

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調査

ファイナルレポート
I-5 メインレポート
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

ファイナルレポートの構成

要約報告書

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



付図 調査対象地域

略 語

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

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

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調
ファイナルレポート
I-5 メインレポート
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 技術的提案	1-2
1.4.1 構造物対策	1-2
1.4.2 非構造物対策	1-3
1.4.3 技術支援	1-4
1.5 プロジェクトのコスト	1-4
1.6 社会評価	1-4
1.7 持続可能性分析	1-5
1.8 環境インパクト	1-6
1.9 組織と管理	1-7
1.10 実施計画	1-8
1.11 資金計画	1-9
1.12 結論と提言	1-10
1.12.1 結論	1-10
1.12.2 提言	1-10
1.13 論理的枠組み	1-12
1.14 中・長期計画	1-13
第2章 一般的側面	2-1
2.1 プロジェクトの名称	2-1
2.2 形成および執行機関	2-1
2.3 関係機関と被益者の参加	2-1
2.4 構想の枠組み（関連性の枠組み）	2-4

2.4.1	プログラムの背景	2-4
2.4.2	プロジェクトに関連する法令、政策、ガイドライン	2-6
第3章	アイデンティフィケーション	3-1
3.1	現状分析	3-1
3.1.1	自然条件	3-1
3.1.2	対象地域の社会経済	3-2
3.1.3	農業	3-9
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	3-46
3.1.9.1	降雨量データ	3-47
3.1.9.2	流量	3-54
3.1.9.3	実測流量に基づく確率規模洪水流量	3-56
3.1.9.4	降雨量に基づく流出解析 (HEC-HMS システム)	3-56
3.1.9.5	解析結果の考察	3-69
3.1.10	氾濫解析	3-72
3.2	プロジェクトの目的	3-78
3.2.1	調査対象地域の洪水対策における問題点	3-78
3.2.2	問題点の原因	3-78
3.2.3	問題点による結果	3-78
3.2.4	原因と結果の樹系図	3-79
3.2.5	主要な問題点を解決する手段	3-81
3.2.6	主要な目的を達成することにより得られる効果	3-81
3.2.7	手段—目的—効果の樹系図	3-82
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	4-20
4.3.2.1	植林/植生回復	4-20
4.3.2.2	土砂制御計画	4-27
4.3.3	技術支援	4-29

4.4	コスト	4-34
4.4.1	コストの算出（民間価格）	4-34
4.4.2	コストの算出（社会価格）	4-48
4.5	社会評価	4-50
4.5.1	民間価格	4-50
4.5.2	社会価格	4-57
4.5.3	社会評価のまとめ	4-58
4.6	感度分析	4-58
4.7	リスク分析	4-60
4.8	持続可能性分析	4-61
4.9	環境インパクト	4-63
4.9.1	環境影響評価の手続き	4-63
4.9.2	環境影響評価の方法	4-64
4.9.3	環境的影響・社会的影響の認識・描写・評価	4-66
4.9.4	環境影響管理	4-68
4.9.5	環境管理計画	4-69
4.9.6	環境影響管理対策実施コスト	4-71
4.9.7	結論と提言	4-72
4.10	組織と管理	4-73
4.11	実施計画	4-78
4.12	資金計画	4-81
4.13	最終選定案の論理的枠組み	4-82
4.14	インパクト評価の基準	4-83
4.15	中・長期計画	4-84
4.15.1	全体治水計画	4-84
4.15.2	植林・植生計画	4-100
4.15.3	土砂制御計画	4-101
第5章	結論と提言	5-1
5.1	結論	5-1
5.1	提言	5-1
5.2.1	本事業に係わる提言	5-1
5.2.2	ペルー国における今後の洪水対策に係わる提言	5-4

表 一 覧

表-1.3-1	需要と供給分析.....	1-1
表-1.5-1	事業費および事業費の内訳.....	1-4
表-1.6-1	社会評価の結果.....	1-5
表-1.7-1	水利組合の事業予算.....	1-5
表-1.7-2	維持管理費の水利組合事業費および被害軽減額に対する比率.....	1-6
表-1.10-1	実施計画.....	1-9
表-1.11-1	事業実施時における資金支出計画.....	1-10
表-1.13-1	最終案の論理的枠組み.....	1-12
表-1.14-1	全体治水計画における事業費および社会評価(民間価格).....	1-13
表-1.14-2	全体治水計画における事業費および社会評価(社会価格).....	1-13
表-1.14-3	上流域における植林計画.....	1-14
表-1.14-4	上流域における土砂制御施設の概算事業費.....	1-14
表-2.4.1-1	調査および報告書提出の経緯.....	2-6
表-3.1.2-1	マヘスー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 GNP の経年変化 (2001-2010).....	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高.....	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	アレキパ州における災害	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	植生区分ごとの面積（マヘスーカマナ流域）	3-31
表-3.1.7-3	大分類植生区分ごとの面積と割合（マヘスーカマナ流域）	3-32
表-3.1.7-4	2005 年までに減少した森林面積	3-32
表-3.1.7-5	1995 年から 2000 年の植生区分の面積変化（マヘスーカマナ流域）	3-32
表-3.1.7-6	1994 年から 2003 年までの植林実績（旧県別）	3-33
表-3.1.7-7	アレキパ州の植林実績	3-33
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.....	3-35
表-3.1.8-4	河床勾配と溪流の総流路長	3-36
表 3.1.8-5	エリアと標高の関係.....	3-38
表-3.1.8-6	マヘス - カマナ川の標高毎の傾斜区分	3-39
表-3.1.8-7	マヘス川上流で発生した土石流	3-40
表-3.1.8-8	雨量を確認した観測所一覧	3-43
表-3.1.8-9	各観測所の確率雨量と 1998 年最大日雨量.....	3-43
表-3.1.9.1-1	雨量観測地点一覧（マヘス - カマナ川流域）	3-48
表-3.1.9.1-2	雨量観測データ収集期間（マヘス - カマナ川流域）	3-49
表-3.1.9.1-3	TISCO 観測所の月降雨量.....	3-51
表-3.1.9.1-4	マヘス - カマナ川流域の各降雨観測所における年最大 24 時間雨量（日雨量）(1/2)	3-52
表-3.1.9.1-4	マヘス - カマナ川流域の各降雨観測所における年最大 24 時間雨量（日雨量）(2/2)	3-53
表-3.1.9.2-1	マヘス - カマナ川における流量観測所	3-55
表 3.1.9.2-2	マヘス - カマナ川流域観測所の年最大流量	3-55
表-3.1.9.3-1	基準地点確率規模流量	3-56
表-3.1.9.4-1	各降雨観測所における各確率規模の 24 時間降雨量（マヘス - カマナ川流域）	3-60
表-3.1.9.4-2	マヘス - カマナ川流域を構成する各小流域における各確率規模の 24 時間降雨量	3-60
表-3.1.9.4-3	SCS Hypothetical Storm における 24 時間降雨量累加曲線	3-62
表-3.1.9.4-4	CN の採用値.....	3-65
表-3.1.9.4-5	土地利用および土質性状に基づく CN (1/3).....	3-66
表-3.1.9.4-5	土地利用および土質性状に基づく CN (2/3).....	3-67
表-3.1.9.4-5	土地利用および土質性状に基づく CN (3/3).....	3-68

表-3.1.9.4-6	確率規模別洪水流量	3-69
表-3.1.9.4-7	確率規模別洪水比流量	3-69
表-3.1.9.4-8	既往最大流量と確率 50 年流量の比較	3-69
表-3.1.10-1	河川測量の概要	3-72
表-3.1.10-2	氾濫解析手法	3-73
表-3.2.1-1	洪水対策における問題点と保全対象	3-78
表-3.2.2-1	主要な問題点の直接的原因および間接的原因	3-78
表-3.2.3-1	問題点による直接のおよび間接的結果	3-79
表-3.2.5-1	問題点を解決する直接のおよび間接的手段	3-81
表-3.2.6-1	直接のおよび間接的効果	3-82
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	重要洪水対策施設の選定根拠	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	4-16
表-4.3.2.1-1	生産可能苗木樹種リスト	4-23
表-4.3.2.1-2	現地調査で確認された樹種リスト（河川沿い）	4-24
表-4.3.2.1-3	植栽樹種選定結果（詳細）	4-24
表-4.3.2.1-4	樹種選定の評価基準	4-24
表-4.3.2.1-5	選定した樹種	4-25
表-4.3.2.1-6	植林/植生回復計画数量（河川沿い）	4-25
表-4.3.2.1-7	苗木単価	4-26
表-4.3.2.1-8	植林工事費	4-26
表-4.3.2.2-1	土砂制御計画基本方針	4-27
表-4.3.3-1	技術支援の内容と直接費用	4-32
表-4.4.1-1	労務費単価（1）	4-35
表-4.4.1-1	労務費単価（2）	4-35
表-4.4.1-2	主要な材料単価	4-36
表-4.4.1-3	主要な建設機械単価	4-36
表-4.4.1-4	工事数量	4-37
表-4.4.1-5	工事単価の積算（マヘスーカマナ川 Mc-1 の例）	4-38
表-4.4.1-6	直接工事費（民間価格および社会価格）	4-42

表-4.4.1-7	コンサルタント詳細設計費（4 流域合計）	4-43
表-4.4.1-8	コンサルタント施工管理費（4 流域合計）	4-44
表-4.4.1-9	用地取得費	4-44
表-4.4.1-10	補償工事費(直接工事費)	4-44
表-4.4.1-11	事業実施機関管理費（4 流域合計）	4-45
表-4.4.1-12	総事業費（民間価格）	4-47
表-4.4.1-13	総事業費（社会価格）	4-47
表-4.4.1-14	年間維持管理費	4-47
表-4.4.2-1	社会価格への標準変換係数（MEF：経済財政省）	4-48
表-4.4.2-2	対策工直接工事費の民間価格から社会価格への変換	4-49
表-4.5.1-1	洪水被害額の算定項目	4-50
表-4.5.1-2	想定洪水被害額の計算（民間価格）（確率 50 年）	4-52
表-4.5.1-3	想定洪水被害額（民間価格）	4-52
表-4.5.1-4	年平均想定被害軽減期待額の算定方法	4-53
表-4.5.1-5	年平均被害軽減期待額（民間価格）	4-53
表-4.5.1-6	費用便益分析の評価指標と特徴	4-54
表-4.5.1-7	社会評価(B/C、NPV、IRR)（民間価格）	4-55
表-4.5.1-8	社会評価の計算（民間価格）（マヘス-カマナ川）	4-56
表-4.5.1-9	社会評価の計算（社会価格）（マヘス-カマナ川）	4-56
表-4.5.2-1	想定洪水被害額の計算（社会価格）（マヘス-カマナ川）（確率 50 年）	4-57
表-4.5.2-2	想定洪水被害額（社会価格）	4-57
表-4.5.2-3	年平均被害軽減期待額（社会価格）	4-58
表-4.5.2-4	社会評価（B/C、NPV、IRR）（社会価格）	4-58
表-4.6-1	感度分析手法	4-59
表-4.6-2	感度分析の検討ケース及び経済指標	4-59
表-4.6-3	IRR、B/C、NPV の感度分析結果	4-60
表-4.7-1	NPV が 0 となるコストの増加%および便益の減少%	4-60
表-4.8-1	水利組合の事業予算	4-62
表-4.8-2	維持管理費の水利組合事業費および被害軽減額に対する比率	4-62
表-4.9.1-1	環境影響に基づくカテゴリー分類	4-63
表-4.9.1-2	工事実施予定地	4-64
表-4.9.2-1	Leopold マトリックスー評価基準	4-65
表-4.9.2-2	影響の大きさの程度の基準	4-65
表-4.9.3-1	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	4-66
表-4.9.3-2	環境影響評価のマトリックスーマヘス-カマナ川流域	4-67
表-4.9.4-1	環境影響と予防・緩和策	4-69

表-4.9.5-1	水質及び生物多様性モニタリング	4-69
表-4.9.5-2	大気質モニタリング	4-70
表-4.9.5-3	騒音モニタリング	4-70
表-4.9.5-4	水質及び生物多様性モニタリング	4-70
表-4.9.6-1	環境影響管理対策予算	4-71
表-4.10-1	PSI の予算 (2011 年)	4-76
表-4.10-2	PSI の職員数	4-76
表-4.11-1	実施計画	4-80
表-4.12-1	事業実施時における資金支出計画	4-82
表-4.12-2	円借款貸付金の返済条件	4-82
表-4.13-1	最終案の論理的枠組み	4-83
表-4.15.1-1	全体洪水防御施設計画	4-90
表-4.15.1-2	直接工事費 (民間価格)	4-92
表-4.15.1-3	事業費 (民間価格)	4-93
表-4.15.1-4	事業費 (社会価格)	4-93
表-4.15.1-5	本調査で使用した河床変動解析モデルの概要	4-94
表-4.15.1-6	対象河川の主な計算条件	4-95
表-4.15.1-7	今後計画的に河床掘削すべき箇所	4-95
表-4.15.1-8	河床掘削事業費 (民間価格)	4-97
表-4.15.1-9	河床掘削事業費 (社会価格)	4-97
表-4.15.1-10	各確率洪水量に対する被害額	4-98
表-4.15.1-11	年平均被害軽減額	4-98
表-4.15.1-12	経済評価の結果 (民間価格)	4-99
表-4.15.1-13	各確率洪水量に対する被害額	4-99
表-4.15.1-14	年平均被害軽減期待額	4-100
表-4.15.1-15	経済評価の結果 (社会価格)	4-100
表-4.15.2-1	上流域における植林計画	4-101
表-4.15.3-1	上流域における土砂制御施設の概算工事費	4-102

図 一 覧

図-1.9-1	プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)	1-7
図-1.9-2	プロジェクト実施の関係機関 (投資後：運営維持管理段階)	1-8
図-1.9-3	PMU の組織.....	1-8
図-3.1.1-1	調査対象河川.....	3-1
図-3.1.2-1	州別 GDP 成長率(2010/2009).....	3-7
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 (2010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	売上高.....	3-13
図-3.1.6-1(1)	視察現場の風景 (カマナ川)	3-21
図-3.1.6-1(2)	視察現場の風景 (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-カマナ流域)	3-31
図-3.1.8-1	標高別の面積.....	3-35
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	3-36
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	3-37
図-3.1.8-6	流域特性.....	3-38
図-3.1.8-7	マヘス - カマナ川の標高毎の傾斜区分	3-39
図-3.1.8-8	マヘス溪谷断面 (河口から 50km 付近)	3-40
図-3.1.8-9	土石流発生位置図.....	3-41
図-3.1.8-10	60km 付近の状況 (幅 5km 程度の溪谷をなす)	3-41
図-3.1.8-11	コスス川の土砂堆積状況 (幅約 900m)	3-41
図-3.1.8-12	コスス川を通過する市道	3-42
図-3.1.8-13	オンゴロの状況.....	3-42

図-3.1.8-14	サンフランシスコ川の土砂堆積状況.....	3-42
図-3.1.8-15	ホロン川の状況（1998年土石流が本線に流れ込んだ）.....	3-42
図-3.1.8-16	河口から110km付近の状況.....	3-42
図-3.1.8-17	カマナ川とアンダマヨ川の合流点.....	3-42
図-3.1.8-18	雨量観測所位置図.....	3-43
図-3.1.8-19	平常時の土砂生産流出の状態.....	3-44
図-3.1.8-20	50年確率降雨程度の豪雨時における土砂生産流出の状態.....	3-45
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）.....	3-46
図-3.1.8-22	土砂生産量と確率降雨年の関係および本業務の対象範囲.....	3-46
図-3.1.9.1-1	観測地点位置図（マヘス - カマナ川流域）.....	3-50
図-3.1.9.1-2	等雨量線図（マヘス - カマナ川流域）.....	3-54
図-3.1.9.4-1	マヘス - カマナ流域の分割.....	3-58
図-3.1.9.4-2	マヘス - カマナ流域のHEC-HMSモデル.....	3-58
図-3.1.9.4-3	確率50年規模の24時間降雨量の等雨量線図（マヘス - カマナ川）.....	3-61
図-3.1.9.4-4	24時間雨量の降雨量分布.....	3-61
図-3.1.9.4-5	24時間雨量の降雨量分布.....	3-62
図-3.1.9.4-6	24時間雨量の配分.....	3-63
図-3.1.9.4-7	USAにおける24時間降雨量曲線のタイプと適用地域.....	3-63
図-3.1.9.4-8	カーブナンバー（CN）、累加雨量Pおよび有効雨量Peの関係.....	3-64
図-3.1.9.4-9	マヘス - カマナ川流域におけるCNの採用値.....	3-65
図-3.1.9.4-10	マヘス - カマナ川の洪水ハイドログラフ.....	3-69
図-3.1.9.5-1	ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（10年確率）	3-70
図-3.1.9.5-2	ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（20年確率）	3-71
図-3.1.9.5-3	ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（50年確率）	3-71
図-3.1.9.5-4	ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（100年確率）	3-72
図-3.1.10-1	一次元モデルのイメージ.....	3-73
図-3.1.10-2	はん濫解析モデルの概念図.....	3-74
図-3.1.10-3(1)	マヘス - カマナ川現況疎通能力（1/2）.....	3-75
図-3.1.10-3(2)	カマナ - カマナ川現況疎通能力（2/2）.....	3-76
図-3.1.10-4(1)	マヘス - カマナ川氾濫範囲（0K～55K 確率50年洪水）（1/2）.....	3-77
図-3.1.10-4(2)	マヘス - カマナ川氾濫範囲（0K～55K 確率50年洪水）（2/2）.....	3-77
図-3.2.4-1	原因と結果の樹系図.....	3-80

図-3.2.7-1	手段—目的—効果の樹系図	3-83
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）	4-7
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	4-16
図-4.3.1-7	洪水対策施設の効果（Rio Camana）	4-18
図-4.3.1-8	洪水対策施設の効果（Rio Majes）	4-19
図-4.3.2.1-1	河川構造物沿いの植林 概念図（タイプ A）	4-21
図-4.3.2.1-2	川構造物沿いの植林 概念図（タイプ B）	4-21
図-4.3.2.1-3	河川構造物沿いの植林計画標準配置図	4-22
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）	4-23
図-4.3.2.2-1	土砂制御対策	4-28
図-4.9.1-1	農業省における環境承認取得までのプロセス	4-63
図-4.10-1	プロジェクト実施の関係機関（投資段階）	4-74
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）	4-75
図-4.10-3	PSI の組織	4-77
図-4.10-4	PMU の組織	4-77
図-4.11-1	SNIP プロジェクトサイクル	4-79
図-4.11-2	SNIP の関連組織	4-79
図-4.15.1-1	堤防法線の決定	4-86
図-4.15.1-2	マヘス-カマナ川平面図	4-87
図-4.15.1-3	マヘス-カマナ川縦断図（カマナ川）	4-88
図-4.15.1-4	マヘス-カマナ川縦断図（マヘス川）	4-89
図-4.15.1-5	マヘス-カマナ堤防設置計画	4-91
図-4.15.1-6	河床変動解析モデルの概念図	4-95
図-4.15.1-7	維持管理が必要な堆積区間（マヘス—カマナ川）	4-96
図-4.15.3-1	マヘス - カマナ川流域土砂制御対策工位置図	4-103

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）

第3章 アイデンティフィケーション

- 3.1 現状分析
 - 3.1.1 自然条件
 - 3.1.2 対象地域の社会経済
 - 3.1.3 農業
 - 3.1.4 インフラ
 - 3.1.5 洪水被害の実態
 - 3.1.6 現地調査の結果

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

第1章 要約

1.1 プロジェクトの名称

溪谷村落洪水対策事業 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を軽減し、地域における社会経済の発展を促進することである。

1.3 需要と供給のバランス

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

表-1.3-1 需要と供給分析

流域	現況堤防(地盤)高(供給)		確率50年洪水 計算水位	堤防余裕高	必要堤防高 (需要)	需給ギャップ	
	左岸	右岸				左岸	右岸
	①	②	③	④	⑤=③+④	⑥=⑤-①	⑦=⑤-②
マヘスーカマナ川	401.90	405.19	398.84	1.20	400.04	0.85	0.65

1.4 技術的提案

1.4.1 構造物対策

構造物対策としては流域全体の治水計画を検討すべきであり、検討の結果は後述する 1.14 中・長期計画に述べてある。結論としては流域全体の治水方式として堤防方式を提案しているが、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) (現 DGPI) 制定の“農地または市街地における洪水および氾濫防止プロジェクトのガイドライン”(Guia Metodologica para Proyectos de Proteccion y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas の 3.1.1 プロジェクトライフ (Horizonte de Proyectos))によれば計画対象洪水の生起確率は市街地においては 25 年、50 年および 100 年を、地方部および農地においては 10 年、25 年および 50 年を比較検討することが推奨されている。

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

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

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

(2) 重点洪水対策施設の選定

重点洪水対策施設の選定に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。

1.4.2 非構造物対策

(1) 植林/植生回復

1) 基本方針

本事業の目的に合致した植林/植栽計画としては、i)河川構造物沿いの植林と ii)上流域における植林に分類できる。前者は洪水防止に直接的効果があり、短期的に効果が発現する。後者については後述する 1.12 (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。

(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 1.14 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。

1.4.3 技術支援

本事業においては上述した構造物的および非構造物的対策に係る技術的提案に基づき、これらの対策を補完する技術的な支援を提案した。

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

事業実施においては、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、現地住民などを想定する。

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

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

1.5 プロジェクトのコスト

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

表-1.5-1 事業費および事業費の内訳

流域名	建設費	コンサル費	用地取得費	実施機関管理費	(1000ソール)
					事業費
マヘスーカマナ川	73,879	8,967	4,947	3,238	91,030

1.6 社会評価

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

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

社会評価の結果は表-1.6-1 に示すとおりである。

表-1.6-1 社会評価の結果

	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)
Precios Privados 民間価格	228,698,340	103,275,637	87,791,820	9,228,440	1.28	22,447,137	15%
Precios Sociales 社会価格	230,549,756	104,111,700	73,841,176	7,844,174	1.53	36,063,846	19%

民間価格および社会価格において事業の経済効果が確認された。

金銭的に計量困難な事業によるプラス効果としては以下が上げられる。

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

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

1.7 持続可能性分析

本プロジェクトは、中央政府（DGIH）と各河川流域の水利組合及び地方政府との共同で実施される。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。分担率については関係機関の協議により決定されるが、本調査では一般的な分担率として中央政府（DGIH）が 80%、地方政府 15%、水利組合 5%と仮定する。一方、施設整備後の維持管理は水利組合が担当することになる。したがって、プロジェクトの持続可能性は、事業による収益性、水利組合による維持管理能力により判断される。

マヘス-カマナ川流域における事業の収益性は 1.6 に示すとおりであり、十分高く事業の継続性は問題ない。

マヘス-カマナ川流域の水利組合における最近の予算は表 1.7-1 に示すとおりである。

表-1.7-1 水利組合の事業予算

河 川	年予算 (単位 S)			
	2007	2008	2009	2010
マヘス - カマナ川		1,867,880.39	1,959,302.60	1,864,113.30

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

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

2009年における水利組合の事業予算に対する年維持管理費の比率はマヘス-カマナ川ではかなり高く36.2%となっている。一方維持管理費の年平均被害軽減額に対する比率は4.0%となっていて低い。現状における事業費予算に対して本事業の維持管理費の比率は比較的高いが、事業実施後における維持管理費の年平均被害額に対する比率は非常に低くなるので、洪水被害が軽減され収益が上げればその収益より維持管理費を負担することは十分可能と考えられる。

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

表-1.7-2 維持管理費の水利組合事業費および被害軽減額に対する比率

河川名	水利組合年 事業費(千ソ レス)	年維持管理 費(千ソ レス)	年維持管理 費の比率 (%)	年平均被害軽 減額(千ソ レス)	年維持管理 費の比率 (%)
	①	②	③=②/①	④	⑤=②/④
マヘス-カマナ川	1,959	710	36.2	17,592	4.0

1.8 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。現在農業省環境総局(DGAA)によりその審査が行われ、2012年8月16日に審査結果が通達され、先の3流域と同様にカテゴリーIに分類された。

(2) 環境影響評価の結果

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。

1.9 組織と管理

投資段階と投資後の維持管理段階における組織と管理を図-1.9-1 および図-1.9-2 に示す通りとなる。

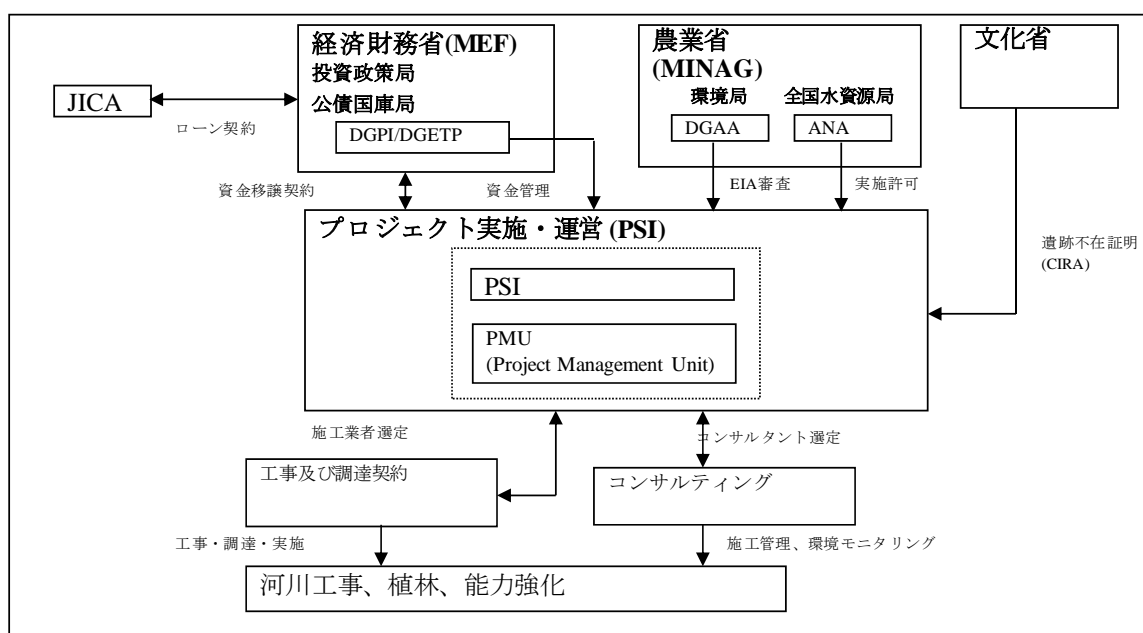


図-1.9-1 プロジェクト実施の関係機関 (投資段階)

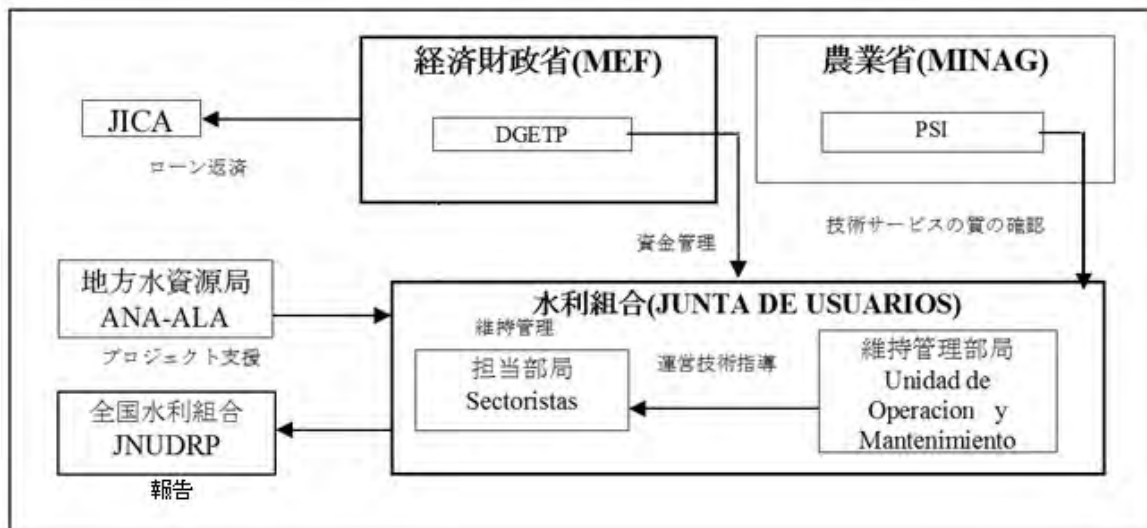


図-1.9-2 プロジェクト実施の関係機関（投資後：運営維持管理段階）

実施機関のPSIにおいて灌漑施設局の下にPMU(Project Management Unit)を設置する。PMUの組織は図-1.9-3に示すとおりとし13名の専門家を配置する。またPMUの運営費用として8.5百万ソレスを見込む。

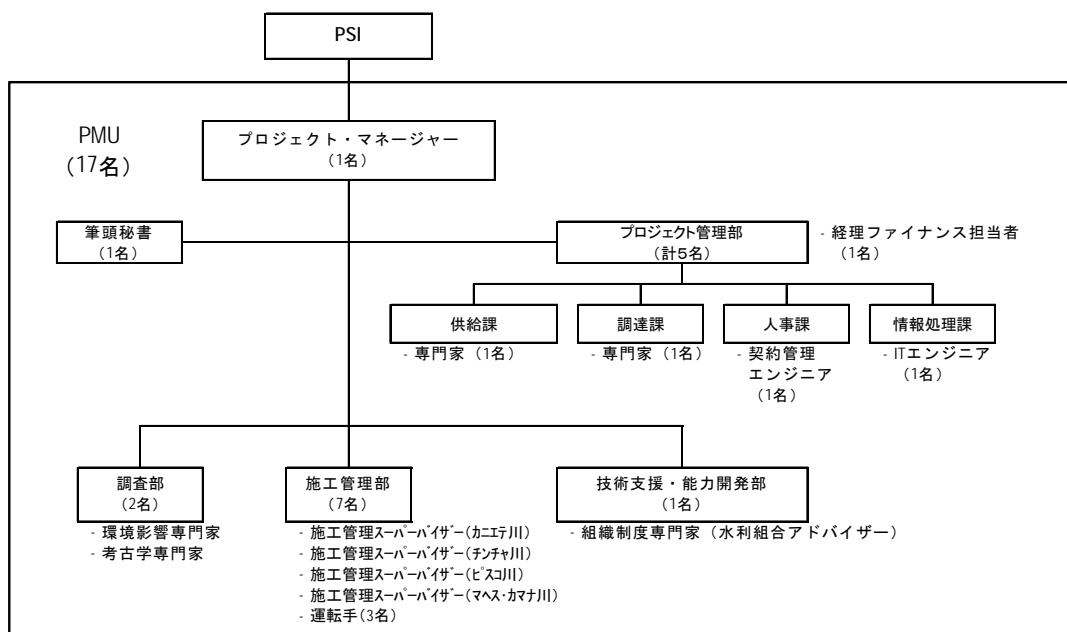


図-1.9-3 PMU の組織

1.10 実施計画

本プロジェクトの実施計画は表-1.10-1に示すとおりである。

表-1.10-1 実施計画

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

1) コンサルタントの雇用

円借款事業におけるコンサルタントの雇用は次の項目に留意して行う事とする。

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

2) 建設業者の調達

建設業者の調達は次の各項目に留意して行う事とする。

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

1.11 資金計画

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

表-1.11-1 事業実施時における資金支出計画

(1,000 ソーレス)				
	項目		金額	備考
1	総事業費	①	239,474	
2	JICA円借款金額	②	64,750	25百万US\$ \times 2.59
	カウンターファンド	③	174,724	①-②
3	中央政府分担	④	139,779	③ \times 80%
4	州政府分担	⑤	26,209	③ \times 15%
	(1) リマ州(カニエテ川)	⑥	3,355	⑤ \times 12.8%(事業費の比率)
	(2) イカ州(チンチャ川)	⑦	5,347	⑤ \times 20.4%(事業費の比率)
	(ピスコ川)	⑧	7,548	⑤ \times 28.8%(事業費の比率)
	小計	⑨	12,895	⑦+⑧
	(3) アレキパ州(マヘス-カマナ川)	⑩	9,959	⑤ \times 38.0%(事業費の比率)
5	水利組合分担	⑪	8,736	③ \times 5%
	(1) カニエテ川	⑫	1,118	⑪ \times 12.8%(事業費の比率)
	(2) チンチャ川	⑬	1,782	⑪ \times 20.4%(事業費の比率)
	(3) ピスコ川	⑭	2,516	⑪ \times 28.8%(事業費の比率)
	(4) マヘス-カマナ川	⑮	3,320	⑪ \times 38.0%(事業費の比率)

注) 1US\$=83.6円=2.59ソーレス、1ソーレス=32.3円

1.12 結論と提言

1.12.1 結論

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

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

1.12.2 提言

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

(1) 本事業に係わる提言

1) 当面解決すべき問題点

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

2) 構造物対策について

*河川整備の基本方針

*マヘス-カマナ川における計画上の各種問題点

下流のカマナ管轄区間の既存堤防は、老朽化しており、侵食箇所が多数散見される。

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

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

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

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

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

*設計・施工上の問題点

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

-堤防構造の安定の確保について

- ・ 詳細設計時における安定解析、浸透流解析の必要性

- ・ 施工時の締固めおよび施工管理の方法

-工事費の80%を占める護岸工事費の削減

-築堤土と掘削土の土量バランスについて

-チンチャ川の分流堰構造および水理模型実験の必要性

3) 非構造物対策について

*植林/植生回復に関する i) 短期計画、ii) 中期計画（チンチャ流域上流）、iii) 長期計画

*土砂制御および河床変動について

-土砂制御施設計画およびソフト対策

-河床変動とモニタリング

4) 防災教育/能力開発について

*洪水被害軽減のためのソフト対策

*コミュニティ防災の推進

(2) ペルー国における今後の洪水対策に係わる提言

- 1) 総合的な洪水対策マスタープランの作成
- 2) 総合的洪水対策実施機関の設立
- 3) 河川管理の徹底
- 4) 降雨観測所および流量観測所の整備

1.13 論理的枠組み

最終的に選定された案の論理的枠組みは表-1.13-1 に示すとおりである。

表-1.13-1 最終案の論理的枠組み

要約	検証可能な指標	検証の方法	前提
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、灌漑水路の保護、河岸侵食の防止	氾濫ヶ所の数、面積、取水量の変化、河岸侵食の状況	現地視察、治水対策計画書、洪水対策工事報告書などのチェック、地域住民による日常的なモニタリング	地方政府、自治体、地域住民など維持管理者の監視および上位機関への適切な報告
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、等23の構造物対策の建設	詳細設計報告書、工事進捗報告書、予算支出状況のチェック	工事予算の確保、優良な詳細設計、工事施工、施工管理
コンポーネントB.: 非構造物対策 (植林・植生回復)	植林面積、河畔林面積	工事進捗報告書、地域住民による日常的なモニタリング	コンサルタントやNGOの支援、対象地域住民の協力、下流住民の理解と協力
コンポーネントC.: 防災教育・能力開発	講習会、実習、訓練、ワークショップなどの回数	実施報告書、地方自治体担当者および住民によるモニタリング	対象者の参加意欲、コンサルやNGOによる指導
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 年確率規模の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 年規模の洪水量を計画対象としてカニエテ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ヶ所については約 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)

流域名	年平均被害軽減額	評価期間被害軽減額(15年)	事業費	維持管理費	B/C	NPV	IRR(%)
Basin	Annual Average Damage Reduction	Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	Project Cost	O&M Cost	Cost Benefit Ration	Net Present Value	Internal Return of Rate
Majes-Camana	292,262,168	131,979,802	426,465,039	26,889,287	0.34	-252,832,589	-

表-1.14-2 全体治水計画における事業費および社会評価(社会価格)

流域名	年平均被害軽減額	評価期間被害軽減額(15年)	事業費	維持管理費	B/C	NPV	IRR(%)
Basin	Annual Average Damage Reduction	Damage Reduction in Evaluation Period(15years)	Project Cost	O&M Cost	Cost Benefit Ration	Net Present Value	Internal Return of Rate
Majes-Camana	295,026,234	133,227,999	342,877,891	21,618,987	0.43	-176,161,163	-

全体治水方式の事業費は民間価格で 426.5 百万ソレスと大きくなる。また、民間価格および社会価格における社会評価では経済効果が認められない。

(2) 植林・植生計画

長期的には上流域において植林が必要なすべての地域に植林を行う案を検討した。目的は水源となるエリアの土壌浸透能を向上させ、表面流量を軽減するとともに中間流量・地下水量を増加させることである。これにより、洪水ピーク流量のカット、山地の水資源賦存量増加を図り、も

って洪水防止・軽減に寄与する。植林対象地は水源となる流域の植栽可能箇所、あるいは森林が衰退した箇所である。

マヘスーカマナ川流域において、植林が必要と考えられる面積、及び事業費用をチンチャ流域の植林計画をもとに算出すると（Annex-7 植林/植生回復、3.2 長期計画参照）合計で植林面積 31 万 ha、総事業費は 9 億ソレス、事業実施機関 98 年間という長期間、莫大な費用となった。（表-1.14-3 参照）。

表-1.14-3 上流域における植林計画

流域	植栽面積 (ha)	必要事業期間(年)	必要事業費(ソレス)
マヘスーカマナ	307,210	98	829,200,856

(3) 土砂制御計画

長期的な土砂制御計画としては上流域において必要な土砂制御対策を実施するのが望ましい。上流部での土砂制御計画は、砂防ダムおよび護岸工が主体となる。各流域に対して、流域全体を対象とした場合および河床勾配に基づき優先範囲を限定して（Annex-6 砂防計画、表-1.5.1 参照）、これらの配置検討を実施した結果、概算工事費は表-1.14-4 に示す通りとなる。

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

表- 1.14-4 上流域における土砂制御施設の概算事業費

流域名	対象範囲	護岸工		帯工		砂防堰堤		直接工事費 合計	事業費 (Million S/.)
		数量 (km)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)	数量 (基)	直接工事費 (Million S/.)		
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 (UF)

名 称：農業省水インフラ局 (Dirección General de Infraestructura Hidráulica, Ministerio de
Agricultura)
責任者：グスタボ・アドルフォ・カナレス・クリルヘンコ (Gustavo Adolfo Canales Kriljenko)
水インフラ局長 (Director General de Dirección General de Infraestructura Hidráulica)
住 所：Av. Guillermo Prescott No. 490, San Isidro – Perú
電 話：(511) 6148100, (511)6148101
e メール：gcanales@minag.gob.pe

(2) 執行機関(UE)

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

2.3 関係機関と被益者の参加

本プロジェクトに関係する機関をよび被益者は次のとおりである。

(1) 農業省 Ministerio de Agricultura(MINAG)

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

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

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

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

公共投資局 (Dirección General de Política de Inversiones, DGPI、旧 DGPM)

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

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

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

(4) 地方政府 (Gobiernos Regionales, GORE)

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

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

(5) 水利組合(Comisión de Regantes)

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。なお各水利組合は灌漑委員会により構成され、各灌漑委員会は灌漑水路を共有する灌漑セクターからなっている。

	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)

国家災害リスク管理システム (Sistema Nacional de Gestioh del Riesgo de Desastiv SINAGERD,2011年5月制定) の実行組織である。防災活動に関して住民の組織および調整を行い、計画を策定し、コントロールする。また自然災害や人災による人命の損失を避けまたは軽減し、財産や環境破壊を防ぐ目的を有する。

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

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

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

(9) 地方農業局(Direcciones Regionales 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1997~1998年にかけての雨季で、洪水・土砂災害等により「ペ」国全体で35億ドルもの被害を受けた。直近の洪水災害としては、2010年1月末に、世界遺産マチュピチュ付近が集中豪雨に見舞われて鉄道や道路が寸断されるなどし、観光客ら約2千人が孤立した災害が発生したことは記憶に新しい。またマヘス-カマナ川流域においては2012年2月13日(深夜)に1,100m³/secを超える洪水(約確率10年相当)が発生し、流域各地に被害をもたらした。被害の合計は氾濫面積1,085ha、堤防の損壊780m、灌漑幹線水路の損壊800m、支線水路の損壊1,550mに達している。さらにピスコ川流域においても各地域の堤防の侵食が生じ、ウメイ(Humay)地区のミラフロレス(Miraflores)道路橋が流失した。

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

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

(2)調査の経緯

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

とコメントが伝達された。

JICA 調査団は 2010 年 9 月 5 日にペ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 流域についてのプロフィール調査をプレ F/S レベルの精度で行い 2011 年 6 月末に A グループ流域のプログラムレポートおよび 5 流域のプロジェクトレポートを完成して DGIH に提出した。またプレ F/S 調査を省略して、次の F/S 調査も開始した。

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

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

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

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

なお JICA 担当の 5 流域のプレ F/S レベルのプロジェクトレポート（流域別）に基づき DGIH は 7 月 21 日にヤウカ川を除く 4 流域について、SNIP に登録した。ヤウカ川については経済効果が低いので DGIH の判断で登録をしていない。またマヘス - カマナ川については 2012 年 1 月 9 日に SNIP に登録した。ヤウカ川を除く 4 流域（チラ、カニエテ、チンチャ、ピスコ）のプレ F/S レベルのプロジェクトレポート（流域別）は DGIH より OPI に提出され、2011 年 9 月 22 日に OPI より DGIH にコメントが伝達された。またマヘス-カマナ川については 2012 年 8 月 4 日に伝達された。カニエテ、チンチャ、ピスコの 3 流域について DGIH はコメントに関する報告書の修正を行い、2012 年 5 月に OPI に提出した。マヘス-カマナ流域についても 2012 年 12 月 12 日に提出した。

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

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

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

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

上記の経緯は表-2.4.1-1に示すとおりである。

表-2.4.1-1 調査および報告書提出の経緯

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

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 Hídricos)

第 75 条-水の保護

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

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

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

第 119 条-出水、災害、洪水対策プログラム

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

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

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

第 118 条-河川敷のメンテナンスプログラムについて

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

第 259 条-河岸防護の義務について

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

(3)水法(Ley de Agua)

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

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

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

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

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

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

(6) ペルーの農業政策ガイドライン-2002 (農業省政策室)

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

第10編 セクター別政策

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

(7) 河川流路整備・取水構造物保護プログラム

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

農業省 (MINAG) 水インフラ局 (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 4,000m 以上の占める割合が全体の 6 割に達する。一方、対象区間である河口から約 100km の河川区間は概ね標高 2,000m 以下であり全流域

の約 2 割を占める。

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

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

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

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

国立統計局（INEI）2007 年調査より JICA 調査団作成

(2) 人口および世帯数

1993 年と 2007 年の人口の変化を表-3.1.2-2 に示す。2007 年の人口は 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. 国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

2007 年の世帯数および家族数を表-3.1.2-3,-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

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

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

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

(3) 労働従事状況

表-3.1.2-5,-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 次産業の従事者が特に

Uraca 区、Aplao 区、Huancarqui 区、Mariscal Cáceres 区では 54～65% と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/ 第一次産業: 農業、畜産、林業、漁業; 第二次産業: 鉱業、建設、製造; 第三次産業: 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) 第一次産業	1,749	33	1,469	23	548	37	1,181	63	1,125	48
b) 第二次産業	624	12	473	8	127	9	88	5	167	7
c) 第三次産業	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/ 第一次産業: 農業、畜産、林業、漁業; 第二次産業: 鉱業、建設、製造; 第三次産業: サービス、その他

(4) 貧困率

貧困率を表 3-1.2-7, 8 に示す。地域住民のうち 20.4～33.5 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

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

表-3.1.2-8 Camana の貧困率

項目 / 指標	区 (Camaná)											
	Mariscal Cáceres		Samuel pastor		Nicolas de Piérola		Jose Maria 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

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

(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,-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。上水道の普及率はどの区でも 59%を超えているが、下水道の普及率は最も高い Huancarqui でも 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
共同の水道栓	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.

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

表-3.1.2-10 Camana の住宅状況

項目/指標	区									
	Samuel Pastor		Camaná		Jose María 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
共同の水道栓	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

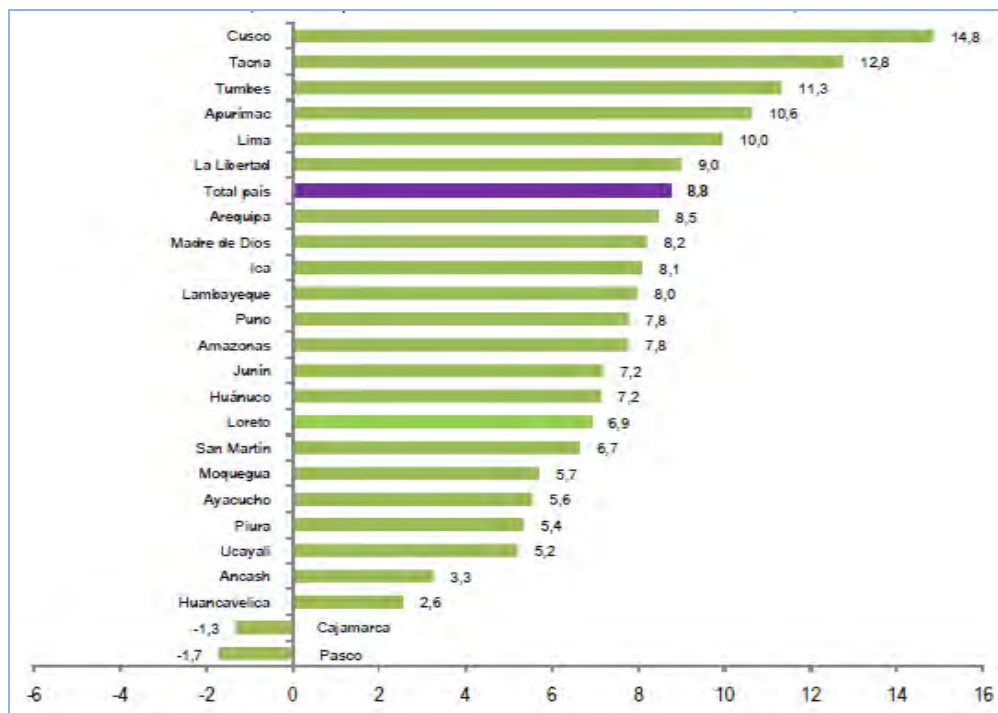
Fuente: Elaboración Equipo de estudio JICA, Instituto Nacional de Estadística –INEI, Censo de Población y Vivienda, 2007.

国立統計局 (INEI) 2007 年調査より JICA 調査団作成

(6) GDP

2010 年の「ペ」国における GDP は、US\$ 153,919,000,000.である。

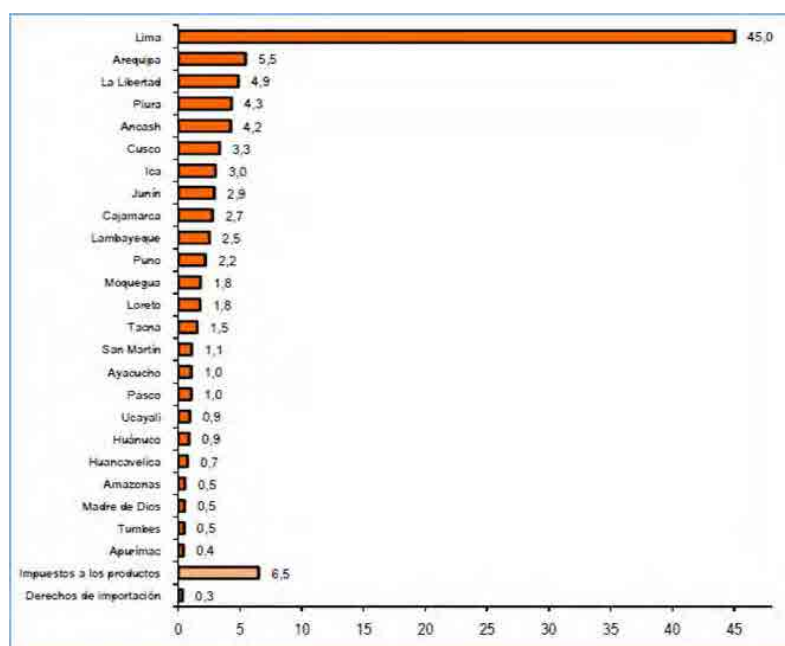
2010 年の「ペ」国の成長率は、非常に大きく前年に比べて 8.8%のアップとなっている。州別の GDP をみると、イカ州が 8.1%、ピウラ州が 5.4%、リマ州が 10.0%、アレキパ州 8.5%の成長率を示している。特に、リマ州は国の全体の値よりも高い成長率を示している。



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

図-3.1.2-1 州別 GDP 成長率(2010/2009)

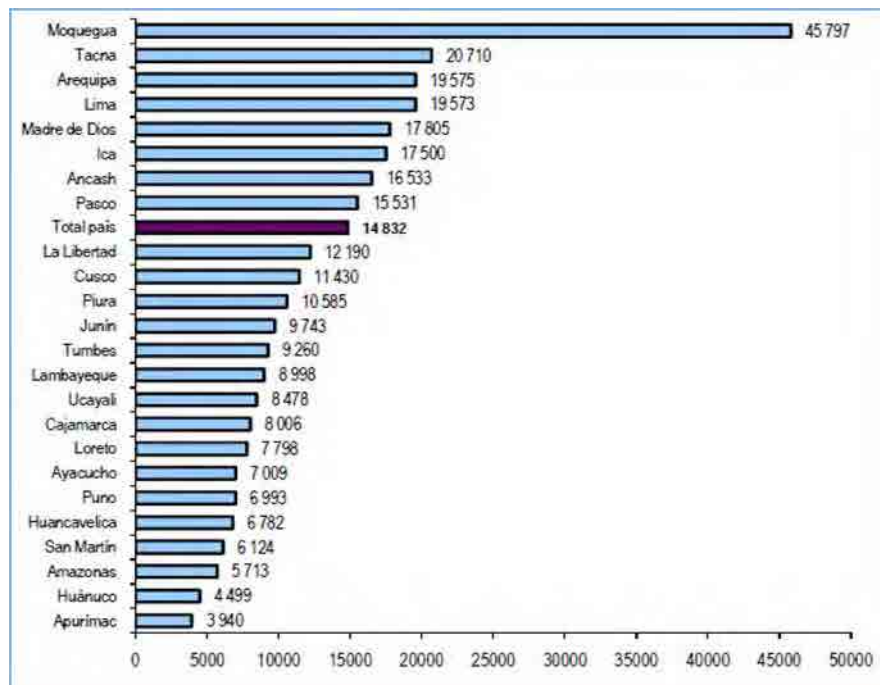
以下に GDP への寄与率を州ごとに示している。リマ州が全体の半分近く 45.0%に寄与している。その他の州の寄与率は、アレキパ州が 5.5%、ピウラ州が 4.3%、イカ州が 3.0%である。また、税金と輸入関税がそれぞれ 6.5%、0.3%寄与している。



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

図-3.1.2-2 州別の GDP への寄与率

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



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

図-3.1.2-3 1人当たりGDP (2010年)

表-3.1.2-11は、2001年から2010年の10年間の州別の1人当たりGDPの経年変化を示したものである。ペ国平均で2001年から2010年の10年間にGDPが54.8%増加している。州別の値は、イカ州で96.6%、アレキパ州で65.5%、リマ州で54.8%およびピウラ州で55.2%増加している。

なお、表-3.1.2-7の値は1994年を基準年とした値である。

表-3.1.2-11 1人当たり GNP の経年変化 (2001-2010)

(基準年 1994 年 S/.)

Departamento	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007P/	2008P/	2009P/	2010E/	Variacion acumulada 2001-2010 (%)
Total país	4 601	4 765	4 890	5 067	5 345	5 689	6 121	6 643	6 625	7 124	54,8
Amazonas	1 835	1 910	1 996	2 081	2 212	2 349	2 510	2 684	2 761	2 959	61,3
Ancash	4 037	4 703	4 772	4 876	4 999	5 089	5 408	5 852	5 824	5 979	48,1
Apurimac	1 216	1 278	1 334	1 400	1 494	1 619	1 653	1 691	1 770	1 946	60,0
Arequipa	5 387	5 766	5 895	6 143	6 488	6 807	7 786	8 379	8 307	8 917	65,5
Ayacucho	1 788	1 870	1 942	1 900	2 045	2 207	2 448	2 640	2 896	3 020	68,9
Cajamarca	2 493	2 731	2 947	2 968	3 165	3 113	2 864	3 094	3 295	3 235	29,8
Cusco	2 194	2 086	2 195	2 565	2 768	3 071	3 340	3 554	3 685	4 202	91,5
Huancavelica	2 700	2 632	2 683	2 697	2 864	3 014	2 903	2 959	3 039	3 090	14,4
Huánuco	1 678	1 694	1 833	1 866	1 890	1 915	1 942	2 050	2 044	2 170	29,4
Ica	4 055	4 259	4 343	4 663	5 214	5 582	6 025	7 265	7 457	7 973	96,6
Junín	3 245	3 311	3 350	3 527	3 505	3 856	4 072	4 379	4 248	4 520	39,3
La Libertad	3 162	3 316	3 483	3 410	3 697	4 216	4 586	4 874	4 895	5 269	66,6
Lambayeque	2 941	3 046	3 132	2 959	3 164	3 300	3 615	3 882	3 963	4 240	44,2
Lima	6 451	6 579	6 700	6 925	7 284	7 817	8 520	9 314	9 219	9 990	54,8
Loreto	2 827	2 917	2 936	2 995	3 079	3 192	3 287	3 402	3 430	3 621	28,1
Madre de Dios	4 441	4 708	4 550	4 846	5 171	5 215	5 617	5 878	5 564	5 862	32,0
Moquegua	10 405	11 967	12 670	13 455	13 882	13 794	13 606	14 201	13 863	14 503	39,4
Pasco	5 137	5 552	5 481	5 634	5 644	6 062	6 711	6 729	6 349	6 187	20,4
Piura	2 733	2 780	2 847	3 049	3 192	3 472	3 780	4 007	4 059	4 241	55,2
Puno	2 105	2 236	2 234	2 270	2 365	2 460	2 617	2 731	2 800	2 992	42,1
San Martín	2 026	2 059	2 094	2 232	2 393	2 476	2 655	2 870	2 928	3 075	51,8
Tacna	6 004	6 124	6 382	6 643	6 782	6 941	7 256	7 458	7 256	8 067	34,4
Tumbes	2 744	2 802	2 873	3 018	3 385	3 212	3 427	3 594	3 611	3 957	44,2
Ucayali	3 063	3 149	3 203	3 411	3 584	3 754	3 846	4 007	4 040	4 190	36,8

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

3.1.3 農業

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 および表 -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	
	Luchoa	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

マヘス-カマナ水利組合資料より JICA 調査団作成

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	
Huacapuy	Huacapuy	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

マヘス-カマナ水利組合資料より JICA 調査団作成

(2) 主要農産物

主要作物の作付面積や収穫量の 2004～2009 年までの経年変化を表-3.1.3-3 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 年に減少しているが、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
粳付きコメ	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
飼料トウモロコシ(莖葉)	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

マヘスーカマナ水利組合資料より JICA 調査団作成

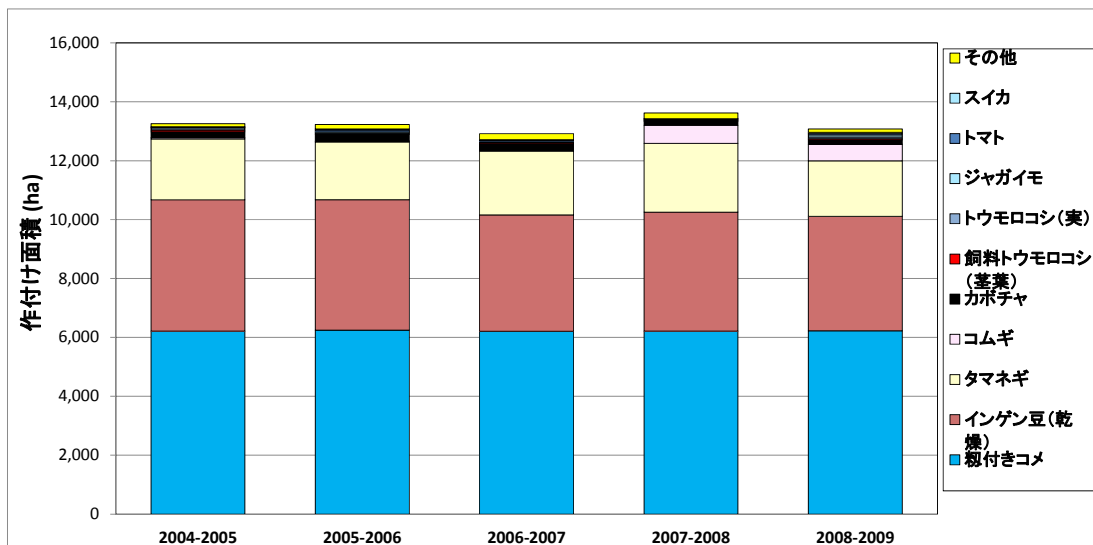


図-3.1.3-1 作付け面積

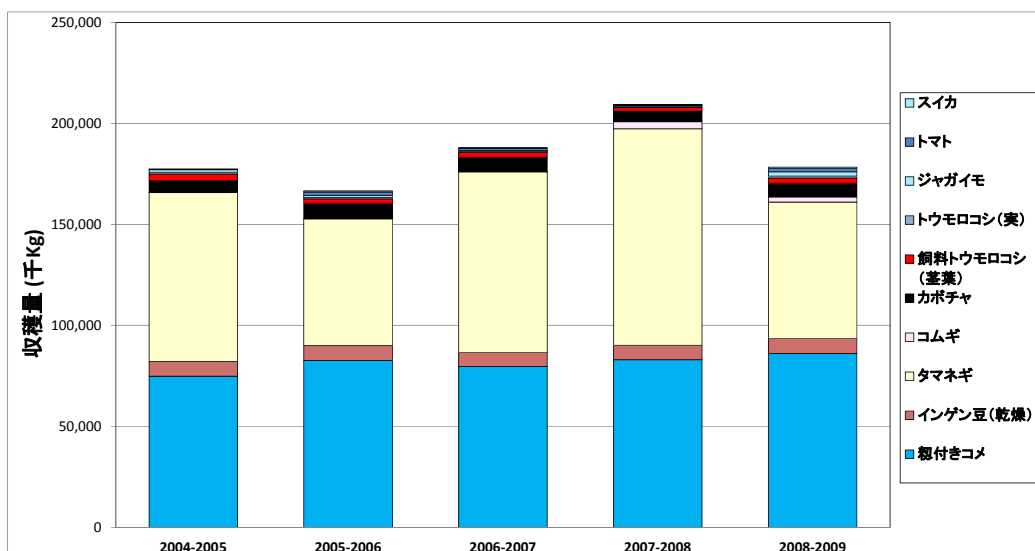


図-3.1.3-2 収穫量

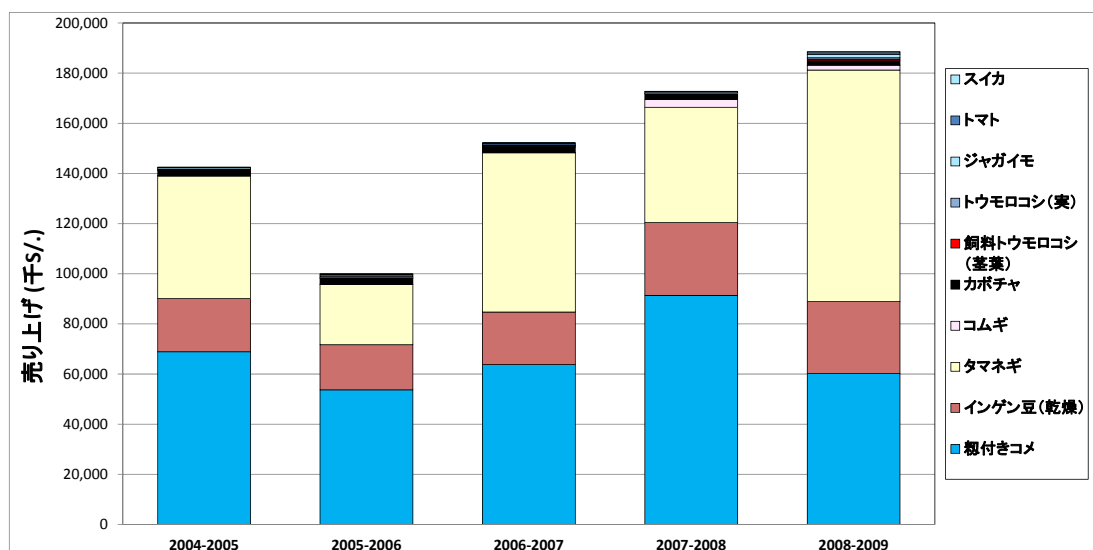


図-3.1.3-3 売上高

3.1.4 インフラ

(1) 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

マヘス-カマナ水利組合資料より JICA 調査団作成

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

マヘス-カマナ水利組合資料より JICA 調査団作成

(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 167.24km である。3.498km はライニング水路であるが、334.019km はライニングされていない。

(3) PERPEC

2006～2009 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	取水運数	固定運	幹線用水路における取水運と水門の数						水路数				水路全長	
			農地への配水運数	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.)	
														25
ONGORO	5	5	63	35	25	25	25	5	25	6	0	30,064	0,363	69,600
ONGORO BAJO	3	6	49	0	4	4	0	3	4	1	0	9,941	0,600	11,586
BERINGA	2	0	29	0	2	2	0	2	2	0	0	5,530	0,000	7,850
COSOS	1	2	37	0	4	4	0	1	4	3	0	3,976	0,000	9,140
APLAO	1	0	47	2	6	6	2	1	6	1	0	5,933	0,000	9,660
HIJANCARQUI	2	0	39	1	10	10	1	2	10	3	0	7,401	0,000	20,483
TOMACA	3	0	47	0	1	1	0	3	10	12	2	7,653	0,000	29,180
LA REAL	2	0	71	0	9	9	0	2	9	3	1	6,644	0,360	12,884
MONTE LOS PUROS	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
OUERULPA	1	1	66	2	7	7	1	1	7	5	1	4,941	0,000	16,766
URACA	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
SOGIATA	5	2	78	2	4	4	0	5	4	0	0	7,439	0,000	10,457
SAN VICENTE	4	3	71	0	3	3	0	4	3	0	0	5,225	0,000	6,944
CANTAS PEDREGAL	1	0	34	9	3	3	1	1	3	7	1	7,930	0,090	20,886
PITIS	8	23	48	0	1	1	0	8	1	1	0	8,011	0,000	8,616
SARCAS - TORAN	1	0	42	0	8	8	0	1	8	2	0	7,650	0,000	16,920
EL GRANADO	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
計	1	0	26	0	7	7	3	1	7	2	0	3,925	0,000	9,655
	2	2	21	0	0	0	0	2	0	0	0	3,100	0,000	3,100
	2	0	33	4	6	6	1	2	6	4	0	4,770	2,085	15,512
	2	0	97	0	5	5	0	2	5	1	0	6,252	0,000	11,385
	1	1	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0,160	0,000	0,160
	6	2	76	2	8	8	0	6	8	2	0	18,801	0,000	28,412
	1	11	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0,940	0,000	0,940
	1	0	15	0	3	3	0	1	3	1	0	4,526	0,000	6,249
	58	79	1,043	57	126	126	34	58	126	54	5	167,240	3,498	334,019

マヘスーカマナ水利組合資料より JICA 調査団作成

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	Huanlay地区におけるロック材による築堤	Arequipa	Camana	Ocoña	Huanlay	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 Uraca	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	Querulpa Tomaca地区における護岸工	Arequipa	Castilla	Aplao, Huancarqui	Querulpa 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Uraca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	Uraca	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

マヘスーカマナ水利組合資料より JICA 調査団作成

3.1.5 洪水被害の実態

(1) 全国における被害

「ペ」国における 2003～2007 年の 5 年間の全国の洪水被害の状況は、表-3.1.5-1 に示すとおりである。毎年数万～十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 年、1997～1998 年のエルニーニョによる大雨での被害を示す。1982～1983 年では被災者数が約 6,000,000 人、被害額は US\$1,000,000,000、1997-1998 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 年の被害では GNP が 12%ダウンするほどの被害であった。

表-3.1.5-2 被害状況

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

「—」: 記録記載無し

SINADECI 統計調査大要書

(2) 調査対象流域における被害

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									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
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

SINADECI 統計調査大要書

3.1.6 現地調査の結果

JICA 調査団は対象河川流域について数回の現地調査を行い、地方政府および水利組合から過去の洪水被害や流域の問題点のヒアリングを行うとともに、現地視察により洪水対策上の課題を抽出した。

(1) 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。
- 2~6k 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、6~12 月に再び形成される。
- 1998 年のエルニーニョの年に 2.5~4.5k 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 (6~7.5k 左岸)

- 6~7.5k 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 $1,500\text{m}^3/\text{s}$ 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 $800\text{m}^3/\text{s}$ の洪水があり、氾濫した。

○その他の課題箇所

- 81.5~82k 左岸に築堤してほしい (HUANCARQUI 地区)。
- 81.5~82k 右岸に築堤してほしい (CASPANI 地区)。
- 75~75.5k、71k~71.5k 左岸で堤防が切れている (TOMACA 地区)。
- 73.5~74k 右岸で堤防が切れている (QUERULPA 地区)。
- 49~51.5k 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。これらの図における地形図は地勢を模式的表現するために着色してある。

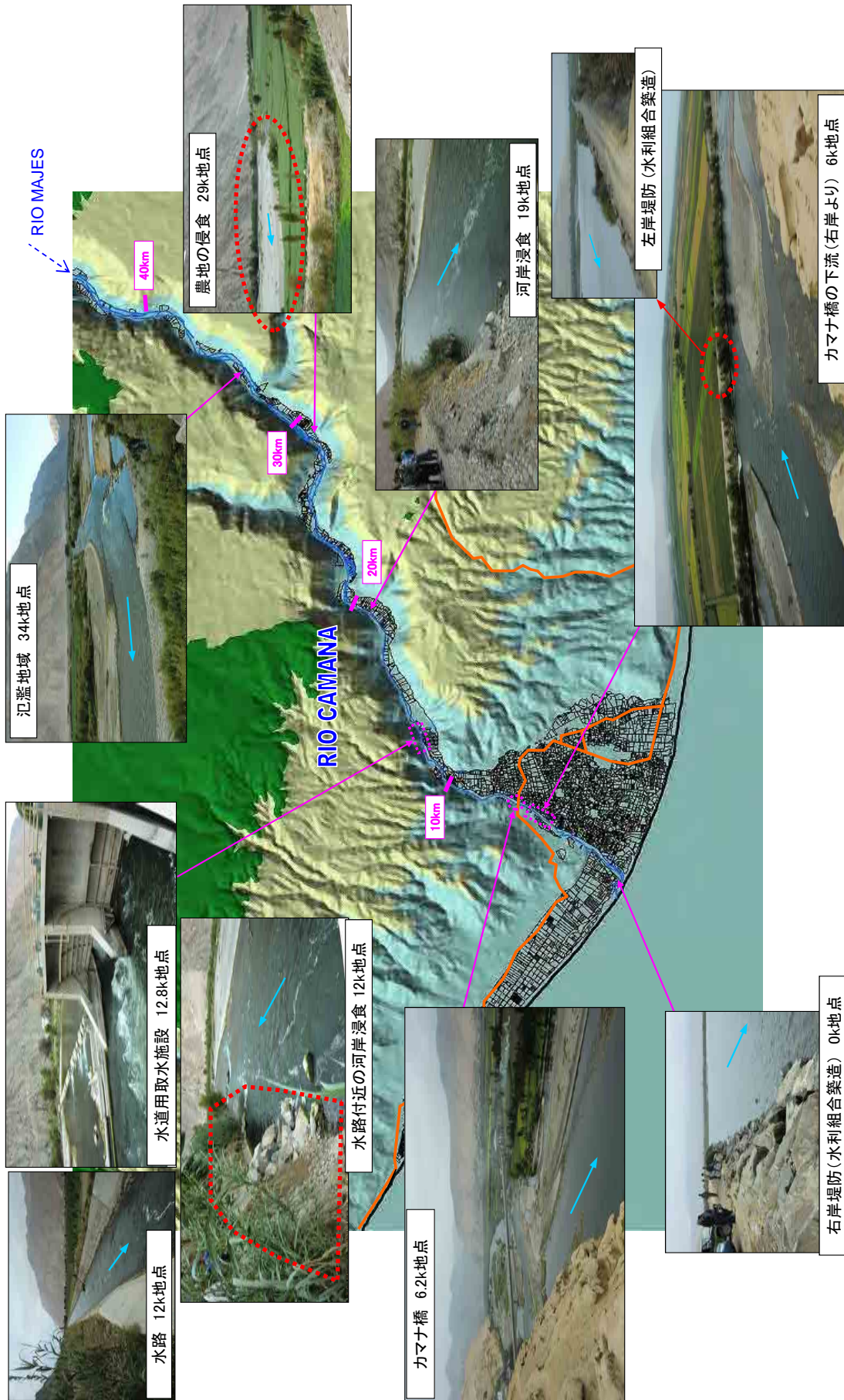


図-3.1.6-1(1) 視察現場の風景 (カマナ川)

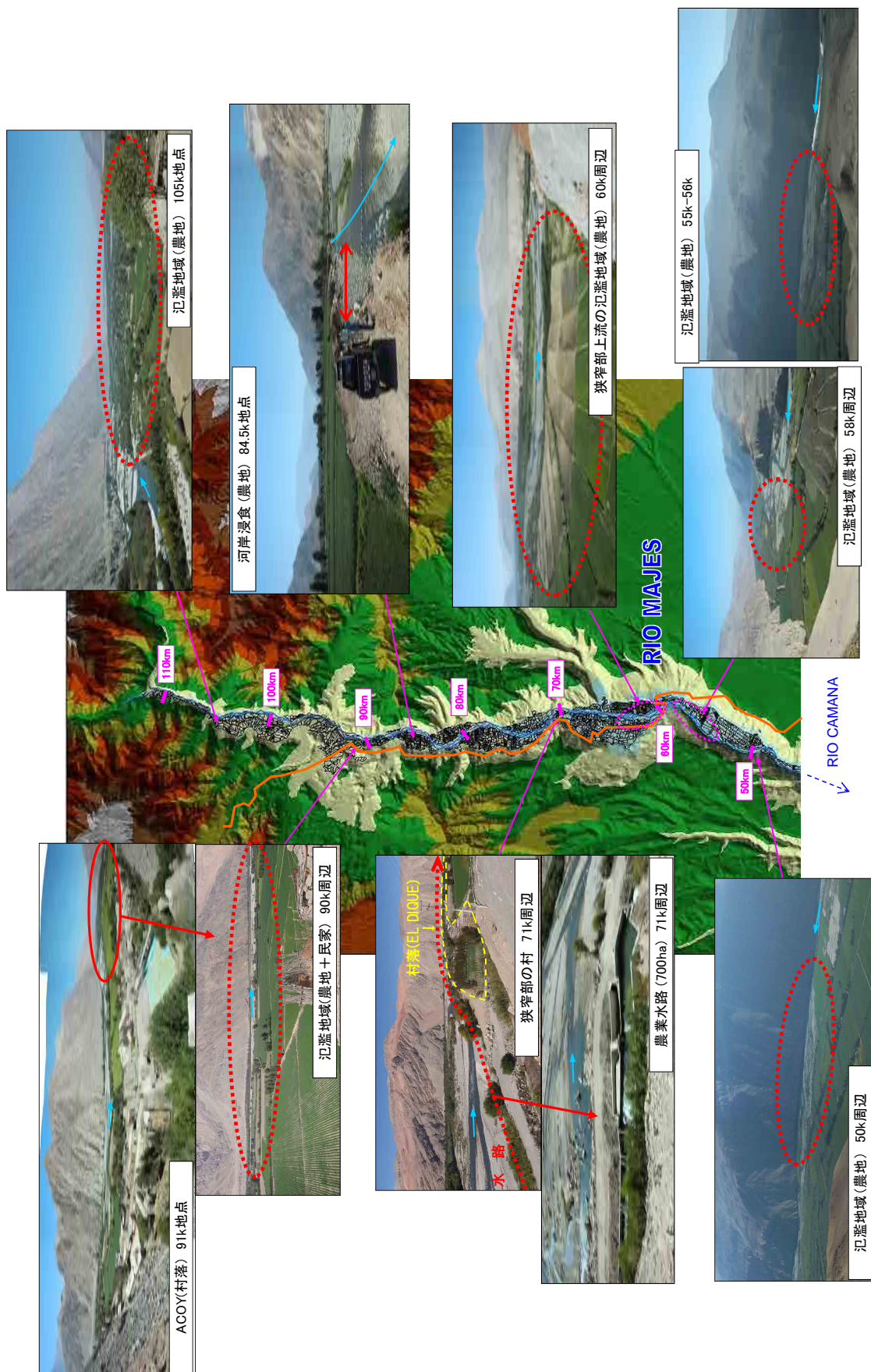


図-3.1.6-1(2) 視察現場の風景 (マヘス川)

(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 0～5k)

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



12k左岸堤防の侵食
 (河川の蛇行により左岸堤防が侵食をうけており、隣接する用水路への影響が懸念される)

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 60～62k)

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 (上流部は優良な農地となっているので遊水池案の採用は困難である)。

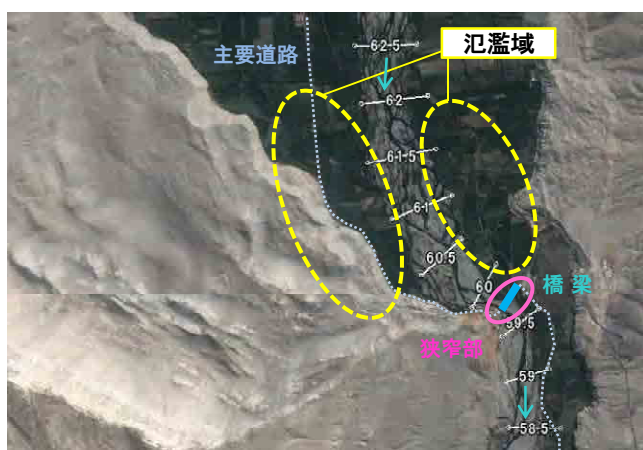


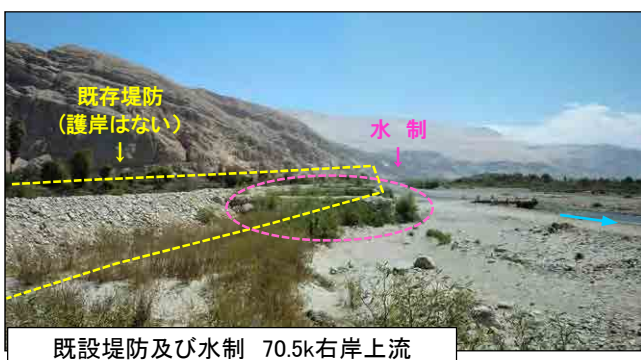
図-3.1.6-4 課題3に関する現地状況 (マヘス川)

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 (30 世帯の移転より集落の川側にある小規模堤を活用し、下流の無堤区間に延長する案が事業費が小さく、事業の実施も容易なため)。



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 88~88.5k)

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年)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」国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)

マヘス-カマナ流域の植生分布は、上記の地域とほぼ同様であるが、上記地域とマヘス-カマナ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-カマナ流域の植生分布図は図図-3.1.7-15に示すとおりである。

¹ INRENAは解散され、現在は森林・野生動物総局(Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre)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。

(i) Lo : (ロマス) ⁴

分布域の標高は海拔 0~1,000m。「ペ」国の沿岸部の砂漠からチリまで南北の海岸線に沿って分布している。冬(5~9月)海から来る霧が発生し、この特異な植生帯を出現させる。主に見られる植生はアナナス科の *Tillandsia spp.*、tara (*Caesalpinea 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。

(ii) Bf : (湿性草原) ⁵

分布域の標高は3,900~4,800m、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*)、crespillos (*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>

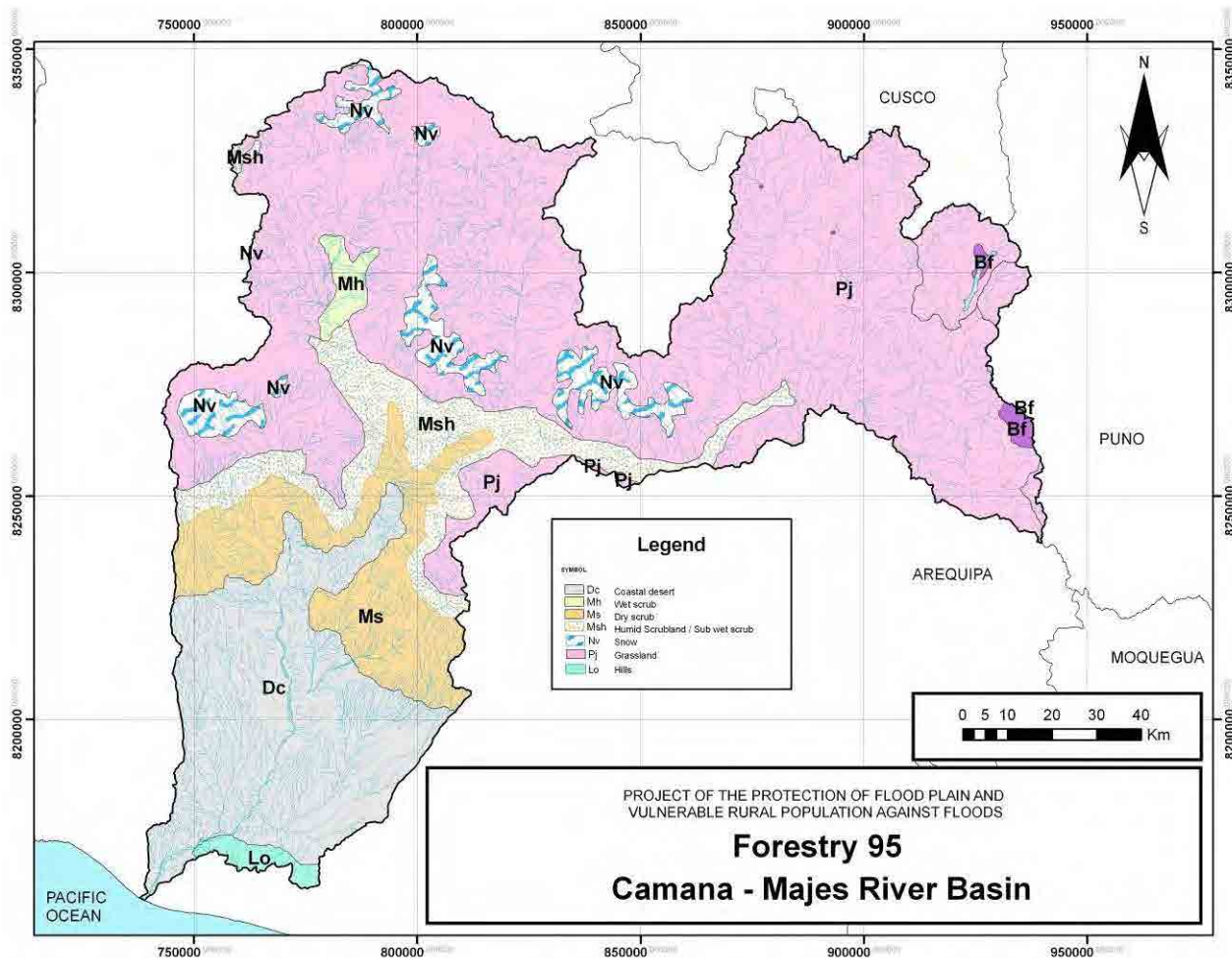


図-3.1.7-1 植生分布図 (マヘスーカマナ流域)

(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

マヘス-カマナ流域の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 (マヘスーカマナ流域)

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。マヘスーカマナ流域の植生区分の特徴は、灌木林の占める割合が9%弱と非常に小さく、高地草原の占める割合が60%弱と非常に大きい点である。マヘス川の上流では標高が4,000m以上であり、高原草草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 (マヘスーカマナ流域)

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

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)。

1995～2000 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。高地草原 (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 12km² (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 (マヘスーカマナ流域)

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、ホロハヤ地区 ハラピスタ村・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
浸食区分図	SHP	ANA
土壌区分図	SHP	INRENA
植生区分図	SHP2000 年 PDF1995 年	DGFFS
雨量データ	Text	Senami

2) 基礎資料の作成

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

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

(2) 土壌侵食要因の分析

1) 地形特性

i) 標高別面積

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。マヘス-カマナ流域においては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。マヘス-カマナ流域はこの部分の面積が広く、他の流域に比べて水源が豊富で、流量が多い。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)	
	マヘス-カマナ 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

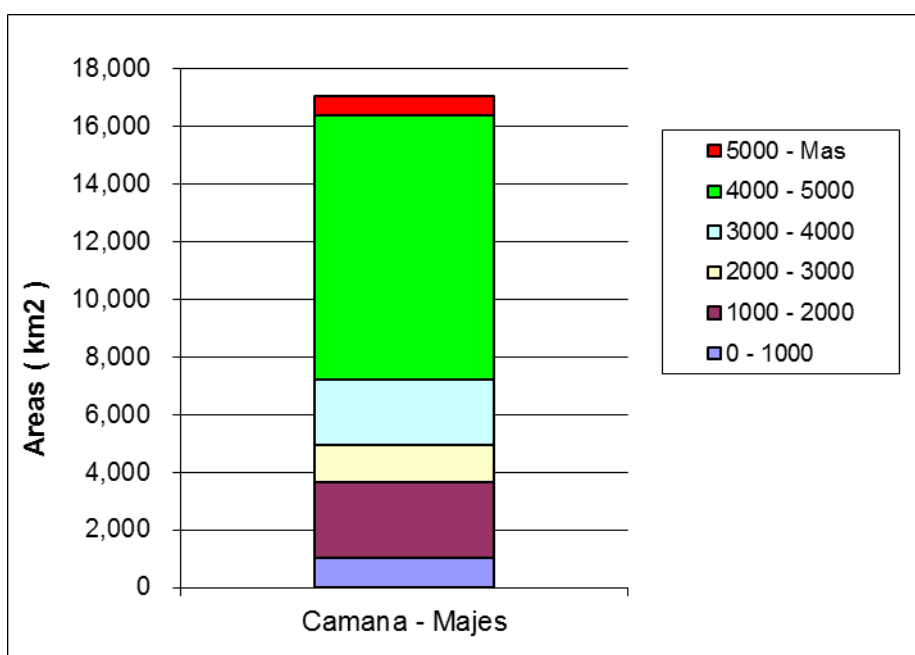


図-3.1.8-1 標高別の面積

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 示す。

表-3.1.8-3 傾斜区分と面積

Slope Basin (%)	マヘス-カマナ流域	
	面積(km ²)	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%

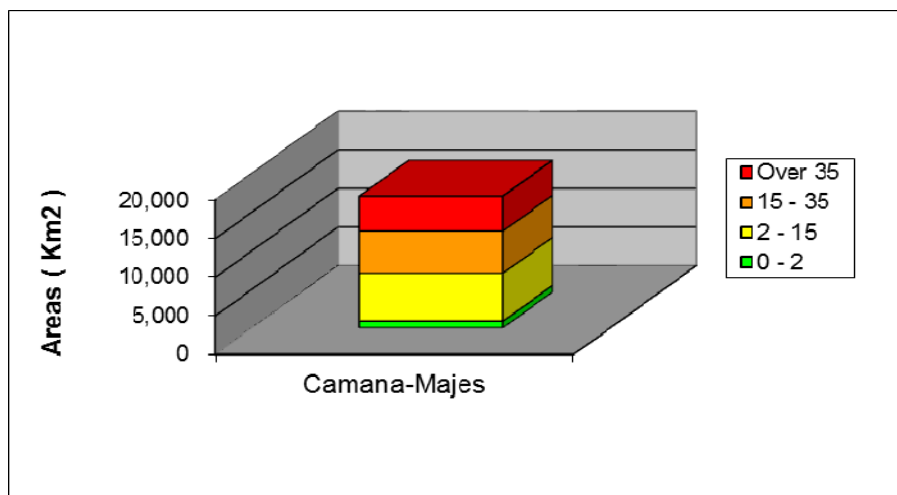


図-3.1.8-2 傾斜区分と面積

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 (%)	マヘス-カマナ流域
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

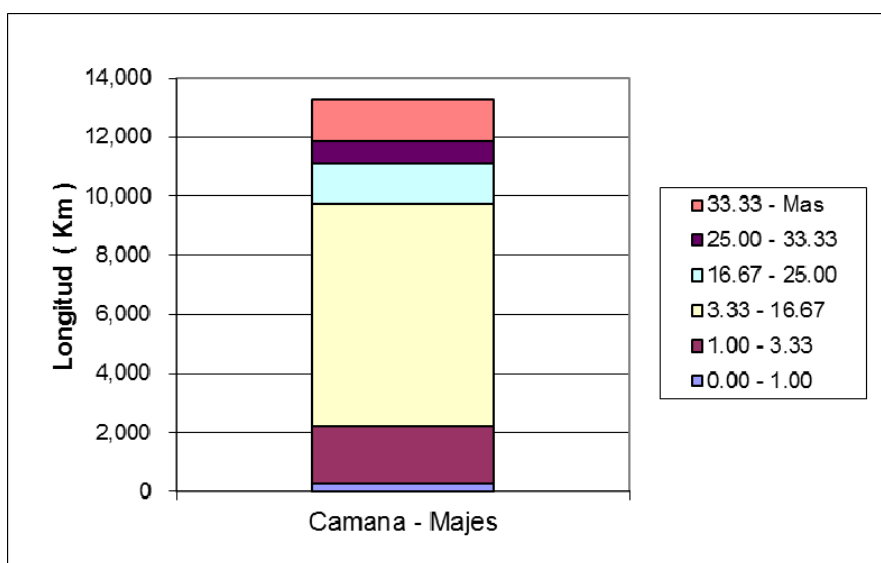


図-3.1.8-3 河床勾配と溪流の総流路長

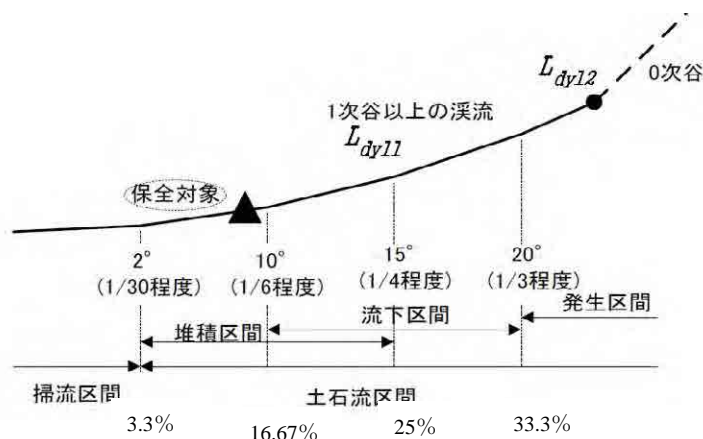
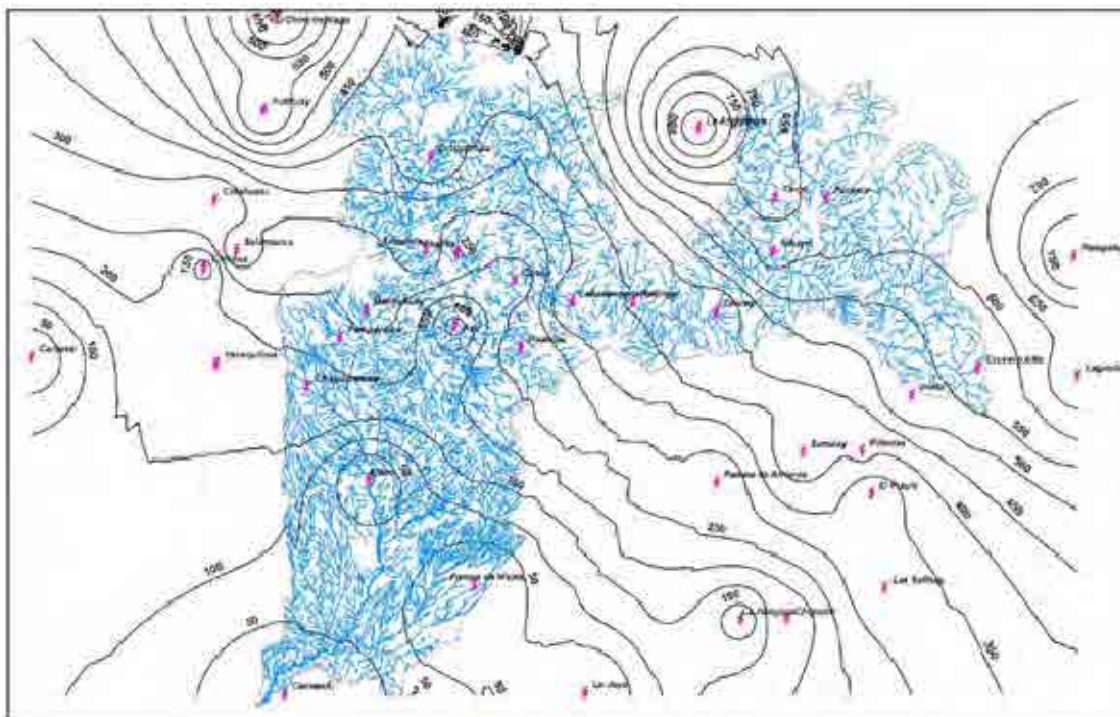


図-3.1.8-4 河床勾配と土砂移動の形態

2) 降雨特性

SENAMHI が 1965～1974 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。マヘスー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

流域の特性は図-3.1.8-6 のようにまとめられる。標高が 500m 以下では、植生がなく、降水量が

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

マヘスーカマナ流域のエリアと標高の関係を表-3.1.8-5 に示す。



図-3.1.8-6 流域特性

表 3.1.8-5 エリアと標高の関係

エリア	マヘスーカマナ流域
A	0-1,000
B	1,000-3,000
C	3,000-5,000

(3) 侵食量の大きい箇所の特定

Ana によって作成された浸食区分図は、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 1,000~4,000m での地形変化が大きい。世界で最も深い溪谷のひとつといわれるコルカ溪谷がここに位置する。

表-3.1.8-6 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

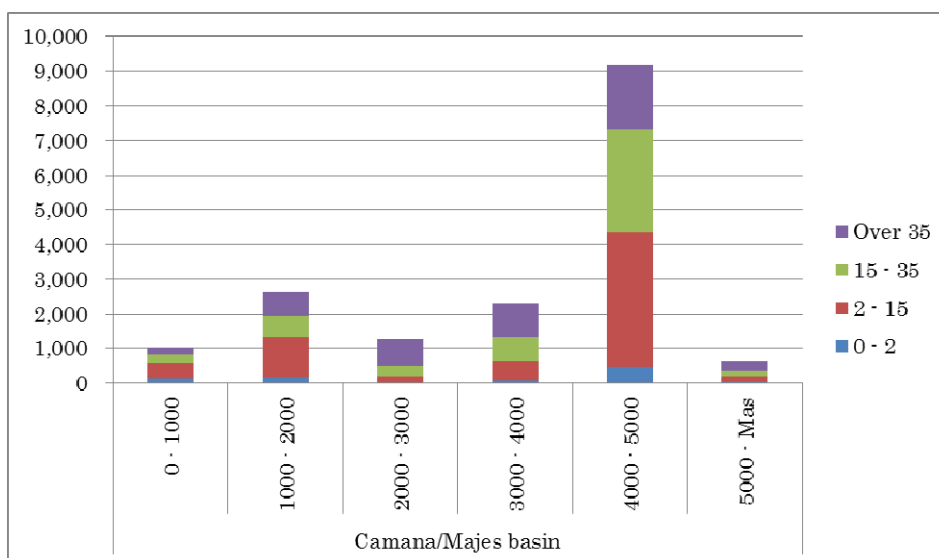


図-3.1.8-7 マヘス - カマナ川の標高毎の傾斜区分

(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浸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。

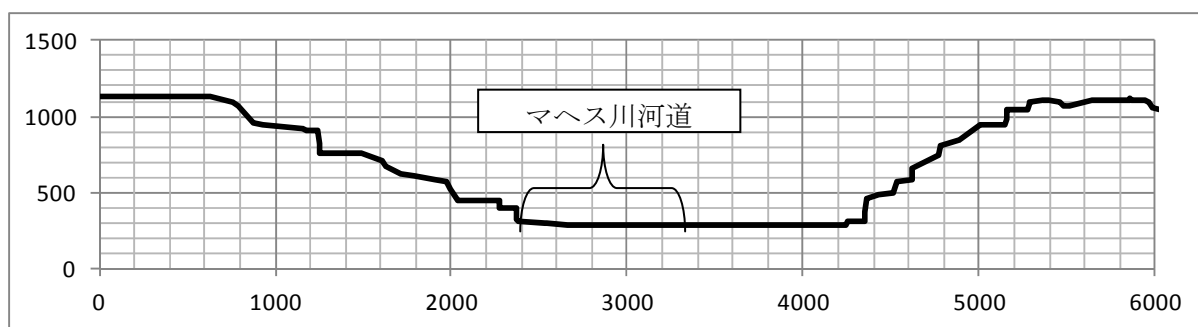


図-3.1.8-8 マヘス溪谷断面 (河口から 50km 付近)

表-3.1.8-7 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。

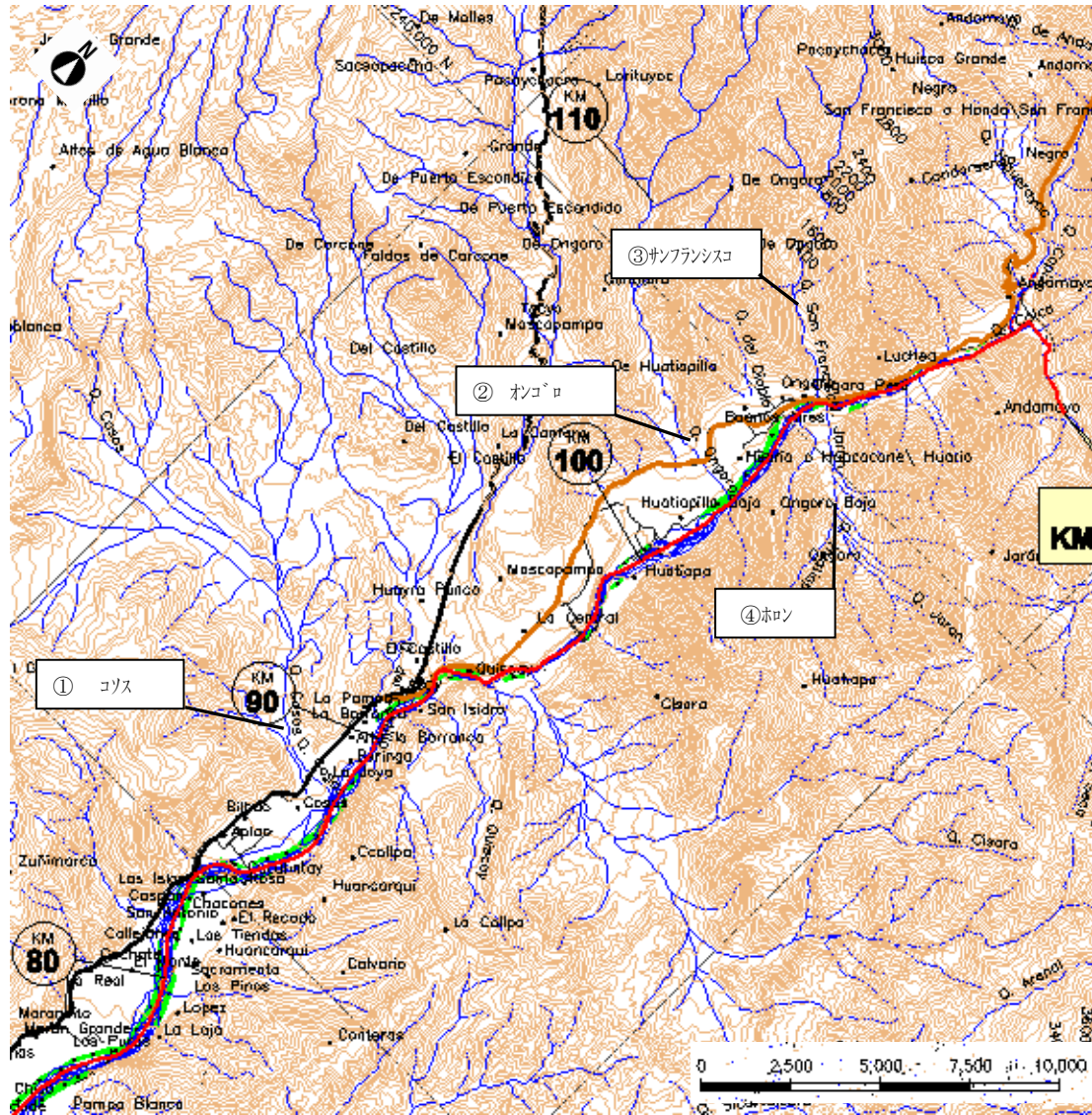


図-3.1.8-9 土石流発生位置図



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



図-3.1.8-11 コソス川の土砂堆積状況 (幅約 900m)



図-3.1.8-12 コスス川を通過する市道（雨期には土砂が市道を覆うが1日で復旧するとのこと）

図-3.1.8-13 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 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 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 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 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

マヘスーカマナ流域では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-3.1.8-8）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-3.1.8-9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。Aplao 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-3.1.8-8 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-3.1.8-9 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

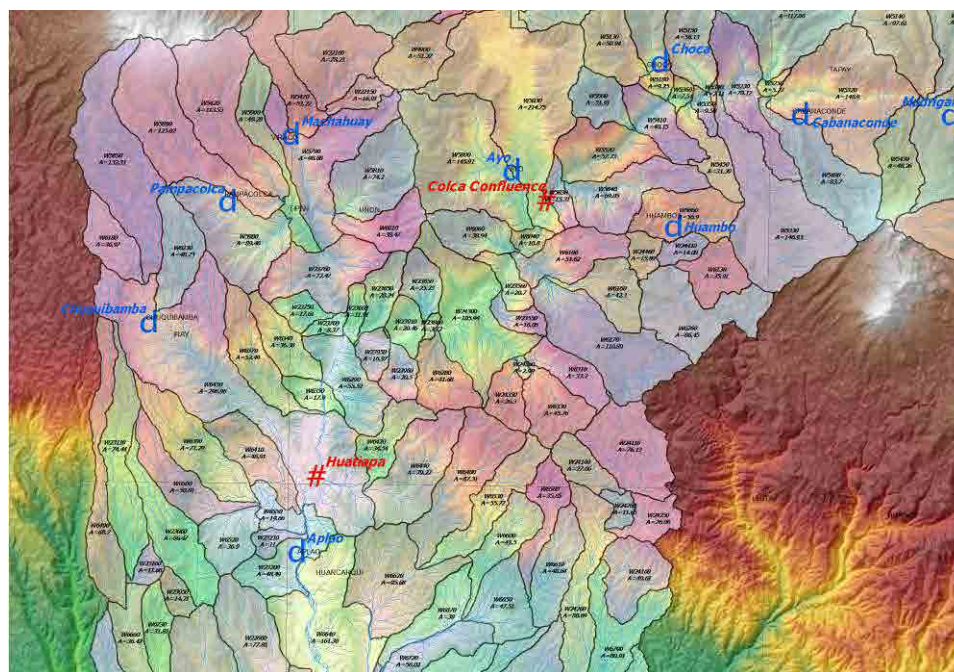


図-3.1.8-18 雨量観測所位置図

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、50年確率程度の降雨および大規模出水時での定性的な所見を以下に示す。

i) 平常時

平常時の土砂生産流出状態を図-3.1.8-19に示す。

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

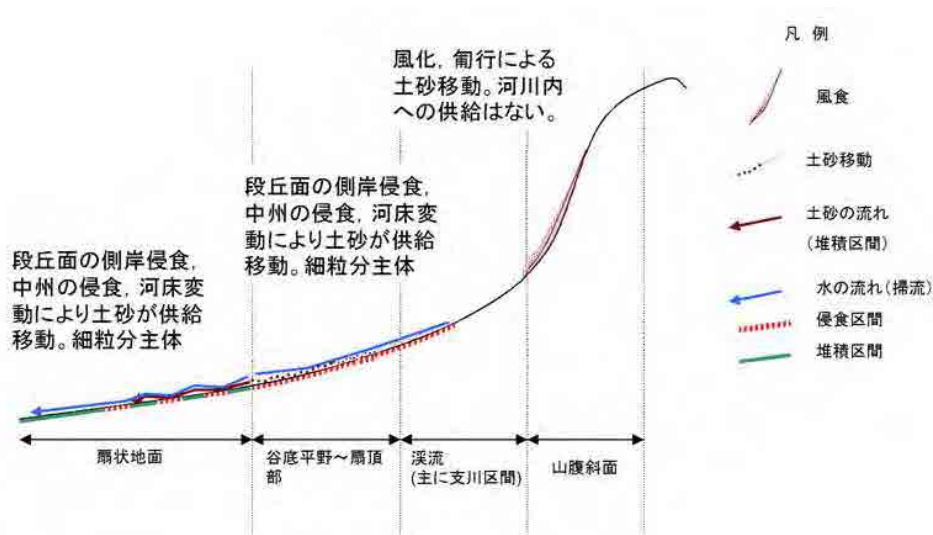


図-3.1.8-19 平常時の土砂生産流出の状態

出典： JICA 調査団により作成

ii) 50年確率降雨程度の豪雨

現地ヒアリングによればエルニーニョ年度には各支線から土石流が発生しているとのことであった。ただし、河道の土砂調節量が多く、下流への影響はあまりないものと推定される。エルニーニョ程度の豪雨における土砂生産流出状態を図-3.1.8-20に示す。斜面から水量に見合った量の土砂が流出する。

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

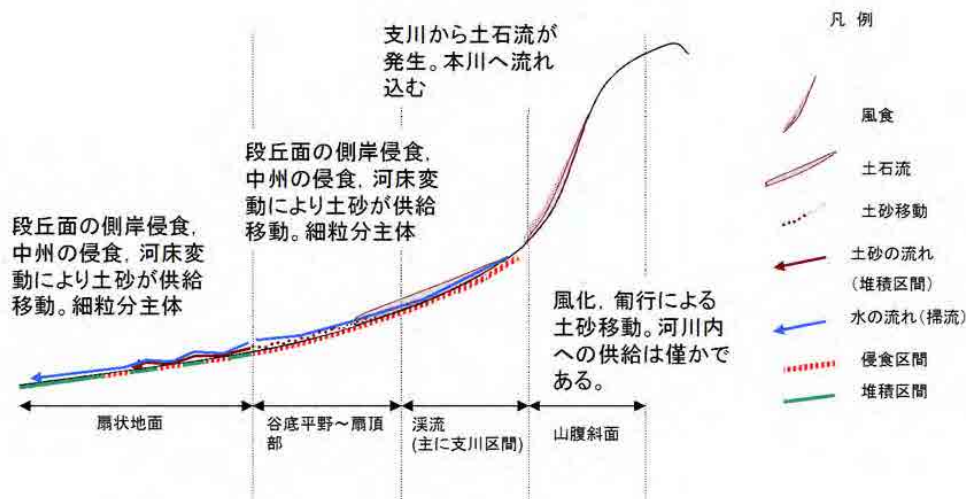


図-3.1.8-20 50年確率降雨程度の豪雨時における土砂生産流出の状態

出典：JICA 調査団により作成

iii)大規模出水時（現在の段丘面を形成するような出水）数千年に1回程度

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

およそ数千年確率規模以上の低確率規模降雨が生じた場合、以下の土砂生産形態が発生すると考えられる(図-3.1.8-21 参照)。なお、大規模出水の頻度は地球規模の温暖化-寒冷化のサイクルに一致していると推定して数千年とした。

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

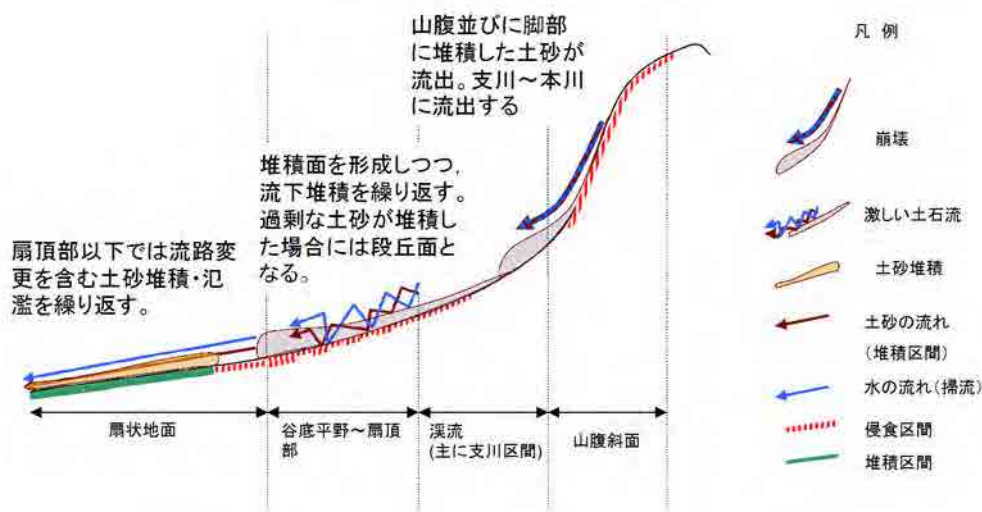


図-3.1.8-21 大規模出水時の土砂生産流出の状態 (地質学的スケール)

出典： JICA 調査団により作成

(5) 本業務の対象範囲

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

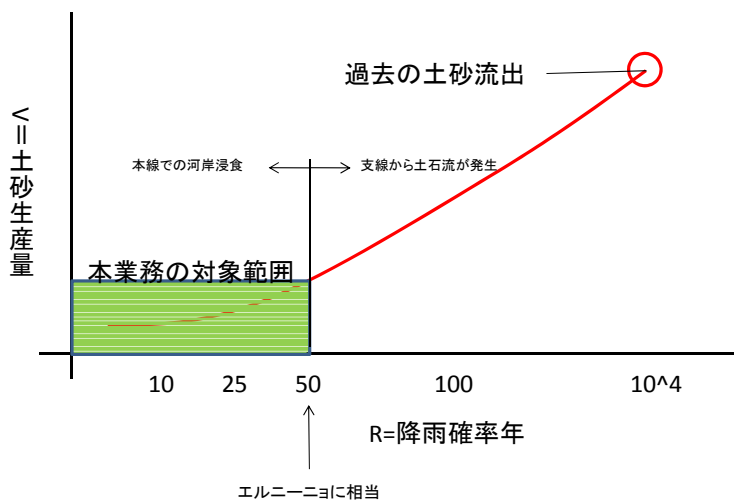


図-3.1.8-22 土砂生産量と確率降雨年の関係および本業務の対象範囲

出典： JICA 調査団により作成

3.1.9 流出解析

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

3.1.9.1 降雨量データ

調査対象流域で行う流出解析に用いる降雨量の観測状況を把握するとともに、流出解析に必要な降雨データの収集および整理を行った。降雨量データは主として SENAMHI より収集した。観測担当機関も殆どが SENAMHI である。対象とした降雨観測所において自動観測は行われておらず、全て定時における手動による観測である。従って時間雨量データは無く、全て日雨量（24 時間雨量）データである。しかし流域中部の Chivay 降雨観測所では、2001 年からテレメーター式自記雨量計による観測が行われており、2011 年 2 月および 2012 年 2 月（雨季）の時間雨量データを入手した。

(1) 降雨観測状況

降雨観測地点および観測データの収集期間を整理して表-3.1.9.1-1～3.1.9.1-2、図-3.1.9.1-1 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。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-3.1.9.1-2 に示す 38 地点のデータを用いて行った。

表-3.1.9.1-1 雨量観測地点一覧 (マヘス - カマナ川流域)

観測所	軽度	緯度	標高	担当機関
ANDAHUA	15° 29'37	72° 20'57	3538	SENAMHI
APLAO	16° 04'10	72° 29'26	625	SENAMHI
AYO	15° 40'45	72° 16'13	1950	SENAMHI
CABANACONDE	15° 37'7	71° 58'7	3369	SENAMHI
CAMANÁ	16° 36'24	72° 41'49	29	SENAMHI
CARAVELÍ	15° 46'17	73° 21'42	1757	SENAMHI
CHACHAS	15° 29'56	72° 16'2	3130	SENAMHI
CHICHAS	15° 32'41	72° 54'59.7	2120	SENAMHI
CHIGUATA	16° 24'1	71° 24'1	2945	SENAMHI
CHINCHAYLLAPA	14° 55'1	72° 44'1	4514	SENAMHI
CHIVAY	15° 38'17	71° 35'49	3663	SENAMHI
CHOCO	15° 34'1	72° 07'1	3160	SENAMHI
CHUQUIBAMBA	15° 50'17	72° 38'55	2839	SENAMHI
COTAHUASI	15° 22'29	72° 53'28	5086	SENAMHI
CRUCERO ALTO	15° 46'1	70° 55'1	4486	SENAMHI
EL FRAYLE	16° 05'5	71° 11'14	4110	SENAMHI
HUAMBO	15° 44'1	72° 06'1	3500	SENAMHI
IMATA	15° 50'12	71° 05'16	4451	SENAMHI
LA ANGOSTURA	15° 10'47	71° 38'58	4260	SENAMHI
LA JOYA	16° 35'33	71° 55'9	1279	SENAMHI
LA PAMPILLA	16° 24'12.2	71° 31'.6	2388	SENAMHI
LAGUNILLAS	15° 46'46	70° 39'38	4385	SENAMHI
LAS SALINAS	16° 19'5	71° 08'54	3369	SENAMHI
MACHAHUAY	15° 38'43	72° 30'8	3000	SENAMHI
MADRIGAL	15° 36'59.7	71° 48'42	3238	SENAMHI
ORCOPAMPA	15° 15'39	72° 20'20	3805	SENAMHI
PAMPA DE ARRIEROS	16° 03'48	71° 35'21	3720	SENAMHI
PAMPA DE MAJES	16° 19'40	72° 12'39	1442	SENAMHI
PAMPACOLCA	15° 42'51	72° 34'3	2895	SENAMHI
PAMPAHUTA	15° 29'1	70° 40'33.3	4317	SENAMHI
PILLONES	15° 58'44	71° 12'49	4428	SENAMHI
PORPERA	15° 21'1	71° 19'1	4142	SENAMHI
PULLHUAY	15° 09'1	72° 46'1	3098	SENAMHI
SALAMANCA	15° 30'1	72° 50'1	3153	SENAMHI
SIBAYO	15° 29'8	71° 27'11	3839	SENAMHI
SUMBAY	15° 59'1	71° 22'1	4300	SENAMHI
TISCO	15° 21'1	71° 27'1	4198	SENAMHI
YANAQUIHUA	15° 46'59.8	72° 52'57	2834	SENAMHI

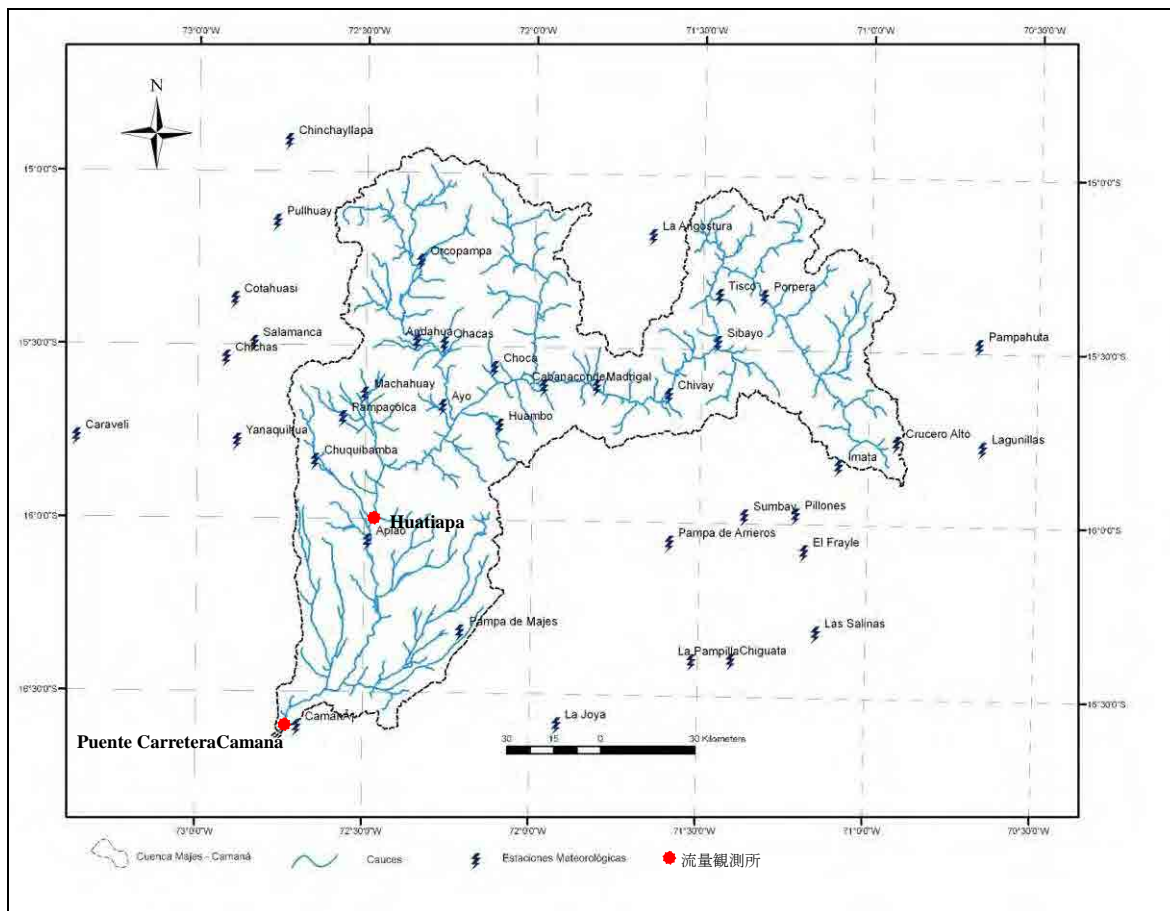


図-3.1.9.1-1 観測地点位置図 (マヘス - カマナ川流域)

2) 月別降雨量

マヘス - カマナ流域および近傍における雨量観測所 48 ヶ所のうち観測期間が短い (20 年未満)、直近 10 年の観測データが無い、位置が流域から非常に遠いなどの理由で 10 ヶ所の観測データを棄却し、38 ヶ所の観測所データを用いる事とする。

38 ヶ所の観測所のうち一例として比較的データの整備されている TISCO 観測所の月別降雨量データを表-3.1.9.1-3 に示す。

表-3.1.9.1-3 TISCO 観測所の月降雨量

TOTAL MONTHLY PRECIPITATION (mm)													
BASIN	GAUGE	DEPARTMENT	LONGITUDE	LATITUDE									
Camaná - Majes	TISCO	AREQUIPA	71° 27'1	15° 21'1									
Year	Month												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
1963											41.1	131.8	
1964	86.1	72.9	114.4	42.9	22.0	0.0	0.0	6.1	4.4	17.9	59.7	57.6	484.0
1965	75.0	161.1	85.9	42.5	0.3	0.0	9.2	0.0	24.0	22.0	10.4	151.7	582.1
1966	110.3	184.9	64.6	10.6	45.1	0.0	0.0	4.5	0.0	43.3	79.7	55.0	598.0
1967	103.8	161.0	220.2	64.5	13.1	0.6	8.2	9.4	41.8	23.6	12.7	90.5	749.4
1968	266.0	119.6	179.4	31.6	4.0	5.1	5.5	5.8	20.0	52.9	84.6	31.7	806.3
1969	150.1	113.0	52.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	60.8	97.7	478.0
1970	139.6	150.5	138.5	22.4	9.5	0.0	1.0	1.1	35.6	5.1	4.7	146.8	654.9
1971	140.0	183.5	101.2	30.1	2.6	0.9	0.0	0.0	0.0	5.0	2.2	132.7	598.2
1972	362.1	188.7	235.5	32.7	0.1	0.0	2.3	0.1	55.1	32.9	32.1	90.1	1031.7
1973	297.8	190.2	159.2	81.1	15.9	0.0	8.2	10.2	31.1	7.6	60.6	53.9	915.7
1974	290.2	172.9	44.7	80.7	1.5	14.5	0.0	111.1	9.3	4.3	7.5	50.2	786.8
1975	146.6	246.7	122.4	30.2	20.8	3.2	0.0	1.0	8.0	48.3	1.4	131.4	760.1
1976	153.0	107.7	166.8	41.6	9.3	7.5	4.6	2.3	58.9	0.5	0.6	71.9	624.7
1977	67.0	239.2	118.8	7.1	4.1	0.0	2.3	0.0	11.7	16.3	110.2	49.8	626.6
1978	317.6	24.1	78.7	68.9	0.0	4.0	0.0	1.0	2.3	26.9	78.6	60.0	662.2
1979	127.4	88.0	123.3	16.5	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	59.2	71.2	93.7	584.4
1980	72.5	43.1	183.6	2.2	0.0	0.0	13.5	25.9	28.1	94.1	2.1	30.2	495.3
1981	205.2	52.0	73.0	2.0	0.0	0.0	0.0	46.8	9.0	24.8	52.3	110.6	
1982	161.0	45.9	122.8	34.9	0.0	0.5	0.0	0.0	80.9	105.5	150.5	70.0	772.0
1983	46.7	93.7	81.0	47.9	12.0	0.5	0.5	0.0	35.2	18.0	2.5	32.4	370.5
1984	178.4	256.0	284.8	11.1	10.5	3.0	0.0	28.4	0.0	46.3	135.5	125.6	1079.6
1985	32.9	263.0	134.4	49.7	10.0	14.8	0.0	0.0	15.4	0.0	70.0	142.4	732.6
1986	105.9	162.7	178.9	98.4	12.5	0.0	2.8	52.2	18.1	11.0	11.0	149.6	803.1
1987	212.5	42.9	26.2	23.6	3.4	2.1	27.0	4.5	2.0	23.3	24.6	29.0	421.1
1988	216.9	72.5	97.0	63.5	8.5	0.0	0.0	4.0	6.8	0.0	4.0	30.2	503.4
1989	123.9	93.0	159.5	50.7	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	12.0	4.0	446.1
1990	118.4	27.6	58.5	25.6	12.5	39.5	0.0	13.0	5.0	52.5	0.0		
1991	150.6	72.7	162.3	10.7	3.5	30.7	3.0	1.6	3.5	29.2	48.6	0.0	516.4
1992	51.6	73.8	32.9	4.8	0.0	2.7	2.8	40.0	1.0	25.2	24.7	85.6	345.1
1993	230.9	82.4	133.9	49.9	6.2	1.3	0.3	25.1	15.5	34.2	63.7	106.1	749.5
1994	241.6	218.1	74.3	45.6	10.1	2.8	1.5	1.7	0.0	1.0	25.2	72.7	694.6
1995	121.5	135.0	215.7	27.8	3.7	0.1	0.0	2.8	8.6	13.1	22.3	122.0	672.7
1996	187.3	156.8	83.0	61.6	12.0	0.0	0.3	14.1	11.7	10.6	41.3	146.6	725.4
1997	175.0	201.8	86.5	31.7	18.1	0.0	0.0	33.1	64.8	14.0	60.1	102.2	787.3
1998	271.1	114.9	96.6	15.9	0.5	3.0	0.0	0.8	0.5	9.6	48.5	75.9	637.4
1999	199.2	273.9	198.2	30.5	6.0	0.1	1.2	0.6	23.5	75.3	10.7	90.3	909.5
2000	194.3	242.5	157.2	21.5	28.7	7.8	0.4	11.4	1.6	70.9	22.1	97.9	856.4
2001	240.3	239.0	144.2	108.9	31.3	5.4	16.5	12.0	8.4	18.7	8.6	35.9	869.0
2002	123.6	241.6	186.8	134.9	17.4	8.0	31.8	0.6	19.1	44.7	82.2	113.3	1004.1
2003	83.5		193.1	29.2	11.8	1.5	3.6	4.1	13.2	14.8		114.6	
2004	208.7	176.4	138.0	39.4	2.4	0.5	20.3	14.9	15.4	3.2	7.0	72.7	698.8
2005	124.4	207.0	127.5	56.9	0.5	0.0	0.1	0.7	23.2	11.6	18.8	103.4	674.1
2006	202.0	200.4	195.5	62.4	6.1	4.1	0.0	7.7	25.6	29.3	61.6	78.8	873.4
2007	187.0	179.7	180.4	38.4	9.1	0.1	9.7	0.8	16.1	13.7	22.9	96.2	753.8
2008	257.8	123.5	70.0	5.5	3.2	2.7	0.1	0.6	1.7	17.1	5.0	95.6	582.7
2009	104.6	203.6	133.3	65.6	2.8	0.0	11.1	2.4	23.9	9.9	47.9	64.6	669.7
2010	179.1	164.6	73.0	69.3	6.4	2.1	2.2	1.0	6.2	21.2	13.4	142.9	681.4
2011		233.8	96.9	104.8									
Pp Maxima	362.1	273.9	284.8	134.9	45.1	39.5	31.8	111.1	80.9	105.5	150.5	151.7	1079.6
Pp Media	166.8	153.2	128.4	43.7	8.5	3.6	4.1	10.8	16.7	25.8	38.7	85.9	687.9
Pp Minima	32.9	24.1	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	345.1

3) 年最大 24 時間雨量

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

表-3.1.9.1.4 マヘス - カマナ川流域の各降雨観測所における年最大24時間雨量 (日雨量) (1/2)

Year	Andahu	Aplao	Ayo	Cabanacon de	Camana	Caraveli	Chachas	Chichas	Chiguata	Chinchaylila	Chivay	Choco	Chuquibamb	Cotahuasi	Crucero Alto	El Frayle	Huambo
1963		7.2					13.0		7.5				20.0	11.8	21.5		28.8
1964		2.2				10.0	18.2	24.0	24.0	20.0	14.2	8.0	10.5	16.3	38.1		23.3
1965		2.2			6.0	0.0	15.8	23.0	9.3	7.0	24.0	8.4	13.3	17.2	31.5		17.7
1966		7.3			2.5	14.0	16.7	3.8	17.1	18.9		8.2	29.5	18.8	34.7		28.4
1968		0.6			2.5	29.0	22.0	19.7	16.3	30.0		11.1	37.4	18.2	26.8		22.5
1969		1.5			13.0	7.0	27.0	30.2	9.0	19.3		11.1	37.4	18.2	26.8		17.8
1970	18.0	7.5	11.5	24.8	0.4	19.6	30.5	25.6	8.2	25.2		14.3	35.3	14.2	21.9		23.7
1971	22.0	4.7	13.5	34.1	5.2	4.5	34.5	22.0	16.0	50.0	21.5	18.2	32.5	59.4	18.5	24.1	25.1
1972	30.1	2.8	12.0	26.9	5.4	19.3	23.6	10.0	39.0	28.9	21.5	18.2	32.5	59.4	27.2	19.7	40.3
1973	21.9	6.3	9.1	25.0	16.4	7.3	21.7	15.0	19.5	20.0	24.0	16.6	32.8	30.0	32.8	21.7	20.7
1974	23.4	1.4	7.1	22.0		4.3	18.5	8.3	30.9	21.5	30.0	15.5	18.4	16.0	27.9	25.4	31.2
1975	71.0	1.2	9.0	29.2	8.0	4.0	33.3	23.6	23.3	18.8	49.0	24.0	20.5	28.4	28.5	21.8	26.4
1976	27.5	5.4	13.4	33.4	10.3	30.0	36.7	10.1	42.9	20.0	24.5	20.2	36.6	22.5	15.0	15.8	22.7
1977	19.2	1.8	7.3	28.9	2.1	5.7	27.0	14.0	34.6	23.0	38.0	15.0	30.7	20.8	28.4	32.4	14.0
1978	19.8	0.3	10.5	26.0	1.3	0.5	22.4	7.0	12.8	16.7	17.0	33.3	19.2	14.9	14.9	31.5	28.7
1979	16.4	0.0	8.6	16.9	0.5	10.1	17.4	5.8	24.8	25.8	20.6	15.0	12.2	20.1	31.0	16.5	21.1
1980	18.7	0.3	10.0	17.1	0.0	5.3	21.6	9.8	12.4	15.5	28.3	7.7	15.8	26.7	24.7	21.7	16.7
1981	20.6	2.3	11.4	26.5	0.3	23.0	24.5	15.0	28.9	20.0	20.6	18.6	25.8	40.7	21.5	30.4	23.2
1982	20.1	0.0	4.1	31.0	6.5	2.5	13.9	6.8	9.2	17.0	29.8	19.0		13.2	38.9	27.7	16.4
1983	5.4	0.0	0.1	21.1	4.0	2.8	7.3	6.0	3.8	14.3	9.0	10.0			20.0	32.5	17.4
1984	28.6	13.0	18.9	33.5		22.7	29.0	13.8	21.0	34.1	36.2	22.1		24.3	28.3	17.8	33.9
1985	17.9	0.0	12.2	29.1		2.0	19.0	22.9	20.3	20.7	25.5	15.0		18.9	22.9	21.2	24.6
1986	22.4	6.0	12.8	37.9		11.3	21.3	23.5	37.9	18.8	27.5	18.0		30.0	19.2	18.4	24.6
1987	30.7	0.8	10.3	92.8		2.2	36.0	21.0	39.4	18.7	17.4	10.0	27.2	17.3	14.4	12.6	42.8
1988	30.7	0.4	9.9	40.0		8.4	22.8	22.2	22.7	18.4	31.3		7.2	26.9	18.8	20.0	30.4
1989	32.8	0.5	5.3	24.5		12.5	19.0	27.5	32.2	19.1	13.0	11.7	33.0		19.2	18.6	17.0
1990	20.6	1.6	4.5	23.0		6.5	35.6	12.9	18.9	18.5	34.7	13.3	23.0		18.0	58.5	36.0
1991	33.2	0.9	3.4	6.9		0.0	20.0	12.0	13.5	20.0	36.8	16.7	3.2		19.5	23.5	15.8
1992	12.4	2.8	1.8	17.0		2.0	10.5	2.3	5.2	14.8	8.0	10.4			13.9	18.2	6.3
1993	17.8	0.3	1.7	20.0		2.0	16.1	12.5	21.8	14.3	16.4	6.5	8.0		22.6	24.7	16.8
1994	31.4	1.2	8.6	23.2		11.0	23.0	26.1	35.3	21.6	16.0	16.7	36.8	0.0	32.1	39.0	16.9
1995	21.6	2.1	14.8	32.8		15.2	18.6	22.2	48.8	30.6	30.1	24.0	29.6	14.7	31.8	32.5	17.9
1996	22.4	1.3	15.6	22.2		0.9	21.1	19.5	10.2	25.0	39.7	11.8	10.0	29.8	27.6	21.4	16.9
1997	28.9	3.7	18.3	51.0		2.2	33.0	35.4	44.0	29.4	30.3	21.3	19.6	26.7	27.4	21.6	32.9
1998	33.5	1.2	16.9	38.3		18.5	25.9	29.6	12.6	34.9	23.4	24.5	82.0	26.2	23.6	20.9	25.3
1999	26.6	1.4	14.5	32.9		7.1	35.3	23.0	25.0	24.0	29.2	19.2	26.0	33.0	32.7	25.7	26.6
2000	24.9	1.0	8.6	24.6		2.9	15.6	15.8	36.2	45.1	24.4	18.4	28.0	26.6	21.9	15.9	18.7
2001	30.6	2.0	15.4	48.6		1.4	11.5	19.0	20.9	31.5	29.8	19.8	70.4	22.8	25.9	13.4	17.0
2002	27.3	4.8	16.6	30.6		13.7	22.5	22.6	24.3	28.8	28.1	20.9	47.7	27.5	30.6	17.8	27.9
2003	17.5	0.0	8.7	19.3		0.0	17.8	8.7	9.2	31.6	14.7	13.7	14.5	18.0	15.7	11.7	25.5
2004	23.0	9.0	35.6	22.9		1.5	21.4	18.9	18.7	25.8	24.8	24.6	16.6	25.7	28.2	28.4	30.4
2005	21.1	1.7	12.1	24.4		0.8	16.5	12.8	10.7	39.1	27.8	27.8	13.0	11.0	35.3	20.1	18.3
2006	25.0	0.9	9.4	25.3		0.6	4.2	19.6	18.3	30.9	26.5	17.7	18.2	13.5	23.4	28.3	31.8
2007	21.6	2.7	14.0	27.4		3.0	26.6	10.6	23.4	30.2	24.7	40.0	10.9	25.4	32.5	21.2	21.0
2008	23.3	6.4	23.5	24.0		5.6	18.0	25.7	20.7	30.8	35.7	23.8	15.4	15.4	15.4	28.2	29.2
2009	19.7	0.0	10.2	16.8		3.2	9.1	23.0	9.9	28.6	30.6	20.6	15.7	11.8	32.7	43.6	16.8
2010	27.2	0.9	7.8	23.9		4.5	18.7	9.3	9.7	25.6	26.9	19.8	17.0	17.7	33.8	23.3	32.9
2011	21.2	2.0	13.3	26.6		7.2	31.2	15.1	19.2		27.7	19.8	17.0	21.7	27.9		

表-3.1.9.1-4 マヘス - カマナ川流域の各降雨観測所における年最大 24 時間雨量 (日雨量) (2/2)

Year	Imata	La Angostura	La Joya	La Pampilla	Lagunillas	Las Salinas	Machahuay	Madrigal	Orcopampa	Pampa de Anteros	Pampa de Males	Pampacolo	Pampahuta	Pillones	Porpera	Pullhuay	Salamanca	Sibayo	Sumbay	Tisco	Yanaquihua
1963						21.5	8.0	18.7		15.3		12.7				30.2	15.0			28.2	20.5
1964						18.0		18.4		20.0		17.7				12.2	10.5			47.8	7.2
1965			0.0			19.9		18.4		11.6		8.2				32.7	19.0			12.5	17.6
1966			1.0			19.2	20.3	20.1		34.0		29.9				23.1	22.6			22.3	14.1
1967			3.0			17.2	23.5	28.1		15.0		21.2				33.7	21.6			30.7	23.8
1968			0.0			20.0	16.1	20.7		17.3		43.8				21.5	18.5			67.5	17.5
1969			5.1			19.0	22.9	18.9		16.3	1.9	22.1				23.2	24.6			18.6	42.6
1970			0.0			24.9	23.1	22.5		20.9	7.1	18.7				31.4	26.9			39.5	10.1
1971			0.7			21.3	16.6	22.5		17.0	2.2	25.2				22.3	31.4			26.0	46.6
1972			1.7			21.3	13.6	40.2		27.3	1.0	27.5				36.0	40.0			51.3	55.0
1973			0.6			22.1	41.3	16.2		18.0	21.5	23.5				21.2	41.1			29.8	20.9
1974			4.0			16.0	43.6	31.6		36.7	1.8	19.5				29.2	17.5			40.0	37.4
1975			3.0			46.7	39.4	23.2		19.8	2.2	18.8				21.0	44.1			27.2	15.9
1976			4.3			24.0	23.7	24.9		30.7	2.2	25.2				17.6	35.3			23.8	18.7
1977			0.0			6.8	25.8	16.9		20.1	1.8	31.6				13.5	22.3			31.4	21.6
1978			0.0			8.0	27.7	12.3		25.1	0.0	27.4				28.5	20.2			30.5	34.5
1979			0.0			10.9	32.5	13.9		9.5	0.0	21.6				19.4	17.7			31.3	9.3
1980			3.0			6.2	26.2	24.8		29.8	0.8	15.7				17.5	22.3			22.0	15.1
1981			3.7			5.4	36.4	18.6		33.8	0.3	19.6				21.2	19.5			10.8	13.5
1982			0.0			3.9	29.4	17.1		19.1	20.9	0.0				19.2	33.1			34.2	21.6
1983			0.0			1.5	33.0	10.0		15.3	0.1	15.0				16.1	15.3			14.8	37.0
1984			3.0			14.7	32.0	24.6		32.2	0.9	26.6				13.8	12.9			18.9	38.0
1985			2.3			15.3	28.3	31.1		18.1	20.3	0.8				33.9	49.0			25.7	41.0
1986			18.7			18.4	25.3	10.1		37.5	21.1	35.7				20.1	14.7			23.4	14.0
1987			24.4			19.0	29.4	9.2		50.7	0.6	39.0				32.0	17.4			21.8	53.0
1988			0.1			11.5	23.5	34.4		19.6	0.6	25.2				13.6	25.0			31.2	68.5
1989			1.3			22.9	28.1	16.7		37.7	1.8	0.0				17.0	17.6			47.2	11.5
1990			4.0			11.5	28.9	24.6		22.0	0.0	34.3				31.7	20.6			18.2	43.1
1991			0.0			7.7	23.1	12.4		19.6	11.6	27.1				17.0	23.1			41.3	22.3
1992			1.2			3.4	19.2	9.3		15.7	8.4	0.5				17.0	19.5			38.0	48.0
1993			0.7			13.5	36.7	14.1		15.0	0.1	36.6				18.2	17.6			19.2	30.3
1994			0.0			13.6	23.7	44.5		17.3	2.2	6.7				30.8	29.5			19.2	0.3
1995			0.0			28.0	29.5	33.9		30.0	0.0	37.3				35.4	30.3			34.9	27.9
1996			0.0			12.1	21.5	25.4		19.0	10.5	28.2				46.0	22.6			35.8	35.0
1997			31.4			33.4	22.8	38.0		27.0	0.0	39.8				38.4	18.2			31.3	44.1
1998			0.5			9.5	31.2	17.1		18.5	2.7	27.9				21.0	42.3			25.4	11.3
1999			0.0			12.3	30.0	20.6		15.7	1.8	42.4				26.4	20.6			33.6	63.9
2000			0.5			23.7	22.5	26.3		23.3	2.5	38.0				36.9	24.7			27.7	39.4
2001			2.4			30.0	34.5	36.2		32.8	2.5	24.2				88.3	31.7			30.0	120.0
2002			37.5			15.4	26.3	20.8		18.5	0.4	36.4				26.0	19.0			27.0	22.2
2003			31.5			5.5	37.8	15.1		13.4	3.5	15.4				22.1	22.5			30.5	43.8
2004			2.3			8.4	29.7	19.4		13.4	0.2	40.0				31.5	21.0			14.3	28.5
2005			0.0			37.8	28.4	25.0		8.8	0.2	29.2				34.8	22.6			16.9	30.6
2006			37.5			0.0	14.9	33.2		5.2	0.0	23.1				25.0	12.9			21.5	13.4
2007			28.2			7.9	16.4	20.4		33.0	11.0	18.4				30.1	20.8			17.9	12.1
2008			34.3			25.5	23.1	18.8		8.6	9.0	17.3				29.6	18.2			20.8	13.6
2009			29.2			8.4	18.2	30.8		19.2	1.5	19.1				19.8	10.4			16.0	10.6
2010			0.6			4.7	21.5	10.7		18.3	1.5	23.3				35.2	28.7			29.4	21.5
2011			1.5			17.0	24.8	22.9		22.2	4.9	17.7				19.9	14.7			20.6	9.2
			30.7			31.7	24.8	20.5		15.8	15.3	28.3				44.7	20.3			34.5	17.8

4) 年平均等雨量線図

マヘス - カマナ川流域の等雨量線図を図-3.1.9.1-2 に示す。

カマナ - マヘス川流域では、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。

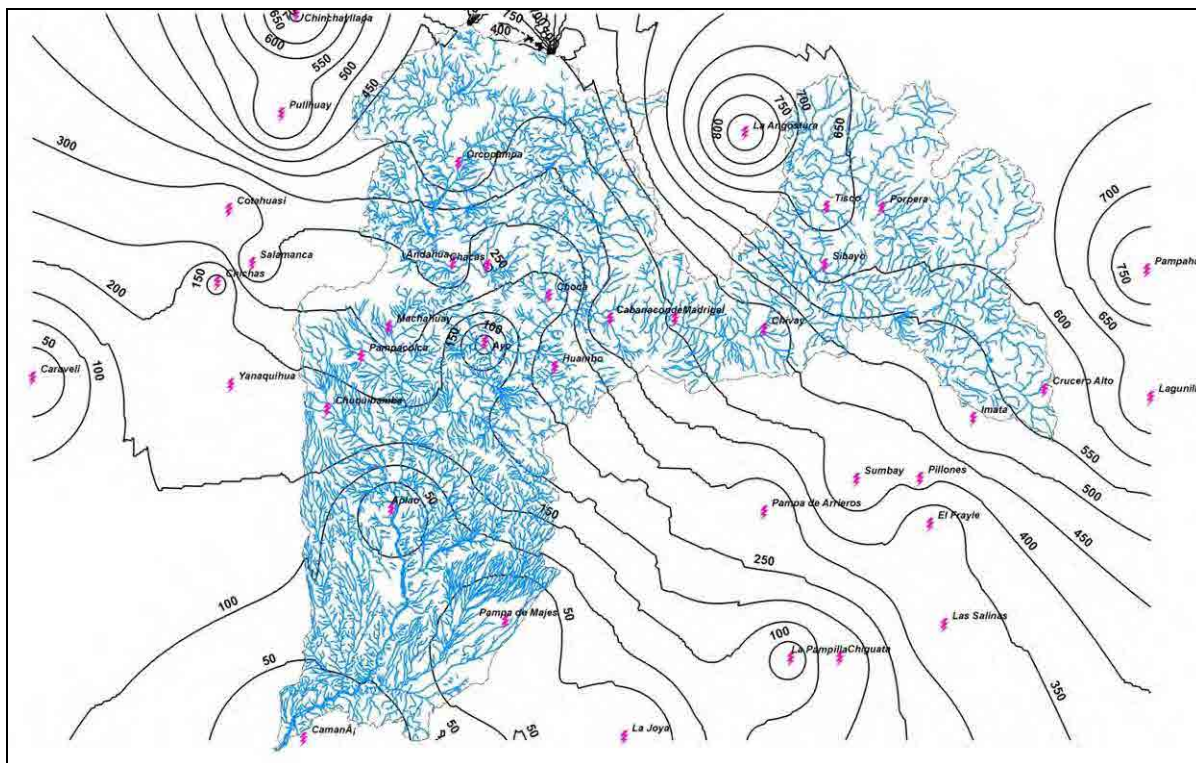


図-3.1.9.1-2 等雨量線図 (マヘス - カマナ川流域)

3.1.9.2 流量

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

水位の観測は主として量水標により行われており、あらかじめ河川横断測量と流量の実測により作成された観測地点の水位 - 流量の関係式により流量に換算している。

ただし、マヘス-カマナ川の Huatiapa 水位・流量観測所では、2006 年から SENAH I (気象・水文局) による水位観測が、通常時は 1 日 4 回 (7:00, 10:00, 14:00, 18:00) の量水標による水位観測とフロート式自記水位計 (2006 年以降) の記録用紙に記録された水位確認を行っている。さらに洪水時は 1 時間毎に水位を観測している。この観測所における時間水位データは一部し

かコンピューターに入力・整理されておらず、自記紙が保存されているのみである。SENAHI から公開されている年最大流量は、2006 年以前は日平均流量の最大値となっており、日 2 回または 4 回の平均値となっている。洪水ピーク時の水位・流量観測の継続とデータ整理が必要である。

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

(1) 流量観測所

マヘス - カマナ川流域における流量観測所を表-3.1.9.2-1 に示す。

表-3.1.9.2-1 マヘス - カマナ川における流量観測所

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

(2) 年最大日流量

上記観測所における年最大流量は表 3.1.9.2-2 に示すとおりである。

表 3.1.9.2-2 マヘス - カマナ川流域観測所の年最大流量

Huatiapa		Puente Carretera Camaná	
年	年最大流量 (m ³ /s)	年	年最大流量 (m ³ /s)
1945	620.00	1961	301.10
1946	619.00	1962	399.87
1947	580.79	1963	340.16
1948	506.50	1971	340.72
1949	1012.80	1972	800.42
1950	458.33	1973	750.19
1951	687.32	1974	950.00
1952	592.50	1975	890.00
1953	980.00	1977	1200.00
1954	980.00	1978	2000.00
1955	2400.00	1979	150.70
1956	445.30	1980	89.00
1957	316.00	1981	530.00
1958	985.50	1982	300.00
1959	1400.00	1983	40.00
1960	600.00	1984	1300.00
1965	171.94	1986	600.00
1966	237.00		
1967	420.00		
1968	442.55		
1969	308.60		
1970	362.00		
1971	356.00		
1972	633.00		
1973	1040.00		
1974	902.00		
1975	748.00		
1976	514.00		
1977	592.00		
1978	1600.00		
1979	410.00		
1980	415.00		
1981	1000.00		
1982	345.00		
1983	23.20		
1984	1025.00		
1986	750.00		
2006	590.87		
2007	366.33		
2008	418.50		
2009	400.22		

3.1.9.3 実測流量に基づく確率規模洪水流量

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

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

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

表-3.1.9.3-1 基準地点確率規模流量

	(m ³ /s)					
河川名/基準点	確率 2 年	確率 5 年	確率 10 年	確率 25 年	確率 50 年	確率 100 年
マヘス-カマナ川 Huatiapa	560	901	1,169	1,565	1,906	2,292

3.1.9.4 降雨量に基づく流出解析 (HEC-HMS システム)

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

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

(1) HEC-HMS システムの概要

HEC-HMS システムは多数の小流域からなる流域システムにおける降雨と流出の関係をシミュレーションするようにデザインされている。流域モデルは多数の小流域、河道、合流点、分流点、貯水池などから構成する事が可能である。

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

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

も各種の方法が適用可能となっている。

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

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

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

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

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

マヘス - カマナ流域を水理特性の類似した 4 つの小流域に分割した。流域の特性としては地形、支川の分布形状、地形、植生、土質条件などを考慮した。流域の分割を図-3.1.9.4-1 に示す。
 - 2) 流域モデルの作成

HEC-HMS においては流域を構成する小流域 (Sub Basin)、河道 (Reach)、合流点 (Junction) などを模式的に図-3.1.9.4-2 に示すように表現する。これに基づき流域全体のモデルを作成すると図-3.1.9.4-3 に示す通りとなる。



図-3.1.9.4-1 マヘス - カマナ流域の分割

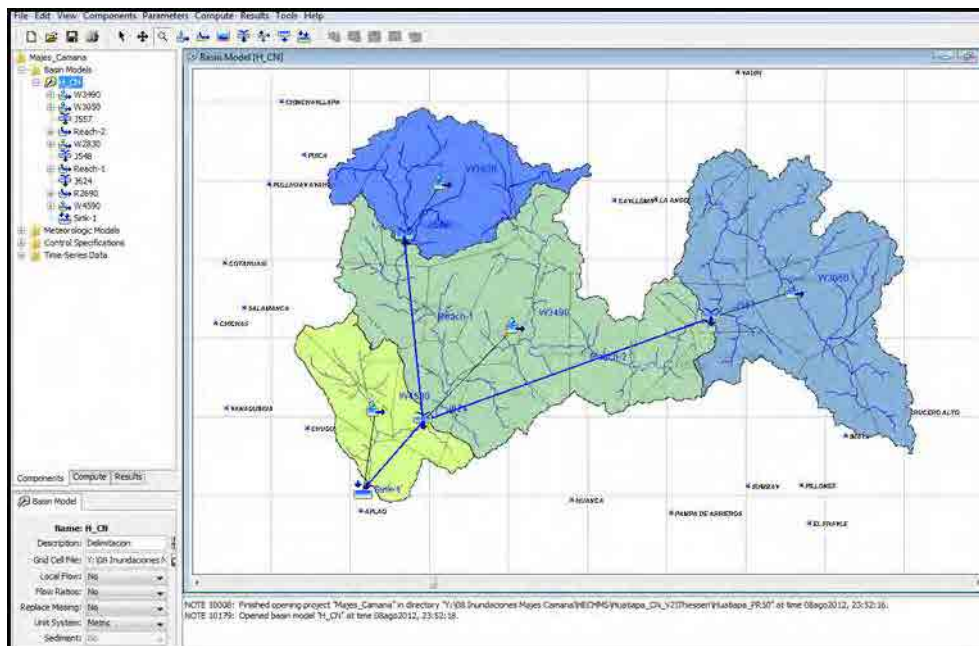


図-3.1.9.4-2 マヘス - カマナ流域の HEC-HMS モデル

(3) 降雨量解析

流域中上流部の Chivay 降雨観測所の時間雨量データのうち 2011 年 2 月および 2012 年 2 月の時間雨量データを入力し、3 洪水の降雨強度継続時間解析 (Depth-Duration Analysis) を行った。この結果主要 3 洪水のうち最も降雨継続時間が長い 2012 年 2 月の洪水 ($Q_p=1,400\text{m}^3/\text{s}$) の降雨

継続時間は 17 時間であった。従って、流出解析における降雨継続時間は 24 時間とした。

なお、SENAMHI および大学関係者等へのヒアリングの結果においても、ペルー海岸域の降雨継続時間は 6~12 時間程度とのことであり、ペルー沿岸部の他河川の流出解析⁷においても通常、降雨継続時間は 24 時間として計算している。

1) 各降雨観測所の確率規模 24 時間降雨量の計算

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

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

2) 各構成流域における 24 時間雨量の算定

各観測所の確率 24 時間降雨量からティーセン法によりマヘス - カマナ川を構成する小流域の降雨量を算定した。ティーセン分割図を図-3.1.9.4-4 に示す。

一般的には各構成流域の流域平均雨量から各年最大値を求め、確率雨量を算定する必要がある。しかし、対象流域の降水量データの欠測が多く流域平均雨量の算定が困難であるため、止むを得ず各観測所の確率雨量から各構成流域の確率雨量を推定した。算定結果を表-3.1.9.4-2 に示す。

3) 24 時間雨量曲線の選定

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

24 時間雨量曲線は HEC-HMS において一般的に用いられている SCS(Soil Conservation Service) hypothetical storm を用いる。この方法は USA における降雨データの解析結果から導き出されたもので 24 時間降雨量を無次元化して表-3.1.9.4-3 および図-3.1.9.4-5 に示す 4 タイプの降雨時間曲線により表している。24 時間雨量の配分は各タイプの累加雨量曲線より時間間隔を定めて図-3.1.9.4-6 に示す通りとする。なお USA においてはそれぞれの降雨タイプの適用範囲は図-3.1.9.4-7 に示すとおりであり、USA の大部分においてタイプ II を適用する事が推奨されている。降雨継続時間については HEC-HMS においては殆どの流域で 24 時間の継続時間で十分としている。

本調査対象流域においては時間雨量の資料がなく 24 時間雨量曲線のタイプを判定することは困難であるが、「ペ」国においては既存の数少ない調査結果に基づきタイプを選定しているのが実態である。マヘス-カマナ川流域については Chivay 降雨観測所の時間雨量データの波形からタイプ IA (Modified タイプ I) を採用した。

⁷ Estudio de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Zona Centro de la Vertiente del Pacífico, Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua, Ing. Mg Sc. Ricardo Apaella Nalvarde, 2010.

表-3.1.9.4-1 各降雨観測所における各確率規模の24時間降雨量 (マヘス - カマナ川流域)

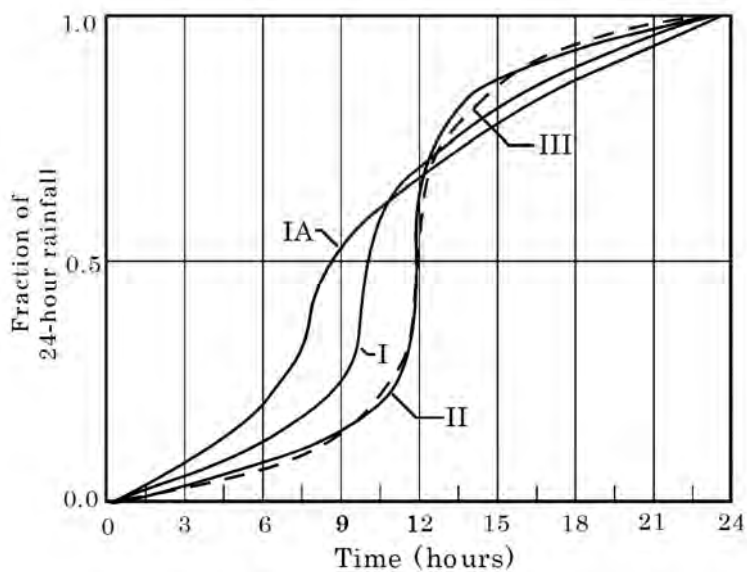
Station	Coordinates			Precipitation for T (years)						
	Latitude	Longitude	Altitude (masl)	2	5	10	25	50	100	200
Andahua	15° 29'37	72° 20'57	3538	24.30	31.33	34.83	38.29	40.33	42.02	43.43
Aplao	16° 04'10	72° 29'26	625	1.71	5.03	7.26	9.51	10.71	11.56	12.14
Ayo	15° 40'45	72° 16'13	1950	10.28	16.43	20.51	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
Caravelí	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

表-3.1.9.4-2 マヘス - カマナ川流域の構成流域における確率24時間降雨量

Sub basin	Mean areal rainfall (mm.)				
	T5	T10	T25	T50	T100
W2830	29.60	36.80	48.68	59.96	73.45
W3050	38.20	46.10	55.14	62.47	70.23
W3490	29.25	34.14	40.63	45.15	50.03
W4590	23.05	27.70	33.23	36.98	40.77

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

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



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

図-3.1.9.4-5 24 時間雨量の降雨量分布

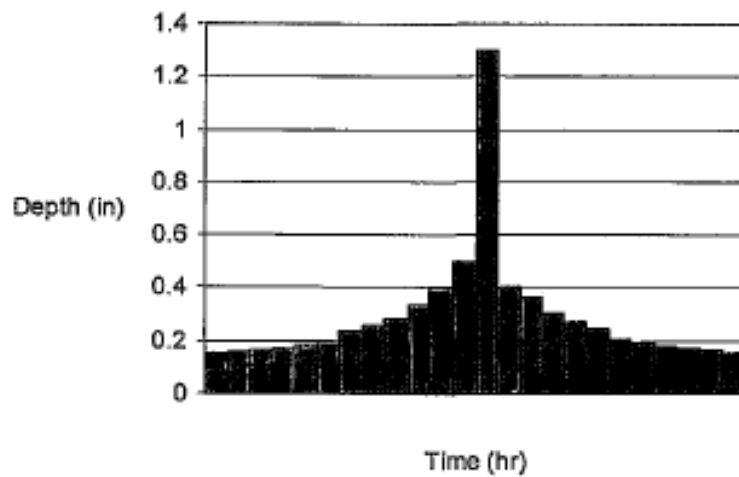
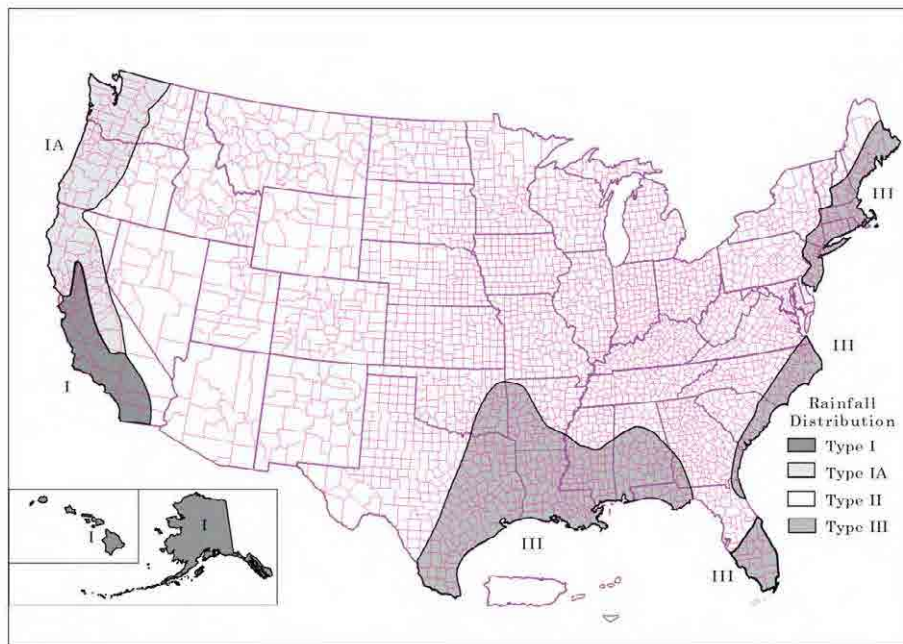


図-3.1.9.4-6 24時間雨量の配分



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

図-3.1.9.4-7 USA における 24 時間降雨量曲線のタイプと適用地域

(4) SSC 法による有効雨量の計算

1) 基本式

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

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

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

$I_a = 0.2 S$ と仮定すると

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

S と流域の特性を表す CN の関係は次の通りとなる。

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

CN を仮定して P_e と P の関係を計算すると図-3.1.9.4-8 に示すとおりとなる。

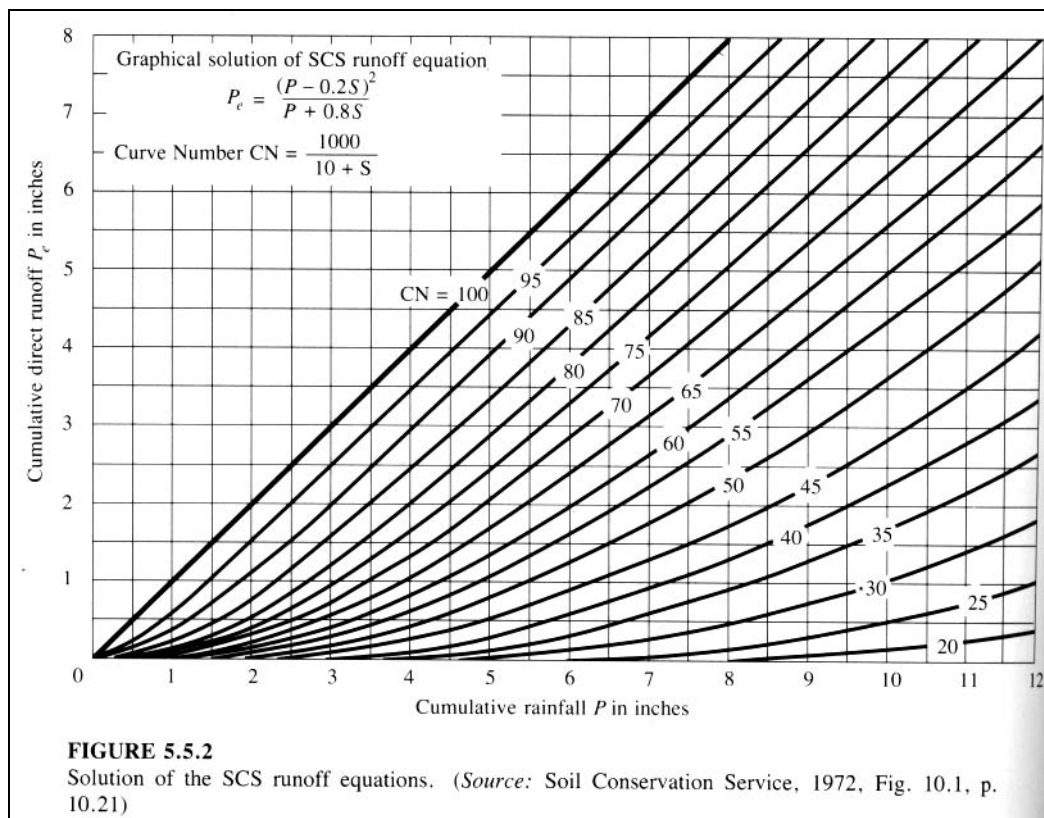


図-3.1.9.4-8 カーブナンバー (CN)、累加雨量 P および有効雨量 P_e の関係

2) 各構成流域のカーブナンバーの選定

流域を構成する小流域毎の土地利用や土質条件、さらには近傍河川の採用値等からマヘス-カマナ川流域における CN 値を図-3.1.9.4-9 及び表-3.1.9.4-4 に設定した。

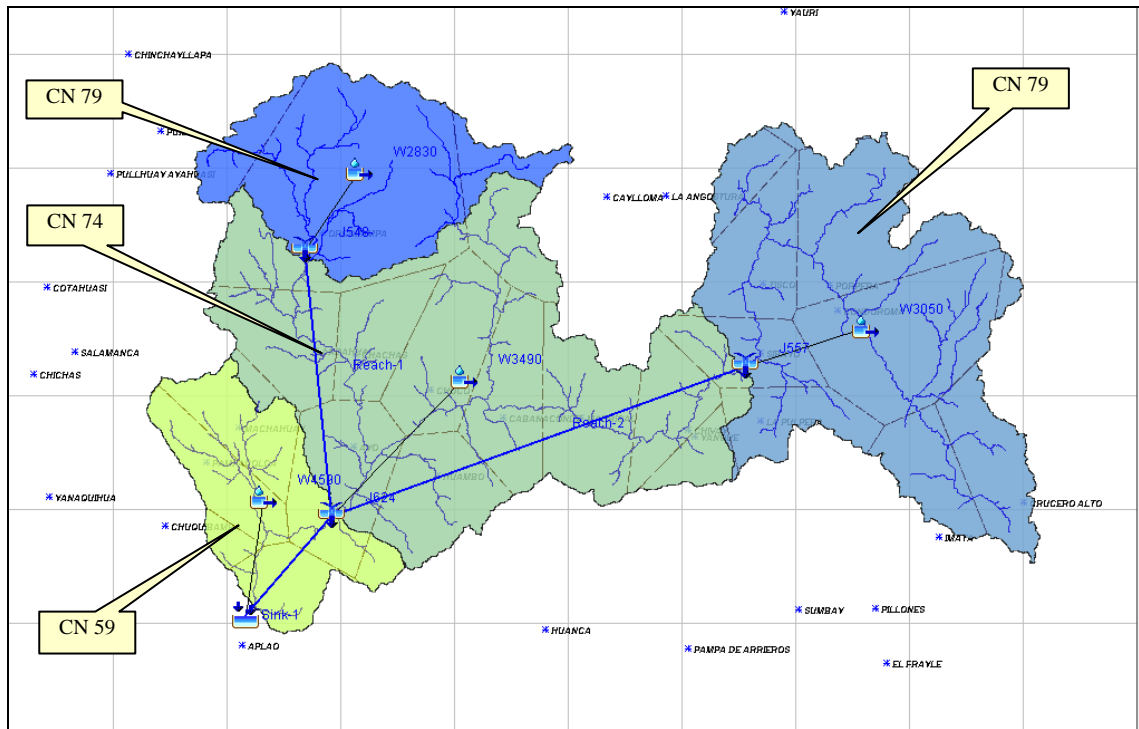


図-3.1.9.4-9 マヘス - カマナ川流域における CN 採用値

表-3.1.9.4-4 CN の採用値

流域	流域の状況	CN 採用値
Upper Basin – Colca(W3050)	Barren area with scarce vegetation.	79
Middle Basin – Colca(W3490)	Pastures, shrub, small trees.	74
Upper Basin – Andahuá(W2830)	Barren area with scarce vegetation.	79
Lower Basin – Majes(W4590)	Desert, hyper arid area	59

表-3.1.9.4-5 土地利用および土質性状に基づく CN (1/3)

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

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

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

表-3.1.9.4-5 土地利用および土質性状に基づく CN (2/3)

TABLE 5.5.1 SCS Runoff Curve Numbers (Continued)

c. Other agricultural areas

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

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

d. Arid and semiarid range areas

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

表-3.1.9.4-5 土地利用および土質性状に基づく CN (3/3)

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

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

Source: Maidment (1993).

Note: Hydrological Soil Group

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

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

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

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

(5) 確率規模別洪水流量および洪水波形の計算

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

計算の結果は表-3.1.9.4-6および表-3.1.9.4-7ならびに図-3.1.9.4-10に示すとおりである。

本調査における流下能力の検討、氾濫解析、洪水対策施設の検討にはこれらの計算結

果を用いる事とする。

表-3.1.9.4-6 確率規模別洪水流量

河川名/基準点	確率 2 年	確率 5 年	確率 10 年	確率 25 年	確率 50 年	確率 100 年
マヘス/カマナ川 Huatiapa	306	638	1,007	1,566	2,084	2,703

(m³/s)

表-3.1.9.4-7 確率規模別洪水比流量

河川名/基準点	確率 2 年	確率 5 年	確率 10 年	確率 25 年	確率 50 年	確率 100 年	流域面積 (Km ²)
マヘス/カマナ川 Huatiapa	0.024	0.050	0.078	0.122	0.162	0.210	12,854

(m³/s/km²)

*流域面積は基準点より上流域の面積

表-3.1.9.4-8 既往最大流量と確率 50 年流量の比較

河川名/基準点	既往最大流量	観測期間	流出解析による確率 50 年流量
マヘス/カマナ川 Huatiapa	2,400	41	2,084

(m³/s)

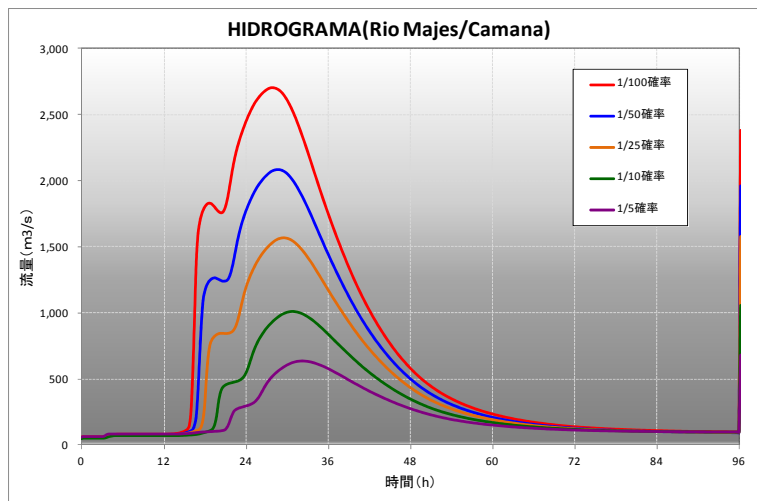


図-3.1.9.4-10 マヘスーカマナ川の洪水ハイドログラフ

3.1.9.5 解析結果の考察

(1) ピーク流量の検証

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

' ORSTOM, Nov. 1999)

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

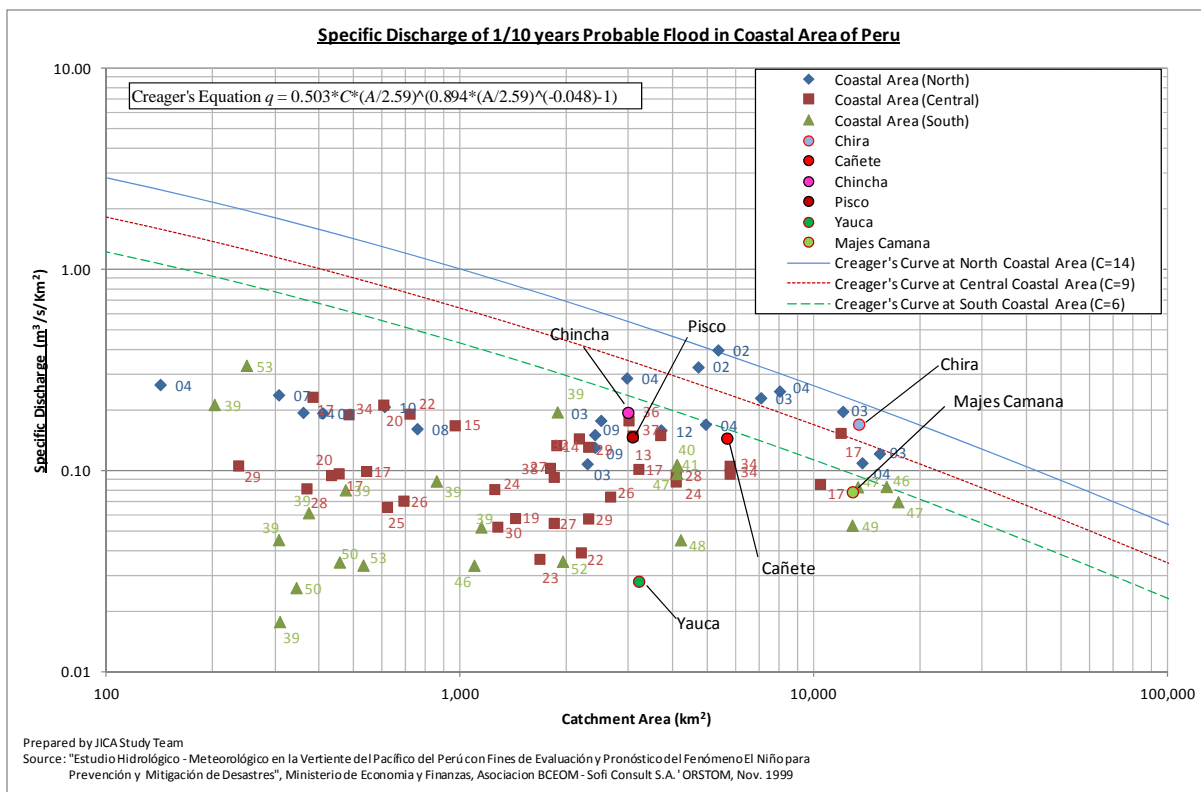


図-3.1.9.5-1 ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（10年確率）

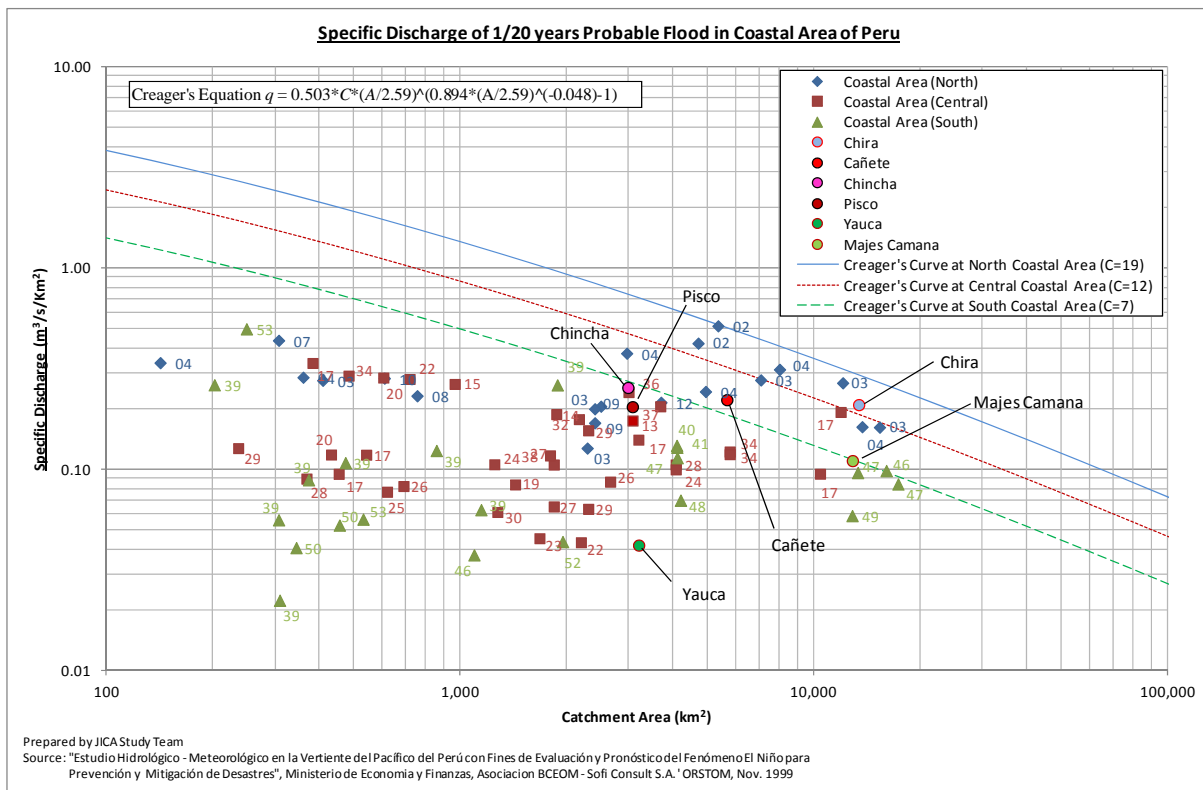


図-3.1.9.5-2 ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（20年確率）

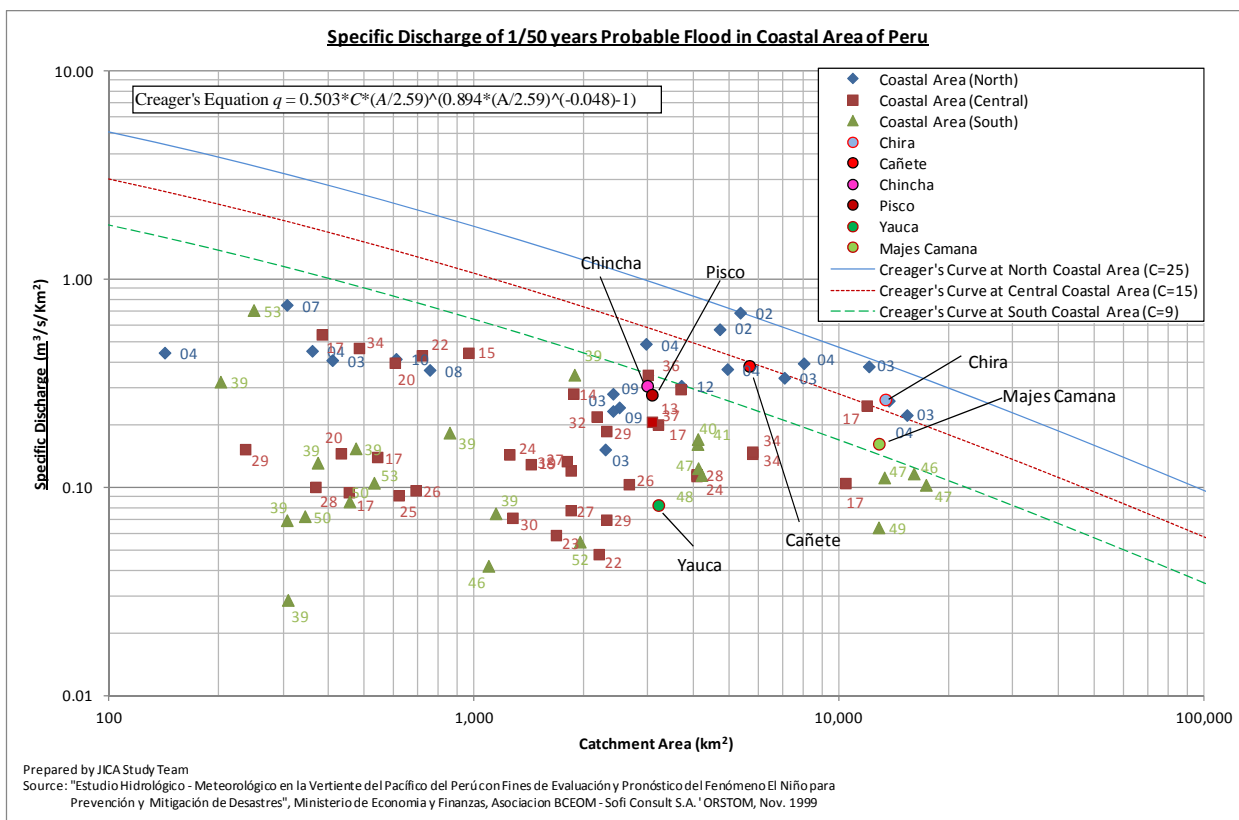


図-3.1.9.5-3 ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（50年確率）

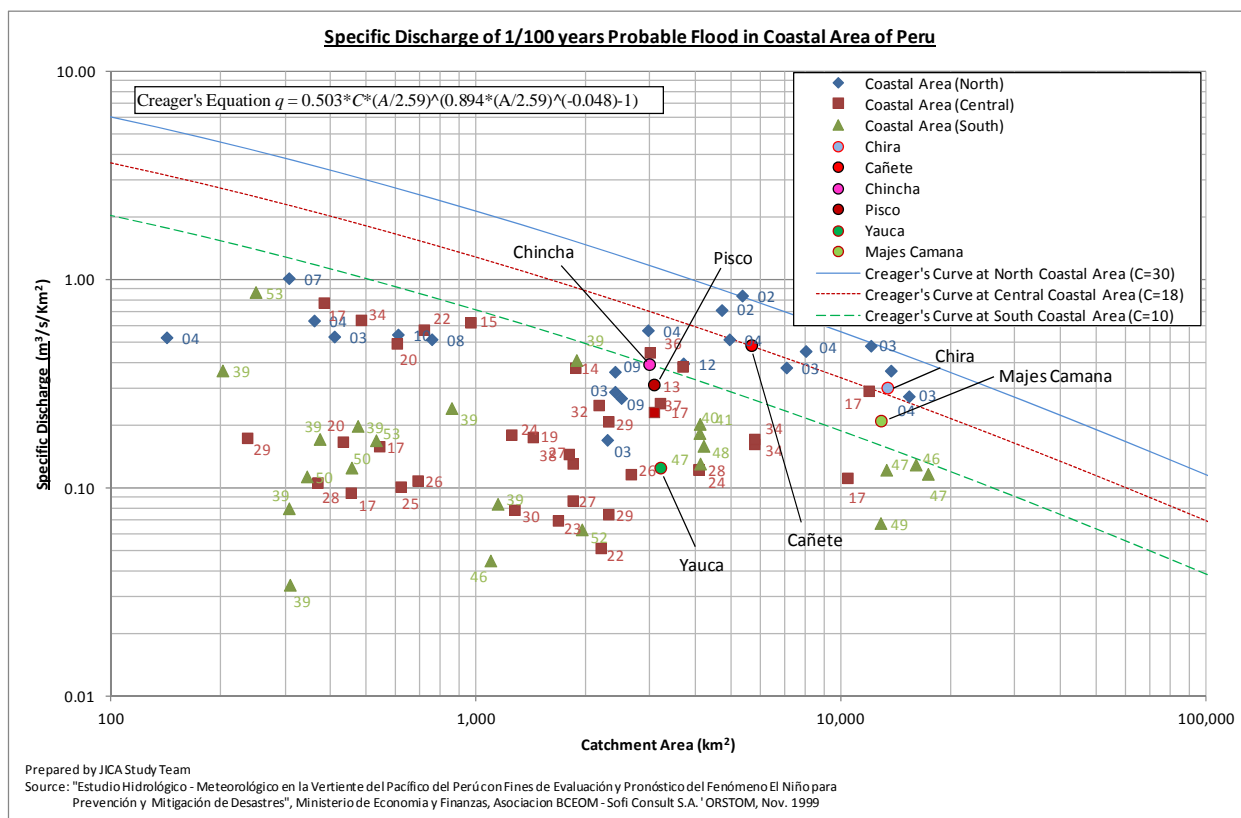


図-3.1.9.5-4 ペルー海岸域の地域別の確率洪水比流量図と本調査での確率洪水流量（100年確率）

3.1.10 氾濫解析

(1) 河川測量

氾濫解析を行うに当たり、河川の横断測量および堤防高の縦断測量を実施した。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

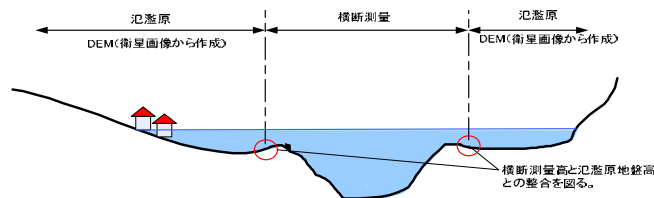


図-3.1.10-1 一次元モデルのイメージ

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。なお氾濫解析の詳細については Annex -2 氾濫解析を参照のこと。

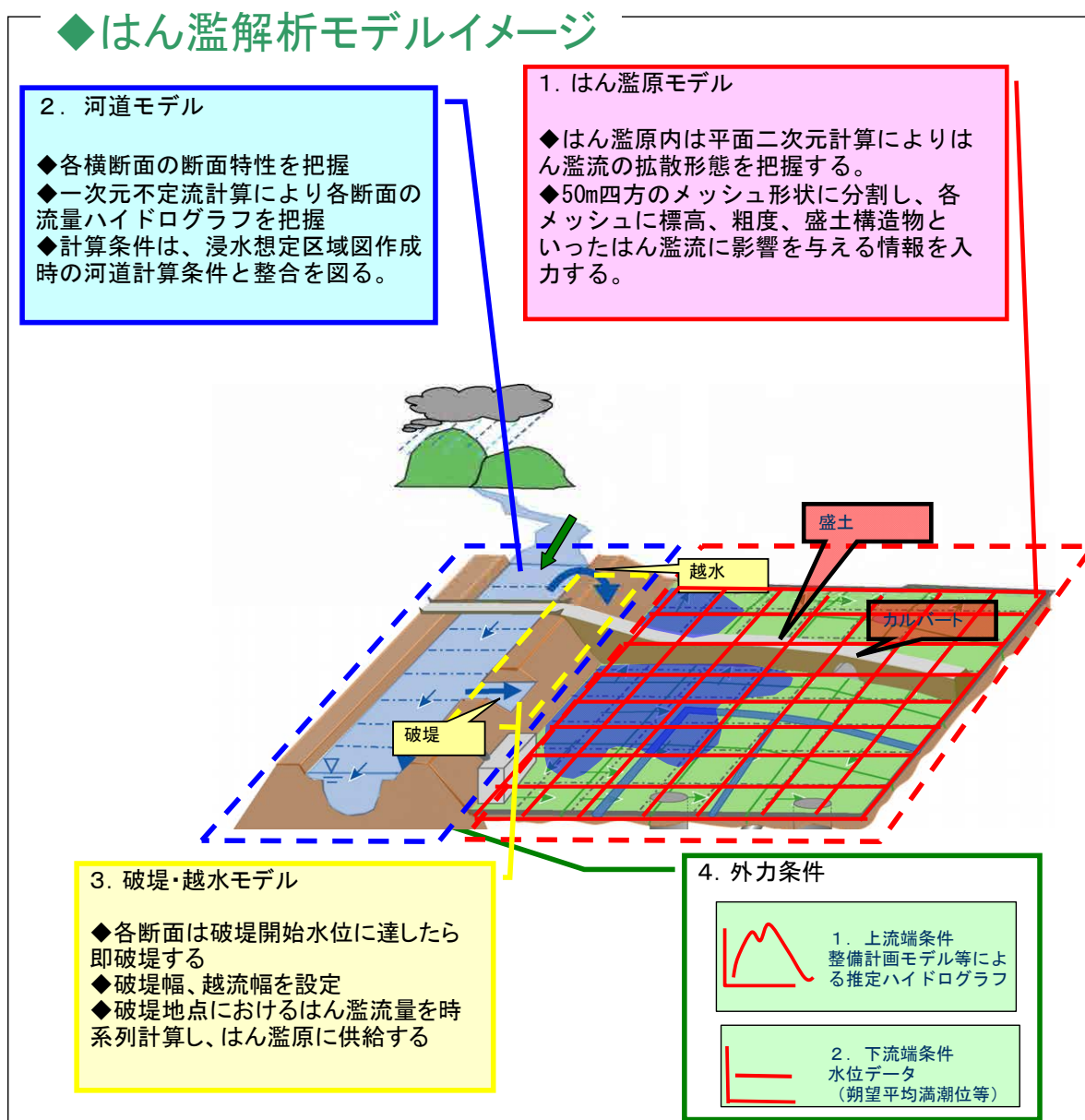


図-3.1.10-2 はん濫解析モデルの概念図

(3) 現況流下能力

河川測量の結果に基づき HEC-RAS 法を用いて現河道の現況疎通能力を推定すると図-3.1.10-3 に示すとおりとなる。図には生起確率洪水量も示してあるので、マヘス-カマナ流域の各地点においてどの確率規模の洪水量で氾濫が発生するかが分かる。

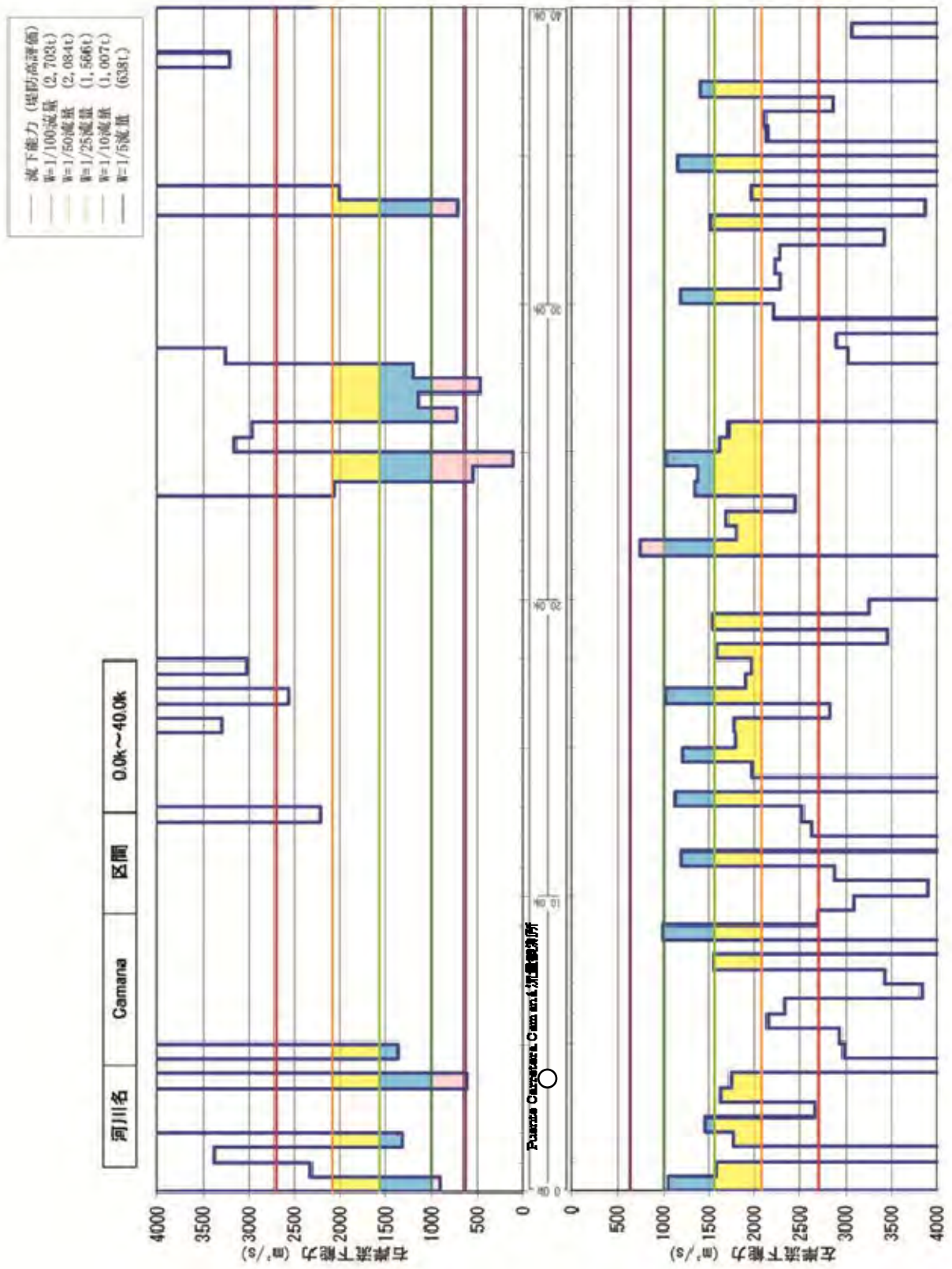


図-3.1.10-3 マヘスーカマナ川現況疎通能力(1/2)

(4) 氾濫範囲

一例として生起確率 50 年規模の洪水量に対してマヘス - カマナ流域における氾濫範囲を計算すると図-3.1.10-4、図-3.1.10-5 に示すとおりとなる。

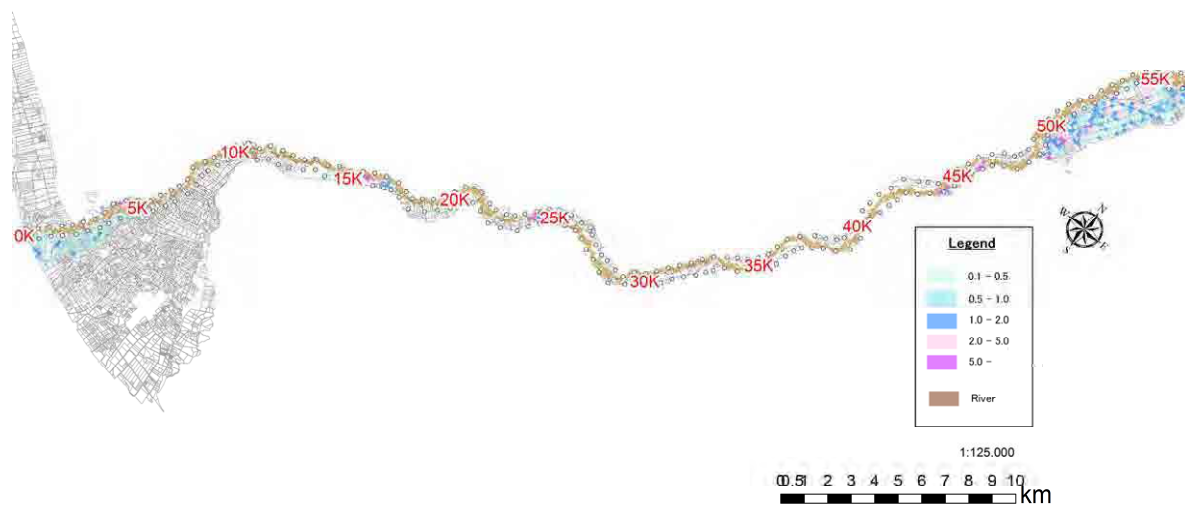


図-3.1.10-4 マヘス - カマナ川氾濫範囲 (0～55K 確率 50 年洪水) (1/2)

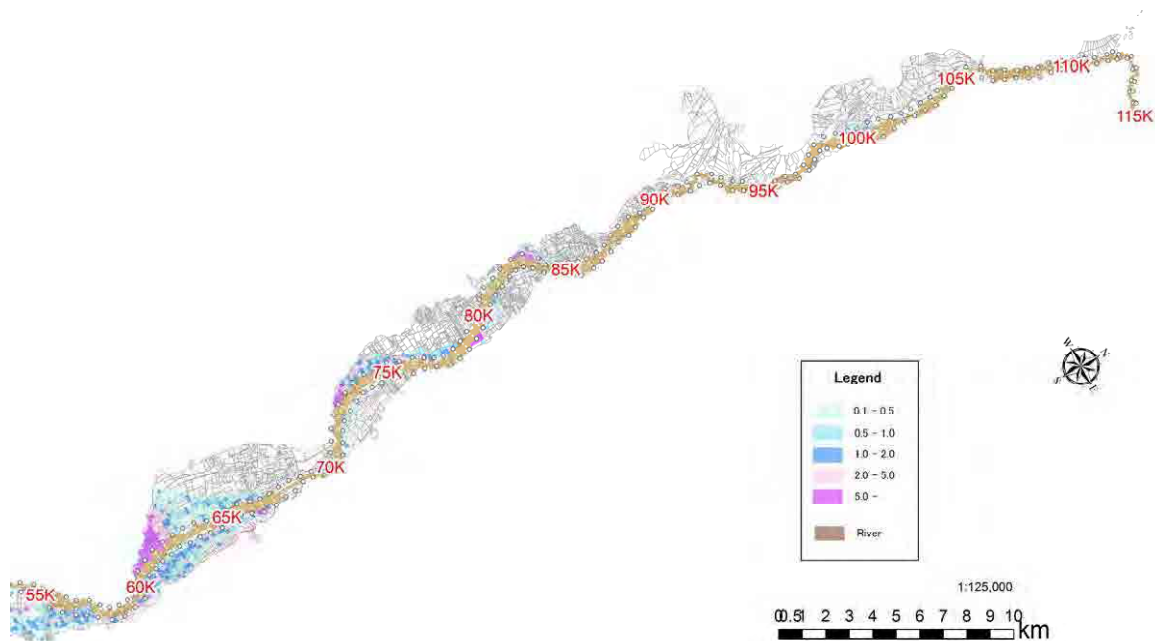


図-3.1.10-5 マヘス - カマナ川氾濫範囲 (55～115K 確率 50 年洪水) (2/2)

3.2 プロジェクトの目的

3.2.1 調査対象地域の洪水対策における問題点

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-3.2.2-1 に示すとおりである。

表-3.2.2-1 主要な問題点の直接的原因および間接的原因

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

3.2.3 問題点による結果

(1) 主要な問題点

溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性

(2) 直接のおよび間接的結果

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

表-3.2.3-1 問題点による直接のおよび間接的結果

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

(3) 最終的な結果

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

3.2.4 原因と結果の樹系図

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

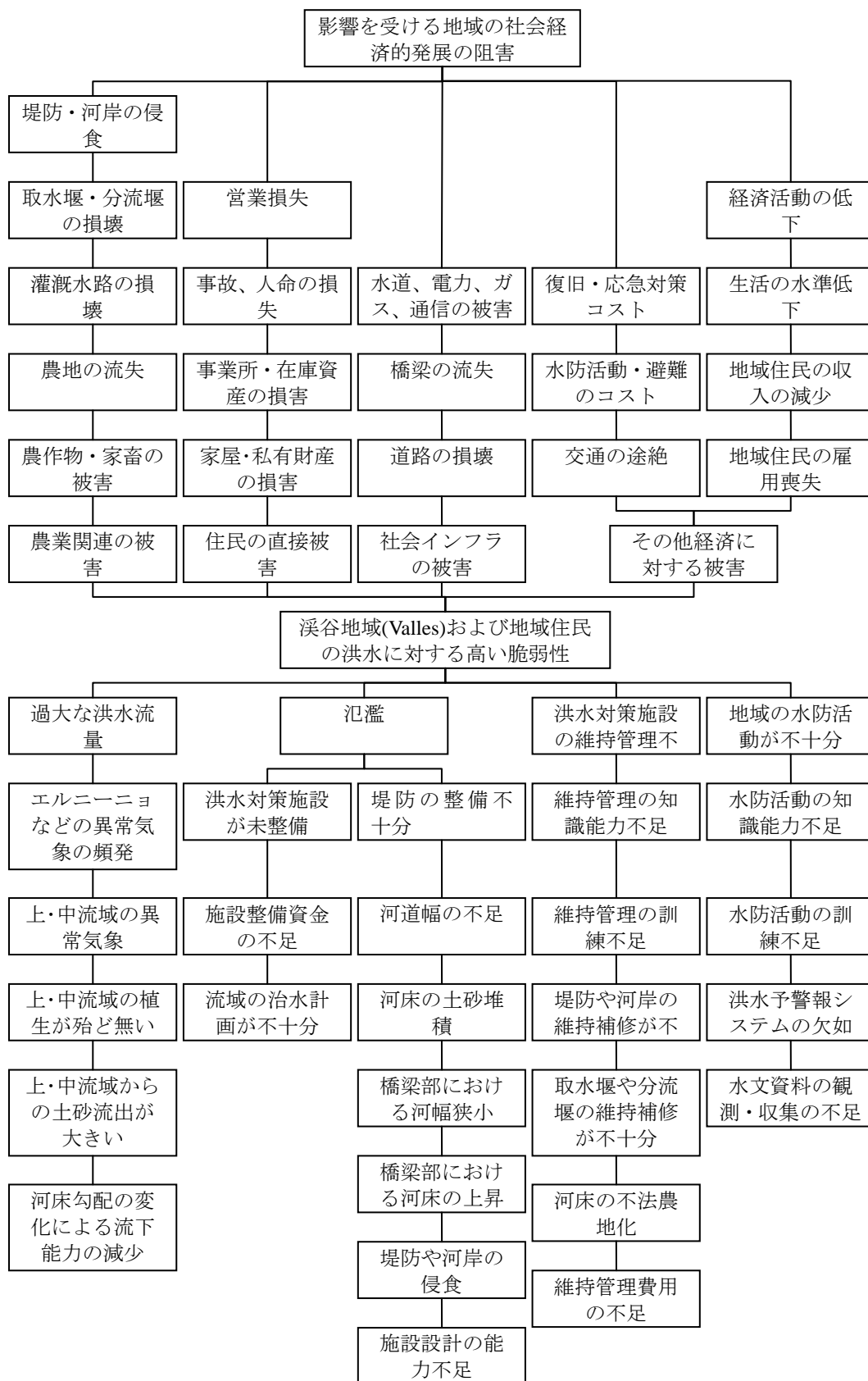


図-3.2.4-1 原因と結果の樹系図

3.2.5 主要な問題点を解決する手段

(1) 主要な目的

溪谷地域 (Valles) および地域住民の洪水に対する高い脆弱性を軽減する。

(2) 直接のおよび間接的手段

主要な目的を達成するための直接のおよび間接的手段は表-3.2.5-1 に示すとおりである。

表-3.2.5-1 問題点を解決する直接のおよび間接的手段

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

3.2.6 主要な目的を達成することにより得られる効果

(1) 最終的な効果

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

(2) 直接のおよび間接的効果

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-3.2.6-1 に示すとおりである。

表-3.2.6-1 直接のおよび間接的効果

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

3.2.7 手段—目的—効果の樹系図

手段—目的—効果の樹系図は図-3.2.7-1 に示すとおりである。



図-3.2.7-1 手段－目的－効果の樹系図

