、取水堰の改善、道路の損壊防止、ダムの安全確保施設等28の構造物対策の建設	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			
B-1 植林・植生回復	植林面積、河畔林面積	工事進捗報告書、地域住民による日常的なモニタリング	コンサルタントやNGOの支援、対象地域住民の協力、下流住民の理解と協力
B-2 洪水予警報	機器据付状況、操作状況、予報・警報の回数、情報の伝達状況	工事進捗報告書、担当官庁や住民によるモニタリング	機器の正常な作動および操作、担当者の良好な訓練、連絡・広報活動、機器やソフトウェアの維持・管理
コンポーネントC.: 防災教育・能力開発	講習会、実習、訓練、ワークショップなどの回数	実施報告書、地方自治体担当者および住民によるモニタリング	対象者の参加意欲、コンサルやNGOによる指導
プロジェクト実施管理			
プロジェクトマネジメント	詳細設計、工事発注、施工管理、維持管理	設計図、施工計画および工事費積算書、工事仕様書、契約書、工事管理報告書、維持管理マニュアル	優良コンサルタントおよび建設業者の選定、維持管理における被益住民の参加

1.14 中長期計画

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

(1) 全体治水計画

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

確率50年洪水量を計画対象としてヤウカ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3kmとなる。施設の維持管理として堤防の維持管理のほかに、別途実施した河床変動解析に基づき、堆積土砂による河床の上昇が予測される箇所については約1,200m³/年の堆積土砂を掘削除去する必要がある。

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

表-1.14.1 全体治水計画における事業費および社会評価(民間価格)

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O&M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Yauca	4,592,758	2,073,999	9,920,549	894,671	0.23	-7,014,101	-

表-1.14-2 全体治水計画における事業費および社会評価(社会価格)

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O&M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Yauca	5,531,228	2,497,793	7,976,121	719,315	0.34	-4,809,039	-

全体治水方式の事業費は民間価格で9.9百万ソレスとなる。また民間価格および社会価格における社会評価では経済効果は非常に低い。

(2) 植林・植生計画

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

ピスコ流域において、植林が必要と考えられる面積および事業費用を、チンチャ流域植林計画をもとに算出すると合計で約68,000ha、実施期間は22年間、事業費は約184百万ソレスとな

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)
ヤウカ	68,289.56	22	184,322,651

(出典：JICA 調査団)

(3) 土砂制御計画

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

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

表-1.14.4 上流域における土砂制御施設の概算事業費

流域名	対象範囲	護岸工		帯工		砂防堰堤		直接工事費合計	事業費 (Million S/.)
		数量 (km)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)		
Yauca	全流域	565	S/.604	57	S/.2	97	S/.144	S/.750	S/.1,412
	優先範囲	565	S/.604	57	S/.2	37	S/.54	S/.660	S/.1,242

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 アレキパ州ヤウカ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 Yauca, Departamento Arequipa)

2.2 形成および執行機関

(1) 形成機関

名称：農業省水インフラ総局 (Dirección General de Infraestructura Hidráulica, Ministerio de Agricultura)
責任者：オルランド・エルナン・チリノス・トルヒーヨ (Orlando Hernán Chirinos Trujillo)
水インフラ総局長 (Director General de Dirección General de Infraestructura Hidráulica)
住所：Av. Benavides N° 395 Miraflores, Lima12 – Perú
電話：(511) 4455457/6148154
eメール：ochirinos@minag.gob.pe

(2) 執行機関

名称：農業省灌漑サブセクタープログラム (Programa Subsectorial de Irrigaciones, Ministerio de Agricultura)
責任者：ホルヘ・ツニーガ・モルガン (Ing. Jorge Zúñiga Morgan)
実施局長 (Director Ejecutivo)
住所：Jr. Emilio Fernandez N° 130 Santa Beatriz, Lima-Perú
電話：(511)4244488
eメール：postmast@psi.gob.pe

2.3 関係機関と被益者の参加

本プロジェクトに関係する機関をよび被益者は次のとおりである。

(1) 農業省 Ministerio de Agricultura(MINAG)

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

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

1) 総務局 (Oficina de Administracion, OA)

- プログラムの管理とプログラムの予算執行を司る。
- 管理および財務ガイドラインの作成を立案する。

2) 農業省水インフラ総局 (Dirección General de Infraestructura Hidráulica, DGIH)

- 投資プログラムの調査、コントロール、実施を司る。
- OPI と協力してプログラムの一般的なガイドラインを立案する。

3) 計画投資室 (Oficina de Planeamiento e Inversiones, OPI)

- 投資プログラムの事前審査を行う。
- プログラムの管理とプログラムの予算執行を司る。
- 管理および財務ガイドラインの作成を立案する。

4) 農業省灌漑サブセクタープログラム (Programa Subsectorial de Irrigaciones, PSI)

- OPI および DGPM により承認された投資プログラムを実施する。

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

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

- 公共投資事業の妥当性・実施可能性を審査する公共投資国家システム (SNIP) に基づき公共投資事業の承認を行い、これに基づき国家予算の支出や JICA ローンの申請を許可する。

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

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

(4) 地方政府 (Gobiernos Regionales, GORE)

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

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

(5) 水利組合 (Comisión de Regantes)

ヤウカ川流域には 3 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。ヤウカ川流域の水利組合の概要を下に示す (詳細は 3.1.3 を参照)。流域における農地および灌漑施設に関連する堤防、護岸、取水堰、灌漑水路などの維持管理は地方政府の支援を得て、主としてこれらの水利組合および構成員により実施されている。

灌漑セクターの数	3
灌漑委員会の数	3
灌漑面積	1,614 ha
受益者	557 人

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

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

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

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

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

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

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

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

地方農業局は州政府の下で次のような機能を果たしている。

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

2.4 構想の枠組み(関連性の枠組み)

2.4.1 プログラムの背景

(1) 調査の背景

ペルー国 (以下、「ペ」国) は、地震、津波などの自然災害リスクの高い国であり、洪水災害リスクも高く、特に数年の周期で発生するエルニーニョ現象が起こる年は、各地で豪雨による洪水・土砂災害が多発するといわれている。近年においても 1982-1983 年および 1997-1998 年にエ

エルニーニョ現象により大きな被害を受けているが、中でも最も被害が大きかったのは、エルニーニョ現象が発生した 1997 年から 1998 年にかけての雨季で、洪水・土砂災害等により「ペ」国全体で 35 億ドルもの被害を受けた。直近の洪水災害としては、2010 年 1 月末に、世界遺産マチュピチュ付近が集中豪雨に見舞われて鉄道や道路が寸断されるなどし、観光客ら約 2 千人が孤立した災害が発生したことは記憶に新しい。

このような背景のもと、1997～98 年の間、中央政府は「エルニーニョ第一・第二期緊急計画」を実施した。同計画は、エルニーニョの被害を受けた水利インフラの復旧のためのものであり、農業省が管轄していた。また農業省 (MINAG) 水インフラ総局 (DGIH) は、浸水リスク地域に存在する集落、農地、農業施設等を洪水氾濫の被害から守るため、河川流路整備・取水構造物保護プログラム (PERPEC) を 1999 年に設立し、州政府に対する護岸整備事業のための資金支援を実施してきた。2007 年～2009 年までの PERPEC の多年度計画では、国全体で 206 の護岸事業の実施が提案された。それらのプロジェクトは、50 年確率洪水で計画されているが、局所的な護岸保全事業等の小規模な事業であり、抜本的・統合的な治水整備となっていないため、洪水の度に異なる場所で被害が発生することが課題となっている。

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

(2) 調査の経緯

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

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

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

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

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

JICA はこの要請を受諾し、第二回目のミニッツオブミーティング変更行い上記流域の調査を行う事とした (Second Amendment on Minutes of Meetings on Inception Report, Lima, July 22, 2011 参照)。

これに基づき JICA 調査団は同流域のプレ F/S レベルの調査を 8 月に開始し、11 月末までに完了した。

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

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

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, N° 26821)

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

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

第 10 編 セクター別政策

“農業は高いリスクや天候の脆弱性のもとで行われる生産活動で、それらは予見しかつ軽減され得るものである。……” またインフラや農作物や家畜に対する損害により生ずる

コストは農業の発展に障害となり、結果としてその地域や地方や国家の諸条件の悪化を助長する。”

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

農業省 (MINAG) 水インフラ総局 (DGIH) は、浸水リスク地域に存在する集落農地、農業施設等を洪水氾濫の被害から守るため、河川流路整備・取水構造物保護プログラム (PERPEC) を 1999 年に設立し、州政府に対する護岸整備事業のための資金支援を実施してきた。

第3章 アイデンティフィケーション

3.1 現状分析

3.1.1 自然条件

(1) 位置

調査の対象地域であるヤウカ川の位置は、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

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

年間雨量に関しては観測所のデータが十分に揃っていないため詳細は不明であるが、標高 2000

～3000m で 500mm 程度である。降水量は比較的少ないものと推測される。

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

3.1.2 対象地域の社会経済

(1) 行政区分および面積

ヤウカ川はアレキパ州 Caravelí 郡に位置する。ヤウカ川周辺の町名およびその面積を表-3.1.2-1 に示す。

表-3.1.2-1 ヤウカ川周辺の町および面積

州(Región)	郡(Provincia)	町(Distrito)	面積(km ²)
アレキパ	カラベリ (Caravelí)	ヤウカ (Yauca)	556.30
		ハキ (Jaquí)	424.73

(2) 人口および世帯数

1993 年と 2007 年の人口の変化を整理して表-3.1.2-2 に示す。2007 年の人口は 1,708 人でそのうち 84% の 2,844 人が都市部に、16% の 549 人が地方部に居住している。

Yauca では全体の人口は横ばいであるが地方部の人口は減少している。Jaqui では都市部、地方部とも人口が減少している。

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
Yauca	1,442	84%	266	16%	1,708	1,370	81%	321	19%	1,691	0.4%	-1.3%
Jaqui	1,402	83%	283	17%	1,685	2,016	81%	482	19%	2,498	-2.6%	-3.7%
Total	2,844	84%	549	16%	3,393	3,386	81%	803	19%	4,189	-1.2%	-2.7%

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

2007 年の世帯数および家族数を表-3.1.2-3 に示す。1 世帯当りの人数は、Yauca では 3.5 人、Jaqui では 3.7 人である。1 家族当りの人数は、Yauca では 3.4 人、Jaqui では 3.5 人である。

表-3.1.2-3 世帯数および家族数

項目	町名	
	Yauca	Jaqui
人口 (人)	1,708	1,685
世帯数	492	461
家族数	499	483
1世帯数当り人数 (人/1世帯)	3.47	3.66
1家族当り人数 (人/1家族)	3.42	3.49

(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。Yauca は第 1 次産業従事者の割合が 39%、第 3 次産業従事者が 51%と第 3 次産業従事者の比率が高くなっている。一方 Jaqui では、第 1 次産業従事者の割合が 55%、第 3 次産業従事者が 35%と第 1 次産業従事者の比率が高くなっている。

表-3.1.2-4 労働従事状況

	町名			
	Yauca		Jaqui	
	人	%	人	%
経済活動人口	688	100	604	100
第1次産業	269	39.1	334	55.3
第2次産業	68	9.9	56	9.3
第3次産業	351	51.0	214	35.4

* 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

(4) 貧困率

貧困率を表-3.1.2-5 に示す。全地域住民のうち 28.2%にあたる 956 人が貧困者であり、4.4%にあたる 150 人が極度の貧困者である。

表-3.1.2-5 貧困率

	町名					
	Chincha Alta		Tambo de Mora			
	人	%	人	%	合計	%
地域人口	1,708	100	1,685	100	3,393	100
貧困者	449	26.3	507	30.1	956	28.2
極貧困者	71	4.2	79	4.7	150	4.4

(5) 住居の形態

家の壁には、全体の 55%が煉瓦又はセメント、24%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 95%占めている。

上水の普及率は Yauca で 66%、Jaqui で 68%である。公共の下水道の普及率は Yauca で 63%、Jaqui で 22%と Jaqui での普及が遅れている。電気の普及率は平均で 78%である。

表-3.1.2-6 住宅状況

Variable/Indicador	Distritos			
	Yauca		Jaqui	
	世帯	%	世帯	%
世帯数				
居住者が居る一般住宅	492	59.3	461	79.2
壁財				
煉瓦 or セメント	262	53.3	265	57.5
日干し煉瓦、泥壁	133	27	100	21.7
竹材+泥壁 or 木材	44	8.9	68	14.8
その他	53	10.8	28	6.1
床材				
土	136	27.6	160	34.7
セメント	315	64	290	62.9
タイル、寄木、高級木材	38	7.7	10	2.2
その他	3	0.6	1	0.2
上水システム				
住宅内まで公共上水システムあり	325	66.1	313	67.9
敷地内に公共上水システムあり	27	5.5	49	10.6
公共の水栓	4	0.8		
下水、トイレ				
住宅内に下水あり	308	62.6	99	21.5
敷地内に下水あり	19	3.9	27	5.9
簡易トイレ (穴)	23	4.7	147	31.9
電力				
公共電力	422	85.8	321	69.6
家族数				
居住者がいる一般世帯に住む世帯	499	100	483	100
家電製品				
3つ以上の家電製品	198	39.7	136	28.2
通信情報サービス				
固定電話と携帯電話	241	48.3	7	1.4

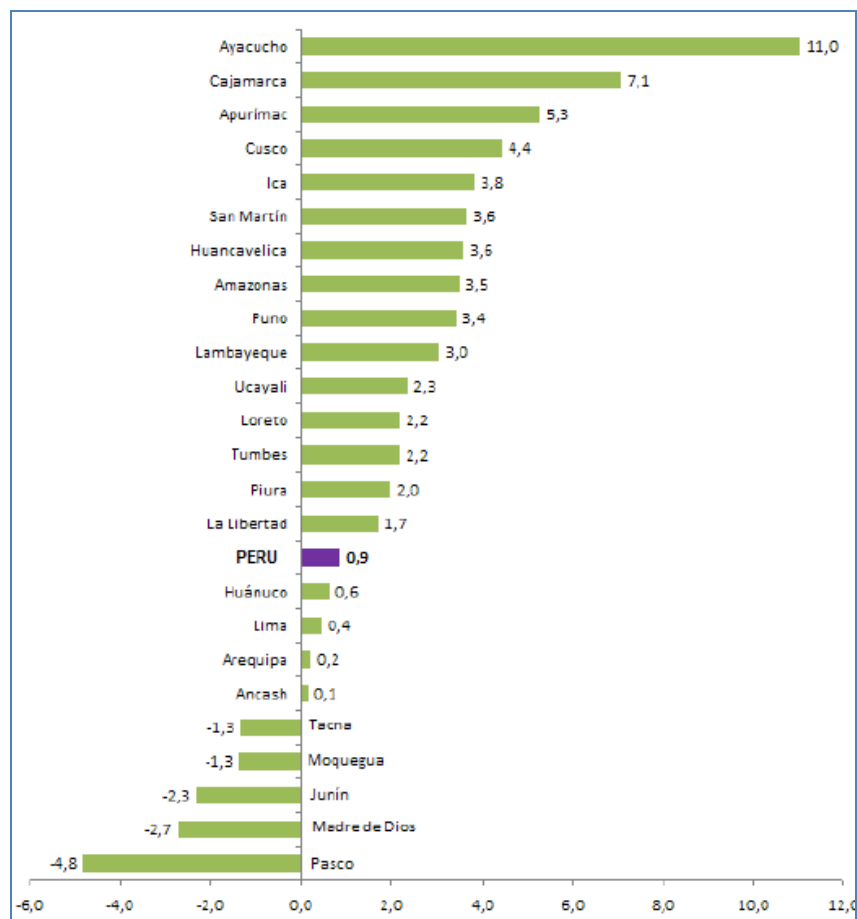
Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Instituto Nacional de Estadística –INEI, Censo de Población y Vivienda, 2007.

(6) GDP

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

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

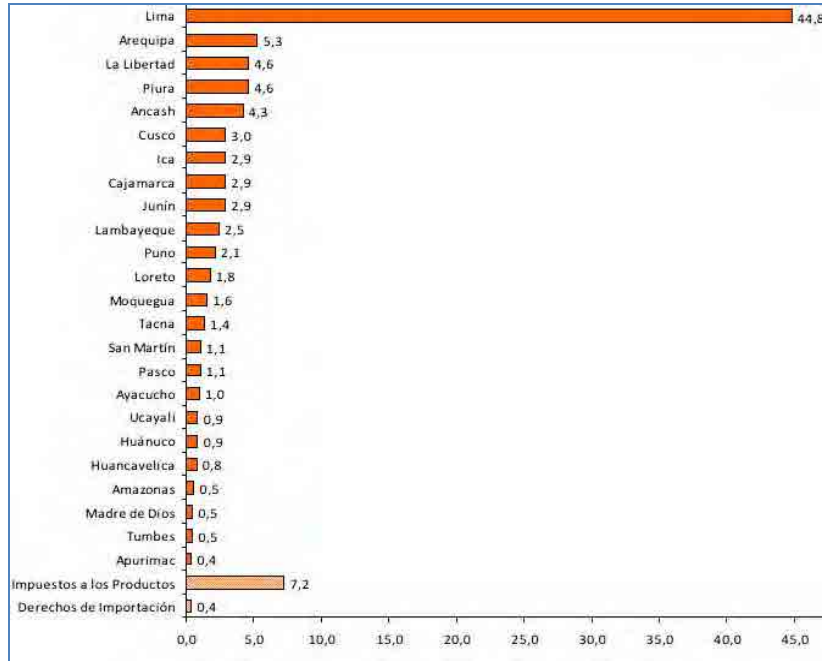
州別のGDPをみると、イカ州が3.8%、ピウラ州が2.0%、リマ州が0.4%、アレキパ州0.2%の成長率を示している。特に、イカ州およびピウラ州は国の全体の値よりも高い成長率を示している。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-1 州別 GDP 成長率(2009/2008)

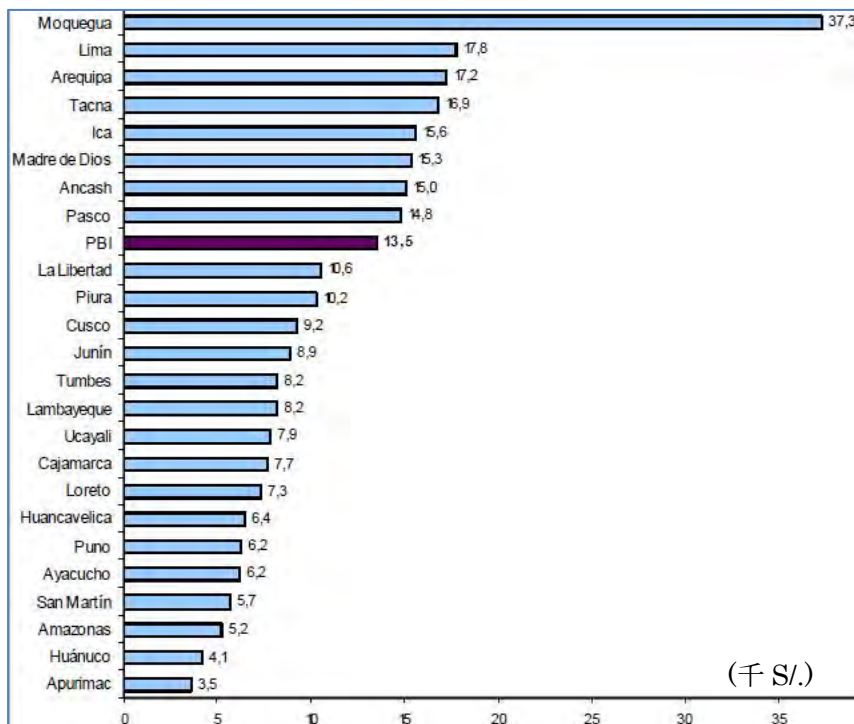
以下に GDP への寄与率を州ごとに示している。リマ州が全体の半分近く 44.8% に寄与している。その他の州の寄与率は、アレキパ州が 5.3%、ピウラ州が 4.6%、イカ州が 2.9% である。また、税金と輸入関税がそれぞれ 7.2%、0.4% 寄与している。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-2 州別の GDP への寄与率

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



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-3 1人当たり GDP (2009年)

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

なお、表-3.1.2-7の値は1994年を基準年とした値である。

表-3.1.2-7 1人当たりGNPの経年変化(2001-2009)

(基準年1994年 S/)

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

Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

3.1.3 農業

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

(1) 灌漑セクター

水利組合の概要を表-3.1.3-1に示す。ヤウカ川流域には、3つの灌漑セクター、3の灌漑委員会があり、557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1,614haである。

表-3.1.3-1 水利組合の概要

Sector de Riego	Comisión de Regantes	Áreas Bajo Riego		Nº de Beneficiarios	Rio
		ha	%		
Yauca	Yauca	523	32	350	Yauca
Mochica	Mochica	456	28	57	
Jaqui	Jaqui	635	39	150	
Total		1,614	100	557	

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

(2) 主要農産物

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

ヤウカ川流域では、オリーブが作付面積の約 7 割、売上額の 8～9 割を占めており。オリーブがこの地域の基幹産業である。

また、2007-2008 年の売上額は合計 24,953,486 (S/) とオリーブの収穫量が増えた影響で売上高が例年の倍以上となっている。

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	Total
オリーブ	作付け面積(Ha)	1,002	1,002	1,002	1,162	SD	4,168
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	6,009	4,846	3,604	11,635	SD	
	収穫量(Kg)	6,021,018	4,855,692	3,611,208	13,519,870		28,007,788
	取引単価 (S./kg)	1.41	1.75	1.90	1.70	1.90	
	売上高(S/.)	8,489,635	8,497,461	6,861,295	22,983,779		46,832,171
アルファルファ	作付け面積(Ha)	328	347	309	290	257	1,531
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	31,160	28,096	33,074	32,480	28,674	
	収穫量(Kg)	10,220,480	9,749,312	10,219,866	9,419,200	7,369,218	46,978,076
	取引単価 (S./kg)	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	
	売上高(S/.)	919,843	974,931	1,021,987	941,920	736,922	4,595,603
綿花	作付け面積(Ha)	56	53	85	77	85	356
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	2,035	1,990	2,693	3,297	2,760	
	収穫量(Kg)	113,960	105,470	228,905	253,869	234,600	936,804
	取引単価 (S./kg)	2.20	2.00	2.70	2.54	1.82	
	売上高(S/.)	250,712	210,940	618,044	644,827	426,972	2,151,495
とうもろこし (黄)	作付け面積(Ha)	20	163	110	33	13	339
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	6,633	7,752	6,719	7,202	8,005	
	収穫量(Kg)	132,660	1,263,576	739,090	237,666	104,065	2,477,057
	取引単価 (S./kg)	0.52	0.50	0.70	1.00	0.70	
	売上高(S/.)	68,983	631,788	517,363	237,666	72,846	1,528,646
サツマイモ	作付け面積(Ha)	10	16	22	23	11	82
	単位面積当たり収穫量 (kg/Ha)	7,583	7,792	7,710	7,611	10,127	
	収穫量(Kg)	75,830	124,672	169,620	175,053	111,397	656,572
	取引単価 (S./kg)	0.59	0.60	0.75	0.83	0.92	
	売上高(S/.)	44,740	74,803	127,215	145,294	102,485	494,537
その他	作付け面積(Ha)	27	147	46	29	95	344
合計	作付け面積(Ha)	1,443	1,728	1,574	1,614		6,359
	収穫量(Kg)	16,563,948	16,098,722	14,968,689	23,605,658	7,819,280	79,056,297
	売上高(S/.)	9,773,913	10,389,923	9,145,903	24,953,486	1,339,225	55,602,451

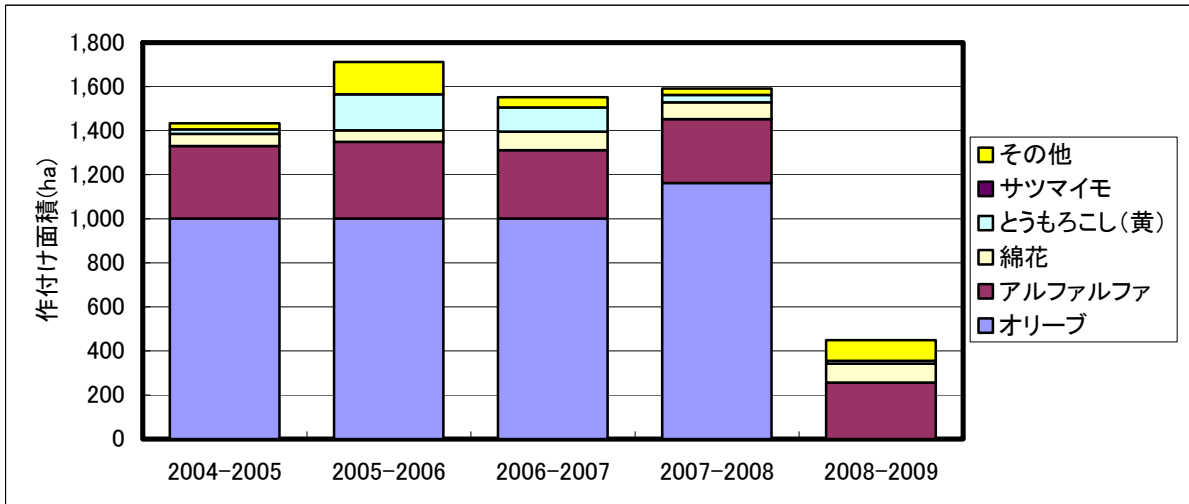


図-3.1.3-1 作付け面積

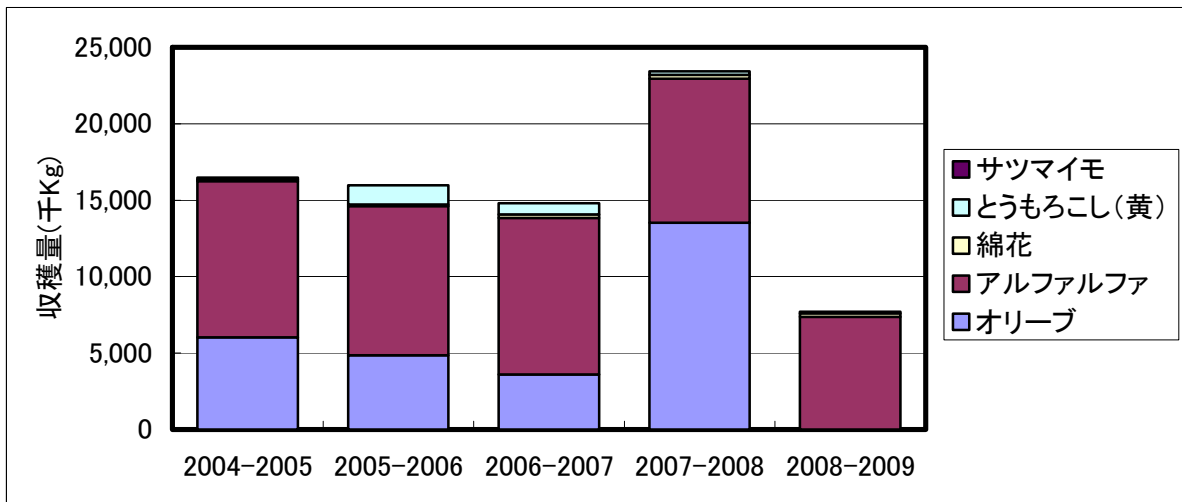


図-3.1.3-2 収穫量

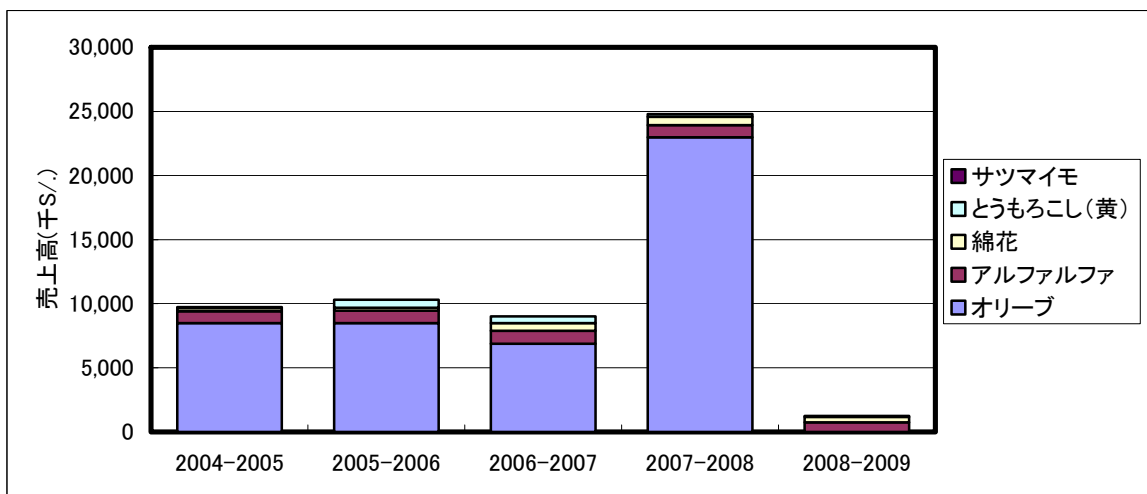


図-3.1.3-3 売上額

3.1.4 インフラ

(1) 灌漑施設

ヤウカ川には、48の取水堰があり、そのうち2箇所は常設の堰である。

灌漑水路の延長は、メイン水路、1次水路、2次水路合計で191.96kmである。そのうち24.14km(12.6%)の水路が被覆されている。

表-3.1.4-1 灌漑施設概要

JUNTA DE USUARIOS	COMISION DE REGANTES	BOCATOMA			CANAL DE DERIVACION			CANAL DE PRIMER ORDEN			CANAL SEGUNDO ORDEN			CANAL TERCER ORDEN			TOTAL DEL SISTEMA							
		Nº	TIPO (cantidad)		Nº	Revestido (km)	sin Revestido (km)	Longitud Total (km)	Nº	Revestido (km)	sin Revestido (km)	Longitud Total (km)	Nº	Revestido (km)	sin Revestido (km)	Longitud Total (km)	Nº	Revestido (km)	sin Revestido (km)	Longitud Total (km)	Nº Totales de Canales	Revestido (km)	sin Revestido (km)	Longitud Total (km)
Permanente	Rústico																							
Sub Distrito de Riego Acari	Chaviña	1	1		1	2.708	1.372	4.080	1	0.000	1.336	1.336				0.00				0.000	2	2.71	2.71	5.42
	Acari Bajo	10	1	9	10	4.882	10.673	15.555	5	4.562	6.324	10.886	1	0.00	2.50	2.50				0.000	16	9.44	19.50	28.94
	Acari Pueblo	1	1	0	1	2.540	0.000	2.540	1	4.000	0.000	4.000	7	2.48	14.49	16.96	2	0.000	0.842	0.842	11	9.02	15.33	24.34
	Chocavento	2		2	2	0.250	1.850	2.100	2	4.500	6.000	10.500				0.00				0.000	4	4.75	7.85	12.60
	Molino	3	1	2	3	6.360	1.125	7.485	2	3.300	3.200	6.500	1	0.00	0.60	0.60				0.000	6	9.66	4.92	14.58
	Huarato Amato																							
	Visija	8		8	8	1.800	15.847	17.647				0.000				0.00				0.000	8	1.80	15.85	17.65
	Malco	2		2	2	3.000	2.350	5.350	2	0.000	1.500	1.500				0.00				0.000	4	3.00	3.85	6.85
	Huanca	3		3	3	2.700	11.827	14.527				0.000				0.00				0.000	3	2.70	11.83	14.53
	Lisahuacchi	12		12	12	0.000	36.430	36.430				0.000				0.00				0.000	12	0.00	36.43	36.43
SUBTOTAL	42	4	38	42	24.24	81.47	105.71	13	16.36	18.36	34.72	9	2.48	17.58	20.06	2	0.00	0.84	0.84	66	43.08	118.26	161.34	
Bella Union		1	1		1	17.75	2.05	19.80	3.00	16.76	9.57	26.33	13.00	5.18	16.99	22.16	0.00	0.00	0.00	0.00	17	39.69	28.61	68.29
	Lateral 1	1	1				0	1	5.584	3.216	8.8	5	2.476	5.497	7.973				0	6	8.06	8.71	16.77	
	Lateral 2	1	1				0	1	2.35	6.35	8.7	4	1.25	4.79	6.04				0	5	3.60	11.14	14.74	
	Lateral 3	1	1				0	1	8.825	0	8.825	4	1.45	6.7	8.15				0	5	10.28	6.70	16.98	
	SUBTOTAL	4	4	0	1	17.75	2.05	19.80	3.00	16.76	9.57	26.33	13.00	5.18	16.99	22.16	0.00	0.00	0.00	0.00	17	39.69	28.61	68.29
Sub Distrito de Riego Yauca	Yauca	9	2	7	9	5.75	15.55	21.30	9	1	7.96	8.96	3	0.65	3.91	4.56				21	7.40	27.42	34.82	
	Mochica	1	0	1	1	2.50	11.00	13.50	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00				1	2.50	11.00	13.50	
	Jaqui	13	0	13	13	14.24	27.72	41.96	5	0	4.35	4.35	0	0.00	0.00	0.00				18	14.24	32.07	46.31	
	San Luis Palca	11	0	11	11	0.00	35.80	35.80	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00				11	0.00	35.80	35.80	
	Lampalla	12	0	12	12	0.00	48.82	48.82	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00				12	0.00	48.82	48.82	
	Cuesta Chaqui	2		2	2	0.00	12.70	12.70	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00				2	0.00	12.70	12.70	
	SUBTOTAL	48	2	46	48	22.49	151.59	174.08	14	1	12.31	13.31	3	0.65	3.91	4.56	0	0	0	0	65	24.14	167.81	191.95
TOTAL	94	10	84	91	64.48	235.117	299.597	30	34.121	40.236	74.357	25	8.302	38.478	46.78	2	0	0.842	0.842	148	106.903	314.673	421.576	

(2) PERPEC

ヤウカ川流域では、2006年から2009年にPERPECにより実施された事業は無い。

3.1.5 洪水被害の実態

(1) 全国における被害

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

表-3.1.5-1 洪水被害状況

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

出展 : Compendio estadísticos de SINADENCI

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

1997-1998 では被災者数が約 502,461 人、被害額は US\$1,800,000,000 であった。なお、1982-1983 の被害では GNP が 12%ダウンするほどの被害であった。

表-3.1.5-2 被害状況

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

「—」：記録記載無し

(2) 調査対象流域における災害

調査対象地域が属するアレキパ州における災害は、表-3.1.5-3 に示すとおりである。

表-3.1.5-3 アレキパ州における災害

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)																1	1	
ALUVION (沖積層)											5						5	
DERRUMBE (倒壊)						1	1	1									4	
DESGLIZAMIENTO (地すべり)		1		1	1	2	1	1	4	3	4	2			1	2	23	
HUAYCO (鉄砲水)	6	1	7	14	3	2	4				2	2	1		9	3	54	
土砂災害の合計	6	2	7	15	4	5	6	2	4	3	11	4	1	0	10	7	87	5
洪水の合計	3	1	42	6	44	2	15	3	1	2	2	3	0	1	3	3	131	8

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

○最下流の橋地点

- 主要農作物はオリーブ。
- 2年前の洪水のとき氾濫して樹齢 100 年くらいのオリーブの木が 400 本倒されてしまった。

- 1998年のエルニーニョ洪水で河床が上昇した。
- 1983年のエルニーニョのときに一番水位が上昇した。この橋(パナアメリカナが通っている橋)の橋脚の上端くらいまで上昇した。

○サンフランシスコ

- ここから少し下流に見える小さいオリーブの木のところが今年の洪水で流されたところ。
- オリーブの木は植えてから8年で収穫できるようになる。20~30年のものが一番収穫量が多い。100年~500年の木もある。
- 1本の木で200~250kg/年の収穫がある。1haで100本。1キロ3.5ソルで売れる。
- 下流セクター全体で約400ha

○モチーカの取水口

- 1700リットル/s取水している。
- 中流セクターでは580haのオリーブ畑がある。
- 収穫量は1本あたり80kg/年(Maxで200kg)。豊作の年は1haあたり10,000kgの収穫がある。
- 上流のアヤクーチョにダムがある。8~9月の1ヶ月だけ放流している。
- ダムの貯水量は総量で $23 \times 106m^3$
- ダムは建設されて120年が経っており、ひび割れ漏水している。2006年までヤウカともう1つのコミュニティで使っていたが、現在、もう1つのコミュニティが使うようになった。用水量に余裕は無い。
- ダムの放流期間を決めているのは農業省。
- ここの取水を最大限に利用できるようにしてほしい。水が河床を抜けて流れてしまうのを防いで欲しい。
- この地点の対岸側の河川敷を許可もなく農地にしているので困る。
- 河床は上昇している。

○狭窄部の橋(ヤウカ川上流の最後の橋)

- この橋より上流はハキーのセクター。
- ハキーのオリーブ畑は490haある。取水堰は14ある。
- 洪水があると取水堰が壊れて使えなくなってしまう。

○取水口のある地点

- 洪水時はオリーブ畑まで水位が上がる。
- この上流のcanalが洪水で壊れる。
- ここ15年くらい水量が減った。そのため、オリーブを河床近くまで植えるようになった。
- ハキーのcanalはいずれも石積みなので洪水のたびに壊れる。14箇所、どこも同じ頻度で壊れる。(偏って壊れることはない)

○上水用取水堰

- 昨年完成した。

○浄水場

- 最近完成したばかり。

- 現在のところ化学処理はしていない。
- この水は下流のハキーの上水として利用している。

(2) 現地視察の概要

現地の主な視察現場を図-3.1.6-1 に示す。

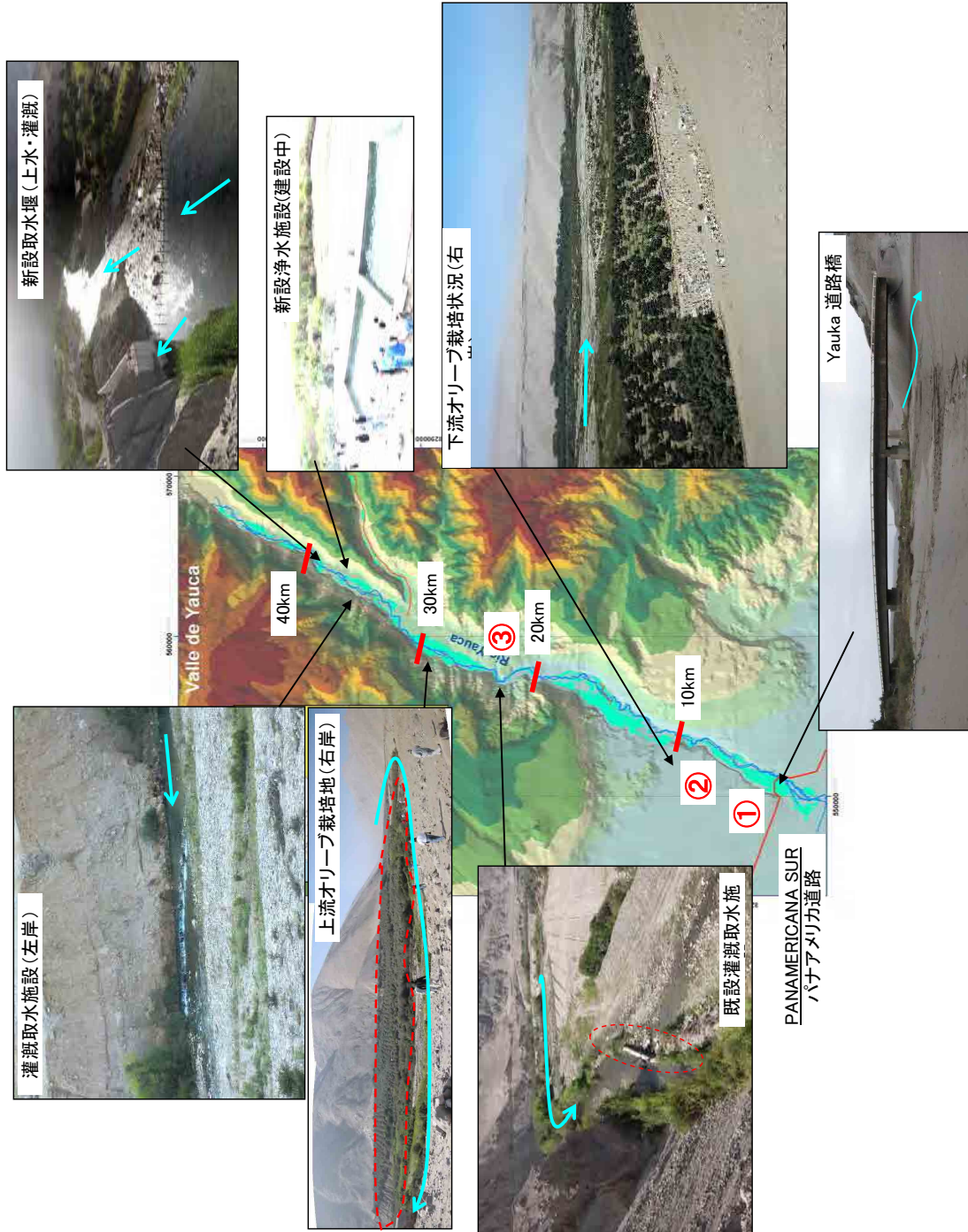


図-3.1.6-1 視察現場の風景 (ヤウカ川)

(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（7.0k 地点下流）

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤウカ川の主要農作物はオリーブ。 ・市街地は比較的標高の高いところにあるため、直接的な洪水氾濫のリスクは小さい。保全対象はオリーブ畑および関連利水施設である。 ・築堤は経験的、部分的になされているが、洪水により河岸が侵食し、オリーブが流失することがある。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> ・農地（主要作物：オリーブ）
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> ・既設堤防の修復 ・護岸工（河岸侵食防止） ・遊水池の設置



図-3.1.6-2 課題1に関する現地状況（ヤウカ川）

2) 課題2：中流域 取水地点 (25.0k 付近)

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・最近対岸の河川敷が農地として利用され始め、河川敷に沿って盛り土された。そのため洪水時の流水が右岸側へ偏る。 ・洪水時の取水施設への影響、車道のある右岸の侵食対策等が主な課題と考えられる。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> ・オリーブ畑 (当該地点および下流域)
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> ・取水施設の補強 ・護岸工 (右岸側岸侵食防止) ・遊水地の設置 (対岸農地を買収して遊水池を設置)

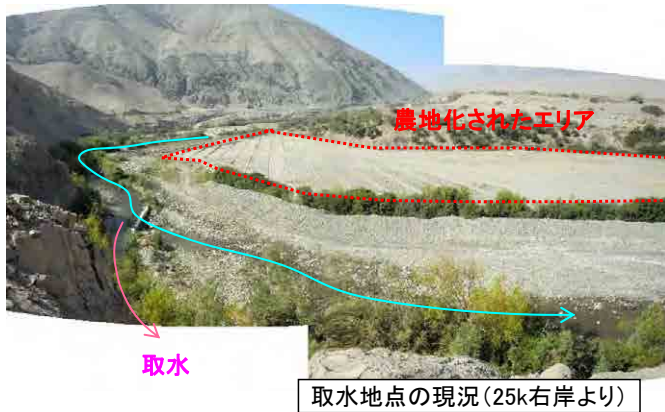


図-3.1.6-3 課題2に関する現地状況 (ヤウカ川)

3) 課題3：上流域 取水地点 (27.0k 上流)

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的簡易な取水堰が多数存在する。 ・洪水の度にどこかの取水堰が破損し、修復が必要となる。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> ・オリーブ畑 (当該地点および下流域)
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> ・遊水地の設置 (洪水ピーク流量の低減) ・取水堰の新設 (既存施設の統合)

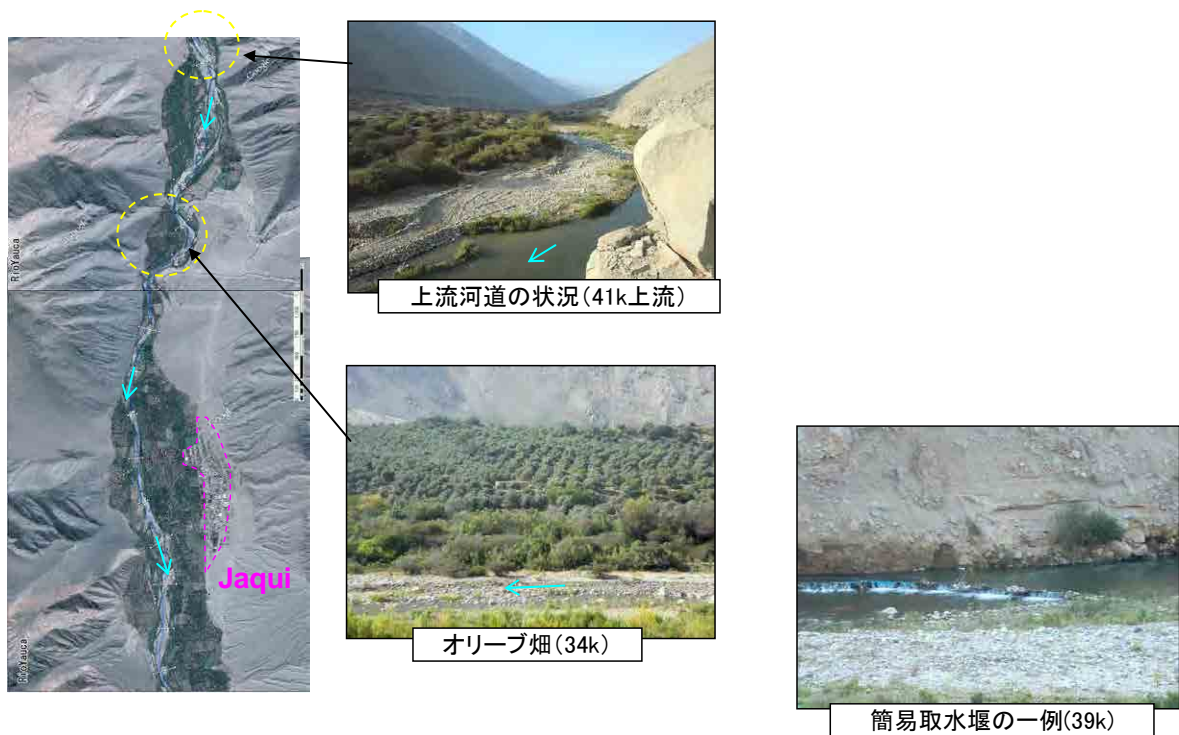


図-3.1.6-4 課題3に関する現地状況 (ヤウカ川)

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

表-3.1.7-1 ヤウカ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、草本・サボテン、灌木林、草地がそれぞれ2~3割程度占めている。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、ヤウカ流域においては、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(ヤウカ流域)

流域名	植生区分								計
	Cu	Dc	Ms	Msh	Mh	Cp	Pj	N	
(植生区分面積：ha)									
ヤウカ流域	69.48	1,433.26	990.99	730.67	234.49	428.64	435.04	0.00	4,322.57
(流域面積に対する割合：%)									
ヤウカ流域	1.6	33.2	22.9	16.9	5.4	9.9	10.1	0.0	100.0

(出典：1995年 INRENA 調査を元に JICA 調査団により作成)

表-3.1.7-3 大区分植生の流域面積に対する割合 (ヤウカ流域)

流域名	植生区分					
	砂漠等 (Cu, Dc)	草・サボテン (Ms)	灌木林 (Msh, Mh)	草地 (Cp, Pj)	雪山 (N)	計
(流域面積に対する割合：%)						
ヤウカ	34.8	22.9	22.3	20.0	0.0	100.0

(出典：1995年 INRENA 調査を元に JICA 調査団により作成)

(3) 森林面積の変化

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

アレキパ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)
Arequipa	6,286,456	-	-	-

(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、Ms)、草原 (Cp、Pj) が減少、乾燥地 (砂漠：Dc) 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								流域面積
	Cu	Dc	Ms	Msh	Mh	Cp	Pj	N	
(植生区分面積：ha)									
ヤウカ (a)	-20.22	33.63	-10.87	34.13	21.15	-42.62	-15.20	-	4,322.57
現況面積 (b)	69.48	1,433.26	990.99	730.67	234.49	428.64	435.04	0.00	4,322.57
現況に対する割合 (a/b) %	-29.1	+2.3	-1.1	+4.7	+9.0	-9.9	-3.5	-	

(4) 植林の現況

前述のように、ヤウカ流域は大型木本植物の生育にはあまり適したところとはいえ、天然植生としてはほとんど分布していない。唯一、河川沿いの地下水位が高いところに集中して生育している。

このような状況にあり、全体として植林の適地がないため、調査対象地では大規模な植林は実

施されていない。少なくとも、商業利益を第一目的とした植林が実施されているという情報は得られなかった。

流域の下流部～中流部では主として次の3種類の植林が実施されている。i)河川沿いに防災のための植林、ii)農地の周囲を囲む防風・防砂のための植林、iii)家屋の周囲を囲む植林。いずれも面積としては非常に少なく、樹種もユーカリが最も多く、次いでモクマオウ、郷土種の植林は少ない。一方、アンデス高地では薪炭供給のための植林、農地を冷害・獣害（家畜）から保全するための植林、水源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年から2003年までの旧県（Departamento）ごとの植林実績が記載されている。ここから、調査対象地に該当する旧県の植林実績を抜粋した（表-3.1.7-6参照）。1994年は植林面積が多いものの、その後急激に植林面積は落ち込んでいる。また、アレキパは沿岸に位置し、降雨量が非常に少ないため植林が可能なところが少なく、また、植林の需要が低いと想定される。

表-3.1.7-6 1994年から2003年までの植林実績

(単位：ha)

県	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	計
アレキパ	3,758	435	528	1,018	560	632	nr	37	282	158	7,408

出典：全国植林計画、INRENA、2005

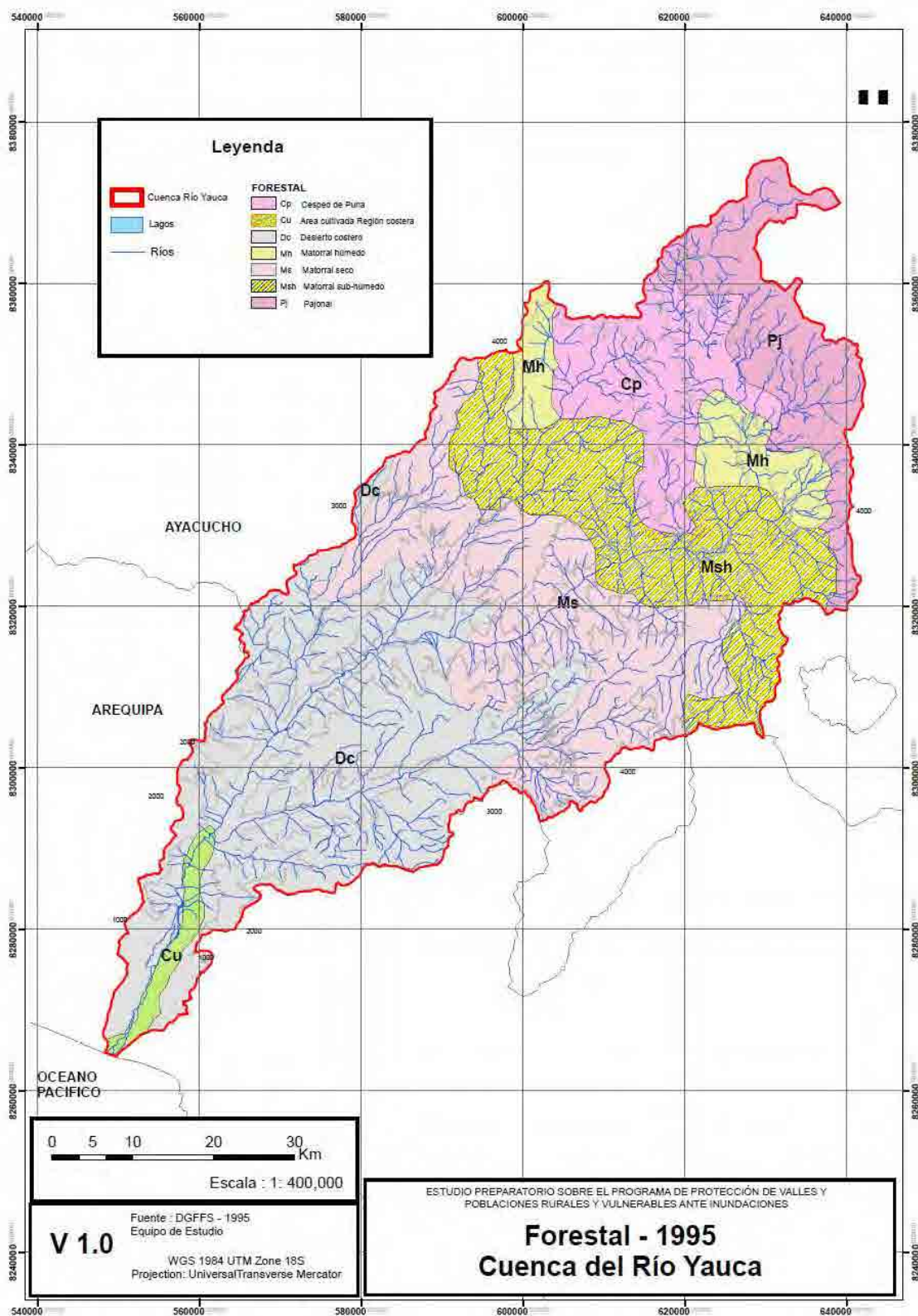


図-3.1.7-1 ヤウカ流域植生分布

3.1.8 土壌侵食の現況

(1) 収集資料および基礎資料の作成

1) 収集資料

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

表-3.1.8-1 収集資料の一覧

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

2) 基礎資料の作成

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

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

(2) 土壌侵食要因の分析

1) 地形特性

i) 標高別面積

各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 ²)
	Yauca
0 - 1000	332.79
1000 - 2000	575.82
2000 - 3000	1302.58
3000 - 4000	1504.8
4000 - 5000	602
5000 - Mas	0.55
TOTAL	4318.54
Max Altitude	5060.00

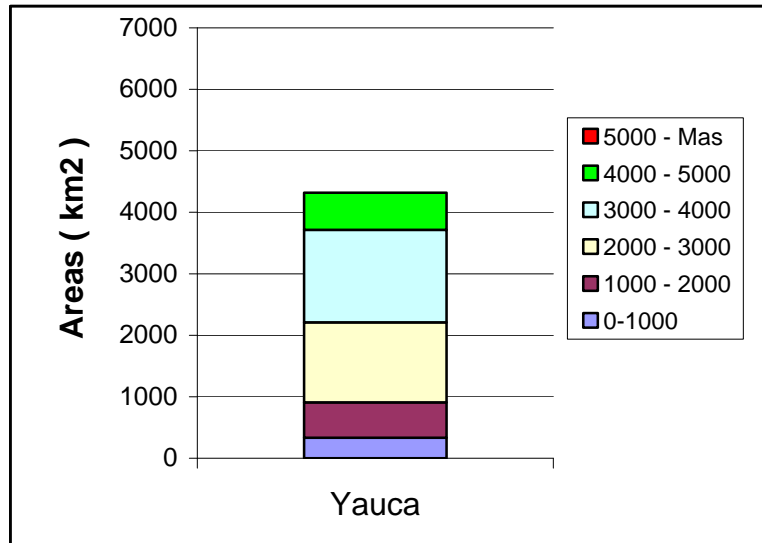


図-3.1.8-1 標高別の面積

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 (%)	Yauca	
	Area(km ²)	percentage
0 - 2	79.01	2%
2 - 15	1190.19	28%
15 - 35	1591.21	37%
Over 35	1458.13	34%
TOTAL	4318.54	100%

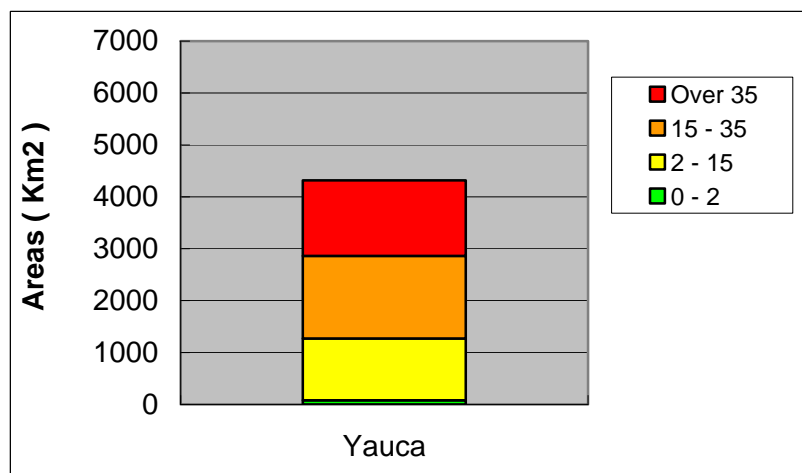


図-3.1.8-2 傾斜区分と面積

iii) 河床勾配

ヤウカ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(%)	Yauca
0.00 - 1.00	39.13
1.00 - 3.33	312.82
3.33 - 16.67	1687.19
16.67 - 25.00	352.42
25.00 - 33.33	185.78
33.33 - Mas	226.92
TOTAL	2804.26

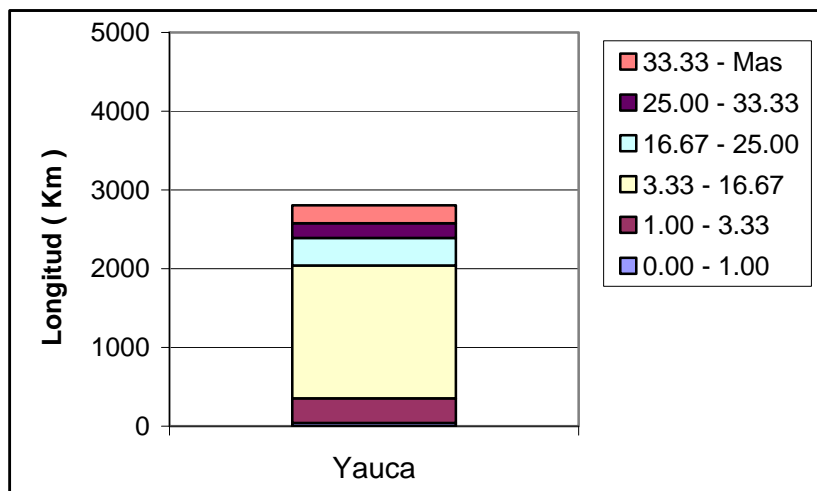


図-3.1.8-3 河床勾配と溪流の総流路長

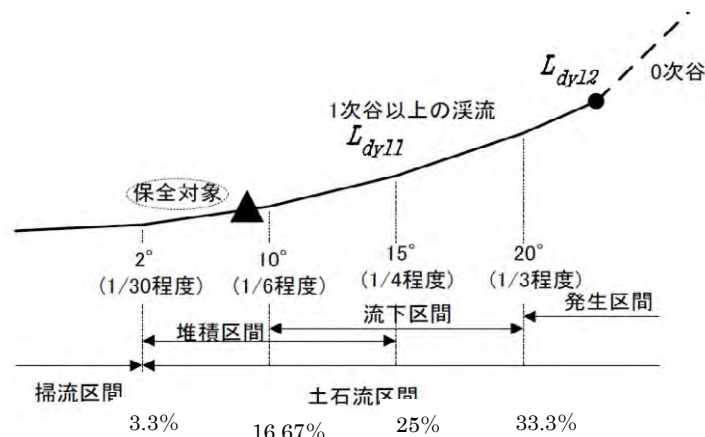


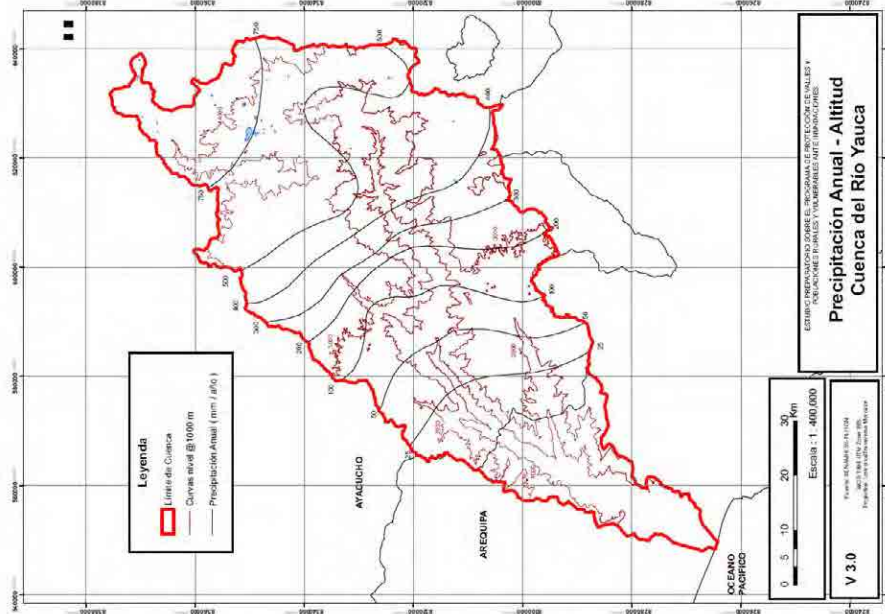
図-3.1.8-4 河床勾配と土砂移動の形態

2) 降雨特性

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

標高 2500～3500m はケチュアという気候区分に入る。この付近では年間 200～300mm の雨が観測されている。ケチュアを越えると標高 3500～4500m のスニと呼ばれる不毛の地域になり、この付近では年間 700mm 程度の雨が観測される。

ヤウカ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 ヤウカ流域等雨量線図

氾濫解析対象エリアでの年間降水量は 0～25mm である。北側の標高 3,000～4,000m のエリアでの年間降水量は 500～750mm である。

3) 侵食特性

流域全体での侵食特性は以下に示す通りである。

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

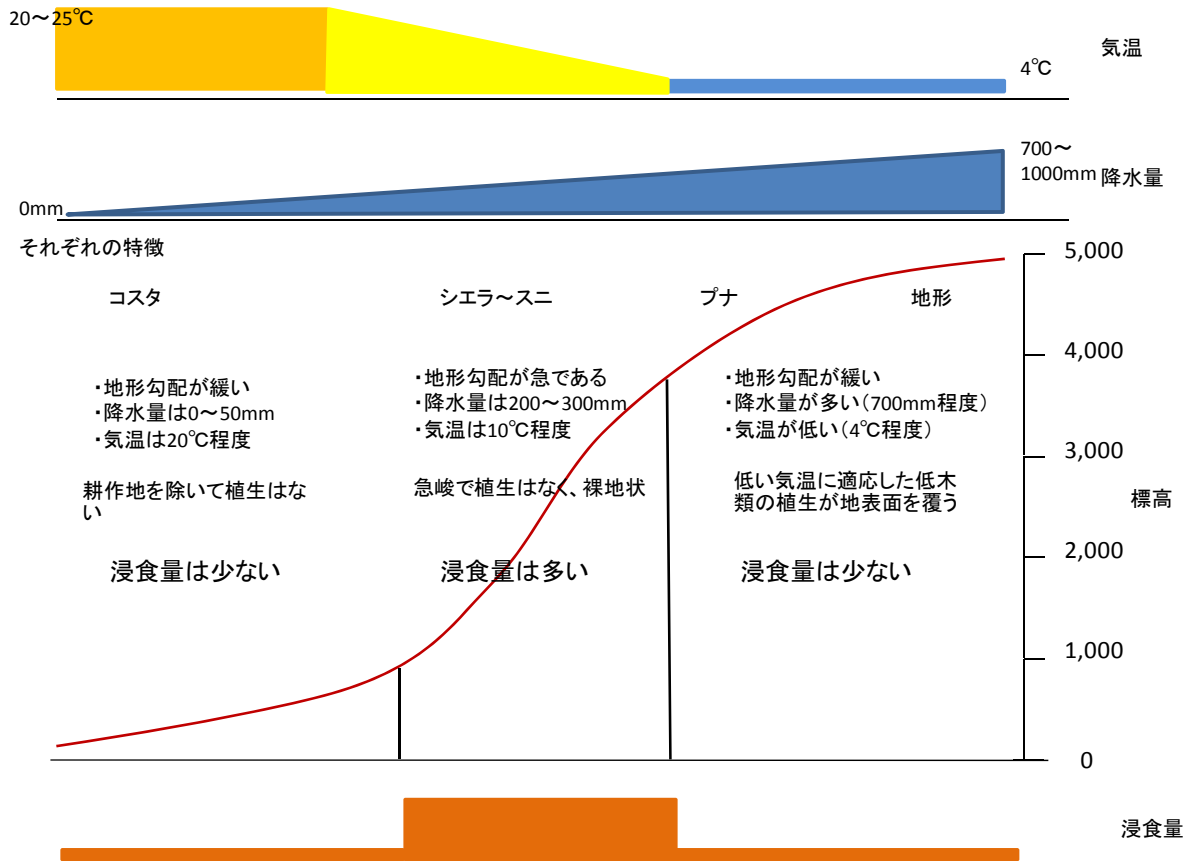


図-3.1.8-6 土壌侵食量と各種要因の関係

(3) 侵食量の大きい箇所の特定

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

ヤウカ川流域は、標高 1,000~3,000m において 35 度以上の斜面が多く分布する。Canete, Chinchá, Pisco に比べると地形は緩いことが分かる。流域の中では標高 1,000~2,000m にかけては 76% が 35 度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 ヤウカ川の標高毎の傾斜区分

Altitude	Slope				total
	0-2	2 - 15	15 - 35	Over 35	
0 - 1000	21.13	106.81	86.07	118.78	332.79
Ratio	6%	32%	26%	36%	100%
1000 - 2000	1.48	40.14	94.66	439.54	575.82
Ratio	0%	7%	16%	76%	100%
2000 - 3000	14.72	350.89	399.92	538.08	1303.61
Ratio	1%	27%	31%	41%	100%
3000 - 4000	25.07	498.75	686.54	295.34	1505.7
Ratio	2%	33%	46%	20%	100%
4000 - 5000	17.56	194.38	324.82	67.24	604
Ratio	3%	32%	54%	11%	100%
5000 - Mas	0.15	0.22	0.1	0.18	0.65
Ratio	23%	34%	15%	28%	100%
Total	80.11	1191.19	1592.11	1459.16	4322.57
Ratio	2%	28%	37%	34%	100%

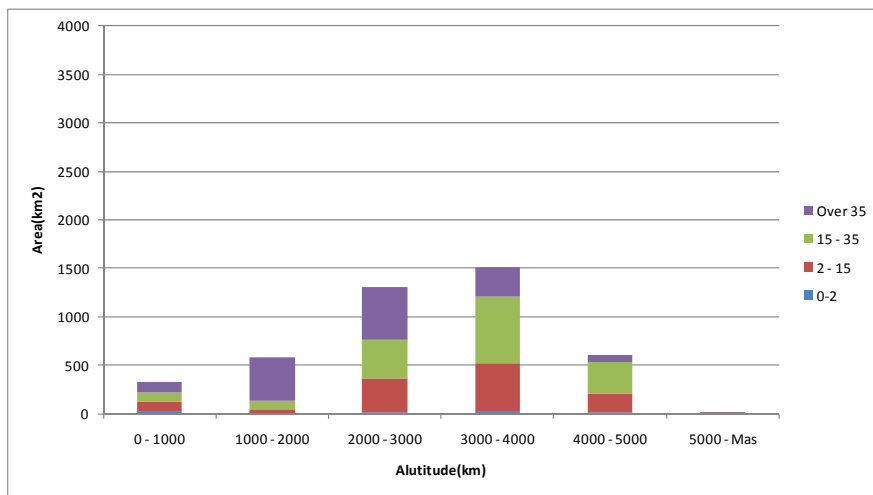


図-3.1.8-7 ヤウカ川の標高毎の傾斜区分

(4) 土砂生産状況

1) 現地調査結果

ピスコおよびカニエテ流域に対して上流域の調査を行った。ヤウカ川では、おおむね同じ状況にあると判断できる。調査結果は以下の通りである。

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

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

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



図-3.1.8-8 安山岩質～玄武岩質の崩壊地



図-3.1.8-9 堆積岩類の土砂生産状況



図-3.1.8-10 サボテンの侵入状況



図-3.1.8-11 河道付近における土砂移動

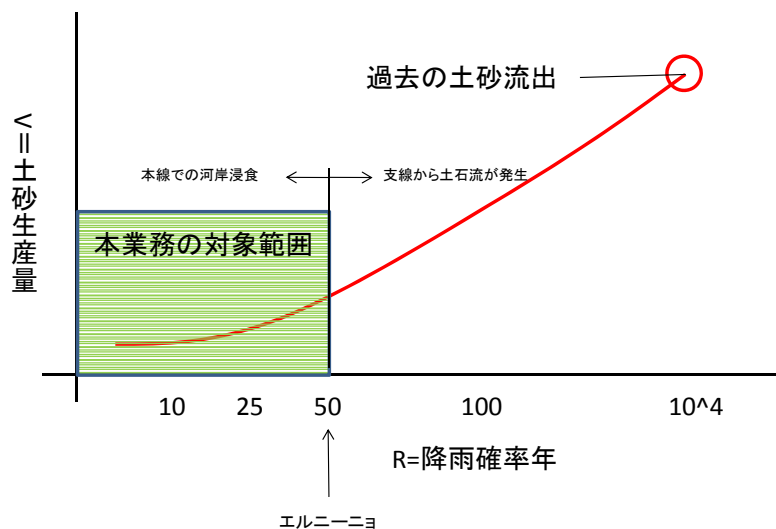
2) 土砂移動状況(河道内)

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

3) 予測される土砂生産流出形態

要因(降雨・流量)の規模に応じた土砂生産流出が予見される。

定量的な経過測量、比較検討を行っていないため、平常時、エルニーニョ程度の降雨および大規模出水時での定性的な所見を以下に示す。本業務の対象範囲は、下図に示す通り 50年確率降雨であり、支線からの土石流が発生する降雨に相当する。



i) 平常時

- ・斜面からの土砂生産はほとんど見られない
- ・段丘面から崩落，脚部に堆積した崖錐に流水があたることによって土砂が生産，下流側へ流出する。
- ・河道内に残置されている中州の堆積土砂が小規模増水時に流路変更に伴い再移動、下流側へ押し出すの 패턴で土砂流出が発生すると考えられる(図-3.1.8-12 参照)。

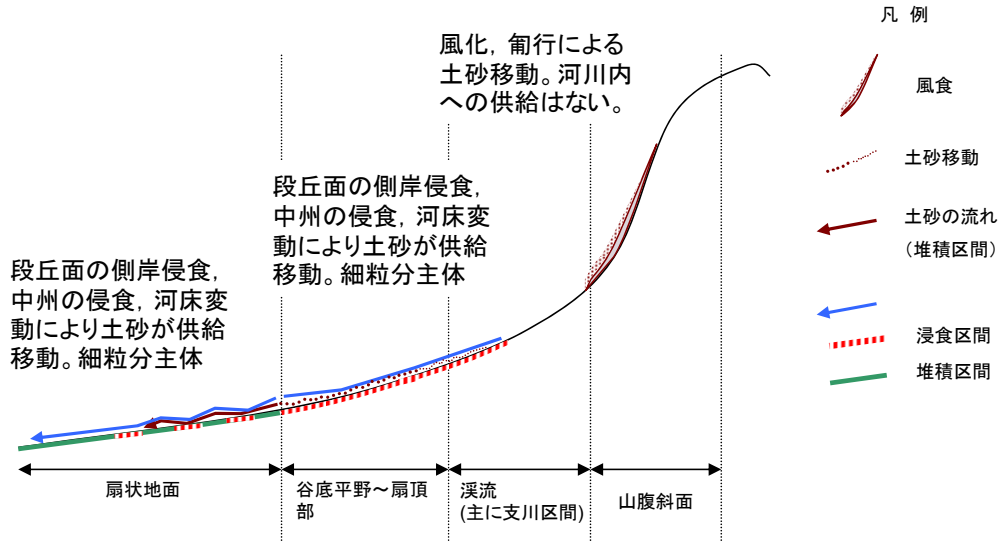


図-3.1.8-12 平常時の土砂生産流出の状態

ii) エルニーニョ (1/50) 程度の豪雨

現地ヒアリングによればエルニーニョ年度には各支線から土石流が発生しているとのことであった。ただし、河道の土砂調節量が多く、下流への影響はあまりないものと推定される。

- ・斜面から水量に見合った量の土砂が流出する。
- ・支線から土石流が発生し本線へ流れ込む。
- ・河道の土砂調節量が多いため、下流への影響はあまりない。

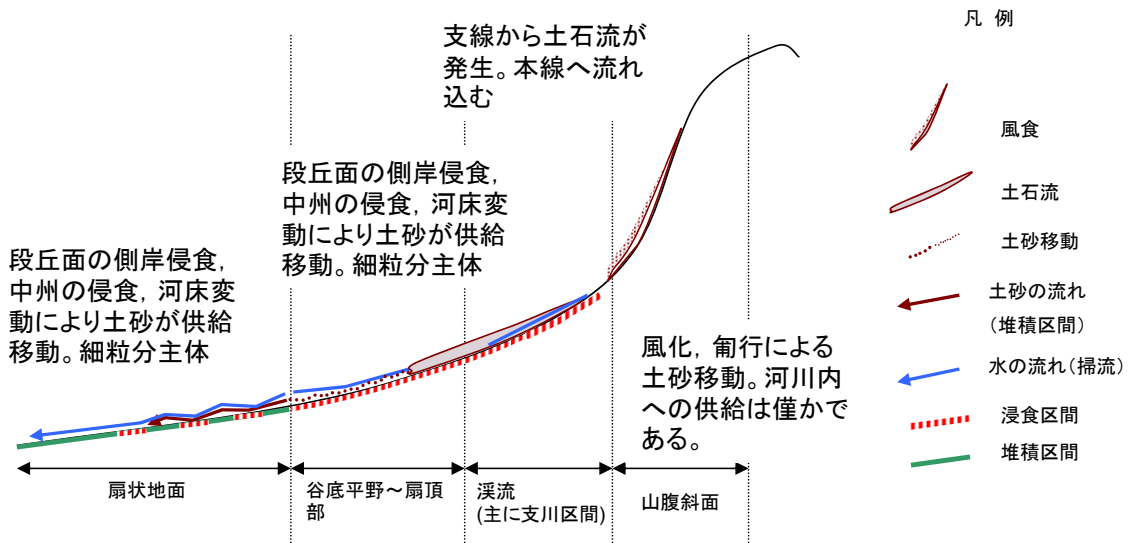


図-3.1.8-13 エルニーニョ (1/50) 程度の豪雨時における土砂生産流出の状態

iii)大規模出水時（現在の段丘面を形成するような出水）10,000年に1回程度

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

およそ10,000年確率規模以上の低確率規模降雨が生じた場合、以下の土砂生産形態が発生すると考えられる(図-3.1.8-14参照)。

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

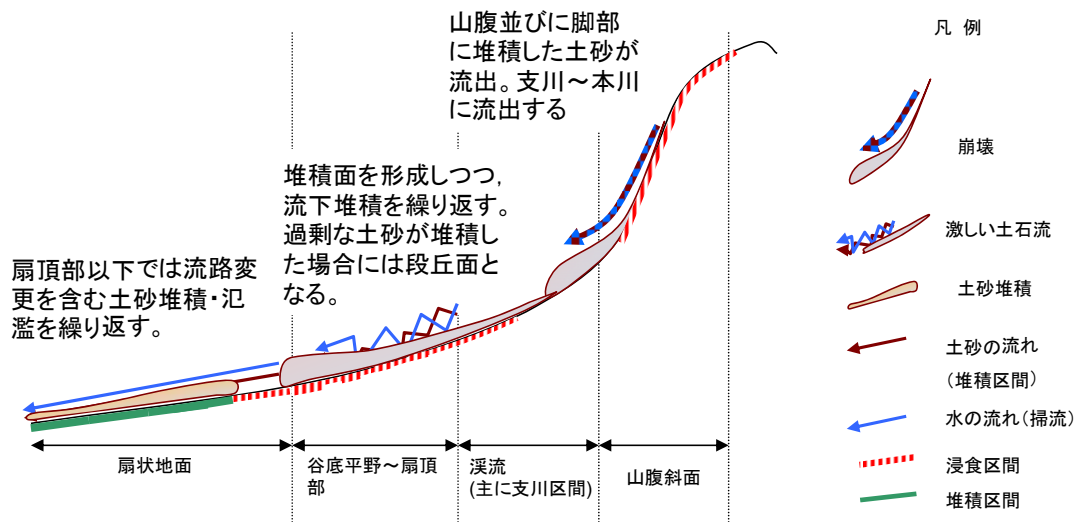


図-3.1.8-14 大規模出水時の土砂生産流出の状態（地質学的スケール）

3.1.9 流出解析

(1) 降雨量データ

1) 降雨観測状況

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

降雨量データは、SENAMHI、ELECT.PERUより収集した。

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

ヤウカ川流域ではこれまでに、7箇所の観測所で雨量観測が行われており（現在未観測地点含む）、最長で1964年から2010年までの47年間観測が行われている。

表-3.1.9-1 雨量観測地点一覧 (ヤウカ川流域)

観測地点名	コード	経度	緯度	標高	観測期間
YAUCA	00743	74° 31'1	15° 40'1		1964-1976, 1979-1982
CARHUANILLAS	157220	73° 44'1	15° 08'1	3,000	1967-1968, 1971-1987
CHAVIÑA	000742	73° 50'1	14° 59'1	3,310	1964-1982
CORA CORA	000743	73° 47'47	15° 01'1	3,172	1964, 1966-1984, 1987-1988, 1991, 1993-2010
SANCOS	000740	73° 57'1	15° 04'1	2,800	1964-1980
TARCO	157216	73° 45'1	15° 18'1	3,300	1967-1969, 1971-1973

表-3.1.9-2 雨量観測データ収集期間 (ヤウカ川流域)

観測地点名	1960	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		
YAUCA																																																					
CARHUANILLAS																																																					
ACHAVIÑA																																																					
CORACORA																																																					
CORACORA 2																																																					
SANCOS																																																					
TARCO																																																					

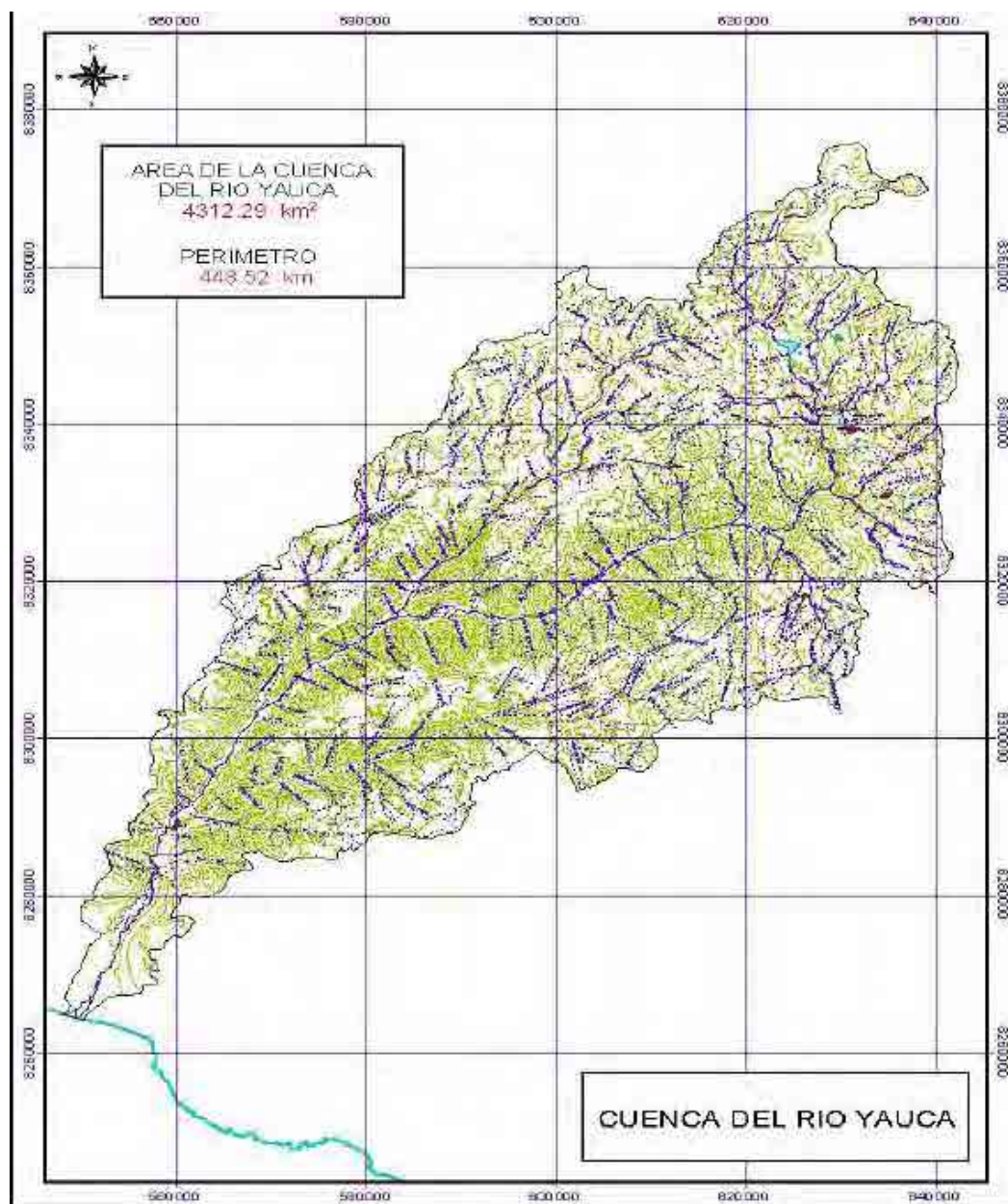


図-3.1.9-1 観測地点位置図 (ヤウカ川流域)

2) 等雨量線図

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

ヤウカ川流域の等雨量線図を図-3.1.9-2に示す。

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

洪水対策を行う下流域での年降雨量は25~50mm程度と降雨量は少ない。

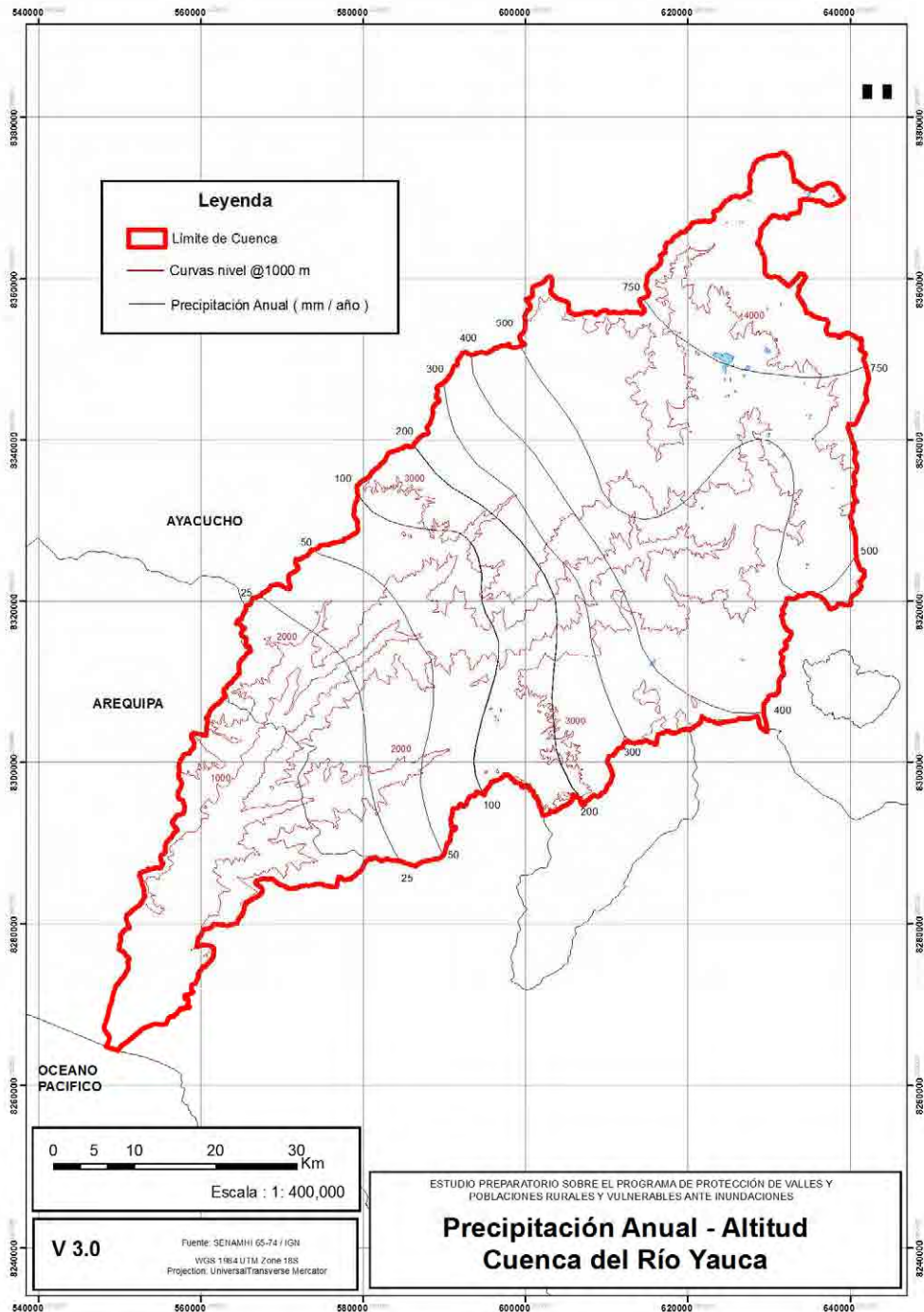


図-3.1.9-2 等雨量線図 (ヤウカ川流域)

(2) 降雨量解析

1) 解析手法

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

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

なお、水文統計に用いたモデルは下記のとおりである。

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

2) 確率雨量解析結果

各観測所および各流域の基準地点における確率雨量を整理して下記に示す。

ヤウカ川流域の観測所の場合、40mm 以上で最大 84mm となっている。

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

表-3.1.9-3 確率 24 時間雨量 (ヤウカ川流域)

観測地点名	コード	経度	緯度	標高	観測期間
YAUCA	00743	74° 31'1	15° 40'1		1964-1976, 1979-1982
CARHUANILLAS	157220	73° 44'1	15° 08'1	3,000	1967-1968, 1971-1987
CHAVIÑA	000742	73° 50'1	14° 59'1	3,310	1964-1982
CORA CORA	000743	73° 47'47	15° 01'1	3,172	1964, 1966-1984, 1987-1988, 1991, 1993-2010
SANCOS	000740	73° 57'1	15° 04'1	2,800	1964-1980
TARCO	157216	73° 45'1	15° 18'1	3,300	1967-1969, 1971-1973

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

年	24 時間最大雨量 (mm)
5	28
10	33
25	39
50	45
100	50

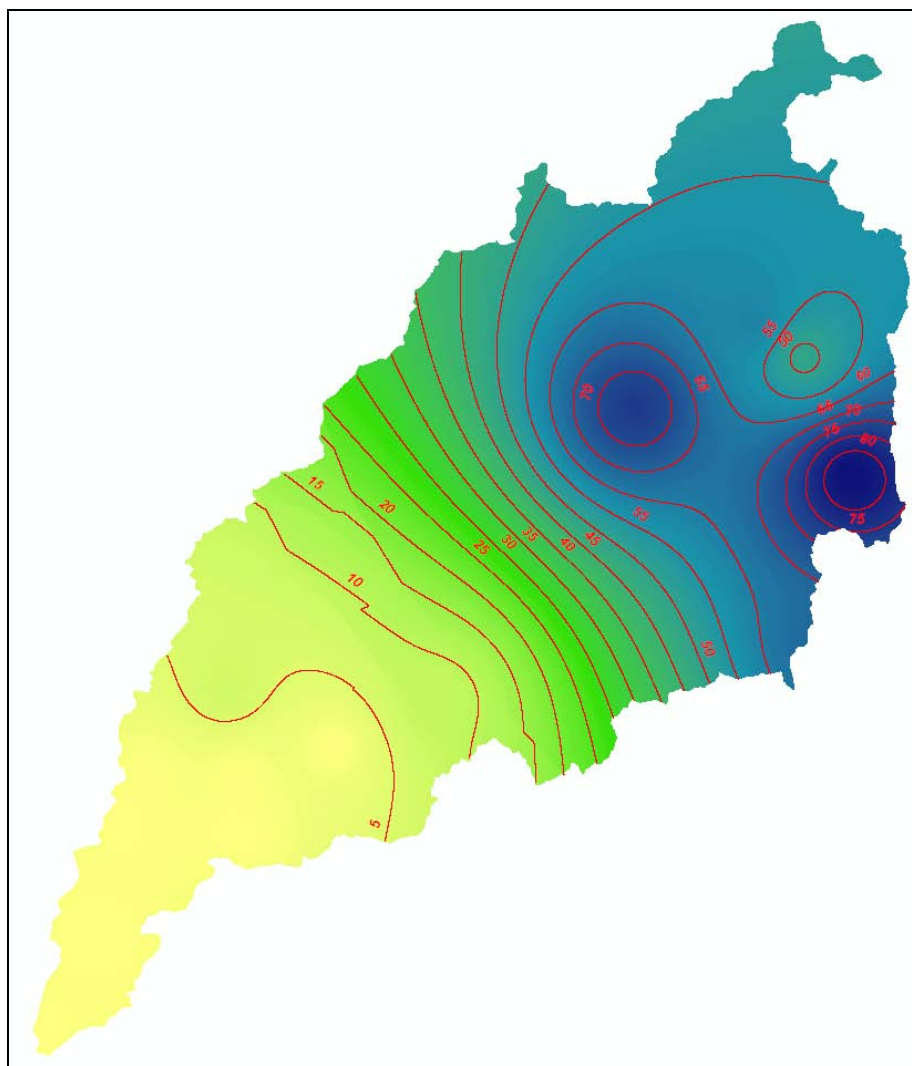


図-3.1.9-3 確率 50 年雨量等雨量線図 (ヤウカ川流域)

表-3.1.9-5 確率雨量別ハイエイト

年	時間										総雨量 (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	1	2	3	4	3	3	2	2	1	1	22
10	1	2	3	5	4	3	3	2	2	1	26.5
25	2	3	4	6	4	4	3	3	2	1	31.3
50	2	3	5	7	5	4	4	3	2	1	36.2
100	2	4	5	8	6	5	4	3	2	2	40.2

(3) 流出量解析

1) 流量観測状況

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

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

より収集した。

2) 流出量解析

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

表-3.1.9-6 基準地点確率流量

河川名	確率2年	確率5年	確率10年	確率25年	確率50年	確率100年
ヤウカ川 San Francisco Alto	41	81	116	171	219	273

(m³/s)

3) 確率洪水量解析

①解析手法

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

解析に用いる降雨量は、降雨解析により算出した各流域の生起確率毎のハイエイトを用いた。なお、ハイドログラフは流出量解析で推定したピーク流量を参考に評価を行い決定した。

②解析結果

ヤウカ川流域における生起確率2年～100年の確率洪水量を整理して表-3.1.9-5 に示す。また、確率洪水のハイドログラフは図-3.1.9-4 に示すとおりである。表-3.1.9-4 および表-3.1.9-5 の数値はほぼ同程度となっているので、以下の氾濫解析にはハイドログラフと一致する表-3.1.9-5 の値を用いることとする。

表-3.1.9-7 確率洪水流量 (ピーク流量：基準地点)

河川名	確率2年	確率5年	確率10年	確率25年	確率50年	確率100年
ヤウカ川 San Francisco Alto	24	37	90	167	263	400

(m³/s)

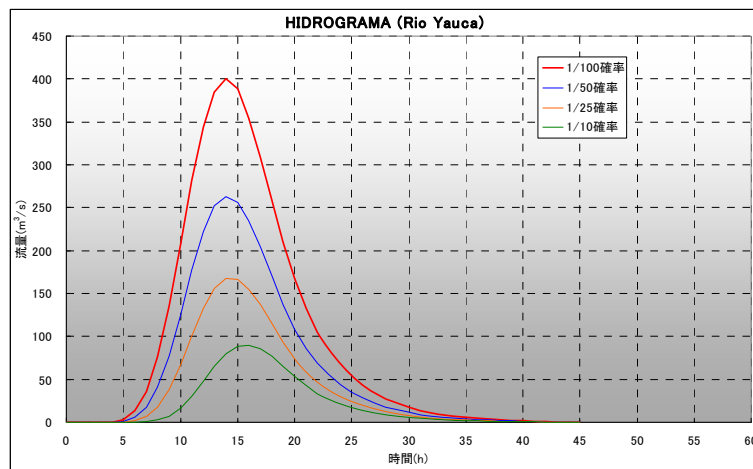


図-3.1.9-4 ヤウカ川の洪水ハイドログラフ

3.1.10 氾濫解析

(1) 河川測量

氾濫解析を行うに当たり、河川の横断測量および堤防高の縦断測量を実施した。ヤウカ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			
ヤウカ川	No.	5	
2. 堤防縦断測量			測点間隔250m、片岸のみ
ヤウカ川	km	45	
3. 河川横断測量			測線間隔500m
ヤウカ川	km	31.9	91測線x0.35km
4. 標石			
タイプ A	No.	5	各基準点
タイプ B	No.	25	25kmx1ヶ所/km
小計		30	

(2) 氾濫解析の方法

洪水氾濫解析は、DGIH がプログラムレベルのペルフィル作成の際に HEC-RAS 法を用いて実施していることから、これをレビューし、必要に応じて修正し、活用することを基本とする。

1) 検討方針

氾濫解析に使用される手法は、一般的には、以下の3種類がある。

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

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

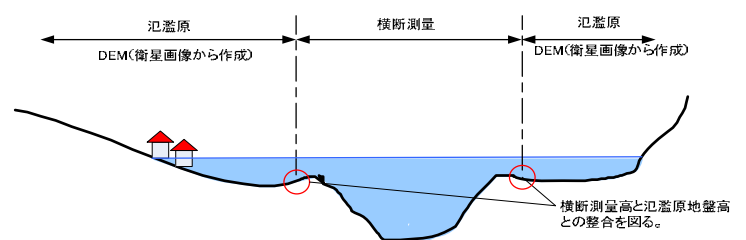


図-3.1.10-1 一次元モデルのイメージ

表-3.1.10-2 にそれぞれの氾濫解析手法の特徴を示す。DGIH が実施した既往の氾濫シミュレーション結果、河床勾配 1/100~1/300 であることから、対象河川の氾濫形態は流下型と想定されたため、氾濫解析は1次元不等流モデルを採用する予定であったが、対象区間の下流側では氾濫水が流域内に拡散することが想定されたため、平面二次元不定流モデルを用いて、精度を向上させることにした。

表-3.1.10-2 氾濫解析手法

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

2) 氾濫解析方法

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

◆はん濫解析モデルイメージ

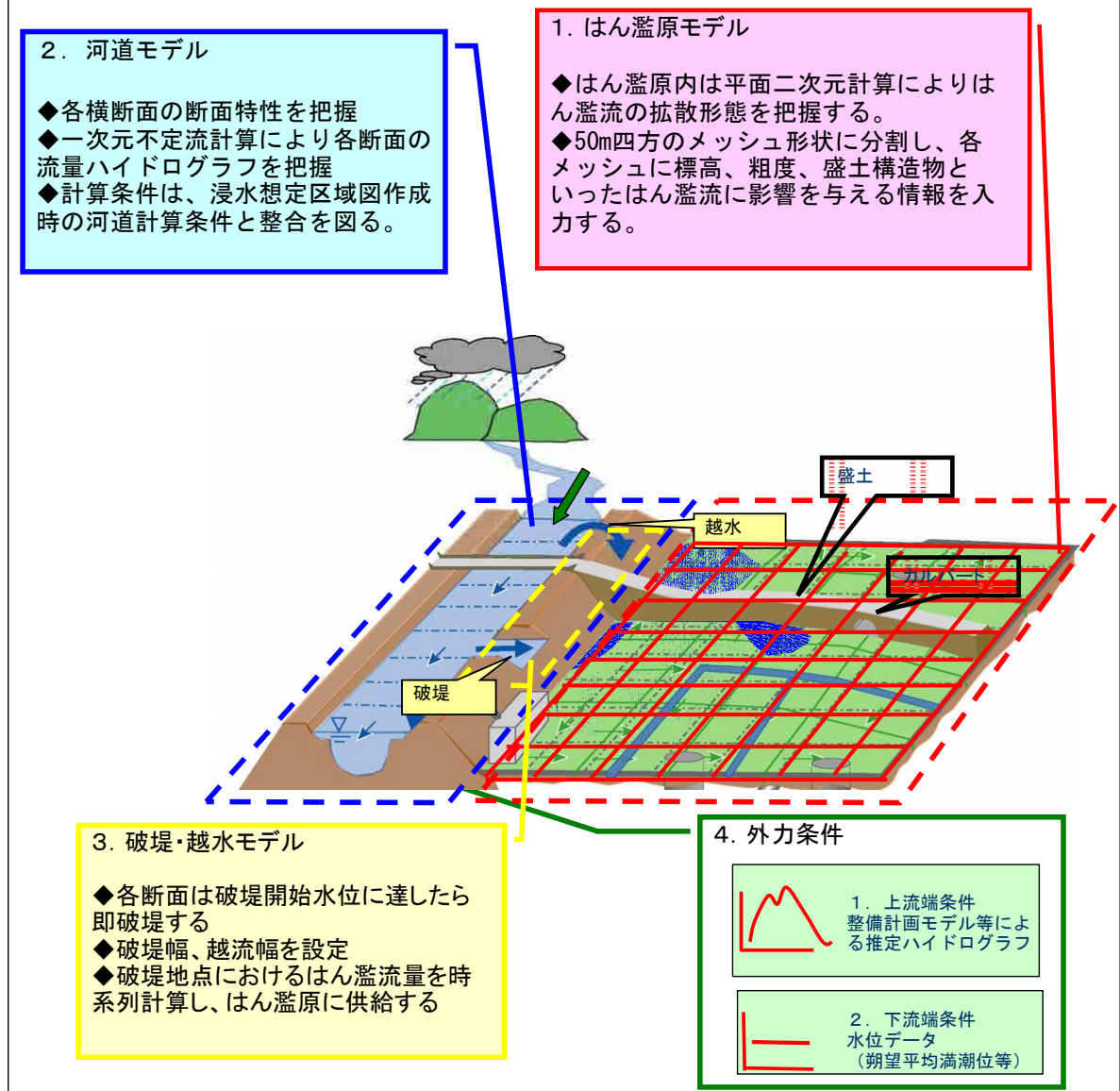


図-3.1.10-2 はん濫解析モデルの概念図

(3) 現況流下能力

河川測量の結果に基づき HEC-RAS 法を用いて現河道の現況疎通能力を推定すると図-3.1.10-3 に示すとおりとなる。図には生起確率洪水量も示してあるので、ヤウカ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。

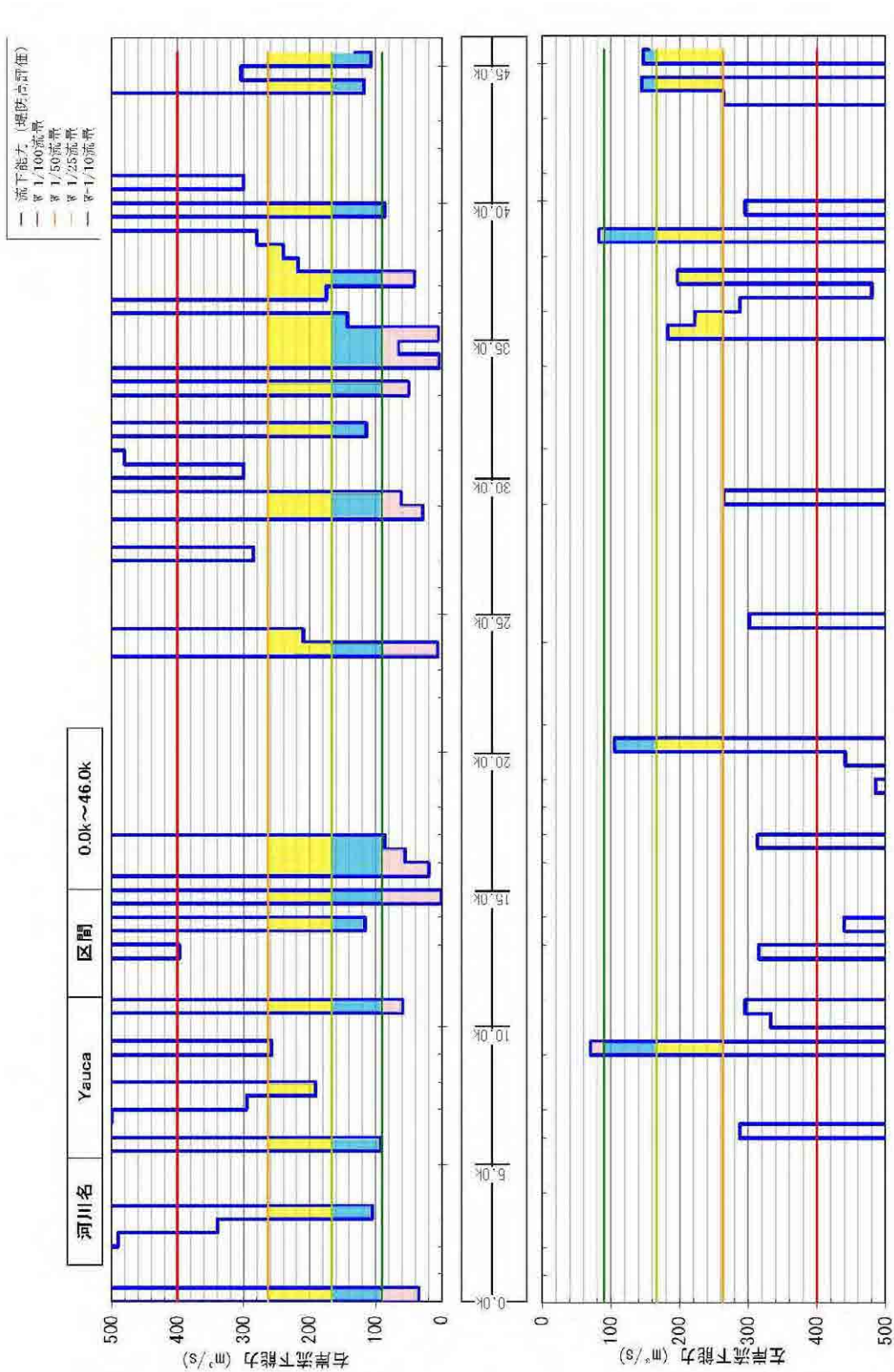


図-3.1.10-3 ヤウカ川現況疎通能力

(4) 氾濫範囲

一例として生起確率 50 年洪水量に対してヤウカ川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。

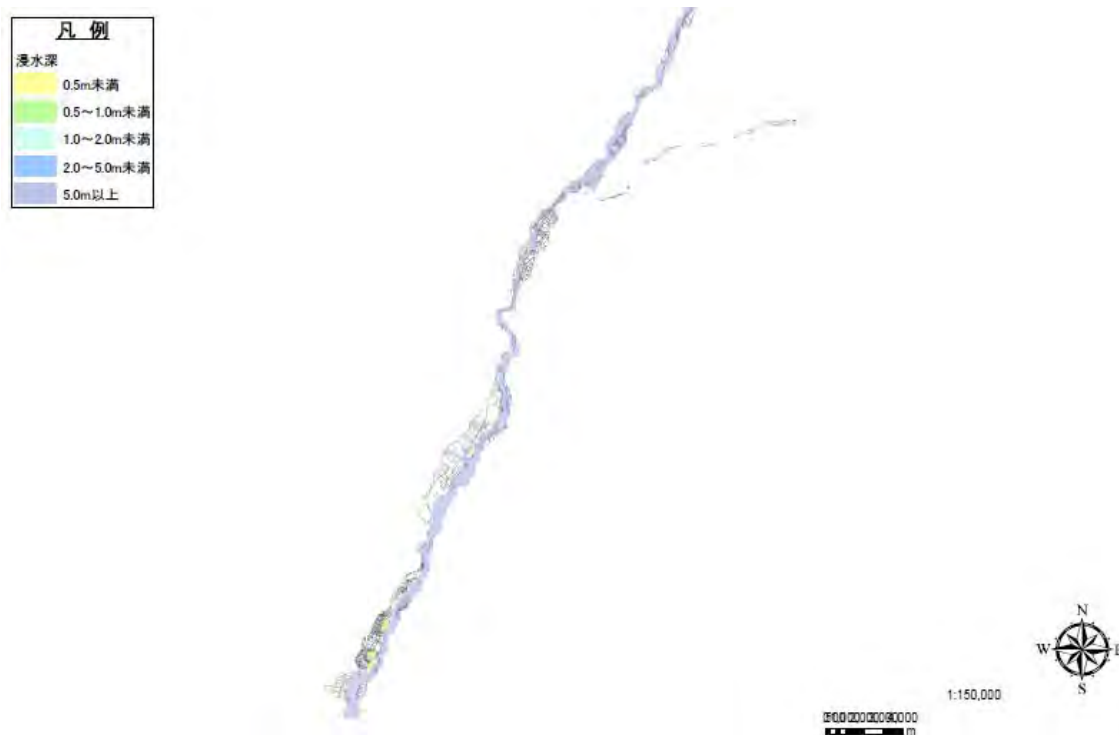


図-3.1.10-4 ヤウカ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水)

3.2 問題の定義と原因

3.2.1 調査対象地域の洪水対策における問題点

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

表-3.2.1-1 洪水対策における問題点と保全対象

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

3.2.2 問題点の原因

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

(1) 主要な問題点

溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性

(2) 直接的原因および間接的原因

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

表-3.2.1-2 主要な問題点の直接的原因および間接的原因

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

3.2.3 問題点による結果

(1) 主要な問題点

溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性

(2) 直接のおよび間接的結果

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

表-3.2.3-1 問題点による直接のおよび間接的結果

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

(3) 最終的な結果

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

3.2.4 原因と結果の樹系図

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

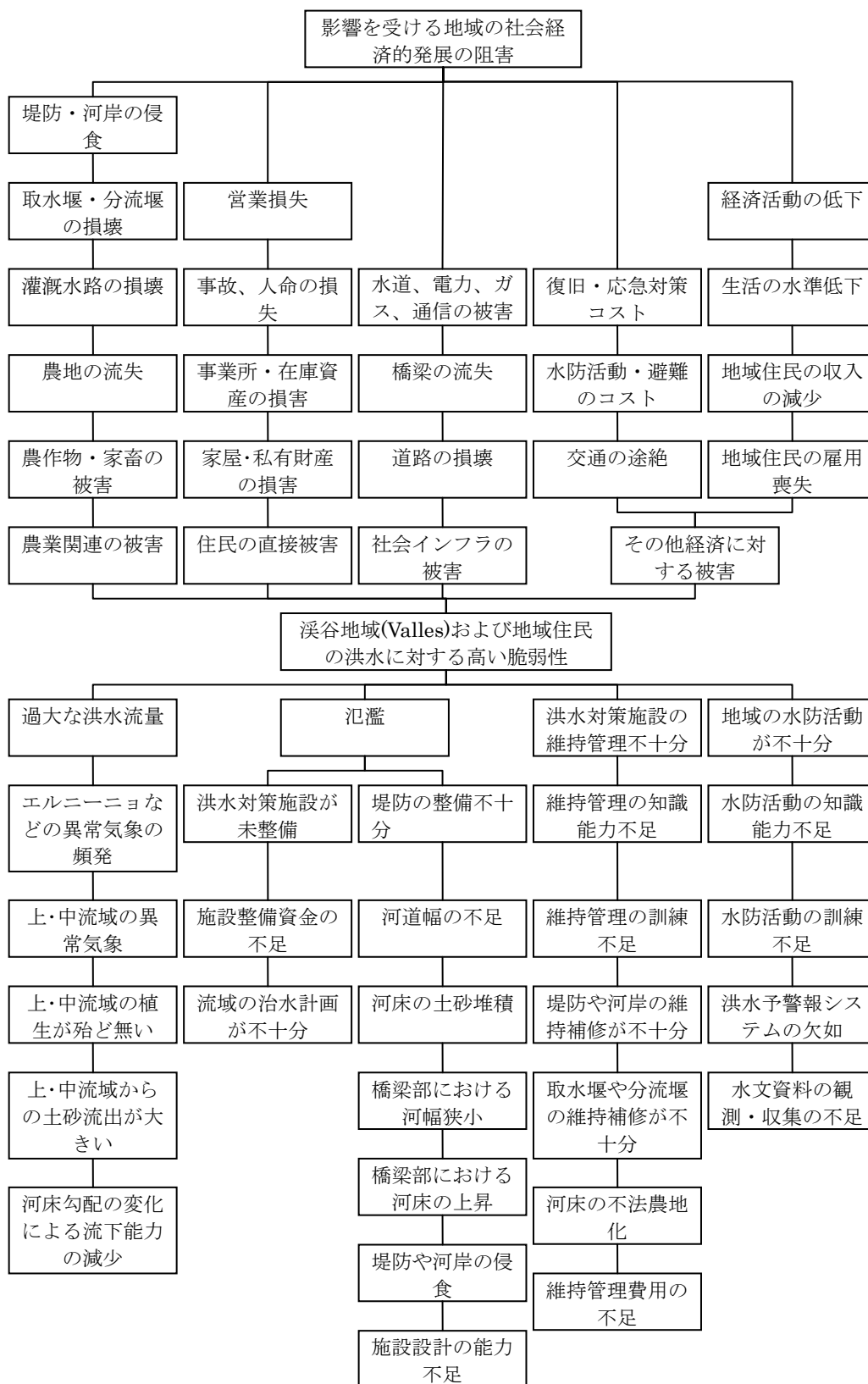


図-3.2.4-1 原因と結果の樹系図

3.3 プロジェクトの目的

プロジェクトの目標とする最終的な結果は、溪谷地域（Valles）および地域住民の洪水に対する高い脆弱性を軽減し、地域における社会経済の発展を促進することである。

3.3.1 主要な問題点を解決する手段

(1) 主要な目的

溪谷地域（Valles）および地域住民の洪水に対する高い脆弱性を軽減する。

(2) 直接のおよび間接的手段

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

表-3.3.1-1 問題点を解決する直接のおよび間接的手段

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

3.3.2 主要な目的を達成することにより得られる効果

(1) 最終的な効果

主要な目的を達成することにより得られる最終的な結果は、溪谷地域（Valles）および地域住民の洪水に対する高い脆弱性を軽減し、地域における社会経済の発展を促進することである。

(2) 直接のおよび間接的效果

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

表-3.3.2-1 直接のおよび間接的効果

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

3.3.3 手段—目的—効果の樹系図

「手段—目的—効果」の樹系図は、図-3.3.3-1 に示すとおりである。



図-3.3.3-1 手段—目的—効果の樹系図

第4章 プロジェクトの形成と評価

4.1 プロジェクトの評価期間 (Definición del Horizonte de Evaluación del Proyecto)

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

4.2 需要と供給分析

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

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

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

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

3.1.9 流出解析で求めた確率 50 年流量に対する計算水位、これに堤防余裕高を加えた必要堤防高 (需要) および現堤防高または地盤高 (供給) ならびにこれらの差 (需給ギャップ) の平均値は表-4.2-1 に示す通りとなる。各地点におけるこれらの値は表-4.2-2 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
ヤウカ川	187.54	183.01	179.03	0.80	179.83	0.21	0.40

表-4.2-2 各地点における需要と供給

距離標 (km)	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高 (4)	必要堤防高 (需要) (5)=3+4	需給ギャップ	
	左岸 ①	右岸 ②				左岸 ⑥=5-①	右岸 ⑦=5-②
0.0	4.97	2.94	2.11	0.80	2.91	0.00	0.00
0.5	3.27	1.76	2.37	0.80	3.17	0.00	1.41
1.0	10.87	3.64	3.10	0.80	3.90	0.00	0.26
1.5	4.97	4.97	4.10	0.80	4.90	0.00	0.00
2.0	5.80	7.83	4.90	0.80	5.70	0.00	0.00
2.5	7.47	7.31	6.96	0.80	7.76	0.30	0.45
3.0	14.25	8.72	8.61	0.80	9.41	0.00	0.69
3.5	37.20	10.24	10.62	0.80	11.42	0.00	1.17
4.0	27.20	14.89	13.45	0.80	14.25	0.00	0.00
4.5	41.61	16.73	15.01	0.80	15.81	0.00	0.00
5.0	48.40	18.05	17.08	0.80	17.88	0.00	0.00
5.5	49.60	21.82	20.69	0.80	21.49	0.00	0.00
6.0	66.64	22.59	22.57	0.80	23.37	0.00	0.78
6.5	26.15	27.58	26.44	0.80	27.24	1.10	0.00
7.0	31.56	30.44	29.54	0.80	30.34	0.00	0.00
7.5	35.06	33.45	33.74	0.80	34.54	0.00	1.09
8.0	55.64	36.76	36.54	0.80	37.34	0.00	0.58
8.5	92.42	42.03	40.95	0.80	41.75	0.00	0.00
9.0	47.78	51.89	43.97	0.80	44.77	0.00	0.00
9.5	46.33	47.03	47.70	0.80	48.50	2.16	1.47
10.0	63.63	57.95	50.05	0.80	50.85	0.00	0.00
10.5	54.18	54.90	54.33	0.80	55.13	0.95	0.23
11.0	58.49	57.64	58.23	0.80	59.03	0.55	1.39
11.5	67.51	65.23	62.01	0.80	62.81	0.00	0.00
12.0	78.41	69.53	64.45	0.80	65.25	0.00	0.00
12.5	80.32	87.31	68.29	0.80	69.09	0.00	0.00
13.0	71.34	71.52	71.17	0.80	71.97	0.63	0.45
13.5	83.84	83.32	75.46	0.80	76.26	0.00	0.00
14.0	79.35	78.03	78.67	0.80	79.47	0.12	1.45
14.5	94.44	83.42	83.15	0.80	83.95	0.00	0.53
15.0	103.94	85.08	86.11	0.80	86.91	0.00	1.83
15.5	91.45	93.23	90.89	0.80	91.69	0.24	0.00
16.0	103.13	94.80	95.66	0.80	96.46	0.00	1.66
16.5	101.27	99.13	99.45	0.80	100.25	0.00	1.12
17.0	105.25	104.77	105.16	0.80	105.96	0.71	1.19
17.5	117.49	114.65	109.53	0.80	110.33	0.00	0.00
18.0	115.48	124.95	112.85	0.80	113.65	0.00	0.00
18.5	120.59	118.49	117.47	0.80	118.27	0.00	0.00
19.0	122.18	122.34	121.71	0.80	122.51	0.32	0.17
19.5	128.61	130.38	127.62	0.80	128.42	0.00	0.00
20.0	132.85	134.29	132.42	0.80	133.22	0.37	0.00
20.5	136.79	141.05	137.34	0.80	138.14	1.34	0.00
21.0	146.87	158.06	141.99	0.80	142.79	0.00	0.00
21.5	152.18	167.34	147.07	0.80	147.87	0.00	0.00
22.0	166.56	166.11	151.74	0.80	152.54	0.00	0.00
22.5	167.23	176.01	157.30	0.80	158.10	0.00	0.00
23.0	200.98	174.62	162.00	0.80	162.80	0.00	0.00
23.5	179.36	168.30	167.46	0.80	168.26	0.00	0.00
24.0	192.88	172.51	172.67	0.80	173.47	0.00	0.96
24.5	177.96	190.53	177.87	0.80	178.67	0.71	0.00
25.0	207.59	202.14	183.38	0.80	184.18	0.00	0.00
25.5	207.43	215.11	188.96	0.80	189.76	0.00	0.00
26.0	238.50	207.55	193.98	0.80	194.78	0.00	0.00
26.5	208.54	208.50	201.43	0.80	202.23	0.00	0.00
27.0	217.45	208.19	208.06	0.80	208.86	0.00	0.68
27.5	222.97	215.11	213.55	0.80	214.35	0.00	0.00
28.0	231.57	220.68	219.73	0.80	220.53	0.00	0.00
28.5	237.11	230.00	226.05	0.80	226.85	0.00	0.00
29.0	233.54	236.00	233.35	0.80	234.15	0.61	0.00
29.5	243.36	239.69	239.11	0.80	239.91	0.00	0.22
30.0	247.66	246.30	246.24	0.80	247.04	0.00	0.74
30.5	254.22	253.31	252.58	0.80	253.38	0.00	0.07
31.0	262.98	262.55	258.54	0.80	259.34	0.00	0.00
31.5	268.83	264.18	264.74	0.80	265.54	0.00	1.37
32.0	271.56	271.80	270.59	0.80	271.39	0.00	0.00
32.5	294.15	281.23	277.73	0.80	278.53	0.00	0.00
33.0	289.54	285.00	283.63	0.80	284.43	0.00	0.00
33.5	314.58	292.43	291.29	0.80	292.09	0.00	0.00
34.0	301.91	300.00	298.40	0.80	299.20	0.00	0.00
34.5	309.96	303.26	304.17	0.80	304.97	0.00	1.71
35.0	309.63	308.91	309.80	0.80	310.60	0.97	1.69
35.5	316.12	315.88	316.26	0.80	317.06	0.94	1.18
36.0	321.67	322.81	321.73	0.80	322.53	0.86	0.00
36.5	327.48	342.42	326.88	0.80	327.68	0.20	0.00
37.0	333.64	332.74	333.85	0.80	334.65	1.01	1.90
37.5	340.40	339.28	339.41	0.80	340.21	0.00	0.93
38.0	350.09	345.56	345.70	0.80	346.50	0.00	0.93
38.5	351.81	352.28	352.26	0.80	353.06	1.25	0.78
39.0	386.18	358.72	357.64	0.80	358.44	0.00	0.00
39.5	364.24	363.43	364.22	0.80	365.02	0.78	1.59
40.0	371.86	370.50	369.82	0.80	370.62	0.00	0.12
40.5	376.35	375.80	375.71	0.80	376.51	0.16	0.71
41.0	384.23	399.63	381.90	0.80	382.70	0.00	0.00
41.5	395.43	406.83	388.05	0.80	388.85	0.00	0.00
42.0	406.80	394.91	393.12	0.80	393.92	0.00	0.00
42.5	410.39	408.45	399.38	0.80	400.18	0.00	0.00
43.0	405.33	418.83	404.79	0.80	405.59	0.26	0.00
43.5	410.55	423.82	410.54	0.80	411.34	0.78	0.00
44.0	417.99	417.91	418.22	0.80	419.02	1.04	1.11
44.5	438.95	424.57	424.52	0.80	425.32	0.00	0.75
45.0	431.48	431.34	431.86	0.80	432.66	1.18	1.32
45.5	438.56	438.49	438.89	0.80	439.69	1.12	1.20
46.0	447.75	446.76	446.80	0.80	447.60	0.00	0.84
平均	187.54	183.01	179.03	0.80	179.83	0.21	0.40

4.3 技術的提案

4.3.1 構造物対策

構造物対策としては流域全体の治水計画を検討すべきであり、検討の結果は後述する 4.12 中・長期計画、4.12.1 全体治水計画に述べてある。結論としては流域全体の治水方式として堤防方式を提案しているが、それぞれの流域における事業規模が大きく事業費が非常に高額となり本プロジェクトの事業費予算を大幅に超過するので、この案を採用することは困難である。そこで全体治水方式における堤防案は中・長期計画として段階的に実施する事として、ここでは緊急に必要な重点洪水対策施設を検討する。

(1) 計画洪水流量

1) ペルー国洪水対策ガイドライン

経済財務省 (MEF) の公的部門多年度計画局 (DGPM) 制定の“農地または市街地における洪水および氾濫防止プロジェクトのガイドライン” (Guia Metodologica para Proyectos de Proteccion y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas の 3.1.1 プロジェクトライフ (Horizonte de Proyectos)) によれば計画対象洪水の生起確率は市街地においては 25 年、50 年および 100 年を、地方部および農地においては 10 年、25 年および 50 年を比較検討することが推奨されている。本プロジェクトの調査対象地域は地方部および農地に属しており、ガイドラインによれば生起確率 10 年～50 年洪水流量が計画対象流量として考えられる。

2) 既往最大流量と計画洪水流量

ヤウカ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。これに基づき既往最大流量を抽出して各生起年確率洪水流量とともに示すと表-4.3.1-1 に示すとおりである。

ヤウカ川の既往最大流量は各河川において 1/50 年規模よりかなり小さい洪水が過去に 3 回程度発生している。

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

表-4.3.1-1 生起年確率洪水流量と既往最大流量(m³/sec)

河川名	確率2年	確率10年	確率25年	確率50年	確率100年	既往最大
ヤウカ川	24	90	167	263	400	211

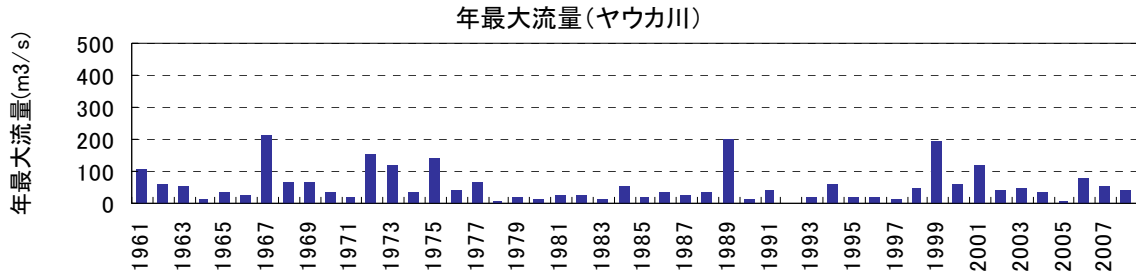


図-4.3.1-1 年最大流量 (観測値：ヤウカ川)

3) 確率洪水流量と被害額および浸水面積

ヤウカ川流域について、確率年洪水流量と被害額および浸水面積の関係を概略検討して図-4.3.1-2 に示す。

こ図より次のことが言える。

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

上述したように確率 50 年流量は既往最大流量よりやや大きく、また被害軽減額の絶対値が確率 50 年以下の他の確率洪水流量よりも大きい。

ヤウカ川については、後述 4.5 社会評価の検討結果において経済効果が低い事から本事業より除外する事となった。

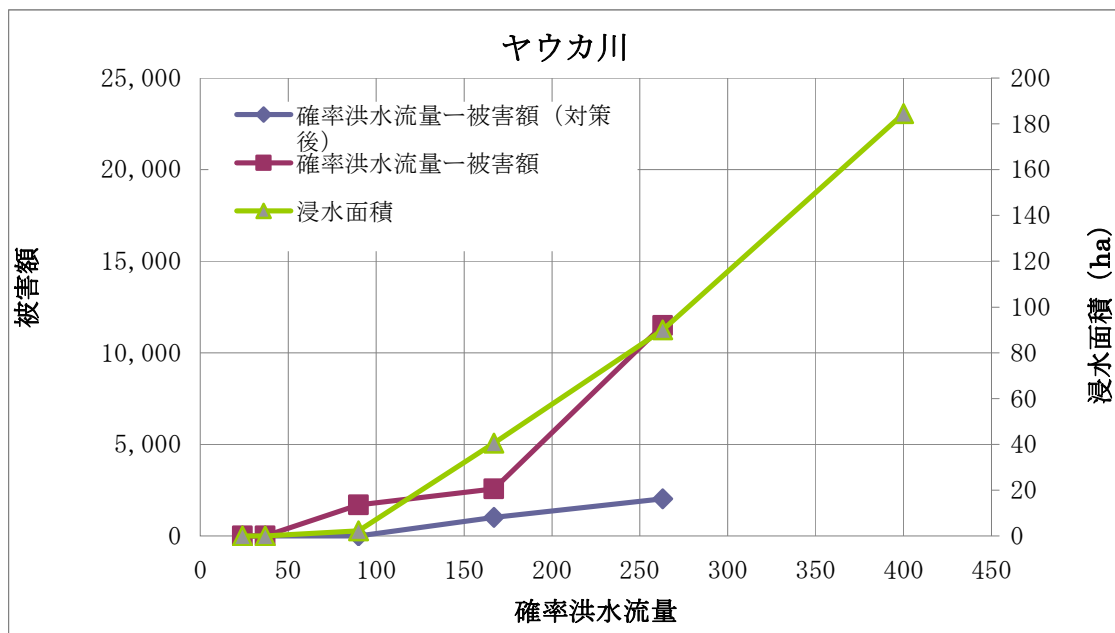


図-4.3.1-2 確率洪水流量と被害額および浸水面積 (ヤウカ川)

(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)
ヤウカ川	Ya-1	護岸	5.0	11	50.0	550
	Ya-2	河道掘削	10.0	6	200.0	1,200
	Ya-3	護岸	12.5	26	50.0	1,300
	Ya-4	取水堰	10.0	6	200.0	1,200
	Ya-5	護岸	2.5	6	50.0	300
	Ya-6	護岸	2.0	5	50.0	250
合計			42	60		4,800

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

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。

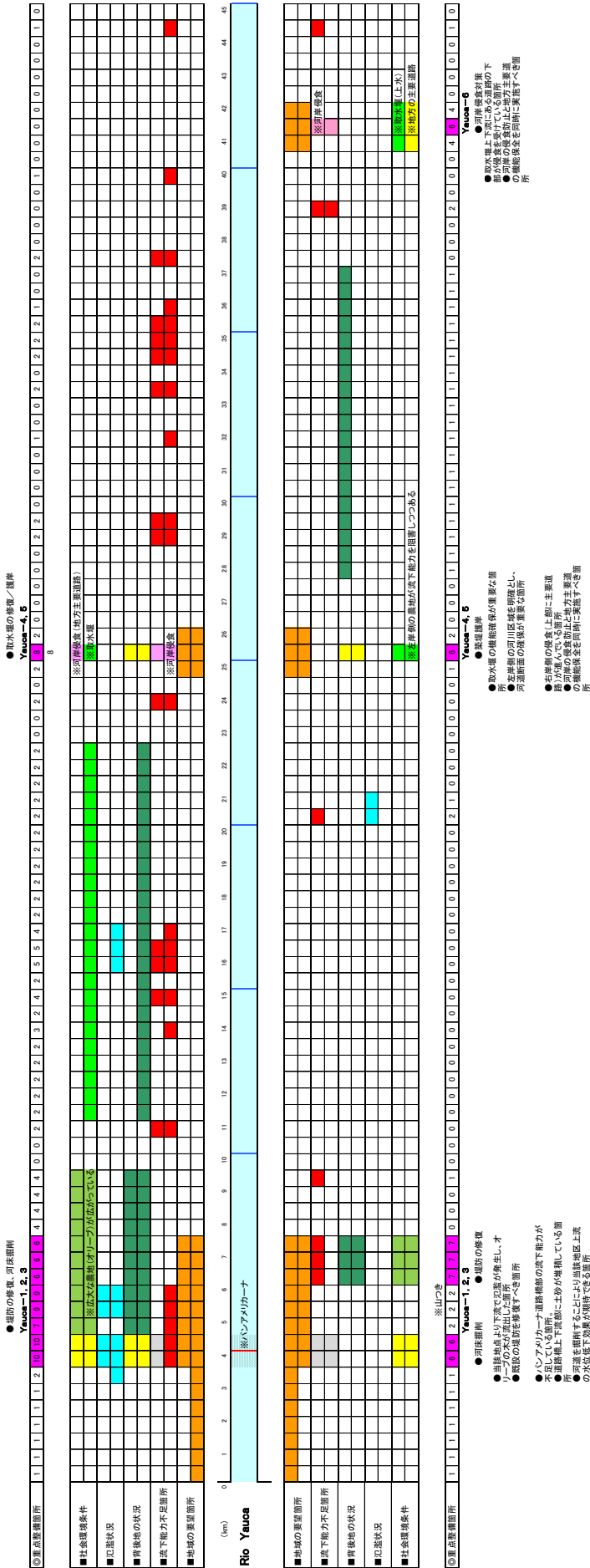


図-4.3.1-3 ヤウカ川における重点洪水対策施設の選定

3) 選定根拠

各施設の選定根拠は、表-4.3.1-4 に示すとおりである。

ヤウカ川の特徴として、河口より 7km 付近より下流において氾濫し、右岸側の農地に氾濫流が広がる傾向にある。よって、対策は 7km 下流で農地への氾濫を防ぐための対策、7km 地点より上流では河岸侵食によって取水堰や地方主要道路に影響を及ぼす箇所での対策を優先的に実施する。

表-4.3.1-4 対策箇所の選定根拠 (ヤウカ川)

No	対策位置	選定根拠
①		<p>当該箇所に現在設置されている堤防では洪水時に侵食を受け崩壊の可能性があるため、既設堤防を修復補強、護岸工を行う必要がある。</p> <p><対策位置の特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> ●当該箇所より下流で氾濫が発生し、当地の特産品であるオリーブの木が流出した箇所 ●既設の堤防が破損しており、修復すべき箇所 <p><保全対象></p> <p>○対策位置右岸側の農地 (地域特産のオリーブ畑)</p> <p><保全方法 (どのように・どの程度)></p> <p>当該河川の保全対象は、地域の特産品であるオリーブを如何に守るかにある。したがって、既設の堤防を活かしながら、過去の洪水 (1/50 年規模程度) で受けた侵食を防ぐための護岸を整備する。</p>
②	3.5km ~ 7.5km (右岸側)	<p>河口より 7km 付近より下流において氾濫し、右岸側の農地に氾濫流が広がる。</p> <p>道路橋付近の流下能力を確保する必要である。</p> <p><対策位置の特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> ●狭窄部 (道路橋部) であり、流下能力が不足している箇所 ●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 ●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 <p><保全対象></p> <p>○対策位置右岸側の農地 (地域特産のオリーブ畑)</p> <p><保全方法 (どのように・どの程度)></p> <p>上下流のバランスに配慮した上で、河道を掘削し、当該地の流下能力を確保するとともに、上流部の水位低減効果を図る。</p>
③		<p>河口より 7km 付近より下流において氾濫し、右岸側の農地に氾濫流が広がる。</p> <p>当該箇所に現在設置されている堤防では洪水時に侵食を受け崩壊の可能性があるため、既設堤防を修復補強、護岸工を行う必要がある。</p> <p><対策位置の特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> ●堤防は左右岸とも部分的である。毎年、経験的に土砂を盛り立てている箇所 ●洪水により、オリーブ畑が流出する箇所 ●既設堤防が破損しており、修復が必要な箇所 <p><保全対象></p> <p>○対策位置右岸側の農地 (地域特産のオリーブ畑)</p> <p><保全方法 (どのように・どの程度)></p> <p>当該河川の保全対象は、地域の特産品であるオリーブを如何に守るかにある。したがって、既設の堤防を活かしながら、過去の洪水 (1/50 年規模程度) で受けた侵食を防ぐための護岸を整備する。</p>
④	25.0km~25.7km (全体)	<p>当該箇所の右岸側には取水堰が設置されているが、左岸側の私有地が大きく川側に張り出しており、取水堰に洪水流が直接流入する等が発生しているため、土砂堆積や施設の損傷によって取水が困難な状況となっている。よって、当該地全体の流況に配慮した河道断面とする必要がある。</p> <p><対策位置の特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> ●取水堰の機能確保が重要な箇所

		<p>●左岸側の河川区域を明確とし、河道断面の確保が重要な箇所 <保全対象> ○取水堰 <保全方法 (どのように・どの程度) > ▼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、過去に被害をもたらした 210m³/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。 ▼当該地の取水堰は、土砂が堆積し、取水が困難な状況にある。また、当該地左岸側の私有地が大きく川側に張り出しており、洪水時に右岸側の取水堰に洪水流が直接流入するため、当該地全体の流況に配慮した平面形状とする</p>
⑤		<p>当該箇所は湾曲部となっており、右岸側の流れが速く河岸侵食が進んでいる。当該地の右岸側上部に主要道路があり、このままの状態では放置すると河岸が侵食され、最終的には道路等の通行が困難な状況になる。したがって、道路を保護する意味においても護岸工等による侵食対策が必要である。 <対策位置の特徴> ●右岸側の侵食 (上部に主要道路) が進んでいる箇所 ●河岸の侵食防止と地方主要道の機能保全を同時に実施すべき箇所 <保全対象> ○対策位置右岸側に位置する地方主要道路 <保全方法 (どのように・どの程度) > ▼地方主要道路が崩壊することによる地方経済に与える影響が多いため、過去に被害をもたらした 210m³/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。 ▼このままの状態では放置すると河岸が侵食され道路が崩壊することが懸念されるため、道路を保護する護岸工等により侵食対策を実施する</p>
⑥	<p>40.9km～41.3km (左岸側)</p>	<p>ヤウカ川上流部にある当該取水施設は、水道水の確保の観点からも重要な施設である。しかし、堰上流左岸側の侵食が進むと伴に左岸側上部に位置する地方主要道路の通行にも支障をきたしている。したがって、当該地の河岸侵食対策が早急に必要である。 <対策位置区の特徴> ●取水堰上下流にある道路の下部が侵食を受けている箇所 ●河岸の侵食防止と地方主要道の機能保全を同時に実施すべき箇所 <保全対象> ○取水堰 ○対策位置左岸側に位置する地方主要道路 <保全方法 (どのように・どの程度) > ▼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 210m³/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。 ▼水道水の確保に重要な取水堰及び堰上流左岸側の侵食が進むと地方主要道路が崩壊するかの世が高いため、河岸侵食対策を実施する</p>

(4) 重点洪水対策施設の位置

ヤウカ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。

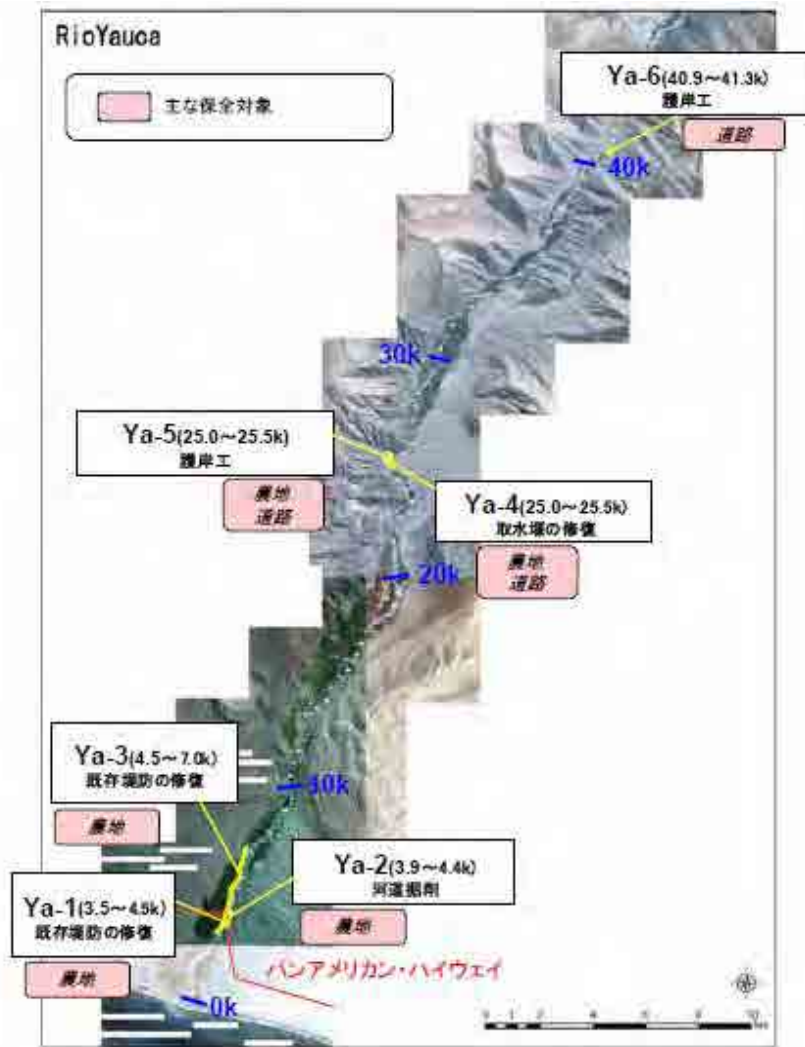


図-4.3.1-4 ヤウカ川における重点洪水対策施設の位置

表-4.3.1-5 重点洪水対策施設の概要

対象河川	クリティカルポイント		保全対象	対策(暫定案)	施設規模	対象範囲	
ヤウカ川	1	4.5k下流	氾濫点	既設堤防の修復	天端幅:4.0m 高さ:2.0m 法勾配:1:2 延長:1,000m	3.5km~7.5km(全体)	
	2	4.1km	狭窄部				河床掘削
	3	4.5~7.0k	氾濫点 取水堰	既設堤防の修復	天端幅:4.0m 高さ:2.0m 法勾配:1:2 延長:2,500m		
	4	25.0k	取水堰	農地(オリーブ)	取水堰の修復	堰幅:100m 堰高:3.0m 堰厚:2.0m	25.0km~25.7km(全体)
	5	25.0k	取水堰		護岸工	高さ:2.0m 法勾配:1:2 延長:500m	
	6	41.1k	取水堰	道路	護岸工	高さ:2.0m 法勾配:1:2 延長:400m	40.9km~41.3km(左岸側)

(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 のり面勾配は鉛直1に対して水平2の1 : 2勾配程度のもので大半である。河川や地域によって若干形状が異なる。
- ② 堤体材料は、近傍の河床材料を使用しており、砂礫～礫混じり砂質土で塑性は低い。材料強度として粘着力は期待できないものが大半である。
- ③ カニエテ川流域では大小の砂礫で構成される礫質土で構成されており、比較的良く締まっている。
- ④ チラ川のサ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、次のとおりとした。

- ① 堤防は、現地の河床あるいは河岸で入手可能な土質材料を用いて築造するものとする。この場合の土質材料としては、砂礫～礫混じり砂質土となり、透水性は高くならざるを得ない。
- ② 堤防の糊面勾配は、粘着力のない砂質土であれば、内部摩擦角 ϕ 30° ~ 35° 程度と想定される。また、粘着力の無い材料で構成される盛土の法面の安定勾配は $\tan \theta = \tan \phi / n$ で求められる。(θ : のり面勾配、 ϕ 内部摩擦角、 n : 安全率 1.5)

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

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

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

石材の大きさは、各河川の流速により最終的に設計するが、概ね径30cm~1mとして護

岸の最小の厚みを 1m と計画した。

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ため、長年の経験に基づいて定められた日本の基準を適用する。

表-4.3.1-6 計画高水流量と余裕高

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

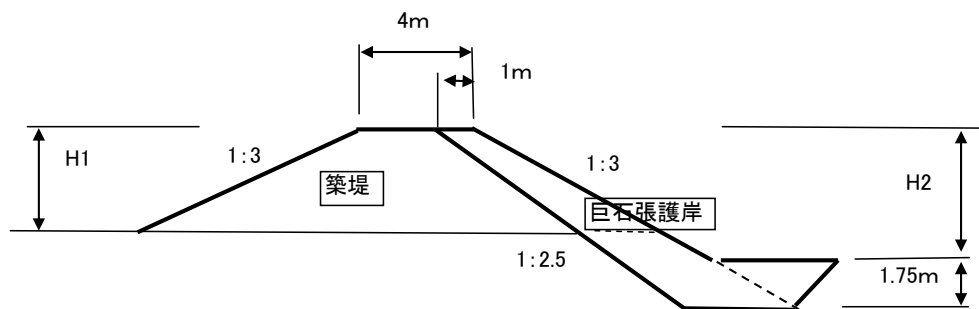


図-4.3.1-5 堤防の標準断面

4.3.2 非構造物対策

4.3.2.1 植林/植生回復

(1) 基本方針

本事業の目的に合致した植林/植栽計画としては、i) 河川構造物沿いの植林と ii) 上流域における植林に分類できる。前者は洪水防止に直接的効果があり、短期的に効果が発現する。後者については後述する 4.12 中・長期計画、4.12.2 植林・植生計画に述べるように、多大の事業費と実施期間を必要とし、本プロジェクトで実施する事が困難なのでここでは i) について検討する。

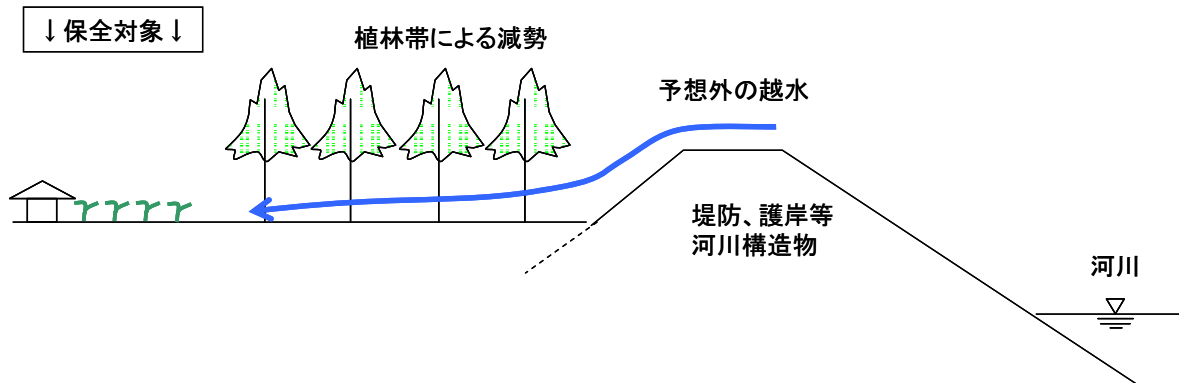
(2) 河川構造物沿いの植林について

この案は、堤防や護岸などの河川構造物沿いに植林を行う案である。

- a) 目的：予想外の流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。

- b) 方法：河川構造物の堤内地寄りに一定幅の植林帯を造成する。
- c) 工事方法：堤防等の河川構造物工事の一部として植栽を実施する。
- d) 植栽後のメンテナンス：関係する水利組合が自主的に実施する。



(出典：JICA 調査団)

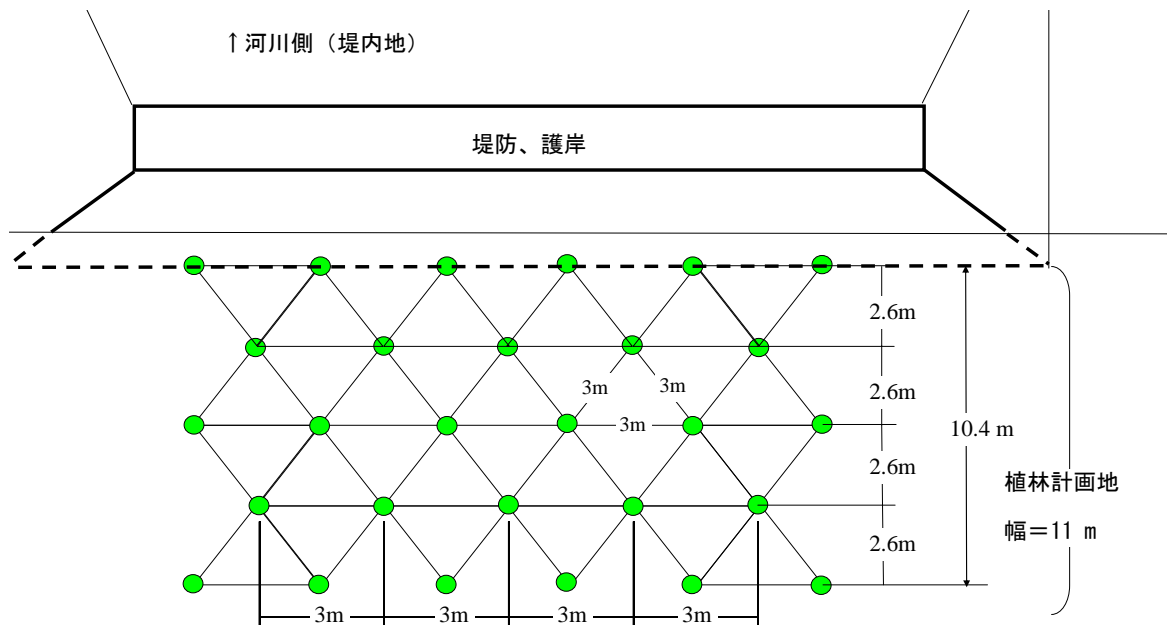
図-4.3.2.1-1 河川構造物沿いの植林 概念図

(3) 河川構造物沿いの植林/植生回復計画

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

1) 構造 (植栽配置)

ペルーにおける一般的な植栽配置は正三角形の植栽配置である。本計画でもこれを使用し、植栽木の間隔を3mとする。3m間隔で植栽木を配置した場合、直径1mの石がどこかの立木に衝突し、停止するかあるいは減勢されることも期待でき、これを4列配置することにより効果を高める。ただし、主たる目的は堤防等を乗り越えてくる洪水の減勢であり、洪水が直接立木に衝突した場合、その効果はあまり期待できない。



(出典：JICA 調査団)

図-4.3.2.1-2 河川構造物沿いの植林計画標準配置図

2) 植栽樹種

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

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

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

表-4.3.2.1-1 樹種選定の評価基準

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

(出典：JICA 調査団)

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

表-4.3.2.1-2 選定した樹種

ヤウカ流域	: ユーカリ (◎)、ワランゴ (○)、モクマオウ (○)
-------	-------------------------------

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

3) 植林/植生回復計画数量

河川沿いに計画される、護岸工、堤防、遊砂地において(i)で述べたような配置計画で植林計画を策定する。植栽幅は11mとするが、遊砂地では遊砂地の内部で通常の河川水を流下させるところ以外の場所に植栽する。

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

表-4.3.2.1-3 植林/植生回復計画数量 (河川沿い)

番号	位置	植林延長 (m)	植林幅 (m)	植林面積 (ha)	植栽本数 (本)	植栽樹種内訳(本)			
						ユーカリ	ワシゴ	モクマオウ	計
Ya-1	全体	1,000	11	1.1	3,256	1,628	977	651	3,256
Ya-2	全体			0.0	0	—	—	—	—
Ya-3	全体	2,500	11	2.8	8,288	4,144	2,486	1,658	8,288
Ya-4		0	11	0.0	0	—	—	—	—
Ya-5	右岸	500	11	0.6	1,776	888	533	355	1,776
Ya-6	右岸	400	11	0.4	1,184	592	355	237	1,184
ヤウカ 流域 計		4,400		4.9	14,504	7,252	4,351	2,901	14,504

(出典：JICA 調査団)

4) 植林/植生回復計画箇所

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

5) 植林/植生回復計画工事費

植林/植栽計画の工事費は以下の方法で算出した。

- ・苗木単価 (苗木単価+運搬費)
- ・植栽労務費

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

植栽労務単価は、河川沿いの植林では一般労務単価を用いる。

i) 苗木単価

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

表-4.3.2.1-4 苗木単価

ii) 植栽労務費

iii) 植林工事費

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

表-4.3.2.1-5 植林工事費

6) 事業実施工程計画

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

4.3.2.2 土砂制御計画

(1) 土砂制御計画位置づけ

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

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

(2) 土砂制御計画（構造物対策）

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

表-4.3.2.2-1 土砂制御計画基本方針

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

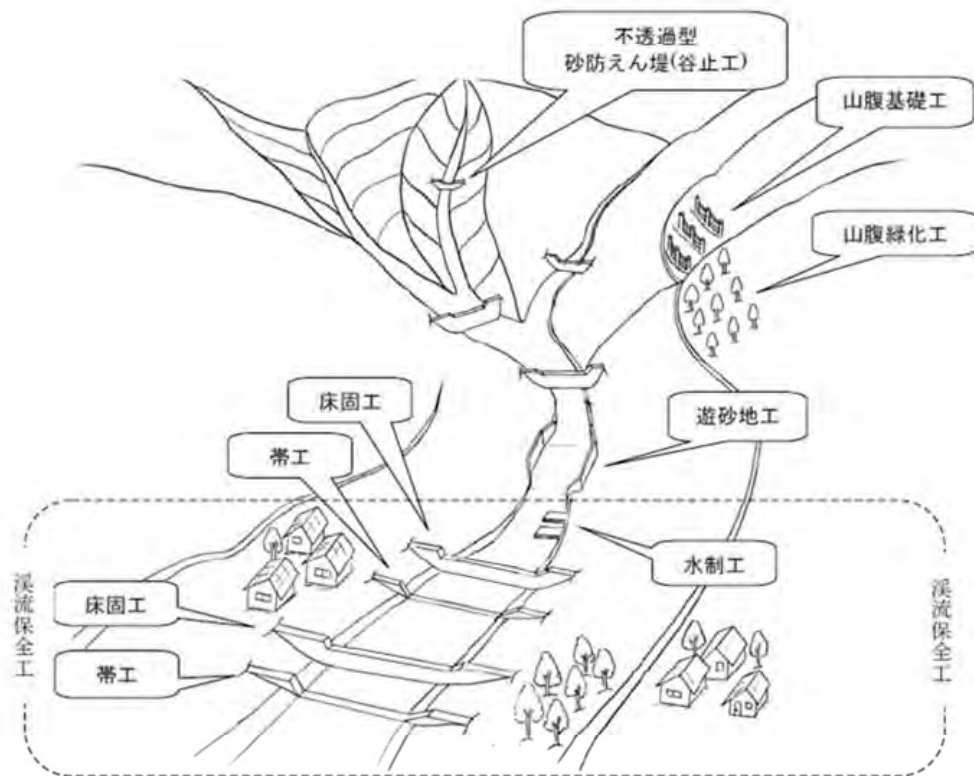


図-4.3.2.2-1 土砂制御対策

1) 上流域での土砂制御計画

上流域全体を対象とした土砂制御計画は後述の 4.12 中・長期計画、4.12.3 土砂制御計画に述べているが、事業費が膨大となり、実施期も長期にわたるので、本プロジェクトで実施するのは困難である。中・長期計画として段階的に実施すべきと思われる。

2) 下流域での土砂抑制計画

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、下流域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。

ヤウカ川における河床変動解析結果は、次に示す通りである。

総流入土砂量 (千 m^3)	1,192
年平均流入土砂量 (千 m^3)	23.8
総河床変動量 (千 m^3)	685
平均河床変動高 (m)	0.1

ヤウカ川の下流河道に与える影響は殆どない。したがって特別の土砂抑制対策の必要はないと思われる。

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、本事業ではこれらの対策を補完する技術的な支援を提案する。

(1) 目的

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

(2) 対象地域

本コンポーネントにおいても、本事業対象流域であるヤウカ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、各流域の水利組合および小組合の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者などを想定する。

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

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

(4) 活動内容

上記目的を実現するため、本コンポーネントでは下記 3 つの研修「河岸保護活動の知識に係る研修」、「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」、「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」を実施することを提案する。

1) 活動 1 「河岸保護活動の知識に係る研修」

コース	a) 構造物維持管理に係る実習・講習 b) 河岸植物の取り扱いに係る実習・講習 c) 侵食の予防と軽減および天然資源の管理に係る実習・講習
目的	a) 既往および本プロジェクトによって工事・建設される構造物に対する適切な維持管理技術を現地住民が習得すること。 b) 洪水制御に係る河岸植物の役割についての適切な知識を現地住民が習得すること。 c) 土壌侵食および天然資源の適切な知識をふまえ、適切な管理体制および予防策・軽減策を現地住民が習得すること。
対象者	a) 地方自治体の担当官、水利組合の技術者 b-c) 地方自治体の担当官、水利組合の技術者、集落代表者
期間	a) 各流域において全 12 回 (1 回当たり 6 時間) b) 各流域において全 12 回 (1 日 5 時間) c) 各流域において全 26 回 (1 日 3 時間)
講師	a) 既往構造物の工事建設請負業者、本プロジェクトの工事建設請負業者、MINAG および州政府農業局の技術者 b-c) MINAG および州政府農業局の技術者、有識者 (大学教員、研究機関研究員、NGO、等)
内容	a-1) 既存の河岸防災構造物に係る適切な維持管理技術 a-2) 建設工事に係る維持管理技術 (排水堆積処理、取水堰や用水路、等) b-1) 河岸植物と防災に係るメカニズム b-2) 河岸植物管理による洪水被害軽減策 b-3) 河岸植物管理による環境影響への予防と軽減策 c-1) 既往農業システムにおける土壌侵食に対する評価 c-2) 既往農業システムにおける天然資源に対する評価 c-3) 適切な技術による土壌侵食の予防および軽減策 c-4) 災害予防向け天然資源の活用策 c-5) 環境に配慮した天然資源の活用策 c-6) 水資源の有効利用方法 c-7) 農業システムの調整 (協同耕作、輪作、連作等)

2) 活動2「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」

コース	a) 危機管理計画策定に係る実習・講習（第1期） b) 危機管理計画策定に係る詳細な実習・講習（第2期）
目的	a) 現地住民の参画を基本としたコミュニティ防災および危機管理プランの策定にむけた知識及び技術を習得すること。 b) 上記 a)の補完
対象者	a-b) 地方自治体の担当官、水利組合の技術者、集落代表者
期間	a) 各流域において全 19 回（1 日 4 時間） b) 各流域において全 34 回（1 日 5 時間）
講師	a-b) MINAG および州政府農業局の技術者、コミュニティ開発専門家、ファシリテーター（住民参加）
内容	a-1) 危機管理計画策定マニュアル a-2) 危機管理に係る現況分析・課題分析 a-3) 住民参加型コミュニティ開発の手法 a-4) 危機管理計画（案）策定のデモンストレーション b-1) 生態学的地域計画 b-2) 危機管理計画 b-3) 活動計画策定

3) 活動3「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」

コース	a) 溪谷（山腹）保全技術 b) 植林用苗木栽培技術 c) 植林用苗木植え付け技術 d) 森林資源管理・保全
目的	a) 河川堆積対策を促進するため、各流域の状況に沿った山腹部の適切な保全技術を現地住民が習得すること。 b) 植林用苗木を栽培する技術を被災想定流域の現地住民が習得すること。 c) 植林用苗木の植付技術を被災想定流域の現地住民が習得すること。 d) 森林資源の管理・保全技術を被災想定流域の現地住民が習得すること。
対象者	a-d) 地方自治体の担当官、水利組合の技術者、集落代表者
期間	a) 各流域において全 12 回（1 日 5 時間） b-d) 各流域において、本研修を含め河川堆積対策向け溪谷（山腹）管理に係る 3 つの研修にて合計 40 回（1 日 5 時間）
講師	a-d) MINAG および州政府農業局の技術者、有識者（大学教員、研究機関研究員、NGO 等）
内容	a-1) 溪谷地域における土壌の特性と保全 a-2) 山腹部の農林システム a-3) 山腹部の牧草システム a-4) 伝統的な植物群の再生方法 a-5) 山腹部の保全対策および軽減策 b-1) 地域適性の高い樹木の選定 b-2) 苗床技術 b-3) 苗木栽培技術 b-4) コミュニティ管理による苗床設置計画 c-1) 植林予定地の検討 c-2) 苗木植え付け技術 c-3) 土壌管理技術 c-4) 剪定技術 c-5) コミュニティ植林管理計画 d-1) 植林による洪水対策 d-2) 植林苗木の保全と運用計画

d-3) 林産物の運用計画
d-4) コミュニティ植林管理計画

(5) 事業費用および期間

ヤウカ川における上記活動にかかるコスト(見込み)は、表-4.3.3-1のとおりであり、S./を見込む。

また、事業期間は構造物的および非構造物的対策の進捗を鑑みながら決定すべきであるが、概ね2年での実施を想定する。

表-4.3.3-1 技術支援の内容と直接費用

(6) 実施計画

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

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

4.4 コスト

4.4.1 コストの算出(民間価格)

(1) 事業費の構成

事業費の構成は、次のとおりである。

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

(2) 直接工事費

ヤウカ川流域の構造物対策の直接工事費の総括表を、表-4.4.1-1 に示す。

(3) 事業費

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

表-4.4.1-1 直接工事費総括表 (民間価格)

表-4.4.1-2 事業費 (民間価格)

4.4.2 コストの算出(社会価格)

(1) 直接工事費

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

(2) 事業費

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

表-4.4.2-1 直接工事費総括表 (社会価格)

表-4.4.2-2 事業費 (社会価格)

4.5 社会評価

4.5.1 民間価格

(1) 便益

治水事業の便益は、事業を実施しない場合 (Without-the-project) と実施した場合 (With-the-project) の被害額をもとに、事業の実施により防止し得る洪水被害軽減である。洪水対策施設の耐用年数を 50 年として、洪水の生起確率 (2~50 年) ごとに氾濫による被害額を算出し、これらの被害額と生起確率より年平均被害軽減期待額を算出し、これを施設建設による便益とする。ペルー国における洪水対策ガイドライン (GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS、4.1.2p-105) においても同様の方法が規定されている。

具体的な便益の算定方法は

- ① 事業を実施しない場合の氾濫解析を洪水の生起確率 (2~50 年) ごとに行い、氾濫地域における洪水被害額を算出する。次に
- ② 重点洪水対策施設 (Ya-1~Ya-6) を配置した状態で同様の氾濫解析を行い、氾濫区域における洪水被害を算出する。
- ③ ①と②の差に、堤防以外の施設 (取水堰、道路護岸、ダム保護など) について算出した便益を加えて合計の便益を算定する。

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

1) 被害額の算定方法

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

表-4.5.1-1 洪水被害額の算定項目

被害分類	被害項目	適 用
(1)直接被害	①農作物被害	<ul style="list-style-type: none"> ・ 洪水期における畑作物 農作物に関する洪水被害は、浸水深及び浸水日数に応じた被害率を乗じて農作物被害額を算定 ・ 農地及び水路等の農業用施設 ・ 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
	②水利構造物への被害	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取水堰及び水路等の水利構造物の破損による被害額
	③道路被害	<ul style="list-style-type: none"> ・ 道路に関する洪水被害は、流通に関する被害を算出する。
	④家屋被害	<ul style="list-style-type: none"> ・ 居住用及び事業所用の建物 資産額に水深に応じた被害率を乗じて算出。 家屋：居住用及び事業所用の建物

被害分類	被害項目	適用
		家庭用品：家具・家電製品・衣類・自動車等 住宅及び商店の家屋、資産、在庫に関する洪水被害は、洪水による浸水深によって被害係数を乗じることにより算出する。
	⑤公共施設被害	・道路、橋梁、下水道及び都市施設 ・学校、教会等の公共施設の被害を算出する。 一般資産被害額に施設等に応じた比率を乗じ、公共土木施設等の被害額を算定
	⑥公共サービス被害	・電力・ガス・水道・鉄道・電話等の施設
(2)間接被害	①農業へ被害	・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 ・水利構造物の新設、修理費用を直接被害として産出する。
	②交通遮断による被害	・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 ・道路の補修、新設費用を直接被害として算出する。

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) 被災規模確率規模別想定被害額

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

表-4.5.1-2 想定洪水被害額 (民間価格)

Caso ケース	t 確率年	千ソール	
		Yauca	
Sin Proyecto 事業を実施 しない場合	2	0	0
	5	0	0
	10	1,695	
	25	2,569	
	50	11,497	
	Total	15,761	
Con Proyecto 事業を実施 した場合	2	0	0
	5	0	0
	10	7	
	25	1,005	
	50	2,028	
	Total	3,040	

3) 年平均被害軽減期待額

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

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

表-4.5.1-3 年平均想定被害軽減期待額の算定方法

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

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

表-4.5.1-4 年平均被害軽減期待額 (民間価格)

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
YAUCA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0	0	
	5	0.200	0	0	0	0	0	0	
	10	0.100	1,695	7	1,688	844	0.100	84	84
	25	0.040	2,569	1,005	1,564	1,626	0.060	98	182
	50	0.020	11,497	2,028	9,469	5,517	0.020	110	292

(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-4.5.1-5 費用便益分析の評価指標と特徴

評価指標	定義	特徴
純現在価値 (NPV: Net Present Value)	$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> 事業実施による純便益の大きさを比較できる。 社会的割引率によって値が変化する。
費用便益費 (CBR: Cost Benefit Ratio)	$B/C = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} / \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> 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。 社会的割引率によって値が変化する。
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"> 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。 社会的割引率の影響を受けない。
ここで、Bi: 第 i 年目の便益、Ci: 第 i 年目の費用、r: 社会的割引率(10%) n: 評価年数		

2) 前提条件

経済評価を実施する上での各指標の前提条件は以下のとおりである。

i) 評価期間

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

のとおりである。

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

ii) 標準変換係数 (SCF)

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

堤防 0.804
 蛇籠 0.863
 取水堰 0.863

また、民間価格から社会経済価格の変換に当たっては消費税を考慮しない。

iii) その他の前提条件

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

3) 費用対効果分析

治水施設の整備及び維持管理に要する総費用と、治水施設整備によってもたらされる総便益（被害軽減額）を、社会的割引率を用いて現在価値化して比較する。このため、評価時点を現在価値化の基準とし、本事業の着手開始から15年間までを評価対象期間にして、治水施設の完成に要する費用と維持管理費を現在価値化したものの総和から総費用を、年平均被害軽減期待額を現在価値化したものの総和から総便益をそれぞれ算定する。

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

表-4.5.1-6 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (民間価格)

4.5.2 社会価格

(1) 便益

1 確率規模別想定被害額

ヤウカ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)

千ソール

Caso ケース	t 確率年	Yauca
Sin Proyecto 事業を実施 しない場合	2	0
	5	0
	10	2,150
	25	3,313
	50	12,092
	Total	17,555
Con Proyecto 事業を実施 した場合	2	0
	5	0
	10	9
	25	1,341
	50	2,653
	Total	4,003

2) 年平均被害軽減期待額

ヤウカ川流域における年平均被害軽減期待額の計算結果を、表-4.5.2-2 に示す。

表-4.5.2-2 年平均被害軽減期待額 (社会価格)

s/1000

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
YAUCA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0.500	0	
	5	0.200	0	0	0	0	0.300	0	
	10	0.100	2,150	9	2,141	1,071	0.100	107	107
	25	0.040	3,313	1,341	1,972	2,057	0.060	123	230
	50	0.020	12,092	2,653	9,439	5,706	0.020	114	345

(2) 社会評価

表-4.5.2-3 に、社会価格における計算結果を示す。

表-4.5.2-3 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (社会価格)

4.5.3 社会評価のまとめ

ヤウカ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低い、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

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リティを果たすとともに、事業評価の精度や信頼性の向上を図る。

(2) 感度分析の実施

1) 感度分析の概要

感度分析には、表-4.6-1 に示すような3つの手法がある。

表-4.6-1 感度分析手法

感度分析の手法	各手法の概要	アウトプット
要因別感度分析	分析で設定した前提条件や仮定のうち、一つだけを変動させた場合の分析結果への影響を把握する。	一つの前提条件・仮定が変動したときの分析結果がとりうる値の範囲
上位ケース・下位ケース	分析で設定した前提条件や仮定のうち、主要なもの全てを変動させた場合に、分析結果が良好になる場合や悪化する場合を設定し、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各検討ケースについて感度分析結果を示す。

表-4.6-3 IRR、B/C、NPV の感度分析結果

	流域名	項目	基本ケース	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
				コスト上昇 5%	コスト上昇 10%	便益低下 5%	便益低下 10%	割引率増加 5%	割引率低下 5%
民間価格	YAUCA	IRR (%)	-	-	-	-	-	-	-
		B/C	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.07	0.12
		NPV(s)	-17,059,601	-17,998,368	-18,937,135	-17,145,388	-17,231,175	-16,296,088	-17,760,074
社会価格	YAUCA	IRR (%)	-	-	-	-	-	-	-
		B/C	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.10	0.18
		NPV(s)	-13,083,633	-13,838,957	-14,594,281	-13,184,775	-13,285,917	-12,649,776	-13,357,212

(3) 感度分析評価

本プロジェクトにおける社会経済状況の変化にともなうプロジェクトへの影響は民間価格および社会価格のいずれについても検討した感度分析の結果によれば費用、便益および割引率が多少変化しても B/C、NPV の数値の変動は小さいが、経済効果の低い事業である。

4.7 持続可能性分析

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

表-4.7-1 に最近のヤウカ川流域の予算を示す。

表-4.7-1 水利組合の事業予算

河川	年予算			(単位 S)
	2006	2007	2008	3 ヶ年平均
ヤウカ川	114,482.12	111,102.69	130,575.40	118,720

(1) 収益性

ヤウカ川における事業収益性は低く、事業の持続可能性は低い。ヤウカ川における投資額は民間価格で S/ ソルで、事業実施にともなう経済効果は社会価格で B/C は 0.13 であり、内部収益率も無く、NPV が S/ -13.0 百万ソルとなり、非常に効率性の低い事業である。

(2) 維持管理費

2008 年をベースとして本事業で必要となる年間維持管理費は建設費の % とするとヤウカ川においては S/ である。一方、水利組合の最近 3 ヶ年の平均事業費は S/118,720 となっている。

水利組合の年間予算に占める年間維持管理費は約 75.9% であり、水利組合の資金面の維持管理能力が疑問視される。

結論として基本となる事業の経済効果が認められず、維持管理費の負担能力についても問題があり、事業の実現は困難である。

4.8 環境インパクト

4.8.1 環境影響評価の手続き

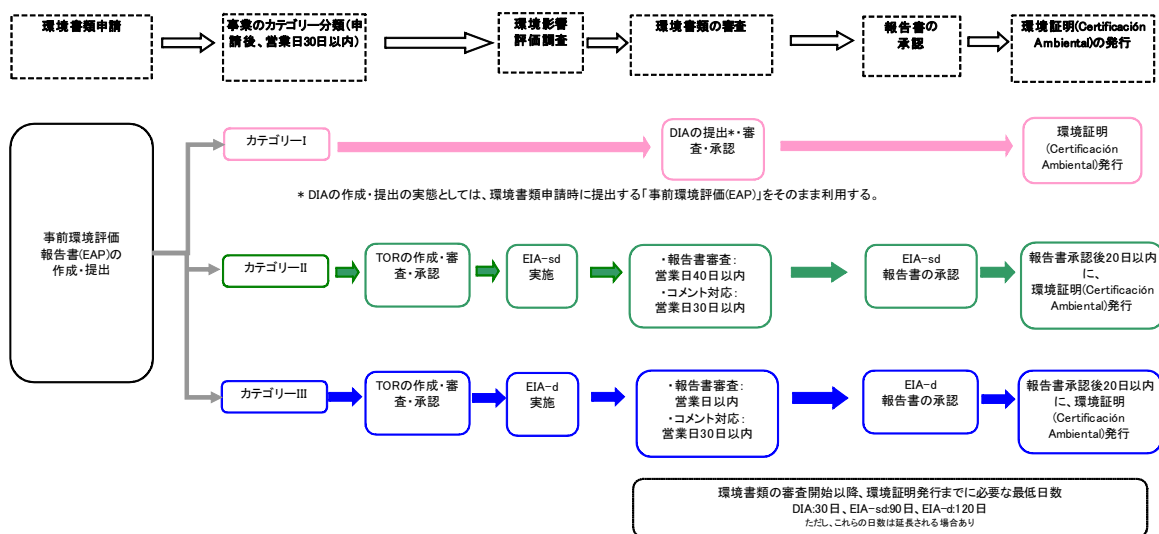
ペルー国では、投資前調査の段階で事業管轄省庁の担当部局が、事業の実施により発現が予測される環境社会影響の度合いに応じて、事業を準備調査のレベルにおいて 3 つのカテゴリーに分類する。環境への影響が軽度であるカテゴリー I については「環境影響宣言報告書 (Declaración de Impacto Ambiental: DIA)」、カテゴリー II の事業は「準詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado: EIA-sd)」、カテゴリー III の事業に関しては、「詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental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

表-4.8.1-1 環境影響に基づくカテゴリー分類

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

出典：SEIA 法（2001 年）を基に JICA 調査団作成

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



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

図-4.8.1-1 農業省における環境承認取得までのプロセス

まず、事業実施主体が事前環境評価（Evaluación Ambiental Preliminar: EAP）報告書を事業管轄省庁の担当部局に提出し、事業のカテゴリー分類を申請する。事業管轄省庁の担当部局が EAP 報告書の審査を行い、事業のカテゴリー分類を行う。カテゴリーⅠに分類された事業に関しては、DIA を提出する。農業省において、DIA の提出は、環境書類申請時に提出する EAP をそのまま利用するという実態となっている。カテゴリーⅡ及びⅢに分類された事業に関しては、EIA-sd もしくは EIA-d を実施することになる。

本事業における環境影響評価の進捗状況は、次のとおりである。

事前環境評価(EAP)は、農業省に登録されている現地コンサルタント(CIDES Ingenieros S.A.)によりヤウカ川流域については 2010 年 12 月から 2011 年 1 月にかけて実施された。

EAP はヤウカ川流域については 2011 年 1 月 25 日に調査団より DGIH に提出されたが、DGIH はヤウカ川流域の経済効果が認められないことから本事業より除外した。したがって EAP は DGAA には提出されていない。

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

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

表-4.8.1-2 工事実施予定地

対象河川	クリティカルポイント		保全対象	対策(暫定案)	施設規模	対象範囲
ヤウカ川	1	4.5k下流	氾濫点	農地 (オリーブ)	既設堤防の修復	3.5km~7.5km(全体)
	2	4.1km	狭窄部		河床掘削	
	3	4.5-7.0k	氾濫点 取水堰		既設堤防の修復	
	4	25.0k	取水堰	農地 (オリーブ)	取水堰の修復	25.0km~25.7km(全体)
	5	25.0k	取水堰		護岸工	
	6	41.1k	取水堰	道路	護岸工	40.9km~41.3km(左岸側)

出典：JICA 調査団作成

4.8.2 環境影響評価の方法

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

環境レベル（自然環境、生物環境、社会環境）及びプロジェクトレベル（建設期間、維持管理期間）に分類して影響を確認し、影響の評価は、影響の性質、発現可能性、影響の程度（強度、範囲、発現期間、可逆性）に基づき数値化し、環境影響値をだした。表-4.8.2-1 は、影響の評価（数値化）に用いた基準である。

表-4.8.2-1 Leopold マトリックスー評価基準

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

出典：事前環境評価(EAP)に基づき JICA 調査団作成

表-4.8.2-2 影響の大きさの程度の基準

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

出典：事前環境評価(EAP)に基づき JICA 調査団作成

4.8.3 環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価

ここでは、ヤウカ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、ヤウカ川流域の EAP で作成したマトリックスの要約を載せる。

ヤウカ川流域において、建設期間には 67 点の影響が予測される。そのうち 65 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。65 点の負の影響の中で、顕著であるものが 14 点、極めて顕著であるものが 2 点あるこれらの点数は、表-4.8.3-1 を利用して算出した。影響の程度に関係なく、影響を与えるか与えないかで点数をつけている。なお、表中の「N」は「負の影響」、「P」は「正の影響」を示す。

表-4.8.3-1 影響の認識マトリックス (建設期間)

		事業対象地													負の影響会社		正の影響会社	
		環境指標	地元住民の雇用	工事サイトの準備(運搬切り払い、区画策定、地ならし)	河川の転流・囲い壁	河床・河岸以外の地盤の掘削と盛り土	河床の掘削と盛り土	河床の掘削と盛り土	土木工事(コンクリート作業)	採掘場および資材採取場所の維持管理	大量の掘削土・淤濁土の維持管理	工事キャンパムの維持管理	労働者の運搬	工事機材及び資材の運搬				
自然環境	大気	粉塵(PM-10)		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	9	0	
		排気ガス		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	10	0	
	騒音	騒音		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	11	0		
	土壌	肥沃さ		N							N	N				3	0	
		土地利用性		N							N	N				3	0	
	水	表流水質			N			N	N	N	N					5	0	
		地表水量								N		N				2	0	
地形・河川地形	河川地形				N		N	N		N					4	0		
	地形		N		N					N					3	0		
生物環境	植物	陸上植物		N							N				2	0		
		水生植物						N		N					2	0		
	動物	陸上動物		N						N					2	0		
		水生生物			N		N	N		N					4	0		
社会経済環境	社会	景観								N	N				2	0		
		生活の質	P									N	N	N	3	1		
	経済	脆弱性・安全性													0	0		
		経済活動人口	P												0	1		
		土地の利用													0	0		
合計			2	8	6	4	6	7	4	10	9	3	4	4	65	2		
%															97%	3%		

出典：事前環境評価 (ヤウカ川流域)

表-4.8.3-2 環境影響評価のマトリックス (建設期間) ヤウカ川流域

環境指標	事業対象地	ヤウカ川流域											
		地元住民の雇用	工事サイトの準備 (雑草切り払い、区画築定、地ならし)	河川の転流・困い堰	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)	探照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	工事キャンパスの維持管理	労働者の運搬	工事機材及び資材の運搬	
		Ya1-6	Ya1-6	Ya1-6	Ya4-6	Ya1,2,3	Ya1,3,4,5,6	Ya1-6	Ya1-6	Ya1-6	Ya1-6	Ya1-6	
自然環境	大気	粉塵(PM-10)	0.0	-15.0	-11.5	-12.0	-12.0	0.0	-18.0	-18.0	0.0	-12.0	-12.0
		排気ガス	0.0	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-15.0	-11.5	0.0	-11.5	-11.5
	騒音	騒音	0.0	-12.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0
	土壌	安定性	0.0	-14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-14.2	-14.2	0.0	0.0	0.0
		土地利用性	0.0	-14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.0	-15.0	0.0	0.0	0.0
	水	地表水質	0.0	0.0	-17.5	-15.0	-23.0	-14.5	-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
地表水量		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.0	0.0	0.0	-15.0	0.0	0.0	
地形・河川地形	河川地形	0.0	0.0	-12.0	-26.0	-31.0	0.0	-23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	地形	0.0	-33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-28.0	0.0	0.0	0.0	
生物環境	植物	陸上植物	0.0	-24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	0.0	0.0	0.0
		水生植物	0.0	0.0	0.0	0.0	-14.5	0.0	-14.5	0.0	0.0	0.0	0.0
	動物	陸上動物	0.0	-24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	0.0	0.0	0.0
		水生生物	0.0	0.0	-12.0	-11.5	-17.5	0.0	-14.5	0.0	0.0	0.0	0.0
社会経済環境	社会	景観	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.0	-12.0	0.0	0.0	0.0
		生活の質	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.5	-17.5	
	経済	脆弱性・安全性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		経済活動人口	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	土地の利用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

出典：事前環境評価(EAP)の結果に基づき JICA 調査団が作成

維持管理期間には 38 点の影響が予測される。そのうち 6 点 (16%) が負の影響、32 点 (84%) が正の影響である。6 点の負の影響の中で、顕著であるものが 4 点、極めて顕著であるものが 2 点ある。点数の算出方法は、先に掲載した建設期間中の方法と同じである。

表-4.8.3-3 影響の認識マトリックス (維持管理期間)







環境指標	事業対象地	環境指標	既設堤防の修復 1	河湾掘削 2	既設堤防の修復 3	取水堰の修復 4	護岸工 5	護岸工 6	負の影響	正の影響
自然環境	大気	粉塵(PM-10)							0	0
		排気ガス							0	0
	騒音	騒音							0	0
		安定性					P	P	0	2
	水	土地利用性							0	0
		地表水質				P	P	P	0	3
地形・河川地形	地表水量	P	P	P	P			0	4	
	河川地形	N	N	N				3	0	
生物環境	植物	地形							0	0
		陸上植物							0	0
	動物	水生植物							0	0
		陸上動物							0	0
社会経済環境	社会	水生生物							3	0
		景観	P	P	P		P	P	0	5
	経済	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
		経済活動人口							0	0
		土地の利用	P	P	P	P	P	P	0	6
合計			7	7	7	5	6	6	6	32
%									16%	84%

表-4.8.3-4 環境影響評価マトリックス (維持管理期間) ヤウカ川流域

		ヤウカ川流域						
		Ya1 (既設堤防の修復)	Ya2 (河道掘削)	Ya3 (既設堤防の修復)	Ya4 (取水堰の修復)	Ya5 (護岸)	Ya6 (護岸)	
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
	土壌	安定性	0.0	0.0	0.0	0.0	31.0	31.0
		土地利用性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	水	地表水質	0.0	0.0	0.0	28.0	31.0	31.0
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	0.0	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	0.0	0.0	0.0
社会経済環境	社会	景観	36.0	36.0	36.0	0.0	36.0	36.0
		生活の質	36.0	36.0	36.0	31.0	36.0	36.0
		脆弱性・安全性	36.0	36.0	36.0	31.0	36.0	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	36.0	36.0

出典：事前環境評価(EAP)の結果に基づき JICA 調査団が作成

表-4.8.2-2、4.8.2-4 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

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

ヤウカ川流域では、これら 2 つの作業のほかに「大量の掘削土・浚渫土の発生」による影響が特に大きい。

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

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

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

4.8.4 環境影響管理

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

建設期間は、ヤウカ川流域において「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」、「工事車輛交通管理計画」を事業実施主体または工事請負業者が責任を持ち実施する。維持管理期間においては、「河床・水生生物管理計画」を実施することにより河川地形の侵食を抑え、水生生物に適した生息環境を整備する。

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

表-4.8.4-1 環境影響と予防・緩和策

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

出典：JICA 調査団作成

4.8.5 環境管理計画

(1) フォローアップ・モニタリング計画

フォローアップ計画においては、計画されている環境影響管理計画の実施を確実にする計画である。モニタリング計画は、環境質基準及び排出量基準といった環境基準を満たしていることを確認するために実施する。なお、フォローアップ計画及びモニタリング計画は事業実施主体もしくはその監督下の第三者により責任を持ち実施される¹。

・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。

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

表-4.8.5-1 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

ヤウカ川流域の事前環境評価の結果によれば、計画されている事業による顕著な大気質汚染は懸念されない。しかしながら、工事により発生する粉塵等は工事従事者及び工事現場に近い住民に影響を与えると考えられる。したがって、大気質のモニタリングを実施することが望ましい。

表-4.8.5-2 大気質モニタリング

	詳細
実施地点	工事現場、河川から離れた場所に位置する探掘場(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 ₂ /O ₃ /Pb/SO ₂ /H ₂ S
測定頻度	毎3ヶ月
参照基準	D.S N° 074-2001-PCM(大気質国家基準)
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典: JICA 調査団作成

騒音モニタリング

各工事現場にて以下の表に基づき騒音のモニタリングを実施する。

表-4.8.5-3 騒音モニタリング

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

出典: JICA 調査団作成

・維持管理期間

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

表-4.8.5-4 水質及び生物多様性モニタリング

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

出典：JICA 調査団作成

(2) 事業終了時計画

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

(3) 市民参加計画

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

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

4.8.6 環境影響管理対策実施コスト

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

表 4.8.6-1 環境影響管理対策直接コスト

4.8.7 結論と提言

(1) 結論

EAP の結果によると、本事業の実施により、建設期間及び維持管理期間に発現する環境影響については、大部分のものがあまり顕著でない影響として評価されている。特に顕著な影響につい

ても、環境影響管理計画を適切に実施することにより予防・緩和することができる。

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

(2) 提言

- 1) 建設工事の時期については乾期に合わせて事業を開始することが好ましい。
また、事業実施対象地の多くが農地の付近に位置するため、流域における農業のサイクルを考慮したうえで事業を実施する必要がある。それにより、農業機器や農作物の運搬などを行う住民生活への影響を最小限に抑えることができる。
- 2) 用地問題については事業対象地域の河川区域が明確にされていない場合には、以下の対応をとる。FS 調査終了後直ちに事業実施主体である農業省 DGIH は、①河川区域を明確にし、②用地取得の対象となる土地及びそこを利用する人の特定化をする必要がある。その後、「用地取得基本法」で規定されているプロセスを実施し、用地取得を行う。また、特定された土地がコミュニティの土地である場合には、住民との協議により合意を形成する必要がある。
- 3) 文化遺産保全に係る手続きについては DGIH は F S 調査終了後直ちに CIRA 取得に必要な手続きを行うことにより、事業開始時まで CIRA を取得する必要がある。
- 4) ジェンダー配慮については流域において女性が置かれている概況より、水利組合の会合への女性の参加はある程度確保されているが、能力強化等のワークショップへの参加は少ない。したがって、本事業に含まれる防災教育・能力強化コンポーネントにおいては、女性の参加を促進するような配慮が必要である。例えば、全ての流域において、女性組織の存在が確認されていることを踏まえ、ワークショップ開催の通達は既存の女性組織を通じて行うことができるだろう。また、開催時間についても出来る限り多くの女性が参加できる時間を調査し、それにあつた時間設定をするといった配慮が考えられる。
- 5) 最後に、DGIH が環境承認取得に向けて今後とるべき手段を示す。2011年4月現在、農業省 DGAA が5流域の初期環境評価 (EAP) 報告書を審査している。この審査により事業のカテゴリ分類がされる。カテゴリ-Iに分類された場合には、環境承認が発行される。カテゴリ-IIもしくはIIIに分類された場合には、DGAAの指示に応じてEIA-sdあるいはEIA-dを、実施し、環境承認をF/S段階終了時まで取得する。

4.9 実施計画

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

(1) 公共投資審査 (SNIP)

「ペ」国では、公共投資事業の妥当性・実施可能性を審査する公共投資国家システム(以下、「SNIP」)が法律(Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública Resolución Directoral N°

002-2009-EF/68.01) に基づいて運用されており、本プロジェクトについても適用される。

SNIP では、ペルフィル調査（事業の概略調査）、プレ F/S、F/S という 3 段階の投資前調査の中から事業の規模等に応じて必要な投資前調査が決定される。SNIP は、法律第 27293 号（2000 年 6 月 28 日発布）により制定され、公共投資事業に使われる公共資源の効果的な使用を目指すため、中央政府/地方政府等が立案・実施する公共投資計画・事業の遵守すべき原則、プロセス、方法、および技術上の規則を定めたものである。

SNIP では、以下に示すとおり、全ての公共事業に対して投資総額に応じて 3 段階の投資前調査（ペルフィル（以下、ペルフィルまたは Perfil）、プレ F/S または PreF/S、F/S）の作成と承認を義務づけている。ただし 2011 年 4 月に法律の改訂があり（Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública Resolución Directoral N° 003-2011-EF/68.01 Anexo SNIP 07）、中間段階の PreF/S 調査は不要になったが、Perfil 調査において一次情報に基づく調査が要求されており、改訂の前後で調査段階全体を通じての必要調査精度には殆ど変化がない。

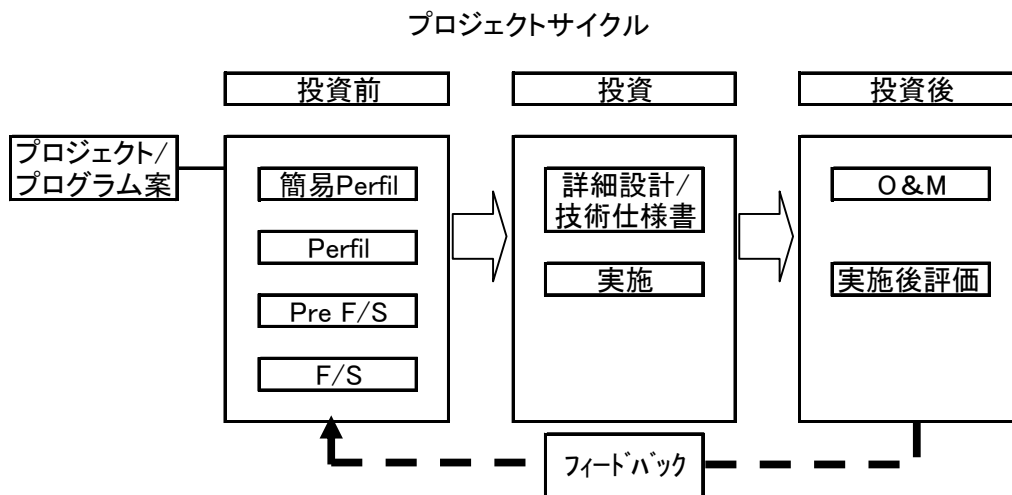


図-4.9-1 SNIP プロジェクトサイクル

また、本件業務のような複数のプロジェクトにより構成される事業を進めるためには、プログラムレベルでの投資前調査の作成と承認が求められる。

各段階でのプロセスは若干異なるものの、SNIP 手続きでは、案件形成機関（以下、「UF」）が各段階の調査を実施し、計画・投資室（以下、「OPI」）が UF から提出された各調査を評価、承認し、公的部門多年度計画局（以下、「DGPM」）に対し、F/S 承認、及び次の調査に進むことにつき承認を依頼する。そして、最終的に DGPM が公共投資の妥当性について評価、判断、承認することとなる。



(Directiva No. 001-2009-EF/68.01を参照)

図-4.9-2 SNIP の関連組織

審査部局 (OPI・DGPM) から UF へのコメントに対し、UF は回答を用意し各調査を改善する必要がある。審査部局は最終的な回答を得てから正式な申請として受け付けるために、調査報告書の完成から審査修了までは、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 調査団の作成したヤウカ川流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポートに基づき DGPI はこの流域についての経済効果が認められないことから本流域を本事業より除外した。したがって SNIP に登録していない。

(2) 円借款契約

本プロジェクトの FS 報告書提出後に OPI および DGPI による SNIP 審査を経て、事業実施の承認を得た後、JICA よりアプレイザルミッションが派遣され、円借款の契約協議が開始される。円借款契約交渉が合意に達すれば、Loan Agreement (LA)が締結される。円借款契約交渉手続きに9ヶ月程度の期間を想定する。

(3) プロジェクト実施工程

L/A の締結が行われた後、コンサルタントが選定される。コンサルティングサービスは、詳細設計と技術仕様書作成、建設業者選定のアシスト及び工事中の施工管理である。想定した各工程の所要期間以下のとおりである。全体工事工程を表-4.9-1 に示す。

- 1) コンサルタント選定 3ヶ月、
- 2) コンサルタントによる詳細設計、技術仕様書作成の作成6ヶ月
- 3) 建設業者選定 12ヶ月
- 4) コンサルタントによる 河川施設および河川構造物沿いの植林の施工管理期間を2年。
- 5) 河川施設および河川構造物沿いの植林は河川施設と並行して実施する。
- 6) 防災教育/能力強化は河川施設工事と並行して同時期に実施する。

表-4.9-1 実施計画

項目	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
1	調査				調査				審査																			
2					調査				審査																			
3																												
4																												
5													設計・入札図書				施工管理											
6																												
7																												
1)																												
2)																												
3)																												
4)																												
8																												

4.10 組織と管理

本プロジェクトの実施と管理に関係するペルー国機関は、農業省、経済財政省及び水利組合であり、各機関の役割は以下のとおりである。

農業省(MINAG)

- プログラム実施の責任官庁は、農業省 (MINAG) であり、プログラムの技術的な管理は水インフラ総局(DGIH)が担当する。水インフラ総局(DGIH)は投資前段階の調査段階において投資プログラムの調整、管理、監督を行う。
- 投資段階の建設段階においては農業省の PSI(Programa Subsectorial de Irrigaciones, Ministerio de Agricultura, 農業省灌漑サブセクタープログラム) が、プロジェクトコストの算定、詳細設計、工事实施に対する監理を行う。
- 農業省の計画投資室(OPI)は、水インフラ総局(DGIH)のプロジェクトの投資前段階におけるプレFS及びFS審査に関する責任部局であり、経済財政省 (MEF) の公的部門多年度計画局(DGPM)へ承認申請を行う。
- 農業省の総合管理局(OGA-MINAG)は財務省の公的債務部 (National Debt Public (DNEP)) と財務管理を行う。また、農業省の入札、工事発注、契約、調達等の予算執行を行う。
- 環境総局(DGAA)は、投資段階において EIA の審査、承認を行う。

経済財政省(MEF)

- 公的多年度計画局(DGPM)は、FS の承認を行う。また、円借款ローン契約の条件確認と承認を行う。また、投資段階においては、プロジェクト実施前に技術的なコメントを出す。
- また、財務管理は、財務省の公的債務部 (National Debt Public (DNEP)) と農業省の総合事務所 (OGA-MINAG)が担当する。
- 経済財政省の公的債務部(DNEP)は、投資段階及び投資後の運営段階において支出の管理

を行う。

水利組合

- 投資後の運営段階において施設の維持管理を行う。

プロジェクト実施における関係機関の関係を、図-4.10-1 及び図-4.10-2 に示す。

本プロジェクトにおいては、投資段階すなわちプロジェクト実施段階は農業省の組織である PSI が担当することになっている。PSI では、JBIC プロジェクト等を実施しており、新たなプロジェクトを実施する場合、そのプロジェクトを管理する組織 (Project Management Unit (PMU)) を組織し、コンサルタントの選定や工事発注、施工管理等を実施することになっている。下図にプロジェクト実施段階の各関係機関の構成を示す。

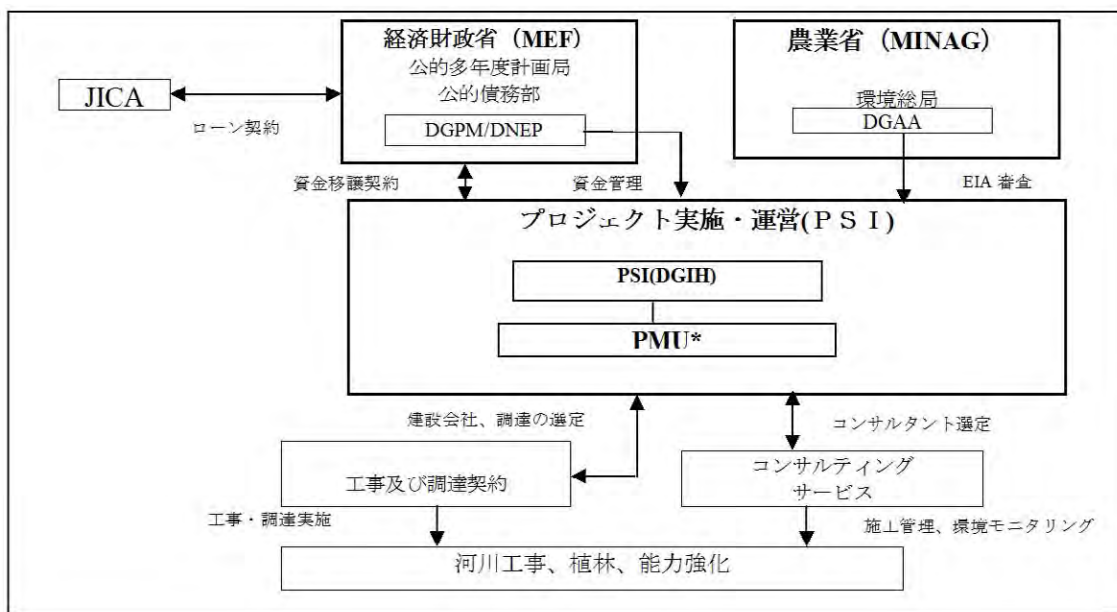


図-4.10-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

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

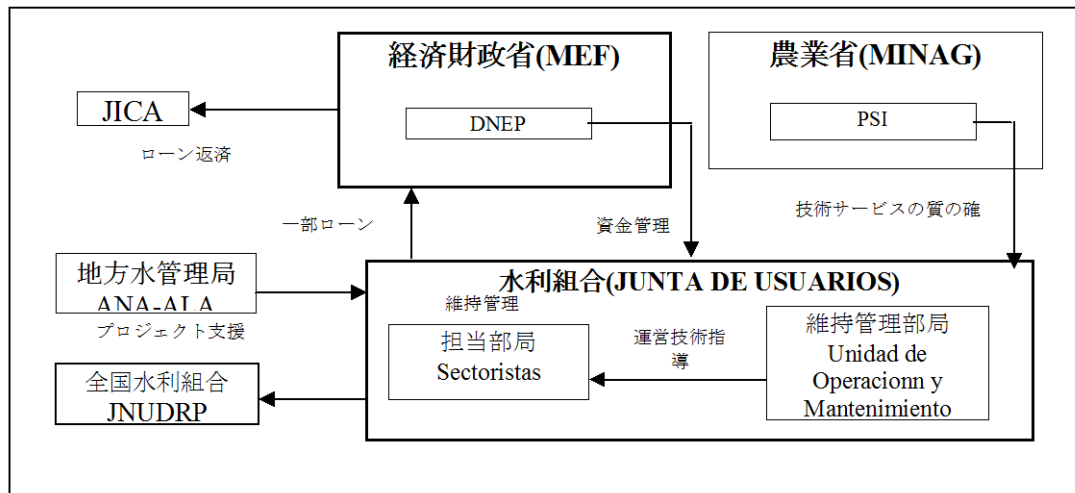


図-4.10-2 プロジェクト実施の関係機関（投資後：運営維持管理段階）

(1) DGIIH

1) 役割及び機能

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

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

2) 主な所掌

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

(2) PSI

1) 役割

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

2) 主な所掌

- a. PSI は、農業省の内部組織であるが、運営と財政的に独立した組織であり、プロジェクト参加組織の調整、管理、運営に責任があり、投資プロジェクトの目的や目標を達成することを目的としている。

- b. 同様に、JICA のような海外の援助組織の融資に対しても支出などの調整を行う。
- c. PSI の計画財務部において、業務発注や調達、投資プログラムの作成やプロジェクト実施計画を策定する。これらのプロジェクトの準備のための作業はインハウスコンサルタント雇用し実施される。
- d. 同様に、コントラクターを召集し入札、工事、調達等のプロジェクトの実施を行う。
- e. 契約管理は計画財務部が実施する。

3) 予算

2011 年の PSI の予算を、表-4.10-1 に示す。

表-4.10-1 PSI の予算 (2011 年)

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

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
TOTAL	117	118	235

PSI の組織を、図-4.10-3 に示す。

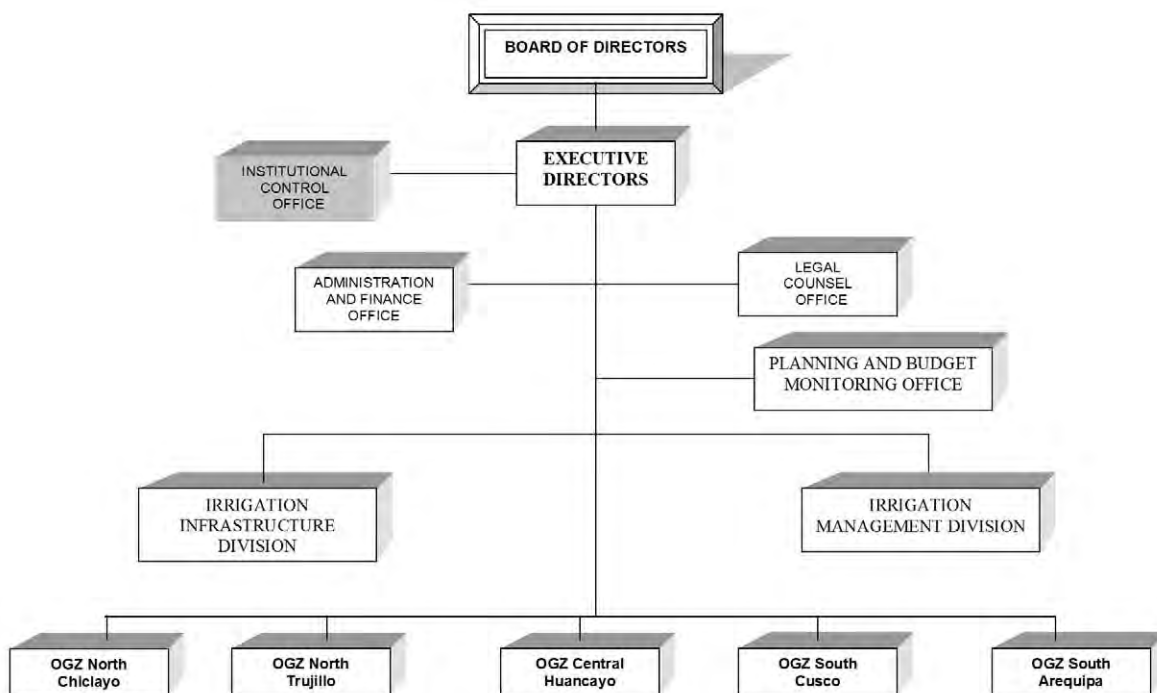


図-4.10-3 PSI の組織

4.11 最終選定案の論理的枠組み

最終的に選定された案の論理的枠組みは、表-4.11-1 に示すとおりである。

表-4.11.1 最終案の論理的枠組み

要約	検証可能な指標	検証の方法	前提
最終目標			
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
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。	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
結果			
氾濫箇所および面積の減少、取水堰機能の改善、道路損壊の回避、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止、ポエチョスダムの安全確保	氾濫箇所の数、面積、取水量の変化、道路損箇所および頻度、河岸侵食の状況、ダム下流の侵食状況	現地視察、治水対策計画書、洪水対策工事報告書などのチェック、地域住民による日常的なモニタリング	地方政府、自治体、地域住民など維持管理者の監視および上位機関への適切な報告
活動			
コンポーネントA.: 構造物対策	堤防、護岸、取水堰の改善、道路の損壊防止、ダムの安全確保施設等28の構造物対策の建設	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			
B-1 植林・植生回復	植林面積、河畔林面積	工事進捗報告書、地域住民による日常的なモニタリング	コンサルタントやNGOの支援、対象地域住民の協力、下流住民の理解と協力
B-2 洪水予警報	機器据付状況、操作状況、予報・警報の回数、情報の伝達状況	工事進捗報告書、担当官庁や住民によるモニタリング	機器の正常な作動および操作、担当者の良好な訓練、連絡・広報活動、機器やソフトウェアの維持・管理
コンポーネントC.: 防災教育・能力開発	講習会、実習、訓練、ワークショップなどの回数	実施報告書、地方自治体担当者および住民によるモニタリング	対象者の参加意欲、コンサルやNGOによる指導
プロジェクト実施管理			
プロジェクトマネジメント	詳細設計、工事発注、施工管理、維持管理	設計図、施工計画および工事費積算書、工事仕様書、契約書、工事管理報告書、維持管理マニュアル	優良コンサルタントおよび建設業者の選定、維持管理における被益住民の参加

4.12 中・長期計画

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

4.12.1 全体治水計画

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

ダム案については仮に 50 年確率洪水流量をダムによりピークカットして 10 年確率洪水流量まで低下させるとしてダムの必要貯水量を概算するとヤウカ川 3.7 百万 m³ 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現河道の流下能力を算定した。その結果は各河川について 3.1.10、図-3.1.10-3 に示すとおりである。

2) 氾濫特性

ヤウカ川について氾濫解析を行った。確率 50 年洪水流量に対する氾濫状況は 3.1.10、図-3.1.10-4 に示す通りとなる。ヤウカ川の氾濫特性は、河口より 7km 付近より下流において氾濫し、右岸側の農地に氾濫流が広がる。

3) 計画高水位および堤防標準断面

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

4) 堤防法線

現況の堤防整備状況等を踏まえて、堤防法線を設定した。基本的には、流下能力の増加と遊水効果を得るためにできるだけ広く川幅を設定した。図-4.12.1-1 に一般河道部と現河道の

川幅が広い部分の法線の定め方を模式的に示している。一般部では堤防天端を確率 50 年洪水流下時の水位+余裕高とし、川幅の広い部分では堤防を 2 重にして内側の堤防法線は上下流の一般部と連続する法線を保ち、天端高を確率 50 年洪水流下水位とし、外側の堤防天端高は確率 50 年洪水流下時の水位+余裕高として内側堤防越流時には貯砂効果と遊水効果を持たせた。

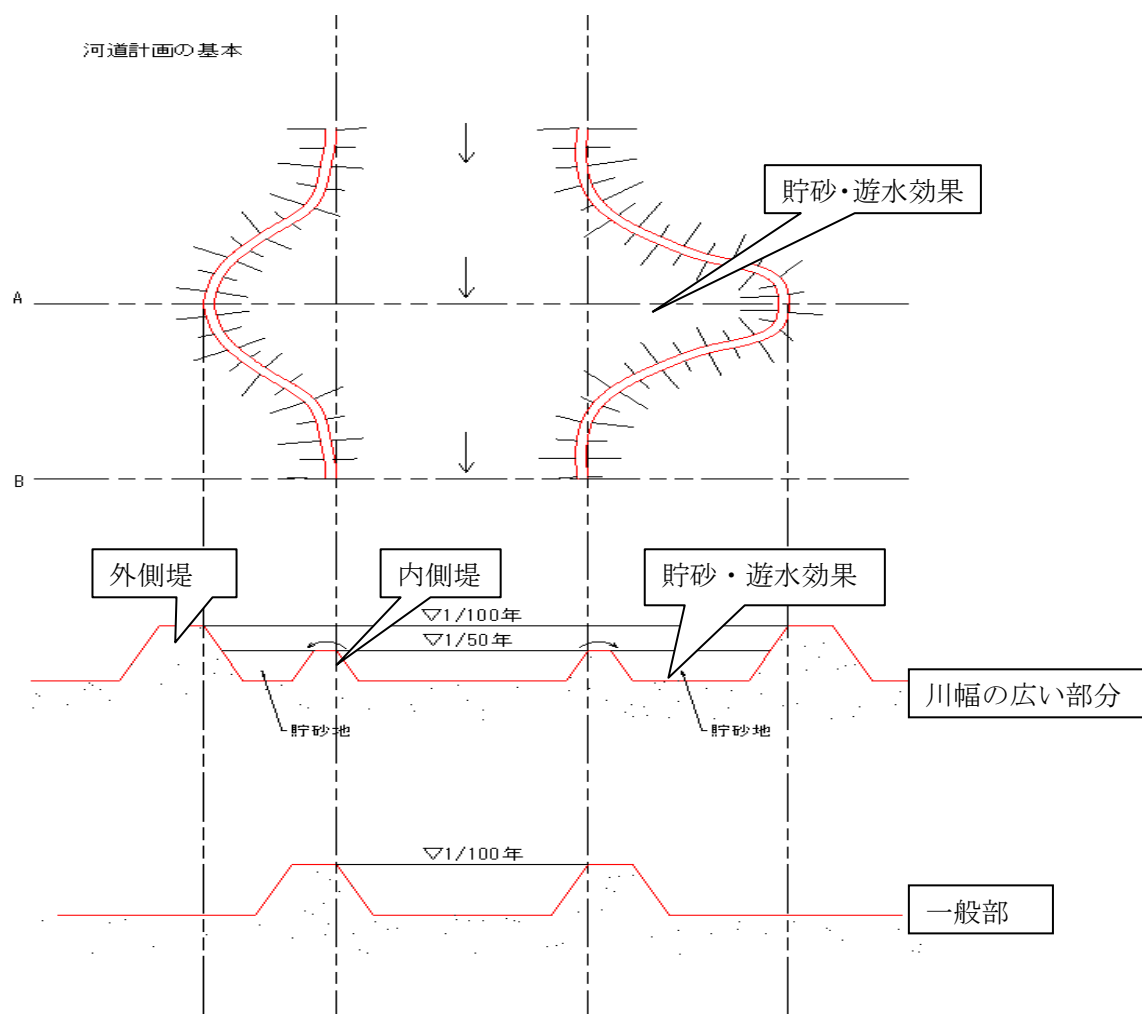


図-4.12.1-1 堤防法線の決定

5) 河川の平面および縦断形状

各河川の平面および縦断形状は、図-4.12.1-2 および図-4.12.1-3 に示す通りである。

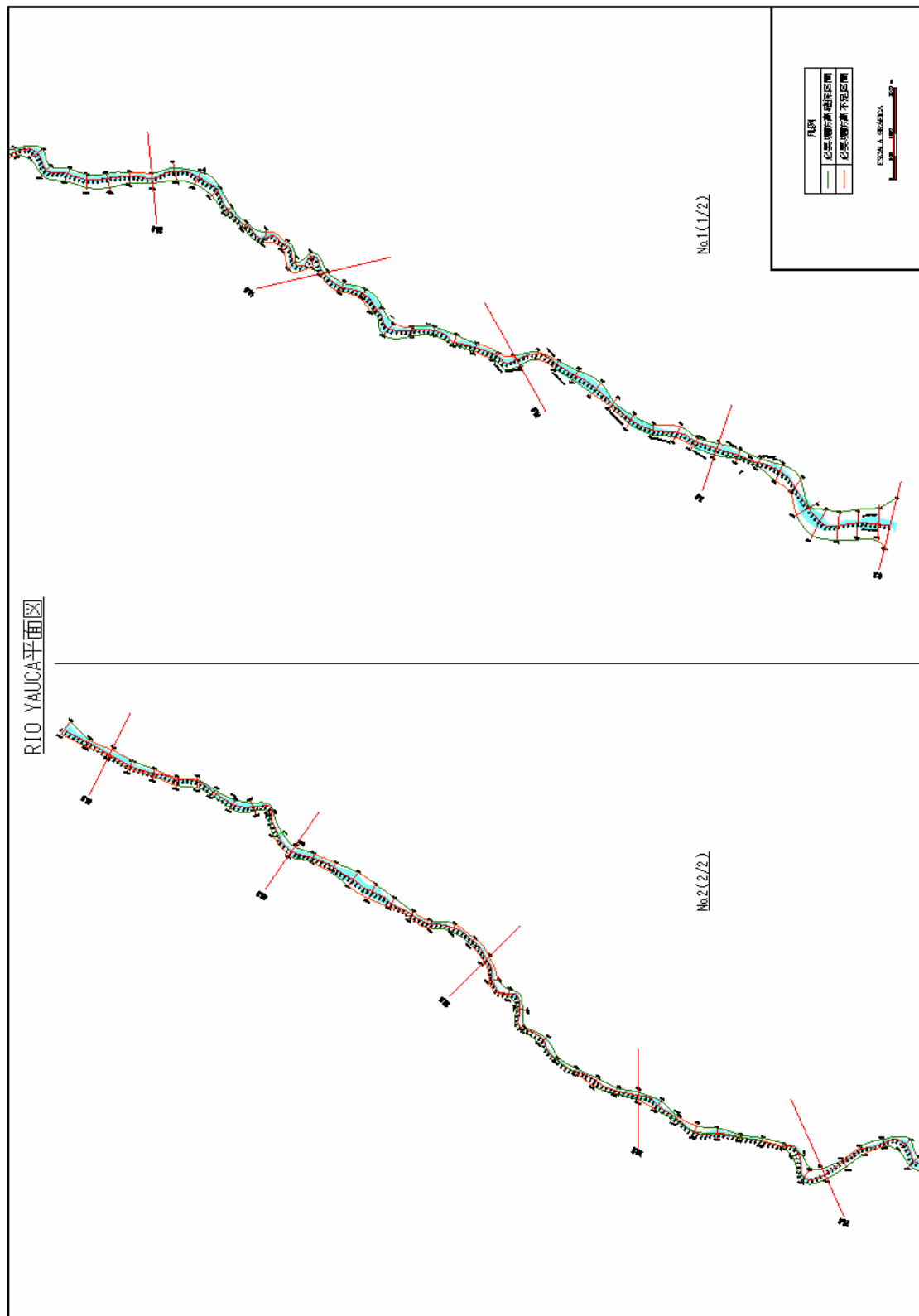


図-4.12.1-2 ヤウカ川平面形状

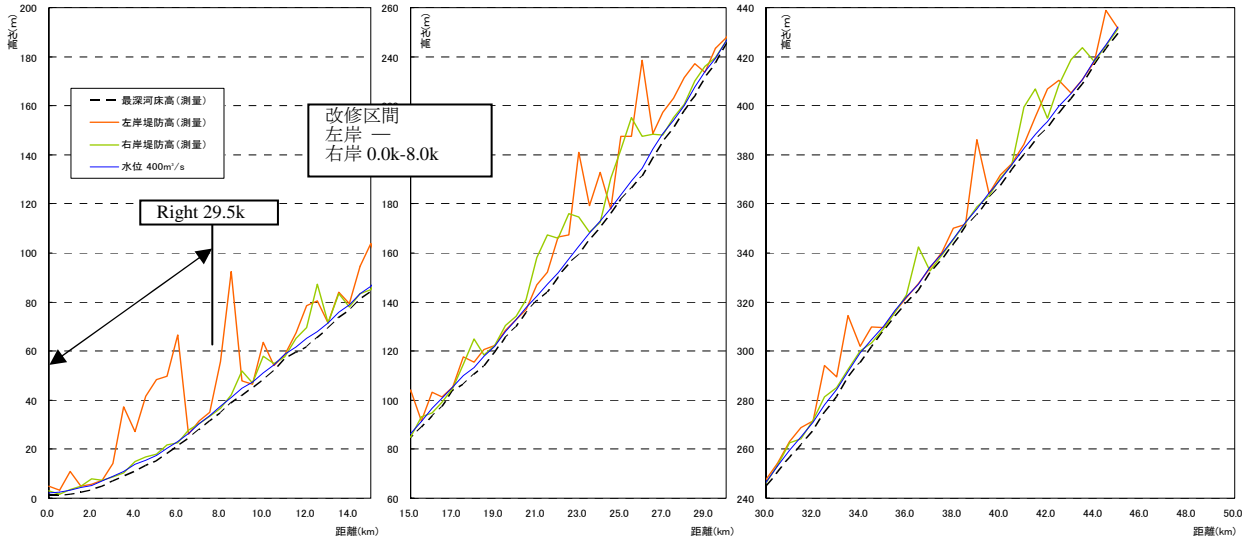


図-4.12.1-3 ヤウカ川縦断面図

6) 堤防の設置計画

ヤウカ川流域における堤防設置計画の基本方針は、以下のとおりである。

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

ヤウカ川における堤防計画は、表-4.12.1-1 および図-4.12.1-4 に示すとおりである。

表-4.12.1-1 ヤウカ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)
ヤウカ川	左岸	-	-	堤防 h=1.5m 護岸 h=3.0m	-
	右岸	0.5k-8.0k	0.46		3.0
	計		0.46		3.0

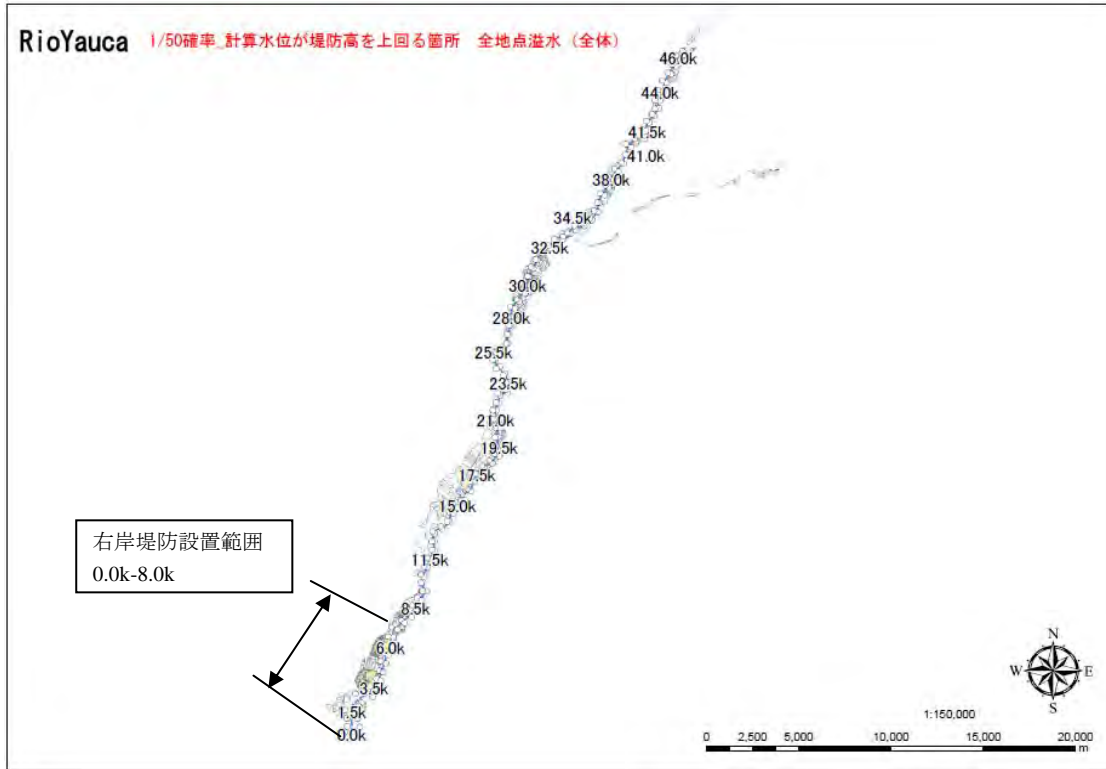


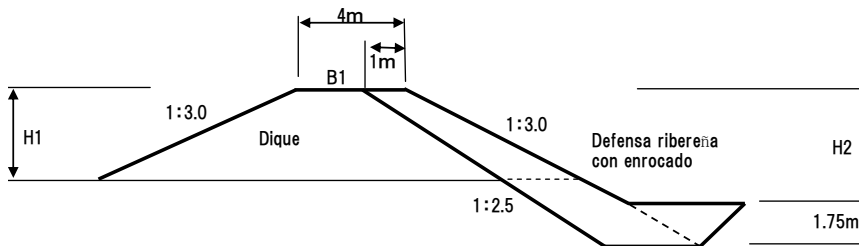
図-4.12.1-4 ヤウカ川の堤防設置範囲

7) 事業費

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

表-4.12.1-2 直接工事費 (民間価格)

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



流域	工種	数量	単位	単価	直接工事費 /m	直接工事費 /km	堤防延長	直接工事費
ヤウカ	築堤	10.7	m ³	10.0	107.0	107.0	3.0	321.0
	護岸	16.5	m ³	100.0	1,650.0	1,650.0		4,950.0
	合計				1,820.0	1,820.0		55,510.0

表-4.12.1-3 事業費 (民間価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	事業費 (民間価格)											INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費 (12) = (8)+(9)+(10)+(11)
	COSTO DIRECTO					COSTO INDIRECTO						
	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)	
YAUCA	5,271,000	527,100	5,798,100	869,715	579,810	7,247,625	1,304,573	8,552,198	85,522	427,610	855,220	9,920,549

表-4.12.1-4 事業費 (社会価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	事業費 (社会価格)											INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費 (12) = (8)+(9)+(10)+(11)
	COSTO DIRECTO					COSTO INDIRECTO						
	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)	
YAUCA	4,237,884	423,788	4,661,672	699,251	466,167	5,827,091	1,048,876	6,875,967	68,760	343,798	687,597	7,976,121

(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

ヤウカ川流域について今後 50 年間の河床変動解析を行った結果を図-4.12.1-5 に示す。図より河床の堆積および侵食の今後の傾向および堆積量および侵食量が推定出来る。

2) 維持管理の必要箇所

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

3) 維持管理費

ヤウカ川流域における今後 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

$$\text{民間価格 } 60,000\text{m}^3 \times 10 \text{ ソル} = 600 \text{ 千ソル}$$

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

表-4.12.1-5 今後計画的に河床掘削すべき箇所

河川名	掘削対象範囲		維持管理方法
ヤウカ川	箇所 1	対象区間：25.5km-26.5km 対象土量：60,000m ³	既設取水堰の直上流部であり、取水堰の機能を維持するために定期的な掘削を実施すべきと考えられる。

※対象土量は 50 年間の堆積土砂量

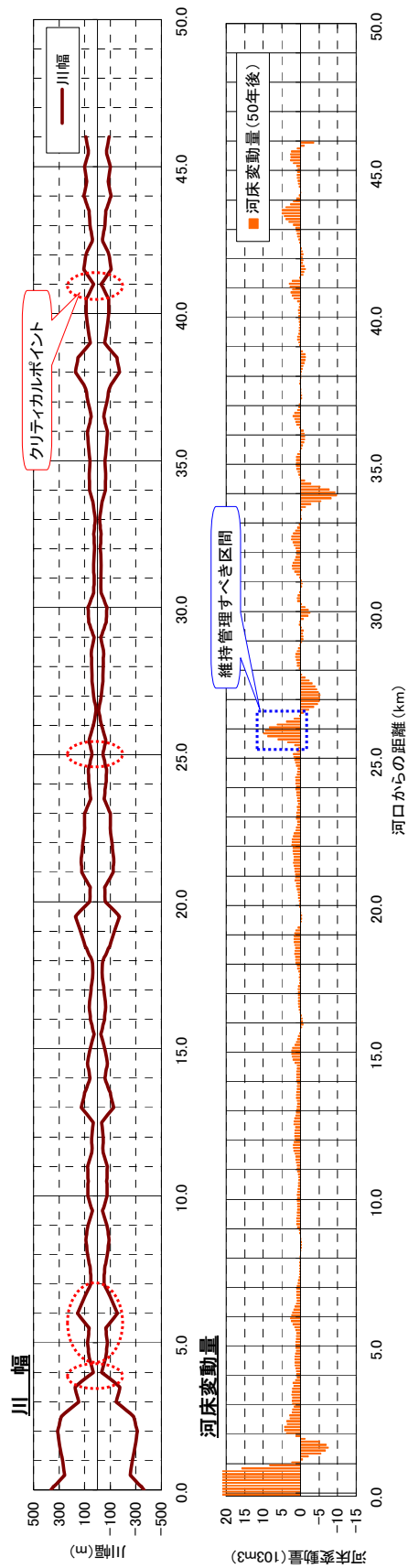


図-4.121-5 維持管理が必要な堆積区間 (ヤウカ川)

表-4.12.1-6 50年間の河床掘削事業費 (民間価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	Costo Directo (soles) 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1*(1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15*(3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1*(3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18*(6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01*(8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05*(8)	Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1*(8)	Costo Total 事業費 (12) = (8)+(9)+(10)+(11)
YAUCA	600	60	660	99	66	825	149	974	10	49	97	1,129

x MIL SOLES

表-4.12.1-7 50年間の河床掘削事業費 (社会価格)

Nombre de la Cuenca 流域名	Costo Directo (soles) 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1*(1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15*(3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1*(3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18*(6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Factor de Corrección 修正係数 fc	Costo Total Obra 建設費 (9) = fc*(8)	Impacto Ambiental 環境影響 (10) = 0.01*(9)	Expediente Tecnico 詳細設計 (11) = 0.05*(9)	Supervisión 施工管理費 (12) = 0.1*(9)	Costo Total 事業費 (13) = (9)+(10)+(11)+(12)
YAUCA	600	60	660	99	66	825	149	974	0.804	783	8	39	78	908

x MIL SOLES

(3) 社会評価

1) 民間価格

i) 被害額

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

表-4.12.1-8 各確率洪水量に対する被害額

	Daños en miles de S/. 被害額(千ソール)
確率年(t)	Yauca
2	0
5	0
10	1,695
25	2,569
50	11,497

ii) 年平均被害軽減額

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

iii) 事業費および維持管理費

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

iv) 経済評価

経済評価の結果は、表-4.12.1-10 に示すとおりである。

表-4.12.1-9 年平均被害軽減額

民間価格:流域全体 (Precios Privados para las cuencas en su TOTALIDAD)									
流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
YAUCA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0	0	
	5	0.200	0	0	0	0	0	0	
	10	0.100	1,695	0	1,695	847	0.100	85	85
	25	0.040	2,569	0	2,569	2,132	0.060	128	213
	50	0.020	11,497	0	11,497	7,033	0.020	141	353

表-4.12.1-10 経済評価の結果 (民間価格)

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O&M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Yauca	4,592,758	2,073,999	9,920,549	894,671	0.23	-7,014,101	-

2) 社会価格

i) 被害額

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

表-4.12.1-11 各確率洪水量に対する被害額

	Daños en miles de S/. 被害額(千ソール)
確率年(t)	Yauca
2	0
5	0
10	2,150
25	3,313
50	12,092

ii) 年平均被害軽減額

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

iii) 事業費および維持管理費

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

iv) 経済評価

経済評価の結果は、表-4.12.1-13 に示すとおりである。

表-4.12.1-12 年平均被害軽減額

s/1000

社会価格:流域全体									
流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被害 軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	事業を実施し た場合②	軽減額 ③=①-②				
			Sin Proyecto ①	Con Proyecto ②	Daños mitigados ③=①-②				
YAUCA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0.500	0	0	
	5	0.200	0	0	0	0.300	0	0	
	10	0.100	2,150	0	2,150	1,075	0.100	108	108
	25	0.040	3,313	0	3,313	2,732	0.060	164	271
	50	0.020	12,092	0	12,092	7,702	0.020	154	425

表-4.12.1-13 経済評価の結果 (社会価格)

流域名	年平均被害軽減額 Annual Average Damage Reduction	評価期間被害 軽減額(15年) Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	事業費 Project Cost	維持管理費 O&M Cost	B/C Cost Benefit Ration	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Yauca	5,531,228	2,497,793	7,976,121	719,315	0.34	-4,809,039	-

(4) 結論

経済評価の結果としては、民間価格および社会価格共に経済効果はない。事業費は民間価格で 9.9 百万ソル(3.0 億円)であるが、本プロジェクトでは採用が困難である。

4.12.2 植林・植生計画

(1) 上流域における植林

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

1) 基本方針

- ① 目的：水源となるエリアの土壌浸透能を向上させ、表面流量を軽減するとともに中間流量・地下水量を増加させる。これにより、洪水ピーク流量のカット、山地の水資源賦存量増加を図り、もって洪水防止・軽減に寄与する。
- ② 植林対象地：水源となる流域の植栽可能箇所、あるいは森林が衰退した箇所に植林する。
- ③ 植林方法：地域住民による植栽とする。プロモーターによる自主的管理と、NGO による現地植栽管理、コンサルタントによる NGO の指導・管理によって工事を実施する。
- ④ 植栽後のメンテナンス：植栽を担当したコミュニティによる維持管理を行ない、

そのための費用は下流の受益者（水利組合）が支払うシステムを構築する。（PESの適用）。

- ⑤ 注意：伐採後は必ず再植林し、持続的に植林地を保全し、長期的な視点に立って森林を維持管理していく。上流の住民に対し、インセンティブを与える工夫が必要である。

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

2) 植林対象地の選定

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

3) 必要事業期間

もともと人口密度が低いため労働力が少ないことから、一日当りの投入量が少ないと推定され、高い作業効率は望めない。JICA 調査団は、植林計画地周辺の人口、植栽本数、作業効率等から全ての面積を植林した場合に必要な期間を試算した。それによれば、チンチャ流域の約 4 万 ha の植林を実施するためには 14 年間が必要である。面積割合で単純に比率計算すると、ヤウカ流域では 35 年間となる。

4) 上流域の植林計画全体数量、事業期間、事業費用)

ヤウカ流域において、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 6.8 万 ha、実施期間は 22 年間、事業費は 184.3 百万ソレス長期間、莫大な費用を要することとなる。

表-4.12.2-1 上流域における植林計画全体計画

流域	植栽面積 (ha)	必要事業期間(年)	必要事業費(ソレス)
ヤウカ	68,289.56	22	184,322,651

(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、22 年間という事業期間、184.3 百万ソレスの事業費を考慮するとこのプロジェクトは本事業としては適当でなく、本事業の終了後にこの計画に基づき長期的に逐次実施すべきである。

4.12.3 土砂制御計画

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

上流部での土砂制御計画は、砂防ダムおよび護岸工が主体となる。流域全体に実施する土砂制御対策工の配置は図-4.12.3-1 に示す通りである。ヤウカ川流域に対して、流域全体を対象とした場合および優先範囲を限定して、これらの配置検討を実施した結果、概算工事費は表-4.5.2.2-2 に示す通りとなる。

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

表-4.12.3-1 上流域における土砂制御施設の概算工事費

流域名	対象範囲	護岸工		帯工		砂防堰堤		直接工事費合計	事業費 (Million S/.)
		数量 (km)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)		
Yauca	全流域	565	S/.604	57	S/.2	97	S/.144	S/.750	S/.1,412
	優先範囲	565	S/.604	57	S/.2	37	S/.54	S/.660	S/.1,242

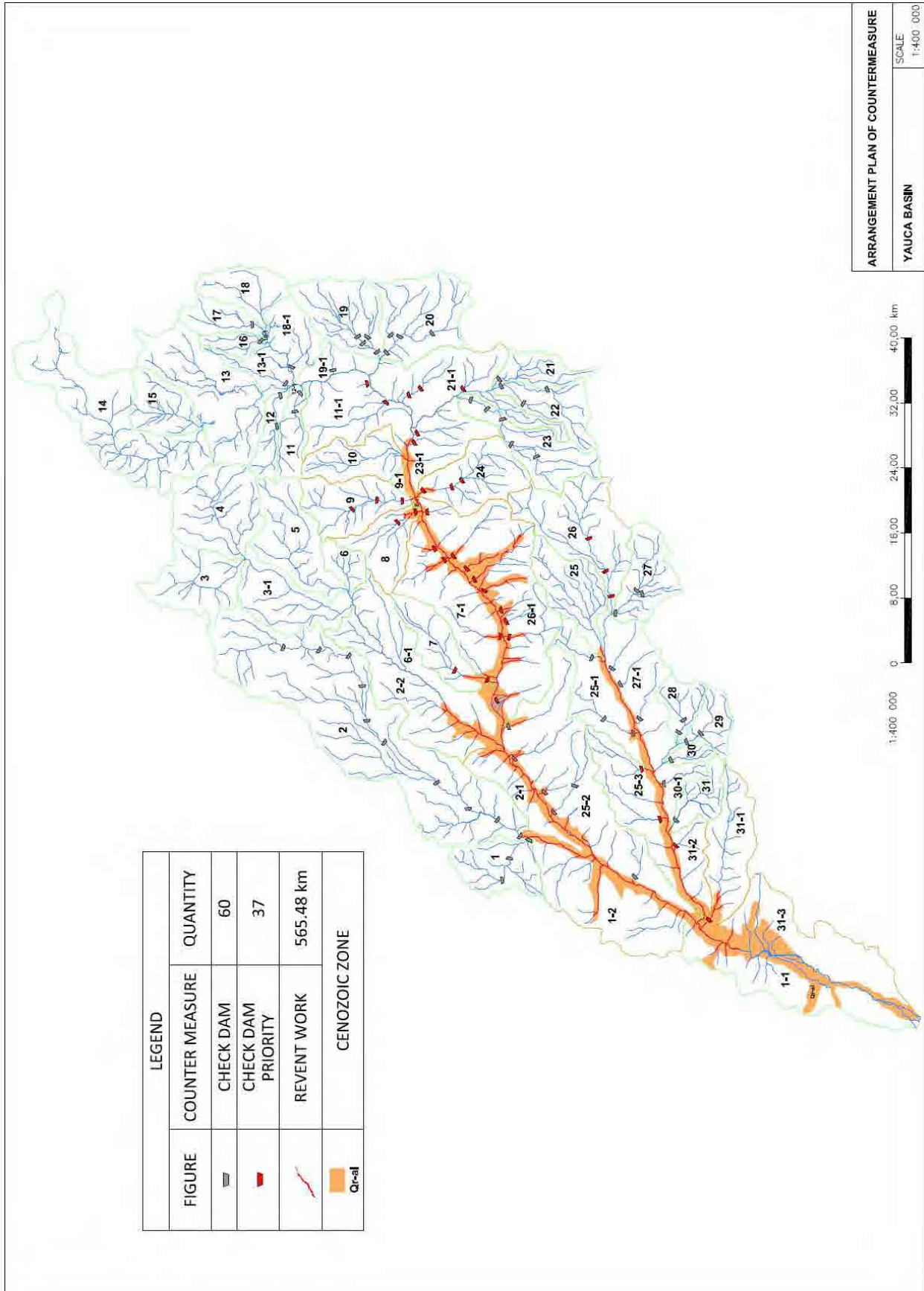


図-4.12.3-1 ヤウカ川流域土砂制御対策工位置図

第5章 結論

この調査において最終的に選定された案は構造的に安全で環境に与える影響も小さいと思われるが、社会評価においては経済価値が低く、本プロジェクトを採択することは困難である。

しかしながら、地元住民の強い要望もあり、本プロジェクトを実施することによりヤウカ川流域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、政府としては他の財源により実現できるように努力すべきである。

