

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-7 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(マヘス-カマナ川)

平成 25 年 3 月
(2013 年 3 月)

独立行政法人 国際協力機構

八千代エンジニアリング株式会社
日本工営株式会社
中南米工営株式会社



付図 調査対象地域

略 語

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

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

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調査
ファイナルレポート
II-7 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 (マヘスーカマナ川)

目 次

調査対象地域

略 語

まえがき

第1章 要約	1-1
1.1 プロジェクトの名称	1-1
1.2 プロジェクトの目的	1-1
1.3 需要と供給のバランス	1-1
1.4 構造物対策	1-2
1.5 非構造物対策	1-3
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	1-10
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	2-4
2.4.2 プログラムに関連する法令、政策、ガイドライン	2-4
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	3-9
3.1.4	インフラ	3-14
3.1.5	洪水被害の実態	3-17
3.1.6	現地調査の結果	3-18
3.1.7	植生および植林の現況	3-29
3.1.8	土壌侵食の現況	3-34
3.1.9	流出解析	3-47
3.1.10	氾濫解析	3-54
3.2	問題の定義と原因	3-61
3.2.1	調査対象地域の洪水対策における問題点	3-61
3.2.2	問題点の原因	3-61
3.2.3	問題点による結果	3-61
3.2.4	原因と結果の樹系図	3-62
3.3	プロジェクトの目的	3-64
3.3.1	主要な問題点を解決する手段	3-64
3.3.2	主要な目的を達成することにより得られる効果	3-64
3.3.3	手段—目的—効果の樹系図	3-65
第4章	プロジェクトの形成と評価	4-1
4.1	プロジェクトの評価期間	4-1
4.2	需要と供給分析	4-1
4.3	技術的提案	4-5
4.3.1	構造物対策	4-5
4.3.2	非構造物対策	4-17
4.3.2.1	植林/植生回復	4-17
4.3.2.2	土砂制御計画	4-22
4.3.3	技術支援	4-24
4.4	コスト	4-28
4.4.1	コストの算出（民間価格）	4-28
4.4.2	コストの算出（社会価格）	4-30
4.5	社会評価	4-32
4.5.1	民間価格	4-32
4.5.2	社会価格	4-37
4.5.3	社会評価のまとめ	4-38

4.6	感度分析	4-39
4.7	持続可能性分析	4-41
4.8	環境インパクト	4-41
4.8.1	環境影響評価の手続き	4-41
4.8.2	環境影響評価の方法	4-43
4.8.3	環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価.....	4-44
4.8.4	環境影響管理	4-46
4.8.5	環境管理計画	4-47
4.8.6	環境影響管理対策実施コスト	4-49
4.8.7	結論と提言	4-49
4.9	実施計画	4-50
4.10	組織と管理	4-53
4.11	最終選定案の論理的枠組み	4-58
4.12	中・長期計画	4-59
4.12.1	全体治水計画	4-59
4.12.2	植林・植生計画	4-71
4.12.3	土砂制御計画	4-73
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	マヘス - カマナ川流域の事業費および内訳.....	1-4
表-1.8-1	年平均被害軽減額（民間価格）.....	1-5
表-1.8-2	年平均被害軽減額（社会価格）.....	1-5
表-1.8-3	社会評価（民間価格）.....	1-6
表-1.8-4	社会評価（社会価格）.....	1-6
表-1.9-1	水利組合の事業予算.....	1-7
表-1.11-1	実施計画.....	1-8
表-1.13-1	最終案の論理的枠組み.....	1-10
表-1.14-1	全体治水計画における事業費および社会評価(民間価格).....	1-11
表-1.14-2	全体治水計画における事業費および社会評価(社会価格).....	1-11
表-1.14-3	上流域における植林計画全体計画.....	1-12
表-1.14-4	上流域における土砂制御施設の概算事業費.....	1-12
表-3.1.2-1	マヘス - カマナ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.....	3-3
表-3.1.2-3	Castilla の世帯数および家族数.....	3-3
表-3.1.2-4	Camana の世帯数および家族数.....	3-3
表-3.1.2-5	Castilla の労働従事状況.....	3-4
表-3.1.2-6	Camana の労働従事状況.....	3-4
表-3.1.2-7	Castilla の貧困率.....	3-4
表-3.1.2-8	Camana の貧困率.....	3-4
表-3.1.2-9	Castilla の住宅状況.....	3-5
表-3.1.2-10	Camana の住宅状況.....	3-6
表-3.1.2-11	1人当たりG N Pの経年変化（2001-2009）.....	3-9
表-3.1.3-1	マヘス川の水利組合の概要.....	3-10
表-3.1.3-2	カマナ川の水利組合の概要.....	3-11
表-3.1.3-3	主要農作物の作付け状況および売上額.....	3-12
表-3.1.4-1	マヘス川流域の道路概要.....	3-14
表-3.1.4-2	カマナ川流域の道路概要.....	3-14
表-3.1.4-3	灌漑施設の状況.....	3-15
表-3.1.4-4	PERPECにより実施された事業.....	3-16
表-3.1.5-1	洪水被害状況.....	3-17
表-3.1.5-2	被害状況.....	3-17

表-3.1.5-3	アレキバ州における災害	3-18
表-3.1.7-1	海岸よりアンデス高地にいたる地域における代表的植生一覧	3-29
表-3.1.7-2	植生区分面積（マヘス - カマナ流域）	3-32
表-3.1.7-3	大分類植生区分ごとの面積と割合（マヘス - カマナ流域）	3-33
表-3.1.7-4	2005 年までに減少した森林面積	3-33
表-3.1.7-5	1995 年から 2000 年の植生区分の面積変化（マヘス - カマナ流域）	3-33
表-3.1.7-6	1994 年から 2003 年までの植林実績（旧県別）	3-34
表-3.1.7-7	アレキバ州の植林実績	3-34
表-3.1.8-1	収集資料の一覧	3-34
表-3.1.8-2	標高別の面積	3-35
表-3.1.8-3	傾斜区分と面積.....	3-36
表-3.1.8-4	河床勾配と溪流の総流路長	3-37
表-3.1.8-5	マヘス - カマナ川の標高毎の傾斜区分	3-39
表-3.1.8-6	マヘス川上流で発生した土石流	3-41
表-3.1.8-7	雨量を確認した観測所一覧	3-44
表-3.1.8-8	各観測所の確率雨量と 1998 年最大日雨量	3-44
表-3.1.9-1	雨量観測地点一覧（マヘス／カマナ流域）	3-48
表-3.1.9-2	雨量観測データ収集期間（マヘス - カマナ流域）	3-49
表-3.1.9-3	確率 24 時間雨量（マヘス - カマナ川流域）	3-52
表-3.1.9-4	流量観測地点の諸言	3-53
表-3.1.9-5	基準地点確率流量.....	3-53
表-3.1.9-6	確率洪水流量（ピーク流量：基準地点）	3-54
表-3.1.10-1	河川測量の概要	3-54
表-3.1.10-2	氾濫解析手法	3-55
表-3.2.1-1	洪水対策における問題点と保全対象	3-61
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	3-61
表-3.2.3-1	問題点による直接的および間接的な結果	3-62
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	3-64
表-3.3.2-1	直接的および間接的な効果	3-65
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	4-6
表-4.3.1-2	地形測量の概要.....	4-7
表-4.3.1-3	評価項目と採点基準	4-8
表-4.3.1-4	対策箇所の選定根拠（Camana、Majes 川）	4-10

表-4.3.1-5	重点洪水対策施設の概要	4-13
表-4.3.1-6	計画高水流量と余裕高	4-15
表-4.3.1-7	重点洪水対策施設の計画・設計	4-16
表-4.3.2.1-1	樹種選定の評価基準	4-20
表-4.3.2.1-2	選定した樹種.....	4-20
表-4.3.2.1-3	植林/植生回復計画数量（河川沿い）	4-21
表-4.3.2.1-4	苗木単価.....	4-22
表-4.3.2.1-5	植林工事費（河川構造物沿い植林）	4-22
表-4.3.2.2-1	土砂制御計画基本方針	4-23
表-4.3.3-1	技術支援のコスト.....	4-27
表-4.4.1-1	直接工事費総括表（民間価格）	4-29
表-4.4.1-2	事業費（民間価格）	4-29
表-4.4.2-1	直接工事費総括表（社会価格）	4-31
表-4.4.2-2	事業費（社会価格）	4-31
表-4.5.1-1	洪水被害額の算定項目	4-33
表-4.5.1-2	想定洪水被害額（民間価格）	4-34
表-4.5.1-3	年平均想定被害軽減期待額の算定方法.....	4-35
表-4.5.1-4	年平均被害軽減期待額（民間価格）	4-35
表-4.5.1-5	費用便益分析の評価指標と特徴.....	4-36
表-4.5.1-6	社会評価(B/C、NPV、IRR)（民間価格）	4-37
表-4.5.2-1	想定洪水被害額（社会価格）	4-37
表-4.5.2-2	年平均被害軽減期待額（社会価格）	4-38
表-4.5.2-3	社会評価（B/C、NPV、IRR）（社会価格）	4-38
表-4.6-1	感度分析手法.....	4-39
表-4.6-2	感度分析の検討ケース及び経済指標	4-39
表-4.6-3	IRR、B/C、NPV の感度分析結果.....	4-40
表-4.7-1	水利組合の事業予算	4-41
表-4.8.1-1	環境影響に基づくカテゴリー分類.....	4-42
表-4.8.1-2	工事実施予定地.....	4-43
表-4.8.2-1	Leopold マトリックスー評価基準.....	4-43
表-4.8.2-2	影響の大きさの程度の基準.....	4-43
表-4.8.3-1	影響の認識マトリックス（建設期間/供用後）ーマヘス・カマナ川流域.....	4-44
表-4.8.3-2	環境影響評価のマトリックス ーマヘス-カマナ川流域	4-45
表-4.8.4-1	環境影響と予防・緩和策	4-47
表-4.8.5-1	水質及び生物多様性モニタリング	4-47
表-4.8.5-2	大気質モニタリング	4-48

表-4.8.5-3	騒音モニタリング.....	4-48
表-4.8.5-4	水質及び生物多様性モニタリング.....	4-48
表-4.8.6-1	環境影響管理対策直接コスト.....	4-49
表-4.9-1	実施計画.....	4-53
表-4.10-1	PSI の予算 (2011 年).....	4-56
表-4.10-2	PSI の職員数.....	4-56
表-4.11-1	最終案の論理的枠組み.....	4-58
表-4.12.1-1	全体洪水防御施設計画.....	4-62
表-4.12.1-2	直接工事費 (民間価格).....	4-64
表-4.12.1-3	事業費 (民間価格).....	4-65
表-4.12.1-4	事業費 (社会価格).....	4-65
表-4.12.1-5	今後計画的に河床掘削すべき箇所.....	4-66
表-4.12.1-6	河床掘削事業費 (民間価格).....	4-68
表-4.12.1-7	河床掘削事業費 (社会価格).....	4-68
表-4.12.1-8	各確率洪水量に対する被害額.....	4-69
表-4.12.1-9	年平均被害軽減額.....	4-69
表-4.12.1-10	経済評価の結果 (民間価格).....	4-70
表-4.12.1-11	各確率洪水量に対する被害額.....	4-70
表-4.12.1-12	年平均被害軽減額.....	4-71
表-4.12.1-13	経済評価の結果 (社会価格).....	4-71
表-4.12.2-1	上流域における植林計画全体計画.....	4-72
表-4.12.3-1	上流域における土砂制御施設の概算工事費.....	4-73

目 次

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)	3-7
図-3.1.2-2	州別の GDP への寄与率	3-7
図-3.1.2-3	1人当たり GDP (2009年)	3-8
図-3.1.3-1	作付け面積	3-13
図-3.1.3-2	収穫量.....	3-13
図-3.1.3-3	売上額.....	3-13
図-3.1.6-1(1)	視察現場の概要 (カマナ川)	3-21
図-3.1.6-1(2)	視察現場の概要 (マヘス川)	3-22
図-3.1.6-2	課題1に関する現地状況 (カマナ川)	3-23
図-3.1.6-3	課題2に関する現地状況 (カマナ川)	3-24
図-3.1.6-4	課題3に関する現地状況 (マヘス川)	3-25
図-3.1.6-5	課題4に関する現地状況 (マヘス川)	3-26
図-3.1.6-6	課題5に関する現地状況 (マヘス川)	3-27
図-3.1.6-7	課題6に関する現地状況 (マヘス川)	3-28
図-3.1.7-1	植生分布図 (マヘス - カマナ川流域)	3-32
図-3.1.8-1	標高別の面積	3-36
図-3.1.8-2	傾斜区分と面積	3-36
図-3.1.8-3	河床勾配と溪流の総流路長	3-37
図-3.1.8-4	河床勾配と土砂移動の形態	3-37
図-3.1.8-5	マヘス・カマナ川流域等雨量線図	3-38
図-3.1.8-6	土壌侵食量と各種要因の関係	3-39
図-3.1.8-7	マヘス・カマナ川の標高毎の傾斜区分	3-40
図-3.1.8-8	マヘス溪谷断面 (河口から 50 km 付近)	3-41
図-3.1.8-9	土石流発生位置図	3-42
図-3.1.8-10	60 km 付近の状況.....	3-42
図-3.1.8-11	コスス川の土砂堆積状況	3-42
図-3.1.8-12	コスス川を通過する市道	3-43
図-3.1.8-13	オンゴロの状況.....	3-43
図-3.1.8-14	サンフランシスコ川の土砂堆積状況	3-43
図-3.1.8-15	ホロン川の状況.....	3-43

図-3.1.8-16	河口から 110 km 付近の状況	3-43
図-3.1.8-17	カマナ川とアンダマヨ川の合流点	3-43
図-3.1.8-18	雨量観測位置図	3-44
図-3.1.8-19	平常時の土砂精算流出の状態	3-45
図-3.1.8-20	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	3-46
図-3.1.8-21	大規模出水時の土砂生産流出の状態 (地質学的スケール)	3-47
図-3.1.9-1	観測地点位置図 (マヘス/カマナ川流域)	3-50
図-3.1.9-2	等雨量線図 (マヘス/カマナ川流域)	3-51
図-3.1.9-3	確率 50 年雨量等雨量線図 (マヘス/カマナ川流域)	3-52
図-3.1.9-4	マヘス/カマナ川の洪水ハイドログラフ	3-54
図-3.1.10-1	一次元モデルのイメージ	3-55
図-3.1.10-2	はん濫解析モデルの概念図	3-56
図-3.1.10-3(1)	マヘス川現況疎通能力	3-57
図-3.1.10-3(2)	カマナ川現況疎通能力	3-57
図-3.1.10-4(1)	マヘス - カマナ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水) (1)	3-58
図-3.1.10-4(2)	マヘス - カマナ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水) (2)	3-59
図-3.1.10-4(3)	マヘス - カマナ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水) (3)	3-60
図-3.2.4-1	原因と結果の樹系図	3-63
図-3.3.3-1	手段 - 目的 - 効果の樹系図	3-66
図-4.3.1-1	年最大流量 (観測値: マヘス・カマナ川)	4-6
図-4.3.1-2	確率洪水流量と被害額および浸水面積 (マヘス - カマナ川)	4-6
図-4.3.1-3	各区間の評価および重要洪水対策施設選定	4-9
図-4.3.1-4	マヘス川における重点洪水対策施設の位置	4-12
図-4.3.1-5	カマナ川における重点洪水対策施設の位置	4-13
図-4.3.1-6	堤防の標準断面	4-15
図-4.3.2.1-1	河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプ A)	4-17
図-4.3.2.1-2	河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプ B)	4-18
図-4.3.2.1-3	河川構造物沿いの植林計画標準配置図	4-19
図-4.3.2.1-4	河川構造物沿いの植林計画標準配置図 (タイプ B)	4-19
図-4.3.2.2-1	土砂制御対策	4-23
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	4-42
図-4.9-1	SNIP プロジェクトサイクル	4-51
図-4.9-2	SNIP の関連組織	4-52
図-4.10-1	プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)	4-54
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)	4-54

図-4.10-3	PSI の組織.....	4-57
図-4.12.1-1	堤防法線の決定.....	4-60
図-4.12.1-2	マヘスーカマナ川平面図.....	4-61
図-4.12.1-3	マヘスーカマナ川縦断図.....	4-62
図-4.12.1-4	マヘスーカマナ堤防設置計画.....	4-63
図-4.12.1-5	維持管理が必要な堆積区間（マヘスーカマナ川）.....	4-67
図-4.12.3-1	マヘス - カマナ川流域土砂制御対策工位置図.....	4-74

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 アレキパ州マヘス - カマナ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 Majes-Camana, 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マヘス - カマナ川流域において、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
マヘス-カマナ	401.90	405.19	399.43	1.20	400.63	1.21	0.88

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、マヘス - カマナ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。

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

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

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

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

(2) 重点洪水対策施設の選定

重点洪水対策施設の選定に際しての評価項目は、下記の 5 項目とした。

- 地域の要望箇所（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）
- 氾濫状況（氾濫解析結果を踏まえた氾濫の拡散状況）
- 社会環境条件

マヘス - カマナ川の測量結果、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マヘス - カマナ川において治水上の対策が必要な7ヶ所（総合評価点の高い箇所）を重点洪水対策箇所として選定した。

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 1.12 (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マヘス - カマナ川流域についてはそれぞれ 11m、29.0km および 18.3ha となっている。

1.5.2 土砂制御計画

土砂制御計画としては流域全体計画を検討すべきであり、検討の結果は後述する 1.12 中・長期 (3) 土砂制御計画に述べてある。結論としては流域全体の土砂制御計画は流域における事業規模が大きく事業費が非常に高額となり本プロジェクトの事業費予算を大幅に超過するので、この案を採用することは困難である。

上流域の不安定土砂の状態を含めて、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土砂制御対策はない。

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、マヘス - カマナ川流域の特性を踏まえた研修の実現を図るため、マヘス - カマナ川流域について独自に実施することとする。研修対象者はマヘス - カマナ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 マヘス - カマナ川流域の事業費および内訳

流域名	構造物対策費					非構造物対策費		技術支援費		合計
	建設費	詳細設計費	施工管理費	環境費	小計	植林費	洪水予警報	防災教育費		
マヘス-カマナ	83,228	4,161	8,323	832	96,544	451	0	219	97,214	

1.8 社会評価

(1) 便益

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

表-1.8-1 年平均被害軽減額（民間価格）

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被 害軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	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				
MAJES- CAMANA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0	0	
	5	0.200	47,669	10,021	37,648	18,824	0.300	5,647	5,647
	10	0.100	76,278	21,316	54,962	46,305	0.100	4,631	10,278
	25	0.040	111,113	34,254	76,859	65,911	0.060	3,955	14,232
	50	0.020	190,662	63,532	127,130	101,994	0.020	2,040	16,272

表-1.8-2 年平均被害軽減額（社会価格）

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./.)			区間平均被害 額 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				
MAJES- CAMANA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0.500	0	
	5	0.200	48,468	10,435	38,033	19,016	0.300	5,705	5,705
	10	0.100	78,194	21,738	56,456	47,244	0.100	4,724	10,429
	25	0.040	116,730	36,455	80,275	68,366	0.060	4,102	14,531
	50	0.020	206,459	70,838	135,621	107,948	0.020	2,159	16,690

(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 年間でプロジェクト評価期間として便益を算定する。評価期間 15 年のうち、施工期間として 2 年間で想定しており、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 と表-1.8-4 に示す通りとなり、経済効果は十分ある。

表-1.8-3 社会評価（民間価格）

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Majes-Camana	211,538,859	95,526,756	97,214,077	5,409,816	1.09	8,174,200	12%

表-1.8-4 社会評価（社会価格）

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Majes-Camana	216,973,372	97,980,874	80,819,553	4,497,057	1.35	25,359,998	16%

マヘス - カマナ川流域の社会評価は民間価格および社会価格において経済効果が認められる。金銭的に計量困難な事業によるプラス効果としては以下が上げられる。

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

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

1.9 持続可能性分析

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

表-1.9-1 に、最近のマヘス-カマナ川の水利組合の予算を示す。

表-1.9-1 水利組合の事業予算

河 川	年予算 (単位 S)				
	2006	2007	2008	2009	2010
マヘス - カマナ川				1,959,302.60	1,864,113.30

(1) 収益性

マヘス-カマナ川における事業収益性は十分であり、事業の持続可能性は高い。この流域における投資額は民間価格で S/97.1 百万ソルであるが、事業実施にともなう B/C は社会価格で 1.35 であり、内部収益率も約 16% と高く、NPV は S/25.43 百万ソルとなり、経済効率性の高い事業である。

(2) 維持管理費

2008 年をベースとして本事業で必要となる年間維持管理費は建設費 (83,228 千ソーレス) の 0.5% とすると S/416,140 となる。一方、水利組合の 2009 年と 2010 年の事業費の平均は S/1,911,708 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 22% であり、水利組合の資金面の維持管理能力からも十分に持続可能性があるかと判断される。

1.10 環境インパクト

(1) 環境影響評価の手続き

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

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

本事業における環境影響評価の進捗状況は次のとおりである。

事前環境評価(EAP)は、農業省に登録されている現地コンサルタント(CIDES Ingenieros S.A.)によりマヘス - カマナ川流域については 2011 年 9 月から 2011 年 10 月にかけて実施された。

EAP は先行する 2011 年 12 月 20 日に調査団より DGIH に提出され、DGIH から DGAA にはそれ

ぞれ 2012 年 1 月 4 日に提出された。現在 DGAA により EAP の審査が行われている。

(2) 環境影響評価の結果

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

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

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

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

1.11 実施計画

本プロジェクトの実実施計画は表-1.11-1 に示すとおりである。

表-1.11-1 実施計画

項目	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
1 ペルフィル調査/SNIP審査	調査				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。

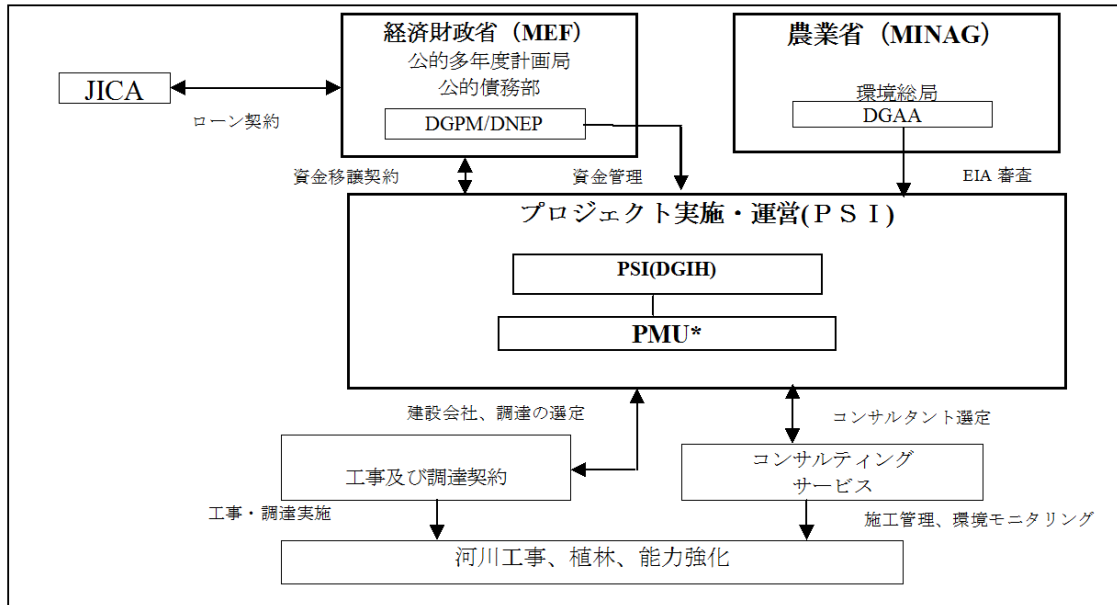


図-1.12-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

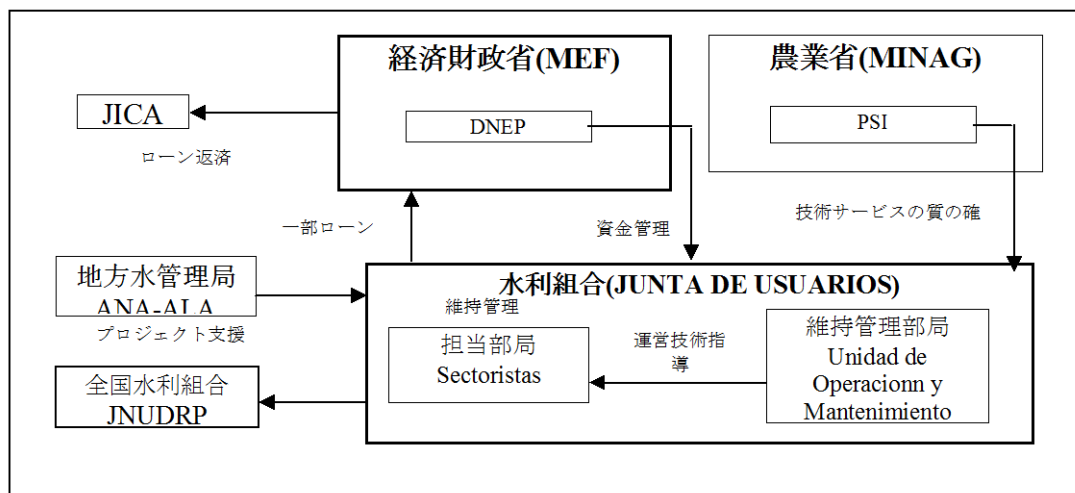


図-1.12-2 プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)

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、必要な貯水容量が膨大になり、これを満足する施設の建設は不可能である。従って全体治水方式としては実現性の高い堤防方式とする。

確率50年洪水量を計画対象としてマヘス-カマナ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136km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11,000m³/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)

	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 Ratio	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Majes-Camana	285,833,001	129,076,518	4,658,973,392	29,098,617	0.31	-231,140,628	-

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)

	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 Ratio	NPV Net Present Value	IRR(%) Internal Return of Rate
Majes-Camana	294,878,168	138,161,138	374,549,343	23,393,680	0.38	-204,893,450	-

経済評価の結果としては民間価格および社会価格で経済効果はなく、事業費は民間価格で465.9百万ソル(139.8億円)と巨額となり、本プロジェクトでは採用が困難である。

(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。

マヘス-カマナ川流域において、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 307,000ha、実施期間は 98 年間、事業費は約 829 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	植林面積 (ha) A	必要事業期間(年) B	必要事業費(ソレス) C
カマナ・マヘス	307,210	98	829,200,856

(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./)		
カマナ/マヘス流域	全流域	264	S/.282	26	S/.1	123	S/.165	S/.448	S/.843
	優先範囲	264	S/.282	26	S/.1	81	S/.105	S/.388	S/.730

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 アレキパ州マヘス - カマナ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 Majes-Camana, 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

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)

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

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

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

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

(4) 地方政府 (Gobiernos Regionales, GORE)

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

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

(5) 水利組合(Comisión de Regantes)

マヘス-カマナ川流域には 42 の灌漑委員会があり、各河川における洪水により現実に多大な被害を蒙っており、堤防、護岸、取水堰の改修などについて強い要望をもっている。マヘス-カマナ川流域の水利組合の概要を示す(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。

	マヘス川流域	カマナ川流域
灌漑委員会の数	17	17
灌漑セクターの数	45	38
灌漑面積	7,505 ha	6,796ha
受益者	2,519 人	3,388 人

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

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

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

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

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

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

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

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

地方農業局は州政府の下で次のような機能を果たしている。

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

2.4 構想の枠組み(関連性の枠組み)

2.4.1 プログラムの背景

(1)調査の背景

ペルー国(以下、「ペ」国)は、地震、津波などの自然災害リスクの高い国であり、洪水災害リスクも高く、特に数年の周期で発生するエルニーニョ現象が起こる年は、各地で豪雨による洪水・土砂災害が多発するといわれている。近年においても1982-1983年および1997-1998年にエルニーニョ現象により大きな被害を受けているが、中でも最も被害が大きかったのは、エルニーニョ現象が発生した1997年から1998年にかけての雨季で、洪水・土砂災害等により「ペ」国全体で35億ドルもの被害を受けた。直近の洪水災害としては、2010年1月末に、世界遺産マチュピチュ付近が集中豪雨に見舞われて鉄道や道路が寸断されるなどし、観光客ら約2千人が孤立した災害が発生したことは記憶に新しい。

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

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

(2)調査の経緯

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

JICA調査団は2010年9月5日にペルーに入り本プロジェクトの調査を開始した。当初の調査対象流域は9流域であったが、ペルー側の都合により対象流域よりイカ川が除外され、8流域に変更された。更にこの8流域はAグループ5流域とBグループ3流域に分割され、前者の調査は

JICA の担当、後者の調査は DGIH の担当となった。A グループの 5 流域はチラ川、カニエテ川、チンチャ川、ピスコ川およびヤウカ川であり、B グループの 3 流域はクンバサ川、マヘス川およびカマナ川となっている。

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

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

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

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

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

このレポートは B グループ流域のうちのマヘス - カマナ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, N0 26821)

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

追うことになる。

(6)ペルーの農業政策ガイドライン-2002 (農業省政策室)

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

第10編 セクター別政策

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

(7)河川流路整備・取水構造物保護プログラム

1999 (Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación, PERPEC)

農業省 (MINAG) 水インフラ総局 (DGIH) は、浸水リスク地域に存在する集落、農地、農業施設等を洪水氾濫の被害から守るため、河川流路整備・取水構造物保プログラム (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マヘス - カマナ川の位置は、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

マヘス・カマナ川は首都リマの南方約 700km に位置する。対象河川のうち最も南方であり、アレキパ州に属する。流域面積は約 17,000km² あり、標高 4000m 以上の占める割合が全体の 6 割に

達する。一方、対象区間である河口から約 100km の河川区間は概ね標高 2000m 以下であり全流域の約 2 割を占める。

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

年間雨量に関しては、高標高ほど雨量が多くなる傾向が顕著であり、標高 1000m 以下で 50mm 程度、標高 4000m 以上で 500mm 以上である。水量は豊富であり、乾季でも地表流（河川水）が存在する。

植生は、流域の 6 割を占める標高 4000m 以上のエリアに湿性草原が広がっているが、対象区間である標高 2000m 以下は砂漠地帯となっている。なお、対象区間における川沿いの平地の大半は農地として利用されており、主に米（水稻）が栽培されている。

3.1.2 対象地域の社会経済

(1) 行政区分および面積

マヘス - カマナテ川は、アレキパ州 Castilla 郡および Camaná 郡に位置する。マヘス - カマナ川周辺の主要な町名およびその面積を表-3.1.2-1 に示す。

表-3.1.2-1 マヘス-カマナ川周辺の町および面積

地方	郡	区	面積 (Km ²)
Arequipa	Castilla	Uraca	713.83
		Aplao	640.04
		Huancarqui	803.65
	Camaná	Camaná	11.67
		Nicolas de Piérola	391.84
		Mariscal Caceres	579.31
		Samuel Pastor	113.4
		Jose Maria Quimper	16.72

(2) 人口および世帯数

1993 年と 2007 年の人口の変化を表-3.1.2-2 に示す。2007 年の人口は 44,175 人でそのうち 91% の 40,322 人が都市部に、9% の 3,853 人が地方部に居住している。

各地域とも人口が増加している。しかしながら、都市部では国の平均を超えて平均年 2.8%~3.4% で人口が増加している一方で、地方部は-1.3%~-6.6% と人口が減少傾向にある。

表-3.1.2-2 都市部及び地方部の人口変化

郡	区	2007年総人口					1993年総人口					増加率(%)	
		都市部	%	農村部	%	計	都市部	%	農村部	%	計	都市部	農村部
Castilla	Uracá	2,664	37%	4,518	63%	7,182	1,953	29%	4,698	71%	6,651	2.20%	-0.30%
	Aplao	4,847	45%	4,004	55%	8,851	2,928	35%	5,334	65%	8,262	3.70%	-2.00%
	Huancarqui	1,191	18%	254	82%	1,445	1,047	65%	555	35%	1,602	0.90%	-5.40%
計		8,702	49.80%	8,776	50.20%	17,478	5,928	36%	10,587	64%	16,515	2.80%	-1.30%
Camaná	Camaná	14,642	1%	116	99%	14,758	13,284	94%	809	6%	14,093	0.70%	-13.00%
	Nicolas de Piérola	5,362	88%	703	12%	6,065	4,688	88%	613	12%	5,301	1.00%	1.00%
	Mariscal Caceres	4,705	86%	758	14%	5,463	2,562	67%	1,253	33%	3,815	4.40%	-3.50%
	Samuel Pastor	12,004	91%	1,138	9%	13,142	2,285	26%	6,501	74%	8,786	12.60%	-11.70%
	Jose Maria Quimper	3,609	76%	1,138	24%	4,747	2,426	74%	870	26%	3,296	2.90%	1.90%
計		40,322	91.30%	3,853	8.70%	44,175	25,245	72%	10,046	28%	35,291	3.40%	-6.60%

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、それぞれ表-3.1.2-3 と表-3.1.2-4 に示す。1世帯当りの人数は、Huancarqui 地区が他の地区よりも少なく 3.36 人であり、Jose Maria Quimperが他の地区より高く 4.4 人で、その他の地区は 3.6~4.1 人程度である。

1家族当りの人数も同様に、Nuevo Imperialr 地区が他の地区よりも少なく 3.77 人であり、その他の地区は概ね 4.1 人程度である。

表-3.1.2-3 Castilla の世帯数および家族数

項目	区		
	Uracá	Aplao	Huancarqui
人口(人)	7,182	8,851	1,445
世帯数	1,760	2,333	430
家族数	1,887	2,416	434
世帯人員(人/世帯)	4.08	3.79	3.36
家族人員(人/家族)	3.81	3.66	3.33

表-3.1.2-4 Camaná の世帯数および家族数

項目	区				
	Camaná	Nicolas de Piérola	Mariscal Caceres	Samuel Pastor	Jose Maria Quimper
人口(人)	14,758	6,065	5,463	13,142	4,747
世帯数	3,845	1,680	1,394	3,426	1,078
家族数	4,066	1,738	1,448	3,554	1,108
世帯人員(人/世帯)	3.84	3.61	3.92	3.84	4.4
家族人員(人/家族)	3.63	3.49	3.77	3.7	4.28

(3) 労働従事状況

表-3.1.2-5 および表-3.1.2--6 に住民が従事する仕事を産業ごとに区分して示す。第1次産業の従事者が 23~65%と各地域とも高い比率となっている

表-3.1.2-5 Castilla の労働従事状況

労働力人口	区					
	Uraca		Aplao		Huancarqui	
	人	%	人	%	人	%
労働力人口 ^{1/}	3,343	100	3,618	100	649	100
a) 第一次産業	2,174	65.03	1,966	54.34	413	63.64
b) 第二次産業	160	4.79	251	6.94	40	6.16
c) 第三次産業	1,009	30.18	1,401	38.72	196	30.2

出典: 国立統計局-INEI, 2007年人口と住居に関する国勢調査.

1/ 第一次セクター: 農業、畜産、林業、漁業; 第二次セクター: 鉱業、建設、製造; 第三次セクター: サービス、その他

表-3.1.2-6 Camana の労働従事状況

労働力人口	区									
	Samuel Pastor		Camaná		Jose Maria Quimper		Mariscal Cáceres		Nicolás de Piérola	
	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%
労働力人口 ^{1/}	5,237	100	6,292	100	1,463	100	1,888	100	2,348	100
a) 第一次セクター	1,749	33	1,469	23	548	37	1,181	63	1,125	48
b) 第二次セクター	624	12	473	8	127	9	88	5	167	7
c) 第三次セクター	2,864	55	4,350	69	788	54	619	33	1,056	45

出典: 国立統計局-INEI, 2007年人口と住居に関する国勢調査.

1/ 第一次セクター: 農業、畜産、林業、漁業; 第二次セクター: 鉱業、建設、製造; 第三次セクター: サービス、その他

(4) 貧困率

貧困率を表 3-1.2-7 および表-3.1.2--8 に示す。地域住民のうち 25%~27%が貧困者であり、3.8%~4.4%が極度の貧困者である。特に Huancarqui 地区は貧困者割合が 33.1%、極度の貧困者の割合が 6.9%と他の地域よりも貧困率の割合が高くなっている。

表-3.1.2-7 Castilla の貧困率

項目/指標	区 (Castilla)							
	Aplao		Huancarqui		Uraca		計	
	人	%	人	%	人	%	人	%
総人口 (人)	8,851		1,445		7,182		17,478.00	100
貧困	2,153	24.3	480	33.1	1,731	24.1	4,364	25
極貧	358	4.1	98	6.9	305	4.3	761	4.4

表-3.1.2-8 Camana の貧困率

項目/指標	区 (Camaná)											
	Mariscal Cáceres		Samuel pastor		Nicolás de Piérola		Jose María Quimper		Camaná		計	
	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%
総人口 (人)	5,463		13,142		6,065.00		4,747.00		14,758.00		44,175.00	100
貧困	1,927	35.2	4,410.00	33.5	1,494.00	24.6	979	24.9	3,013.00	20.4	11,823	26.8
極貧	391	7.4	629	4.9	221	3.8	140	3.7	303	2.1	1,684	3.8

(5) 住居の形態

Castilla および Camana 地域の住居の形態は、それぞれ表-3-1.2-9 と表-3.1.2-10 に示すとおりで

ある。

Castilla においては家の壁は 46%が煉瓦またはセメント、43%が日干し煉瓦と泥壁である。床は 96%が土またはセメントである。上水道の普及率は 50%を超えているが、下水道の普及率は Huancarqui では 45.5%に過ぎない。電化率は平均で 86%である。

Camana においては家の壁は 65%が煉瓦またはセメント、4%が日干し煉瓦と泥壁である。床は 98%が土またはセメントである。上水道の普及率は 50%を超えているが、下水道の普及率はカマナを除いて 50%以下である。電化率は平均で 84%である。

表-3.1.2-9 Castilla の住宅状況

項目/指標	区					
	Uraca		Aplao		Huancarqui	
	世帯	%	世帯	%	世帯	%
世帯数						
共同住宅	1,760	86	2,333	75.3	430	63
壁材						
レンガもしくはセメント	999	56.8	820	35.1	106	24.7
日干レンガ&泥	195	11.1	1,067	45.7	237	55.1
竹材泥壁&木材	521	29.6	332	14.2	78	18.1
その他	45	2.6	114	4.9	9	2.1
床材						
土	687	39	831	35.6	195	45.3
セメント	996	56.6	1,381	59.2	226	52.6
タイル、テラゾ、床板寄木もしくは研磨床板、木板、ほぞ組床板	71	4	106	4.5	7	1.6
その他	6	0.3	15	0.6	2	0.5
上水道						
家屋内に公共上水道有り	1,216	69.1	1,483	63.6	255	59.3
屋内にはないが公共上水道が敷地内に有り	86	4.9	228	9.8	20	4.7
共同の水道柱	115	6.5	34	1.5		
下水&トイレ						
家屋内に公共下水道有り	472	26.8	705	30.2	193	44.9
屋内にはないが公共下水道が敷地内に有り	26	1.5	58	2.5	4	0.9
落下式トイレ/簡易トイレ	753	42.8	875	37.5	153	35.6
家屋に電気照明有り						
公共電力	1,505	85.5	1,790	76.7	340	79.1
世帯						
	1,887	100	2,416	100	434	100
世帯主						
男性	1,477	78.3	1,839	76.1	335	77.2
女性	410	21.7	577	23.9	99	22.8
家電製品						
家電製品を3つ以上所有	541	28.7	683	28.3	113	26
通信情報サービス						
固定電話&携帯電話有り	1,353	71.7	1,301	53.8	242	55.8

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

表-3.1.2-10 Camana の住宅状況

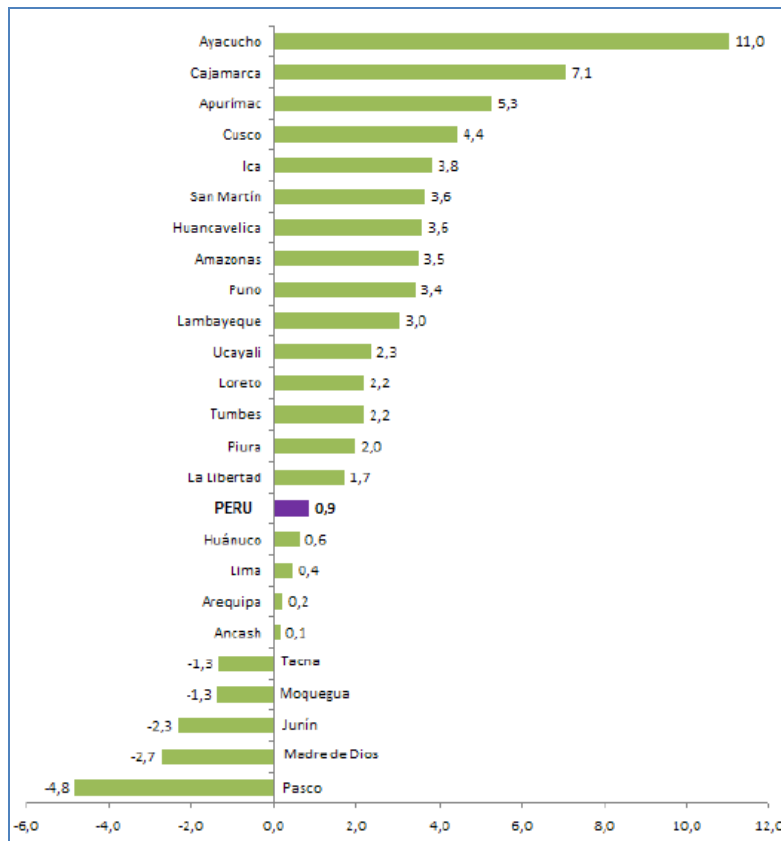
項目/指標	区									
	Samuel Pastor		Camaná		Jose Maria Quimper		Mariscal Cáceres		Nicolás de Piérola	
	世帯	%	世帯	%	世帯	%	世帯	%	世帯	%
世帯数										
共同住宅	3,426	69.7	3,845	90.7	1,078	74.7	1,394	70	1,680	73.9
壁材										
レンガもしくはセメント	1,956	57.1	2,942	76.5	674	62.5	664	47.6	986	58.7
日干レンガ&泥	66	1.9	175	4.6	20	1.9	28	2	78	4.6
竹材泥壁&木材	716	20.9	427	11.1	226	21	172	12.3	419	24.9
その他	688	20.1	301	7.8	158	14.7	530	38	197	11.7
床材										
土	1,780	52	961	25	487	45.2	841	60.3	792	47.1
セメント	1,432	41.8	2,335	60.7	547	50.7	530	38	806	48
タイル、テラゾ、床板寄木もしくは研磨床板、木板、ほぞ組床板	154	4.5	514	13.4	38	3.5	16	1.1	70	4.2
その他	60	1.8	35	0.9	6	0.6	7	0.5	12	0.7
上水道										
家屋内に公共上水道有り	1,987	58	3,028	78.8	732	67.9	774	55.5	957	57
屋内にはないが公共上水道が敷地内に有り	231	6.7	236	6.1	108	10	160	11.5	323	19.2
共同の水道柱	851	24.8	164	4.3	13	1.2	9	0.6	57	3.4
下水&トイレ										
家屋内に公共下水道有り	1,466	42.8	2,816	73.2	181	16.8	243	17.4	778	46.3
屋内にはないが公共下水道が敷地内に有り	104	3	246	6.4	24	2.2	5	0.4	208	12.4
落下式トイレ/簡易トイレ	1,144	33.4	360	9.4	526	48.8	763	54.7	463	27.6
家屋に電気照明有り										
公共電力	2,734	79.8	3,556	92.5	935	86.7	1,017	73	1,284	76.4
世帯										
	3,554	100	4,066	100	1,108	100	1,448	100	1,738	100
世帯主										
男性	997	28.1	1,902	46.8	360	32.5	304	21	524	30.1
女性										
家電製品										
	2,297	64.6	3,586	88.2	790	71.3	654	45.2	1,073	61.7

Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Instituto Nacional de Estadística -INEL, 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。

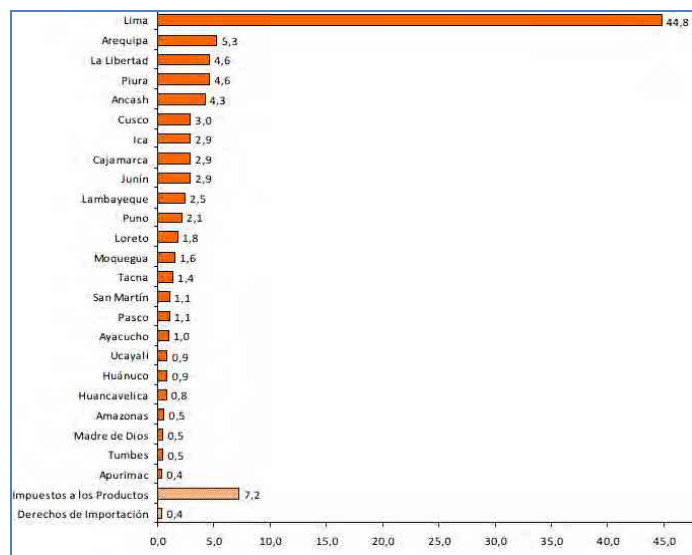
2009年の「ペ」国の成長率は、世界経済不況の影響で過去11年では最低の前年比0.9%アップであった。州別のGDPをみると、イカ州が3.8%、ピウラ州が2.0%、リマ州が0.4%、アレキパ州0.2%の成長率を示している。特に、イカ州およびピウラ州は国の全体の値よりも高い成長率を示している。



Fuente INEI – Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

図-3.1.2-1 州別 GDP 成長率(2009/2008)

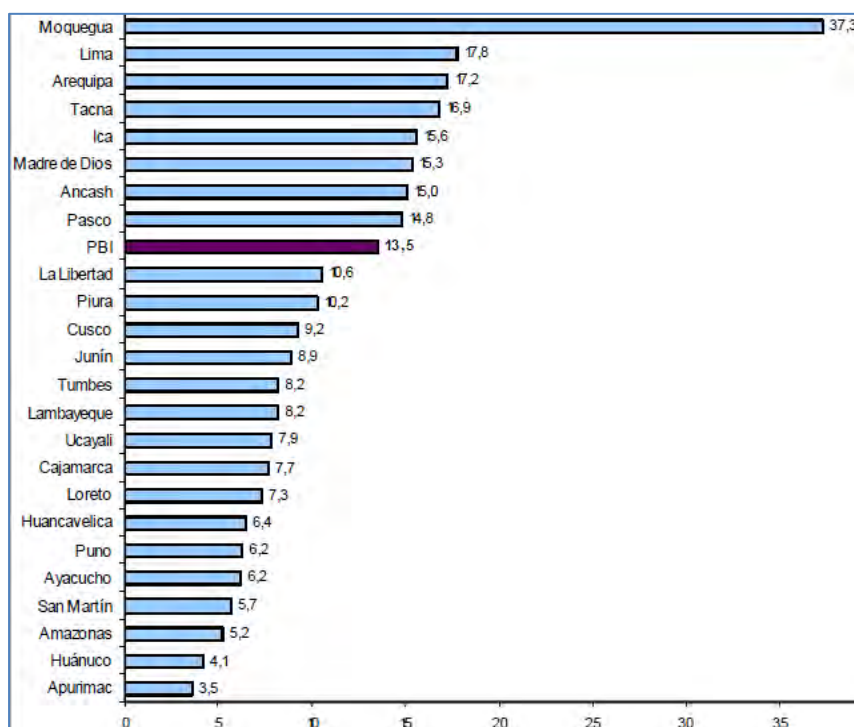
以下に GDP への寄与率を州ごとに示している。リマ州が全体の半分近く 44.8% に寄与している。その他の州の寄与率は、アレキパ州が 5.3%、ピウラ州が 4.6%、イカ州が 2.9% である。また、税金と輸入関税がそれぞれ 7.2%、0.4% 寄与している。



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-3.1.2-11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-3.1.2-11の値は1994年を基準年とした値である。

表-3.1.2-11 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

マヘス - カマナ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

マヘス川流域およびカマナ川流域の水利組合の概要を、それぞれ表-3.1.3-1 と表-3.1.3-2 に示す。マヘス川流域には、17 の灌漑委員会、45 の灌漑セクター、があり、2,519 人が農業に従事し、これらセクターが管理する農地の面積は 7,505ha である。また、カマナ川流域には 17 の灌漑委員会、38 の灌漑セクターがあり、3,388 人が農業に従事し、これらセクターが管理する農地の面積は 6,796ha である。

表-3.1.3-1 マヘス川の水利組合の概要

水利組合分会	灌漑セクター名	灌漑面積		裨益者人口	河川
		ha	%	(人)	
Ongoro	Las Joyitas Las Palmas	8.08	0.11%	4	Majes
	Andamayo	94.35	1.26%	25	
	Luchea	35.26	0.47%	24	
	Ongoro	368.13	4.91%	65	
	Huatiapilla	367.26	4.89%	75	
	La Central	406.57	5.42%	66	
	El Castillo	623.05	8.30%	73	
	La Banda	4.15	0.06%	3	
	Jaran	3.52	0.05%	6	
Ongoro Bajo	Huanco Iquiapaza	4.46	0.06%	11	
	Huatiapilla Baja	103.62	1.38%	23	
	Alto Huatiapa	44.47	0.59%	20	
	Bajo Huatiapa	19.11	0.25%	8	
	Quiscay	17.84	0.24%	1	
Beringa	San Isidro	10.53	0.14%	3	
	Beringa	109.07	1.45%	80	
Huancarqui	La Collpa	14.93	0.20%	14	
	Huancarqui	342.56	4.56%	211	
Cosos	Cosos	125.43	1.67%	92	
Aplao	Aplao	232.26	3.09%	145	
	Bajos Aplao	11.50	0.15%	5	
La Real	Caspani	20.54	0.27%	18	
	La Real	172.07	2.29%	125	
Monte los Apuros	Monte los Apuros	370.86	4.94%	160	
Querulpa	Alto Maran Trapiche	131.78	1.76%	53	
	La Revilla Valcarcel	151.01	2.01%	50	
Tomaca	Tomaca	296.32	3.95%	54	
	El Rescate	92.34	1.23%	41	
Uraca	Uraca	688.81	9.18%	239	
Cantas Pedregal	Alto Cantas	162.87	2.17%	74	
	Bajo Cantas	147.09	1.96%	47	
Sogiata	Sogiata	522.66	6.96%	154	
San Vicente	San Vicente	230.68	3.07%	100	
	Caceres	57.31	0.76%	12	
Pitis	Pitis	93.10	1.24%	53	
	Escalerillas	155.61	2.07%	74	
Sarcas Toran	Sarcas Toran	777.69	10.36%	195	
	Hinojosa Pacheco	1.00	0.01%	2	
	Medrano	12.29	0.16%	7	
	La Cueva	6.24	0.08%	6	
	Callan Jaraba	37.91	0.51%	10	
	Sahuani	58.47	0.78%	17	
	Paycan	24.44	0.33%	6	
Vertiente	2.29	0.03%	3		
El Granado	El Granado	345.45	4.60%	65	
計		7,504.98	100%	2,519	

Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Junta de Usuarios de Camana-Majes, Setiembre 2011

表-3.1.3-2 カマナ川の水利組合の概要

水利組合分会	灌漑セクター名	灌漑面積		裨益者人口	河川
		ha	%	(人)	
Socso-Sillan	Huambo	28.23	0.42%	8	Camana
	Puccor	13.30	0.20%	2	
	Pillistay	13.91	0.20%	6	
	Nueva Esperanza	27.31	0.40%	19	
	Socso	52.97	0.78%	15	
	Socso Medio	21.27	0.31%	12	
	Casias-Sillan	45.32	0.67%	20	
Sonay	Sonay	110.48	1.63%	34	
Pisques	Pisques	86.82	1.28%	39	
Characta	Soto	16.29	0.24%	4	
	Characta	174.35	2.57%	54	
Pampata	Naspas-Pampata	130.31	1.92%	21	
	Pampata-Baja	164.77	2.42%	27	
La Bombon	Tirita	15.67	0.23%	12	
	Montes Nuevos	49.41	0.73%	26	
	La Bombon	402.38	5.92%	265	
	Gordillo	8.14	0.12%	9	
	La Era	1.44	0.02%	4	
	La Rama Era I	45.53	0.67%	37	
	Toma Davila	58.20	0.86%	11	
El Alto	El Alto	314.57	4.63%	128	
Los Molinos	Los Molinos	435.97	6.41%	295	
El Medio	El Medio	477.98	7.03%	231	
	Los Castillos	44.36	0.65%	48	
	Flores	4.73	0.07%	5	
La Valdivia	El Desague	45.56	0.67%	55	
	La Lurin	17.35	0.26%	11	
	La Chingana	51.27	0.75%	33	
	La Valdivia	323.86	4.77%	196	
La Deheza	La Deheza	336.71	4.95%	228	
La Gamero	La Gamero	356.04	5.24%	257	
El Molino	El Molino	370.29	5.45%	302	
El Cuzco	El Cuzco	290.02	4.27%	261	
Montes Nuevos	Montes Nuevos	192.46	2.83%	123	
Huacapy	Huacapy	23.12	0.34%	21	
Pucchun	Mal Paso-Sta. Elizabeth	1070.90	15.76%	296	
	1er y 2do Canal Aereo	872.79	12.84%	202	
	Jahuay	102.11	1.50%	71	
計		6,796.19	100%	3,388	

Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Junta de Usuarios de Camana-Majes, Setiembre 2011

(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-3.1.3-3 に示す。

マヘス - カマナ流域では、作付け面積、収穫量、売上高が 2004 減少しているが、その後増加し

ている。2008-2009年の売上高は合計 188,596,716 (S/.) である。この流域の主要作物は米、インゲン豆、玉ねぎ、小麦、およびカボチャである。

表-3.1.3-3 主要農作物の作付け状況および売上高

	項目	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
籾付きコメ	作付け面積 (ha)	6,216	6,246	6,211	6,212	6,224
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	12,041	13,227	12,841	13,370	13,823
	収穫量 (Kg)	74,844,450	82,617,571	79,753,422	83,057,334	86,032,532
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.92	0.65	0.80	1.10	0.70
	売り上げ (S/.)	68,868,814	53,701,421	63,802,738	91,354,778	60,222,772
インゲン豆(乾燥)	作付け面積 (ha)	4,458	4,433	3,947	4,045	3,886
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	1,630	1,660	1,745	1,743	1,920
	収穫量 (Kg)	7,264,349	7,359,607	6,888,684	7,051,876	7,460,849
	キロ当たり価格 (S/./kg)	2.93	2.44	3.03	4.12	3.85
	売り上げ (S/.)	21,304,797	17,970,689	20,888,054	29,058,175	28,746,981
タマネギ	作付け面積 (ha)	2,063	1,958	2,168	2,331	1,886
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	40,552	32,073	41,231	46,034	35,840
	収穫量 (Kg)	83,659,519	62,798,588	89,388,731	107,304,225	67,594,277
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.58	0.38	0.71	0.43	1.37
	売り上げ (S/.)	48,800,305	24,067,447	63,582,270	46,002,256	92,290,918
コムギ	作付け面積 (ha)	50	30	34	618	558
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	4,192	3,500	3,680	5,670	4,580
	収穫量 (Kg)	209,600	105,000	125,120	3,503,916	2,555,501
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.85	0.80	1.00	0.90	0.75
	売り上げ (S/.)	178,160	84,000	125,120	3,153,524	1,918,916
カボチャ	作付け面積 (ha)	193	223	217	129	159
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	29,341	34,419	32,869	40,346	42,789
	収穫量 (Kg)	5,662,900	7,675,350	7,132,607	5,204,624	6,803,456
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.36	0.30	0.30	0.41	0.26
	売り上げ (S/.)	2,056,542	2,295,721	2,123,348	2,154,472	1,786,014
原料トウモロコシ(茎葉)	作付け面積 (ha)	55	35	38	29	44
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	60,800	59,435	59,962	60,675	58,332
	収穫量 (Kg)	3,344,000	2,080,242	2,278,540	1,759,566	2,566,613
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.08	0.10	0.10	0.10	0.25
	売り上げ (S/.)	267,520	208,024	227,854	175,957	633,487
トウモロコシ(実)	作付け面積 (ha)	51	40	27	19	51
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	16,980	17,694	18,053	18,201	18,223
	収穫量 (Kg)	865,998	707,742	487,426	345,824	929,377
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.30	0.40	0.61	0.32	0.58
	売り上げ (S/.)	259,799	283,097	296,066	111,028	536,123
ジャガイモ	作付け面積 (ha)	39	38	22	22	65
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	31,538	26,368	27,866	27,524	32,091
	収穫量 (Kg)	1,230,000	1,002,000	613,045	605,531	2,085,916
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.50	0.50	0.46	0.83	0.63
	売り上げ (S/.)	615,000	501,000	281,443	500,939	1,310,597
トマト	作付け面積 (ha)	5	45	36	11	48
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	29,000	38,951	30,584	34,963	36,310
	収穫量 (Kg)	145,000	1,752,790	1,101,025	384,597	1,742,875
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.50	0.38	0.73	0.45	0.41
	売り上げ (S/.)	72,500	662,165	804,360	173,418	714,942
スイカ	作付け面積 (ha)	29	30	13	14	40
	単位面積当りの収穫量 (kg/Ha)	9,862	17,265	12,920	13,087	13,718
	収穫量 (Kg)	286,000	517,938	167,960	183,218	548,708
	キロ当たり価格 (S/./kg)	0.30	0.40	0.40	0.47	0.80
	売り上げ (S/.)	85,800	207,175	67,184	86,112	438,966
その他	作付け面積 (ha)	95	153	204	190	116
計	作付け面積 (ha)	13,254	13,231	12,917	13,620	13,077
	収穫量 (Kg)	177,511,816	166,616,828	187,936,560	209,400,711	178,320,104
	売り上げ (S/.)	142,509,238	99,980,740	152,198,437	172,770,659	188,599,716

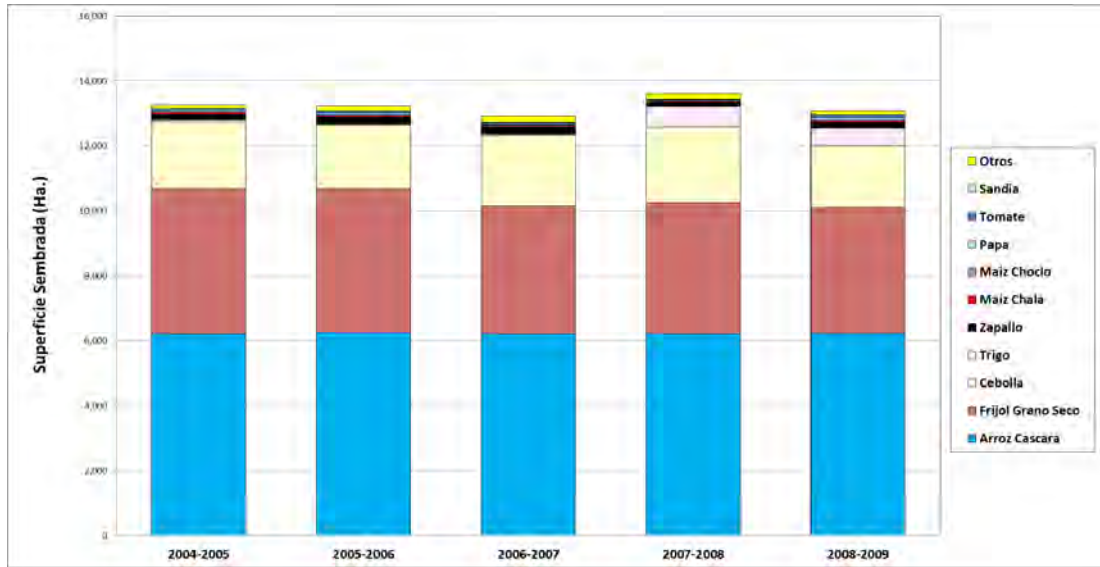


図-3.1.3-1 作付け面積

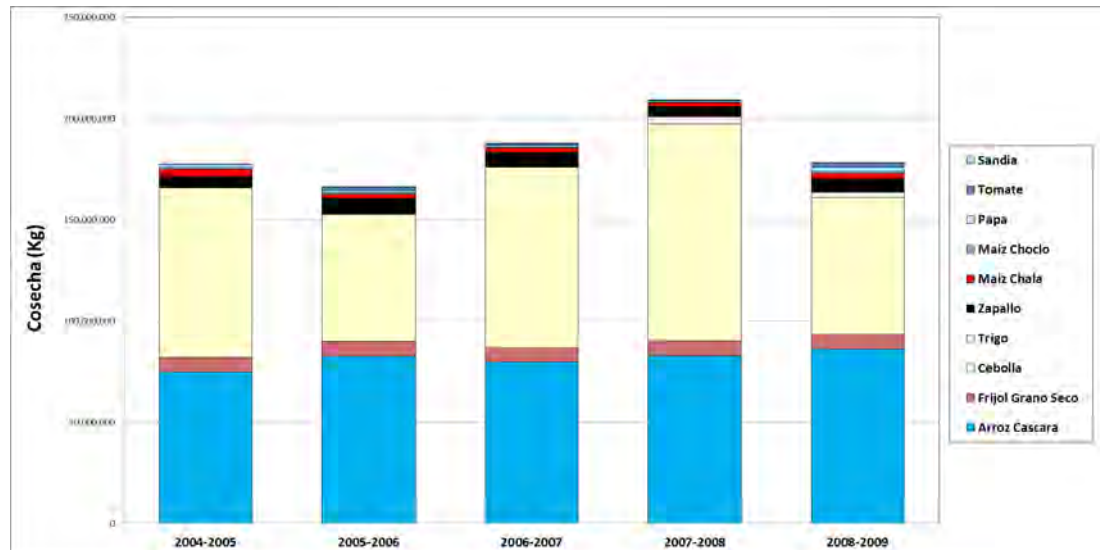


図-3.1.3-2 収穫量

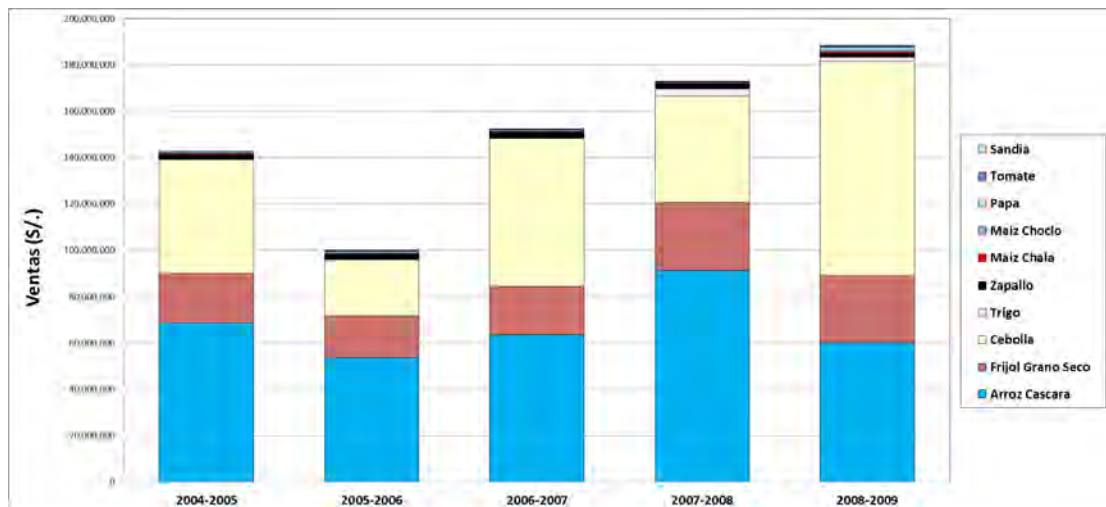


図-3.1.3-3 売上高

3.1.4 インフラ

(1) 道路

表-3.1.4-1 にマヘス川流域に位置する道路の概要を示す。道路の総延長は 981.291km である。その内訳は、国道:282.904Km(28.8%)、県道:208.163km(21.2%)、市道:490.223km(50.0%)である。

表-3.1.4-2 にカマナ川流域に位置する道路の概要を示す。道路の総延長は 574.039km である。その内訳は、国道:143.608Km(25.0%)、県道:365.940km(63.8%)、市道:64.491km(11.2%)である。

表-3.1.4-1 マヘス川流域の道路概要

道路	全長 (Km)		舗装(Km)			
			アスファルト	簡易舗装	簡易舗装なし	砂利道
国道	282.904	28.83%	64.400	173.842		44.662
州道	208.164	21.21%			2.727	205.437
区道	490.223	49.96%		10.321		479.902
計	981.291	100.00%	64.400	184.163	2.727	685.339

表-3.1.4-2 カマナ川流域の道路概要

道路	全長 (Km)		舗装(Km)			
			アスファルト	簡易舗装	簡易舗装なし	砂利道
国道	143.608	25.02%	114.748	28.860		
州道	365.940	63.75%	16.100	82.610		267.230
区道	64.491	11.23%	1.040	6.677		56.774
計	574.039	100.00%	131.888	118.147		324.004

(2) 灌漑施設

表-3.1.4-3 にマヘス - カマナ流域における灌漑施設を示す。この流域には 58 の取水口、79 の直接取入れ口がある。灌漑水路については 58 の幹線水路、128 の一次水路、54 の二次水路、5 の三次水路がある。幹線水路の延長は 167.24 k mである。3.498 k mはライニング水路であるが、334.019 k mはライニングされていない。

(3) PERPEC

2006 年から 2009 年に PERPEC により実施された事業を表-3.1.4-4 に示す。

表-3.1.4.3 灌漑施設の状況

水利組合分会	取水堰数		固定堰	幹線用水路における取水堰と水門の数					水路数				水路全長	
	取水堰数	取水堰数		農地への配水堰数	水門数	幹線用水路から支線への引水用	水門数	幹線用水路	一次支線	二次支線	三次支線	幹線用水路全長 (Kms.)	コンクリート三面張り (Kms.)	素張り (Kms.)
ONGORO	5	5	5	63	35	25	25	5	25	6	0	30.064	0.363	69.600
ONGORO BAJO	3	6	0	49	0	4	0	3	4	1	0	9.841	0.600	11.586
BERINGA	2	0	0	29	0	2	0	2	2	0	0	5.530	0.000	7.880
COSOS	1	2	0	37	0	4	0	1	4	3	0	3.976	0.000	9.140
APLAO	1	0	0	47	2	6	2	1	6	1	0	5.933	0.000	9.660
HUANCARQUI	2	0	0	39	1	10	1	2	10	3	0	7.401	0.000	20.483
TOMACA	3	0	0	36	0	10	0	3	10	12	2	7.653	0.000	29.180
LA REAL	2	0	0	47	0	1	0	3	1	0	0	6.664	0.000	7.604
MONTE LOS PUROS	0	4	0	71	0	9	0	2	9	3	1	6.508	0.360	12.884
OUERUILPA	4	1	1	66	2	7	1	1	7	5	1	4.941	0.000	16.766
URACA	1	0	0	34	9	3	1	1	3	7	1	7.930	0.090	20.886
SOGIATA	0	9	0	42	0	8	0	1	8	2	0	7.650	0.000	16.920
SAN VICENTE	1	0	0	26	0	7	3	1	7	2	0	3.925	0.000	9.655
CANTAS PEDREGAL	2	2	0	33	4	6	1	2	6	4	0	4.770	2.085	15.512
PITIS	2	0	0	97	0	5	0	2	5	1	0	6.252	0.000	11.385
SARCAS - TORAN	6	2	2	76	2	8	0	1	8	2	0	18.801	0.000	28.412
EL GRANADO	1	0	0	15	0	3	0	1	3	1	0	4.526	0.000	6.249
計	58	79	0	1,043	57	126	34	58	126	54	5	167.240	3.498	334.019

表-3.1.4-4 PERPECにより実施された事業

N°	年	事業名	所在				内容	総額 (S/.)
			県	郡	区	地区		
1	2006	Huantay地区におけるロック材による築堤	Arequipa	Camana	Ocoña	Huantay	築堤 0.27 Km	150,000.00
2	2006	Majes渓谷でのロック材による水制工と築堤	Arequipa	Castilla	Aplao y Uraça	El Granado	ロック材による築堤 0.2 Km	607,186.00
3	2006	Quilca渓谷地区における護岸工	Arequipa	Camana	Quilca	El Platanal	築堤 0.36 Km	81,305.00
4	2006	Majes川Montes地区における護岸工	Arequipa	Castilla	Aplao	El Monte	築堤 0.34 Km	96,000.00
5	2006	Ocoña渓谷Jayhuiche地区における護岸工	Arequipa	Camana	Mariano Nicolas Valcarcel	Jayhuiche	ロック材による築堤 0.27 Km	149,992.00
6	2006	Zurita地区におけるロック材による築堤	Arequipa	Camana	Ocoña	Zurita	築堤 0.3 Km	151,484.00
7	2006	Ocoña渓谷Santa Rita地区における護岸工	Arequipa	Camana	Ocoña	Santa Rita	築堤 0.3 Km	149,487.00
8	2007	Quenupla Tomaca地区における護岸工	Arequipa	Castilla	Aplao, Huancarqui	Quenupla Tomaca	ロック材による水制工 0.67 Km	380,233.00
9	2007	アレキパ県Camana郡Quilca地区El Platanal地区における水制工と築堤	Arequipa	Camana	Quilca	El Platanal	ロック材による水制工 0.42 Km	259,174.00
10	2008	アレキパ県Castilla郡Aplao地区Los Puros地区におけるマヘス川暫定護岸工(緊急対策)	Arequipa	Castilla	Aplao	Los Puros	築堤と水制工 0.18 Km	117,215.00
11	2008	アレキパ県Camana郡Ocoña地区Santa Rita地区におけるOcoña川暫定護岸工(緊急対策)	Arequipa	Camana	Ocoña	Santa Rita	築堤と水制工 0.23 Km	97,066.00
12	2008	(Contingencia)アレキパ県Castilla郡Uraça地区San Vicente地区とSacramento地区におけるマヘス川暫定護岸工(緊急対策)	Arequipa	Castilla	Uraça	San Vicenteと Sacramento	築堤と水制工 0.3 Km	124,952.00
13	2008	Sonay地区に置けるロック材による築堤(防災)	Arequipa	Camana	Nicolas de Pierola	Sonay	河床掘削と築堤 0.4 Km	230,058.00
14	2008	Ocoña渓谷Anchalo Huacan地区における護岸工(防災)	Arequipa	Camana	Ocoña	Huacan	ロック材による築堤 0.26 Km	123,352.00
15	2008	Ocoña渓谷Huantay地区に置けるロック材による築堤(防災)	Arequipa	Camana	Ocoña	Huantay	ロック材による築堤 0.28 Km	117,348.00
16	2009	Ocoña渓谷Jayhuiche地区におけるロック材による築堤	Arequipa	Camana	Mariano Nicolas Valcarcel	Jayhuiche	ロック材による築堤 0.34 Km	175,000.00

3.1.5 洪水被害の実態

(1) 全国における被害

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

表-3.1.5-1 洪水被害状況

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

出展 : Compendio estadísticos de SINADECI

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

表-3.1.5-2 被害状況

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

「—」: 記録記載無し

(2) 調査対象流域における被害

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	
DESLIZAMIENTO (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) 現地視察及びヒアリングの結果

1) カマナ川

(流域全体の概況)

- 河口から上流 39km までカマナの管轄区間。
- 堤防は 30 年前に水利組合で築造したが、侵食している箇所が多数存在する。
- 農作物の 99% は米であり、主にリマに送られている。
- 流量は 1 日 1 回計測している。過去の最高は 1,200~1,500m³/s くらい。洪水は約 1 週間つづく。
- 2k~6k の左岸部高台にはスペイン時代の遺跡が点在している。

(クリティカルポイント)

○河口閉塞 (河口部)

- 海岸からの波で河口に礫州が形成され (河口閉塞)、水が抜けにくくなっている。これを防ぐために海側に導流堤を築造できないか。なお、礫州は洪水で無くなり、6 月~12 月に再び形成される。
- 1998 年のエルニーニョの年に 2.5k~4.5k で氾濫したことがある。右岸側も以前に氾濫したことがある。
- 河床は上昇している。

○堤防が低い区間 (6k~7.5k 左岸)

- 6k~7.5k の左岸側は堤防が特に低い (LA BOMBOM 地区)。
- カマナ橋の下流左岸側の河川区域内に農地が存在するが違法なので撤去することは可能である。なお、河川区域外の違法でない農地については用地交渉が難しい可能性が高い。
- 河床は 1m 以上上昇している。

○水路周辺の河岸侵食 (12k~13k 左岸)

- 13k 付近にカマナの水道用の取水堰 (BOCATOMA BRAZO) が築造されている。
- 取水堰から用水路が川沿いに建設されているが、12k 左岸で河岸侵食が進んでおり、隣接する用水路への影響が危惧される。

○橋脚周辺の洗掘 (26k 周辺)

- 26k 右岸側に集落 (SONAI 地区 : 40 世帯) がある。1 年前につり橋が建設されたが洪水で橋脚周辺が数 m 侵食を受けており、次の洪水が来ると損壊の危険性がある。

○その他の課題箇所

- 3k 左岸で堤防の侵食があり、応急処置が施されている。
- 14.2k 付近に無堤区間が存在する。
- 19k 左岸で河岸侵食が発生している (CHARACTA 地区)。
- 26.5k 左岸に堤防侵食が存在する。
- 28k 左岸に築堤してほしい。
- 29k 左岸で農地が侵食されている (CULATA DE SIYAN 地区)。
- 30k 左岸で河岸侵食が発生しており、護岸してほしい (FUNDO CASIAS 地区)。
- 33.5k に取水堰と用水路があるが、毎年の洪水によって土砂で埋まってしまいうため築堤してほしい。
- 34k 右岸に 1km 築堤してほしい。
- 37.5k 左岸の取水堰と農地 (80ha) を守るため、下流 2km 区間を築堤してほしい (HUAMBOY 地区)。
- 39k 右岸の取水堰と農地 (80ha) を守るため、下流 1km 区間を築堤してほしい (HUAMBOY 地区)。

2) マヘス川

(クリティカルポイント)

○氾濫地点 (104k 右岸)

- 右岸側に 500m 築堤してほしい。
- 保全対象は農地 (ONGORO BAJO 地区)。
- 1997 年頃に対岸から土砂崩れがあり、河岸の農地が埋没した。なお、河道に流出した土砂は本川洪水で下流に流されたため、すでに無くなっている。

○河岸侵食 (101k 右岸)

- 1997 年の洪水で農地が侵食された。
- 保全対象は農地 (HUATIAPILLA BAJA 地区)。
- 右岸側に現在 600m の堤防がある。これを 500~800m 延伸してほしい。

○河岸侵食 (88.5k 右岸)

- 今年(2011)の 2 月にも洪水で河岸侵食があり、家屋の一部が流された (現在も当該家屋に居住している)。

- 保全対象は農地、民家 (BERINGA 地区)。
- 右岸側に 1km 築堤護岸、600m の既存堤防に護岸してほしい。
- 堤防侵食 (84.5k 右岸)
 - 右岸の堤防が毎年徐々に侵食されており、このまま侵食が進行すると直下流の橋梁 (HUANCARQUI 橋) に影響が及ぶ。
 - 現在は応急処置的な対応であり、護岸等の対策を講じてほしい。
 - 保全対象は農地、橋梁 (APLAO 地区)。
 - APLAO 地区はマヘス最大の町であり人口は 18 千人であり、橋で結ばれた対岸の HUANCARQUI 地区は人口 5 千人である。
- 無堤区間 (70.5~71k 右岸)
 - 800m の堤防が州政府によって建設されているが、下流の低地に 30 世帯程度が居住しており、さらに 1.3km の築堤が必要。
 - 昨年(2010 年)の 8 月に 8 年ぶりに浸水した。
 - 保全対象は農地、人家 (EL DEQUE 地区)。
 - 集落の上流に農業用水路があり、下流の 700ha の農地に送られている。なお、取水施設は現在改修中であるが、あと半月で完了する予定である。
 - 護岸の巨石は APLAO 地区の採石場から運んでいる。
- 氾濫地点 (60~62k 左右岸)
 - 左岸側に 2km、右岸側に 1.5km 築堤してほしい。
 - 保全対象は農地 (左岸 : PITIS 地区、右岸 : SAN VICENTE 地区)。
- 氾濫地点 (58~58.5k 左岸)
 - 左岸側に築堤してほしい。
 - 保全対象は農地 (ESCALERILLAS 地区)。
- 河岸侵食 (55~56.5k 左岸)
 - 毎年洪水によって徐々に農地が侵食されている。
 - 保全対象は農地 (SARCAS 地区)。
 - 1998 年に 1,500m³/s の洪水で地区一帯が冠水しており、低地にあった 3 つの小さな集落が高い場所へ移動した。
 - 今年の 2 月にも 800m³/s の洪水があり、氾濫した。
- その他の課題箇所
 - 81.5k~82k 左岸に築堤してほしい (HUANCARQUI 地区)。
 - 81.5k~82k 右岸に築堤してほしい (CASANI 地区)。
 - 75k~75.5k、71k~71.5k 左岸で堤防が切れている (TOMACA 地区)。
 - 73.5k~74k 右岸で堤防が切れている (QUERULPA 地区)。
 - 49k~51.5k 左岸に築堤してほしい (PAMPA BLANCA 地区)。

(2) 現地視察概要

現地の主な視察現場は、図-3.1.6-1 に示すとおりである。

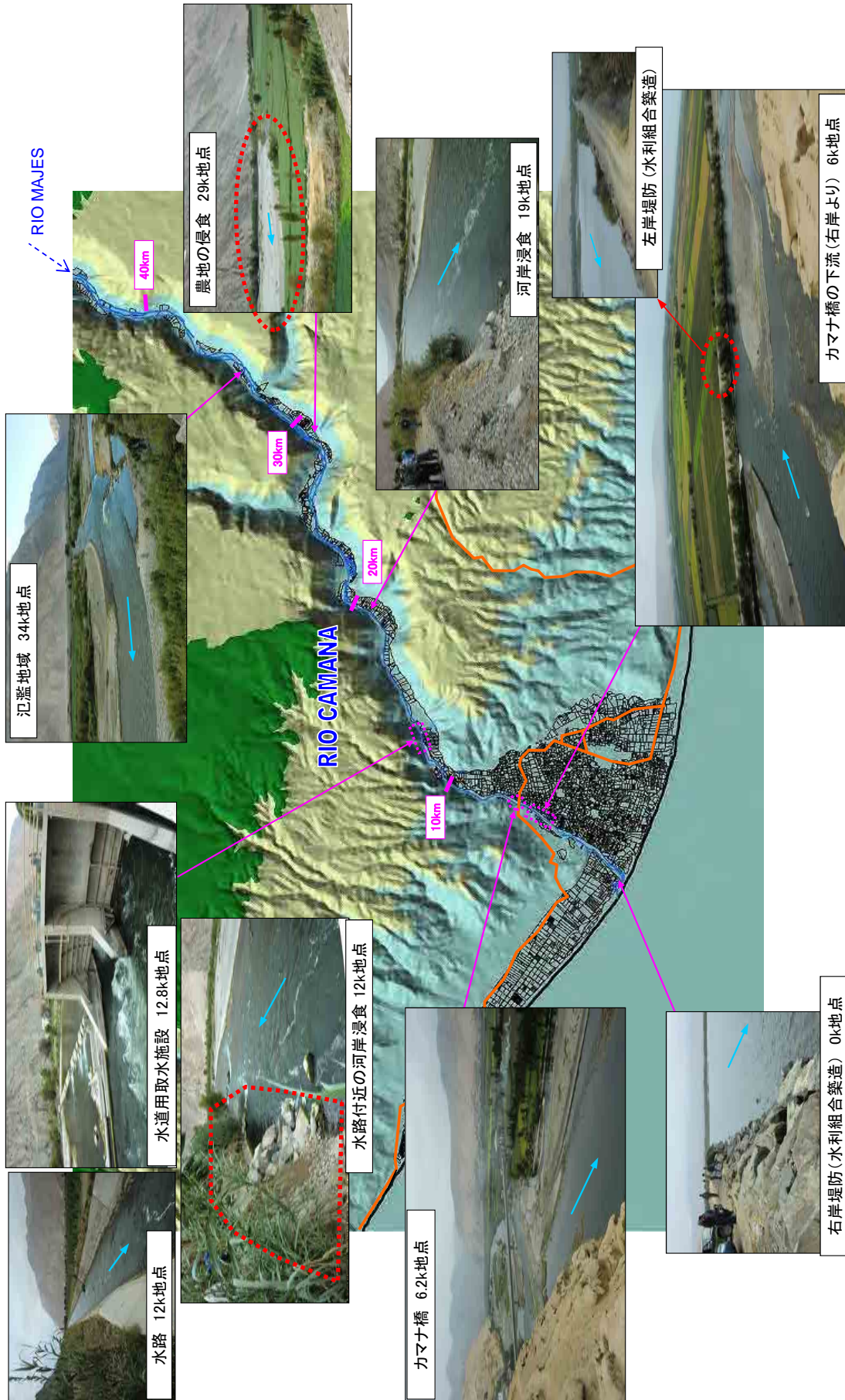


図-3.1.6-1(1) 視察現場の風景 (カマナ川)

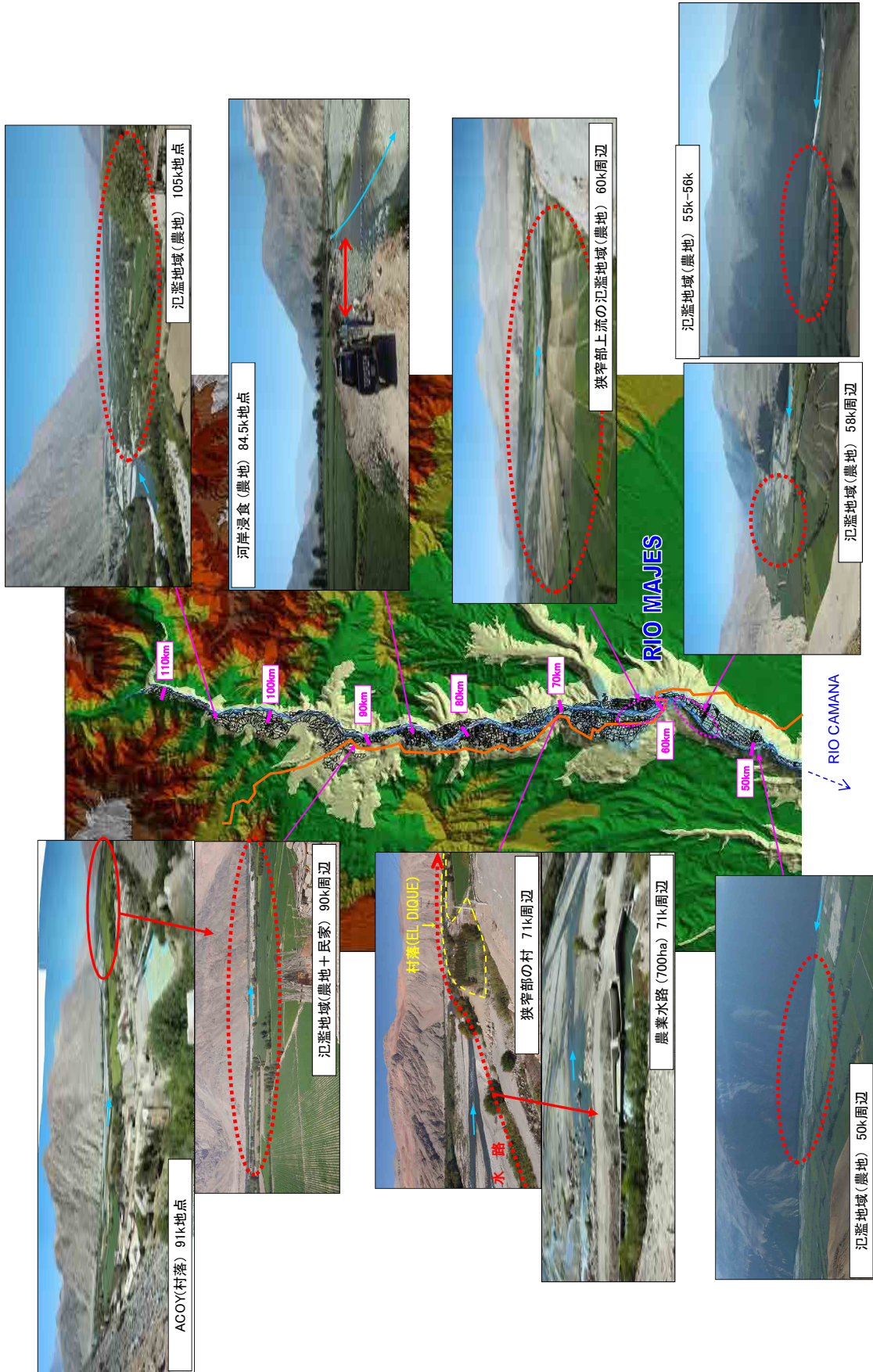


図-3.1.6-1(2) 視察現場の風景 (マヘス川)

(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 : 河岸侵食による既存堤防の劣化 (カマナ川 0k~5k)

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・カマナ管轄区間の既存堤防は約 30 年前に水利組合が自前で築造したものであり、侵食箇所が多数存在する。 ・特に 6k 付近のカマナ橋の上下流部は堤防高が低く、農地やカマナ市街地への氾濫の危険性が高い。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> ・カマナ市街地 ・農地 (主要作物 : 米)
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> ・築堤、護岸



図-3.1.6-2 課題 1 に関する現地状況 (カマナ川)

2)課題2：河岸侵食による水道取水施設への影響 (カマナ川 12k)

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・13k 付近にカマナ市街地への水道用取水堰が設置されており、川沿いに用水路が建設されている。 ・現在、12k 左岸の河岸が侵食されており、今後侵食が進むと隣接する用水路への影響が懸念される。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> ・水道用水路
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> ・既存堤防の補強、護岸



図-3.1.6-3 課題2に関する現地状況 (カマナ川)

3) 課題3：狭窄部上流の氾濫（マヘス川 60k～62k）

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・狭窄部のため流下能力が不足しており、上流部の農地で氾濫被害が発生している。 ・狭窄部には橋梁が新設されている。左右岸に無堤区間が存在するため、氾濫する危険性が高い。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> ・農地（主な作物：米）
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> ・築堤、護岸

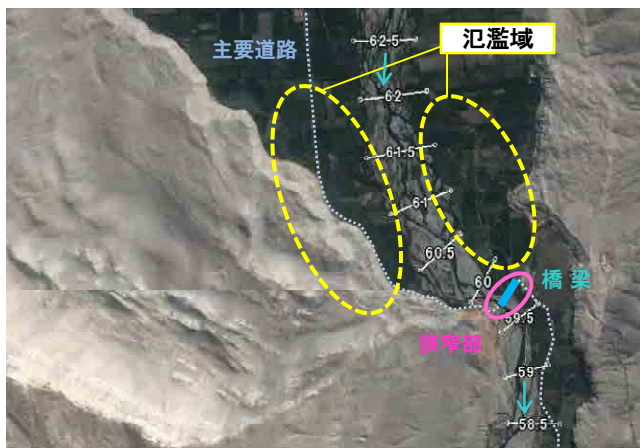


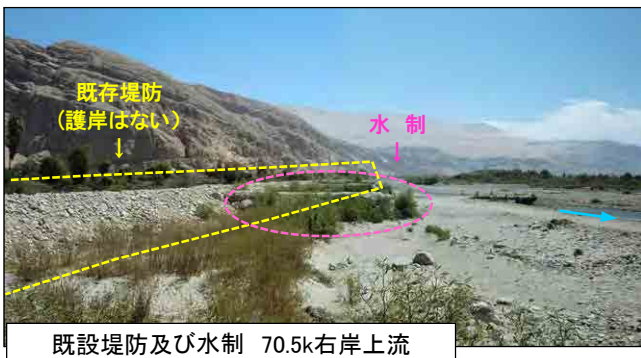
図-3.1.6-4 課題3に関する現地状況（マヘス川）

4)課題4：農村部への氾濫 (マヘス川 70.5k~71k)

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・狭窄部の河岸沿いに集落(DEQUE 村)が存在し、低地には約30世帯が居住する。 ・集落の上流側には堤防が建設されたが下流側は無堤であり、氾濫する危険性が高い。 ・また、700haの農地に水を供給するための取水施設が存在し、洪水による施設への影響も懸念される。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> ・人家、農業用取水施設 ・農地 (主な作物：米)
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> ・築堤、護岸



右岸沿いの農業水路(700ha) 71k周辺



既設堤防及び水制 70.5k右岸上流



無堤区間の状況 70.5右岸下流
(小規模な盛土が存在)

図-3.1.6-5 課題4に関する現地状況 (マヘス川)

5)課題5：河岸侵食による橋梁への影響 (マヘス川 84.5k)

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> 右岸側の堤防が毎年徐々に侵食されており、このまま侵食が進行すると直下流の橋梁 (HUANCARQUI 橋) に影響が及ぶ。 橋梁はマヘス最大の町である APLAO 地区 (人口 18 千人) と対岸の HUANCARQUI 地区 (人口 5 千人) を繋ぐ重要な交通路であるため、対策の必要性が高いと考えられる。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁 (HUANCARQUI 橋) 農地 (主な作物：米)
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> 築堤、護岸



図-3.1.6-6 課題5に関する現地状況 (マヘス川)

6)課題6：河岸侵食による集落の被害 (マヘス川 88k~88.5k)

現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・当該地区では洪水期に河岸侵食が年々進行している。今年(2011)の2月も河岸侵食で家屋の一部が流された。 ・現在無対策であり、放置するとさらに被害が拡大する可能性が高いことから早急に対策を講じる必要がある。
主な保全対象	<ul style="list-style-type: none"> ・人家 ・農地 (主な作物：米)
対策方針	<ul style="list-style-type: none"> ・築堤、護岸



図-3.1.6-7 課題6に関する現地状況 (マヘス川)

3.1.7 植生および植林の現況

(1) 植生現況

ペルーの植生分布調査として、最新のものは 2005 年に FAO が主体となって INRENA¹（農業省天然資源院）の協力を得て実施した調査²がある。この調査が基礎データとして使用したものは 1995 年 INRENA、森林総局により作成された「1995 年植生区分図」及びその解説³である。また、1970 年代には国立計画局 (Instituto Nacional de Planificacion)、国立天然資源評価局 (ONERN: Oficina Nacional de Evaluacion de Recursos Naturales) によって「海岸地域の天然資源評価と合理的利用目録」が作成され、海岸地域の自然特性区分と植生が解説されている。

1995 年植生区分図とその解説によれば、一般に海岸からアンデス高地にいたる流域の植生分布は、おおむね標高によって特徴づけられている。(表-3.1.7-1 参照)。これらの流域では、海岸から標高約 2,500m 付近 (Cu、Dc) までは植生が非常に乏しく、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あり、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、灌木林でも樹高は最大でも 4m 程度となっているが、例外的に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 海岸よりアンデス高地にいたる地域における代表的植生一覧

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)

それぞれの植生区分の説明は以下のとおりである。

(i) Cu（沿岸部の農地）：河川沿いに広がる農地。

(ii) Dc（沿岸部の砂漠）

国土の 10.01% (128,575km²) を占め、北のツトゥンベスから南のタクナまでペルー沿岸部に広がっている。分布は標高約 1,500m までである。気候の特徴として夏 (12 月~3 月) 乾燥して暑く、冬 (5 月~9 月) には霧が発生する。標高 700~1,000m 付近にロマス

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

² Landsat-TM (1999 年、2000 年データ) を使用。

³ Landsat-MSS (1988 年データ) を使用。

(lomas) という植生帯が出現することがある。また、ロマス以外でも霧の多く発生する年には、特に南部海岸で高さ数センチメートルの草が生い茂り地表を覆うことがある。河川付近には木本植物が存在する。

(iii) Ms (乾燥草本・灌木帯)

国土の 2.18% (28,026Km²) を占め、北部トゥンベス県西側低部斜面から端を発している。南端のタクナ県では標高 3,900m まで分布する。ペルー中南部では標高約 1,500m から出現し、アンデス西側斜面の中間帯を形作っている。年間の平均気温は 11~25°C、平均雨量は 120~220mm であるが、例外としてタクナ県の場合は、平均気温 6°C 以下、雨量も 125mm 以下となっている。厳しい気候条件のため、樹木の生育が限られており、サボテン類や草本類を中心としている。ここに生育する灌木類は乾燥の厳しい期間を乗り越えるため完全に落葉し、草本類も地上から姿を消し、雨が降ると緑を取り戻す。

(iv) Msh (半湿潤草本・灌木帯)

国土の約 2.91%、37,278Km²。乾燥草本・灌木帯に続いてあらわれ、北部、中部では標高 2,900~3,500m、アンデス山脈の谷間では 2,000~3,700m に位置している。平均気温は 9°C~18°C、年間雨量は 220~1,000mm である。この地帯の灌木は常緑で 4m を越えない低木が多い。

(v) Mh (湿潤草本・灌木帯)

国土の 3.17% (40,777Km²) を占めており、北部では標高 2,500~3,400m、ペルー中南部では 3,000~3,900m、つまり半湿潤草本・灌木帯とアンデス高地草原の中間に位置している。気温は 6°C~14°C で年間雨量は 500~2,000mm、例外的に 4,000mm となることもある。植生は常緑で、乾燥・低温に耐えるものが多い。樹高は約 4m 以下、人がアクセス困難な場所を中心に小規模な林を形成する。

(vi) Cp (アンデス高地の牧草地)

ペルー国土の 1.89% (24,249km²) を占めている。アンデス山脈の寒冷な高地で、主にペルー中南部の 3,800m に位置している。Pj (草原) も同じ気候帯に属している。イネ科植物を中心に、カヤツリグサ科、イグサ科、マメ科が分布している。

(vii) Pj (草原)

アンデス山脈の寒冷な高地に広がっており、標高 3,200~3,300m、中南部では 3,800m にまで位置する。南部は北部、中部に比べ乾燥しており、雨量が 125mm を下回ることもある一方、東斜面側では 4,000mm を越えるところもある。気温は 1.5°C~6°C である。イネ科を中心とした草原になっている。アレキパなど南部では草本や灌木が混生して Talares という低木林を形成している。しかし、薪として利用するため植生の貧弱化が顕著である。

(viii) N : 雪山

カマナ・マヘス流域の植生分布は、上記の地域とほぼ同様であるが、上記地域とカマナ・マヘス流域の代表的植生の違いは次の 3 点である。i) Cu (沿岸部の農地) がない、ii) Lo (ロマス) がある、iii) Bf (湿性草原) がある。

カマナ・マヘス流域には存在するが、上記の流域にない植生区分の説明は以下のとおりである。マヘス - カ同流域の植生図を図-3.1.7- 1 に添付した。

(ix) Lo : (ロマス)⁴

分布域の標高は海拔 0m から 1,000m。ペルーの沿岸部の砂漠からチリまで南北の海岸線に沿って分布している。冬 (5月~9月) 海から来る霧が発生し、この特異な植生帯を出現させる。主に見られる植生はアナナス科の *Tillandsia spp.*、*tara (Caesalpinia spinosa)*、ヒガンバナ科ヒメノカリス属 (*Ismene amancae*)、サボテン科の (*Haageocereus spp.*)、カタバミ科 (*Oxalis spp.*)、ナス科 (*Solanum spp.*) などである。なお、海岸部の砂漠の面積は国土の 11%、南北 2,000km に及び、面積は 14,000km² であるが、ロマスの面積を示す資料は今回の調査では見つからなかった。

(x) Bf : (湿性草原)⁵

分布域の標高は 3,900m から 4,800m、地形はほぼ平らであるがわずかな窪みとなっていることもある。氷河と湧水からの表面水が出ており、地下水位が高いので、表面水が地面に浸透せずにいる。このため、草原が常に湿っている。主な植生は以下のとおり。*champa (Distichia muscoides)*、*sillu - sillu (Alchemilla pinnata)*、*libro-libro (Alchemilla diplophylla)*、*chillihua (Festuca dolichophylla)*、*crepillos (Calamagrostis curvula)*、*tajlla (Lilecopsis andina)*、*sora (Calamagrostis eminens)*、*ojho pilli (Hipochoeris stenocephala)* など。これらの草本は高さが低く、南米に生息しているラクダ科 (リヤマ、アルパカ、ビクーニャとグアナコ) の食用にされることが多い。

⁴ (出典 1) Proyecto Atiquipa (アティキパ・プロジェクト)

<http://www.lomasdeatiquipa.com/lomas.htm>

(出典 2) Plan Maestro de la Reserva Nacional de Lomas de Lachay (2003 - 2007) (ロマス・デ・ラチャイ 自然保護地区マスタープラン 2003~2007)

http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/RN_Lachay/Plan_maestro_2003-2007_RN%20Lachay.pdf

⁵ (出典 1) Cosecha de agua, Una práctica ancestral. Manejo sostenible de las praderas naturales, DESCO (Centro de Estudio y Promoción de desarrollo) (「水の収穫、古代からの経験」自然牧草地の持続可能な管理 (P31)、調査及びプロモーション開発センター NGO)

HP : <http://www.descosur.org.pe/publicaciones/Manual004.pdf>

HP : <http://www.desco.org.pe/quienessomos.shtml>

(出典 2) Monografía: Biodiversidad del Valle del Colca (Arequipa) (コルカ谷の生物多様性 (アレキパ)、Wilmer Paredes 氏著、研究論文)

HP: <http://www.monografias.com/trabajos53/biodiversidad-colca/biodiversidad-colca2.shtml>

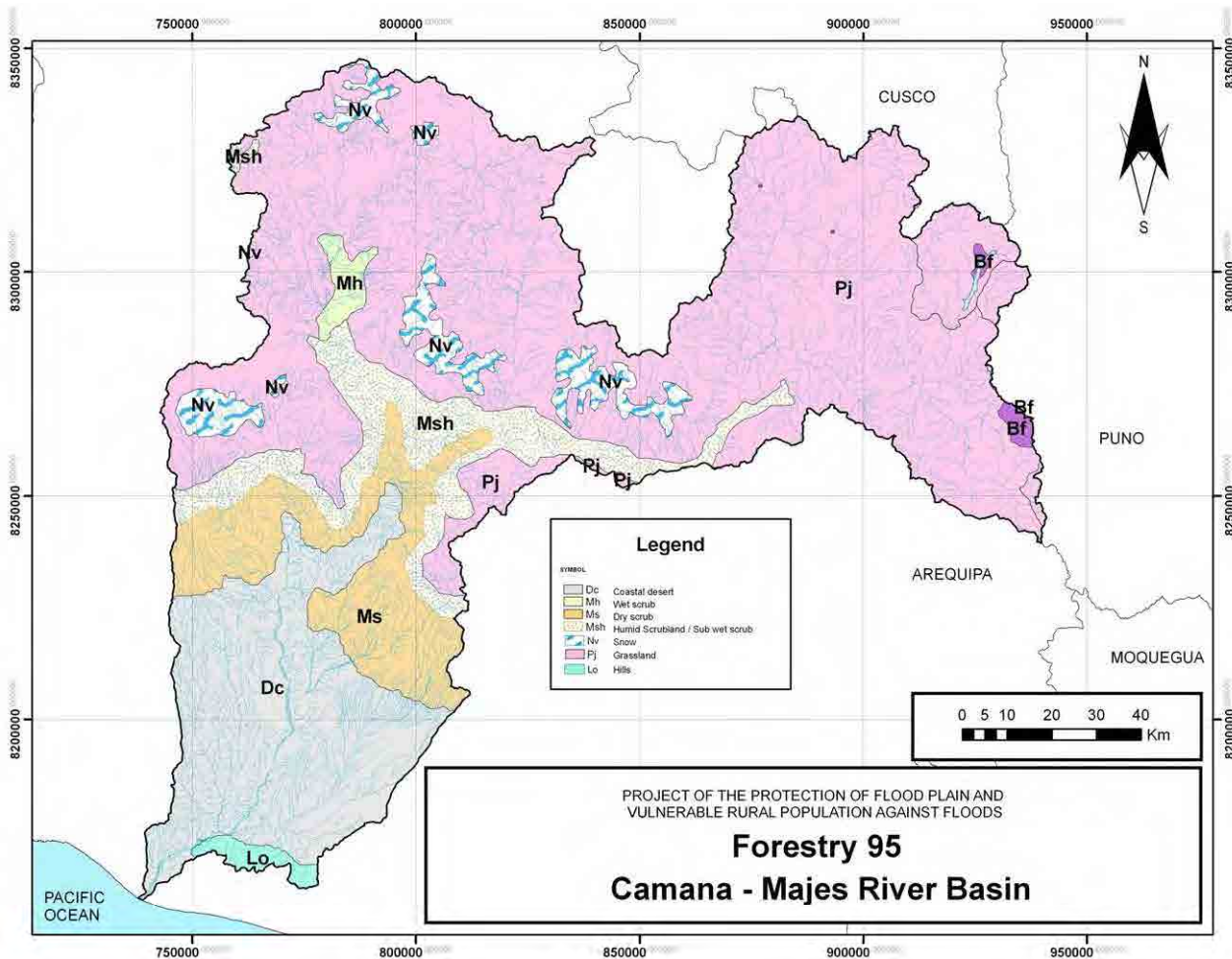


図-3.1.7-1 植生分布図 (マヘス-カマナ流域)

(出典：INRENA、1995年調査を元に JICA 調査団により作成)

(2) 植生分布面積

カマナ・マヘス流域の1995年 INRENA 調査の結果を GIS 上に移植し、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 参照)。

表-3.1.7-2 植生区分ごとの面積 (マヘス-カマナ流域)

区分	植生区分								計
	Lo	Dc	Ms	Msh	Mh	Bf	Nv	Pj	
植生区分面積 (km ²)	104.54	3108.12	1570.08	1334.76	155.20	66.16	641.44	10069.21	17,049.51
流域面積に対する割合 (%)	0.6	18.2	9.2	7.8	0.9	0.4	3.8	59.1	100.0

(出典：1995年 INRENA 調査を元に JICA 調査団により作成)

この結果を大分類に区分すると表-3.1.7-3 となる。マヘス-カマナ流域の植生区分の特徴は、灌木林の占める割合が9%弱と非常に小さく、高地草原の占める割合が60%弱と非常に大きい点である。マヘス川の上流では標高が4,000m以上であり、高原草地在がほとんどのエリアを占めている。

表-3.1.7-3 大分類植生区分ごとの面積と割合 (マヘス-カマナ流域)

EE	砂漠等 (Lo, Dc)	草地・林・テ (Ms)	灌木林 (Msh, Mh)	高地草原 (Bf, Pj)	雪山 (N)	計
植生面面積 (km ²)	3,212.66	1,570.08	1,489.96	10,135.37	641.44	17,049.51
流域面積に対する割合 (%)	18.8	9.2	8.7	59.4	3.8	99.9

(3) 森林面積の変化

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

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)
アレキパ	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)。

1995 年から 2000 年の間では、灌木林 (Msh, Mh) はそれぞれ約 30km² (2.3%)、5km²(3.2%) 減少している。高地草地(Pj)、雪山 (N) の減少が顕著で、それぞれ、364km² (3.6%)、60km² (9.4%) 減少し、湿性草原 (Bf) が約 12km (18.2%) 増加している。増加が最も多い植生は砂漠 (DC) で、約 404km² (13.0%) 増加している。

表-3.1.7-5 1995 年から 2000 年の植生区分の面積変化 (マヘス-カマナ流域)

面積	植生区分							
	Lo	Dc	Ms	Msh	Mh	Bf	Pj	Nv
1995 年 (km ²) (a)	104.54	3,108.12	1,570.08	1,334.76	155.20	66.16	10,069.21	641.44
2000 年 (km ²) (b)	131.55	3,512.24	1,586.48	1,304.54	150.25	78.18	9,705.02	581.25
変化(b-a) (km ²) (c)	27.01	404.12	16.40	-30.22	-4.95	12.02	-364.19	-60.19
変化割合 (%) (c/a)	25.8	13.0	1.0	-2.3	-3.2	18.2	-3.6	-9.4

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

(4) 植林の現況

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。アレキパは沿岸に位置するため降雨量が非常に少なく、そのために植林が可能なところが少なく、また、植林の需要も低いと想定される。

表-3.1.7-6 1994年から2003年までの植林実績(旧県別)

(単位: ha)

旧県	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)

Agrorural からの聞き取り資料によれば、アレキパ州における植林実績は表-3.1.7-7のとおりである。4か所で実施されているがいずれも小面積で、試験的なものが多い。また、国際 NGO の Nature Conservancy ではペルー海岸地域に固有のマロス植生を回復させる活動を実施中である。

表-3.1.7-7 アレキパ州の植林実績

植栽年	植栽箇所	事業主体	植栽樹種	面積 (ha)	備考
1992	アレキパ	サン・アグスティン 国立大学	郷土種	2	森林調査及び試験植林
2004	アレキパ郡、ホロパヤ地区 ベラビスタ村・ウスニヤ村	AGRORURAL	ユーカリ・ マツ・ヒノキ	3	
2005	アレキパ	大学卒業論文	モイェ	0.5	

(出典: AGRORURAL からの聞き取りをもとに JICA 調査団により作成)

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

マヘス - カマナ川流域の標高割合を表-3.1.8-2 および図-3.1.8-1 に示す。カニエテ流域およびカマナ/マヘス流域が 4,000m 以上の標高の占める割合が多い。4,000m 以上の標高は比較的なだからでこの部分に雪山およびため池が多く分布している。カマナ/マヘス流域はこの部分の面積が広く、他の流域に比べて水源が豊富で、流量が多い。標高 4,000-5,000 が 53% を占める。

表-3.1.8-2 標高別の面積

標高 (msnm)	面積 (Km ²)
	カマナ/マヘス流域
0 - 1000	1040.56
1000 - 2000	2618.77
2000 - 3000	1277.54
3000 - 4000	2305.64
4000 - 5000	9171.56
5000 以上	635.44
合計	17049.51
最大標高	5821

出典：30m メッシュデータを元に JICA 調査団により作成

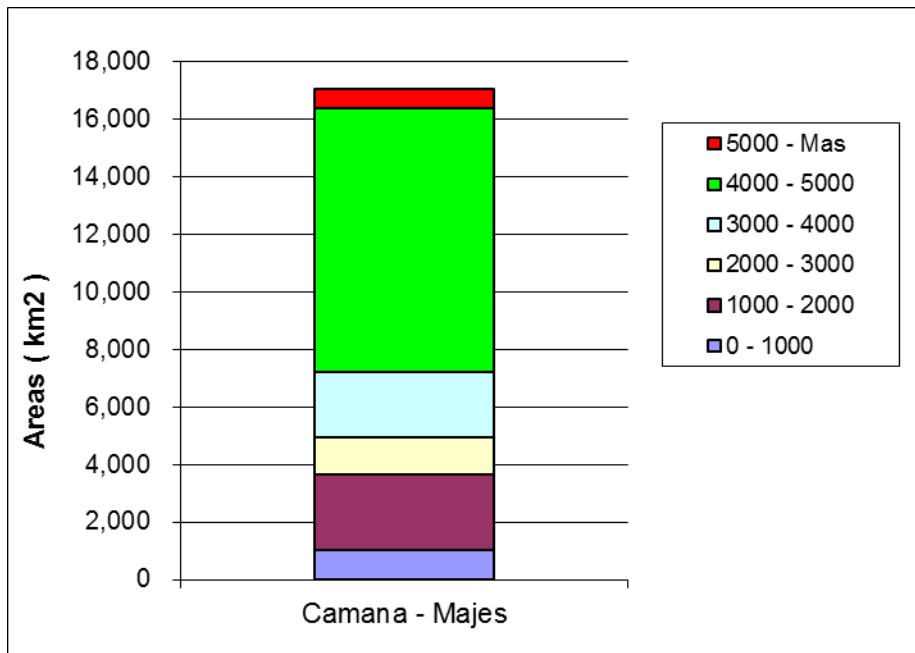


図-3.1.8-1 標高別の面積

ii) 傾斜区分

マヘス - カマナ川流域における傾斜区分割合を、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 (%)	カマナ/マヘス流域	
	面積(km2)	割合
0 - 2	869.75	5%
2 - 15	6210.54	36%
15 - 35	5452.97	32%
Over 35	4516.25	26%
TOTAL	17049.51	100%

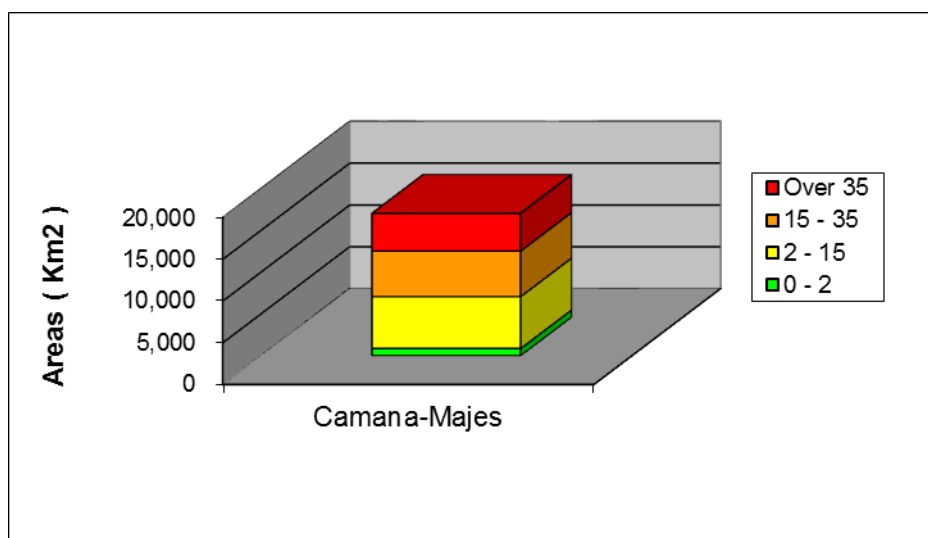


図-3.1.8-2 傾斜区分と面積

iii) 河床勾配

マヘス - カマナ川における河床勾配とこれに属する支川を含めた溪流の流路延長は表-3.1.8-4 および図-3.1.8-3 に示すとおりである。土砂の移動と河床勾配の関係は一般に図-3.1.8-4 に示すとおりである。土石流発生区間の勾配は 1/3 (33.3%) 以上といわれており、堆積区間に区分される 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

Slope River (%)	カマナ/マヘス 流域
0.00 - 1.00	263.45
1.00 - 3.33	1953.19
3.33 - 16.67	7511.73
16.67 - 25.00	1383.17
25.00 - 33.33	761.15
33.33 - Mas	1425.65
TOTAL	13298.34

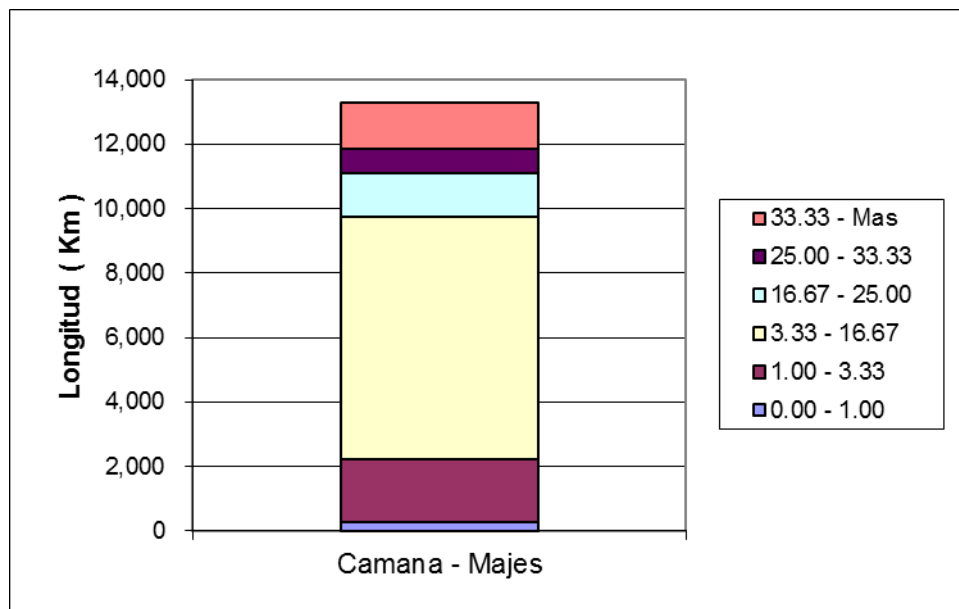


図-3.1.8-3 河床勾配と溪流の総流路長

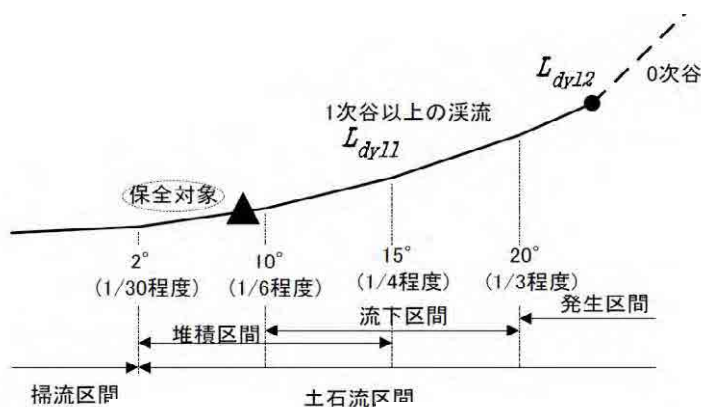
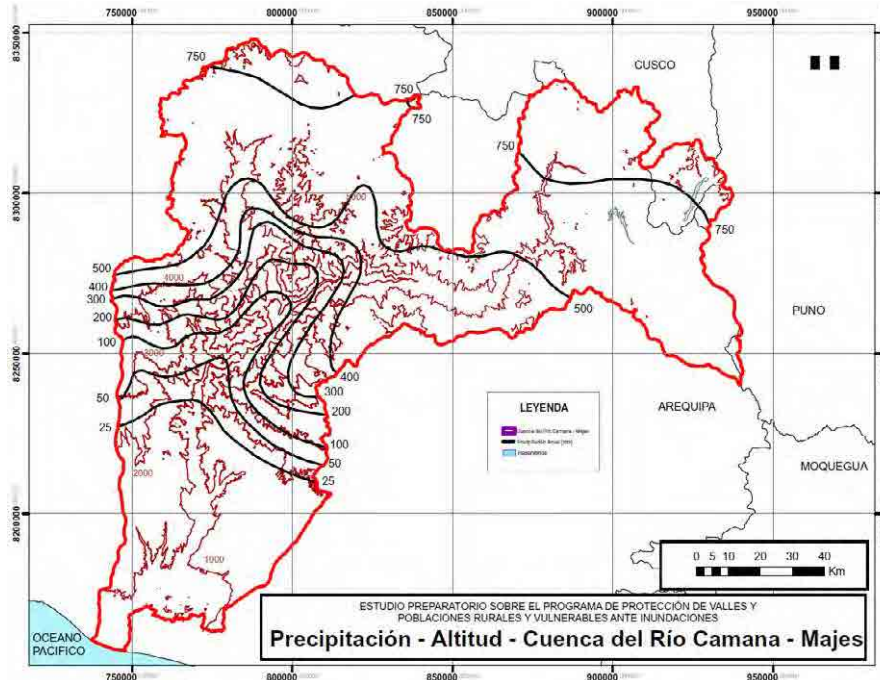


図-3.1.8-4 河床勾配と土砂移動の形態

2) 降雨特性

SENAMHI が 1965 年から 1974 年雨量データを用いて作成した等分布曲線図をトレースし流域ごとの等雨量分布曲線図を作成した。マヘス-カマナ流域の年間雨量等曲線図を図-3.1.8-5 に示す。

氾濫解析対象エリアでの年間降水量は 0～50mm である。南東側の標高 4,000～5,000m のエリアでの年間降水量は 500～750mm である。



出典： SENAMHI データを基に JICA 調査団により作成

図-3.1.8-5 マヘス - カマナ川流域等雨量線図

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 (エリア A)、シエラ〜スニ (エリア B)、プナ (エリア C) 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。

流域特性は図-3.1.8-6 のようにまとめられる。標高が 1,000m 以下では、植生がなく、降水量が小さい (エリア A)。この箇所では、侵食量は少ない。標高 1,000～4,000m では、地形が急峻で植生はなく、裸地状である (エリア B)。降水量はそれほど大きくないが、この箇所での侵食量が最も多いと推定される。また、標高 4,000m を超えると降水量が多く、気温が低い。低温に適した低木類が地表面を覆い、なおかつ地形勾配が緩いため侵食量は少ない (エリア C)。

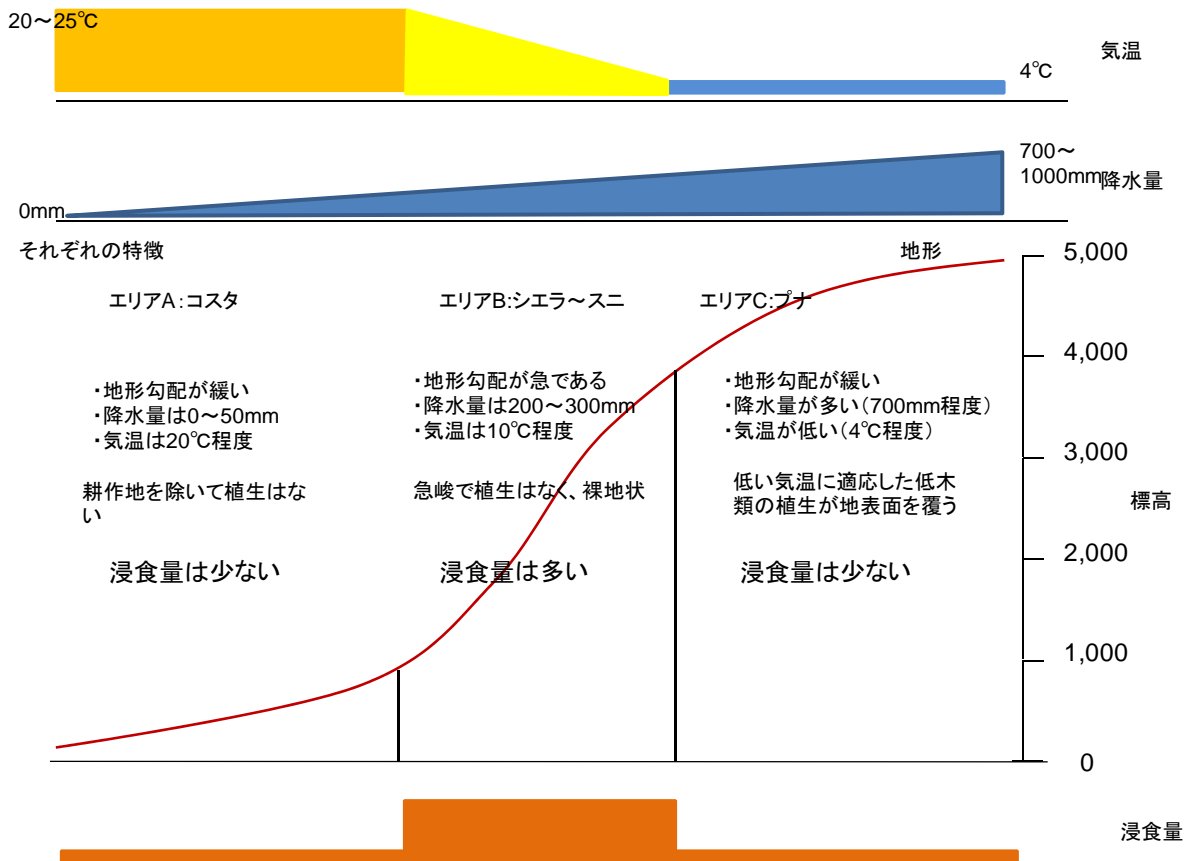


図-3.1.8-6 土壌侵食量と各種要因の関係

(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。

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

表-3.1.8-5 マヘス - カマナ川の標高毎の傾斜区分

流域	斜面勾配	標高(m)												合計
		0 - 1000		1000 - 2000		2000 - 3000		3000 - 4000		4000 - 5000		5000 - Mas		
カマナ/ マヘス 流域	0 - 2	140.95	15%	158.22	17%	14.72	2%	78.54	8%	480.22	51%	61.23	7%	140.95
	2 - 15	446.73	7%	1164.54	18%	350.89	5%	560.22	9%	3850.12	59%	128.91	2%	446.73
	15 - 35	222.03	4%	622.51	12%	399.92	8%	673.63	13%	3014.22	59%	154.69	3%	222.03
	Over 35	230.75	5%	677.32	15%	537.05	12%	993.25	22%	1823.81	40%	290.08	6%	230.75

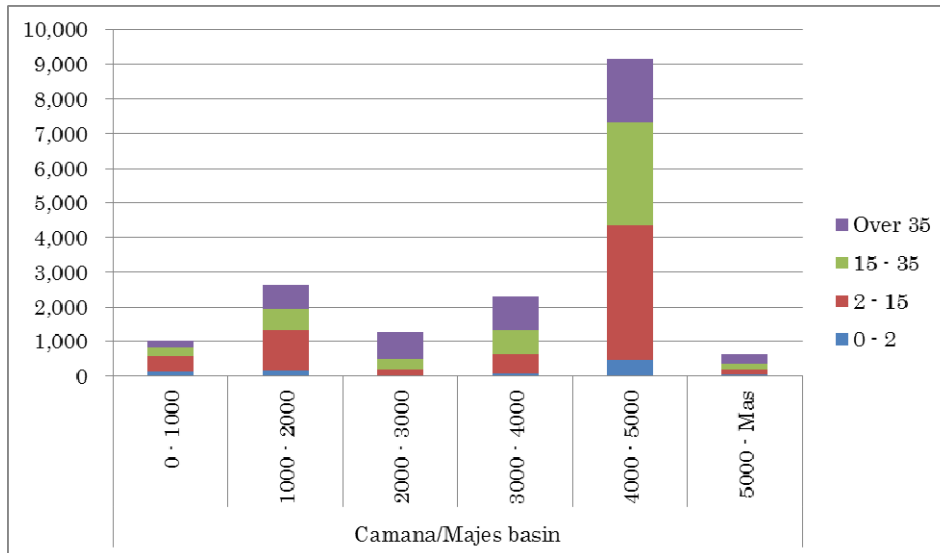


図-3.1.8-7 マヘス - カマナ川の標高毎の傾斜区分

(4) 土砂生産状況

1) 現地調査結果

調査結果は、以下の通りである。

- ・ 大地を 800m 程度侵食してできた溪谷の中を流れる河川である。谷幅は約 4.2km で川幅は 400m である(図-3.1.8-10 参照)。ヤウカと同様の地形をなすが、溪谷谷の深さおよび幅が大きい。
- ・ 山肌には、植生はなく、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(図-3.1.8-16 参照)。
- ・ 基岩地質は、中古代の堆積岩を主体とし、風化による風化侵食、細粒砂の匍行がメインである(図-3.1.8-16)。
- ・ 平常時に匍行性の土砂移動があるためか、写真に示すように植生は根付いていない(図-3.1.8-10 及び図-3.1.8-16)。
- ・ 谷底の幅が広く対象区間（河口から 111km アンダマヨとの合流点）においては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と推察される(図-3.1.8-16)。
- ・ 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-3.1.8-16)。
- ・ ヒアリング結果によれば、対象区間における支線からの土石流発生状況は以下の通りのこと。また、上流側から土砂が流入し、河床上昇しているとのことであったが、観測は実施していないとのことであった。
- ・ 溪谷内は、段丘が発達しており、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水(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。

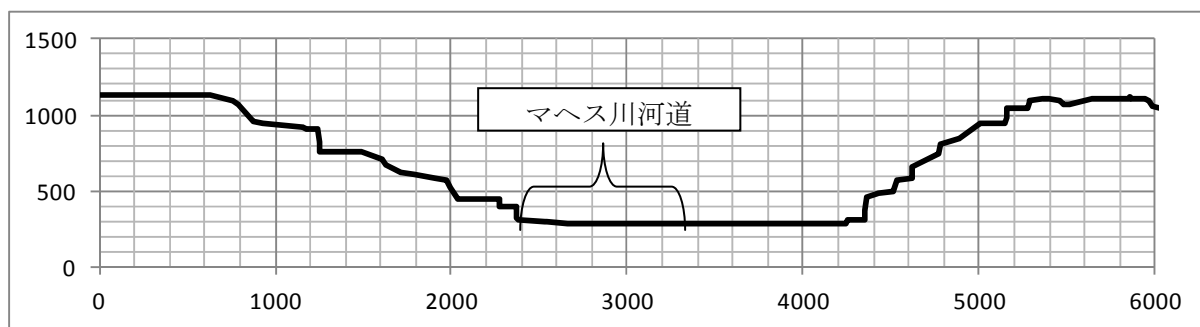


図-3.1.8-8 マヘス溪谷断面 (河口から 50km 付近)

表-3.1.8-6 マヘス川上流で発生した土石流

No	河川名	キロポスト	状況
1	コソス 図-3.1.8-11 図-3.1.8-12	88km 付近	雨期には1ヶ月に1回程度土石流が発生し、市道を土砂が覆う。1日程度で復旧する。給水管も時々被災するとのこと。
2	オンゴロ 図-3.1.8-13	103km 付近	1998年に土石流が発生し、2名の方が土砂に飲み込まれて死亡した。灌漑水路が被災し復旧に1ヶ月を要した。30分くらい前に山鳴りがして住民(8家族)は避難した。この8家族は現在が被災箇所に戻ってきて生活をしている。マヘス川本線は大きく河床上昇していないとのこと。灌漑水路の復旧はNGOが実施した。
3	サンフランシスコ 図-3.1.8-14	106km 付近	1998年に土石流が発生し、灌漑水路が被災した。仮復旧に1ヶ月本復旧に4年の月日を要した。土石流堆積土砂の高さは10m程度である。
4	ホロン 図-3.1.8-15	106km 付近	1998年に土石流が発生し、本線へ流れ込んだが、本線の流量が多くそのまま本線を流下した。土石流堆積土砂の高さは10m程度である。移動可能土砂は数10万~100万m ³ 残存している。

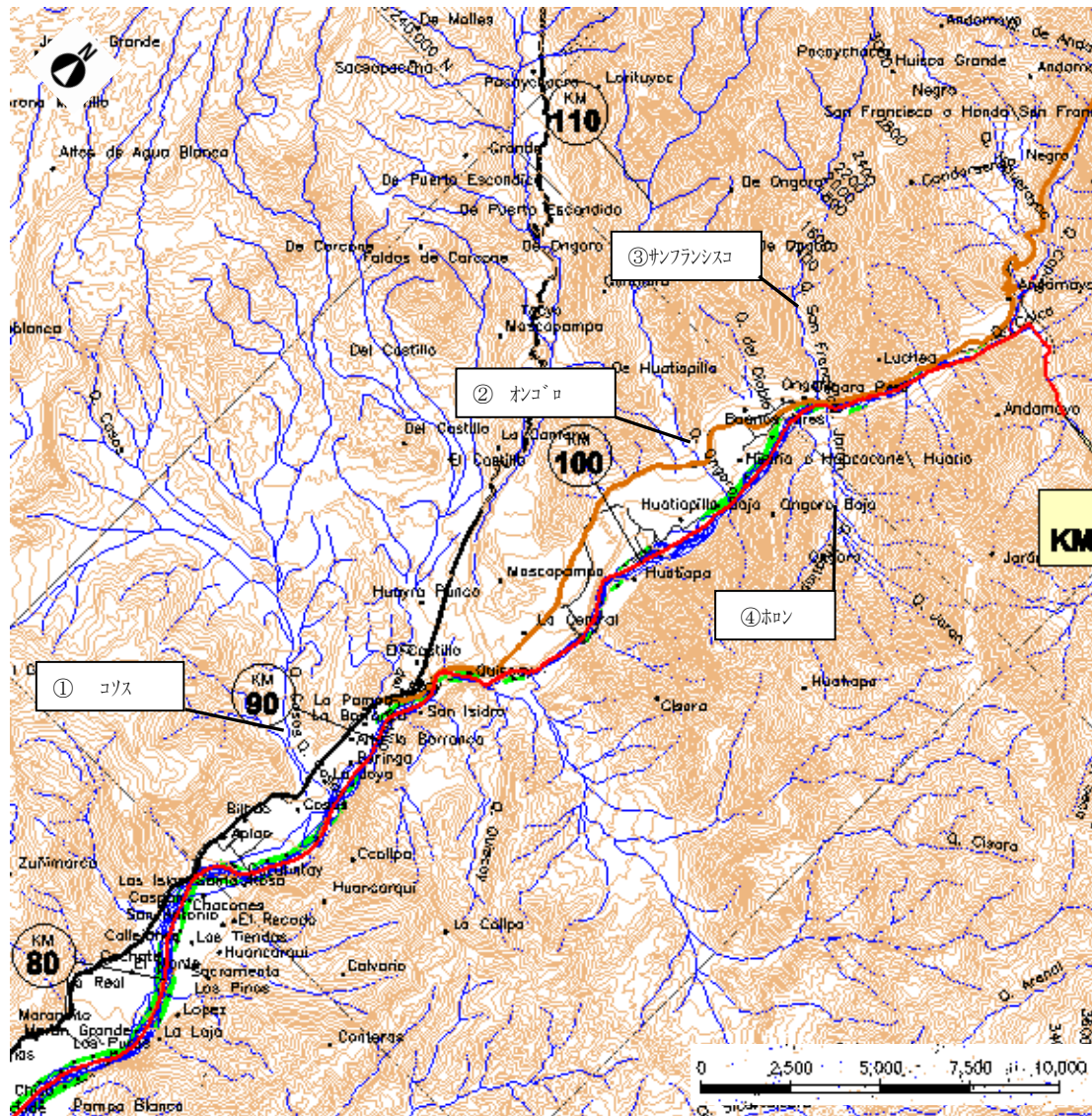


図-3.1.8-9 土石流発生位置図



図-3.1.8-10 (左) 60km 付近の状況 (幅 5km 程度の溪谷をなす)



図-3.1.8-11 (右) コソス川の土砂堆積状況 (幅約 900m)



図-3.1.8-12 (左) コソス川を通過する市道(雨期には土砂が市道を覆うが1日で復旧すること)
図-3.1.8-13 (右) オンゴロの状況(1998年土石流が発生し、2名が亡くなった)



図-3.1.8-14 (左) サンフランシスコ川の土砂堆積状況(灌漑水路が土石流により被災した。道路側壁はその時の土石流堆積物)

図-3.1.8-15 (右) ホロン川の状況(1998年土石流が本線に流れ込んだ)



図-3.1.8-16 (左) 河口から110km付近の状況(斜面からの河道への土砂流入は僅かであると推定できる)

図-3.1.8-17 (右) カマナ川とアンダマヨ川の合流点(アンダマヨ川は放流路となっている)

2) 土砂災害と降水量の関係

マヘス-カマナ流域では1998年に土砂災害が多発している。このため、1998年の降雨がどの

程度であったかを調査した。降雨データはサポーティングレポート Annex1 水文解析を参考にした。土石流が確認された地点に比較的近いに示す観測所（表-3.1.8-7）における、各観測所の確率年雨量および 1998 年の最大日雨量は表-3.1.8-8 に示すとおりである。Chuquibamba では 150 年確率程度の雨量が観測され、Pampacolca では 25 年確率雨量程度の雨量が観測されている。Aplap および Huambo では 2 年確率雨量程度の雨量しか観測されていない。

一般的に 1982-83 および 1998 年の大変強力なエルニーニョはほぼ 50 年間隔に出現しており⁶、50 年確率降雨程度の降雨で土砂災害が発生するものと判断した。

表-3.1.8-7 雨量を確認した観測所一覧

観測所	位置		
	緯度	経度	標高(m)
Aplao	16° 04'10	72° 29'26	625
Chuquibamba	15° 50'17	72° 38'55	2839
Huambo	15° 44'1	72° 06'1	3500
Pampacolca	15° 42'51	72° 34'3	2895

表-3.1.8-8 各観測所の確率雨量と 1998 年最大日雨量

観測所	確率年降雨							1998年の降雨
	2	5	10	25	50	100	200	
Aplao	1.71	5.03	7.26	9.51	10.71	11.56	12.14	1.20
Chuquibamba	21.65	36.96	47.09	59.89	69.39	78.82	88.21	82.00
Huambo	22.87	30.14	34.96	41.05	45.57	50.05	54.52	25.30
Pampacolca	21.13	29.11	34.40	41.08	46.04	50.95	55.86	42.40

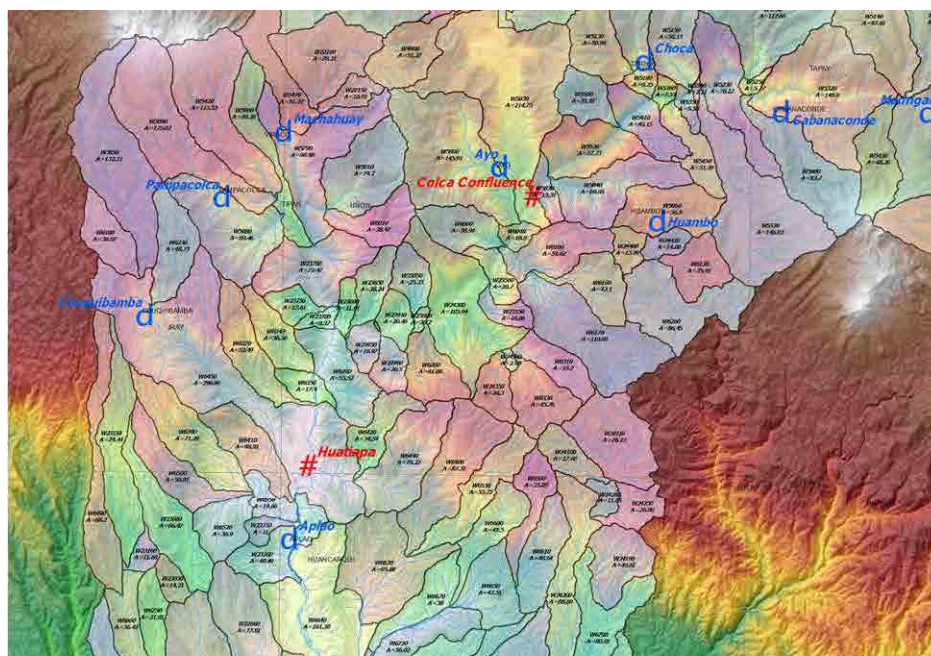


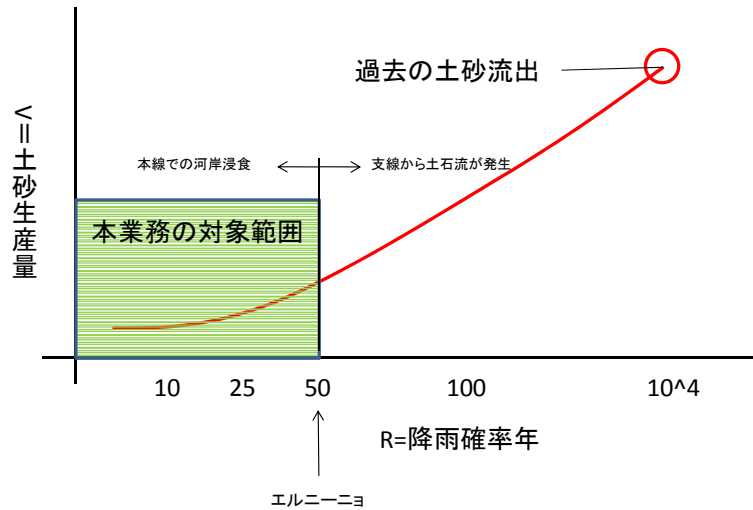
図-3.1.8-18 雨量観測所位置図

⁶ Lorenzo Huertas DILUVIOS ANDINOS A TRAVÉS DE LAS FUENTES DOCUMENTALES - COLECCIÓN CLÁSICOS PERUANOS 05/2003

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-3.1.8-19 参照）。

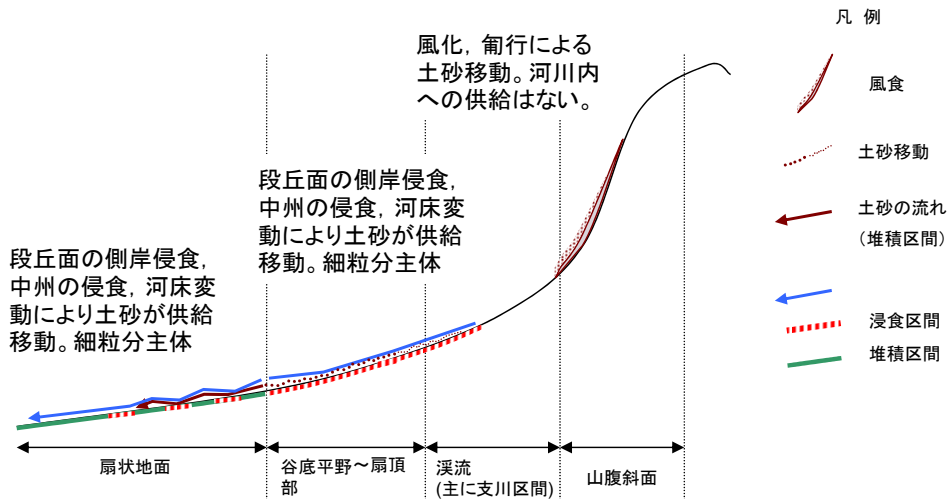


図-3.1.8-19 平常時の土砂生産流出の状態

(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

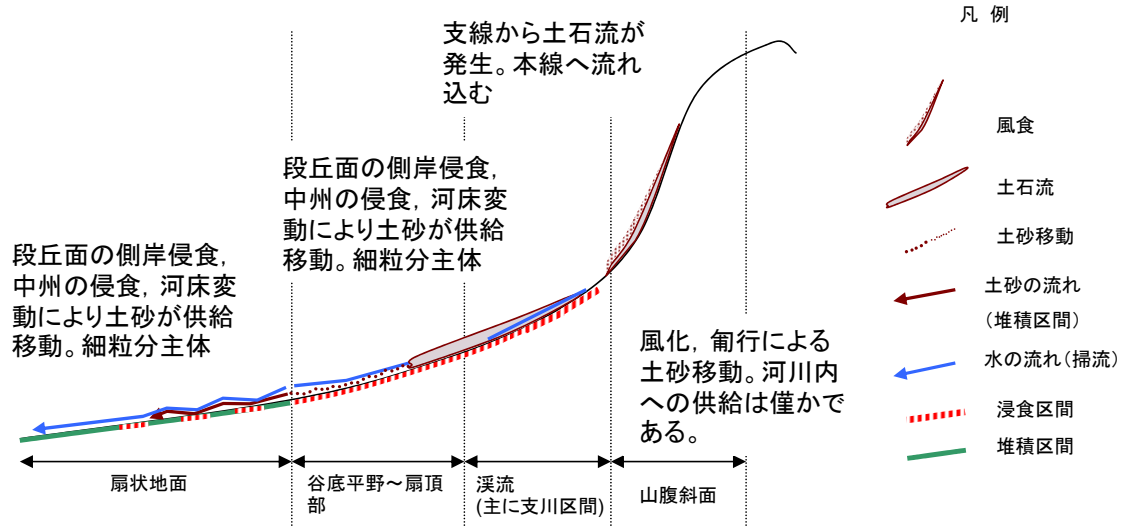


図-3.1.8-20 エルニーニョ (1/50) 程度の豪雨時における土砂生産流出の状態

(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-3.1.8-21 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

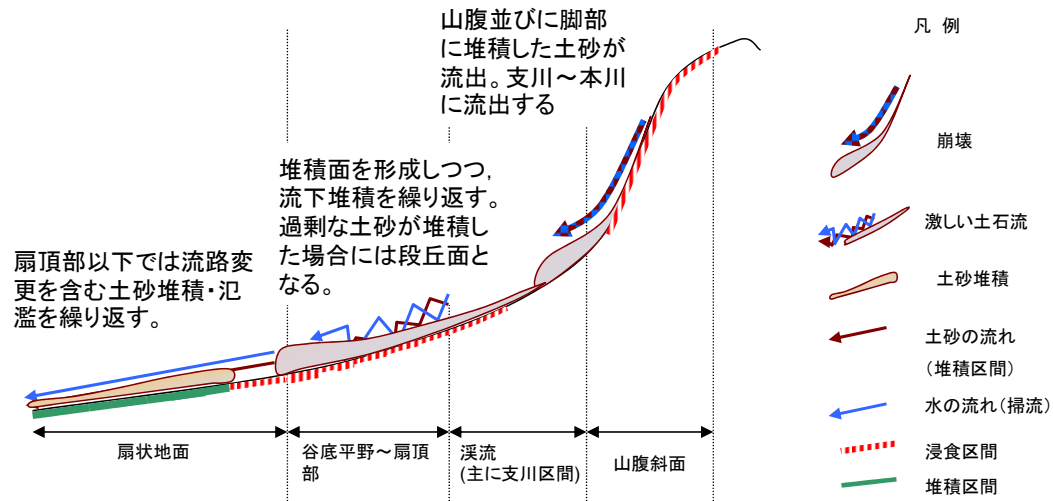


図-3.1.8-21 大規模出水時の土砂生産流出の状態 (地質学的スケール)

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。

マヘス/カマナ川流域周辺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、表-3.1.9-2、図-3.1.9-1 に示す。

マヘス/カマナ川流域周辺ではこれまでに、48 箇所の観測所で雨量観測が行われている (現在未観測地点含む)。観測は 1964 年から行われている。

なお、観測所によっては欠測期間が長いなど、データの収集精度が劣る地点があった。そこで、流出解析はデータの収集精度が比較的良好な表-3.1.9-1 に示す 38 地点のデータを用いて行った。

表-3.1.9-1 雨量観測地点一覧 (マヘス/カマナ川流域)

Weather Station	Coordinates		
	Latitude	Longitude	Altitude (masl)
Andahua	15° 29'37	72° 20'57	3538
Aplao	16° 04'10	72° 29'26	625
Ayo	15° 40'45	72° 16'13	1950
Cabanaconde	15° 37'7	71° 58'7	3369
Camaná	16° 36'24	72° 41'49	29
Caravelí	15° 46'17	73° 21'42	1757
Chachas	15° 29'56	72° 16'2	3130
Chichas	15° 32'41	72° 54'59.7	2120
Chiguata	16° 24'1	71° 24'1	2945
Chinchayllapa	14° 55'1	72° 44'1	4514
Chivay	15° 38'17	71° 35'49	3663
Choco	15° 34'1	72° 07'1	3160
Chuquibamba	15° 50'17	72° 38'55	2839
Cotahuasi	15° 22'29	72° 53'28	5086
Crucero Alto	15° 46'1	70° 55'1	4486
El Frayle	16° 05'5	71° 11'14	4110
Huambo	15° 44'1	72° 06'1	3500
Imata	15° 50'12	71° 05'16	4451
La Angostura	15° 10'47	71° 38'58	4260
La Joya	16°35'33	71°55'9	1279
La Pampilla	16° 24'12.2	71° 31'.6	2388
Lagunillas	15° 46'46	70° 39'38	4385
Las Salinas	16° 19'5	71° 08'54	3369
Machahuay	15° 38'43	72° 30'8	3000
Madrigal	15° 36'59.7	71° 48'42	3238
Orcopampa	15° 15'39	72° 20'20	3805
Pampa de Arrieros	16° 03'48	71° 35'21	3720
Pampa de Majes	16° 19'40	72° 12'39	1442
Pampacolca	15° 42'51	72° 34'3	2895
Pampahuta	15° 29'1	70° 40'33.3	4317
Pillones	15° 58'44	71° 12'49	4428
Porpera	15° 21'1	71° 19'1	4142
Pullhuay	15° 09'1	72° 46'1	3098
Salamanca	15° 30'1	72° 50'1	3153
Sibayo	15° 29'8	71° 27'11	3839
Sumbay	15° 59'1	71° 22'1	4300
Tisco	15° 21'1	71° 27'1	4198
Yanaquihua	15° 46'59.8	72° 52'57	2834

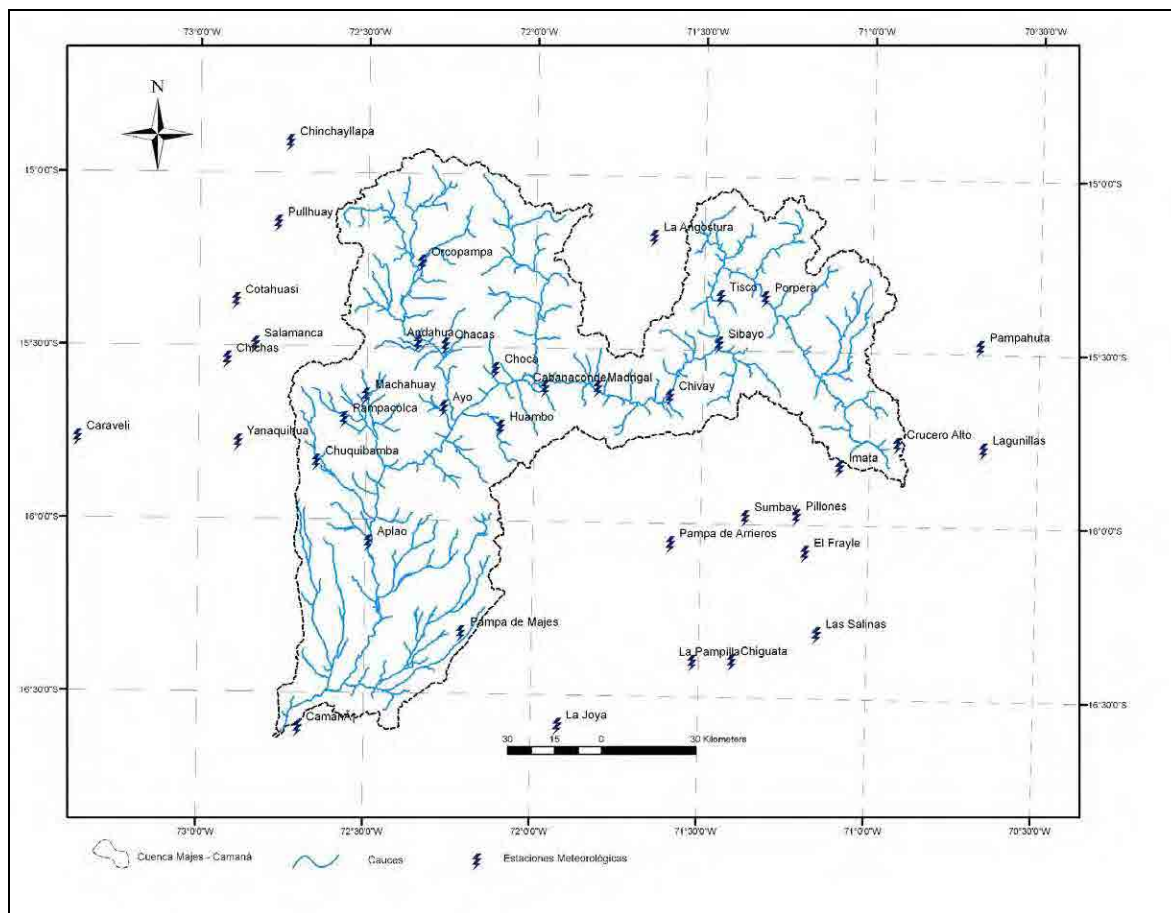


図-3.1.9-1 観測地点位置図 (マヘス/カマナ川流域)

2) 等雨量線図

マヘス/カマナ川流域の等雨量線図を、図-3.1.9-2 に示す。マヘス/カマナ川流域では、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 50mm 程度、最大で 750mm 程度の降雨量を記録している。太平洋に近く標高が低い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、50～200mm 程度と降雨量は多くない。

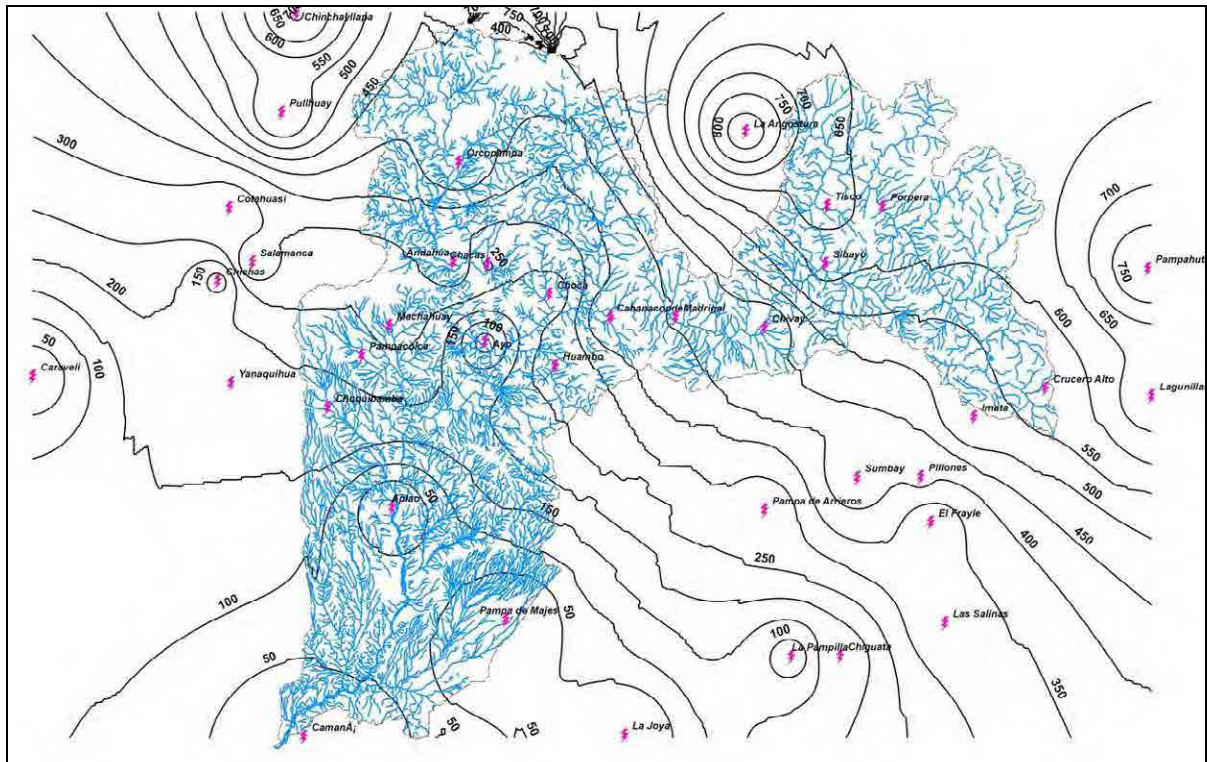


図-3.1.9-2 等雨量線図 (マヘス/カマナ川流域)

(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、コルモゴロフ・スミルノフ法を用いてモデルの適応性を検証した。適応性が最も高いモデルの計算結果を確率 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。

- ・ 正規分布(Normal)
- ・ 対数正規分布(Log Normal)
- ・ 対数ピアソンⅢ型分布(the log - Pearson III)
- ・ ガンベル分布(Gumbel)

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。

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

表-3.1.9-3 確率 24 時間雨量 (マヘス-カマナ川流域)

Station	Coordinates			Precipitation for T (years)						
	Latitude	Longitude	Altitude (masi)	2	5	10	25	50	100	200
Andahua	15° 29'37	72° 20'57	3538	24.30	31.33	34.83	38.29	40.33	42.02	43.43
Aplao	16° 04'10	72° 29'26	625	1.71	5.03	7.26	9.51	10.71	11.56	12.14
Ayo	15° 40'45	72° 16'13	1950	10.28	16.43	20.51	25.66	29.48	33.27	37.05
Cabanaconde	15° 37'7	71° 58'7	3369	26.58	37.88	45.89	56.58	64.95	73.67	82.79
Camaná	16° 36'24	72° 41'49	29	3.18	7.16	9.79	13.11	15.58	18.03	20.46
Caraveli	15° 46'17	73° 21'42	1757	7.67	16.07	22.60	31.46	38.30	45.21	52.15
Chachas	15° 29'56	72° 16'2	3130	22.21	28.60	32.08	35.83	38.24	40.37	42.30
Chichas	15° 32'41	72° 54'59.7	2120	16.28	23.47	27.01	30.37	32.23	33.67	34.80
Chiguata	16° 24'1	71° 24'1	2945	18.88	29.98	37.33	46.40	52.94	59.27	65.42
Chinchayllapa	14° 55'1	72° 44'1	4514	23.12	31.21	36.57	43.34	48.37	53.35	58.32
Chivay	15° 38'17	71° 35'49	3663	24.50	32.74	38.20	45.09	50.21	55.29	60.35
Choco	15° 34'1	72° 07'1	3160	16.10	22.92	27.45	33.16	37.39	41.60	45.79
Chuquibamba	15° 50'17	72° 38'55	2839	21.65	36.96	47.09	59.89	69.39	78.82	88.21
Cotahuasi	15° 22'29	72° 53'28	5086	21.20	29.97	35.78	43.12	48.56	53.96	59.35
Crucero Alto	15° 46'1	70° 55'1	4486	25.33	31.66	35.20	39.10	41.67	44.02	46.17
El Frayle	16° 05'5	71° 11'14	4110	22.33	29.95	35.43	42.89	48.83	55.12	61.82
Huambo	15° 44'1	72° 06'1	3500	22.87	30.14	34.96	41.05	45.57	50.05	54.52
Imata	15° 50'12	71° 05'16	4451	28.35	37.09	42.87	50.18	55.60	60.98	66.34
La Angostura	15° 10'47	71° 38'58	4260	35.90	45.89	53.22	63.31	71.46	80.18	89.57
La Joya	16°35'33	71°55'9	1279	1.22	4.74	7.89	11.93	14.65	16.98	18.92
La Pampilla	16° 24'12.2	71° 31'6	2388	12.65	21.64	27.66	35.01	40.23	45.20	49.94
Lagunillas	15° 46'46	70° 39'38	4385	28.55	34.30	37.75	41.81	44.67	47.40	50.05
Las Salinas	16° 19'5	71° 08'54	3369	18.05	25.72	30.80	37.22	41.98	46.70	51.41
Machahuay	15° 38'43	72° 30'8	3000	21.06	29.80	34.71	40.03	43.45	46.46	49.14
Madrigal	15° 36'59.7	71° 48'42	3238	23.63	30.07	33.66	37.59	40.17	42.50	44.63
Orcopampa	15° 15'39	72° 20'20	3805	21.51	29.58	36.83	48.66	59.81	73.37	89.92
Pampa de Arrieros	16° 03'48	71° 35'21	3720	18.86	32.08	40.82	51.88	60.07	68.21	76.32
Pampa de Majes	16° 19'40	72° 12'39	1442	2.07	6.68	10.56	15.55	18.98	22.04	24.69
Pampacolca	15° 42'51	72° 34'3	2895	21.13	29.11	34.40	41.08	46.04	50.95	55.86
Pampahuta	15° 29'1	70° 40'33.3	4317	34.18	39.66	42.87	46.58	49.14	51.57	53.89
Pillones	15° 58'44	71° 12'49	4428	24.00	32.95	38.88	46.36	51.92	57.43	62.92
Porpera	15° 21'1	71° 19'1	4142	27.40	40.61	49.37	60.42	68.63	76.77	84.88
Pullhuay	15° 09'1	72° 46'1	3098	24.47	32.43	37.63	44.15	48.97	53.77	58.60
Salamanca	15° 30'1	72° 50'1	3153	19.86	26.64	31.13	36.81	41.02	45.20	49.36
Sibayo	15° 29'8	71° 27'11	3839	31.25	38.61	42.98	48.06	51.59	54.93	58.13
Sumbay	15° 59'1	71° 22'1	4300	25.43	35.57	43.10	53.56	62.08	71.26	81.17
Tisco	15° 21'1	71° 27'1	4198	33.41	42.74	51.24	65.12	78.15	93.95	113.15
Yanaquihua	15° 46'59.8	72° 52'57	2834	20.70	35.78	45.76	58.38	67.74	77.03	86.29

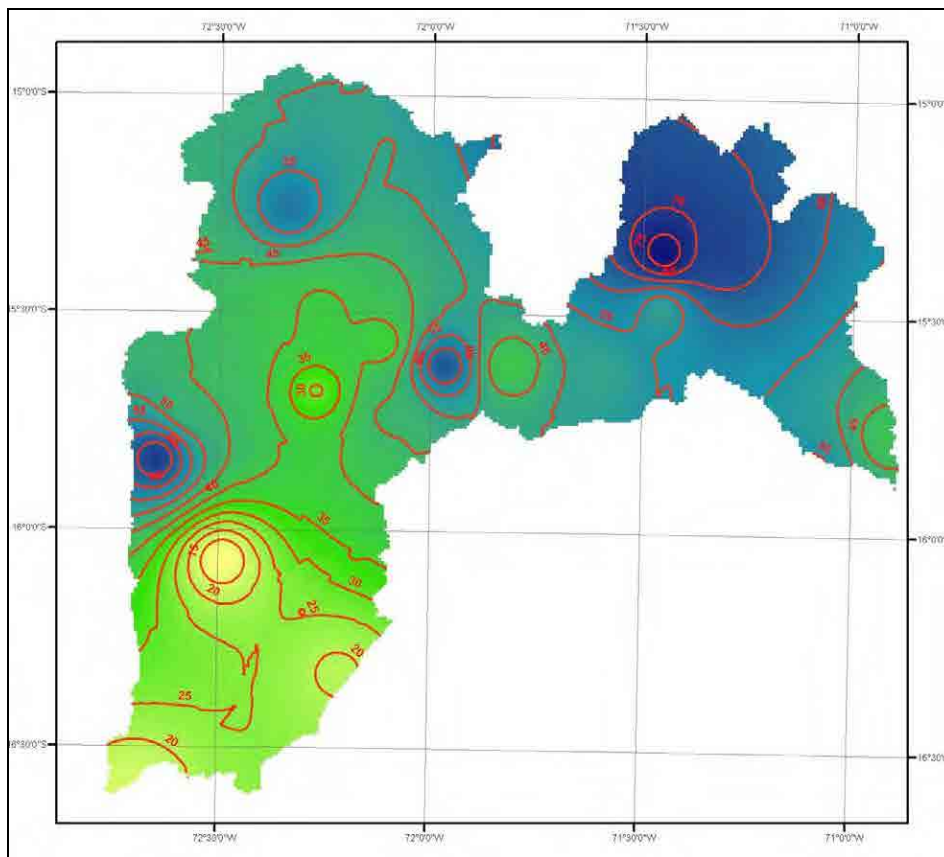


図-3.1.9-3 確率 50 年雨量等雨量線図 (マヘス/カマナ流域)

(3) 流出量解析

1) 流量観測状況

流出量解析に用いる流量の観測状況を把握するとともに、流出量解析に必要な流量観測データの収集および整理を行った。流量データは、主に水管理局 (ANA) より収集した。

マヘス/カマナ川流域では、「Huatiapa」および「Puente Carretera Camaná」で流量観測が行われている。観測所の諸元を整理して表-3.1.9-4 に示す。

表-3.1.9-4 流量観測地点の諸元

観測所	緯度	経度	標高 (m)
Huatiapa	15°59'41.0" S	72°28'13.0" W	700
Puente Carretera Camaná	72°44'00.0" S	16°36'00.0" W	122

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-3.1.9-5 に示す。

表-3.1.9-5 基準地点確率流量

地点名	(m ³ /s)					
	確率 2 年	確率 5 年	確率 10 年	確率 25 年	確率 50 年	確率 100 年
Huatiapa	598	1,022	1,303	1,657	1,920	2,181
Puente Carretera Camaná	572	1,130	1,500	1,967	2,313	2,657

3) 確率洪水量解析

(a)解析手法

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

解析に用いる降雨量は、降雨解析により算出した各流域の生起確率毎のハイエイトを用いた。

(b)解析結果

マヘス/カマナ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-3.1.9-6 に示す。

また、マヘス/カマナ川流域における確率洪水のハイドログラフは図-3.1.9-4 に示すとおりである。

表-3.1.9-6 確率洪水流量 (ピーク流量：基準地点)

河川名	(m ³ /s)					
	確率 2年	確率 5年	確率 10年	確率 25年	確率 50年	確率 100年
Huatiapa	270	728	1,166	1,921	2,659	3,586

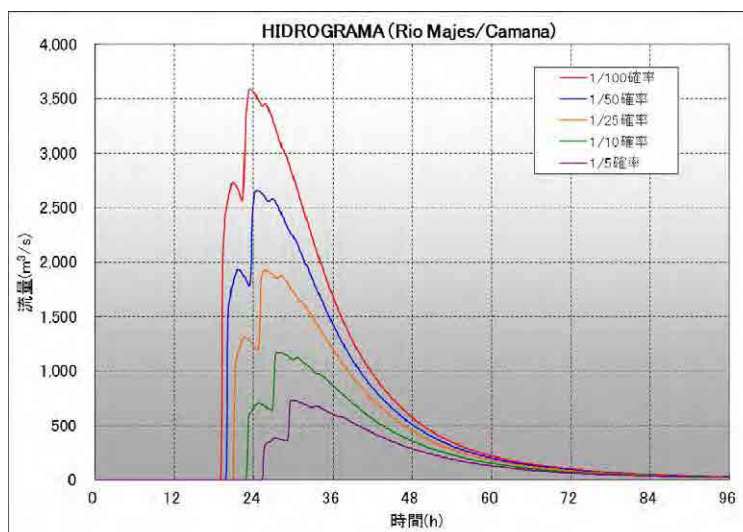


図-3.1.9-4 カマナ/マヘス川の洪水ハイドログラフ

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。マヘス - カマナ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			
マヘス - カマナ川	No.	13	
2. 堤防縦断測量			測点間隔 250m、片岸のみ
マヘス - カマナ川	km	143	
3. 河川横断測量			測線間隔 500m
マヘス - カマナ川	km	86	
4. 標石			
タイプ A	No.	13	各基準点
タイプ B	No.	130	130kmx1ヶ所/km

(2) 氾濫解析の方法

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

1) 検討方針

氾濫解析に使用される手法は、一般的には、以下の3種類がある。

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

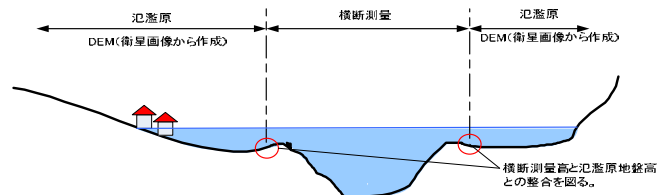


図-3.1.10-1 一次元モデルのイメージ

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

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

表-3.1.10-2 氾濫解析手法

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

2) 氾濫解析方法

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

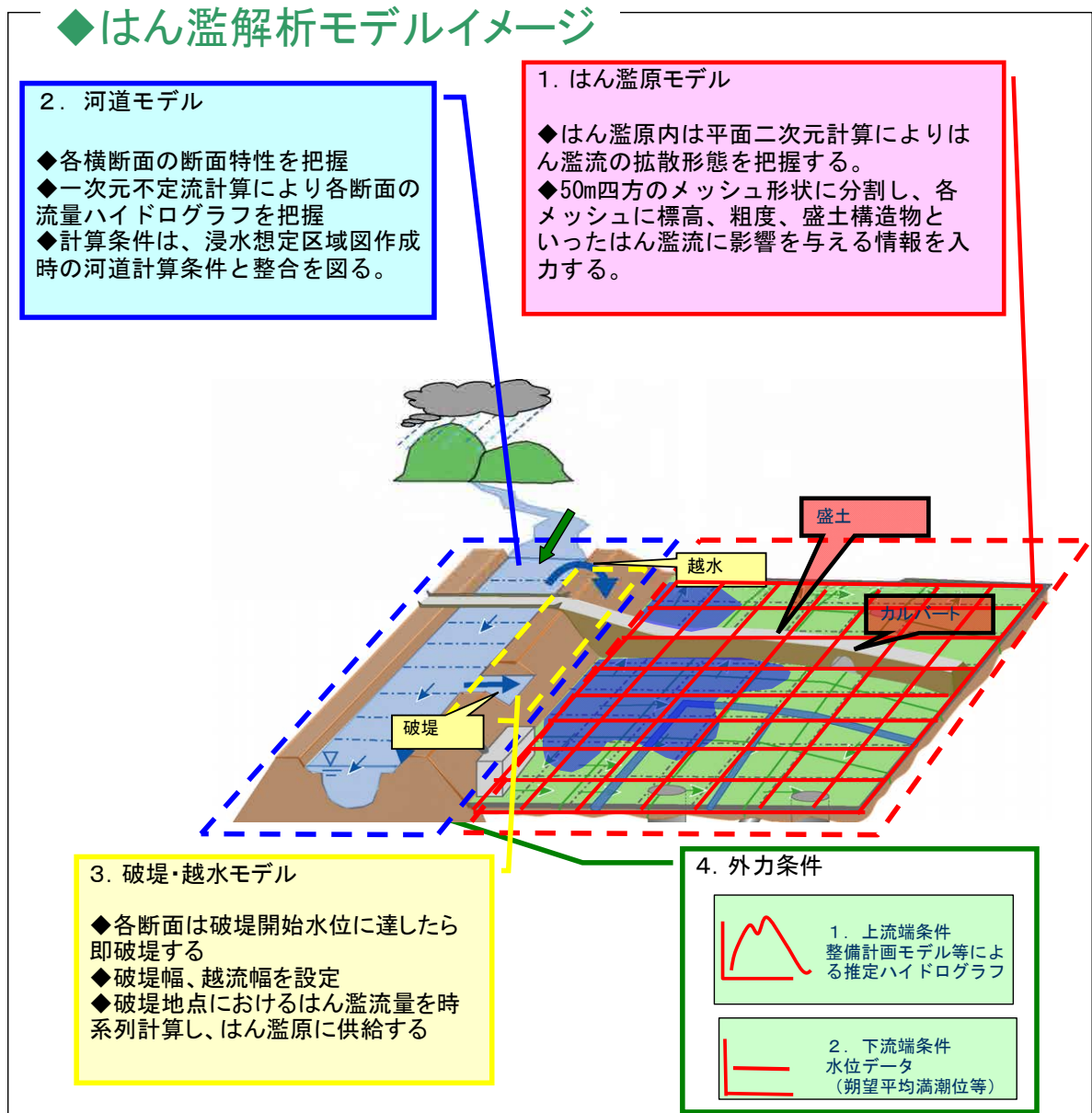


図-3.1.10-2 はん濫解析モデルの概念図

(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、マヘス-カマナ流域の各地点においてどの確率洪水量で氾濫が発生するかが分かる。

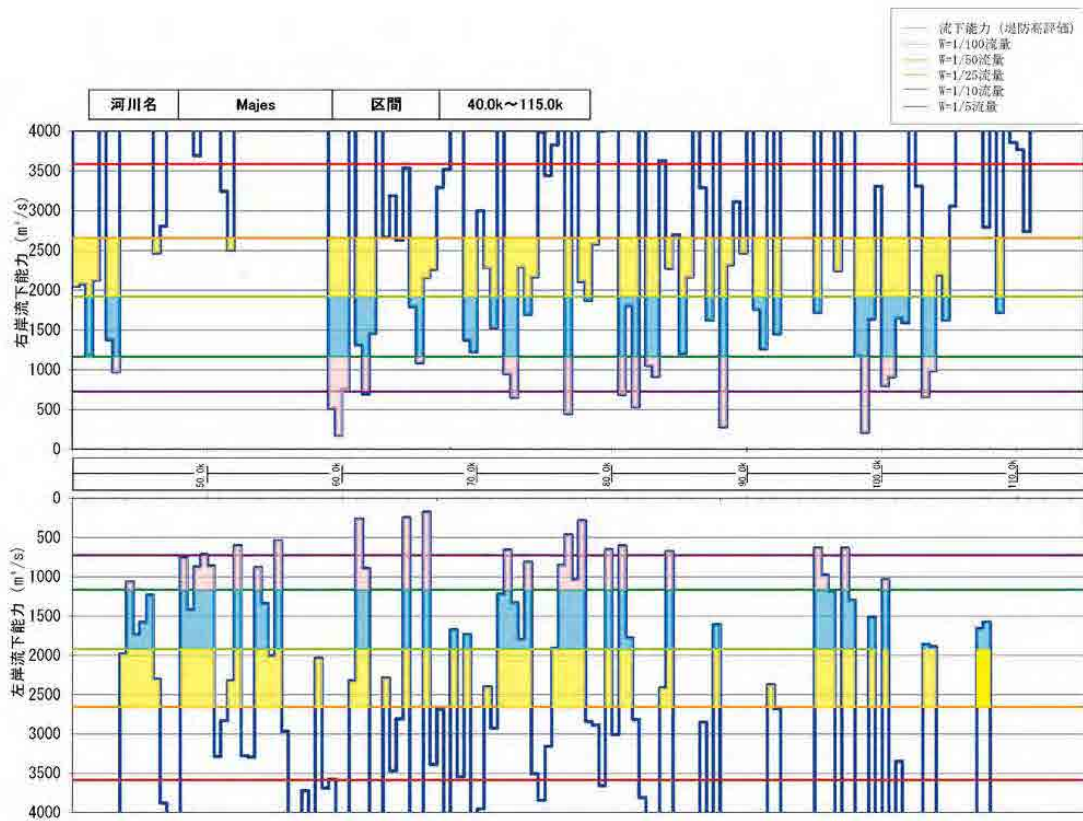


図-3.1.10-3(1) マヘス川現況疎通能力

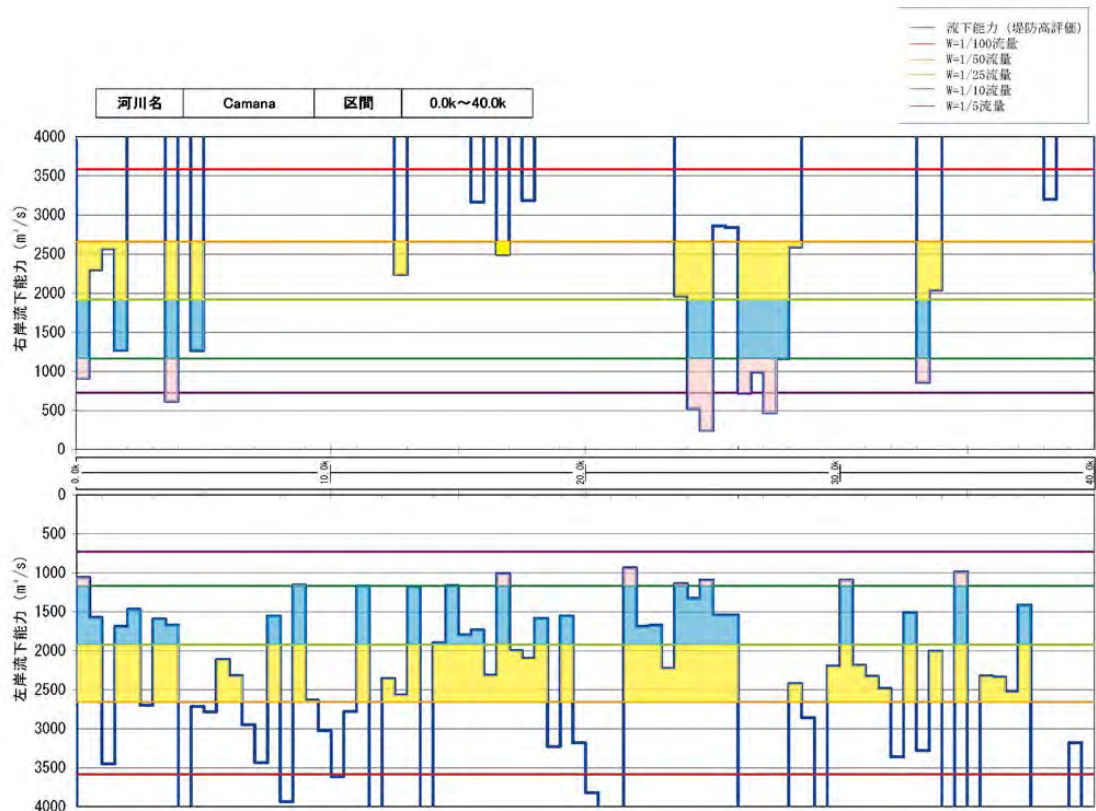


図-3.1.10-3(2) カマナ川現況疎通能力

(4) 氾濫範囲

一例として、生起確率 50 年洪水量に対してマヘス - カマナ流域における氾濫範囲を計算すると、
図-3.1.10-4 に示すとおりとなる。



図-3.1.10-4(1) マヘス - カマナ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水) (1)

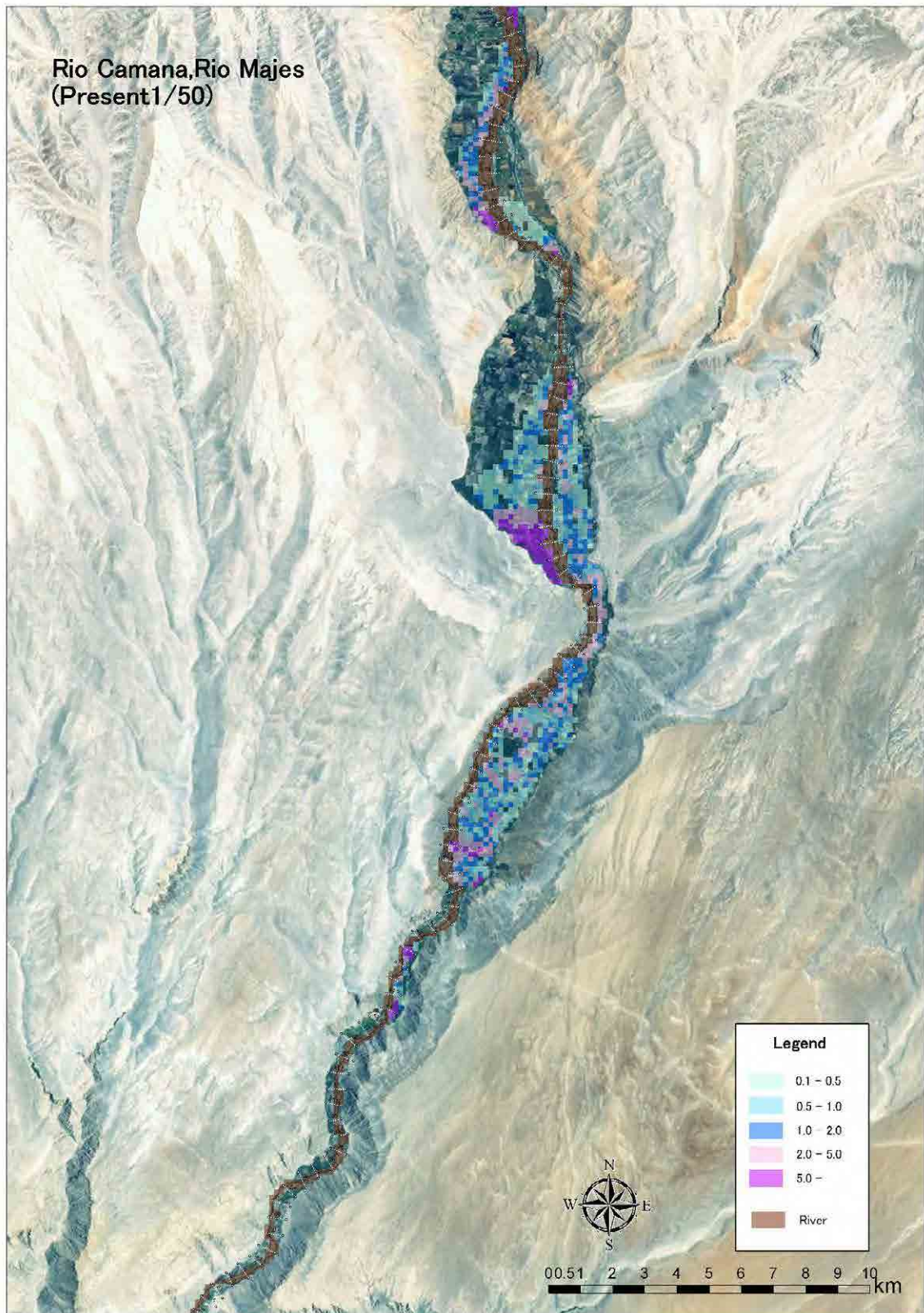


図-3.1.10-4(2) マヘス - カマナ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水) (2)

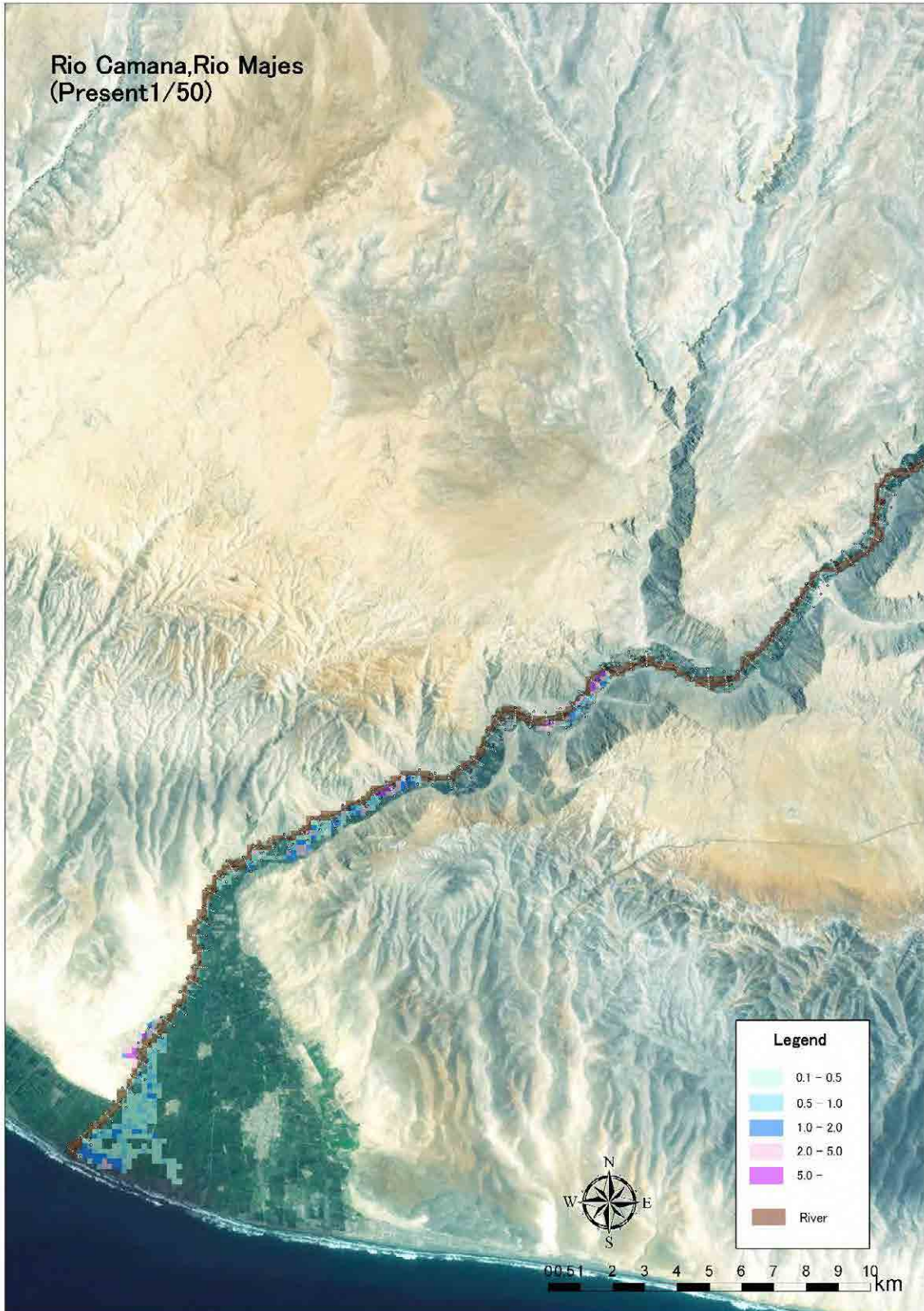


図-3.1.10-4(3) マヘス - カマナ川氾濫範囲 (確率 50 年洪水) (3)

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、調査対象地域のマヘス-カマナ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。

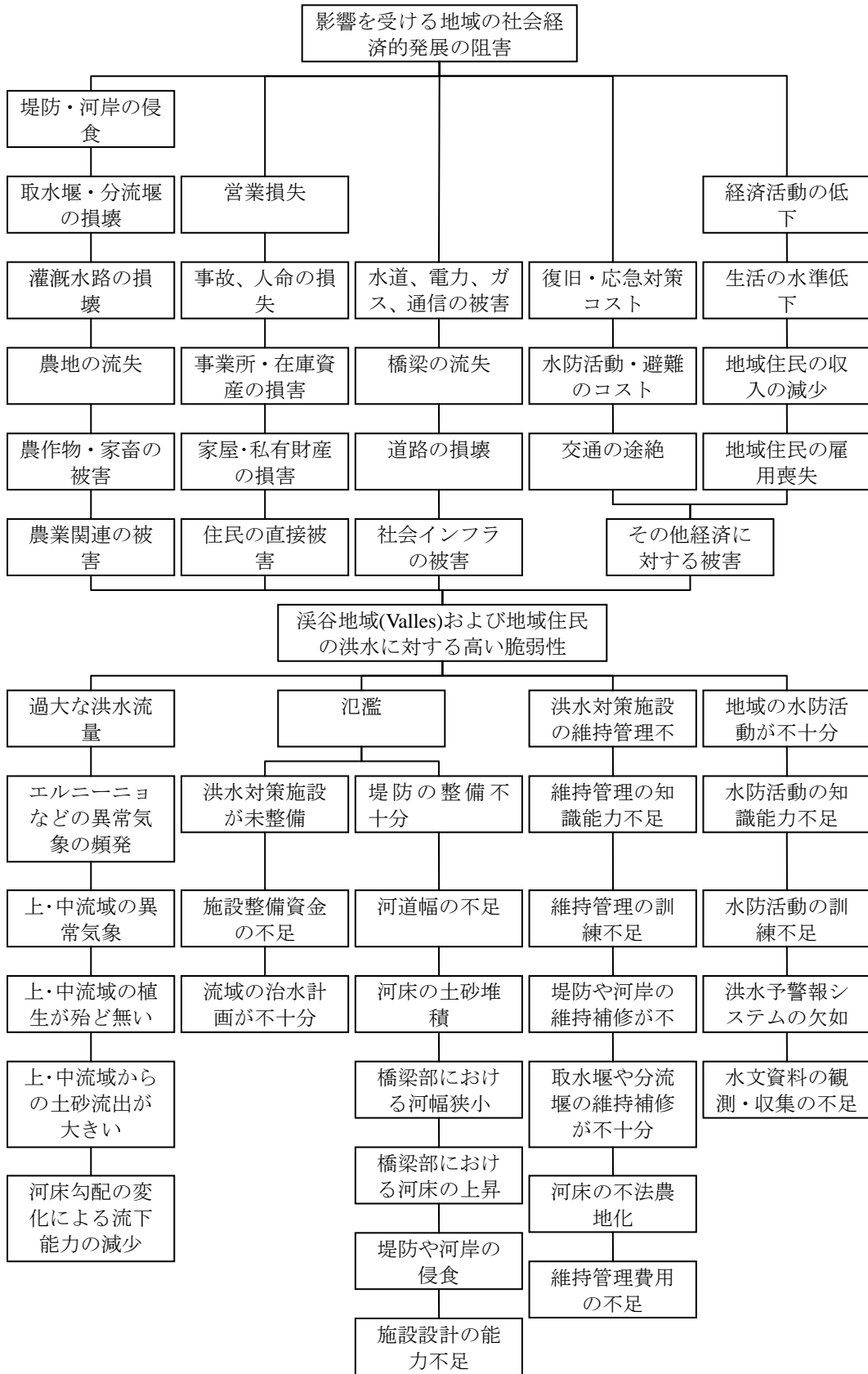


図-3.2.4-1 原因と結果の樹系図

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) 直接的および間接的手段

主要な目的を達成するための直接的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的および間接的手段

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効果

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効果は、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。

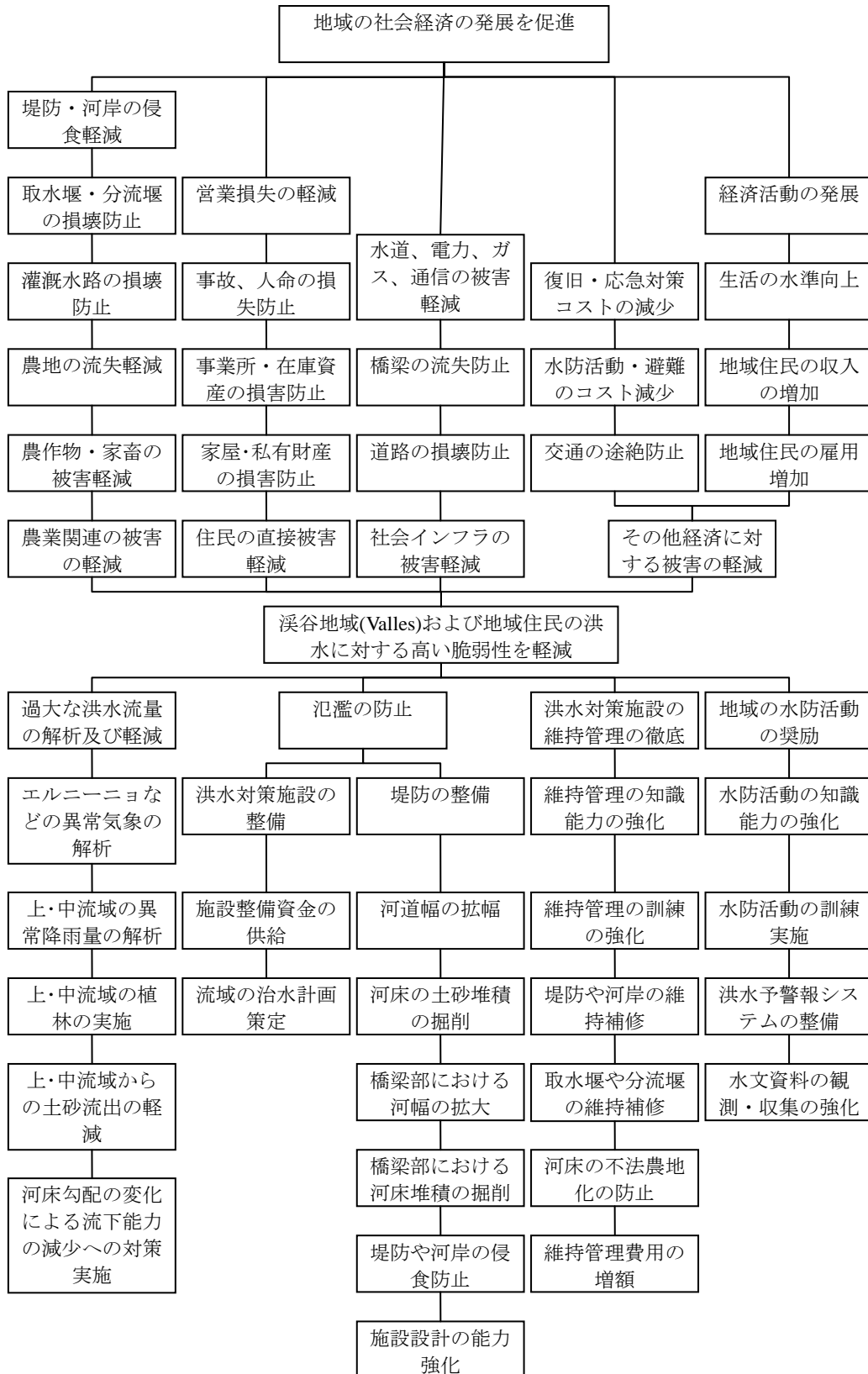


図-3.3.3-1 手段—目的—効果の樹系図

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。

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マヘス-カマナ川において、500mピッチで実施した河川横断測量に基づき計画洪水量が流下するときの計算水位を計算した。計算水位に必要な堤防余裕高を加えて必要な堤防高を算出する。

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

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

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

3.1.9 流出解析で求めた確率50年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
マヘス-カマナ	401.90	405.19	399.43	1.20	400.63	1.21	0.88

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	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②				⑥=⑤-①	⑦=⑤-②
0.0	5.26	4.99	4.26	1.20	5.46	0.20	0.47
0.5	6.25	6.05	7.87	1.20	9.07	2.82	3.03
1.0	8.01	8.70	9.00	1.20	10.20	2.20	1.51
1.5	11.64	11.22	11.46	1.20	12.66	1.03	1.44
2.0	13.01	12.62	13.83	1.20	15.03	2.01	2.41
2.5	15.09	22.64	16.21	1.20	17.41	2.33	0.00
3.0	18.47	23.25	18.41	1.20	19.61	1.14	0.00
3.5	20.47	23.68	21.60	1.20	22.80	2.33	0.00
4.0	22.57	21.29	23.36	1.20	24.56	2.00	3.27
4.5	25.45	26.89	25.07	1.20	26.27	0.82	0.00
5.0	28.79	27.41	28.75	1.20	29.95	1.16	2.54
5.5	31.35	38.06	31.24	1.20	32.44	1.09	0.00
6.0	32.90	51.69	33.32	1.20	34.52	1.62	0.00
6.5	35.90	46.14	36.21	1.20	37.41	1.51	0.00
7.0	37.81	43.39	37.80	1.20	39.00	1.19	0.00
7.5	41.14	45.63	40.65	1.20	41.85	0.71	0.00
8.0	43.87	49.52	44.85	1.20	46.05	2.18	0.00
8.5	47.06	50.55	46.56	1.20	47.76	0.70	0.00
9.0	48.70	58.23	50.02	1.20	51.22	2.52	0.00
9.5	52.00	57.35	51.99	1.20	53.19	1.19	0.00
10.0	55.01	60.22	55.01	1.20	56.21	1.20	0.00
10.5	58.19	60.00	57.40	1.20	58.60	0.41	0.00
11.0	60.14	60.96	59.99	1.20	61.19	1.05	0.23
11.5	62.71	71.89	64.27	1.20	65.47	2.76	0.00
12.0	67.26	71.79	66.12	1.20	67.32	0.06	0.00
12.5	69.14	71.54	69.42	1.20	70.62	1.48	0.00
13.0	71.82	71.53	71.96	1.20	73.16	1.34	1.63
13.5	73.31	89.35	75.36	1.20	76.56	3.25	0.00
14.0	77.69	84.03	76.73	1.20	77.93	0.23	0.00
14.5	78.61	94.88	79.28	1.20	80.48	1.87	0.00
15.0	82.06	90.00	83.62	1.20	84.82	2.76	0.00
15.5	83.91	94.56	84.68	1.20	85.88	1.97	0.00
16.0	87.18	88.81	88.20	1.20	89.40	2.22	0.59
16.5	90.33	99.09	90.61	1.20	91.81	1.48	0.00
17.0	91.77	93.73	93.90	1.20	95.10	3.33	1.37
17.5	95.34	101.83	95.91	1.20	97.11	1.77	0.00
18.0	98.31	99.56	98.93	1.20	100.13	1.82	0.57
18.5	100.52	107.63	101.84	1.20	103.04	2.52	0.00
19.0	104.47	112.23	104.09	1.20	105.29	0.82	0.00
19.5	106.02	116.45	107.45	1.20	108.65	2.63	0.00
20.0	109.64	118.45	109.15	1.20	110.35	0.70	0.00
20.5	111.77	120.01	111.15	1.20	112.35	0.58	0.00
21.0	116.33	116.11	114.30	1.20	115.50	0.00	0.00
21.5	121.18	123.21	117.68	1.20	118.88	0.00	0.00
22.0	119.60	126.53	120.62	1.20	121.82	2.22	0.00
22.5	123.59	130.43	124.72	1.20	125.92	2.33	0.00
23.0	125.50	150.14	126.50	1.20	127.70	2.20	0.00
23.5	128.40	131.49	128.75	1.20	129.95	1.55	0.00
24.0	130.06	130.94	131.68	1.20	132.88	2.82	1.94
24.5	133.45	132.02	135.07	1.20	136.27	2.82	4.25
25.0	137.05	134.85	139.29	1.20	140.49	3.44	5.64
25.5	139.43	141.44	141.12	1.20	142.32	2.89	0.88
26.0	140.95	142.25	142.13	1.20	143.33	2.38	1.08
26.5	146.60	142.12	144.14	1.20	145.34	0.00	3.22
27.0	167.92	146.57	147.99	1.20	149.19	0.00	2.62
27.5	165.14	147.71	150.66	1.20	151.86	0.00	4.15
28.0	157.32	152.67	155.19	1.20	156.39	0.00	3.72
28.5	155.64	155.76	155.94	1.20	157.14	1.50	1.38
29.0	158.95	162.66	158.75	1.20	159.95	1.00	0.00
29.5	162.56	182.70	161.21	1.20	162.41	0.00	0.00
30.0	164.97	172.07	165.42	1.20	166.62	1.65	0.00
30.5	167.68	173.08	169.28	1.20	170.48	2.80	0.00
31.0	170.61	182.03	171.02	1.20	172.22	1.61	0.00
31.5	173.60	180.56	173.86	1.20	175.06	1.46	0.00
32.0	177.87	185.81	178.25	1.20	179.45	1.58	0.00
32.5	181.11	182.27	180.41	1.20	181.61	0.50	0.00
33.0	180.74	183.57	181.88	1.20	183.08	2.34	0.00

33.5	185.23	183.68	184.86	1.20	186.06	0.83	2.38
34.0	187.81	187.85	188.42	1.20	189.62	1.81	1.77
34.5	204.28	197.86	192.73	1.20	193.93	0.00	0.00
35.0	193.16	199.85	194.37	1.20	195.57	2.41	0.00
35.5	204.46	213.40	198.32	1.20	199.52	0.00	0.00
36.0	199.68	203.21	199.82	1.20	201.02	1.34	0.00
36.5	202.82	220.00	203.04	1.20	204.24	1.42	0.00
37.0	205.50	213.29	205.60	1.20	206.80	1.30	0.00
37.5	208.96	224.00	209.78	1.20	210.98	2.02	0.00
38.0	222.38	225.00	214.08	1.20	215.28	0.00	0.00
38.5	232.41	216.82	216.42	1.20	217.62	0.00	0.80
39.0	225.78	224.00	220.59	1.20	221.79	0.00	0.00
39.5	222.90	224.90	222.59	1.20	223.79	0.89	0.00
40.0	231.24	254.46	227.05	1.20	228.25	0.00	0.00
40.5	238.75	229.19	229.35	1.20	230.55	0.00	1.35
41.0	243.35	232.04	233.61	1.20	234.81	0.00	2.77
41.5	244.83	235.47	236.17	1.20	237.37	0.00	1.91
42.0	250.73	239.16	240.59	1.20	241.79	0.00	2.63
42.5	255.17	244.44	243.10	1.20	244.30	0.00	0.00
43.0	259.78	246.46	247.87	1.20	249.07	0.00	2.61
43.5	260.99	249.74	251.10	1.20	252.30	0.00	2.56
44.0	254.07	255.56	255.65	1.20	256.85	2.79	1.30
44.5	256.54	355.37	257.91	1.20	259.11	2.57	0.00
45.0	260.61	413.49	261.81	1.20	263.01	2.40	0.00
45.5	263.51	369.98	264.91	1.20	266.11	2.60	0.00
46.0	266.25	315.14	267.49	1.20	268.69	2.44	0.00
46.5	269.88	270.01	270.31	1.20	271.51	1.63	1.50
47.0	275.60	274.95	274.67	1.20	275.87	0.27	0.92
47.5	289.11	286.44	278.93	1.20	280.13	0.00	0.00
48.0	286.18	312.30	280.72	1.20	281.92	0.00	0.00
48.5	283.73	291.87	284.88	1.20	286.08	2.35	0.00
49.0	287.36	292.03	289.26	1.20	290.46	3.09	0.00
49.5	290.36	292.12	291.76	1.20	292.96	2.60	0.84
50.0	295.18	298.86	296.38	1.20	297.58	2.40	0.00
50.5	299.70	307.87	301.31	1.20	302.51	2.81	0.00
51.0	305.12	310.49	304.99	1.20	306.19	1.07	0.00
51.5	308.74	309.00	308.59	1.20	309.79	1.06	0.79
52.0	312.36	312.50	312.78	1.20	313.98	1.62	1.48
52.5	313.91	347.19	316.42	1.20	317.62	3.71	0.00
53.0	319.46	324.98	320.46	1.20	321.66	2.20	0.00
53.5	322.86	324.29	322.51	1.20	323.71	0.85	0.00
54.0	325.34	339.40	326.77	1.20	327.97	2.62	0.00
54.5	329.86	346.99	331.67	1.20	332.87	3.01	0.00
55.0	332.90	372.91	336.39	1.20	337.59	4.69	0.00
55.5	336.67	369.23	337.95	1.20	339.15	2.48	0.00
56.0	344.01	388.32	343.53	1.20	344.73	0.71	0.00
56.5	348.44	371.67	348.10	1.20	349.30	0.86	0.00
57.0	353.00	356.86	351.62	1.20	352.82	0.00	0.00
57.5	357.06	360.00	356.68	1.20	357.88	0.82	0.00
58.0	362.04	369.90	360.22	1.20	361.42	0.00	0.00
58.5	365.00	366.31	365.30	1.20	366.50	1.50	0.19
59.0	370.06	390.29	369.95	1.20	371.15	1.09	0.00
59.5	374.33	371.96	373.58	1.20	374.78	0.45	2.82
60.0	378.14	374.96	378.01	1.20	379.21	1.07	4.25
60.5	382.86	381.01	381.95	1.20	383.15	0.28	2.14
61.0	385.73	387.67	386.53	1.20	387.73	1.99	0.05
61.5	389.13	390.16	390.72	1.20	391.92	2.79	1.76
62.0	395.20	395.05	396.22	1.20	397.42	2.22	2.37
62.5	402.87	400.16	400.58	1.20	401.78	0.00	1.61
63.0	406.88	405.88	405.50	1.20	406.70	0.00	0.82
63.5	411.27	411.54	411.32	1.20	412.52	1.25	0.98
64.0	416.36	416.12	416.04	1.20	417.24	0.88	1.12
64.5	420.47	420.33	420.13	1.20	421.33	0.86	1.00
65.0	422.49	425.54	425.12	1.20	426.32	3.83	0.78
65.5	429.42	428.00	428.89	1.20	430.09	0.68	2.10
66.0	437.95	432.88	433.51	1.20	434.71	0.00	1.83

66.5	437.32	439.27	439.37	1.20	440.57	3.25	1.30
67.0	445.23	444.37	444.62	1.20	445.82	0.59	1.44
67.5	449.17	449.58	449.19	1.20	450.39	1.22	0.82
68.0	454.82	454.48	453.69	1.20	454.89	0.06	0.41
68.5	457.23	459.54	458.20	1.20	459.40	2.16	0.00
69.0	461.75	463.52	462.22	1.20	463.42	1.67	0.00
69.5	466.00	465.64	466.58	1.20	467.78	1.78	2.15
70.0	475.66	469.12	471.13	1.20	472.33	0.00	3.22
70.5	476.00	475.57	475.18	1.20	476.38	0.38	0.81
71.0	480.07	480.00	480.37	1.20	481.57	1.50	1.57
71.5	484.80	484.00	484.45	1.20	485.65	0.85	1.65
72.0	487.93	494.51	489.26	1.20	490.46	2.53	0.00
72.5	492.57	492.89	493.99	1.20	495.19	2.63	2.30
73.0	497.47	496.99	498.70	1.20	499.90	2.43	2.90
73.5	504.05	504.44	504.51	1.20	505.71	1.66	1.27
74.0	508.89	509.79	510.32	1.20	511.52	2.63	1.73
74.5	515.17	514.14	514.97	1.20	516.17	1.01	2.04
75.0	520.15	520.23	519.20	1.20	520.40	0.25	0.17
75.5	524.58	524.75	524.29	1.20	525.49	0.91	0.73
76.0	528.22	529.44	528.76	1.20	529.96	1.74	0.53
76.5	531.64	534.26	533.07	1.20	534.27	2.63	0.00
77.0	535.15	535.13	537.31	1.20	538.51	3.36	3.38
77.5	540.28	542.37	541.97	1.20	543.17	2.90	0.81
78.0	545.08	546.72	546.82	1.20	548.02	2.95	1.30
78.5	552.44	551.73	552.19	1.20	553.39	0.94	1.65
79.0	557.05	556.80	556.93	1.20	558.13	1.08	1.32
79.5	562.51	562.79	561.48	1.20	562.68	0.17	0.00
80.0	563.91	567.45	565.88	1.20	567.08	3.17	0.00
80.5	571.02	572.31	570.54	1.20	571.74	0.72	0.00
81.0	574.60	574.68	575.99	1.20	577.19	2.60	2.51
81.5	581.23	581.25	581.59	1.20	582.79	1.56	1.54
82.0	587.36	585.34	587.06	1.20	588.26	0.90	2.93
82.5	593.38	607.08	592.47	1.20	593.67	0.29	0.00
83.0	598.15	595.22	596.95	1.20	598.15	0.00	2.94
83.5	603.56	601.15	602.36	1.20	603.56	0.00	2.41
84.0	606.51	607.41	607.08	1.20	608.28	1.78	0.87
84.5	609.11	610.58	610.85	1.20	612.05	2.94	1.47
85.0	622.61	615.37	615.34	1.20	616.54	0.00	1.17
85.5	628.43	620.06	620.58	1.20	621.78	0.00	1.72
86.0	645.54	627.56	627.69	1.20	628.89	0.00	1.33
86.5	632.65	633.82	632.21	1.20	633.41	0.76	0.00
87.0	635.86	636.22	635.40	1.20	636.60	0.74	0.38
87.5	641.45	639.17	640.25	1.20	641.45	0.00	2.28
88.0	644.21	650.70	644.68	1.20	645.88	1.66	0.00
88.5	657.62	650.10	651.81	1.20	653.01	0.00	2.91
89.0	667.85	656.55	656.71	1.20	657.91	0.00	1.36
89.5	668.63	660.78	661.37	1.20	662.57	0.00	1.79
90.0	673.44	664.19	664.26	1.20	665.46	0.00	1.27
90.5	697.69	670.28	668.63	1.20	669.83	0.00	0.00
91.0	686.00	671.51	672.51	1.20	673.71	0.00	2.20
91.5	685.08	675.39	677.01	1.20	678.21	0.00	2.82
92.0	682.72	695.65	683.07	1.20	684.27	1.55	0.00
92.5	687.29	685.90	688.09	1.20	689.29	2.00	3.39
93.0	696.78	693.52	691.23	1.20	692.43	0.00	0.00
93.5	697.53	698.07	696.25	1.20	697.45	0.00	0.00
94.0	704.83	723.65	701.34	1.20	702.54	0.00	0.00
94.5	717.41	715.23	706.23	1.20	707.43	0.00	0.00
95.0	714.48	711.75	708.95	1.20	710.15	0.00	0.00
95.5	709.48	710.99	711.77	1.20	712.97	3.49	1.98
96.0	713.23	720.86	716.22	1.20	717.42	4.19	0.00
96.5	718.39	724.80	719.72	1.20	720.92	2.53	0.00
97.0	724.98	723.32	724.35	1.20	725.55	0.57	2.23
97.5	726.65	730.79	728.45	1.20	729.65	3.00	0.00
98.0	731.07	735.05	733.09	1.20	734.29	3.22	0.00
98.5	744.51	735.62	736.80	1.20	738.00	0.00	2.38
99.0	748.48	740.07	742.25	1.20	743.45	0.00	3.38
99.5	746.53	746.62	747.03	1.20	748.23	1.70	1.61
100.0	765.13	752.28	752.21	1.20	753.41	0.00	1.13
100.5	757.25	757.09	757.82	1.20	759.02	1.77	1.93
101.0	773.81	762.97	763.65	1.20	764.85	0.00	1.88
101.5	772.00	770.41	771.25	1.20	772.45	0.45	2.04
102.0	787.47	774.78	776.01	1.20	777.21	0.00	2.43
102.5	789.63	788.67	780.39	1.20	781.59	0.00	0.00
103.0	797.97	785.87	785.73	1.20	786.93	0.00	1.06
103.5	790.00	788.37	790.54	1.20	791.74	1.74	3.37
104.0	794.00	792.84	795.24	1.20	796.44	2.44	3.60
104.5	807.88	799.11	799.22	1.20	800.42	0.00	1.31
105.0	813.04	803.88	804.69	1.20	805.89	0.00	2.01
105.5	817.72	811.80	811.20	1.20	812.40	0.00	0.60
106.0	821.32	822.80	819.72	1.20	820.92	0.00	0.00
106.5	836.00	838.53	825.10	1.20	826.30	0.00	0.00
107.0	838.79	865.15	829.13	1.20	830.33	0.00	0.00
107.5	833.74	837.90	834.51	1.20	835.71	1.97	0.00
108.0	839.44	840.38	840.06	1.20	841.26	1.82	0.88
108.5	856.86	850.08	845.82	1.20	847.02	0.00	0.00
109.0	864.52	849.96	850.92	1.20	852.12	0.00	2.15

109.5	872.07	859.31	857.14	1.20	858.34	0.00	0.00
110.0	866.43	865.82	864.32	1.20	865.52	0.00	0.00
110.5	881.45	872.36	871.10	1.20	872.30	0.00	0.00
111.0	881.73	878.24	877.93	1.20	879.13	0.00	0.89
111.5	949.26	892.01	887.56	1.20	888.76	0.00	0.00
112.0	912.40	904.94	894.82	1.20	896.02	0.00	0.00
112.5	904.46	911.05	896.88	1.20	898.08	0.00	0.00
113.0	907.55	912.94	901.81	1.20	903.01	0.00	0.00
113.5	916.04	920.44	906.24	1.20	907.44	0.00	0.00
114.0	923.28	921.43	911.84	1.20	913.04	0.00	0.00
114.5	929.36	925.09	916.95	1.20	918.15	0.00	0.00
115.0	929.96	929.64	921.71	1.20	922.91	0.00	0.00
115.5	933.64	931.67	922.76	1.20	923.96	0.00	0.00
平均	401.90	405.19	399.43	1.20	400.63	1.21	0.88

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

マヘス-カマナ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。

マヘス - カマナ川の既往最大流量は 1/50 年規模より小さい洪水が過去に 1 回発生している。

今回の整備目標としては、1) を考慮して「過去最大規模の洪水流量である 1/50 年確率規模とする。

表-4.3.1-1 生起年確率洪水流量と既往最大流量(m³/sec)

河川名	確率10年	確率25年	確率50年	確率100年	既往最大
マヘス・カマナ川	1,166	1,921	2,659	3,586	2,021

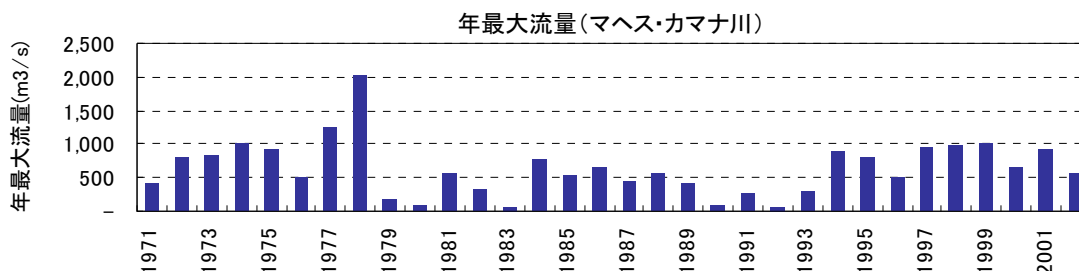


図-4.3.1-1 年最大流量 (観測値：マヘス・カマナ川)

3) 確率洪水流量と被害額および浸水面積

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。

これらの図より次のことが言える。

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

上述したように確率 50 年流量は既往最大流量より大きく、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大きく、しかも社会評価の結果経済効果も確認されている。

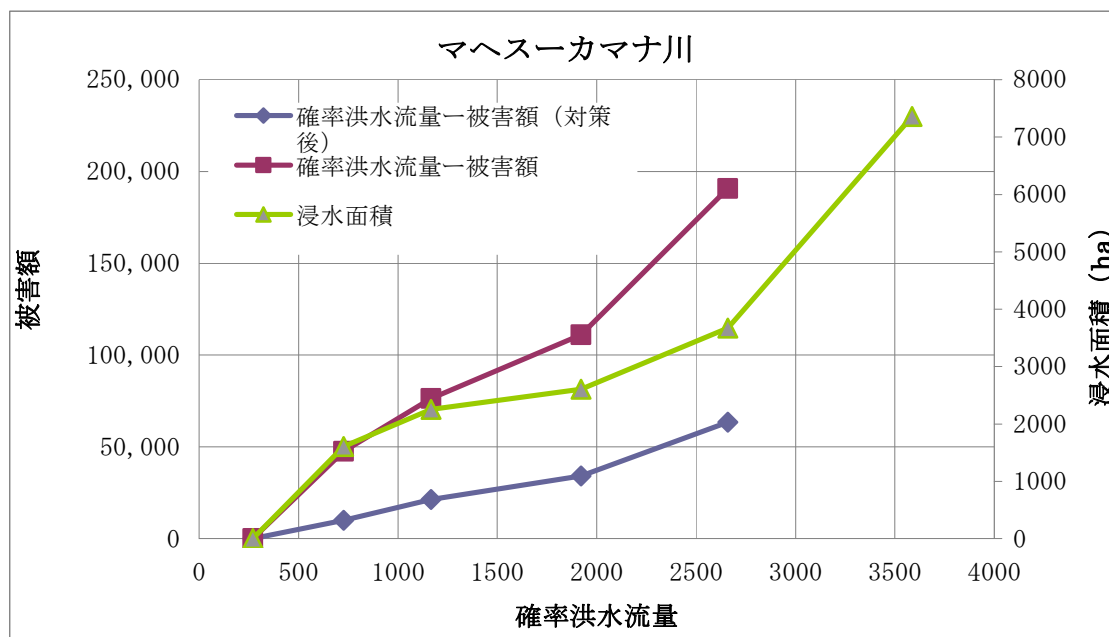


図-4.3.1-2 確率洪水流量と被害額および浸水面積 (マヘス - カマナ川)

(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

項目	地形測量	横断測量
マヘス - カマナ川	S = 1/2,500	S = 1/100, 100m 間隔
	ha	km
	193	21.3

(3) 重点洪水対策施設の選定

1) 基本方針

重点洪水対策施設の選定には、次の項目を考慮した。

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

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

3) 選定根拠

下流のカマナ管轄区間の既存堤防は老朽化しており、侵食箇所が多数散見される。

現在は、上流側（マヘス川）で氾濫しているため、当該地区の氾濫は緩和されている。今後上流側の整備が進めばカマナ管轄区間への影響が大きくなり、氾濫面積も多大となる。

また、13km 付近にカマナ市街地への水道用取水堰が設置されており、川沿いに用水路が建設されている。現在 12km 左岸の堤防が一部侵食されており、隣接する用水路への影響が懸念されている。一方、上流のマヘス川は無堤区間が多く、毎年のように洪水による氾濫、農地流失被害が発生している。

よって、対策は洪水による被害ポテンシャルの高いカマナ川下流の左岸地域を保全するための既設堤防の老朽化対策と堤防高確保が最も重要であり、上流のマヘス川においては無堤区間で洪水被害が頻発する地区の堤防整備を優先的に実施する。なお、マヘス川での対策は下流のカマナ川にも影響を与えるため、対策の順序等に配慮する必要がある。

【選定基準 (Rio Camana, Rio Majes)】

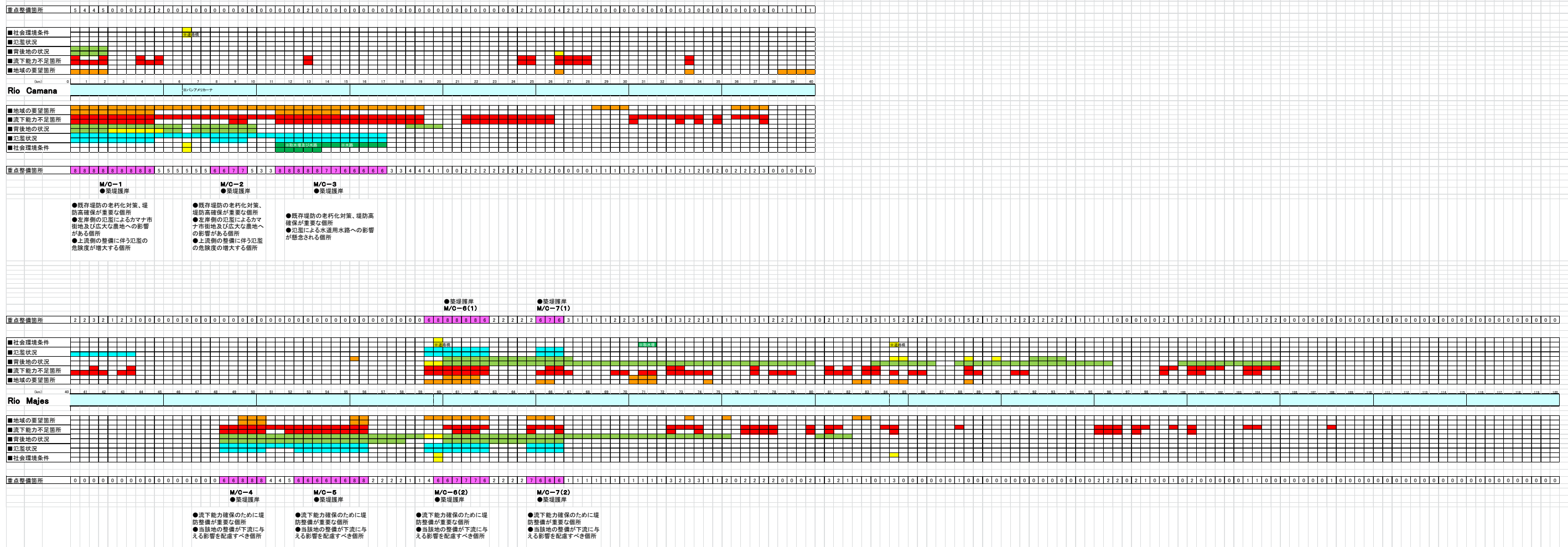


図-4.3.1-3 各区間の評価および重要洪水対策施設選定

表-4.3.1-4 対策箇所の選定根拠 (Camana, Majes 川)

No	対策位置	選定根拠
①	0.0km-4.5km (左岸側)	<p>当該箇所の既存堤防は老朽化しており、侵食箇所が多数散見される。現在は、上流側 (マヘス川) で氾濫しているため、当該地区の氾濫は緩和されている。今後上流側の整備が進めば、当該地区への影響が大きくなり、氾濫面積も多大となる。</p> <p><対策位置の特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 既存堤防の老朽化対策、堤防高確保が重要な箇所 ● 左岸側の氾濫によりカマナ市街地及び広大な農地への影響がある箇所 ● 上流側の整備に伴う氾濫の危険度が増大する箇所 <p><保全対象></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 対策位置左岸側に広がる広大な農地 ○ カマナ市街地 <p><保全方法 (どのように・どの程度) ></p> <p>▼ カマナ川の最下流部の特徴として、マヘス川が氾濫することにより氾濫被害は緩和されているが、マヘス川の整備が進むと、下流部左岸側の被害は大きく拡大し、その影響はカマナ市街地にも及ぶ。また、カマナ川の特徴として、1/50年規模以上の洪水が発生するとその被害は甚大なものになるため、1/50年規模の洪水にも安全な施設とする。</p> <p>▼ 流下能力を確保するために現況の堤防等を活かしながら堤防高不足区間の築堤・護岸を行う</p>
②	7.5km-9.5km (左岸側)	<p>当該箇所の既存堤防は老朽化しており、侵食箇所が多数散見される。現在は、上流側 (マヘス川) で氾濫しているため、当該地区の氾濫は緩和されている。今後上流側の整備が進めば、当該地区への影響が大きくなり、氾濫面積も多大となる。</p> <p><対策位置の特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 既存堤防の老朽化対策、堤防高確保が重要な箇所 ● 左岸側の氾濫によりカマナ市街地及び広大な農地への影響がある箇所 ● 上流側の整備に伴う氾濫の危険度の増大する箇所 <p><保全対象></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 対策位置左岸側に広がる広大な農地 ○ カマナ市街地 <p><保全方法 (どのように・どの程度) ></p> <p>▼ カマナ川の最下流部の特徴として、マヘス川が氾濫することにより氾濫被害は緩和されているが、マヘス川の整備が進むと、下流部左岸側の被害は大きく拡大し、その影響はカマナ市街地にも及ぶ。また、カマナ川の特徴として、1/50年規模以上の洪水が発生するとその被害は甚大なものになるため、1/50年規模の洪水にも安全な施設とする。</p> <p>▼ 流下能力を確保するために現況の堤防等を活かしながら堤防高不足区間の築堤・護岸を行う</p>
③	11.0km-17.0km (左岸側)	<p>当該箇所の既存堤防は老朽化しており、侵食箇所が多数散見される。また、13km 付近にカマナ市街地への水道用取水堰が設置されており、川沿いに用水路が建設されている。現在 12km 左岸の河岸が侵食されており、隣接する用水路への影響が懸念されている。</p> <p><対策位置の特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 既存堤防の老朽化対策、堤防高確保が重要な箇所 ● 氾濫した際に水道用水路へ甚大な被害をもたらす箇所 <p><保全対象></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 対策位置左岸沿いの用水路 (水道用) <p><保全方法 (どのように・どの程度) ></p> <p>▼ 当該地区の特徴として、マヘス川が氾濫することにより氾濫被害は緩和されているが、マヘス川の整備が進むと、当該地区の被害は大きく拡大し、その影響は河川のすぐ横を流下している水路 (水道用水) に及ぶ。この水道用水が被災した場合の被害は甚大であるため、1/50年規模の洪水にも安全な施設とする必要がある。</p>

		▼流下能力を確保するために現況の堤防等を活かしながら堤防高不足区間の築堤・護岸を行う
④	48.0km-50.5km (左岸側)	<p>当該河川の中で最も流下能力の不足する区間の1つであり、小洪水時にも氾濫が始まり、洪水規模が大きくなるほど被害が拡大する。</p> <p><対策位置の特徴> ●マヘス地区第2位の農地を守るために、流下能力を確保し、堤防整備が重要な箇所</p> <p><保全対象> ○対策位置左岸側に広がる農地 (マヘス地区第2位の農地；浸水面積最大)</p> <p><保全方法 (どのように・どの程度) > ▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全流下させる施設を整備する。</p> <p>▼④と⑤をセットにして堤防護岸整備を実施、整備効果を高める</p>
⑤	52.0km-56.0km (左岸側)	<p>当該河川の中で最も流下能力の不足する区間であり、小洪水時にも氾濫が始まり、洪水規模が大きくなるほど被害が拡大する。1998年の洪水では地区一体が冠水し、大きな被害が生じた。</p> <p><対策位置の特徴> ●マヘス地区第2位の農地を守るために、流下能力を確保し、堤防整備が重要な箇所</p> <p><保全対象> ○対策位置左岸側に広がる農地 (マヘス地区第2位の農地；浸水面積最大)</p> <p><保全方法 (どのように・どの程度) > ▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全流下させる施設を整備する。</p> <p>▼④と⑤をセットにして堤防護岸整備を実施、整備効果を高める</p>
⑥	59.0km-62.5km (右岸側) 59.5km-62.5km (左岸側)	<p>狭窄部のため、流下能力が不足しており、上流部の農地で氾濫被害が頻発している。また、狭窄部には道路橋があり、その周辺は無堤となっている。</p> <p><対策位置の特徴> ●マヘス地区最大の農地を守るために流下能力を確保し、堤防整備が重要な箇所</p> <p><保全対象> ○対策位置左右岸の農地 (マヘス地区最大の農地)</p> <p><保全方法 (どのように・どの程度) > ▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全流下させる施設を整備する。</p> <p>▼⑥と⑦をセットにして堤防護岸整備を実施、整備効果を高める</p>
⑦	65.0km-66.5km (右岸側) 64.5km-66.5km (左岸側)	<p>当該河川の中で最も流下能力の不足する区間の1つであり、小洪水時にも氾濫が始まり、洪水規模が大きくなるほど被害が拡大する。</p> <p><対策位置の特徴> ●マヘス地区最大の農地を守るために流下能力を確保し、堤防整備が重要な箇所</p> <p><保全対象> ○対策位置左右岸の農地 (マヘス地区最大の農地)</p> <p><保全方法 (どのように・どの程度) > ▼1/5年確率規模から氾濫が始まり、1/50年確率規模の流量に対しては、被害は甚大になるため、1/50年規模の流量を安全流下させる施設を整備する。</p> <p>▼⑥と⑦をセットにして堤防護岸整備を実施、整備効果を高める</p>

(4) 重点洪水対策施設の位置

マヘス - カマナ川流域における重点洪水対策施設の位置は図-4.3.1-4 および図-4.3.1-5 に示すとおりである。また施設の概要を表 4.3.1-5 に示す。

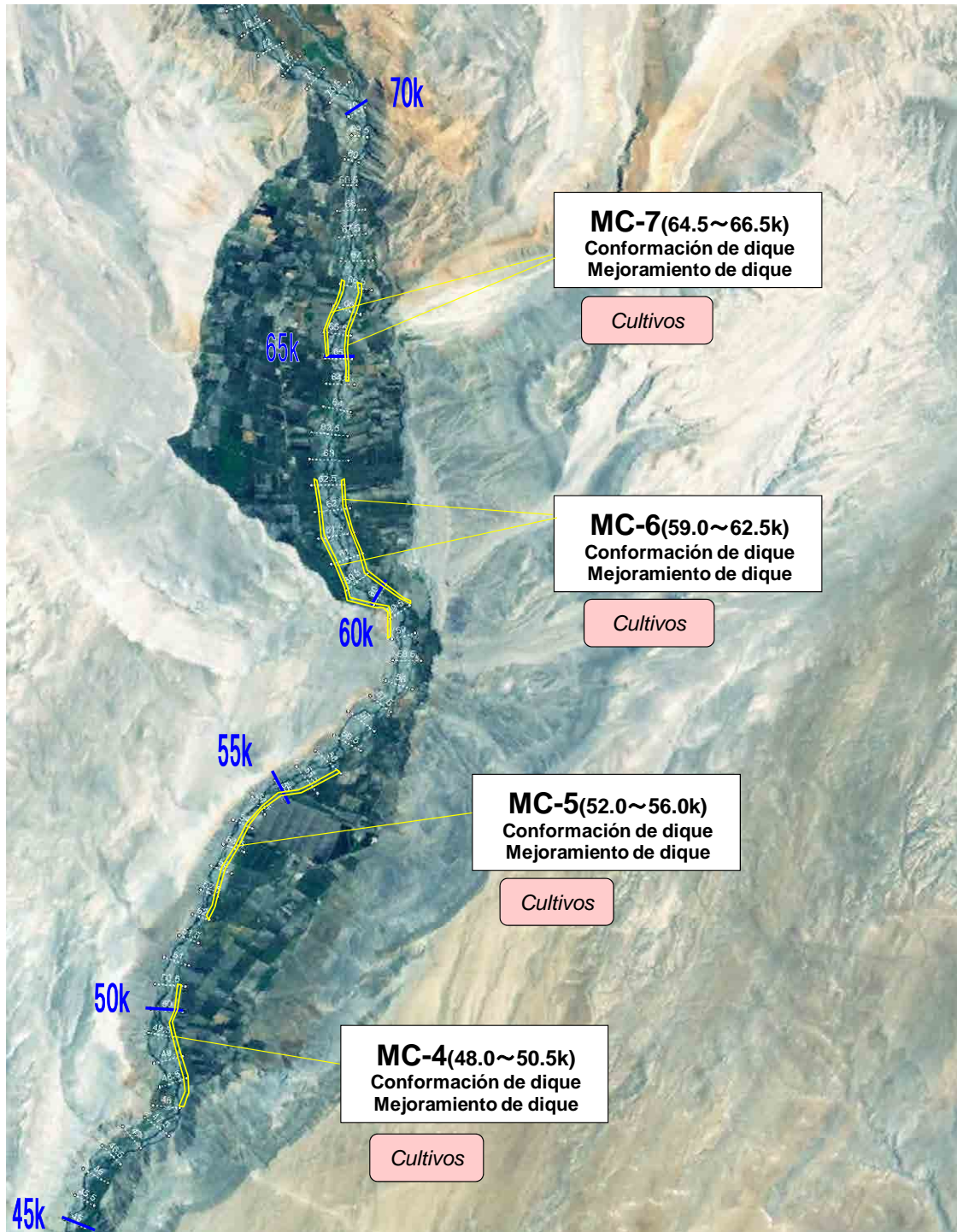


図-4.3.1-4 マヘス川における重点洪水対策施設の位置

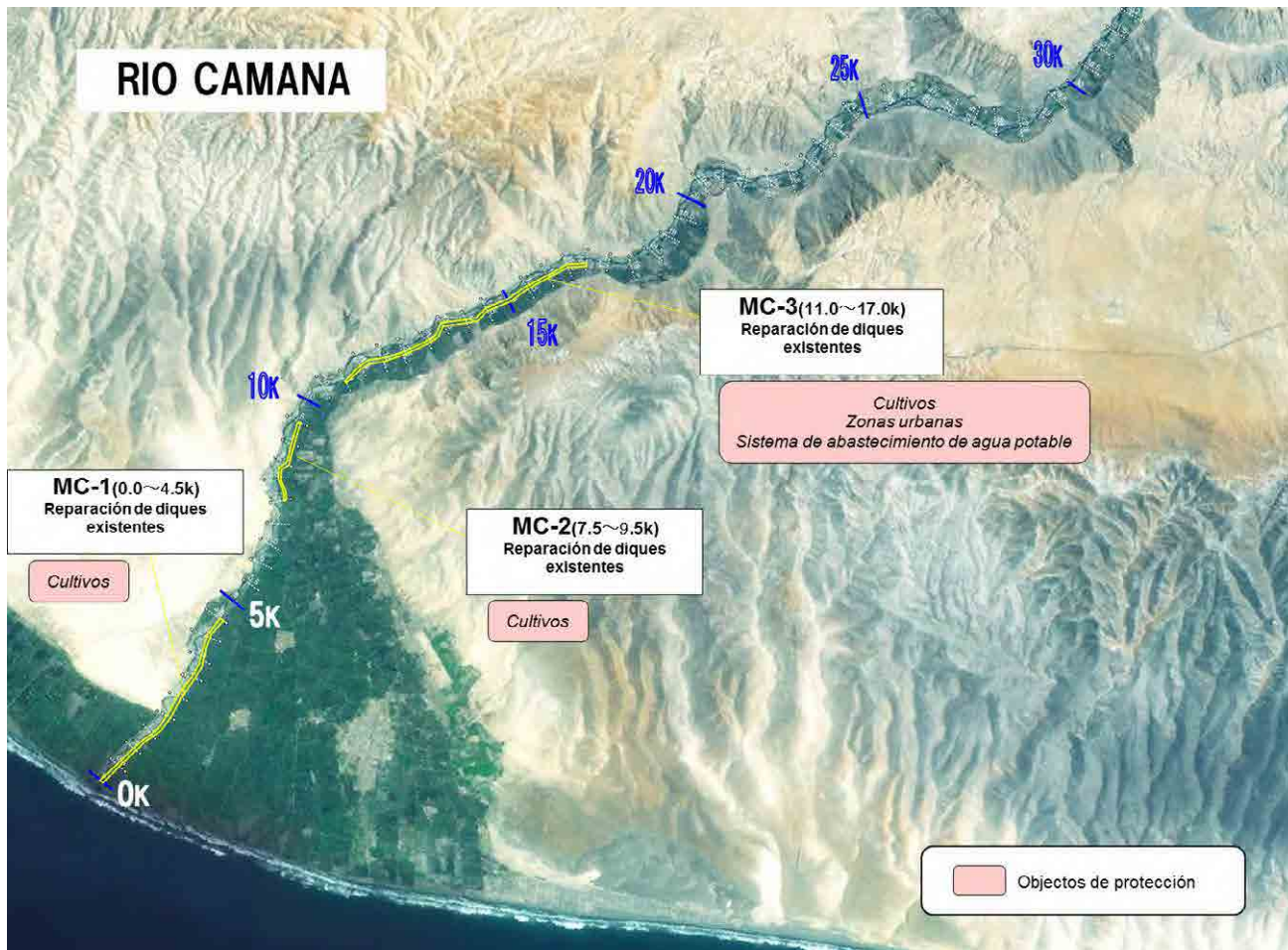


図-4.3.1-5 カマナ川における重点洪水対策施設の位置

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
マヘス・カマナ川	MC 1	0.0k-4.5k	氾濫点	築堤(無堤区間) 護岸工	天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:4,500m	0.0km-4.5km (左岸)
	MC 2	7.5k-9.5k	氾濫点		天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:2,000m	7.5km-9.5km (左岸)
	MC 3	11.0k-17.0k	氾濫点		天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:6,000m	11.0km-17.0km (左岸)
	MC 4	48.0k-50.5k	氾濫点		天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:2,500m	48.0km-50.5km (左岸)
	MC 5	52.0k-56.0k	氾濫点		天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:4,000m	52.0km-56.0km (左岸)
	MC 6	59.0k-62.5k 59.5k-62.5k	氾濫点/河岸浸食		天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:6,500m	59.0km-62.5km (左岸) 59.5km-62.5km (右岸)
	MC 7	65.0k-66.5k 64.5k-66.5k	氾濫点		天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:3,500m	65.0km-66.5 km. (右岸) 64.5km-66.5 km. (左岸)

(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勾配程度のものが大半である。河川や地域によって若干形状が異なる。
- ② 堤体材料は、近傍の河床材料を使用しており、砂礫～礫混じり砂質土で塑性は低い。材料強度として粘着力は期待できないものが大半である。
- ③ カニエテ川流域では大小の砂礫で構成される礫質土で構成されており、比較的良く締まっている。
- ④ チラ川の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 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 程度と想定される。また、粘着力の無い材料で構成される盛土の法面の安定勾配は $\tan \theta = \tan \phi / n$ で求められる。(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。
この計算上必要なのり面勾配に対して、流出解析の結果、計画高水の継続時間が24時間以上と長いこと、2割勾配の既存堤では破壊例が多い事、異常洪水時の越流に対してもある程度耐えられる事などを考慮して現地の在来堤防よりは勾配の緩い1:3.0の勾配とした。
- ③ 河床勾配が比較的急なため流速が早いので堤防の川表のり面には、護岸を配する。護岸の形式として接続ブロックのようなコンクリート性のものは流通していないので現地で容易に入手できる粗石または巨石を用いた護岸形式を採用する。
石材の大きさは、各河川の流速により最終的に設計するが、概ね径30cm～1mとして護岸の最小の厚みを1mと計画した。

3) 堤防の余裕高

堤防は土質材料により建設されるため、一般的には越水に対して極めて弱い構造である。従って、堤防は、計画高水流量以下の流水を越流させないように設けるべきであり、洪水時

の風浪、うねり、跳水等による一時的な水位上昇に対して、堤防にしかるべき余裕をとる必要がある。また、堤防にはその他洪水時の巡視や水防活動を実施する場合の安全の確保、流木等流下物への対応等種々の要素をカバーするためにもしかるべき余裕の高さが必要である。日本における堤防の余裕高の考え方は、表-4.3.1-6のとおりである。ペルー国には余裕高についての基準が無いが、河川の状況が日本のそれと類似しているので、長年の経験に基づいて定められた日本の基準を適用する。

表-4.3.1-6 計画高水流量と余裕高

計画高水流量	計画高水位に加える高さ
200 m 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

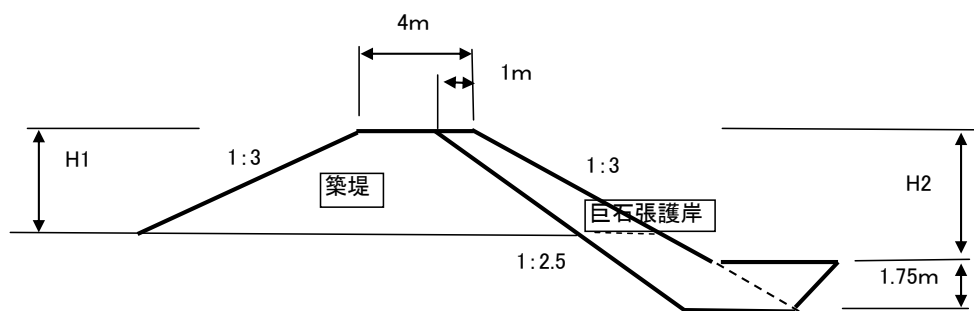


図-4.3.1-6 堤防の標準断面

表-4.3.1.7 重点洪水対策施設の計画・設計

対象河川	クリティカルポイント	課題	保全対象	対策案	各対策施設の計画・設計の主旨
Rio Camana	MC-1 0.0-4.5k (左岸)	・河口閉塞と河床上昇により氾濫の危険性の増大	農地	・築堤、護岸工	カマナ管轄区間の既存堤防は、老朽化しており、侵食箇所が多数散見される。既存の堤防の高さが不足しており、今後はさらに危険度が高まる。 過去においても大きく氾濫した経験がある。 ●堤防高確保が重要な箇所 ●上流側の整備に伴う氾濫の危険度の増大する箇所
	MC-2 7.5-9.5k (左岸)				
	MC-33 11.0-17.0k (左岸)	・既存堤防の老朽化、侵食箇所が多数 ・水道用水路への影響	農地 市街地 水道用水路	・築堤、護岸工	カマナ管轄区間の既存堤防は、老朽化しており、侵食箇所が多数散見される。特に、6km付近のカマナ橋の上下流は、堤防高が低く農地やカマナ市街地への氾濫の危険性が高い。さらに、13km付近にカマナ市街地への水道用水路が設置されており、川沿いに用水路が建設されている。現在12km左岸の河岸が侵食されており、隣接する用水路への影響が懸念されている。 ●既存堤防の老朽化対策、堤防高確保が重要な箇所 ●左岸側の整備によるカマナ市街地及び広大な農地への影響がある箇所 ●氾濫による水道用水路への影響が懸念される箇所 ●上
Rio Majes	MC-4 48.0-50.5k (左岸)	・流下能力が他地区に比較して著しく劣る区間 ・当該地の整備が下流河道に大きく影響を与える	農地	・築堤、護岸工	当該河川の中で最も流下能力の不足する区間であり、小洪水時にも氾濫が始まり、洪水規模が大きくなるほど被害が拡大する。 ●流下能力確保のために堤防整備が重要な箇所 ●当該地の整備が下流に与える影響を配慮すべき箇所
	MC-5 52.0-56.0k (左岸)	・流下能力が他地区に比較して著しく劣る区間 ・当該地の整備が下流河道に大きく影響を与える	農地	・築堤、護岸工	当該河川の中で最も流下能力の不足する区間であり、小洪水時にも氾濫が始まり、洪水規模が大きくなるほど被害が拡大する。 ●流下能力確保のために堤防整備が重要な箇所 ●当該地の整備が下流に与える影響を配慮すべき箇所
	MC-6 59.0-62.5k (右岸) 59.5-62.5k (左岸)	・狭窄部対策	農地	・築堤、護岸工	狭窄部のため、流下能力が不足しており、上流部の農地で氾濫被害が頻発している。また、狭窄部には道路橋があり、その周辺は無堤となっており。 ●流下能力確保のために堤防整備が重要な箇所 ●当該地の整備が下流に与える影響を配慮すべき箇所
	MC-7 65.0-66.5k (右岸) 64.5-66.5k (左岸)	・流下能力が他地区に比較して著しく劣る区間 ・当該地の整備が下流河道に大きく影響を与える	農地	・築堤、護岸工	当該河川の中で最も流下能力の不足する区間であり、小洪水時にも氾濫が始まり、洪水規模が大きくなるほど被害が拡大する。 ●流下能力確保のために堤防整備が重要な箇所 ●当該地の整備が下流に与える影響を配慮すべき箇所

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計画

この案は堤防や護岸などの河川構造物沿いに植林を行う案である。

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

河川構造物沿いの植林計画の基本方針を次のように定める。植林計画の概念図を図-4.3.2.1-1、図-4.3.2.1-2 に示す。植林計画は2タイプとし、カマナ・マヘス流域でタイプ A が採用できない場合、タイプ B を採用する。これ流域以外の流域ではタイプ A を採用する。

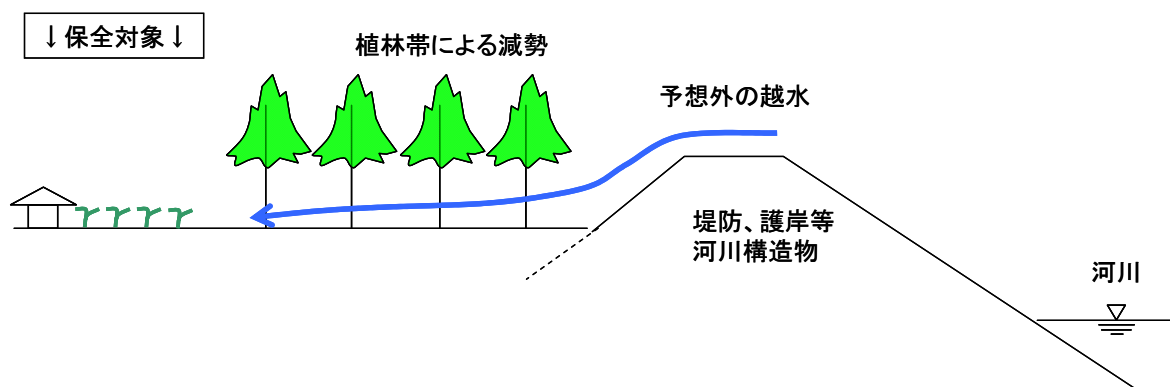


図-4.3.2.1-1 河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプ A)
(出典：JICA 調査団)

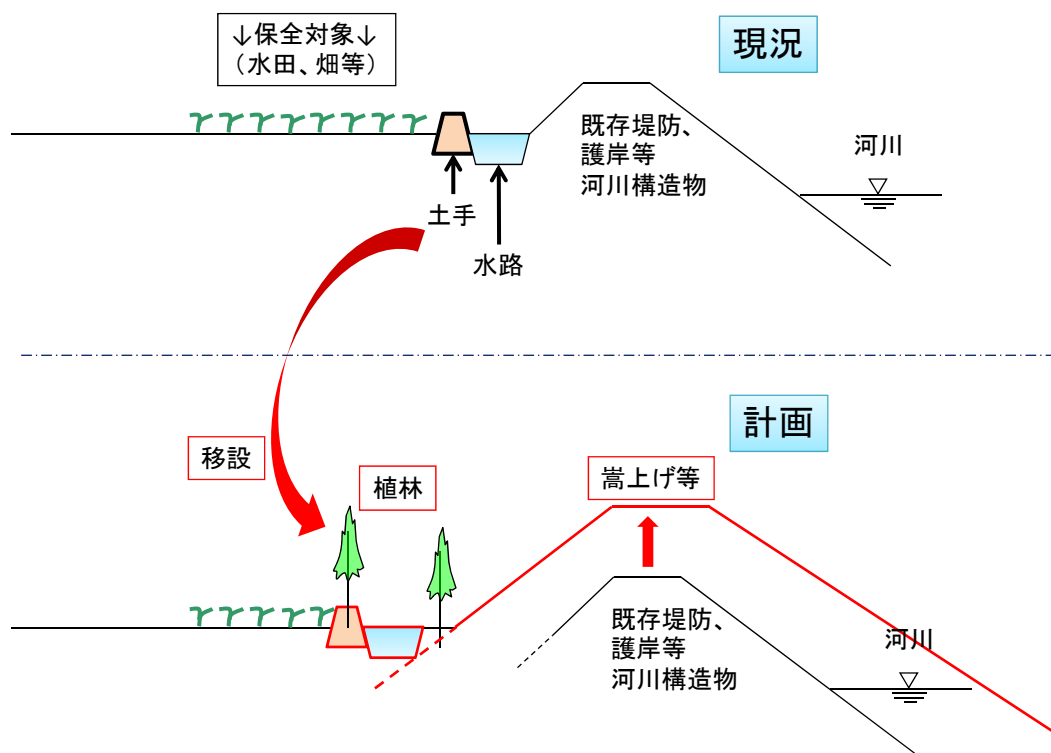


図-4.3.2.1-2 河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプB)
 (出典: JICA 調査団)

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

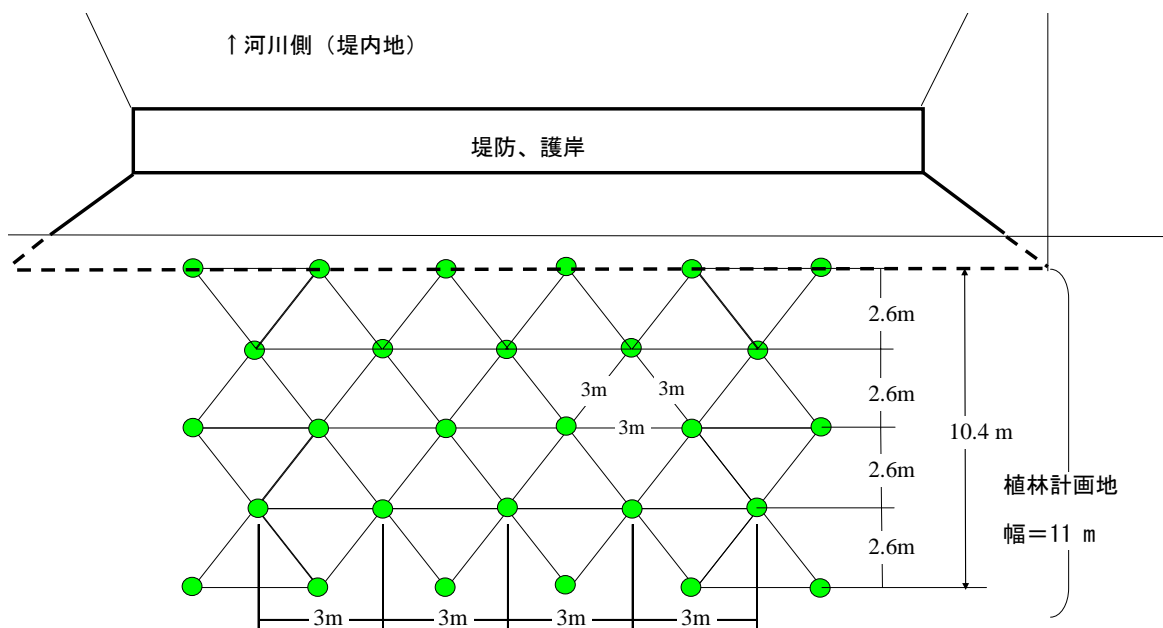
(3) 河川構造物沿いの植林/植生回復計画

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)

i) タイプA

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-4.3.2.1-3 河川構造物沿いの植林計画標準配置図

ii) タイプ B：現地の状況では、水路と平行に概ね 1m 間隔で植栽されており、今回の計画でもそれを適用する。植林計画標準配置を図-4.3.2.1-4 に示す。

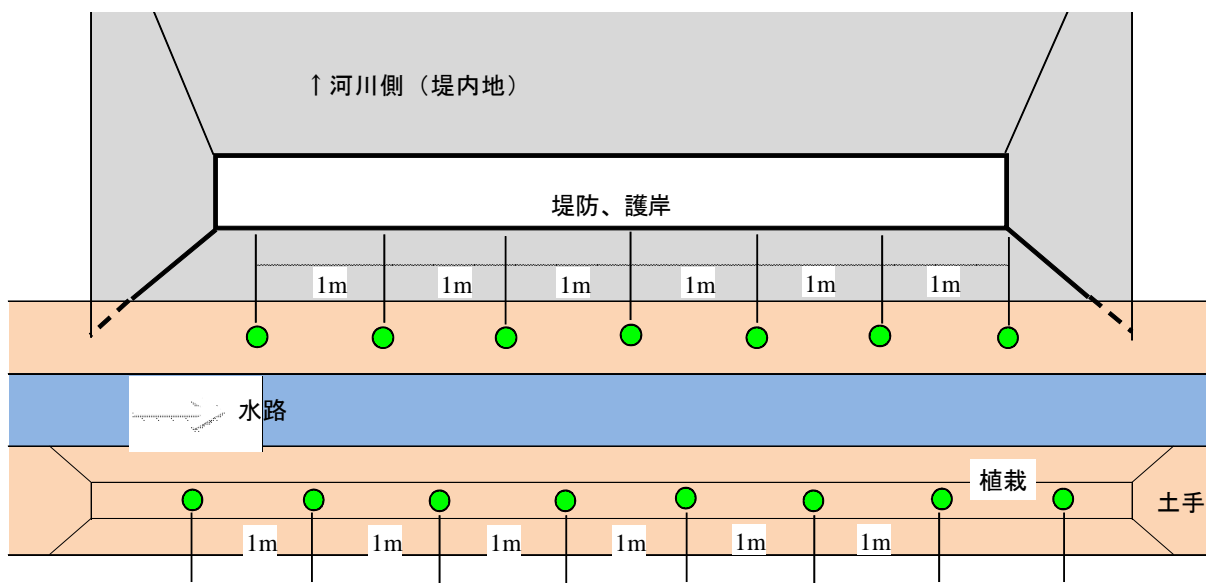


図-4.3.2.1-4 河川構造物沿いの植林計画標準配置図 (タイプ B)

(出典：JICA 調査団)

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

流域名	選定した樹種
マヘス - カマナ流域	サウセ (◎)、モクマオウ (○)

カマナ・マヘス流域ではサウセを主として植栽する。サウセは特に水分が多いところへの適性が高く、現地での実績が非常に多い。水利組合でも盛んに植栽されている樹種である。しかし、海岸から上流へ約 1.5km の区間はサウセ、カヤカサはあるものの、生育状況が悪い。この原因は潮の影響であると推定される。このため、海岸から 1.5km の間では、塩害に比較的耐性のあるモクマオウをサウセに混交させる計画とする。カヤカサも現地では多くみられるが、苗木の生産がされていない。カマナ・マヘス流域の耕作地のほとんどは水田に利用されているために植林計画地の地下水位が非常に高く、また土質も粘土質である。この点から考えるとユーカリなどは植栽後の枯死率が高くなると予想される。

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、遊砂地において前述(a)、(b)に述べたような配置計画・樹種で植林計画を策定する。タイプ A の植栽幅は 11m とし、タイプ B の場合は堤防延長に対し 2 列植栽し、間隔を 1m として数量を算出した。

マヘス - カマナ流域の植林/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)		
						ヤセ	モリナウ	計
タイプ B								
MC-1	左岸	1,500	—	—	3,000	1,500	1,500	3,000
MC-1	左岸	3,000	—	—	6,000	6,000	—	6,000
MC-2	左岸	2,000	—	—	4,000	4,000	—	4,000
MC-3	左岸	6,000	—	—	12,000	12,000	—	12,000
タイプ A								
MC-4	左岸	2,500	11	2.8	8,288	8,288	—	8,288
MC-5	左岸	4,000	11	4.4	13,024	13,024	—	13,024
MC-6	右岸	3,500	11	3.9	11,544	11,544	—	11,544
MC-6	左岸	3,000	11	3.3	9,768	9,768	—	9,768
MC-7	右岸	1,500	11	1.7	5,032	5,032	—	5,032
MC-7	左岸	2,000	11	2.2	6,512	6,512	—	6,512
マヘス 流域 計		29,000		18.3	79,168	79,168	1,500	79,168

(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、4.5.1.3(2)を参照されたい。

5) 植林/植生回復計画工事費

植林/植栽計画の工事費は以下の方法で算出した。

- ・ 苗木単価 (苗木単価+運搬費)
- ・ 植栽労務費

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

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

流域	樹種	苗木単価 (苗木単価+輸送費) (ソレス/本)
マヘス - カマ ナ流域	サウセ	2.5
	モクマオウ	2.8

ii) 植栽労務費

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

iii) 植林工事費

河川沿い植林/植生回復計画工事費は表-4.3.2.1-5 に示すとおりである。総工事費は 504,745 ソレスとなった。なお、用地取得は堤防用地と同時に行い、別途計上する。

表-4.3.2.1-5 植林工事費 (河川構造物沿い植林)

流域	番号	植林工事費		
		苗木費用	植栽費用	計
マヘス - カマ ナ	MC-1	7,950	2,520	10,470
	MC-1	15,000	5,040	20,040
	MC-2	10,000	3,360	13,360
	MC-3	30,000	10,080	40,080
	MC-4	20,720	6,962	27,682
	MC-5	32,560	10,940	43,500
	MC-6	28,860	9,697	38,557
	MC-6	24,420	8,205	32,625
	MC-7	12,580	4,227	16,807
	MC-7	16,280	5,470	21,750
計		198,370	66,501	212,756

6) 事業実施工程計画

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

4.3.2.2 土砂制御計画

(1) 土砂制御計画位置づけ

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

- 洪水が河岸高を越え、氾濫する。
- 河床勾配が 1/30-1/300 程度の急流河川である。そのため、流速、土砂運搬能力が大きい。
- 大量の流入土砂の堆積による河道閉塞・河床上昇が洪水被害を助長している。

- 河道は土砂堆積が激しく、複列砂州の形態となっており、濤筋や水衝部が不安定で流路が変化し、水衝部もそれにつれて移動する。
- 河岸の侵食が激しい。そのため農地等の面積減少、地域主要道路の崩壊の危険等があり、保護する必要がある。
- 農業用水路の取水口が土石により損傷や破壊される。

(2)土砂制御計画（構造物対策）

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

表-4.3.2.2-1 土砂制御計画基本方針

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

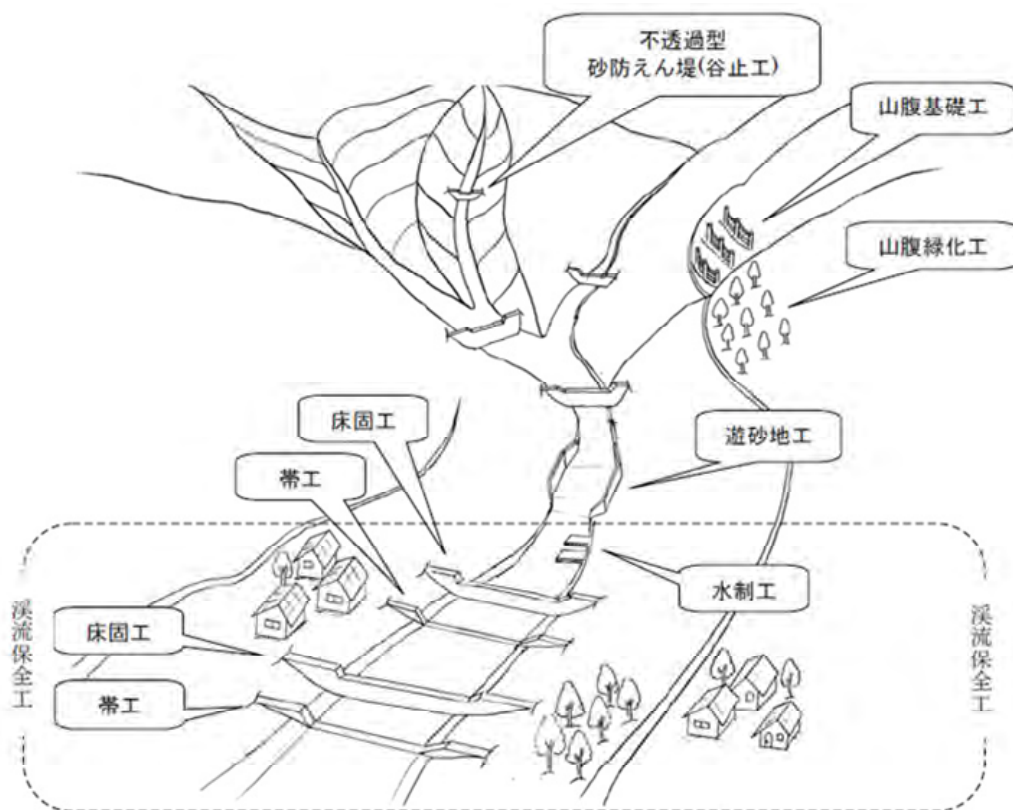


図-4.3.2.2-1 土砂制御対策

1) 上流域での土砂制御計画

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

2) 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。

マヘス - カマナ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)	20,956
年平均流入土砂量 (千 m ³)	419
総河床変動量 (千 m ³)	5,316
平均河床変動高 (m)	0.2

マヘス・カマナ川が土砂量の規模が比較的大きい理由としては、流域面積が他の河川と比べてかなり大きく洪水規模も大きいため、大量の土砂を下流へ流送可能であることが挙げられる。なお、河床変動量（土砂量）としては大きいものの、平均河床高で見ると50年間で0.2m程度であり、土砂流入により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、マヘス-カマナ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、マヘス-カマナ川流域の水利組合および小組合の代表者、郡・地区役場職員、集落代表者などを想定する。

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

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

(4) 活動内容

上記目的を実現するため、PERPEC での既往研修経験・教訓をふまえ、本コンポーネントでは下記3つの研修「河岸保護活動の知識に係る研修」、「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」、「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」を実施する。

1) 活動1「河岸保護活動の知識に係る研修」

コース	a) 構造物維持管理に係る実習・講習 b) 河岸植物の取り扱いに係る実習・講習 c) 侵食の予防と軽減および天然資源の管理に係る実習・講習
目的	a) 既往および本プロジェクトによって工事・建設される構造物に対する適切な維持管理技術を現地住民が習得すること。 b) 洪水制御に係る河岸植物の役割についての適切な知識を現地住民が習得すること。

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

2) 活動 2 「洪水被害に対する予防・事後対応手段に係る研修」

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

3) 活動 3 「河川堆積対策向け溪谷管理に係る研修」

コース	a) 溪谷 (山腹) 保全技術 b) 植林用苗木栽培技術 c) 植林用苗木植え付け技術 d) 森林資源管理・保全
目 的	a) 河川堆積対策を促進するため、各流域の状況に沿った山腹部の適切な保全技術を現地住民が習得すること。

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

(5) **事業費用および期間**

マヘス-カマナ川における上記活動にかかるコスト (見込み) は、表-4.3.3-1 のとおりであり、S/129,170 (案) を見込む。

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

表-4.3.3-1 技術支援のコスト

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

出典: JICA調査団

(6) 実施計画

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

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

4.4 コスト

4.4.1 コストの算出(民間価格)

(1) 事業費の構成

事業費の構成は、次のとおりである。

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

(2) 直接工事費

マヘス-カマナ流域の構造物対策の直接工事費の総括表を、表-4.4.1-1 に示す。

(3) 事業費

事業費は表-4.4.1-2 に示すように 97.2 百万ソルとなる。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)

Cuenca 流域名	Puntos críticos リティカル・ポイント	ク	Medidas 対策	Costo directo 直接工事費計 (1)	
Rio Majes- Camaná	1	0.0K~4.5K	Construcción de dique+defensa ribereña (MI)	築堤・護岸工(左岸)	10,504,491
	2	7.5K~9.5K	Construcción de dique+defensa ribereña (MI)	築堤・護岸工(左岸)	3,435,369
	3	11.0K~17.0K	Construcción de dique+defensa ribereña (MI)	築堤・護岸工(左岸)	12,992,759
	4	48.5K~50.5K	Construcción de dique+defensa ribereña (MI)	築堤・護岸工(左岸)	3,347,558
	5	52.0K~56.0K	Construcción de dique+defensa ribereña (MI)	築堤・護岸工(左岸)	8,964,815
	6	59.0K~62.5K	Construcción de dique+defensa ribereña (MD +MI)	築堤・護岸工(右岸・左岸)	8,008,891
	7	65.0K~66.5K	Construcción de dique+defensa ribereña (MD +MI)	築堤・護岸工(右岸・左岸)	4,042,225
TOTAL				51,296,107	

表-4.4.1-2 事業費 (民間価格)

(金額：ソル)

Nombre de la Cuenca 流域名	COSTOS A PRECIOS PRIVADOS 民間価格															COSTO TOTAL DEL PROGRAMA 全体事業費
	COMPONENTE A												COMPONENTE B			
	MEDIDAS ESTRUCTURALES 構造物対策										MEDIDAS NO ESTRUCTURALES 非構造物対策		ASISTENCIA TECNICA 能力開発			
	COSTO DIRECTO(直接工事費)			COSTO INDIRECTO (間接工事費)							INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total	REFORESTACION Costo Total 植林/植生回復 事業費	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Costo Total 洪水予警報 事業費	CAPACITACION Costo Total 防災教育 事業費		
	Costo Directo	Costo de Obras Temporales	Costo de Obras	Gastos Operativos	Utilidad	Costo Total Infraestructura	IGV	Costo Total Obra	Impacto Ambiental	Expediente Tecnico	Supervisión	INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total	REFORESTACION Costo Total 植林/植生回復 事業費	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Costo Total 洪水予警報 事業費	CAPACITACION Costo Total 防災教育 事業費	
(1)	(2) = 0.1 x (1)	(3) = (1) + (2)	(4) = 0.15 x (3)	(5) = 0.1 x (3)	(6) = (3)+(4)+(5)	(7) = 0.18 x (6)	(8) = (6)+(7)	(9)=0.01 x (8)	(10) = 0.05 x (8)	(11) = 0.1 x (8)	(12) = (8)+(9)+(10)+(11)	(13)	(14)	(15)	(16) = (12)+(13)+(14)+(15)	
MAJES-CAMANA	51,296,107	5,129,611	56,425,718	8,463,858	5,642,572	70,532,147	12,695,786	83,227,934	832,279	4,161,397	8,322,793	96,544,403	450,569	0	219,105	97,214,077

4.4.2 コストの算出(社会価格)

(1)直接工事費

マヘス-カマナ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 80.8 百万ソルとなる。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)

Valle	Puntos críticos		Medidas	Costo directo (Precio Privado) S/. (PP)	Factor de Corrección (fc)	Costo directo (Precio Social) (PS) = (fs)*(PP)
Camana - Majes	1	0+000 - 4+500	Defensa ribereña MI	10,504,490.59	0.831	8,729,998.45
	2	7+500 - 9+500	Defensa ribereña MI	3,435,368.74	0.832	2,858,247.91
	3	11+000 - 17+000	Defensa ribereña MI	12,992,758.90	0.831	10,799,732.18
	4	48+500 - 50+500	Defensa ribereña MI	3,347,557.80	0.832	2,785,417.33
	5	52+000 - 56+000	Defensa ribereña MI	8,964,815.10	0.831	7,451,803.13
	6	59+000 - 62+500	Defensa ribereña MD y MI	8,008,890.57	0.831	6,654,949.17
	7	65+000 - 66+500	Defensa ribereña MD y MI	4,042,225.31	0.832	3,361,143.33
TOTAL				51,296,107.01		42,641,291.50

表-4.4.2-2 事業費 (社会価格)

COSTOS A PRECIOS SOCIALES 社会価格																
Nombre de la Cuenca 流域名	COMPONENTE A												COMPONENTE B		COSTO TOTAL DEL PROGRAMA 全体事業費	
	MEDIDAS ESTRUCTURALES 構造物対策										MEDIDAS NO ESTRUCTURALES 非構造物対策		ASISTENCIA TECNICA 能力開発			
	COSTO DIRECTO(直接工事費)			COSTO INDIRECTO (間接工事費)							INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Costo Total 構造物・事業費	REFORESTACION Costo Total 植林/植生回復 事業費	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Costo Total 洪水予警報 事業費	CAPACITACION Costo Total 防災教育 事業費		
	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras 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)
MAJES-CAMANA	42,641,292	4,264,129	46,905,421	7,035,813	4,690,542	58,631,776	10,553,720	69,185,495	691,855	3,459,275	6,918,550	80,255,175	374,619	0	189,759	80,819,553

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 (Ca-1~Ca-5) 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 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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(S/ha) × 作付け面積(ha)

b. 道路の被災

交通遮断による損失を算定する。

被害額 = 直接被害額 + 間接被害額

直接被害額 : 道路の建設コスト (新設、補修)

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

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

2) 確率規模別想定被害額

マヘス - カマナ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	Majes-Camana
Sin Proyecto 事業を実施 しない場合	2	0
	5	47,669
	10	76,278
	25	111,113
	50	190,662
	Total	425,722
Con Proyecto 事業を実施 した場合	2	0
	5	10,021
	10	21,316
	25	34,254
	50	63,532
	Total	129,123

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			$d_1+d_2+d_3+d_4+d_5+d_6+d_7$			

マヘス - カマナ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)

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				
MAJES-CAMANA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0	0	
	5	0.200	47,669	10,021	37,648	18,824	0.300	5,647	5,647
	10	0.100	76,278	21,316	54,962	46,305	0.100	4,631	10,278
	25	0.040	111,113	34,254	76,859	65,911	0.060	3,955	14,232
	50	0.020	190,662	63,532	127,130	101,994	0.020	2,040	16,272

(2) 社会評価

1) 目的及び評価指標

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

経済的内部収益率(IRR)と呼ばれる。市場価格は市場の歪みの影響を除去して経済価格（いわゆる社会価格）に変換される。

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

表-4.5.1-5 費用便益分析の評価指標と特徴

評価指標	定義	特徴
純現在価値 (NPV: Net Present Value)	$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> ・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)	$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}}$	<ul style="list-style-type: none"> ・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市場価格の比率である。国内で調達された財やサービスを SCF を適用して経済価格に変換する。本調査では SCF として以下の値を使用する。

- 堤防 0.804
- 蛇籠 0.863
- 取水堰 0.863

また、市場価格から社会経済価格の変換に当たっては消費税を考慮しない。

iii) その他の前提条件

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

3)費用対効果分析

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

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

表-4.5.1-6 社会評価(B/C、NPV、IRR) (民間価格)

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Majes-Camana	211,538,859	95,526,756	97,214,077	5,409,816	1.09	8,174,200	12%

4.5.2 社会価格

(1) 便益

1) 確率規模別想定被害額

マヘス-カマナ川における確率規模別想定被害額を、プロジェクトを実施しない場合と実施した場合について表-4.5.2-1に示す。

表-4.5.2-1 想定洪水被害額 (社会価格)

Caso ケース	t	Majes-Camana
Sin Proyecto 事業を実施しない場合	2	0
	5	48,468
	10	78,194
	25	116,730
	50	206,459
	Total	449,851
Con Proyecto 事業を実施した場合	2	0
	5	10,435
	10	21,738
	25	36,455
	50	70,838
	Total	139,466

2) 年平均被害軽減期待額

マヘス - カマナ川流域における年平均被害軽減期待額の計算結果を、表-4.5.2-2に示す。

表-4.5.2-2 年平均被害軽減期待額 (社会価格)

流域 Cuenca	流量規模 Periodo de retorno	超過確率 Probabilidad	被害額 (Daños Totales - miles de S./.)			区間平均被害 額 ④ Promedio de Daños	区間確率 ⑤ Valor incremental de la probabilidad	年平均被害額 ④×⑤ Valor Promedio del Flujo de Daños	年平均被害額の 累計=年平均被害 軽減期待額 Daño Medio Anual
			事業を実施し ない場合①	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				
MAJES- CAMANA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0.500	0	0	
	5	0.200	48,468	10,435	38,033	19,016	0.300	5,705	5,705
	10	0.100	78,194	21,738	56,456	47,244	0.100	4,724	10,429
	25	0.040	116,730	36,455	80,275	68,366	0.060	4,102	14,531
	50	0.020	206,459	70,838	135,621	107,948	0.020	2,159	16,690

(2) 社会評価

表-4.5.2-3 に社会価格における計算結果を示す。

表-4.5.2-3 社会評価 (B/C、NPV、IRR) (社会価格)

流域名	年平均被害軽減額 Beneficio Anual Promedio Acumulado	評価期間被害 軽減額(15年) Beneficio Anual Promedio Acumulado (en 15 años)	事業費 Costo del Proyecto	維持管理費 Costo de O&M	B/C Relación Beneficio/Costo	Net Present Value (NPV) Valor Actual Neto (VAN)	Internal Rate of Return (IRR) Tasa Interna de Retorno (TIR)
Majes-Camana	216,973,372	97,980,874	80,819,553	4,497,057	1.35	25,359,998	16%

4.5.3 社会評価のまとめ

マヘス-カマナ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あり、金銭的に計量困難な事業によるプラス効果としても以下が上げられる。

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

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

4.6 感度分析

(1) 目的

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

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

(2) 感度分析の実施

1) 感度分析の概要

感度分析には、表-4.6-1 に示すような3つの手法がある。

表-4.6-1 感度分析手法

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

2) 感度分析の検討内容

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

表-4.6-2 感度分析の検討ケース及び経済指標

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

3) 感度分析結果

表-4.6-3 に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

	Item	Basic Case	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
			Cost increase 5%	Cost increase 10%	Benefit decrease 5%	Benefit decrease 10%	Discount rate increase 5%	Discount rate decrease 5%
民間価格	IRR (%)	12%	11%	10%	11%	10%	12%	12%
	B/C	1.09	1.04	0.99	1.04	0.98	0.84	1.47
	NPV(s)	8,174,200	3,806,572	-561,055	3,397,862	-1,378,475	-12,860,682	44,424,771
社会価格	IRR (%)	16%	15%	14%	15%	14%	16%	16%
	B/C	1.35	1.28	1.23	1.28	1.21	1.04	1.82
	NPV(s)	25,359,998	21,728,954	18,097,910	20,460,954	15,561,910	2,658,312	63,876,226

(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においては経済効果が上がらないケースもあるが (Case2, Case4 および Case5)、社会価格においては費用、便益および割引率が多少変化しても IRR, B/C、NPV の数値の変動は小さく、かつ経済効果がある事業である。

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、最近のマヘス-カマナ川の水利組合の予算を示す。

表-4.7-1 水利組合の事業予算

河川	年予算 (単位 S)				
	2006	2007	2008	2009	2010
マヘス-カマナ川				1,959,302.60	1,864,113.30

(1) 収益性

マヘス-カマナ川における事業収益性は十分であり、事業の持続可能性は高い。この流域における投資額は民間価格で S/ 97.1 百万ソルであるが、事業実施にともなう B/C は社会価格で 1.35 であり、内部収益率も約 16%と高く、NPV は S/ 25.43 百万ソルとなり、経済効率性の高い事業である。

(2) 維持管理費

2008 年をベースとして本事業で必要となる年間維持管理費は建設費（83,228 千ソレス）の 0.5%とすると S/ 416,140 となる。一方、水利組合の 2009 年と 2010 年の事業費の平均は S/1,911,708 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 22%であり、水利組合の資金面の維持管理能力からも十分に持続可能性があると判断される。

4.8 環境インパクト

4.8.1 環境影響評価の手続き

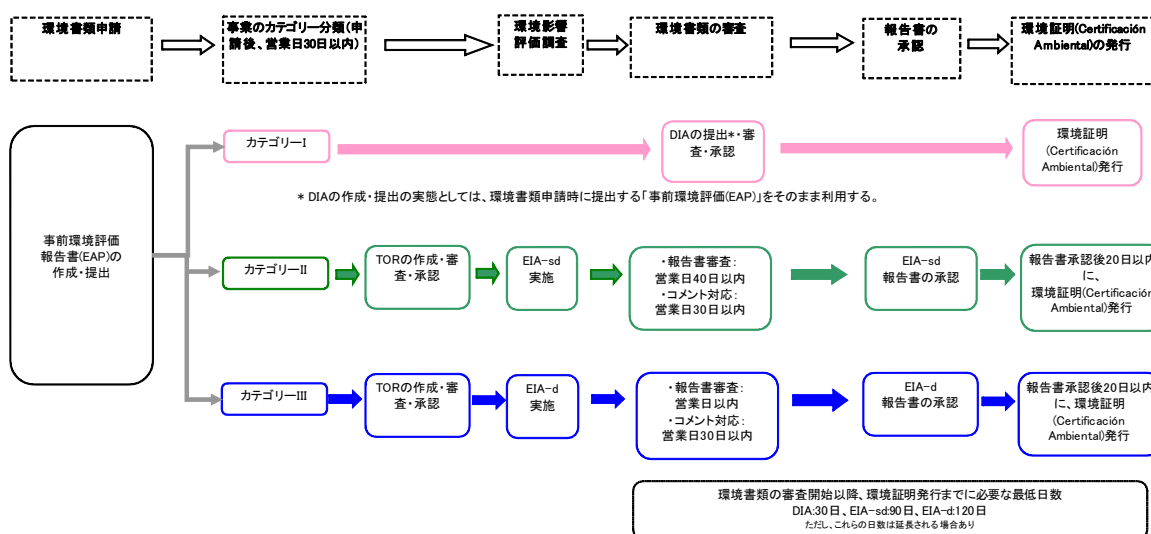
ペルー国では、投資前調査の段階で事業管轄省庁の担当部局が、事業の実施により発現が予測される環境社会影響の度合いに応じて、事業を準備調査のレベルにおいて 3 つのカテゴリーに分類する。環境への影響が軽度であるカテゴリーIについては「環境影響宣言報告書 (Declaración de Impacto Ambiental: DIA)」、カテゴリーII の事業は「準詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado: EIA-sd)」、カテゴリーIII の事業に関しては、「詳細環境影響評価 (Estudio de Impacto Ambiental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

表 4.8.1-1 環境影響に基づくカテゴリー分類

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

出典：SEIA 法（2001年）を基に JICA 調査団作成

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



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

図 4.8.1-1 農業省における環境承認取得までのプロセス

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

本事業における環境影響評価の進捗状況は次のとおりである。

事前環境評価(EAP)は、農業省に登録されている現地コンサルタント(CIDES Ingenieros S.A.)によりマヘス - カマナ川流域については 2011 年 9 月から 2011 年 10 月にかけて実施された。

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、マヘス-カマナ川流域において計画されている洪水対策工事をまとめたものである。

表-4.8.1-2 工事実施予定地

マヘス・カマナ川	MC1	0.0k-4.5k	氾濫点	農地 (米、その他)	築堤(無堤区間) 護岸工	天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:4,500m	0.0km-4.5km (左岸)
	MC2	7.5k-9.5k	氾濫点			天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:2,000m	7.5km-9.5km (左岸)
MC3	11.0k-17.0k	氾濫点	天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:6,000m	11.0k-17.0k(左岸)			
MC4	48.0k-50.5k	氾濫点	天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:2,500m	48.0km-50.5km (左岸)			
MC5	52.0k-56.0k		天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:4,000m	52.0k-56.0k(左岸)			
MC6	59.0k-62.5k 59.5k-62.5k	氾濫点/河 岸浸食	天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:6,500m	59.0km-62.5km (左岸) 59.5km-62.5km (右岸)			
MC7	65.0k-66.5k 64.5k-66.5k	氾濫点	天端幅:4.0m 高さ:2.0m-3.0m 法勾配:1:3 延長:1,500m	65.0km-66.5 km.(右岸) 64.5km-66.5 km. (左岸)			

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
	発現期間	事業実施地	2
		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

(1) 環境影響・社会影響の認識

表-4.8.3-1 影響の認識マトリックス (建設期間/供用後) - マヘス・カマナ川流域

建設期間		事業対象地	環境指標							負の影響合計	正の影響合計		
			1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7	1-7				
自然環境	大気	粉塵 (PM-10)		N	N		N	N		N	N	6	0
		排気ガス		N	N	N	N	N		N	N	7	0
	騒音	騒音		N	N	N	N	N	N	N	N	8	0
		土壌	肥沃さ		N				N				2
	水	土地利用性		N			N	N				3	0
		表流水質					N		N			2	0
	地形・河川地形	地表水量				N						1	0
		河川地形					N					1	0
	生物環境	植物	地形		N	N			N			3	0
			陸上植物		N				N				2
動物	水生植物					N					1	0	
	陸上動物		N				N				2	0	
社会経済環境	社会	水生生物			N		N				2	0	
		景観					N	N				2	0
経済	生活の質	P						N	N	N	3	1	
	脆弱性・安全性										0	0	
経済	経済活動人口	P									0	1	
	土地の利用										0	0	
合計			2	8	5	3	9	9	3	4	4	45	2
%												96%	4%

供用後		課題1	課題2	課題3	課題4	課題5	課題6	課題7	負の影響	正の影響	
自然環境	大気	粉塵 (PM-10)							0	0	
		排気ガス							0	0	
	騒音	騒音							0	0	
		安定性							0	0	
	土壌	土地利用性							0	0	
		水	地表水質						0	0	
地形・河川地形	地表水量	P	P	P	P	P	P	P	0	7	
	河川地形	N	N	N	N	N	N	N	7	0	
生物環境	植物	地形	N	N	N	N	N	N	7	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	N	N	N	N	N	N	N	7	0
		景観	P	P	P	P	P	P	P	0	7
経済	生活の質	P	P	P	P	P	P	P	0	7	
	脆弱性・安全性	P	P	P	P	P	P	P	0	7	
経済	経済活動人口								0	0	
	土地の利用	P	P	P	P	P	P	P	0	7	
合計		8	8	8	8	8	8	8	21	35	
%									37.5%	62.5%	

注： N：負の影響、P：正の影響

出典：『アレキパ地域カスティジャ郡・カマナ群マヘス・カマナ川流域事前環境評価報告書』を基に JICA 調査団作成

マヘス・カマナ川流域において、建設期間には 47 点の影響が予測される。そのうち 45 点 (96%) の影響は、負の性質を持ち、2 点 (4%) の影響は正の性質を持つと予測される。供用後には、56 点の影響が予測される。そのうち 21 点 (37.5%) が負の影響、35 点 (62.5%) が正の影響である。

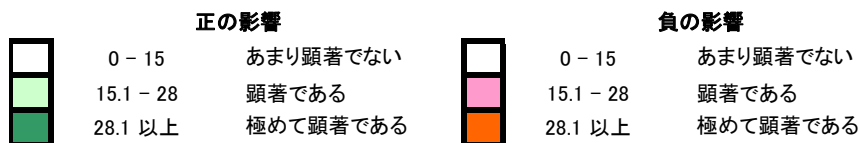
(2) 環境影響・社会影響の評価

以下の表は、建設期間に発現が予測される環境影響を工事作業毎に、供与後に発現が予測される環境影響を事業対象地毎に点数化したものをまとめたものである。

表-4.8.3-2 環境影響評価のマトリックス-マヘス-カマナ川流域

マヘス-カマナ川流域 建設期間		マヘス-カマナ川流域 建設期間									
		工事計画									
		地方住民の雇用	工事サイトの準備 (測量切り払い、区画確定、地ならし)	河岸の掘削と盛り土	土木工事(コンクリート作業)	探脚場および資材設置場所の維持管理	大量の掘削土・淤泥石の維持管理	工事キャンプの維持管理	労働者の運搬	工事機材及び資材の運搬	
環境指標		MC1-MC7	MC1-MC7	MC1-MC7	MC1-MC7	MC1-MC7	MC1-MC7	MC1-MC7	MC1-MC7	MC1-MC7	
自然環境	大気	粉塵 (PM-10)	0.0	-12.0	-12.0	0.0	-18.0	-18.0	0.0	-12.0	-12.0
		排気ガス	0.0	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	-11.5	0.0	-11.5	-11.5
	騒音	騒音	0.0	-15.0	-12.0	-12.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0
	土壌	安定性	0.0	-11.5	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	-15.0	-15.0	0.0	0.0	0.0
	水	地表水質	0.0	0.0	-12.0	0.0	-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	地表水量	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	0.0	0.0	-23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	地形	0.0	-33.0	-15.0	0.0	0.0	-28.0	0.0	0.0	0.0	
生物環境	植物	陸上植物	0.0	-28.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	0.0	0.0	0.0
		水生植物	0.0	0.0	-14.5	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	-22.5	0.0	0.0	0.0
		水生生物	0.0	0.0	-14.5	0.0	-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
社会経済環境	社会	景観	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.0	-12.0	0.0	0.0	0.0
		生活の質	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.5	-17.5	-17.5
		脆弱性・安全性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	経済	経済活動人口	17.0	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	

マヘス-カマナ川流域		マヘス-カマナ川流域 供用後							
		CM1 (既設堤防の修復)	CM2 (既設堤防の修復)	CM3 (既設堤防の修復)	CM4 (既設堤防の修復・築堤)	CM5 (既設堤防の修復・築堤)	CM6 (既設堤防の修復・築堤)	CM7 (既設堤防の修復・築堤)	
自然環境	大気	粉塵 (PM-10)	0.0	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	0.0
	騒音	騒音	0.0	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	0.0	0.0	0.0
		土地利用性	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	水	地表水質	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	地表水量	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	
地形・河川地形	河川地形	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	
	地形	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	
生物環境	植物	陸上植物	0.0	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	0.0
	動物	陸上動物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		水生生物	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5	-25.5
社会経済環境	社会	景観	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
		生活の質	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
		脆弱性・安全性	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
	経済	経済活動人口	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	土地の利用	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	



出典：『アレキパ地域カスティジャ郡・カマナ群マヘス・カマナ川流域事前環境評価報告書』を基に JICA 調査団作成

マヘス・カマナ川流域において、建設期間中に発現の可能性がある45点の負の影響の中で、顕著であるものが11点、極めて顕著であるものが1点ある。供与後に発現する可能性がある21点の負の影響はすべて顕著あるいはであると予測される。

建設期間にはすべての事業対象地において、区画策定や地ならしといった作業を伴う工事サイトの準備作業が、特に地形に対して影響を与えると予測される。供用後には、河川地形及び水生生物への影響が予測される。

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

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

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

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

4.8.4 環境影響管理

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

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

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

表-4.8.4-1 環境影響と予防・緩和策

	影響	対策	期間
自然環境	表流水水質・水量への影響	河川転流・囲い堰作業管理計画	建設期間
		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	
	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	建設期間
		工事車両交通管理計画 地元住民雇用計画	
	経済活動人口	地元住民雇用計画	

出典：JICA 調査団作成

4.8.5 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。

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-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

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。

大気質モニタリング

マヘス-カマナ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: 多様性指数(H)(Shannon-Wiener Index)/均衡度指数(J)(Pielou Evanness Index)/EPT指数(EPT)/EPT割合(EPT%)
測定地点	工事実施地より50m上流
	工事実施地より50m下流
	工事実施地より100m下流
測定頻度	維持管理期間開始後2年間、毎3ヶ月
実施責任機関	事業実施主体もしくは事業実施主体の監督下にある第三者

出典：JICA 調査団作成

(2) 事業終了時計画

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

(3) 市民参加計画

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

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

4.8.6 環境影響管理対策実施コスト

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

表-4.8.6-1 環境影響管理対策直接コスト

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

4.8.7 結論と提言

(1) 結論

EAP の結果によると、本事業の実施により、建設期間及び維持管理期間に発現する環境影響に

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

4.9 実施計画

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

(1) 公共投資審査 (SNIP)

「ペ」国では、公共投資事業の妥当性・実施可能性を審査する公共投資国家システム（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。

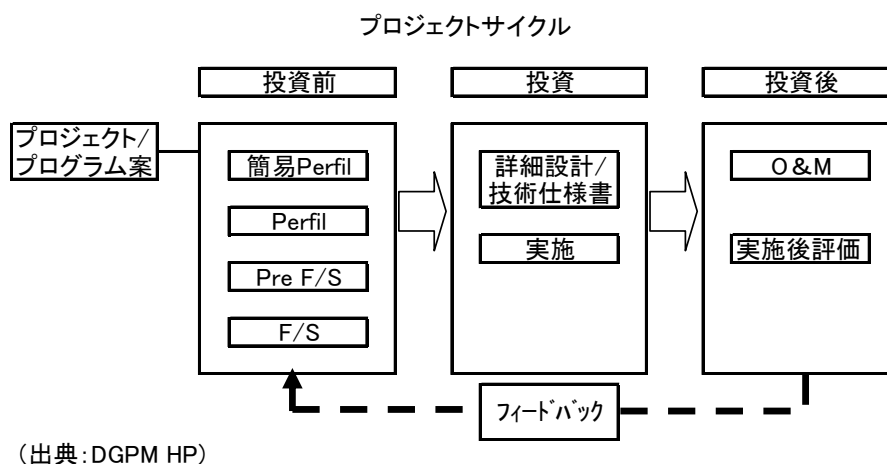


図-4.9-1 SNIP プロジェクトサイクル

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。

(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-4.12-1 に示す。

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

表-4.9-1 実施計画

項目	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
1	調査				調査				調査				調査				調査				調査							
2	調査				調査				調査				調査				調査				調査							
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、工事実施に対する監理を行う。
- 農業省の計画投資室(OPI)は、水インフラ総局(DGIH)のプロジェクトの投資前段階におけるプレF S及びF S 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 および図-4.10-2 に示す。

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

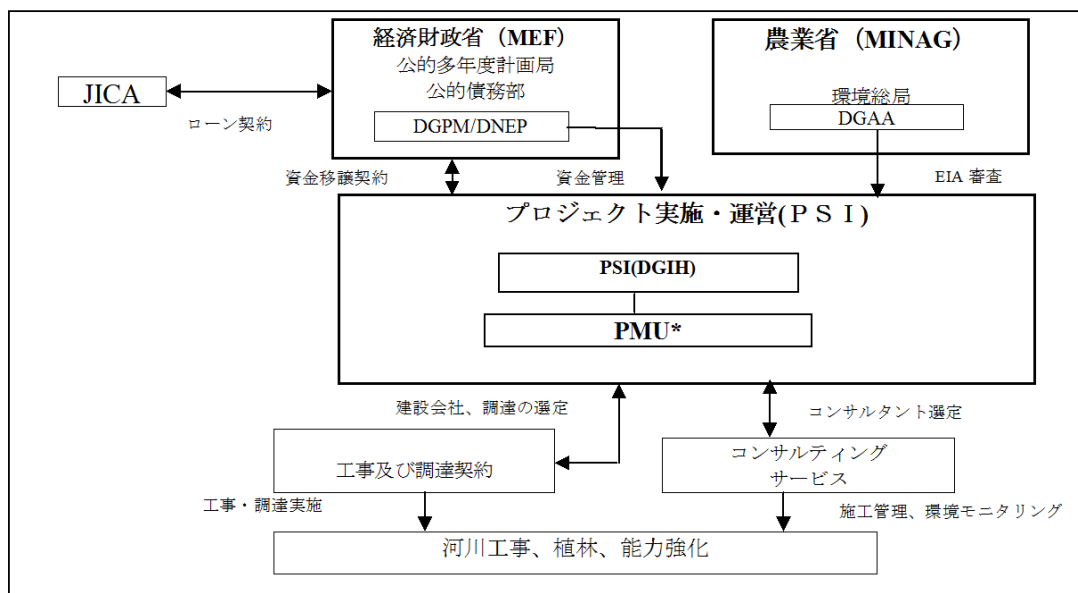


図-4.10-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

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

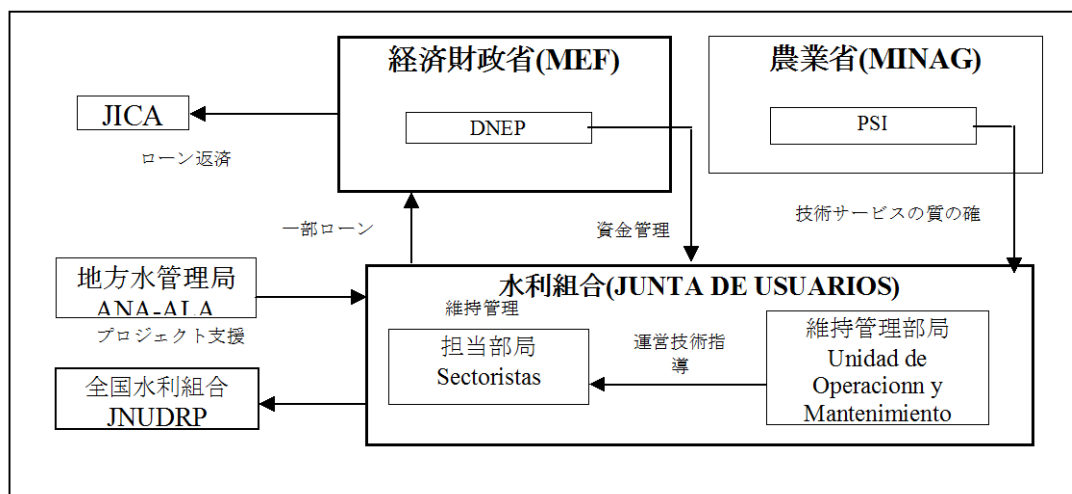


図-4.10-2 プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)

(1) DGIH

1) 役割及び機能

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

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

2) 主な所掌

- a. 水インフラ開発に対して、計画及び予算事務所と調整して水インフラの開発に関する管理及び部門政策を提案することと、水インフラ開発に関して、部門政策の実施をモニタリングし評価する。
- b. 部門政策の一部として政府や州、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。

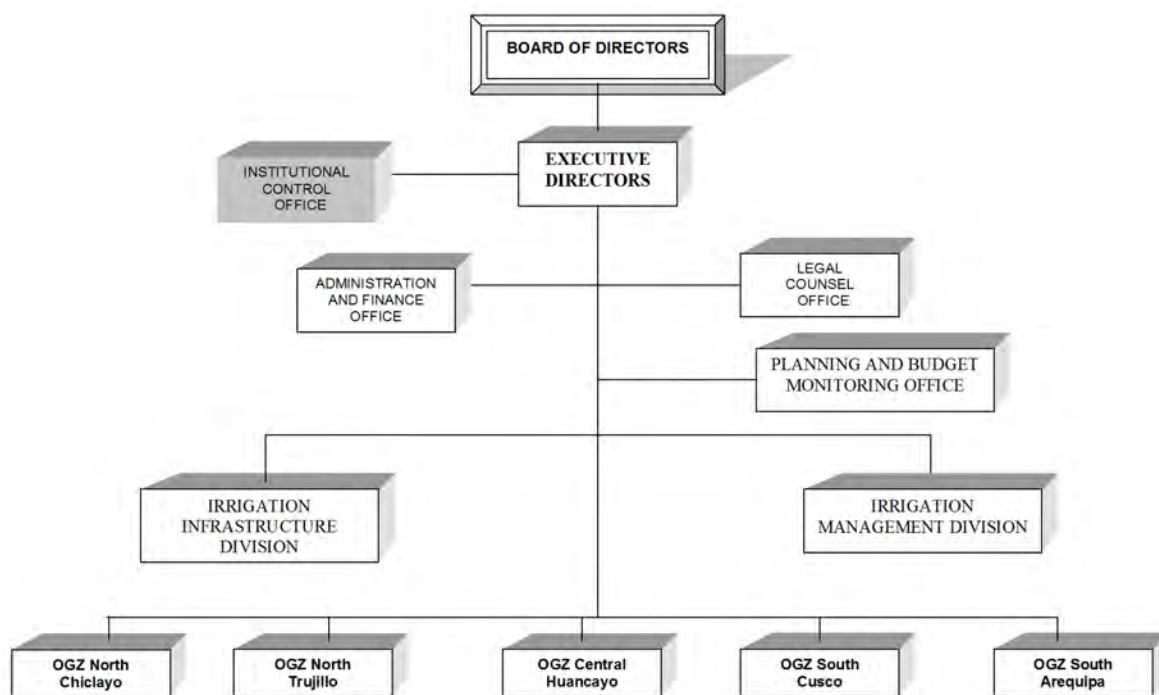


図-4.10-3 PSIの組織

4.11 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
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、ポエチヨスダムの安全確保	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、道路損傷箇所および頻度、河岸侵食の状況、ダム下流の侵食状況	現地視察、治水対策計画書、洪水対策工事報告書などのチェック、地域住民による日常的なモニタリング	地方政府、自治体、地域住民など維持管理者の監視および上位機関への適切な報告
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	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マヘス-カマナ川は 48.6 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

マヘス-カマナ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。マヘス - カマナの氾濫特性は流下能力が不足している区間が点在しており、特に河口より左岸側 4km 付近、55km 付近及び右岸側 62km 付近より氾濫が農地に広がっている。

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。

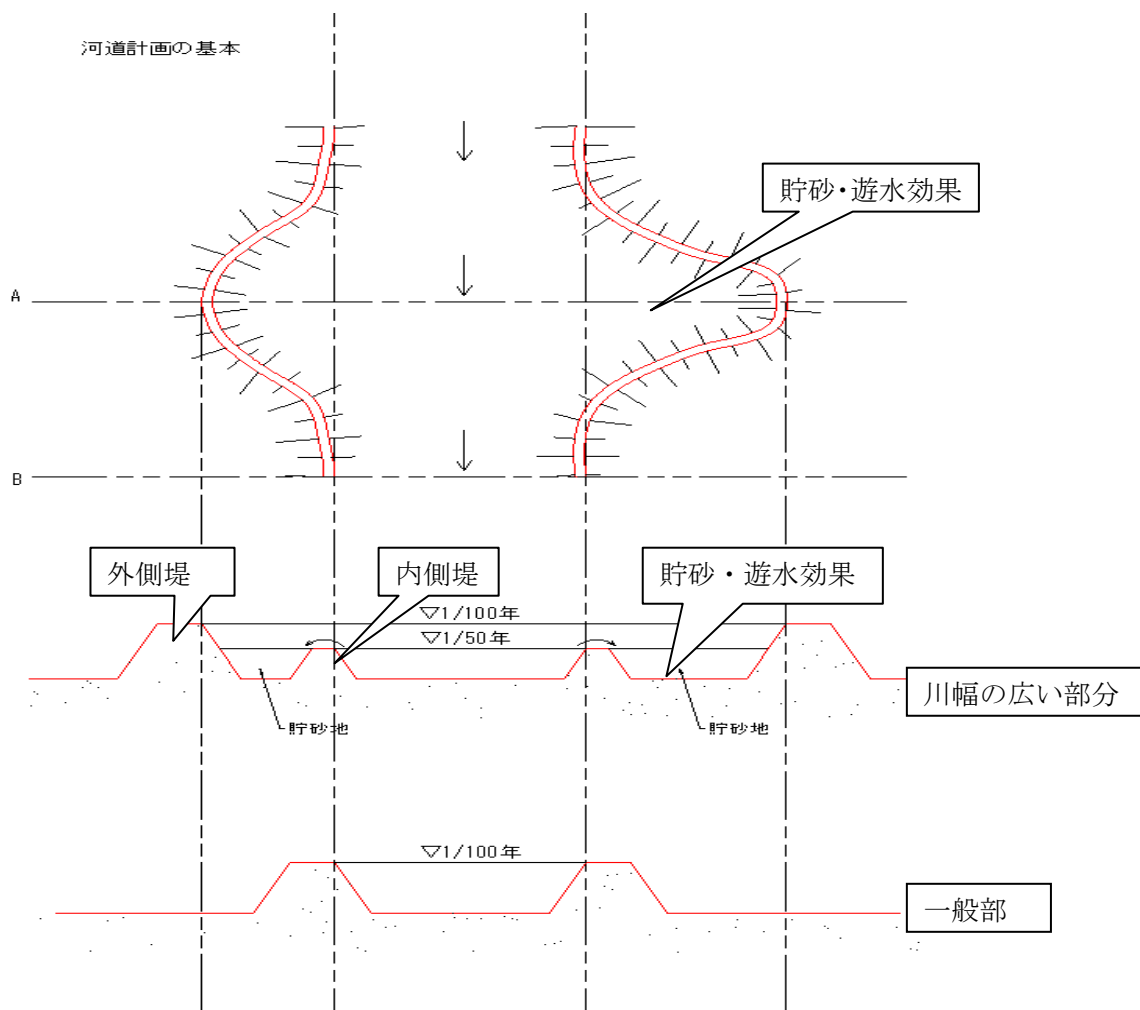


図-4.12.1-1 堤防法線の決定

5) 河川の平面および縦断形状

マヘス・カマナ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。

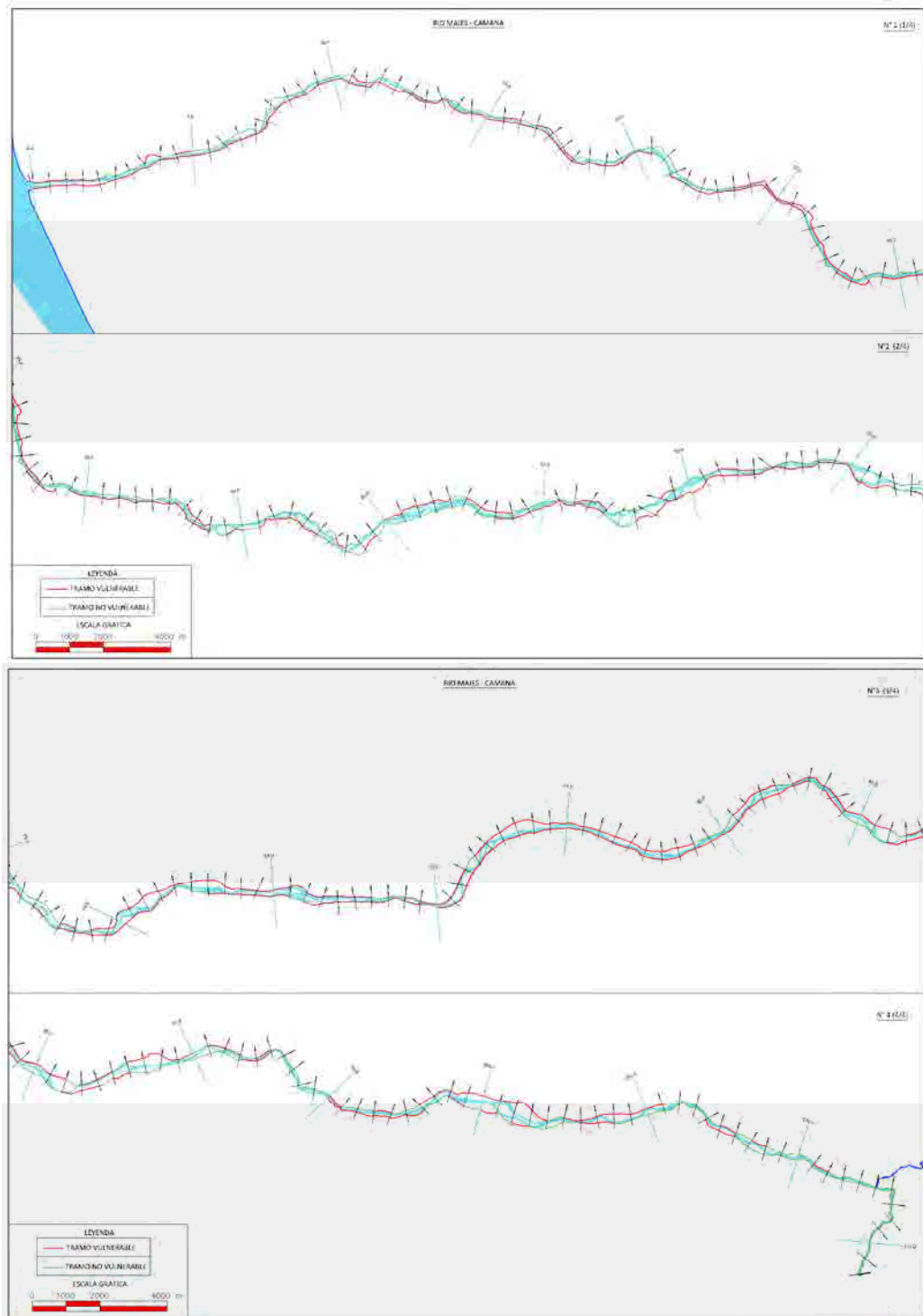


図-4.12.1-2 マヘス・カマナ川平面図

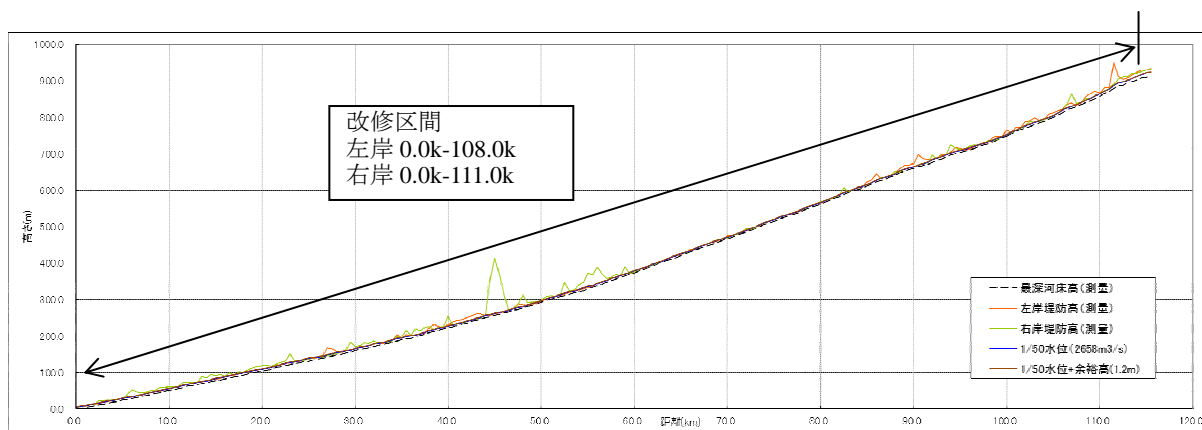


図-4.12.1-3 マヘス-カマナ川縦断面図

6) 堤防の設置計画

マヘス-カマナ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。

マヘス-カマナ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 全体洪水防御施設計画

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)
	左岸	右岸			
マヘス/カマナ川	左岸	0.0k-108.0k	1.77	堤防 h=2.0m 護岸 h=3.0m	79.5
	右岸	0.0k-111.0k	1.81		56.5
	計		1.79	136.0	

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。

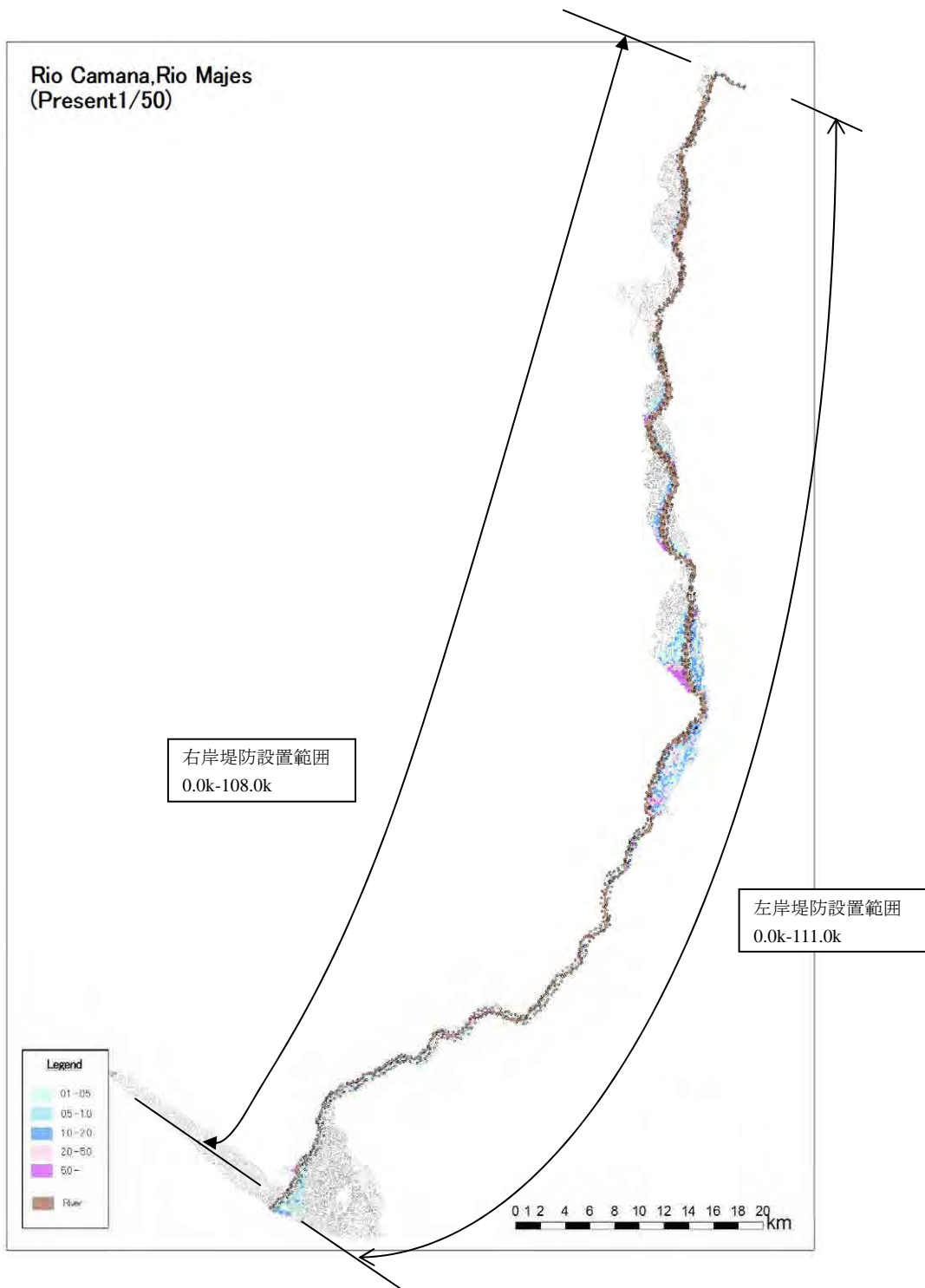
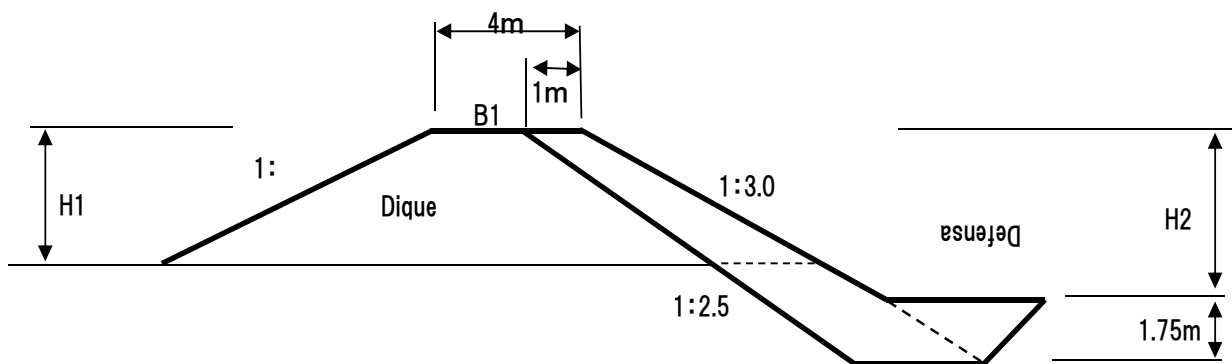


図-4.12.1-4 マヘス-カマナ堤防設置計画

表-4.12.1-2 直接工事費 (民間価格)

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		数量	単位	単価 (ソル)	直接工事費 /1m (ソル)	直接工事費 /1km (千ソル)	堤防延長 (km)	直接工事費 (千ソル)
マヘス	築堤	17.0	m3	10.0	170.0	170.0	136.0	23,120.0
カマナ	護岸	16.5	m3	100.0	1,650.0	1,650.0		224,400.0

表-4.12.1-3 事業費 (民間価格)

流域名	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15 x (3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1 x (3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18 x (6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01 x (8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05 x (8)	Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1 x (8)	構造物・事業費 (12) = (8)+(9)+(10)+(11)
MAJES-CAMANA	247,520,000	24,752,000	272,272,000	40,840,800	27,227,200	340,340,000	61,261,200	401,601,200	4,016,012	20,080,060	40,160,120	465,857,392

表-4.12.1-4 事業費 (社会価格)

流域名	Costo Directo 直接工事費計 (1)	Costo de Obras Temporales 共通仮設費 (2) = 0.1 x (1)	Costo de Obras 工事費 (3) = (1) + (2)	Gastos Operativos 諸経費 (4) = 0.15 x (3)	Utilidad 利益 (5) = 0.1 x (3)	Costo Total Infraestructura 構造物工事費 (6) = (3)+(4)+(5)	IGV 税金 (7) = 0.18 x (6)	Costo Total Obra 建設費 (8) = (6)+(7)	Impacto Ambiental 環境影響 (9)=0.01 x (8)	Expediente Tecnico 詳細設計 (10) = 0.05 x (8)	Supervisión 施工管理費 (11) = 0.1 x (8)	構造物・事業費 (12) = (8)+(9)+(10)+(11)
MAJES-CAMANA	199,006,080	19,900,608	218,906,688	32,836,003	21,890,669	273,633,360	49,254,005	322,887,365	3,228,874	16,144,368	32,288,736	374,549,343

(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

マヘス-カマナ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

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

3) 維持管理費

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

直接工事費

$$\text{民間価格 } 530,000\text{m}^3 \times 10 \text{ ソル} = 5,300 \text{ 千ソル}$$

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
マヘス・カマナ川	箇所1	対象区間:12.0km-13.0km 対象土量:70,000m ³	比較的川幅も狭く、少ない土砂量でも顕著な河床上昇が発生する可能性が高い地点と推測される。取水施設への影響を踏まえ、毎年の定期的な維持掘削が望ましい。
	箇所2	対象区間:100.0km-101.0km 対象土量:460,000m ³	急拡部であり、大量の土砂の堆積する可能性が高い箇所である。当該区間で維持掘削を実施することにより、中流部の河床上昇も抑制される効果が期待できる。 治水上の観点から、計画的な維持掘削を実施すべき地点と考えられる。

※対象土量は 50 年間の堆積土砂量

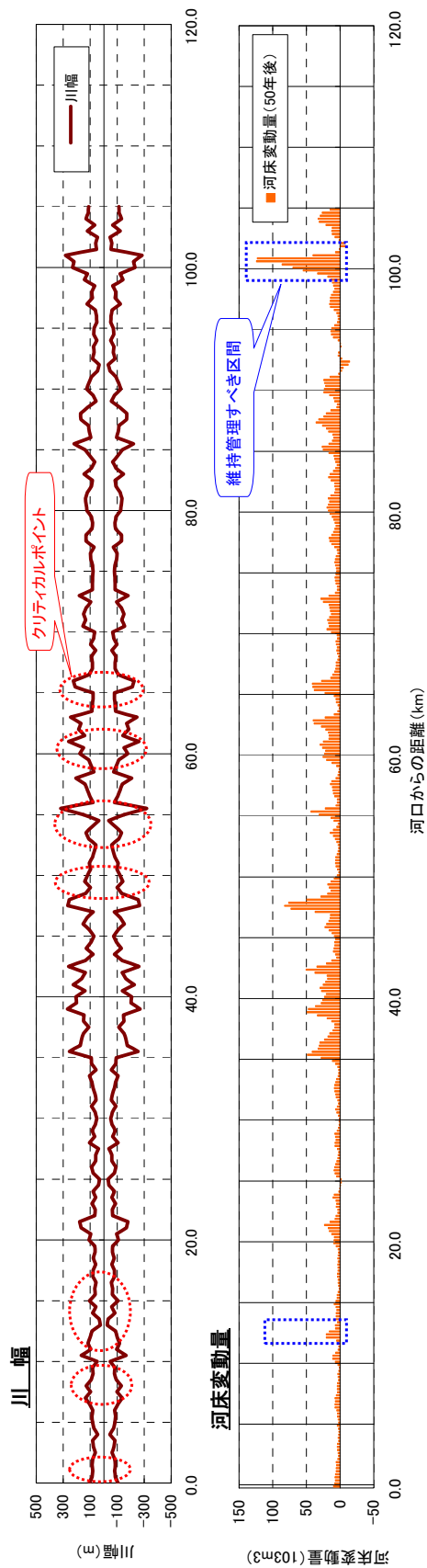


図-4.12.1-5 維持管理が必要な堆積区間 (マヘス・カマナ川)

表-4.12.1-6 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 Técnico 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)	Costo Total 事業費/50 (13) = (12)/50
MAJES-CAMANA	5,300	530	5,830	875	583	7,288	1,312	8,599	88	430	860	9,975	200

表-4.12.1-7 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 Técnico 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)	Costo Total/50 años 事業費/50年 (14) = (13)/50
MAJES-CAMANA	5,300	530	5,830	875	583	7,288	1,312	8,599	0.804	6,914	69	346	691	8,020	160

(3) 社会評価

1) 民間価格

a) 被害額

マヘス-カマナ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	Majes-Camana
2	0
5	47,669
10	76,278
25	111,113
50	190,662

b) 年平均被害軽減額

表-4.12.1-8 に基づき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。

c) 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。

d) 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

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 Da ños	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				
MAJES- CAMANA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0.500	0	0	
	5	0.200	47,669	0	47,669	23,834	0.300	7,150	
	10	0.100	76,278	0	76,278	61,973	0.100	6,197	
	25	0.040	111,113	0	111,113	93,696	0.060	5,622	
	50	0.020	190,662	0	190,662	150,887	0.020	3,018	

表-4.12.1-10 経済評価の結果 (民間価格)

	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
Majes-Camana	285,833,001	129,076,518	465,857,392	29,096,617	0.31	-291,140,628	-

2) 社会価格

a) 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	Majes-Camana
2	0
5	48,468
10	78,194
25	116,730
50	206,459

b) 年平均被害軽減額

表-4.12.1-11 に基づき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。

c) 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。

d) 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

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 Da ños	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				
MAJES- CAMANA	1	1.000	0	0	0		0	0	
	2	0.500	0	0	0	0	0	0	
	5	0.200	48,468	0	48,468	24,234	0.300	7,270	7,270
	10	0.100	78,194	0	78,194	63,331	0.100	6,333	13,603
	25	0.040	116,730	0	116,730	97,462	0.060	5,848	19,451
	50	0.020	206,459	0	206,459	161,594	0.020	3,232	22,683

表-4.12.1-13 経済評価の結果 (社会価格)

	年平均被害軽減額	評価期間被害 軽減額(15年)	事業費	維持管理費	B/C	NPV	IRR(%)
	Annual Average Damage Reduction	Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	Project Cost	O&M Cost	Cost Benefit Ration	Net Present Value	Internal Return of Rate
Majes-Camana	294,878,168	133,161,136	374,549,343	23,393,680	0.39	-204,693,450	-

(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で経済効果はなく、事業費は民間価格で 465.9 百万ソル(139.8 億円)と巨額となり、本プロジェクトでは採用が困難である。

4.12.2 植林・植生計画

(1) 上流域における植林

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

1) 基本方針

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

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

2) 植林対象地の選定

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

3) 必要事業期間

もともと人口密度が低い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、マヘス-カマナ流域では 98 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

マヘス-カマナ流域において、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 31 万 ha、実施期間は 98 年間、事業費は約 8 億ソレスとなり、長期間、莫大な費用を要することとなる。

表-4.12.2-1 上流域における植林計画全体計画

流域	植林面積 (ha) A	必要事業期間(年) B	必要事業費(ソレス) C
カマナ・マヘス	307,210	98	829,200,856
チンチャ流域における ha あたり事業費 = 2,699.13 (ソレス/ha)			
(計算例：マヘス - カマナ流域)			
307,210 / 44,075 x 14 = 98 (年)			
307,210 x 2,699.13 = 829,200,856 (ソレス)			

(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、98 年間という事業期間、約 8 億ソレスの事業費を考慮すると本事業としては適当でなく、本事業の終了後にこの計画に基づき長期的に逐次実施すべきである。

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。マヘス-カマナ川流域に対して、流域全体を対象とした場合および優先範囲を限定して、これらの配置検討を実施した結果、概算工事費は表-4.12.3-1 に示す通りとなる。

今回対象としているマヘス-カマナ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/.)		
カマナ/マ ヘス流域	全流域	264	S/.282	26	S/.1	123	S/.165	S/.448	S/.843
	優先範囲	264	S/.282	26	S/.1	81	S/.105	S/.388	S/.730

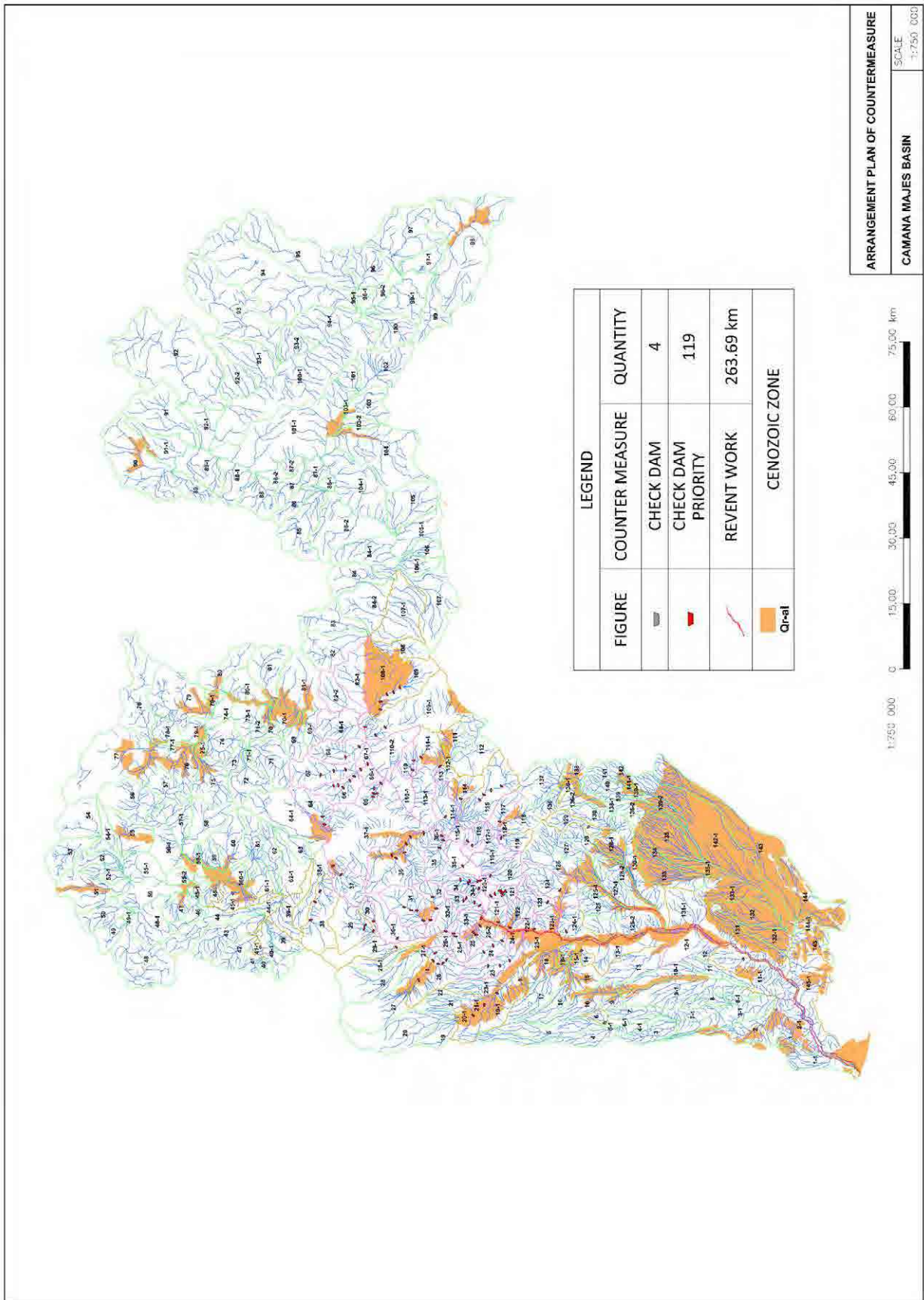


図-4.12.3-1 マヘス - カマナ川流域土砂制御対策工位置図

第5章 結論

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

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

