

ペルー共和国

農業灌漑省国家水利庁

ペルー国
災害復旧スタンバイ借款に係る
案件実施支援調査

ファイナル・レポート

平成 29 年 11 月
(2017 年 11 月)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル

中南
JR
17-022

ペルー共和国

農業灌漑省国家水利庁

ペルー国
災害復旧スタンバイ借款に係る
案件実施支援調査

ファイナル・レポート

平成 29 年 11 月
(2017 年 11 月)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル

通貨交換レート:

US\$ 1.00 = S/. 3.35 = JPY 111

本報告書では、ペルー国通貨単位（ソル）を全て「S/.」、
米ドル単位は全て「US\$」と数字の前に表記した。

ペルー共和国



調査対象地域位置図

調査対象地域の基本データ

項目	ペルー国の基本データ
人口*1	3,115万人 (2015年1月推定値, ペルー統計情報庁)
面積*1	129万km ²
首都	リマ
最大都市	リマ
GDP*3	2,029億米ドル (2014年名目)
一人あたり*3	6,541米ドル (2014年)
GNI*3	1,932.68億米ドル (2014年)
一人あたり*3	6,360米ドル (2014年)
経済成長率*4	2.35% (2014年)
経常収支*4	8,031.0百万ドル (2014年)
援助受取総額*2	3.94億ドル (2012年)
経済分類*2	高・中所得国 (DAC、世銀)
独立*1	1821年7月28日
通貨*1	ヌエボ・ソル 1米ドル=3.18ヌエボ・ソル (2015年7月)
政体*1	立憲共和制
民族*1	先住民45%, 混血37%, 欧州系15%, その他3%
言語*1	スペイン語 (他にケチュア語, アイマラ語等)
宗教*1	国民の大多数はカトリック教
主要産業*1	製造業, 鉱業, 商業, 運輸・通信業
主要開発指数	
1日1.9ドル未満で生活する割合*3	3.7% (2013年)
識字率 (15~24歳)*3	98.7% (2012年)
乳児死亡数 (出生1,000件あたり)*3	13.1人 (2015年)
妊産婦死亡数 (出生10万件あたり)*3	68人 (2015年)
水サービスを利用できる割合*3	86.7% (2015年)
改善された衛生設備の利用割合*3	76.2% (2015年)

出典：*1 外務省ホームページ

*2 政府開発援助 (ODA) 国別データブック 2014

*3 世銀ホームページ (<http://data.worldbank.org/country/peru>)

*4 日本貿易振興機構 (https://www.jetro.go.jp/world/cs_america/pe/stat_01.html)

目次

プロジェクト位置図
調査地域の基本データ

目次	i
図目次	xi
表目次	xviii
添付資料目次	xxviii
略語表	xxx
第1章 業務概要	1
1.1 業務の背景	1
1.2 業務の目的	2
1.3 業務の範囲	3
1.3.1 業務対象地域	3
1.3.2 相手国関係機関	3
第2章 収集資料及び収集情報	7
2.1 ペルー国治水行政基礎情報	7
2.1.1 ペルーにおける洪水対策の現状	7
(1) ペルー政府の災害リスク管理における洪水対策の位置づけ	7
(2) 洪水対策に係る行政、法定枠組・制度、組織体制・予算状況	8
(3) 洪水対策に係る技術基準	11
(4) ペルー政府または他ドナーによる洪水対策、実績	12
(5) 統合的水資源管理に関する、水理解析、ハザードマップ、情報データベースの整備状況	12
2.1.2 159流域における過去の洪水災害	13
(1) 発生・被害履歴	13
(2) 被害内容（浸水分布・浸水深分布を含む）、金額	14
2.1.3 159流域に係る地形、水文、社会経済情報	16
(1) 地図、地形図、河川図、土地利用分布図、浸水マップ、河道平面図	16
(2) 降雨データ、蒸発散量	16
(3) 流量観測データ、水位観測データ	20
(4) ダム、貯水池施設・運用に係る情報	21
(5) 社会経済統計（人口分布、資産分布、土地利用計画等）	22
2.2 スタンドバイ借款及びこれまでに実施されてきた流域管理関連情報	22
2.2.1 世銀の災害リスク繰延引出オプションの概要	22
(1) Disaster Risk Management Development Policy Loan (DPL) with A Catastrophe Deferred Drawdown Option (Cat-DDO)（以下、DRM-DPL-CATDDO とする。）	22
(2) Second Disaster Risk Management Development Policy Loan (DPL) with A Cat-DDO（以下、2ND-DRM-DPL-CATDDO とする。）	25

2.2.2	世銀の水資源管理近代化事業（Water Resources Management Modernization Project）の概要	27
(1)	第一期水資源管理近代化事業（以下、1 ST WRMMP とする）の概要	27
(2)	第二期水資源管理事業（以下、2 nd WRMMP とする）の概要	28
2.3	本調査における資料収集	28
第 3 章	優先対策流域の選定	29
3.1	優先対策流域の選定方針	29
3.1.1	選定の基本方針	29
3.1.2	選定の実施方針	29
3.2	水害脆弱性の検討（ステップ 1）	30
3.2.1	水害脆弱性評価（ステップ 1）の算定方法	30
3.2.2	各評価指標の評価値の設定（ステップ 1）	31
(1)	評価値の設定・算定方法	31
(2)	ステップ 1 の算定結果	33
3.3	ペルー側が考える優先対策流域（ステップ 2）	33
3.3.1	ステップ 2 検討の基本	33
3.3.2	3 機関の推薦・検討結果の評価値の設定（ステップ 2）	38
3.4	算定結果	38
3.5	優先対策流域候補の選定	39
第 4 章	159 流域の類型化及びモデル流域の選定	43
4.1	159 流域の類型化	43
4.1.1	検討の基本方針及び検討フロー	43
4.1.2	検討に使用したデータ	47
4.1.3	分類結果	50
(1)	社会・経済特性による分類	50
(2)	自然特性による分類	52
(3)	マトリクスによる総合的な評価	54
4.2	モデル流域の選定	58
4.2.1	モデル流域の選定基準	58
(1)	基本的選定基準	58
(2)	複数流域から構成される河川の取り扱い	58
4.2.2	モデル流域の選定結果	59
第 5 章	降雨解析	61
5.1	降雨解析	61
5.1.1	対象とする降雨確率規模	61
5.1.2	計画降雨継続時間	61
5.1.3	年最大流域平均雨量の算定	63
5.1.4	計画降雨波形の設定	63
5.1.5	降雨解析の実施	66

第 6 章 現場踏査の実施.....	73
6.1 現場踏査の目的.....	73
6.2 現場踏査の概要.....	73
6.3 現場踏査結果.....	73
6.3.1 Piura-Chira 川流域.....	73
(1) Piura-Chira 川流域における治水対策事業の実施.....	73
(2) Piura-Chira 川流域における内水氾濫による洪水の発生.....	74
(3) Piura-Chira 川流域における 1998 年洪水の状況.....	74
6.3.2 Rimac 川流域.....	74
(1) 現在の Rimac 川流域の洪水被害状況.....	74
(2) 洪水被害状況の整理.....	75
6.3.3 Ica 川流域.....	79
(1) 現在の Ica 川流域の洪水被害状況.....	79
(2) 現在の Ica 川流域における治水事業.....	80
(3) 洪水被害状況及び治水事業の概要.....	80
6.3.4 Huallaga 川流域.....	83
(1) 現在の Huallaga 川流域の洪水被害状況.....	83
6.3.5 Mantaro 川流域.....	84
6.3.6 Urubamba 川流域.....	86
6.3.7 Nanay 川流域.....	91
(1) Nanay 川流域の洪水被害状況.....	91
(2) 現在の Nanay 川流域における治水事業.....	93
第 7 章 流出・氾濫解析.....	95
7.1 流出・氾濫解析の基本方針.....	95
7.2 流出・氾濫解析条件.....	96
7.3 流出・氾濫解析結果のキャリブレーション.....	99
7.3.1 既往の調査結果との比較に基づく解析結果の妥当性の確認.....	99
(1) 降雨解析結果.....	99
(2) 流出・氾濫解析結果.....	100
7.3.2 現場踏査結果に基づく解析結果の妥当性の確認.....	100
7.4 結果のまとめ.....	102
第 8 章 洪水対策案策定基準（案）の作成.....	117
8.1 洪水対策案策定基準（案）作成の背景.....	117
8.2 洪水対策案策定基準（案）作成の目的.....	117
8.3 洪水対策案策定基準（案）の範囲.....	118
8.3.1 洪水対策技術基準（案）の内容.....	118
8.3.2 作成手法.....	118
8.4 作成された洪水対策技術基準（案）.....	119
8.5 作成された洪水対策技術基準（案）に関する ANA との協議及び ANA からのコメントと調査団の	

対応	119
第 9 章 優先対策流域及びモデル流域における概略事業費算定に用いる洪水対策案の検討	121
9.1 検討方針	121
9.1.1 概略事業費算定の方針	121
(1) 基本	121
(2) 貯留施設による対策を含む代替案を採用できない流域	121
(3) 各対象流域の代替案	121
9.1.2 洗掘対策の考慮	123
9.1.3 対策実施位置の選定	123
(1) 洪水対策地域：「Target Area」の選定	123
(2) 本川及び主要支川の洪水防御計画の策定	123
9.1.4 工事数量の算出	123
9.2 検討手順及び詳細	124
9.2.1 検討手順	124
9.2.2 浸水防御工（堤防・護岸、遊水地・護岸、既存ダムの操作ルールの変更又は新規治水ダムの建設）の数量決定方針	124
(1) 堤防・護岸	124
(2) 遊水地	125
(3) 既存ダムの操作ルールの変更又は新規治水ダムの建設	126
9.3 概略事業費算定に用いる洪水対策案	126
9.3.1 Piura-Chira 川流域	126
(1) Piura-Chira 川の洪水防御区域	127
(2) Alternative-1：概要	128
(3) Alternative-1:標準断面	129
(4) Alternative-2：概要	130
(5) Alternative-2: 標準断面	132
(6) Target 区間における護岸改修の洗掘防止効果について	133
9.3.2 Rimac 川流域	133
(1) Rimac 川の洪水防御区域	133
(2) Alternative-1：概要	134
(3) Alternative-1: 標準断面	136
(4) Target4、5 及び 7 区間への対応	136
9.3.3 Ica 川流域	137
(1) Ica 川の洪水防御区域	137
(2) Alternative-1：概要	138
(3) Alternative-1: 標準断面	141
(4) Alternative-2：概要	142
(5) Alternative-2: 標準断面	145
(6) Target1~4 区間への対応	146

9.3.4	Hulallaga 川流域	146
(1)	Huallaga 川の洪水防御区域	146
(2)	Alternative-1 : 概要	148
(3)	Alternative-1: 標準断面	149
(4)	Alternative-2 : 概要	150
(5)	Alternative-2: 標準断面	152
(6)	Target 区間の洗掘対策	152
9.3.5	Mantaro 川流域	153
(1)	Mantaro 川の洪水防御区域	153
(2)	Alternative-1 : 概要	155
(3)	Alternative-1: 標準断面	156
(4)	Alternative-2 : 概要	156
(5)	Alternative-2: 標準断面	158
(6)	Target 3~4 区間への対応	158
9.3.6	Urubamaba 川流域	158
(1)	Urubamba 川の洪水防御区域	159
(2)	Alternative-1: 洪水対策案の概要	160
(3)	Alternative-1: 洪水対策案の標準断面	162
(4)	Alternative-2: 洪水対策案の概要	162
(5)	Alternative-2: 洪水対策案の標準断面	165
(6)	Target 区間における護岸改修の洗掘防止効果について	165
9.3.7	その他のモデル流域	165
(1)	Biabo 川流域	165
(2)	Locumba 川流域	168
(3)	Chancay-Lambayeque 川流域	170
(4)	Nanay 川流域	175
(5)	Ramis 川流域	178
第 10 章	優先対策流域及びモデル流域における洪水対策案の評価	187
10.1	基本方針	187
10.2	評価手法	187
10.3	便益の算定	188
10.3.1	便益を算定するための被害単価の設定	188
(1)	被害単価の設定	188
(2)	浸水に対する被害率の設定	192
(3)	公共構造物等の被害	193
(4)	河岸洗掘による被害	193
10.3.2	各選定流域の被害軽減額の算定	196
(1)	Piura-Chira 川流域	196
(2)	Rimac 川流域	198

(3) Ica 川流域.....	199
(4) Huallaga 川流域.....	200
(5) Mantaro 川流域.....	201
(6) Urubamba 川流域.....	202
(7) その他のモデル流域の被害軽減額.....	204
10.4 洪水対策案の費用の算定.....	209
10.4.1 標準工事単価及び数量の作成.....	209
(1) 工事単価.....	209
(2) 土地取得費用及び家屋移転費用.....	213
(3) 洗掘防止対策（護岸工・護床工）のコスト.....	214
10.4.2 各対象流域における概略事業費の積算.....	215
(1) Piura-Chira 川流域.....	215
(2) Rimac 川流域.....	216
(3) Ica 川流域.....	217
(4) Huallaga 川流域.....	218
(5) Mantaro 川流域.....	219
(6) Urubamba 川流域.....	220
(7) その他のモデル流域の概略事業費積算.....	221
10.5 洪水対策案の経済評価.....	224
10.5.1 各選定流域の算定された社会的内部収益率（TIRS）、純経済価値（VANS）及び費用便益比（B/C）.....	224
10.5.2 洗掘対策の社会的内部収益率（TIRS）、純経済価値（VANS）及び費用便益比（B/C）....	226
10.6 本調査で算定された洪水対策における概略事業費・便益について.....	226
10.7 洪水対策案の工程計画の策定.....	227
10.8 環境社会影響調査の結果.....	227
第 11 章 モデル流域をベースとした 159 流域の総概略事業費の算定.....	229
11.1 検討方針.....	229
11.2 算定手法.....	229
11.2.1 算定における前提条件.....	230
11.2.2 基本的流域指標（パラメータ）の選定.....	230
11.2.3 各類型の総想定事業費の算出方法.....	231
11.3 総便益及び概略事業費の算定結果.....	231
(1) 各類型の概略総事業費と総便益の算定.....	231
(2) 類型ごとの経済評価.....	244
11.4 気候変動を考慮した場合の総事業費変化の検討.....	254
11.4.1 検討方針.....	254
11.4.2 既往の調査結果の整理.....	254
(1) ペルー政府（SENAMHI）の整理結果.....	254
(2) モリーナ大学 カヨ・ラモス准教授による研究成果.....	255

(3) 世界銀行による調査.....	256
11.4.3 気候変動の影響の纏め及び本調査における検討方針.....	256
(1) 気候変動の影響を考慮する基準年.....	256
(2) 想定される降雨量の増減.....	257
(3) 想定される降雨量の増減に基づく確率洪水年の変化.....	257
(4) 気候変動による事業効果指標数値の修正.....	257
第 12 章 セミナー・ワークショップの開催内容.....	259
12.1 セミナーの実施（案）の作成と実施.....	259
12.1.1 セミナー実施の目的.....	259
12.1.2 セミナー開催内容（案）の作成.....	259
12.1.3 セミナー実施のレビュー.....	260
(1) セミナー実施概要及び討議内容.....	260
(2) セミナーにおける議論の纏め.....	266
12.2 ワークショップの実施.....	268
12.2.1 ワークショップ実施の目的.....	268
12.2.2 ワークショップ開催内容（案）の作成.....	268
12.2.3 ワークショップ実施のレビュー.....	270
(1) 参加者.....	270
(2) 参加者からのフィードバック.....	270
(3) ワークショップ風景及び参加者写真.....	274
(4) ワークショップ実施後の纏め.....	274
第 13 章 洪水・土砂災害被害及び復興ニーズ調査結果概要.....	277
13.1 洪水被害・ニーズ調査の実施の必要性.....	277
13.1.1 実施の背景.....	277
13.1.2 実施の目的.....	277
13.1.3 実施の概略内容及び工程.....	278
(1) 事前調査.....	278
(2) 本格調査.....	278
13.2 事前調査結果の概要.....	278
13.2.1 調査実施工程.....	278
13.2.2 各州の被害概要.....	279
13.2.3 洪水・土砂災害を起こしたと考えられる基本的要因.....	280
(1) 気象条件：El Niño costero の再発生.....	280
(2) 降雨：記録的降水量の発生.....	282
(3) 社会的条件：経済発展に伴う洪水・土砂氾濫危険区域への人口・資産の集中.....	283
13.2.4 洪水及び土砂災害発生 of 主要な要因の纏め.....	283
(1) 洪水の発生の原因：流下能力の不足または適切な治水システムの未整備 (Tipo-1, Tipo-2) ...	284
(2) 洪水災害発生の原因：Tipo-4: 河岸の洗掘（護岸・堤防の損壊・崩壊）.....	286
(3) 洪水災害発生の原因：.....	287

(4) 土砂災害発生の原因：上流の土砂生産及びその下流への流下を防ぐ方策の未整備	288
13.2.5 事前調査時に確認できた治水事業関連活動に対する留意事項及び提言	290
(1) Good Practices の紹介	290
(2) 復興活動に際しての提言・提案の纏め（特に日本の技術の利用を考慮して）	291
13.2.6 セミナーにおける事前調査結果の発表	293
13.2.7 洪水被害・ニーズ調査本格調査の実施内容（案）の提案	293
13.3 洪水・土砂災害被害・ニーズ調査（本格調査）結果の概要	294
13.3.1 2017年1~3月洪水時水文解析再検討（降雨解析）	294
(1) 顕著な洪水被害が生じたペルー北部流域における降雨解析の実施	294
(2) 解析結果のまとめ及び今後の治水計画に対する提言	308
13.3.2 2017年1~3月実洪水氾濫現象の把握及び今後の対策方針	309
(1) Tumbes 川	309
(2) Piura 川	316
(3) Chira 川（Poechos ダム）	329
(4) Motupe 川及び La Leche 川	332
(5) Chancay-Lambayeque 川	336
13.3.3 2017年1~3月実土砂災害現象の把握及び今後の対策方針	344
(1) 海岸地域 Costa の土砂災害特性	344
(2) Trujillo 市内河川（Leon 川、San Idelfonso 川、San Carlos 川）	345
(3) Cuculicote 川	351
(4) Rimac 川	354
13.3.4 Piura 川及び Chancay-Lambayeque 川の氾濫計算	376
(1) Piura 川流域の洪水氾濫モデルの2017年洪水による修正	376
(2) Chancay-Lambayeque 川	378
第14章 調査結果のまとめ	381
14.1 調査結果の整理	381
14.1.1 本章での整理事項	381
14.1.2 ペルー国における洪水対策案の総括	382
(1) 概略総事業費	382
(2) 総便益と経済評価	382
14.1.3 各類型（タイプ）別の整理	383
(1) 各類型（タイプ）別概算総事業費	384
(2) 総便益と経済評価（概要）	385
(3) 各類型（タイプ）別の整理における考察	386
14.1.4 優先河川流域における整理	388
(1) Piura-Chira 川流域	389
(2) Rimac 川流域	389
(3) Ica 川流域	390
(4) Mantaro 川流域	391

(5) Huallaga 川	391
(6) Urubamba 川流域	392
(7) 優先河川流域の事業実施の想定	392
14.1.5 気候変動が洪水対策案に与える影響	393
14.2 2016 年末~2017 年 3 月に発生した土砂災害及び洪水による被害と本調査結果との比較	394
14.2.1 INDECI による洪水被害レポートからの情報抽出	394
14.2.2 実際に発生した洪水被害状況と本調査結果との比較	395
(1) 被害報告の整理	395
(2) 比較結果のまとめ	396
14.2.3 Rimac 川の本調査に洪水解析結果と実災害の被害の比較	397
(1) INDECI の Rimac 川における災害報告の概要	397
(2) Rimac 川の氾濫位置の確認	398
(3) Rimac 川の災害被害の特質及び今後の対策の方向性	399
14.3 調査結果を踏まえた課題の抽出および提言	400
14.3.1 洪水対策計画の迅速な策定及び整理	400
(1) これまでの洪水被害履歴、洪水対策計画及びその事業実施状況の整理の必要性	400
(2) 迅速な洪水対策計画策定の必要性	402
(3) 洪水対策計画策定における上流土砂災害対策を考慮する必要性	403
(4) 間接便益計上の必要性	404
14.3.2 適切な河川管理	405
(1) 氾濫原開発の規制強化の必要性	405
(2) 洪水貯留効果及び遊水効果が期待される河道沿いの湿地・低平地の確保・保全の必要性	407
(3) さらなる適切な河道維持管理工事の実施	408
(4) 気候変動が河川管理に及ぼす影響のモニタリングの必要性	408
14.3.3 洪水対策案を実施するための適切な事業実施システム構築	409
(1) 基本的な事業実施体制の構築	409
(2) 洪水対策を実施していくための予算の拡充	410
(3) AAA、ALA、州政府及び地方政府の能力強化の必要性	412
(4) 新しい SNIP に基づく新しい洪水対策案実施ガイドラインの迅速な策定	412
14.3.4 洪水対策案計画策定における技術的課題	412
(1) データ収集技術	412
(2) 洪水解析モデル	413
(3) 過去の災害履歴情報のさらなる充実	415
14.3.5 災害リスクの理解促進のための手法の導入	415
14.3.6 洪水予警報システムのさらなる積極的導入	416
14.3.7 洪水対策に係る情報の国家水資源情報システムへの蓄積	417
14.4 提言の整理及び災害復旧スタンドバイ借款におけるマトリックス作成への提言	419
14.4.1 提言の整理	419
14.4.2 災害復旧スタンドバイ借款におけるマトリックス作成への提言	424
(1) Condition 案 1 : 2020 年までに、ANA は 2 流域以上の河川流域洪水対策計画を上流の土砂災害	

対策計画及び維持管理計画も含めて策定する。	425
(2) Condition 案 2 : 2020 年までに、ANA は関連する機関と共に、4 流域以上の既往の洪水被害、策定した治水関連計画及び実施した対策・事業を纏めた流域治水情報を作成する。	425
(3) Condition 案 3 : 2020 年までに、ANA は、MEF と共に洪水対策案の経済性分析のための主に州政府及び地方政府を対象とした事業実施者向けの「洪水対策案経済性分析マニュアル」を 2020 年までに策定する。	426
14.5 洪水・土砂災害の対策における本邦技術 / 伝統的洪水・土砂災害対策技術の紹介	429
14.5.1 構造物対策	429
(1) 植栽による土砂生産抑制	429
(2) 導流堤・流向制御工による流路の固定化および緩衝樹林帯による土砂移動抑制	432
(3) 現地発生材料を利用した対策施設の施工（砂防ソイルセメント）	433
(4) プレキャスト部材を用いた対策施設の施工（ブロック積堰堤）	434
(5) 狭小地に適した対策施設（杭式土石流対策工）	435
(6) 道路に変わる資機材運搬方法	436
(7) 危険箇所における施工（無人化施工）	437
14.5.2 非構造物対策	437
(1) 土砂動態の調査手法	439
(2) 土石流発生の検知	440

目次

図 2.1.1	ANA の組織図.....	9
図 2.1.2	気象水文観測所位置図.....	18
図 2.1.3	時間雨量観測所位置図.....	19
図 2.1.4	水位・流量観測所位置図.....	20
図 2.1.5	ダム、貯水池施設位置図.....	21
図 3.1.1	優先対策候補流域の選定手順（案）.....	30
図 3.3.1	ANA が推薦する 8 流域.....	35
図 3.3.2	INDECI が推薦する 11 流域.....	36
図 3.3.3	CENEPRED の洪水リスク算定結果に基づく 3 流域.....	37
図 3.5.1	RRI による Quilca - Vitor - Chili 流域の洪水氾濫シミュレーション計算結果（100 年確率洪水時）.....	40
図 3.5.2	優先対策候補流域.....	42
図 4.1.1	類型化の検討フロー.....	43
図 4.1.2	流域数と人口カバー率の関係.....	45
図 4.1.3	各流域における社会・経済特性の諸元.....	48
図 4.1.4	各流域における自然特性の諸元.....	49
図 4.1.5	社会・経済特性による分類結果.....	50
図 4.1.6	自然特性による類型化検討（太平洋流域）.....	52
図 4.1.7	自然特性による類型化検討（Amazon 流域）.....	53
図 4.1.8	自然特性による類型化検討（Titicaca 流域）.....	54
図 4.1.9	類型化検討マトリクス.....	56
図 4.2.1	モデル流域の選定基準.....	58
図 4.2.2	モデル流域（案）位置図.....	60
図 5.1.1	Mantaro 川及び Urubamba 川の上位 10 洪水の降雨イベントの継続時間.....	63
図 5.1.2	24 時間降雨量曲線タイプおよび時間雨量配分.....	64
図 5.1.3	降雨引き伸ばしの例（Mantaro 川）.....	65
図 5.1.4	降雨解析結果(1/3).....	67
図 5.1.5	降雨解析結果(2/3).....	68
図 5.1.6	降雨解析結果(3/3).....	69
図 5.1.7	100 年確率降雨波形（1/2）.....	70
図 5.1.8	100 年確率降雨波形（2/2）.....	71
図 6.3.1	Chira-Piura 流域の状況.....	74
図 6.3.2	Piura 川の 1998 年洪水時の状況.....	74
図 6.3.3	Rimac 川 San Mateo 周辺の河岸の状況.....	76
図 6.3.4	Rimac 川 Matucana 周辺の河岸の状況.....	76
図 6.3.5	Rimac 川 Sucro 周辺の河岸の状況.....	77
図 6.3.6	Rimac 川 San Bartolome 周辺の河岸の状況.....	77
図 6.3.7	Rimac 川 Chosica 周辺の河岸の状況.....	78
図 6.3.8	Rimac 川 Chaclacayo 周辺の河岸の状況.....	78

図 6.3.9	Rimac 川 Ate 周辺の河岸の状況.....	79
図 6.3.10	Ica 川 Casa Blanca 周辺の河岸の状況.....	80
図 6.3.11	Ica 川 San Jose de los Molinos 周辺の河岸の状況.....	81
図 6.3.12	Ica 川 San Juan Bautista 周辺の河岸の状況.....	81
図 6.3.13	Ica 川 Santiago 周辺の河岸の状況.....	82
図 6.3.14	Ica 川 Ocucaje 周辺の河岸の状況.....	82
図 6.3.15	Huallaga 川本川の洪水被害状況.....	83
図 6.3.16	Huallaga 川本川の洪水被害状況.....	84
図 6.3.17	Mantaro 川 Huamancana の状況.....	85
図 6.3.18	Mantaro 川 Mito の状況.....	85
図 6.3.19	Mantaro 川 Huaripampa の状況.....	85
図 6.3.20	Mantaro 川 Parco の状況.....	86
図 6.3.21	Urubamba 川支川 Rio Lucre の状況.....	87
図 6.3.22	Urubamba 川支川 Quebrada Huaro の状況.....	87
図 6.3.23	Urubamba 川支川 Rio Vilcanota の状況.....	88
図 6.3.24	Urubamba 川支川 Quebrada Huaraypata の状況.....	88
図 6.3.25	Urubamba 川 Sucani の状況.....	89
図 6.3.26	Urubamba 川 Malangani の状況.....	89
図 6.3.27	Urubamba 川支川 Pisac の状況.....	90
図 6.3.28	Urubamba 川 Huaullay Bamba の状況.....	90
図 6.3.29	Nanay 川 Calle Putumayo の洪水被害状況.....	91
図 6.3.30	Nanay 川 Morona Cocha の洪水被害状況.....	92
図 6.3.31	Nanay 川 Pampachica の洪水被害状況.....	92
図 7.4.1	最大浸水深分布 (Biabo 川、100 年確率規模降雨時).....	104
図 7.4.2	最大浸水深分布 (Locumba 川、100 年確率規模降雨時).....	105
図 7.4.3	最大浸水深分布 (Chancay-Lambayeque 川、100 年確率規模降雨時).....	106
図 7.4.4	最大浸水深分布 (Huallaga 川、100 年確率規模降雨時).....	107
図 7.4.5	最大浸水深分布 (Nanay 川、100 年確率規模降雨時).....	108
図 7.4.6	最大浸水深分布 (Ramis 川、100 年確率規模降雨時).....	109
図 7.4.7	最大浸水深分布 (Rimac 川、100 年確率規模降雨時).....	110
図 7.4.8	最大浸水深分布 (Chira 川、100 年確率規模降雨時).....	111
図 7.4.9	最大浸水深分布 (Piura 川、100 年確率規模降雨時).....	112
図 7.4.10	最大浸水深分布 (Urubamba 川、100 年確率規模降雨時).....	113
図 7.4.11	最大浸水深分布 (Ica 川、100 年確率規模降雨時).....	114
図 7.4.12	最大浸水深分布 (Mantaro 川、100 年確率規模降雨時).....	115
図 9.2.1	洪水対策案策定手順.....	124
図 9.2.2	洪水調節容量算定手順.....	126
図 9.3.1	Piura-Chira 川流域における洪水防御地区 (Chira 川流域).....	127
図 9.3.2	Piura-Chira 川流域における洪水防御地区 (Piura 川流域).....	127
図 9.3.3	Piura-Chira 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時).....	130

図 9.3.4	Piura-Chira 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)	132
図 9.3.5	Rimac 川流域における洪水防御地区	133
図 9.3.6	Rimac 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	136
図 9.3.7	Ica 川流域における洪水防御地区	138
図 9.3.8	Ica 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	142
図 9.3.9	Ica 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)	146
図 9.3.10	Huallaga 川流域における洪水防御地区	147
図 9.3.11	Huallaga 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	150
図 9.3.12	Huallaga 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)	152
図 9.3.13	Mantaro 川流域における洪水防御地区	154
図 9.3.14	Mantaro 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	156
図 9.3.15	Mantaro 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)	158
図 9.3.16	Urubamba 川流域における洪水防御地区	159
図 9.3.17	Urubamba 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	162
図 9.3.18	Urubamba 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)	165
図 9.3.19	Biabo 川流域における洪水防御地区	166
図 9.3.20	Biabo 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	167
図 9.3.21	Biabo 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)	168
図 9.3.22	Locumba 川流域における洪水防御地区	169
図 9.3.23	Locumba 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	170
図 9.3.24	Chancay-Lambayeque 川流域における洪水防御地区	171
図 9.3.25	Chancay-Lambayeque 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	173
図 9.3.26	Chancay-Lambayeque 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)	175
図 9.3.27	Nanay 川流域における洪水防御地区	176
図 9.3.28	Nanay 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	177
図 9.3.29	Ramis 川流域における洪水防御地区	179
図 9.3.30	Ramis 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)	182
図 9.3.31	Ramis 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)	185
図 10.2.1	経済評価の実施手順	188
図 10.3.1	Huallaga 川流域 Rio Cisa の洗掘状況-1	194
図 10.3.2	Huallaga 川流域 Rio Cisa の洗掘状況-2	195
図 10.4.1	洗掘防止対策護岸・護床工標準断面図 (案)	215
図 11.2.1	類型毎の概略事業費概算の算出までの実施手順	230
図 11.3.1	類型毎の 100 年確率洪水規模事業の総便益 (年平均被害軽減額)	235
図 11.3.2	159 流域の 100 年確率洪水規模事業の総便益 (年平均被害軽減額)	236
図 11.3.3	類型毎の 100 年確率洪水規模事業の概略総事業費	241
図 11.3.4	159 流域の 100 年確率洪水規模事業の概略総事業費	242
図 11.3.5	159 流域全体を評価した場合の EIRR	253
図 11.4.1	2030 年における年間降雨量の変化率	254
図 11.4.2	世銀レポートによる将来の河川流量の変化予測	256

図 12.1.1	Tumbes 大学と ALA-Tumbes による 2015 年洪水氾濫シミュレーション結果図.....	267
図 13.2.1	洪水被害事前調査現地踏査実施州.....	279
図 13.2.2	2017 年 2 月~3 月の El Nino の発生状況.....	281
図 13.2.3	太平洋の各年の海水表面温度.....	281
図 13.2.4	ペルー周辺の El Nino・La Nina・通常時の海水温度と大気移動の関係説明図	282
図 13.2.5	Trujillo 市 Qd. Leon 流域における Quebrada 流下地点の土地利用状況-1	283
図 13.2.6	Trujillo 市 Qd. Leon 流域における Quebrada 流下地点の土地利用状況-2	283
図 13.2.7	Tumbes 川下流低平地における浸水被害の状況	285
図 13.2.8	Piura 川 Piura 市街地周辺の河川沿いの被害地点	285
図 13.2.9	河川流下能力を超える洪水が発生した Piura 川の破堤部及び補修状況.....	286
図 13.2.10	河川の洗掘被害状況	287
図 13.2.11	河川の洪水が逆流して浸水被害を起こす Tumbes 市の河川沿い区域	288
図 13.2.12	十分な排水施設が設置されていない Lambayeque の都市	288
図 13.2.13	河床への土砂堆積状況	289
図 13.2.14	上流からの土砂が被害を増大させた被害事例	289
図 13.2.15	Piura 川堤防の水防工事の痕跡	290
図 13.2.16	Tumbes 川 2015 年洪水の氾濫区域図.....	291
図 13.2.17	ペルー国の洪水に関する課題を解決するための技術（事前調査時）	293
図 13.3.1	降雨観測所位置図（Tumbes 川流域）	294
図 13.3.2	年最大日雨量の経年変化（Tumbes 川流域 Puerto Pizarro 観測所）	295
図 13.3.3	年最大日雨量の経年変化（Tumbes 川流域 Rica Playa 観測所）	295
図 13.3.4	降雨解析結果（Tumbes 川流域 Puerto Pizarro 観測所（確率分布モデル：LN3Q）） ..	296
図 13.3.5	降雨解析結果（Tumbes 川流域 Rica Playa 観測所（確率分布モデル：LP3Rs））	296
図 13.3.6	降雨観測所位置図（Piura 川流域）	297
図 13.3.7	年最大日雨量の経年変化（Piura 川流域 Chusis 観測所）	297
図 13.3.8	年最大日雨量の経年変化（Piura 川流域 San Miguel 観測所）	298
図 13.3.9	年最大日雨量の経年変化（Piura 川流域 Morropon 観測所）	298
図 13.3.10	年最大日雨量の経年変化（Piura 川流域 Malacasi 観測所）	299
図 13.3.11	降雨解析結果（Piura 川流域 Puerto Pizarro 観測所（確率分布モデル：LogP3））	299
図 13.3.12	降雨解析結果（Piura 川流域 San Miguel 観測所（確率分布モデル：LN4PM））	300
図 13.3.13	降雨解析結果（Piura 川流域 Malacasi 観測所（確率分布モデル：LogP3））	301
図 13.3.14	降雨解析結果（Piura 川流域 Malacasi 観測所（確率分布モデル：LN3Q））	301
図 13.3.15	降雨観測所位置図（Chancay-Lambayeque 川流域および Motupe 川流域）	302
図 13.3.16	年最大日雨量の経年変化（Lambayeque 観測所）	303
図 13.3.17	年最大日雨量の経年変化（Motupe 川流域 Jayanca 観測所）	303
図 13.3.18	年最大日雨量の経年変化（Chancay-Lambayeque 川流域 Reque 観測所）	304
図 13.3.19	年最大日雨量の経年変化（Chancay-Lambayeque 川流域 Tinajones 観測所）	304
図 13.3.20	年最大日雨量の経年変化（Chancay-Lambayeque 川流域 Chugur 観測所）	305
図 13.3.21	降雨解析結果（Lambayeque 観測所（確率分布モデル：LogP3））	305
図 13.3.22	降雨解析結果（Motupe 川流域 Jayanca 観測所（確率分布モデル：LN3Q））	306

図 13.3.23	降雨解析結果 (Chancay-Lambayeque 川流域 Reque 観測所 (確率分布モデル:Gev))	307
図 13.3.24	降雨解析結果(Chancay-Lambayeque 川流域 Tinajones 観測所(確率分布モデル:EXP))	307
図 13.3.25	降雨解析結果(Chancay-Lambayeque 川流域 Chugur 観測所(確率分布モデル:LN3PM))	308
図 13.3.26	Tumbes 川下流域における流路変遷	309
図 13.3.27	2015 年氾濫状況	310
図 13.3.28	写真:Tumbes 川の河道内堆砂及び河岸浸食の状況	311
図 13.3.29	Tumbes 川における河道計画及び護岸設計の課題	312
図 13.3.30	2015 年ペルー国環境省調査	312
図 13.3.31	Tumbes 川流域における検討すべき基本的対策概念図	314
図 13.3.32	Piura 市街地の 2017 年洪水時における Piura 川河道の洪水水位	316
図 13.3.33	Piura 市街部の特殊堤 (パラペット) と洪水痕の状況	317
図 13.3.34	Piura 市下流部の洪水被害状況	317
図 13.3.35	Chira-Piura 流域委員会による Piura 川洪水対策コンセプト図	318
図 13.3.36	改修・改善が必要な河川構造物	319
図 13.3.37	Piura 川河口の放水路 (捷水路) の候補線形	320
図 13.3.38	Chira-Piura 流域委員会による Piura 川における遊水地建設候補地	320
図 13.3.39	Tambo Grande 遊水地の全景写真と概念図	321
図 13.3.40	La Matanza 遊水地の計画図	322
図 13.3.41	La Matanza 遊水地設置において想定されるハイドログラフ	322
図 13.3.42	La Matanza 遊水地の候補地のバナナ農園と民家	323
図 13.3.43	La Matanza 遊水地周辺の河道状況と洪水痕跡	323
図 13.3.44	EL Ala 遊水地の候補地の状況写真	324
図 13.3.45	La Penita 遊水地の全景写真と概念図	325
図 13.3.46	San Lorenzo 貯水池位置図	326
図 13.3.47	San Lorenzo 貯水池の状況写真	327
図 13.3.48	Viduque 破堤地区の状況写真	328
図 13.3.49	Morino Azul 破堤地区の状況写真	329
図 13.3.50	Chato Chico 破堤地区の状況写真	329
図 13.3.51	Poechos ダムの堆砂の現状と上流域河道の土砂流砂の状況写真	330
図 13.3.52	Poechos ダムの嵩上げ予定の Spillway (100mx4=400m) 状況写真	330
図 13.3.53	貯水池の堆砂進行模式図	331
図 13.3.54	貯砂ダムの候補地と想定貯砂範囲	331
図 13.3.55	La Leche 川及び Motupe 川の洪水越水地点	332
図 13.3.56	Motupe 川及び La Leche 川の河床堆砂及び食及び河道堆砂状況	333
図 13.3.57	上流部に設置された日本の遊砂地の例	335
図 13.3.58	Olmos-Tinajones 特別事務所に La Leche 川上流のダム計画	336
図 13.3.59	Chancay-Lambayeque 地域の灌漑排水路網図及び 1998 年の洪水・浸水域図	337

図 13.3.60	灌漑排水路網の機能低下及び維持管理不良の事例.....	338
図 13.3.61	灌漑排水路網における Quebrada からの洪水対応の事例.....	339
図 13.3.62	中国による Lambayeque 県の洪水対策事業の契約を報道した新聞記事.....	339
図 13.3.63	Chiclayo 及び Lambayeque 周辺の都市排水に利用可能な既存農業排水路.....	341
図 13.3.64	既存の農業排水路にある横断障害物と道路横断函渠.....	342
図 13.3.65	現況の農業排水路のコンクリート被覆断面への転換.....	342
図 13.3.66	Olmos – Tinajones 特別事務所による Lambayeque 市上流における既存排水路の改修計画図.....	343
図 13.3.67	遊水地越流堤の浸透流解析例（水圧による被覆厚検討）.....	344
図 13.3.68	海岸地域における山地河川 Quebrada の特徴.....	345
図 13.3.69	Trujillo 市周辺の地形及び主要な Quebrada.....	345
図 13.3.70	Trujillo 市周辺の基盤岩及び表層の砂礫層と土砂生産状況.....	346
図 13.3.71	Qda.Sun Idelfonso および Qda.Leon の流末.....	347
図 13.3.72	LaEsperanza 市街の洪水痕跡.....	348
図 13.3.73	ANA が検討している San Idelfonso の迂回流路線形案.....	348
図 13.3.74	Trujillo 地域における土砂災害被害軽減のための施設配置計画（案）.....	350
図 13.3.75	Qd. Cuculicote 周辺の地形及び現地踏査を実施した 3 流域の位置図.....	351
図 13.3.76	Qd.Cuculicote 周辺の生産土砂量の特徴.....	351
図 13.3.77	Ascope 山背面の Qda.Cuculicote の中流域から上流方向の状況.....	352
図 13.3.78	Qda.Cuculicote の河道への土砂堆積状況.....	353
図 13.3.79	Qda.Cabras で建設された Qubrada の流れを阻害する農業用水路.....	354
図 13.3.80	Qd.Cuculicote 周辺（Ascope 町地域）における土砂災害被害軽減のための施設配置計画（案）.....	354
図 13.3.81	Rimac 川流域の地質図.....	355
図 13.3.82	Chosica 周辺の地形.....	355
図 13.3.83	Chosica 地方の地形地質の特徴.....	356
図 13.3.84	Chosica 地方の社会環境の特徴.....	357
図 13.3.85	SANTA EULALIA 市が作成したリスク(ハザード)マップ.....	359
図 13.3.86	Chosica 地方で実施されてきた土砂災害対策の事例.....	360
図 13.3.87	Chosica 地方の溪流と水災害ハザードマップ.....	360
図 13.3.88	Qda.Corrales の状況.....	361
図 13.3.89	Qda.Pedregal の状況（1）.....	362
図 13.3.90	Qda.Pedregal の状況（2）.....	363
図 13.3.91	Qda. San Nicolás の状況（1）.....	365
図 13.3.92	Qda.SanNicolus の状況（2）.....	366
図 13.3.93	Qda.California の状況.....	366
図 13.3.94	Qda.Yanocoto の状況.....	367
図 13.3.95	Qda. Huaycoloro 流域.....	368
図 13.3.96	Qda. Huaycoloro の状況.....	369
図 13.3.97	Qda.Santa Rosa の状況.....	369

☒ 13.3.98	Qda. Huayaringa の状況.....	370
☒ 13.3.99	Qda. Las. Cruces の状況.....	371
☒ 13.3.100	Qda. Cashahuacra の状況.....	372
☒ 13.3.101	Qda. Porta de Huayringa の状況.....	372
☒ 13.3.102	Puente Ñaña の状況.....	373
☒ 13.3.103	Puente Ñaña 地点衛星写真.....	373
☒ 13.3.104	CARAPONGO 地区の状況.....	374
☒ 13.3.105	CARAPONGO 地区衛星写真.....	374
☒ 13.3.106	Piura 川における 2017 年 3 月 25 日降雨時の氾濫解析結果（最大浸水深分布）.....	377
☒ 13.3.107	Chancay-Lambayeque 川における 2017 年 3 月 12 日降雨時の氾濫解析結果（最大浸水深分布）.....	379
☒ 14.1.1	本調査における検討事項と本章における整理事項の纏め.....	381
☒ 14.1.2	種類のグルーピング.....	387
☒ 14.2.1	INDECI による洪水被害レポートの参考例.....	395
☒ 14.3.1	「治水情報の見える化」リスト整理表（案）.....	402
☒ 14.3.2	「洪水対策計画」に示すべき計画流量配分図.....	403
☒ 14.3.3	河道沿いの氾濫原に建設された住宅地.....	405
☒ 14.3.4	近年に河道沿いの氾濫原の開発が始まった事例.....	406
☒ 14.3.5	今後の洪水対策を実施することを考慮し利用が規制されるべき Faja Marginal 区域.....	406
☒ 14.3.6	日本の災害リスク管理投資額.....	411
☒ 14.3.7	日本の洪水災害による死者数と浸水域の経年変化.....	411
☒ 14.3.8	災害リスクカーブの例（洪水被害低減対策検討を事例とした場合）.....	416
☒ 14.4.1	ANA 内部における洪水対策計画策定及び事業実施の各部局の連携体制（案）.....	421
☒ 14.4.2	ANA と他機関における洪水対策計画策定及び事業実施の連携体制（案）.....	422
☒ 14.4.3	洪水対策案実施における関係機関の役割分担（案）.....	423
☒ 14.5.1	六甲山における治山工事（兵庫県資料）.....	430
☒ 14.5.2	人力による植栽方法の例.....	431
☒ 14.5.3	人力によるその他の工法.....	431
☒ 14.5.4	積苗工の施工状況（1954 年）.....	432
☒ 14.5.5	土石流対策工の例と雲仙における導流堤(左下)および樹林帯整備(右下)の例.....	433
☒ 14.5.6	砂防ソイルセメントの概念.....	434
☒ 14.5.7	ブロック積堰堤の設置例.....	435
☒ 14.5.8	杭式土石流対策工「アーバンガード」（左：完成時、右：施工時）.....	435
☒ 14.5.9	索道の設置例および資機材運搬例.....	436
☒ 14.5.10	工事用軌道.....	436
☒ 14.5.11	雲仙における無人化施工.....	437
☒ 14.5.12	水系砂防計画の概念.....	439
☒ 14.5.13	音響式掃流砂計の概要.....	440
☒ 14.5.14	ワイヤーセンサーの設置事例（水通し部に設置した例）.....	441

表目次

表 1.3.1	主要な関係機関	4
表 2.1.1	ANA の予算資源の変遷	10
表 2.1.2	ANA の近年3か年の予算	10
表 2.1.3	洪水対策技術基準案の目次案	11
表 2.1.4	洪水対策に係る事業（2002/12~2016/05）の内訳	12
表 2.1.5	水理解析、ハザードマップ、情報データベースの整備状況	13
表 2.1.6	159 流域における過去の洪水被害の発生・被害履歴情報の概要	14
表 2.1.7	2010 年 Cusco 洪水におけるセクターごとの被害額／復旧・復興費用	14
表 2.1.8	大規模エル・ニーニョ時の洪水被害概要	15
表 2.1.9	DesInventar によるペルー国の過去の洪水災害被害額上位 10 件（1970~2011）	15
表 2.1.10	第一次及び第二次現地調査時におけるデータ収集状況（地形情報等）	16
表 2.1.11	気象水文観測項目および観測頻度	17
表 2.1.12	収集した社会経済統計データの概要	22
表 2.2.1	世銀 DRM-DPL-CATDDO の概要	23
表 2.2.2	世銀 DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックス（当初）	23
表 2.2.3	世銀 DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックスのレビュー	24
表 2.2.4	世銀 2ND-DRM-DPL-CATDDO の概要	26
表 2.2.5	世銀 2ND-DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックス（当初）	26
表 2.2.6	世銀 2ND-DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックス達成状況	27
表 2.2.7	世銀第一期水資源管理近代化事業の概要	27
表 2.2.8	世銀第二期水資源管理事業の概要	28
表 3.1.1	「ハザード」、「脆弱性」、「リスク」の定義	29
表 3.2.1	評価指標に関連して添付資料 3-1 に添付している図	30
表 3.2.2	脆弱性の評価指標	31
表 3.2.3	各指標の評価値	32
表 3.2.4	水害脆弱性の検討（ステップ 1）結果上位 25 流域（31 流域）	33
表 3.3.1	ペルー側 3 機関の推薦流域・リスク分析結果に基づく高リスク流域（総括）	34
表 3.3.2	ペルー側の推薦流域・高リスク流域の指標および評価値	38
表 3.4.1	各項目における指標および指標値	38
表 3.4.2	評価値総合計結果（上位 18 流域）	39
表 3.5.1	RRI による氾濫計算を実施した優先対策流域候補 8 河川	39
表 3.5.2	優先対策流域（6 流域）	41
表 4.1.1	社会・経済特性による分類の概要	44
表 4.1.2	自然特性による分類の概要	45
表 4.1.3	類型化に使用したデータ	47
表 4.1.4	社会・経済特性による分類結果	51
表 4.1.5	各類型の概要と想定される対策上の留意点	56
表 4.1.6	各類型に属する流域	57
表 4.2.1	モデル流域の選定結果	59

表 5.1.1	対象とする降雨確率規模	61
表 5.1.2	降雨継続時間の設定	62
表 5.1.3	ティーセン法を適用する雨量観測所の選定基準	63
表 5.1.4	降雨波形を採用する各流域の代表地点	65
表 5.1.5	確率分布モデル	66
表 5.1.6	確率規模別雨量の算定結果	66
表 6.2.1	現場踏査実施工程概要	73
表 6.3.1	Rimac 川本川洪水被害概要	75
表 6.3.2	Rimac 川における小流域 (Quebrada) 土砂災害頻発地域	75
表 6.3.3	Ica 川流域における AAA が認識する高洪水リスク地区	79
表 6.3.4	Mantaro 川洪水被害概要	84
表 6.3.5	Urubamba 川洪水被害概要	86
表 6.3.6	Nanay 川洪水被害概要	91
表 7.2.1	流出・氾濫解析における諸条件	96
表 7.2.2	解析実施ケース一覧	97
表 7.2.3	各計算流域における計算グリットサイズ	97
表 7.2.4	マニングの粗度係数 (土木工学ハンドブックによる)	98
表 7.2.5	流域の状態と粗度係数 (河川砂防技術基準 (案) 調査編による)	98
表 7.2.6	浸透にかかる係数 (Handbook of Hydrology による)	98
表 7.3.1	確率規模別 24 時間雨量	99
表 7.3.2	代表地点における確率規模別流量	100
表 7.3.3	現地踏査実施状況および流出・氾濫解析結果との比較	101
表 7.4.1	優先対策流域およびモデル流域における解析結果	102
表 9.1.1	貯留施設による代替案を考慮しない流域	121
表 9.1.2	各対象流域の代替案	122
表 9.2.1	堤防の必要余裕高・天端幅及び堤防法勾配	124
表 9.2.3	遊水地による洪水調節容量算定方法	126
表 9.3.1	Piura 川 Target-1 (Upstream: Piura Downstream: Cristo Nos Valga)	128
表 9.3.2	Piura 川 Target-2 (Upstream: Buenos Aires Downstream: La Matanza)	128
表 9.3.3	Piura 川 Target-3 (Upstream: Salitral Downstream: Salitral)	128
表 9.3.4	Chira 川 Target-1 (Upstream: Querecotillo Downstream: Vichayal)	129
表 9.3.5	Chira 川 Target-2 (Around San Lorenzo)	129
表 9.3.6	Alternative-2 時の Piura 川必要遊水地諸元	130
表 9.3.7	Piura 川 Target-1 (Upstream: Piura Downstream: Cristo Nos Valga)	130
表 9.3.8	Piura 川 Target-2 (Upstream: Buenos Aires Downstream: La Matanza)	130
表 9.3.9	Piura 川 Target-3 (Upstream: Salitral Downstream: Salitral)	131
表 9.3.10	Alternative-2 時の Chira 川における必要ダム治水容量	131
表 9.3.11	Chira 川 Target-1 (Upstream: Querecotillo Downstream: Vichayal)	131
表 9.3.12	Chira 川 Target-2 (Around San Lorenzo)	132
表 9.3.13	Rimac 川 Target-1 (Upstream: San Mateo Downstream: San Mateo)	134

表 9.3.14	Rimac 川 Target-2 (Upstream: Matucana Downstream: Matucana).....	134
表 9.3.15	Rimac 川 Target-3 (Upstream: Sucro Downstream: Sucro).....	134
表 9.3.16	Rimac 川 Target-4 (Upstream: Richard Palma Downstream: Richard Palma).....	135
表 9.3.17	Rimac 川 Target-5 (Upstream: Lurigancho Downstream: Lurigancho).....	135
表 9.3.18	Rimac 川 Target-6 (Upstream: Chaclacayo Downstream: Chaclacayo).....	135
表 9.3.19	Rimac 川 Target-7 (Upstream: Ate Downstream: Chaclacayo).....	135
表 9.3.20	Ica 川 Target-5-1 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje).....	139
表 9.3.21	Ica 川 Target-5-2 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje).....	139
表 9.3.22	Ica 川 Target-5-3 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje).....	139
表 9.3.23	Ica 川 Target-5-4 (Upstream: Santiago to Downstream: Santiago).....	139
表 9.3.24	Ica 川 Target-5-5 (Upstream: Santiago to Downstream: Santiago).....	140
表 9.3.25	Ica 川 Target-5-6 (Upstream: Ica to Downstream: Santiago).....	140
表 9.3.26	Ica 川 Target-5-7 (Upstream: La Tinguia to Downstream: Ica).....	140
表 9.3.27	Ica 川 Target-5-8 (Upstream: San Juan Bautista to Downstream: San Juan Bautista).....	141
表 9.3.28	Ica 川 Target-5-9 (Upstream: San Jose De Los Molinos to Downstream: San De Los Molinos)	141
表 9.3.29	Alternative-2 時の Ica 川必要遊水地諸元.....	142
表 9.3.30	Ica 川 Target-5-1 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje).....	142
表 9.3.31	Ica 川 Target-5-2 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje).....	143
表 9.3.32	Ica 川 Target-5-3 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje).....	143
表 9.3.33	Ica 川 Target-5-4 (Upstream: Santiago to Downstream: Santiago).....	143
表 9.3.34	Ica 川 Target-5-5 (Upstream: Santiago to Downstream: Santiago).....	144
表 9.3.35	Ica 川 Target-5-6 (Upstream: Ica to Downstream: Santiago).....	144
表 9.3.36	Ica 川 Target-5-7 (Upstream: La Tinguia to Downstream: Ica).....	144
表 9.3.37	Ica 川 Target-5-8 (Upstream: San Juan Bautistao to Downstream: San Juan Bautista).....	145
表 9.3.38	Ica 川 Target-5-9 (Upstream: San Jose De Los Molinos to Downstream: San De Los Molinos)	145
表 9.3.39	Hullaga 川 Target-1 (Upstream: Juanjui Downstream: Picota).....	148
表 9.3.40	Hullaga 川 Target-2 (Upstream: Jose Crespo y Castillo Downstream: Tocache).....	148
表 9.3.41	Hullaga 川 Target-3 (Upstream: Awajun Downstream: Moyobamba).....	148
表 9.3.42	Hullaga 川 Target-4 (Upstream: Yurimaguas Downstream: Santa Cruz).....	149
表 9.3.43	Hullaga 川 Target-5 (Upstream: Ambo Downstream: Santa Maria del Valle).....	149
表 9.3.44	Alternative-2 時の Huallaga 川必要遊水地諸元.....	150
表 9.3.45	Hullaga 川 Target-1 (Upstream: Juanjui Downstream: Picota).....	150
表 9.3.46	Hullaga 川 Target-2 (Upstream: Jose Crespo y Castillo Downstream: Tocache).....	151
表 9.3.47	Hullaga 川 Target-3 (Upstream: Awajun Downstream: Moyobamba).....	151
表 9.3.48	Hullaga 川 Target-4 (Upstream: Yurimaguas Downstream: Santa Cruz).....	151
表 9.3.49	Hullaga 川 Target-5 (Upstream: Ambo Downstream: Santa Maria del Valle).....	152
表 9.3.50	Mantaro 川 Target-1 (Upstream: Matahuasi Downstream: Yauyos).....	155
表 9.3.51	Mantaro 川 Target-2 (Upstream: Huayucachi Downstream: Orcotuna).....	155

表 9.3.52	Mantaro 川 Target-3 (Upstream: Acos Vinchos Downstream: Pacaycasa)	155
表 9.3.53	Mantaro 川 Target-4 (Upstream: Vinchos Downstream: Vinchos)	156
表 9.3.54	Alternative-2 時の Mantaro 川における必要ダム治水容量	156
表 9.3.55	Mantaro 川 Target-1 (Upstream: Matahuasi Downstream: Yauyos).....	156
表 9.3.56	Mantaro 川 Target-2 (Upstream: Huayucachi Downstream: Orcotuna).....	157
表 9.3.57	Mantaro 川 Target-3 (Upstream: Acos Vinchos Downstream: Pacaycasa)	157
表 9.3.58	Mantaro 川 Target-4 (Upstream: Vinchos Downstream: Vinchos).....	158
表 9.3.59	Urubamba 川 Target-1 (Upstream: Maranura Downstream: Santa Ana).....	160
表 9.3.60	Urubamba 川 Target-2 (Upstream: Huayllabamba Downstream: Urubamba)	160
表 9.3.61	Urubamba 川 Target-3 (Upstream: San Salvador Downstream: Calca)	160
表 9.3.62	Urubamba 川 Target-4 (Upstream: Urcos Downstream: Urcos).....	161
表 9.3.63	Urubamba 川 Target-5 (Upstream: Combapata Downstream: Checacupe).....	161
表 9.3.64	Urubamba 川 Target-6 (Upstream: Sicuani Downstream: Marangani)	161
表 9.3.65	Alternative-2 時の Urubamba 川必要遊水地諸元	162
表 9.3.66	Urubamba 川 Target-1 (Upstream: Maranura Downstream: Santa Ana).....	162
表 9.3.67	Urubamba 川 Target-2 (Upstream: Huayllabamba Downstream: Urubamba)	163
表 9.3.68	Urubamba 川 Target-3 (Upstream: San Salvador Downstream: Calca)	163
表 9.3.69	Urubamba 川 Target-4 (Upstream: Urcos Downstream: Urcos).....	164
表 9.3.70	Urubamba 川 Target-5 (Upstream: Combapata Downstream: Checacupe).....	164
表 9.3.71	Urubamba 川 Target-6 (Upstream: Sicuani Downstream: Marangani)	164
表 9.3.72	Biabo 川 Target-1 (Upstream: Bajo Biabo Downstream: Bajo Biabo).....	167
表 9.3.73	Alternative-2 時の Biabo 川必要遊水地諸元.....	167
表 9.3.74	Biabo 川 Target-1 (Upstream: Bajo Biabo Downstream: Bajo Biabo).....	168
表 9.3.75	Locumba 川 Target-1 (Upstream: Locumba Downstream: Locumba).....	170
表 9.3.76	Target-1(Upstream: District La Esperanza to Downstream: District Chancayba)	171
表 9.3.77	Target-2 (Upstream: District Chongoyape to Downstream: District Saña).....	172
表 9.3.78	Target-3 (Upstream: District Reque to Downstream: District Eten).....	172
表 9.3.79	Alternative-2 時の Chancay-Lambayeque 川必要遊水地諸元.....	173
表 9.3.80	Target-1(Upstream: District La Esperanza to Downstream: District Chancayba)	173
表 9.3.81	Target-2 (Upstream: District Chongoyape to Downstream: District Saña).....	174
表 9.3.82	Target-3 (Upstream: District Reque to Downstream: District Eten).....	174
表 9.3.83	Nanay 川 Target-1 (Upstream: Iquitos Downstream: Iquitos)	177
表 9.3.84	Nanay 川における Alternative-2 案家屋移転必要数量	177
表 9.3.85	Nanay 川 Target-1 (Upstream: Iquitos Downstream: Iquitos)	178
表 9.3.86	Target-1 (Upstream: District Azangaro to Downstream: District Santiago de Pupuja)	180
表 9.3.87	Target-2 (Upstream: District Santa Rosa to Downstream: District Santa Rosa).....	180
表 9.3.88	Target-3 (Upstream: District Tirapata to Downstream: District Jose Domingo Choquehuanca)	180
表 9.3.89	Target-4 (Upstream: District Achaya to Downstream: District Taraco)	181
表 9.3.90	Target-5 (Upstream: District Ayaviri to Downstream: District Ayaviri).....	181

表 9.3.91	Alternative-2 時の Ramis 川必要遊水地諸元.....	182
表 9.3.92	Target-1 (Upstream: District Azangaro to Downstream: District Santiago de Pupuja)	182
表 9.3.93	Target-2 (Upstream: District Santa Rosa to Downstream: District Santa Rosa).....	183
表 9.3.94	Target-3 (Upstream: District Tirapata to Downstream: District Jose Domingo Choquehuanca)	183
表 9.3.95	Target-4 (Upstream: District Achaya to Downstream: District Taraco).....	184
表 9.3.96	Target-5 (Upstream: District Ayaviri to Downstream: District Ayaviri).....	184
表 10.3.1	3 地域別の住宅種別建設割合.....	189
表 10.3.2	3 地域別の住宅種別被害単価.....	189
表 10.3.3	優先及びモデル河川流域の便益計算に利用する家屋基礎単価.....	189
表 10.3.4	洪水被害により被害を受けることが想定される家庭用品標準原単位.....	190
表 10.3.5	洪水被害算定のための流域別家庭用品標準原単位.....	190
表 10.3.6	農産物の被害額単価参考表.....	190
表 10.3.7	優先・モデル河川における農産物の被害額単価.....	191
表 10.3.8	ペルー国における一般土木労務費及び人的被害算出単価.....	192
表 10.3.9	被害額算定に利用する家屋の浸水別被害率.....	192
表 10.3.10	被害額算定に利用する家庭用品の浸水別被害率.....	192
表 10.3.11	被害額算定に利用する家屋と農作物の浸水別被害率.....	192
表 10.3.12	2010 年 Cusco 洪水におけるセクター別被害額／復旧・復興費用とその比率.....	193
表 10.3.13	現地で確認した洗掘現象と必要護岸延長の関係.....	195
表 10.3.14	洗掘防止対策の効果を確認するための洗掘被害想定額の積算根拠.....	195
表 10.3.15	洗掘防止対策の効果を確認するための洗掘被害想定額の積算 (護岸延長 1m 当り)	196
表 10.3.16	各選定流域における洗掘対策の費用と効果のための仮定.....	196
表 10.3.17	Piura-Chira 川洪水対策案の効果.....	196
表 10.3.18	Piura 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	197
表 10.3.19	Chira 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	197
表 10.3.20	Piura-Chira 洪水対策案(合計)の年平均被害軽減額の計算 (3 箇所の護岸対策含む)	198
表 10.3.21	Chira-Piura 川における 41 箇所の洗掘対策の効果.....	198
表 10.3.22	Rimac 川洪水対策案の効果.....	198
表 10.3.23	Rimac 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	199
表 10.3.24	Rimac 川における 18 箇所の洗掘対策の効果.....	199
表 10.3.25	Ica 川洪水対策案の効果.....	200
表 10.3.26	Ica 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	200
表 10.3.27	Ica 川における 23 箇所の洗掘対策の効果.....	200
表 10.3.28	Huallaga 川洪水対策案の効果.....	201
表 10.3.29	Huallaga 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	201
表 10.3.30	Huallaga 川における 24 箇所の洗掘対策の効果.....	201
表 10.3.31	Mantaro 川洪水対策案の効果.....	202

表 10.3.32	Mantaro 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算	202
表 10.3.33	Mantaro 川における 23 箇所 <small>の</small> 洗掘対策の效果.....	202
表 10.3.34	Urubamba 川洪水対策案の效果.....	203
表 10.3.35	Urubamba 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	203
表 10.3.36	Urubamba 川における 18 箇所 <small>の</small> 洗掘対策の效果.....	204
表 10.3.37	Biabo 川洪水対策案の效果.....	204
表 10.3.38	Biabo 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	204
表 10.3.39	Baibo 川における 1 箇所 <small>の</small> 洗掘対策の效果.....	205
表 10.3.40	Locumba 川洪水対策案の效果.....	205
表 10.3.41	Locumba 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算（浸水対策のみ）.....	205
表 10.3.42	Locumba 川における 6 箇所 <small>の</small> 洗掘対策の效果.....	206
表 10.3.43	Chancay-Lambayeque 川洪水対策案の效果.....	206
表 10.3.44	Chancay-Lambayeque 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	206
表 10.3.45	Chancay-Lambayeque 川における 8 箇所 <small>の</small> 洗掘対策の效果.....	207
表 10.3.46	Nanay 川洪水対策案の效果.....	207
表 10.3.47	Nanay 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	207
表 10.3.48	Ramis 川洪水対策案の效果.....	208
表 10.3.49	Ramis 川洪水対策案の年平均被害軽減額の計算.....	208
表 10.3.50	Ramis 川における 10 箇所 <small>の</small> 洗掘対策の效果.....	208
表 10.4.1	土木事業費を算出するための各費目の構成.....	209
表 10.4.2	労務費及び建設機械概算単価.....	210
表 10.4.3	一般的河川工事の費用と数量.....	211
表 10.4.4	本調査で使用する河川工事の単価.....	211
表 10.4.5	本調査で使用するダム建設コストの単価.....	212
表 10.4.6	土地取得費用単価聞き取り調査結果その 1	213
表 10.4.7	土地取得費用単価聞き取り調査結果その 2	213
表 10.4.8	優先河川・モデル河川流域における土地取得採用単価.....	213
表 10.4.9	3 地域別の住宅種別建設割合.....	214
表 10.4.10	洗掘防止対策延長 1m 当りの概略事業費.....	215
表 10.4.11	Piura-Chira 川 Alternative-1 の概略事業費.....	216
表 10.4.12	Piura-Chira 川 Alternative-2 の概略事業費.....	216
表 10.4.13	Chira-Piura 川における 41 箇所 <small>の</small> 洗掘対策に必要な事業費.....	216
表 10.4.14	Rimac 川 Alternative-1 の概略事業費.....	217
表 10.4.15	Rimac 川における 18 箇所 <small>の</small> 洗掘対策に必要な概略事業費.....	217
表 10.4.16	Ica 川 Alternative-1 の概略事業費.....	217
表 10.4.17	Ica 川 Alternative-2 の概略事業費.....	217
表 10.4.18	Ica 川における 23 箇所 <small>の</small> 洗掘対策に必要な概略事業費.....	218
表 10.4.19	Huallaga 川 Alternative-1 の概略事業費.....	218
表 10.4.20	Huallaga 川 Alternative-2 の概略事業費.....	218
表 10.4.21	Huallaga 川における 24 箇所 <small>の</small> 洗掘対策に必要な概略事業費.....	219

表 10.4.22	Mantaro 川 Alternative-1 の概略事業費	219
表 10.4.23	Mantaro 川 Alternative-2 の概略事業費	219
表 10.4.24	Mantaro 川における 23 箇所の洗掘対策に必要な概略事業費	220
表 10.4.25	Urubamba 川 Alternative-1 の概略事業費	220
表 10.4.26	Urubamba 川 Alternative-2 の概略事業費	220
表 10.4.27	Urubamba 川における 18 箇所の洗掘対策に必要な概略事業費	220
表 10.4.28	Biabo 川 Alternative-1 の概略事業費	221
表 10.4.29	Biabo 川 Alternative-2 の概略事業費	221
表 10.4.30	Biabo 川における 1 箇所の洗掘対策に必要な概略事業費	221
表 10.4.31	Locumba 川 Alternative-1 の概略事業費	222
表 10.4.32	Locumba 川における 6 箇所の洗掘対策に必要な概略事業費	222
表 10.4.33	Chancay-Lambayeque 川 Alternative-1 の概略事業費	222
表 10.4.34	Chancay-Lambayeque 川 Alternative-2 の概略事業費	222
表 10.4.35	Chancay-Lambayeque 川における 8 箇所の洗掘対策に必要な概略事業費	223
表 10.4.36	Nanay 川 Alternative-1 の概略事業費	223
表 10.4.37	Nanay 川 Alternative-2 の概略事業費	223
表 10.4.38	Ramis 川 Alternative-1 の概略事業費	224
表 10.4.39	Ramis 川 Alternative-2 の概略事業費	224
表 10.4.40	Ramis 川における 10 箇所の洗掘対策に必要な概略事業費	224
表 10.5.1	各流域の TIRS、VANS 及び B/C	225
表 11.1.1	モデル流域の選定結果と特徴	229
表 11.2.1	各流域における総便益、概略総事業費を検討するためのパラメータ	231
表 11.3.1	類型 1 の総便益 (年平均被害軽減額)	231
表 11.3.2	類型 2 の総便益 (年平均被害軽減額)	232
表 11.3.3	類型 3 の総便益 (年平均被害軽減額)	232
表 11.3.4	類型 4 の総便益 (年平均被害軽減額)	232
表 11.3.5	類型 5 の総便益 (年平均被害軽減額)	232
表 11.3.6	類型 6 の総便益 (年平均被害軽減額)	233
表 11.3.7	類型 7 の総便益 (年平均被害軽減額)	233
表 11.3.8	類型 8 の総便益 (年平均被害軽減額)	233
表 11.3.9	類型 9 の総便益 (年平均被害軽減額)	233
表 11.3.10	類型 10 の総便益 (年平均被害軽減額)	234
表 11.3.11	類型毎の総便益 (年平均被害軽減額) のまとめ (パラメータ 1)	236
表 11.3.12	類型毎の総便益 (年平均被害軽減額) のまとめ (パラメータ 2)	236
表 11.3.13	類型毎の総便益 (年平均被害軽減額) のまとめ (パラメータ 3)	237
表 11.3.14	類型毎の総便益 (年平均被害軽減額) のまとめ (パラメータ 4)	237
表 11.3.15	類型 1 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	238
表 11.3.16	類型 2 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	238
表 11.3.17	類型 3 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	238
表 11.3.18	類型 4 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	238

表 11.3.19	類型 5 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	239
表 11.3.20	類型 6 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	239
表 11.3.21	類型 7 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	239
表 11.3.22	類型 8 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	239
表 11.3.23	類型 9 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	240
表 11.3.24	類型 10 の概略総事業費 (Alternative-1 実施時)	240
表 11.3.25	類型毎の概略総事業費のまとめ (パラメータ 1)	242
表 11.3.26	類型毎の概略総事業費のまとめ (パラメータ 2)	242
表 11.3.27	類型毎の概略総事業費のまとめ (パラメータ 3)	243
表 11.3.28	類型毎の概略総事業費のまとめ (パラメータ 4)	243
表 11.3.29	評価指標定義式と指標の特徴	244
表 11.3.30	類型毎の概略事業費および想定被害額算定のパラメータ	244
表 11.3.31	類型毎の概略総事業費のまとめ (Case-1)	245
表 11.3.32	類型毎の概略総事業費のまとめ (Case-2)	246
表 11.3.33	類型毎の概略総事業費のまとめ (Case-3)	247
表 11.3.34	類型毎の概略総事業費のまとめ (Case-4)	248
表 11.3.35	類型毎の概略総事業費のまとめ (Case-5)	249
表 11.3.36	類型毎の概略総事業費のまとめ (Case-6)	250
表 11.3.37	概略類型毎の総事業費のまとめ (Case-7)	251
表 11.3.38	類型毎の概略総事業費のまとめ (Case-8)	252
表 11.4.1	2030 年時点の年間降雨量の変化傾向 (Coast : 太平洋地域)	255
表 11.4.2	2030 年時点の年間降雨量の変化傾向 (Mountain : アンデス地域)	255
表 11.4.3	2030 年時点の年間降雨量の変化傾向 (Jungle : アマゾン地域)	255
表 11.4.4	調査対象地域 (Ubicación de las principales Cuencas en estudio)	256
表 11.4.5	気候変動考慮のための本調査で提案する事業の実施期間域	257
表 11.4.6	各類型流域の降雨量増減率	257
表 11.4.7	各類型流域の降雨量増減率に基づく確率洪水年の変化	257
表 11.4.8	気候変動を考慮した Mantaro 川及び Ramis 川洪水対策案の経済評価 (25 年確率対応時)	258
表 12.1.1	セミナー開催内容	259
表 12.1.2	流域治水計画と各セクター計画における整合性の事例	268
表 12.2.1	ワークショップ開催内容 (案)	269
表 12.2.2	ワークショップ出席者	270
表 13.2.1	洪水被害調査 (事前調査) 実施工程	278
表 13.2.2	調査実施州における被害の概要 (事前調査)	279
表 13.2.3	沿岸性 El Nino による災害で緊急事態を宣言した自治体数	279
表 13.2.4	沿岸性 El Nino による災害における州別災害被災者数	280
表 13.2.5	Tumbes 川流域及び Piura 川流域における降雨観測地点の既往最大日雨量と 2017 年の記録	282
表 13.2.6	調査実施州における河川の洪水被害原因の纏め	283

表 13.2.7	被害調査で確認した本調査で提案した3つの提案の妥当性.....	291
表 13.3.1	調査団が入手した2017年降雨データ (Tumbes 川流域)	294
表 13.3.2	確率規模別の年最大日雨量 (Tumbes 川流域 Puerto Pizarro 観測所)	295
表 13.3.3	確率規模別の年最大日雨量 (Tumbes 川流域 Rica Playa 観測所)	296
表 13.3.4	調査団が入手した2017年降雨データ (Piura 川流域)	297
表 13.3.5	確率規模別の年最大日雨量 (Piura 川流域 Chusis 観測所)	299
表 13.3.6	確率規模別の年最大日雨量 (Piura 川流域 San Miguel 観測所)	300
表 13.3.7	確率規模別の年最大日雨量 (Piura 川流域 Morropon 観測所)	300
表 13.3.8	確率規模別の年最大日雨量 (Piura 川流域 Malacasi 観測所)	301
表 13.3.9	調査団が入手した2017年降雨データ (Chancay-Lambayeque 川流域および Motupe 川流域)	302
表 13.3.10	確率規模別の年最大日雨量 (Lambayeque 観測所)	305
表 13.3.11	確率規模別の年最大日雨量 (Motupe 川流域 Jayanca 観測所)	306
表 13.3.12	確率規模別の年最大日雨量 (Chancay-Lambayeque 川流域 Reque 観測所)	306
表 13.3.13	確率規模別の年最大日雨量 (Chancay-Lambayeque 川流域 Tinajones 観測所)	307
表 13.3.14	確率規模別の年最大日雨量 (Chancay-Lambayeque 川流域 Chugur 観測所)	308
表 13.3.15	3流域の各降雨観測所で記録された2017年洪水の確率規模別まとめ	308
表 13.3.16	Tumbes 川流域における洪水対策の基本方針 (案)	313
表 13.3.17	Piura 川流域における洪水対策の基本方針 (案)	319
表 13.3.18	Chira-Piura 流域委員会による遊水地 (Polder) 計画概要	321
表 13.3.19	La Matanza 遊水地の計画諸元	322
表 13.3.20	Motupe 川及び La Leche 川流域における洪水対策の基本方針 (案)	334
表 13.3.21	Chiclayo 及び Lambayeque における洪水対策の基本方針 (案)	340
表 13.3.22	Trujillo 市周辺の土砂災害対策の計画策定上の課題とその解決策の方針 (案)	349
表 13.3.23	Qd. Cuculicote 周辺の土砂災害対策の計画策定上の課題とその解決策の方針 (案)	353
表 13.3.24	LURIGANCHO-CHOSICA 地方の洪水・土砂災害履歴 (1900~2012年)	358
表 13.3.25	1987年3月災害時の溪流別の流出土砂量	359
表 13.3.26	Qd. Pedregal におけるネット工の現状	361
表 13.3.27	Rimac 川土砂災害対策の計画策定上の課題とその解決策の方針 (案)	375
表 14.1.1	ペルー国における主要河川洪水対策の想定概略総事業費	382
表 14.1.2	ペルー国における主要河川洪水対策による便益 (年平均被害便益額)	382
表 14.1.3	ペルー国における主要河川洪水対策案の経済評価	383
表 14.1.4	モデル流域 (再掲)	384
表 14.1.5	類型毎の概算総事業費のまとめ (流域面積比)	384
表 14.1.6	類型毎の総便益 (年平均被害軽減額) のまとめ (流域内人口比によって引き延ばし)	385
表 14.1.7	類型毎の洪水対策案の経済評価	386
表 14.1.8	各類型別事業実施コンセプト (案)	388
表 14.1.9	治水対策概略実施工程 (案) (50年確率洪水対応)	388

表 14.1.10	Piura-Chira 川流域の洪水対策案のまとめ	389
表 14.1.11	Rimac 川流域の洪水対策案のまとめ	390
表 14.1.12	Ica 川流域の洪水対策案のまとめ	390
表 14.1.13	Mantaro 川流域の洪水対策案のまとめ	391
表 14.1.14	Huallaga 川流域の洪水対策案のまとめ	391
表 14.1.15	Urubamba 川流域の洪水対策案のまとめ	392
表 14.1.16	洪水対策案短中期概略工程表（案）（優先 6 河川対象）	393
表 14.1.17	確率洪水年の変化	394
表 14.1.18	気候変動を考慮した Mantaro 川及び Ramis 川洪水対策案の経済評価（気候変動無： 25 年確率対応時 → 気候変動有：約 20 年確率対応）	394
表 14.2.1	洪水被害レポートからの情報抽出概要	394
表 14.2.2	1/30～3/20 の災害レポート（INDECI）に基づく情報整理結果	395
表 14.2.3	Pisco、Canete 及び Chinchá（San Juan）川の実際の洪水被害及び洪水対策案評価の比較	397
表 14.2.4	INDECI の災害レポートに基づく Rimac 川流域で発生した災害	397
表 14.2.5	2017 年 3 月 Rimac 川洪水実氾濫地点と本調査における氾濫想定地点	398
表 14.3.1	「洪水対策計画」に示すべき最低限の内容	402
表 14.3.2	2017/1/30～2017/3/20 に発生した洪水・土砂災害の纏め	403
表 14.3.3	本調査で収集し ANA の SNIRH で保存更新すべき基本データ	418
表 14.3.4	本調査で作成し ANA の SNIRH で保存更新すべき流出・氾濫解析データ	418
表 14.4.1	提言の整理（洪水対策計画の迅速な策定）	419
表 14.4.2	提言の整理（適切な河川管理定）	419
表 14.4.3	提言の整理（洪水対策案を実施するための適切な事業実施システム構築）	420
表 14.4.4	提言の整理（洪水対策案計画策定における技術的課題）	420
表 14.4.5	提言の整理（その他）	421
表 14.4.6	提案したマトリックス条件案の難易度・緊急度・支援の必要性（案）	427
表 14.5.1	現地における課題及び紹介する本邦技術	429
表 14.5.2	現地における制度的課題及び紹介する本邦制度	437
表 14.5.3	現地における技術的課題及び紹介する本邦技術	438
表 14.5.4	今後ペルー国において調査が必要な土砂移動状態の基本的要素	440

添付資料目次

添付資料-1-1：第1次現地調査時の面談記録.....	添付-1-1
添付資料-1-2：プレゼン資料（第1次現地調査）.....	添付-1-19
添付資料-1-3：ANA との Minutes（第1次現地調査）.....	添付-1-71
添付資料-1-4：第2次現地調査面談記録.....	添付-1-91
添付資料-1-5：ANA との Minutes（第2次現地調査）.....	添付-1-111
添付資料-1-6：ANA との Minutes（第3次現地調査）.....	添付-1-119
添付資料-1-7：ANA との Minutes（第4次現地調査）.....	添付-1-145
添付資料-1-8：本調査における収集資料.....	添付-1-147
添付資料-2-1：ダム、貯水池施設の諸元サンプル.....	添付-2-1
添付資料-2-2：Poechos ダム管理台帳.....	添付-2-3
添付資料-3-1：脆弱性評価指標に関する資料.....	添付-3-1
年平均降水量.....	添付-3-2
2003年～2015年における浸水被害数.....	添付-3-3
過去の浸水被害による被害者数.....	添付-3-4
PBI（農林水産業）.....	添付-3-5
PBI（鉱業）.....	添付-3-6
PBI（電気・ガス・製造・建設業）.....	添付-3-7
PBI（運輸・通信・サービス業）.....	添付-3-8
人口.....	添付-3-9
主要都市位置図.....	添付-3-10
添付資料-4-1：Biabo 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-1
添付資料-4-2：locumba 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-7
添付資料-4-3：Chancay-Lambayeque 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-13
添付資料-4-4：Huallaga 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-19
添付資料-4-5：Nanay 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-25
添付資料-4-6：Ramis 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-31
添付資料-4-7：Rimac 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-37
添付資料-4-8：Chira 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-43
添付資料-4-9：Piura 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-49
添付資料-4-10：Urubamba 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-55
添付資料-4-11：Ica 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-61
添付資料-4-12：Mantaro 川における規模別の氾濫解析結果図.....	添付-4-67
添付資料-4-13：河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果.....	添付-4-73
添付資料-4-14：日本の河川における遊水地事例.....	添付-4-87
添付資料-4-15：本邦における直轄河川改修事業例.....	添付-4-89
添付資料-5-1：洪水対策技術基準（案）.....	添付-5-1
添付資料-6-1：Alternative-1 の標準堤防断面図.....	添付-6-1
添付資料-6-2：Alternative-2 の標準堤防断面図.....	添付-6-49
添付資料-7-1：環境社会影響調査結果.....	添付-7-1
添付資料-8-1：各選定流域の被害便益の算定結果（詳細）.....	添付-8-1
添付資料-8-2：ANA-DEPHM による小溪谷河川災害による経済被害の算定.....	添付-8-15
添付資料-8-3：各流域における事業費の積算.....	添付-8-29
添付資料-8-4：各選定流域の算定された社会的内部収益率（TIRS）、純経済価値（VANS） 及び費用便益費（B/C）結果.....	添付-8-69
添付資料-8-5：各類型（タイプ）別の洪水氾濫・被害・事業費の傾向と特徴.....	添付-8-131

添付資料-8-6：個別流域による事業費・便益・事業経済指標の想定.....	添付-8-139
添付資料-8-7：本調査による159流域の個別評価と実際の洪水被害状況との比較	添付-8-145
添付資料-9-1：セミナー調査団調査結果説明資料プレゼン	添付-9-1
添付資料-9-2：ワークショップ講義資料.....	添付-9-23

略語表

略語	正式名称（英語略語の場合ローマン体 西語略語の場合イタリック体）で記述	日本語訳
AAA	<i>Autoridades Administrativas del Agua</i>	流域水資源局
ACC	<i>Adaptación al cambio climático</i>	気候変動適応
ALA	<i>Administraciones Locales de Agua</i>	地方水資源局
ANA	<i>Autoridad Nacional del Agua</i>	農業灌漑省国家水利庁
ANP	<i>Áreas Naturales Protegidas</i>	保護地域保全
BM	WBの項参照	世界銀行
CAF	<i>Corporación Andina de Fomento</i>	アンデス開発公社
CENEPRED	<i>Centro Nacional de Estimacion, Prevencion y Reduccion del Riesgo de Desastres</i>	国家災害リスク予防研究センター
CEPIG	<i>Centro de Procesamiento de Informacion Geoespacial</i>	地理空間情報処理センター
CEPLAN	<i>El Centro Nacional de Planeamiento Estratégico</i>	国家戦略企画庁
CONAGERD	<i>El Consejo Nacional de Gestion del Riesgo de Desastres</i>	国家防災会議
COP	Conference of Parties	気候変動枠組条約締約国会議
C/P	Counterpart	カウンターパート
CPS	Country Partnership Strategy	国別パートナー計画（世銀：BM）
CRHC	<i>Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca</i>	流域水資源委員会
CSP	Country Strategy Paper	国別戦略ペーパー
DB	Database	データベース
DCPRH	<i>Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos</i>	ANA水資源保全管理部
DDO	Deferred Drawdown Option	繰延べ引出しオプション
DEE	<i>Declaratoria de Estado de Emergencia</i>	国家緊急宣言（国家災害宣言）
DesInventar	<i>Sistema de Inventario de Desastres</i>	南米を中心とした 災害履歴管理システム
DGAAA	<i>Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios</i>	農業灌漑省環境問題審査局
DGCCI	<i>Dirección de Gestión de Conocimiento y Coordinación Interinstitucional</i>	ANAナレッジマネジメント・調整部
DGIAR	<i>Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego</i>	農業灌漑省 農業灌漑インフラ局
DGIH	<i>Dirección General de Infraestructura Hidráulica</i>	農業省水インフラ局
DGIP	<i>Dirección General de Inversión Pública</i>	経済・財務省 公共投資局
DGOT	<i>Dirección General de Ordenamiento Ambiental</i>	環境省環境管理局
DGPHM	<i>Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales</i>	ANAマルチセクター水理プロジェクト計画部（本調査の主たるC/P）
DHN	Directorate of Hydrography and Navigation <i>Dirección de Hidrografía y Navegación</i>	水路・航行部（ペルー海軍所属）
DS	<i>Decreto Supremo</i>	大統領令
DSE	<i>Declaratoria de Situación de Emergencia</i>	緊急事態宣言
EMAPE S.A.	<i>La Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima Sociedad Anónima</i>	リマ市有料道路管理公社
ENFEN	<i>Estudio Nacional del Fenómeno El NIÑO"</i>	国家“エル・ニーニョ”現象調査 （SENAMHIによって実施）
EU	European Union	欧州連合
FVI	Flood Vulnerability Index	水害脆弱性指標
GDP PBI	Gross Domestic Product <i>Producto Bruto Interno</i>	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GLCC	Global Land Cover Characterization, USGS	世界土地被覆分類
GNI	Gross National Income	国民総所得
GNP	Gross National Product	国民総生産
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite	米国静止実用気象衛星
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GRD	<i>Gestión del Riesgo de Desastres</i>	災害リスク管理

略語	正式名称（英語略語の場合ローマン体 西語略語の場合イタリック体）で記述	日本語訳
GSMaP	Global Satellite Mapping of Precipitation	衛星全球降雨マップ
HFA	Hyogo Framework for Action	兵庫行動枠組
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IGP	Peru's Geophysical Institute <i>Instituto Geofísico del Perú</i>	環境省地球物理庁
INDECI	<i>Instituto Nacional de Defensa Civil</i>	国家防災庁
INEI	<i>Instituto Nacional de Estadística e Informática</i>	国家統計情報庁
INGEMMET	<i>Instituto Geológico Minero y Metalúrgico</i>	エネルギー・鉱山省 鉱業冶金地質研究所
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MGRH	<i>Modernización de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos</i>	ANA統合水資源管理近代化事業部
MEF	<i>Ministerio de Economía y Finanzas</i>	経済財政省
MEM	<i>Ministerio de Energía y Minas</i>	エネルギー・鉱山省
MINAG/ MINAGRI	<i>Ministerio de Agricultura y Riego</i>	農業灌漑省
MINAM	<i>Ministerio del Ambiente</i>	環境省
NHC	National Hurricane Center	米国国立ハリケーンセンター
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	アメリカ海洋大気庁
OPI	<i>Oficina de Programación e Inversiones</i>	計画投資室
OPP	<i>Oficina de Planificación y Presupuesto</i>	(各機関の) 計画・予算部/室
OSITRAN	<i>Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público</i>	公共交通施設投資監督庁
OSNIRH	<i>Oficina del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos</i>	国家水資源情報システム室 (ANAの組織内の一部署)
OSSO	<i>Observatorio Sismológico del Sur Occidente</i>	OSSO コーポレーション
PBI	GDPの項参照 <i>Producto Bruto Interno</i>	国内総生産
PCM	<i>Presidencia del Consejo de Ministros</i>	首相府
PDC	<i>Planes de Desarrollo Concertado</i>	承認済開発計画
PEOT	<i>El Proyecto Especial Olmos Tinajones</i>	Olmos-Tinajones 流域特別灌漑プロジェクト (州管理)
PERPEC	<i>Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación</i>	河川流路整備及び取水構造物防衛プログラム
PIA	<i>Presupuesto Institucional de Apertura</i>	当初承認予算
PIM	<i>Presupuesto Institucional Modificado</i>	修正予算
PIP	<i>Proyectos de Inversión Pública</i>	公共投資プロジェクト
PLANAGERD	<i>Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres</i>	国家災害リスク管理計画
PLANGRACC-A	<i>Plan de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático el Sector Agrario, Período 2012-2021</i>	農業セクター気候変動のリスク適応管理計画 (FAOとMINAGRIが作成)
PNRH	<i>Plan Nacional de Recursos Hídricos</i>	全国水資源計画
PNUD	UNDPの項参照	国連開発計画
POA	<i>Planes Operativos Anuales</i>	年度運営計画
POT	<i>Plan de Ordenamiento Territorial</i>	土地利用 (管理) 計画
PPRRD	<i>Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres</i>	災害リスク防衛削減計画
PREVAED	<i>Programa de reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencia y desastres</i>	緊急及び災害に関する脆弱性削減プログラム
PRONAMACHIS	<i>Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos</i>	全国流域・土壌保全管理計画
PSI	<i>Programa Subsectorial de Irrigaciones</i>	農業灌漑省灌漑サブセクタープログラム
PVC	Pacific Vision Co.Ltd.	パシフィックヴィジョン(株)

略語	正式名称（英語略語の場合ローマン体 西語略語の場合イタリック体）で記述	日本語訳
RRI	Rainfall-Runoff-Inundation model	日本の土木研究所 (ICHARM) が開発した降雨流出解析ソフト
SENACE	<i>Servicio Nacional de Certificación Ambiental</i>	環境省国家環境承認局
SENAMHI	<i>Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología</i>	環境省 気象・水文国家サービス局
SERFOR	<i>Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre</i>	農業灌漑省森林・野生動物国家サービス局
SERNANP	<i>Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas</i>	環境省自然保護地区国家サービス局
SINADECI	<i>Sistema Nacional de Defensa Civil</i>	国家市民防衛システム（旧防災行政システム）
SINAGERD	<i>Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres</i>	国家災害リスク管理システム（現防災行政システム）
SINANPE	<i>Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado</i>	国家保全地域システム
SINPAD	<i>Sistema de Información para la Prevención y Atención de Desastres</i>	災害予防緊急情報システム
SNIP	<i>Sistema Nacional de Inversión</i>	公共投資国家システム
TIRS (EIRR)	<i>Tasa Interna de Retorno Social</i>	社会的内部収益率
UN	United Nations	国際連合（国連）
UNDP PNUD	United Nations Development Programme <i>Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo</i>	国連開発計画
UNESCO	UN Educational, Scientific and Cultural Organization	国際連合教育科学文化機関
UNISDR	United Nations Secretariat for International Strategy for Disaster Reduction	国連国際防災戦略事務局
URL	Uniform Resource Locator	統一資源位置指定子
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
VANS	Valor Actual Neto Social	純経済価値
WB BM	World Bank <i>Banco Mundial</i> . .	世界銀行
WMO OMM	World Meteorological Organization <i>Organisation Météorologique Mondiale</i>	世界気象機関
WRF	Weather Research and Forecasting Model	アメリカ大気研究局新局地気象予測モデル
W/S	Workshop	ワークショップ

第1章 業務概要

1.1 業務の背景

ペルーは国内に海岸地域、山岳地域、熱帯雨林地域と多様な自然環境を有していることから、地震、津波に加え洪水、土砂災害等の様々な自然災害に対して高いリスクを抱えており、これらリスクへの対策は喫緊の課題となっている。このうち洪水被害は最も発生頻度が高く、2003年～2011年にかけて毎年200件以上発生し、累計で数万人から数百万人もの被災者が生じている。特に、エル・ニーニョ現象の発生年は大規模な洪水被害が発生する割合が高く、人的被害に加え、経済的にも数十億ドル規模の被害をもたらしている。直近では本業務の開始年であった2016年に強いエル・ニーニョ現象の発生が予測されていたことから、ペルー政府は2015年7月に非常事態を宣言¹した。

ペルー政府は、エル・ニーニョ現象等の負の影響を緩和し、持続的経済成長を達成するため、洪水被害に対する脆弱性の改善と災害リスク管理強化の方針を打ち出し、取り組みを進めている。具体的には、国内の水資源管理を所管する同国農業省（2013年に農業灌漑省に変更）が、1998年のエル・ニーニョ時に洪水被害が発生した流域と浸水地域を主とした浸水リスク地域を洪水被害から守るため、「河川流路整備、取水構造物保護プログラム（Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación, PERPEC）」（1999-2009年、投資額126百万ドル）による資金支援を州政府に対して実施した。しかし、2000年代に推進された地方分権化により、洪水対策事業にかかる計画・設計・実施のすべてを、中央政府から河川が位置する州政府及び地方自治体へ権限移譲し、河川流域単位で洪水対策事業を推進する体制となったため、国内の全ての流域全体を俯瞰した洪水対策事業の計画、実施が難しい状況となった。

このような状況を受け、2008年に世界銀行の支援により、流域内の統合的水資源管理を目的とする国家水利庁（Autoridad Nacional del Agua、以下、「ANA」）が設立された。ANAは、2010年3月にANAの下部組織として設置された、14の流域水源局（Autoridad Administrativa del Agua、以下、「AAA」）とAAAの下部組織である地方水資源管理局（Administraciones Locales de Agua、以下、「ALA」）、さらにAAAと並立する組織で各流域における管理方針、政策及び計画の決定機関である流域水資源委員会（Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca、以下、「CRHC」）と共に、全国159流域の水資源管理を開始した。2013年には、ANAは「全国水資源計画」を策定したが、計画当時、洪水対策は地域毎のAAA及びALAといった組織が独自に進めることになっていた。

¹ 実際には、2015年10月にペルー沖の海水温の上昇傾向はピークを迎え、2015年11月より終息傾向に向かい、2016年4月にエル・ニーニョ現象は終了した。この結果、通常1～3月に洪水発生数のピークを迎えるペルー国では通常の年と同じような小規模な洪水被害のみで大規模な洪水被害は発生しなかった。2016年9月時点において、ペルー沖の海水温度は今後平年値を0.5℃以上下回るラ・ニーニャ現象を発生させる傾向にあると言われていた。

そのため包括的な水資源管理の視点に立った対策事業内容や事業費、事業効果は含まれていない。また、ペルーでのこれまでの治水事業は、上述したように大洪水が発生した後の河道の復旧を主とした対処療法的治水事業が中心であった。地方自治体も含めた関係各機関においては、洪水リスクを災害前に勘案した治水事業実施の必要性の理解も低く、洪水の被害から人命や資産を守るための抜本的な対策事業に、ペルー全体でどの程度の事業費が必要であり、事業実施の結果、どの程度の経済的効果が発現するのかも認識できていない。

上記に示す洪水対策のための課題が解決されないまま、2017年1～3月、懸念されていた大洪水がペルー沿岸部のエル・ニーニョ現象を要因として北部地域を中心に発生した。2017年6月のペルー国防災庁（Instituto Nacional de Defensa Civil: INDECI）による最終的な被害報告では、ペルーの全24州の内14州における地方自治体で災害緊急宣言が出され、死者・行方不明者の合計が165名、全被災者数が164万人を超える大災害となった。

JICAはこれまで、ペルーにおける防災分野への支援として、「ペルー沿岸部洪水対策事業」（2014年11月L/A調印）による築堤や護岸等の整備の他、防災行政を担う同国首相府との間で業務協力協定（2014年3月）や、「災害復旧スタンドバイ借款」（2014年3月L/A調印）等を通じて、防災主流化促進等のための各種のペルーの災害リスク管理行政を支援している。また、JICAは、本業務の成果を基に、洪水対策能力強化に関する政策・制度の改善のための議論をペルー側と実施する予定であり、さらには「災害復旧スタンドバイ借款」を有効に活用するための政策マトリックスを検討する材料としても有効に活用することを想定している。以上のように本業務の成果を利用したペルー政府の洪水対策への取組みを支援する効果が期待されている。

1.2 業務の目的

本業務でまとめられる成果は以下の通りとする。

- (1) 159流域の中から優先的な洪水対策が求められる優先対策流域（5流域程度）が選ばれる。
- (2) 流域の特徴（地形、自然条件、地域特性、過去の被害状況等）により159流域を5つ程度に類型化し、概算事業費算定のためのベースとなる検討を行うモデル流域を選定する。
- (3) 上述（1）の優先対策流域については、現地踏査を経て、洪水対策案（ハード対策）を検討し概算の事業費が纏められる。
- (4) 各類型で抽出したモデル流域での概算事業費算定をもとに159流域におけるおおまかな全体事業費等を把握する。
- (5) ペルーでは現在整理されていない、治水計画論の基本を整理した、洪水対策技術基準（案）を作成する。また、この洪水対策技術基準（案）には、上記（1）～（4）の成果として優先流域及びモデル流域の検討において提案された概略の事業概要に含まれる5つ

以上の治水施設の基本的諸元と設計方法、必要な検討事項及び概算事業費算出方法を含めるものとする。

- (6) ワークショップの実施により、AAA や ALA 等 ANA の関連組織の技術者を含む ANA の技術者の洪水発生メカニズムに関する知見を強化し、氾濫源調査に要する衛星写真解析技術を向上させること及び日本の解析モデル等の紹介とその解析結果の紹介により、洪水対策に関する理論的概念の理解が深められる。
- (7) ペルー側関係機関や国際機関、二国間ドナー等を対象に、セミナーを開催し、ドラフト・ファイナル・レポートの内容を共有する。
- (8) 2017 年 1～3 月に発生した洪水・土砂災害の被害調査と復興ニーズ調査を行い、上記（1）～（4）の実施によってドラフト・ファイナル・レポートに纏められた洪水対策能力強化に関する優先活動内容、政策・制度改善のための提言をさらに詳細に分析し、より具体的な内容とする。

1.3 業務の範囲

1.3.1 業務対象地域

上述した調査の目的に示した調査内容を実施するため、本業務の対象地域は、ペルー全国の 159 流域を対象地域とし、優先対策流域及び 2017 年 1～3 月に大洪水が発生した流域は現地踏査を実施した。

1.3.2 相手国関係機関

主カウンターパート機関

本業務のカウンターパート機関（以下 C/P 機関）は ANA であり、本業務は ANA と共に作業を行っている。

また、ペルー国の治水計画の策定等に主に関連する中央政府機関として以下に挙げる 4 つの機関にも常時業務の進捗状況を連絡し調査を行うことになった。

- 経済・財政省公共投資局：Dirección General de Inversiones Pública (Ministerio de Economía y Finanzas)（以下、「MEF-DGIP」）
- 国家防災庁：INDECI
- 農業灌漑省環境局：Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios（DGAAA）
- エネルギー鉱山省 鉱業冶金地質研究所：INGEMMET

関係省庁

上述した 4 つの機関に合わせ、今回の業務で訪問した機関、または資料を Web または ANA を通じて入手した中央関係省庁等は以下の表 1.3.1 の通りである。

表 1.3.1 主要な関係機関

関係機関	治水計画に関連する役割	本業務との直接的関連事項
MEF-DGIP (Dirección General de Inversión Pública, Ministerio de Economía y Finanzas) (経済財政省公共投資局)	治水を含む防災事業の実施評価・承認を行う部局	治水事業の便益の考え方等を今後協議していく事になる部局
INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) (国家防災庁)	災害に関するデータを最も多く有している機関	優先河川選定において、推薦する河川を提案。
INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) (エネルギー・鉱山省 鉱業冶金地質研究所)	土砂災害等を研究し、ハザードリスク分析を行う部局	治水とともに中上流部で発生する土砂災害対策の支援を地方自治体に行っている。土砂災害データを収集している。
CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres) 国家災害リスク予防研究センター	洪水を含めた災害リスクを分析している機関	優先河川を選定するために、河川のリスク分析資料を本業務で利用。
MINAGRI-PSI (Programa Subsectorial de Irrigaciones, Ministerio de Agricultura y Riego) (農業灌漑省灌漑サブセクタープログラム)	農業灌漑省が実施する灌漑事業を実施する部局。治水事業も担当。	Canete、Chincha、PiscoのJICA円借款事業の実施機関。
CEPLAN (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico) (国家戦略企画庁)	国家の戦略的計画策定において主導的な役割を担当	CEPLANが中心となって作成した、PLAN BICENTENARIOで示されているペルーの主要都市を優先河川選定に利用。
MINAM-SENACE (Servicio Nacional de Certificación Ambiental, Ministerio del Ambiente) (環境省国家環境承認局)	治水事業を環境社会配慮面から確認し、承認を行う担当部局	DGAAAが現在実施している環境承認は今後SENACEに移行する準備がある。(添付資料7参照)
MINAGRI-DGAAA (Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios, Ministerio de Agricultura y Riego) (農業灌漑省環境局)	農業灌漑省が実施する事業の環境社会配慮の審査を行う部局	上述したようにANAも含めた農業灌漑省の実施する事業は現在SENACEではなくDGAAAが主担当(添付資料7参照)
MINAM-DGOT (環境省環境管理局)	環境省において災害リスクの分析やデータの収集を行っている部局	業務実施に参考となるハザードマップデータ及び土地利用図等を有しており、今後入手する予定。
MINAM-SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Ministerio del Ambiente) (環境省自然保護地区国家サービス局)	ペルーにある環境保護地区の管理を行っている部局	業務実施に参考となる環境保護に関する地図データ等を有している。データは入手済み。
MINAM-SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología, Ministerio del Ambiente) (環境省 気象・水文国家サービス局)	気象・水文データの観測及び技術的調査を担当	洪水流出計算に必要な気象データ・水文データを観測。

関係機関	治水計画に関連する役割	本業務との直接的関連事項
DHN (Dirección de Hidrografía y Navegación) (水路・航行部)	水路及び航海に関連する調査研究（潮位観測）を担当	潮位データを今後入手（今回の業務では訪問していない。）
Universidad Nacional Agraria La Molina モリーナ大学	気候変動の研究をCayo Ramos准教授が実施。	研究レポートを貸してもらっている。今後、治水対策に関する気候変動の取り扱いについて協議を行う予定。
Solution Practicas	洪水対象のコミュニティ防災活動を実施しているI-NGO。	優先河川候補のRimac川、Piura川でも活動を実施している。

出典：調査団作成

第2章 収集資料及び収集情報

本調査の6回に渡る現地調査によって収集した資料及び関連基礎情報は以下の通りである。

2.1 ペルー国治水行政基礎情報

2.1.1 ペルーにおける洪水対策の現状

(1) ペルー政府の災害リスク管理における洪水対策の位置づけ

ペルー国では、洪水対策は従来、農地を洪水からの被害を保護するために、現農業灌漑省が主に実施を行ってきており、「農業セクター」事業として実施されてきた。

例えば、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」を実施しているが、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、現農業灌漑省（旧農業省）が管轄していた。また農業灌漑省（MINAGRI）水インフラ局（Dirección General de Infraestructura Hidráulica : 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、それぞれの個別事業は、局所的な護岸保全事業等の小規模事業であり、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た。²

このため現農業灌漑省は、2000年代後半、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、これに基づき、上述したJICAの調査が実施されている。この調査に基づき、最も洪水対策の便益が高いCanete、Chincha、Piscoの3河川が円借款事業として実施されることになっており、現在、農業灌漑省において事業承認された投資プログラムを実施する部局であるPSIが、プロジェクト管理を行うコンサルタントの選定開始の準備を行っている（2016年9月現在、詳細設計のコンサルタント業務の入札が実施されている）。

一方、ペルー政府は2007年のPisco地震被害の対応への教訓及び兵庫行動枠組（以下HFA）に基づき、「災害リスク管理」行政を統括し、国家的に行うことが重要であるとの認識を高め、2010年12月18日に「国家基本政策」（Acuerdo Nacional）の1つに「災害リスク管理」がPolítica de Estado N° 32 : Gestión del Riesgo de Desastres（GRD）として組み込まれ、法律の制定や計画策定において考慮されるべき基本原則となった。この流れを受け、洪水対策は、現在「災害リスク管理（以下GRD）」活動の1つとして、2010年以降に計画された洪水対策案は、「GRDセクター」として実施されている。

² 本段落の情報は、JICA報告書「溪谷村落洪水対策事業準備調査」からの引用である。

(2) 洪水対策に係る行政、法定枠組・制度、組織体制・予算状況

(a) 行政・法的枠組み・制度

上述したように、2016年時点での洪水対策は「GRDセクター」として事業を実施することになっている。また、ペルー国では全ての公共事業は、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：SNIP）に従って実施しなければならず、洪水対策案も「GRDセクター」の1つとして、SNIP制度の下実施される。SNIPは、法律第27293号として制定されDirectiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública Resolución Directoral N° 002-2009-EF/68.01に基づいて2004年1月より運用されている。このSNIPによりすべての公共事業は、その実施前に審査を受けることが義務付けられている。SNIPに基づき、事業の実施には経済財務省（MEF）の公共投資局（Dirección General de Inversión Pública：DGIP）での承認が義務づけられている。DGIP内において、洪水対策案の審査を行うのは、上述したように「防災セクター（Sector de Prevención y Atención Emergencias por Desastre）」である。

また、この洪水対策をこれまで実施していたのは、上述しているように中央政府では農業灌漑省である。従来は、DGIPHが投資プログラムの1つとして洪水対策案を立案し、投資プログラムの事前審査・予算執行を許可する計画投資室（Oficina de Programación e Inversiones, OPI）を通して、PSIが実施してきた。しかしながら、2014年5月23日、大統領N006-2014-Minagriが公布され、流域管理に係る水関連災害は本調査のC/P機関であるANAにより調査され、河川工事実施もANAが行えることとなった。これに基づき、現在ANAは各種の洪水対策の基礎調査を実施している。一方、洪水対策は、州政府、地方政府も実施が可能であり、護岸工の建設や雨季を前にした河道の掘削・浚渫工事を実施している。

(b) 組織体制

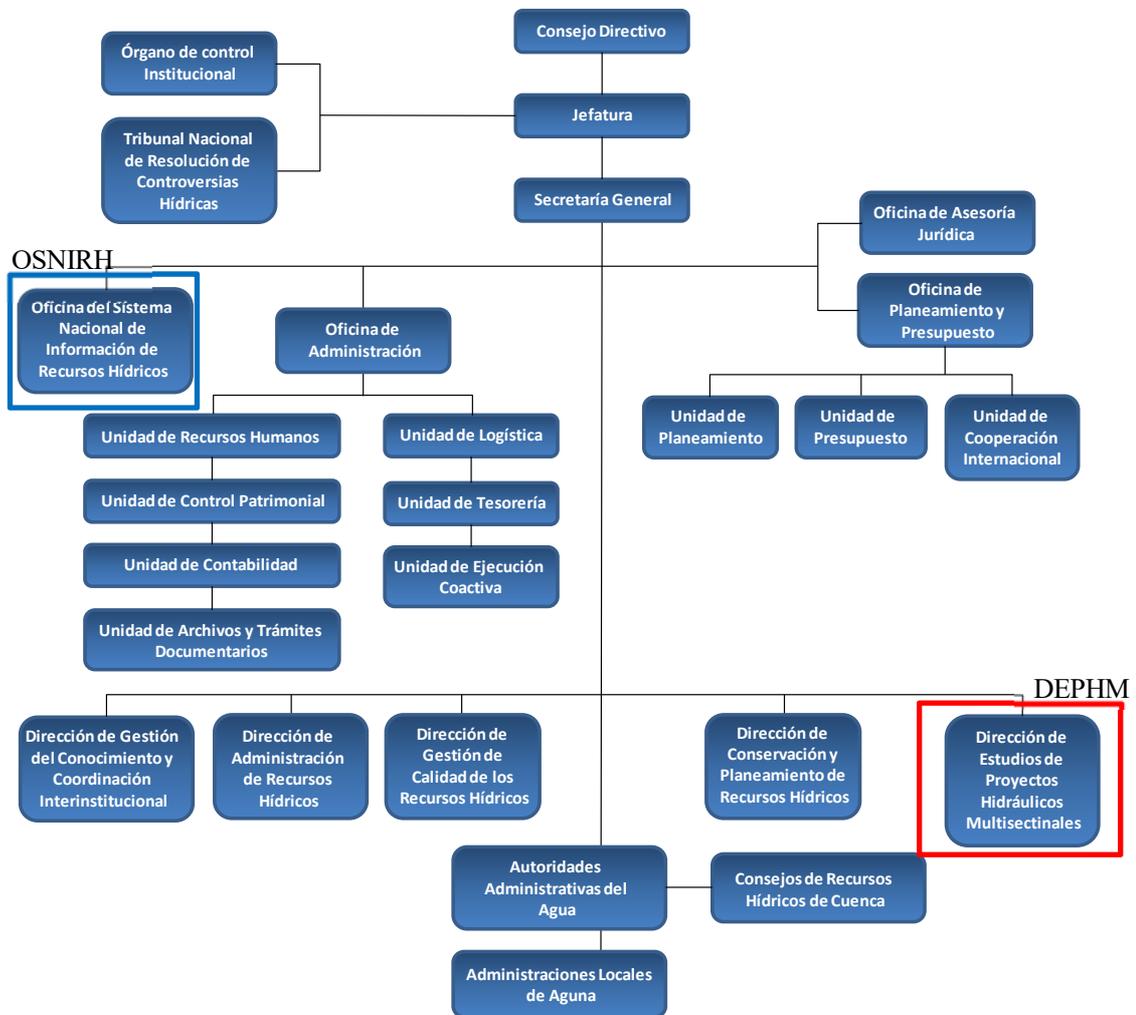
ここでは本調査の主たるC/P機関であるMINAGRI-ANA（Autoridad Nacional del Agua：農業灌漑省国家水利庁；以下「ANA」）の組織体制について詳述する。ANAは、2008年3月に省令（decreto Legislativo）No.997により新たに設立され、その名の通り、ペルー国の水資源について調整監督を行う農業灌漑省下の組織である。ANAの構想及び設立について、農業灌漑省は、およそ10年にわたり世界銀行（Banco Mundial：以下「BM」）の支援を受けている。ANAの主な役割としては、2009年3月のLey No.29338（Ley de Recursos Hídricos）に基づき、河川の治水を考慮にいたした流域水資源計画を策定することになっている。

流域管理（水資源管理）体制として、ANAはペルーの河川について、3水文地域（太平洋流域、Amazon流域、Titicaca流域）に大分割した上で、全ての河川を159河川流域にとりまとめている（図4.1.4参照）。これら3地域、159流域の管理は、2010年3月の省令（Decreto Supremo）No.001-2010-AGにより、ANAの下部機関として設立された、AAA、ALA、及びCRHCがANA内部のOSNIRH（Oficina del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos：国家水資源情報室）等の支援を受け、実施することになった。具体的には、ANAは、全国に14のAAAを設立、AAAの

下に 72 の ALA を設立、AAA 及び ALA に CRHC を設けている。水資源を公平に管理する立場を維持するため、CRHC は州政府のイニシアチブにより設立され、委員会は州政府首相又は代表が委員長を務め、流域のステークホルダーにより編成され、ANA は委員会のメンバーとして、委員会の活動をモニターする。(2016 年 9 月現在、AAA と ALA は既に設立され流域管理業務を開始しているが、CRHC は太平洋流域の一部の流域においてのみ設立されている。)

ANA は、洪水・土砂災害対策について、以前は、調査・解析・計画業務まで行い、工事実施については携わっていなかったが、2014 年 5 月 23 日に省令 Executive Order No.006-2014-MINAGRI が公布され、流域水資源管理、流域災害対策の実施に携われるようになった。したがって、洪水・土砂災害対策の設計・施工業務は、ANA 及び Regional Government が執り行うことになる。但し、これまで通り、同じ農業灌漑省の PSI も灌漑施設の維持や防御のために、河川維持管理事業の一環として河川改修事業を実施する事も可能である。

以下に ANA の組織図を図 2.1.1 として示す。



出典：ANA 及び調査団作成

図 2.1.1 ANA の組織図

上記の図において、赤枠で囲まれた、DEPHM (Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos

Multisectoriales : マルチセクター水理プロジェクト計画部) が本調査の受入部であり、ANA において洪水対策を含む水理・水利プロジェクトを計画している。

また、上述の通り、ANA が今後洪水対策の事業を実施する場合、WB/IDB 資金融資事業を実施する部局 (Unit) として水資源管理の近代化に資する活動部局として設立した「Unidad Ejecutora 002」が事業を実施する事になる、とのことである。この部局は ANA 本部に近接する位置に事務所が置かれ、ANA の事業実施部局として上記の事業が終わった今でも解体せずに運営を行っている。実際に「Unidad Ejecutora 002」は、地滑り対策、早期予警報システムの設立、河川・水域の確定作業等を、国家予算を利用して実施している。現在、「Unidad Ejecutora 002」は、10 流域における水文観測施設の設置 (WB 資金)、7 流域における水質管理事業 (CAF 資金) も行っている。

(c) 予算状況

以下に本調査の主たる C/P 機関である ANA の予算について概説する。

ANA は、上述したように 2008 年に創設され、実際に業務を開始したのは 2009 年 1 月と新しい機関であり、予算構造が年々変化している。ANA の予算は基本的には

- a) 国家機関としての国からの予算配分措置 ; と
- b) 水利用者からの水利権使用料

の 2 つから構成されている。この 2 つの予算割合の 2009 年~2016 年における変化を以下の表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 ANA の予算資源の変遷

年	予算源毎の比率(%)		合計 (単位: 百万ソル)
	政府予算	水利用料	
2009	60 – 65 %	35 – 40 %	65
2016	20 – 25 %	75 – 80 %	228

出典 : OPP-ANA(Oficina de Planificación y Presupuesto)への聞き取りによって調査団が作成

2010-2015 年に実施した WB と IDB から融資された “Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos” 総額 40 million US\$ のプロジェクトは上記以外の別資金として実施している。

以下にとして ANA 全体の 2014~2016 年 3 年間の予算を示す。

表 2.1.2 ANA の近年 3 か年の予算

単位:ソル

部署	Años	2014		2015		2016	
	Concepto	PIA ^{*1}	PIM ^{*2}	PIA	PIM	PIA	PIM
ANA 全体	1.Gastos de Inversión	38,609,320	37,778,938	25,705,677	73,504,218	300,000	21,349,329
	2. Gastos de Funcionamiento(1)	137,976,352	196,775,382	141,783,000	192,264,761	151,687,486	206,891,531
	Total	176,585,672	234,554,320	167,488,677	265,768,979	151,987,486	228,240,860
DEPHM	1. Gastos de Inversión	11,000,000	2,101,387	17,786,738	18,885,606	0	0
	1.1 Estudios de Pre-inversión-Evaluación de Recursos Hídricos	11,000,000	2,101,387	17,786,738	18,885,606		
	1.2 Otros						
	2. Gastos de Funcionamiento	5,463,780	14,392,861	3,573,300	8,091,093	3,862,484	13,250,682

部署	Años	2014		2015		2016	
	Total	16,463,780	16,494,248	21,360,038	26,976,699	3,862,484	13,250,682
UE 002: MGRH	1. Gastos de Inversión	27,609,320	35,677,551	7,918,939	54,618,612	300,000	21,349,329
	1.1 PP 0068(2)				29,762,158		3,508,611
	1.2 PP 0042						1,564,957
	1.3 Otros(3)	27,609,320	35,677,551	7,918,939	24,856,454	300,000	16,275,761
	2. Gastos de Funcionamiento(4)		2,445,000		17,644,274		8,008,350
	Total	27,609,320	38,122,551	7,918,939	72,262,886	300,000	29,357,679

(1) Incluye gastos por convenio CISPDR China y UNOPS

(2) Incluye la instalación de mallas en las riberas de ríos y adquisición de pluviómetros

(3) Gestión de Recursos Hídricos, CISPDR China y en el 2016 la instalación de barreras dinámicas frente a Huaycos.

(4) Acciones de monumentación para los años 2014 y 2015. Asimismo atención de fenómeno el niño 2015

*1: PIA: Presupuesto Institucional de Apertura *2: Presupuesto Institucional Modificado

出典 : OPP-ANA

(3) 洪水対策に係る技術基準

ANAによると、ペルー国には洪水対策に係る基準としては、MEFが作成した計画策定のガイドラインがあるだけであり、特に洪水対策に必要な構造物の設計基準は無い、との事であった。どのように洪水対策の事業を実施しているのか、確認すると、

- 外国の基準の準用；及び
- コンサルタントからの提案による設計の確認；

との事である。ANA及び農業灌漑省は大学等で河川構造物の設計に詳しい関係者を招き、職員に対し河川構造物設計のための講習会を過去に開催している。

このため、本調査で策定する洪水対策技術基準（案）はこれらの技術資料、MEFが作成した洪水対策案計画ガイドライン及び日本の治水関連技術のガイドライン等を参考に作成した。この洪水対策技術基準（案）の目次の概要は、以下に示す通りである。

表 2.1.3 洪水対策技術基準案の目次案

CONTENIDO (Borrador)	
Chapter 1	Introducción
2	Tipos de Desastres de la Cuenca del Ríos
3	Gestión del Riesgo de Desastres para la Cuenca del Río
4	Tipos de las medidas estructurales para reducir el riesgo de inundación
5	Diseño básico de medidas estructurales para la protección contra las inundaciones
5-1	Dique / Revestimiento
5-2	Puente
5-3	Espigones (Groins)
5-4	Banda para cauce del río (Riverbed girdles)
5-5	Otros (Río Arriba)
	Presas, Hillside preservation works (Overview / Hillside works/ Hillside conservation works) / Erosion control dikes / Consolidation works / Anti-erosion works / Torrent-preservation works / Torrent-preservation works / Training dikes), etc.
5-6	Otros (Río Abajo) : Estación de bombeo de Inundaciones
6	Evaluación económica de proyectos de protección contra inundaciones
7	Case Studies on Preliminary Design for Flood Control Structures

(4) ペルー政府または他ドナーによる洪水対策、実績

2.1.1(1)項で述べているように、ペルーの中央政府主導による洪水対策は農業灌漑省を中心に実施されている。以下にこれまでの主な洪水対策を箇条書きにして示す。

- 1997~1998 年：「エル・ニーニョ第一・第二期緊急計画」
- 1999~2009 年：「河川流路整備・取水構造物保護プログラム (PERPEC)」(投資額 126 百万ドル)
- 2010~：「溪谷村落洪水対策プロジェクト」

その他、本調査の現地調査において MEF から提供された、洪水対策に係る 2002 年 12 月以降に SNIP に申請のあったプロジェクトは、約 13.4 年間で 1,104 件を数える。これらの事業を大きく分類すると、以下のように分けられる。

表 2.1.4 洪水対策に係る事業 (2002/12~2016/05) の内訳

事業名(Subprograma)	採択件数	採択事業総額 (百万ソレス)
Atención inmediata de desastres	11	12.8
Caminos de herradura	3	1.0
Conservacion de suelos	16	14.4
Defensa contra incendios y emergencias menores	3	2.4
Defensa contra inundaciones	117	224.7
Defensa contra la erosion	8	2.6
Defensa nacional	4	22.6
Infraestructura de riego	88	212.1
Irrigacion	92	57.6
Planeamiento urbano	5	10.0
Planeamiento y desarrollo urbano y rural	25	161.0
Prevención de desastres	680	2,141.7
Promocion y asistencia comunitaria	9	6.6
Protección de poblaciones en riesgo	16	28.8
Saneamiento urbano	3	1.9
Vías vecinales	5	1.1
Otros	19	38.5
Total	1,104	2,939.8

出典：MEF による提供 Excel ファイルを調査団が整理

また、上記の事業で 2015 年及び 2016 年の 2 年間で割り当てられている総予算額は、El Niño 対策を中心として S/. 1,438 百万である。

(5) 統合的水資源管理に関する、水理解析、ハザードマップ、情報データベースの整備状況

ペルー国では、ANA の管轄下にある SNIRH (国家水資源情報システム:図 2.1.1 参照) によって総合的水資源管理に係るハザードマップ、情報データベースを整備しているとともに、これらの整備に必要な水理解析を実施している。これまでの調査において情報収集した水理解析、ハザードマップ、情報データベースの整備状況は表 2.1.5 に示すとおりである。

表 2.1.5 水理解析、ハザードマップ、情報データベースの整備状況

項目	整備状況	本調査との関連
水理解析 および ハザード マップ	<p>ANA は現在、洪水制御のための原因対処調査「Tratamiento de Cauces para el Control de Inundaciones」において 14 河川のハザードマップを作成済みであり、これらハザードマップは HEC-RAS 及び HEC-GeoRAS を用いた水理解析に基づいて作成されている。</p> <p>SNIRH 部署内において、水理解析ソフトウェア MIKE-11 および MIKE-21 の使用に関するトレーニングを受けた職員が若干名存在する。</p>	<p>左記 14 河川のうち 11 河川（Chicama 川、Chillon 川、Cumbasa 川、Cusco 川、CHANCAY-Lambayeque 川、Lurin 川、Pativilca 川、Piura 川、Rimac 川、Santa 川、Vilcanota 川）についての調査結果（ハザードマップを含む）を入手済みであり、本調査で実施する氾濫解析結果との比較に用いる。</p> <p>本調査の氾濫解析は RRI モデルを基本とするが、河道横断データの反映など、より詳細な解析が求められる場合は HEC-RAS や MIKE といった ANA 職員に馴染みのあるソフトウェアの使用を検討する。</p>
情報データ ベース	<p>ANA は現在、統合水資源管理に関わる情報データベース SNIRH を構築中である。このシステムは、まずデータ測定及び収集があり、観測所、SINPAD、各セクター（SENAMHI、INGEMMET 等）やダム管理施設や浄水場等から情報が寄せられる。情報伝達方法としては、インターネット、GSM/GPRS、ラジオや観測所の情報伝達システム等があり、ANA 内にある情報制御センターに情報が集約され、センターでその情報を統計処理、評価、分析を行う。その後、情報を必要とする各セクターへの情報発信や、インターネット公開等を行う。</p>	<p>本調査の氾濫解析結果は、将来の OSNIRH への取り込みの可能性を考慮し、GIS ソフトウェアで取り込み可能な形式(Shp や Tiff 等)として取りまとめる。</p>

出典：「ペルー国防災セクター政策・制度調査報告書（JICA）」に記載の情報を調査団が現地調査結果に基づき更新

2.1.2 159 流域における過去の洪水災害

ここでは、2016 年 12 月～2017 年 4 月において発生した洪水・土砂災害は除いた本調査が開始された 2016 年 3 月以前のデータに基づき整理した。上記の直近の洪水・土砂災害の被害は、別途 13 章に示している。

(1) 発生・被害履歴

159 流域における過去の洪水発生・被害履歴は INDECI によって、「SINPAD」と呼ばれるデータベースで管理されている。ペルーのほぼ全土の Region、Province、District 事務所、中央政府の各セクターがこのシステムにユーザー登録しており、正式に INDECI のユーザー登録が済んでいるものは、災害関連情報の閲覧・編集（災害情報の追加等）が可能である。それ以外の一般市民も災害関連情報の閲覧が可能（URL：<http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/main.asp>、ユーザー名：visita、パスワード：visita）である。この災害データベースは、基本的に各地方から上がってきた情報を取り込んで作成されている。

現地調査にて調査団が INDECI より収集したデータの概要は表 2.1.6 のとおりである。

表 2.1.6 159 流域における過去の洪水被害の発生・被害履歴情報の概要

項目	内容
データ保有機関	INDECI
データ整理期間	2003 年～2015 年
対象災害種	洪水のほか、火山活動、寒波、地震、土石流、地すべり、河岸浸食、高潮、津波、干ばつ、雷雨、強風等
被害状況整理項目	死者・行方不明者数、負傷者数、影響を受けた人数等
本調査での利用方法	優先対策流域の選定における水害脆弱性評価（第 3 章 3.2 節）において、浸水被害者数の整理に使用。
留意事項	次項(2)において説明しているように、被害額及び各災害における被災者数等の整理はされていない。（文字情報として記録されている。）

出典：調査団作成

(2) 被害内容（浸水分布・浸水深分布を含む）、金額

上述の (1) に示した、INDECI 及び ANA が有する過去の災害データベースにおいては、洪水（災害）に対する浸水分布・浸水深分布及び被害金額等は整理されていなかった。ANA による調査において、浸水ポイント（洪水被害が発生する場所）の調査が現在進められており、これらのデータが利用可能である。

一方、INDECI によると、個別の災害を被災者数、被害金額で分けられるような災害データベースとしておらず、災害を整理する場合のペルー国における（INDECI における）課題の 1 つとなっているとの事である。比較的大きな災害の場合は、個別に災害報告書が作成され、災害箇所や当時の浸水深等が文章や表の中で明記されている洪水もあるが明確に経済セクターで被害額が参照できるのは、2010 年の Urubamba 流域で発生した洪水被害のみである。この報告書によると、2010 年の Cusco の洪水被害として復旧復興費用額は S/. 614,246,515 が報告されている。

表 2.1.7 2010 年 Cusco 洪水におけるセクターごとの被害額／復旧・復興費用

セクター名	被害額／復旧・復興費用 (S/.)
住宅	175,481,249 (被害額) 179,392,798 (復旧・復興費用)
保健・医療	11,017,800 (復旧・復興費用)
教育	21,931,041 (復旧・復興費用)
文化	1,624,760 (被害額)
上下水道	3,720,000 (復旧・復興費用)
運輸・通信	338,512,613 (復旧・復興費用)
電力	6,048,480 (復旧・復興費用)
農業	22,217,401 (復旧・復興費用)
水産業	1,086,800 (復旧・復興費用)
工業	468,120 (復旧・復興費用)
観光業	18,043,960 (被害額) 29,851,462 (復旧・復興費用)

出典：EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS 2010 EN LA REGIÓN CUSCO (INDECI)

過去の個別の洪水被害レポートや記録によると、1982～1983 年及び 1997～1998 年のエル・ニーニョ時に発生した洪水時の全国の洪水被害額が現在も各種レポートで確認ができる。1982～1983 年の洪水災害では被災者数が約 6 百万人、被害額は US\$1,000 百万、1997～1998 年のエル・ニー

ニヨでは被災者数が約 50 万人、被害額は US\$1,800 百万にも及んだ。なお、1982～1983 年の被害では GNP が 12%ダウンするほどの被害となっている。

表 2.1.8 大規模エル・ニーニョ時の洪水被害概要

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(US\$)	1,000,000,000	1,800,000,000

出典：有償報告書 (Compendio estadísticos de SINADECI)

その他の災害被害額が分かるデータとしては、DesInventar による 1970～2011 年における災害データベースの一部に被害額が記録されている。DesInventar の災害データベースは、南米を中心とした世界各国の災害データベースを統一された集計システムで構築しているもので、国連国際防災戦略 (UN International Strategy for Disaster Reduction: 以下「UNISDR」)、国連開発計画 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: 以下「PNUD」) 及び EU もデータベースの構築における資金的な協力もしている。基本的には各国の GRD に関連する非営利団体で運営され、DesInventar の共通の代表はコロンビアの OSSO、パナマの LA RED であり、UNISDR も含まれている。ペルーにおける現在の協力団体は、PREDES (Centro de Estudios y Prevencion de Desastres) として 1983 年より活動している GRD 関連の NGO である。現在、ペルーの DesInventar による災害統計は上述したように 2011 年までであり、2012 年以降の災害データは蓄積されていない。2014 年 3 月に報告書が提出された「防災セクター政策・制度調査」の報告書 (以下「2014 年防災セクター調査報告」) では、このデータを以下の表に整理している。

表 2.1.9 DesInventar によるペルー国の過去の洪水災害被害額上位 10 件 (1970～2011)

No.	年-月	地域	州	郡・町	被害額 US\$	備考
1	1998-Jan	Costa	Tumbes	Zarumilla/Aguas	32,000,000	
2	1994-Feb	Selva	Ucayali	Corpnel Portillo/Calleria	22,272,727	
3	1998-Jan	Costa	Ica	Ica	17,500,000	El Nino が原因と言われている
4	1983-Jan	Costa	Tumbes	Contralmirante Villar/Casitas	7,766,900	El Nino が原因と言われている
5	1972-May	Sierra/Costa	Ancash	Santa Chimbote	5,167,959	
6	1994-Feb	Sierra/Costa	Arequipa	Castilla Uraca	5,000,000	
7	1972-Apr	Costa	Lambayeque	-	4,702,842	

No.	年-月	地域	州	郡・町	被害額 US\$	備考
8	1983-Apr	Costa/Sierra	La Libertad	Pacamayo/Guadalupe	4,468,088	
9	1983-Apr	Costa	Lambayeque	Chiclayo/Eten	4,200,000	El Nino が原因と言われている
10	1983-Apr	Costa	Lambayeque	Chiclayo/Chiclayo	4,200,000	El Nino が原因と言われている

出典：2014年防災セクター調査報告

上記の表 2.1.9、DesInventar による被害額の上位 10 件は、DesInventar の被害額データが「浸水」分類災害データ数 2,000 件の内の 300 件しかデータが無いものからの上位 10 件であり、実際は更に大きな被害額があった洪水災害が発生していると想定される。

2.1.3 159 流域に係る地形、水文、社会経済情報

159 流域の地形、気象、水文特性ならびに社会経済情報に関する資料を収集した。

(1) 地図、地形図、河川図、土地利用分布図、浸水マップ、河道平面図

全現地調査期間を通し、下表に示す地図および地形図関連の資料を収集した。

表 2.1.10 第一次及び第二次現地調査時におけるデータ収集状況（地形情報等）

項目	内容	データ形式	収集先機関
地図	行政界	GIS	ANA
	主要都市	GIS	ANA
	道路	GIS	ANA
	鉄道	GIS	ANA
	ANA 管轄区域	GIS	ANA
地形図 (河道平面情報を含む)	地形図(1/100,000)	GIS	ANA
標高データ	SRTM (90m)	GIS	USGS*1
	ASTER (30m)	GIS	USGS*1
河川図	159 流域分割図	GIS	ANA
	河道網	GIS	ANA
土地利用分布図	土地被覆図	GIS	ANA
	土地利用	GIS	GLCC*2
浸水マップ	洪水・洗掘危険箇所 (クリティカルポイント)	GIS	ANA

*1：USGS:アメリカ地質調査所 (U.S. Geological Survey)

*2：GLCC:GLOBAL LAND COVER CHARACTERIZATION,USGS

(2) 降雨データ、蒸発散量

降雨データについては、SENAMHI が所有している気象水文観測所の観測データを収集した。気象水文観測所は、現在稼働していない観測所も含め 1,033 箇所あり、そのうちいくつかの観測所においては、気象項目（気温、湿度、雨量、風向、風速、蒸発量）を観測している。これらの観測頻度は基本的には 2 回/日または 3 回/日で、マニュアル観測によって実施されている。このほか時間雨量観測が 2014 年より 295 地点で実施されており、自動観測システムにより情報が取得される。

マニュアル観測データの SENAMHI 本部へのデータ送信方法としては、携帯電話を使ったイ

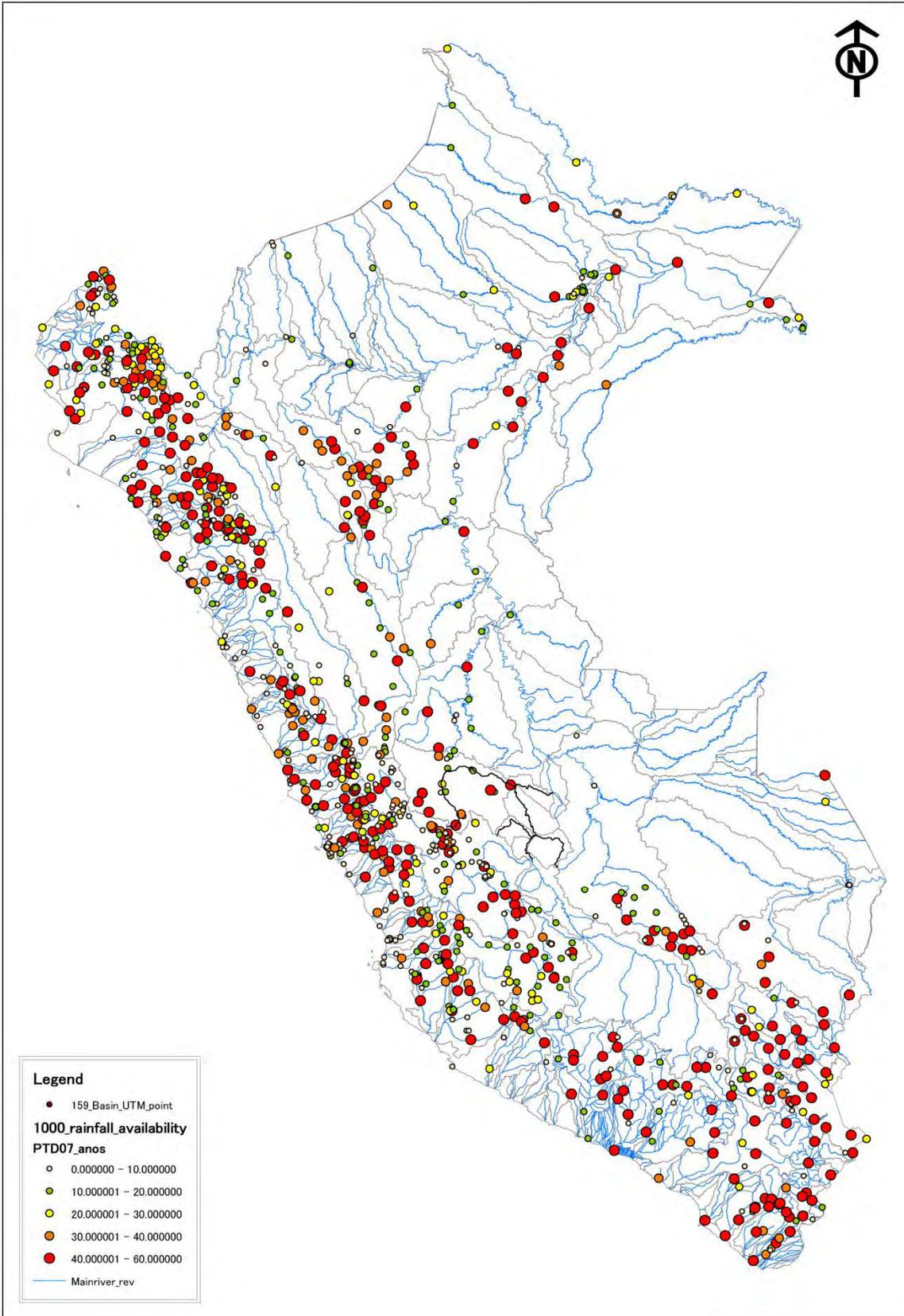
インターネット通信か、手書きデータを地方事務所から本部へ郵送する。特に Selva や Sierra のインターネット環境が整備されていないところは後者によるデータ送信方法を用いている。自動データの SENAMHI 本部へのデータ送信方法としては、サテライト通信がほとんどであるが、幾つかはインターネット通信を用いている。

気象水文観測所の位置図を図 2.1.2 に示すとともに、各観測項目および観測頻度を下表に整理する。

表 2.1.11 気象水文観測項目および観測頻度

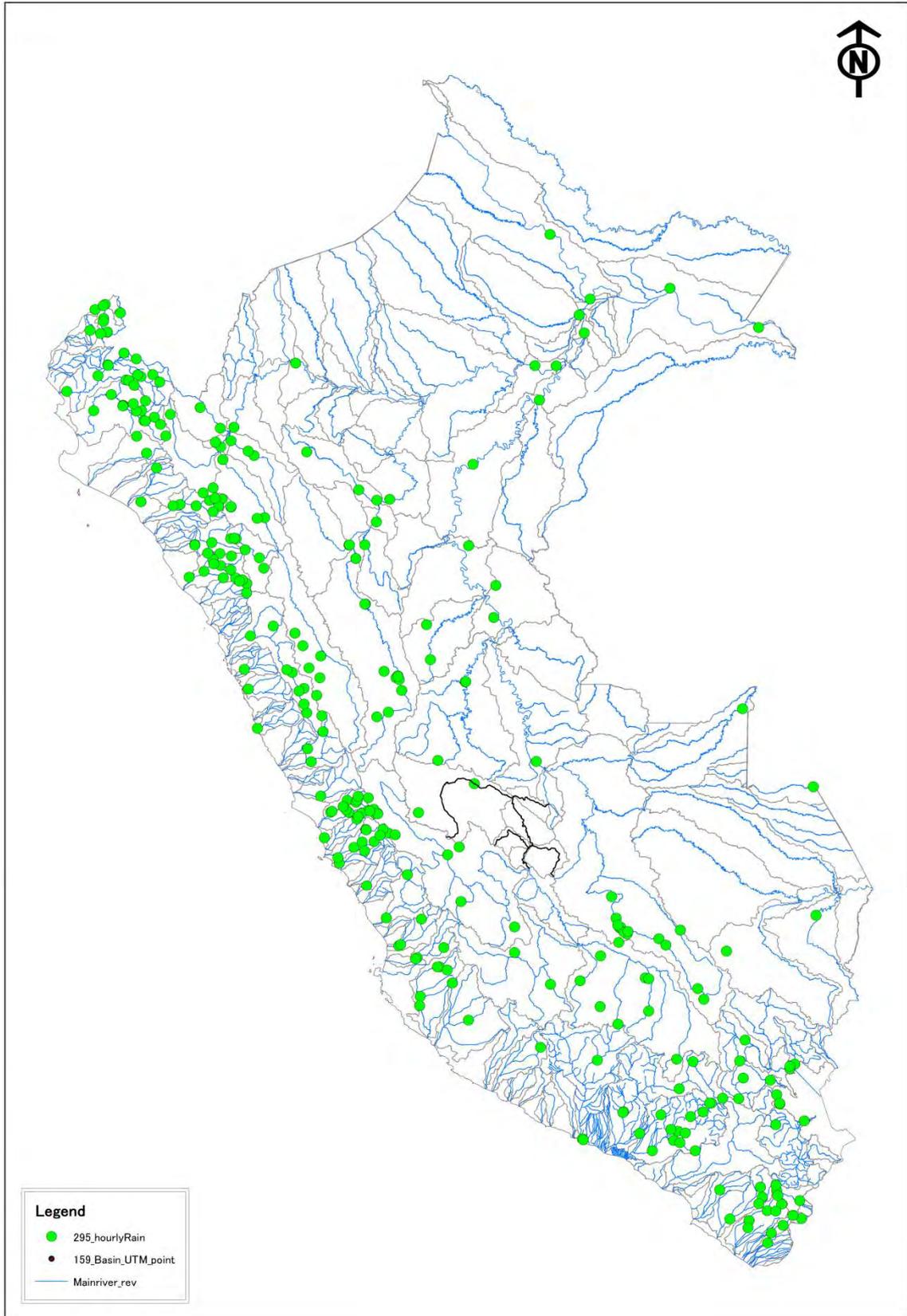
観測項目	観測頻度		備考
気温	3 回/日 (7 時、13 時、19 時)		日最大および日最小気温も別途整理してある
湿度	3 回/日 (7 時、13 時、19 時)		
雨量	日雨量	2 回/日 (7 時、19 時)	12 時間の積算値を 1 日 2 回観測 日雨量は 7 時雨量と 19 時雨量の合計値
	時間雨量	毎時	自動観測により情報を取得する
風向	3 回/日 (7 時、13 時、19 時)		
風速	3 回/日 (7 時、13 時、19 時)		
蒸発量	2 回/日 (7 時、19 時)		12 時間の積算値を 1 日 2 回観測

今回の調査における洪水氾濫計算・流出計算の基本データとしてはこれらを利用する。



出典：調査団作成

図 2.1.2 気象水文観測所位置図



出典：調査団作成

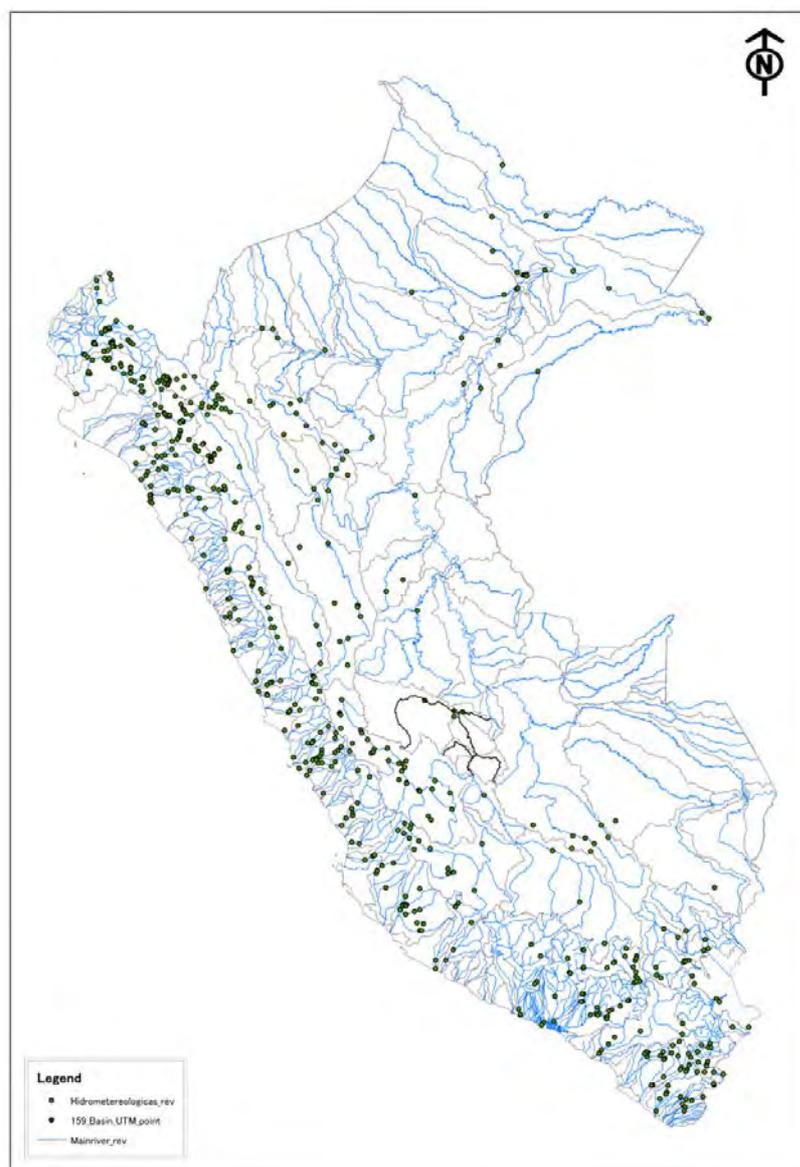
図 2.1.3 時間雨量観測所位置図

(3) 流量観測データ、水位観測データ

水位・流量観測は、ANA によって 586 箇所で行われている。第一次現地調査では、ANA が保有している流量観測データを収集した。観測所位置図を図 2.1.4 に示す。

なお、ANA が保有しているデータは日流量データであり、時間データは各 AAA もしくは地方政府が所有している観測データを入手する必要がある。第二次現地調査時に各地方事務所が時間水位データを保有しているか確認したが、全ての本調査の優先対象河川において保有している事実は無かった。ピウラ川の現地調査時に AAA にヒアリングしたところ、時間観測データはハードコピーのみであるとの事であったが、本調査でのハードコピーの入手はできなかった。

ANA が保有している流量観測データは、各地点において水位を観測し、その地点の H-Q 式より流量換算されたものである。また、6 時間毎に測定した観測値（1 日に 4 回測定）の平均を日流量として取り扱っている。

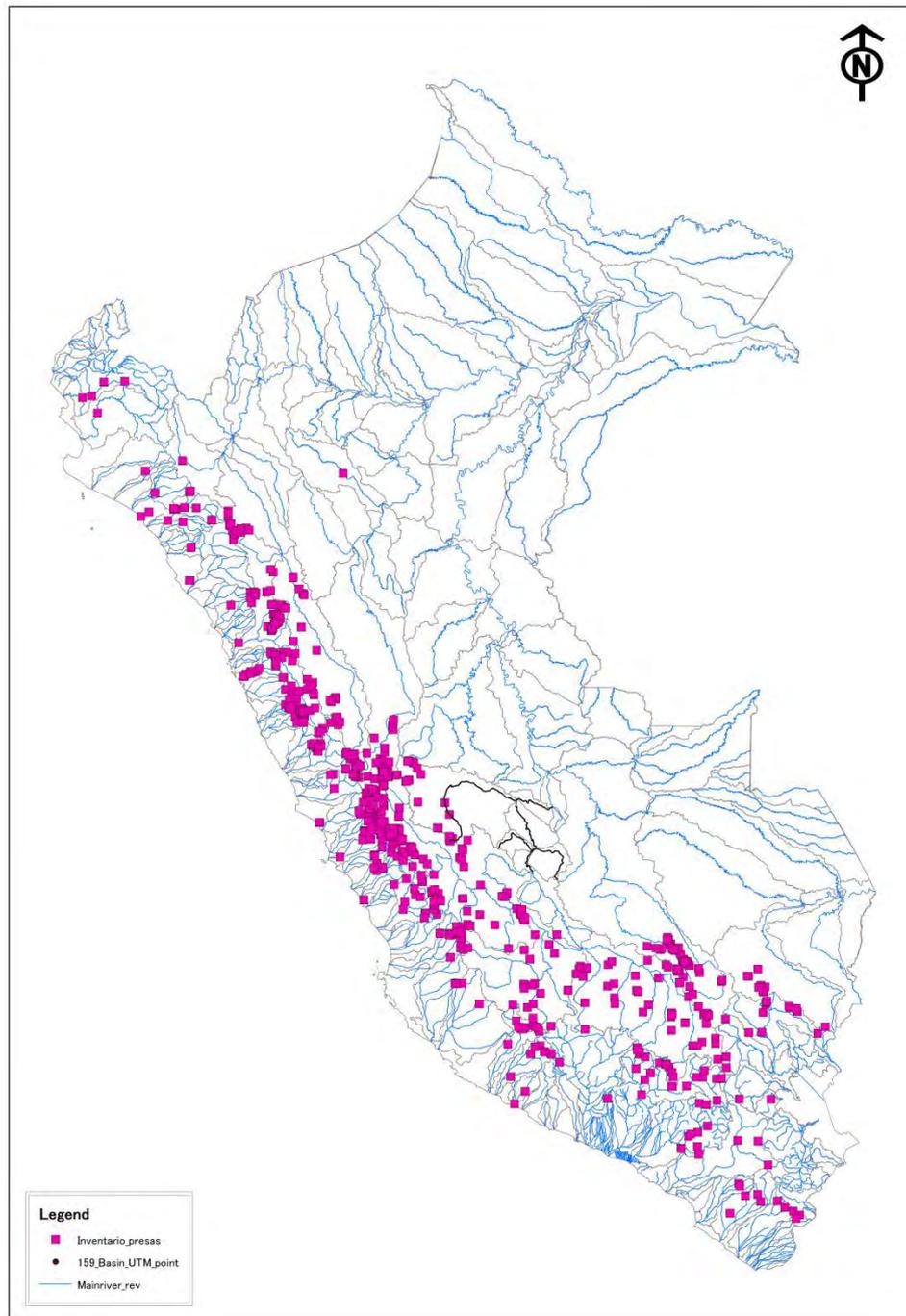


出典：調査団作成

図 2.1.4 水位・流量観測所位置図

(4) ダム、貯水池施設・運用に係る情報

ペルー全国において 778 のダム、貯水池施設が建設されている。本調査においては、ANA が整理・保有しているダム、貯水池施設に係るデータについて収集した。しかし、全ての施設において位置、施設諸元等が整理されているわけではなく、ANA にヒアリングしたところ、今後、このようなデータを整理・蓄積していく予定であるとの回答であった。ダム、貯水池施設の諸元のサンプルを添付資料-2-1 に、Poehos ダム管理事務所で収集した管理台帳を添付資料-2-2 に示す。



出典：調査団作成

図 2.1.5 ダム、貯水池施設位置図

(5) 社会経済統計（人口分布、資産分布、土地利用計画等）

人口分布データについては、日本の（株）パシフィックヴィジョンが販売する人口分布データ Landscan を利用する。Landscan はアメリカ合衆国エネルギー省所管であるオークリッジ国立研究所（ORNL）が最新の地理情報システム（GIS）及びリモート・センシング技術を駆使して作成した全世界の人口分布データであり、約 1km と詳細な空間解像度を有し、GIS 用ソフトウェアで編集が容易な形式となっていることから、本調査における水害脆弱性評価や類型化における流域毎の特性把握に適しているため、分析の基礎データとして採用する。

また、INEI のホームページ（<https://www.inei.gov.pe/>）にて 2013 年の州ごとの人口分布および資産分布が無償で利用可能であり、これらの情報も本調査で利用する。

上述した社会経済統計データの概要および本調査での利用方法を表 2.1.12 に示す。

表 2.1.12 収集した社会経済統計データの概要

データ内容	収集先	本調査における利用方法	出典
2013 年の人口分布データ Landscan	（株）パシフィックヴィジョン	流域別の人口および人口密度として整理し、水害脆弱性評価および類型化の整理に使用。	-
2013 年の州別人口データ	INEI	上記 Landscan データの妥当性確認に使用。	https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/compendio_2015.html
2013 年の州別 PBI データ		流域別の PBI および人口一人当たり PBI として整理し、水害脆弱性評価および類型化の整理に使用。	

また土地利用については、8 月より実施した第二次現地調査において GIS ベースの土地被覆データを ANA から提供された。このデータによって調査対象流域の市街地および農地の分布が把握可能となるため、後述する洪水対策案の策定および評価においてこの土地被覆データを活用する。

2.2 スタンドバイ借款及びこれまでに実施されてきた流域管理関連情報

2.2.1 世銀の災害リスク繰延引出オプションの概要

本調査に関連する世銀がペルーに提供している 2 つの災害リスク繰延引出オプション（Catastrophe Draw-down Option: *Cat DDO*）の概要について以下に説明する。

(1) Disaster Risk Management Development Policy Loan (DPL) with A Catastrophe Deferred Drawdown Option (Cat-DDO)（以下、DRM-DPL-CATDDO とする。）

(a) 概要

この開発政策借款は、ペルー国における災害リスク削減を促進するための資金・資機材・人材活用面におけるペルー国政府の能力を強化するために提案され、締結されたもので、そのローンに関する概要は以下の表 2.2.1 に示す通りである。

表 2.2.1 世銀 DRM-DPL-CATDDO の概要

項目	詳述	備考
ローン承認	2010年12月	
ローン執行開始	2011年1月	
当初ローン期限	2013年12月	
現ローン期限	2016年12月	当初予定より3年延長 4回の延長が可(最長15年)
貸付額	USD 100 million	2016年8月現在、Disburseは無し
前払い手数料	0.5%	

出典：世銀本ローン関連文書

(<http://projects.worldbank.org/P120860/catastrophe-development-policy-loan-ddo?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(b) 政策マトリックス

本ローンは開発政策借款のため、資金活用条件または本ローンの延長条件として、ペルー国政府が災害リスク削減のために達成すべき条件が付与されており、政策マトリックスとしてプロジェクト文書の中に記載されている。この DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックスは以下の表 2.2.2 に示す通りである。

表 2.2.2 世銀 DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックス (当初)

開発目的	政策分野	事前関連活動 (当時)	2013年9月をターゲットにした活動目標
災害時の資金・資機材・人材活動とリスク削減を促進する政府能力を強化する。	公共投資におけるリスク削減政策	MEF の防災事業用予算 (PRERVAE) 枠の確保	2010年時の PRERVAE 予算:0 を 2012年、2013年時には確保する。
	ペルー政府の優先セクターにおける脆弱性削減活動	保健省 (MinSa) における災害時の病院機能確保政策の承認	少なくとも MinSa が管理する国営病院の 20%以上で耐震脆弱性検査が実施されている。(2010年時: 1病院のみ実施) 90%の Minsa 病院で病院安全指標評価が実施されている。 (2010年時: 12% (8病院) で実施済み)
		2010年、MinSa において災害時の「安全な病院国家政策」が承認	2011年以降に建設された全ての新規病院の計画時における災害リスク分析の実施 (2010年時: 実施0)
		2010年、上下水道サービス監督局 (SUNASS) 理事委員会において、緊急事態における特別な対策・対応構築のため公衆衛生サービスの品質規則が決議される。	少なくとも 4つの地域水道公社(EPS)において SUNASS によって策定された管理フレームの中で災害リスク管理を含めた標準技術ガイドラインが適用される。 (2010年時: 適用 EPS は 0)
	自然災害に対する財務保護メカニズム	2008年国会において災害における金融・財務確保のためのメカニズムを確保する国家公共セクター借入法が通過	MEF は災害時における資金不足額を削減する金融プール政策を実施する。 MEF は災害復興公共投資実施フレームワークを改定する。

注記：PRERVAE: Programa Presupuestal Estratégico de Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres

MinSA: Ministerio de Salud del Perú

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

EPS: Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento

出典：世銀本ローン関連文書

(<http://projects.worldbank.org/P120860/catastrophe-development-policy-loan-ddo?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(c) 政策マトリックスのレビュー

世銀のホームページで公開されている本ローンの最新の実施進捗報告は 2016年8月の

Implementaion Status & Results Report であり、その内容から確認される政策マトリックスのレビューは以下の表 2.2.3 の通りである。

表 2.2.3 世銀 DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックスのレビュー

活動目標	結果		
	Baseline (2010)	前年度(2015 年)	今年度(2016 年)
PRERVAE の予算確保	54.40	1000	2095
	<p>コメント： 2013 年 9 月時点の確認で、期待された結果は達成されている。予算割り当ては 54.4 百万ソル(2011 年)、138.9 百万ソル (2012 年)、708.7 百万ソル (2013 年)であった。</p> <p>今年度 (2016 年度) までの進捗： 2016 年度分の予算は、2,095 百万ソルであった。これに加えて、エル・ニーニョによる影響への対応活動として 1,407 百万ソルが国、州、地方の 3 つのレベルに割り当てられた。そのうち、83%が PP068 の活動に含まれている。 この指標に関する目標はすでに達成されている。</p>		
災害を考慮した金融・財政保護	SNIP による緊急プロジェクト実施ガイドライン	リスクファイナンス政策戦略が 2014 年に承認。2016 年に公式に公開	最終リスクファイナンス政策戦略案が MEF にて承認待ち。
	<p>最終目標： MEF は PCM に提出するためのリスクファイナンス政策戦略を、SINAGERD³の管理枠組みのもとに発行する。</p> <p>コメント： 2013 年 9 月時点で期待された結果は達成された。リスク管理部会が設立されるとともに、非常事態時の準備ローンに CAF からの 300 万ドルが加えられた。 2016 年末に向けてさらに期待される主要な成果は次のとおりである： MEF は PCM に提出するためのリスクファイナンス政策戦略を、SINAGERD の管理枠組みのもとに発行する。(調整機関：MEF-DGETP) 今年度 (2016 年度) までの進捗： リスクファイナンス政策戦略が MEF リスク委員会によって 2014 年に承認された。配布用の最終版は MEF の承認プロセスの途中である。また、SINAGERD に対するこの政策戦略の正式なプレゼンテーションが 2016 年に予定されている。この指標に関する目標はすでに達成されている。</p>		
上下水道分野における標準技術ガイドライン	0	-	-
	<p>コメント： 2013 年 9 月時点での期待された結果は達成されている。2 つの地域水道公社が自身の管理フレームワークに DRM 計画を取り入れたほか、他の 3 つの地域水道公社が役員会の決議に基づいて DRM 計画を採用した。 また、2016 年末に向け期待される主要な成果は次のとおりである： 「水と衛生に係る国家計画 2014-2021 の中に、災害リスク削減政策が含まれる。」 今年度 (2016 年度) までの進捗： 衛生に係る国家計画が災害リスク管理の項目を含んだ形で提案され、最高政令を通じて 2016 年に承認される予定である。この指標に関する目標ははまだ達成されていないが、上記計画は 2016 年 7 月に承認される予定である。 地域水道公社においては、SUNASS の支援によって DRM 分野へのリソースの強化を目的として価格構造の面で改善されるとともに、自身の歳入に基づく、非常事態時の DRM 活動予算割り当てを形成した。17 の地域水道公社が上記の新たな組織構造を改善した。この指標に関する目標はすでに達成されている。</p>		
災害復旧のためのセクターガイドライン	SNIP に緊急事業のためのガイドラインが策定	災害復旧のための上下水道セクターガイドラインがレビュー中	左記ガイドラインが承認。
	<p>最終目標： MEF は水と衛生、教育および保健の 3 分野に対して、災害復旧のためのセクターガイドラインを発行する。</p>		

³ SINAGERD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 国家災害リスク管理システム

活動目標	結果		
	Baseline (2010)	前年度(2015年)	今年度(2016年)
	<p>2013年9月に向けて期待された当初目標に対する結果は次のとおりである： MEFは災害復旧時の投資における現在の管理枠組みの見直しを実施する。⇒この目標は達成され、MEFはSNIPの管理枠組みのもとで作成された復興事業のプロファイリングにおけるガイドラインを発行した。(Annex 17 - Directorate Resolution 008-2012-EF/63.01 参照)。</p> <p>2016年末に向けて期待される主要な成果は次のとおりである： MEFはインフラの災害復旧におけるセクターガイドラインを、水と衛生、教育および保健の3分野において発行した。</p> <p>今年度(2016年度)までの進捗： 水と衛生分野におけるセクターガイドラインは、DRMへの配慮を含んだSNIPの一般ガイドライン(2015年1月23日に承認済み)との整合を図るためにレビューを受けている。(MEF Directorial Resolution 001-2015-EF/63.01 参照)。(調整機関：MEF-DGPI)。教育および保健分野については、政治的理由により、セクターガイドラインの整備は進んでいない。</p> <p>上記の状況を踏まえると、この指標に対する目標は部分的に達成されている。</p>		
MinSa 病院の補強を考慮した構造的脆弱性調査の完成	0	14	14
	<p>コメント： 2013年9月に向けて期待されていた結果は次のとおりである：MINSa 病院の脆弱性評価のうち、少なくとも20%が完了している。 ⇒2013年9月時点では、14病院棟の脆弱性評価が実施中である。この14病院棟は改築対象のうち30%に相当する。</p> <p>2016年末に向けて期待される主要な成果は次のとおりである：脆弱性評価を完了した施設のうち、少なくとも5つの病院において改築工事が着手されている。(調整機関：MINSa および MEF-DGPI)</p> <p>今年度(2016年度)までの進捗：脆弱性評価を受けた病院施設の改築作業の開始に関する進捗は無い。2013年以降の進捗は非常に限定的であり、この指標に関連する目標が達成できなかったのは、更新以降2度目である。</p>		
MinSa 病院の「病院安全インデックス」による評価	12	91	91
	<p>コメント： 2013年9月に向けて期待された結果は達成された。すなわち、91% (46棟) の病院および施設が評価された。目標としていた結果は達成された。この活動に関連した新規の目標はない。</p>		
全新規病院建設事業におけるリスク分析の実施	0	3つの新規病院でリスク分析を実施。	同左
	<p>コメント： 2011年以降、新規のプロジェクトは実施されていない。 2016年末に向け期待される主要な成果は次のとおりである： 2011年以降に新規に建設される病院を対象とした全ての実施計画において、建設時のリスク分析が含まれている。(調整機関：MINSa)</p> <p>今年度(2016年度)までの進捗： 前回の実施状況レポート (ISR) 以降の進捗は無し。</p>		

出典：世銀本ローン関連文書

(<http://projects.worldbank.org/P120860/catastrophe-development-policy-loan-ddo?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(2) Second Disaster Risk Management Development Policy Loan (DPL) with A Cat-DDO (以下、2ND-DRM-DPL-CATDDO とする。)

(a) 概要

この開発政策借款は、上述した DRM-DPL-CATDDO を強化するために結ばれた開発政策借款であり、最初の DRM-DPL-CATDDO のモニタリングからの教訓を基に政策マトリックスをさらにペルー国の防災フレームワーク (SINAGERD) と国家災害リスク管理計画 (PLANAGERD: Plan

Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres) に基づいて策定された。このローンに関する概要は以下の表 2.2.4 に示す通りである。

表 2.2.4 世銀 2ND-DRM-DPL-CATDDO の概要

項目	詳述	備考
ローン承認	2015 年 3 月	
ローン執行開始	2015 年 7 月	
当初ローン期限	2018 年 3 月	3 年毎に 4 回延長が可能
貸付額	USD 400 million	2016 年 3 月現在、Disburse は無し
前払い手数料	0.5%	

出典：世銀本ローン関連文書

(<http://projects.worldbank.org/P149831/?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(b) 政策マトリックス

ローンの目的は、ペルー国における災害に対する予算的且つ物理的脆弱性の削減に貢献するための法的・制度的フレームワークを強化することであり、これを達成するための政策マトリックスが策定されている。本ローンの政策マトリックスは、ローン目的を 3 つのピラーに分け、それぞれに貢献するこれまでの 5 つの活動の今後のターゲットを設定している。

この 2ND-DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックスは以下の表 2.2.5 に示す通りである。

表 2.2.5 世銀 2ND-DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックス (当初)

ピラー/目的	関連活動 (PA) (ターゲット活動)	2018 年ターゲットにした活動指標
Pillar-1: DRM 活動の予算・資金配分の効率改善		
全ての行政レベルにおける国家災害リスク管理計画 (PLANAGERD) を実施するための財政政策を強化する。	<p>Prior Action 1: ペルー国政府の PLANAGERD 実施のための財政メカニズム強化</p> <p>(a) 現防災予算を新しい DRM 政策と統合する。</p> <p>(b) 州政府の開発計画に災害リスク情報を含める。</p> <p>Coordination: PCM and CENEPRED</p>	<p>(a) PLANAGERD に含まれていた実際に事業化されたプログラム数</p> <p>(b) 防災計画を策定した州政府数</p>
Pillar 2: 教育、住宅及び洪水セクターにおけるインフラ施設の脆弱性削減の強化		
教育セクターにおける災害リスク削減政策の実施能力の強化	<p>Prior Action 2: ペルー国政府による現及び新規施設の地震災害リスク削減において考慮されるべき項目の国家教育施設インフラプログラム (PRONIED) への記述</p>	PRONIED の実施成果の 1 つとしてのリマ首都圏における学校インフラの地震リスク削減検討の数/割合
低所得者住宅の地震に対する脆弱性の削減を支援する住宅セクター能力の強化	<p>Prior Action 3: ペルー国政府による低所得者住宅の地震に対する脆弱性の削減パイロットプログラム実施の財政メカニズム構築</p>	無償支援によって地震リスクに対する住宅の脆弱性を削減した低所得世帯割合
洪水防御事業を策定し実施するための制度的能力の増強	<p>Prior Action 4: ペルー国政府の中央及び州・地方レベルにおける洪水対策計画の改善</p> <p>(a) 州・地方政府の洪水対策計画策定を支援する ANA の分掌・責任範囲の拡大</p> <p>(b) SNIP に基づく、洪水対策の計画策定のための具体的最低基準の策定</p>	承認された流域洪水対策防御計画数 (現状(2014): 0 ⇒ 目標(2018): 4)

ピラー/目的	関連活動 (PA) (ターゲット活動)	2018年ターゲットにした活動指標
Pillar 3: 災害後復旧・復興活動の政府機関能力の増強		
効果的な災害復旧・復興の計画とその実施の制度的能力強化と政府機関の災害を考慮した事業継続の確保	Prior Action 5: ペルー国政府の災害復旧・復興活動の改善 (a) 復興活動のための規則・制度フレームワークの構築 (b) 復旧事業と復興事業を効率的に繋ぐMEFの予算・財支出のための調整メカニズムの構築	(a) 災害復興ガイドラインを策定した公共事業セクター数 (b) 災害を考慮した事業継続計画を策定した行政機関数 (c) 災害復旧・復興プロセスの予算化のための政策数と手順策定

注記： PLANAGERD: plan nacional de gestión del riesgo de desastres

PCM: Presidencia del Consejo de Ministros

出典： 世銀本ローン関連文書

(<http://projects.worldbank.org/P149831/?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(c) 政策マトリックスのレビュー

上述のように、本ローンの期限は 2018 年のため、まだ活動指標の最終的な活動指標の結果は出ていないが、世銀の本ローンの Implementation Status & Results Report によると、2016 年 3 月現在の各指標の状況は以下の表 2.2.6 の通りである。

表 2.2.6 世銀 2ND-DRM-DPL-CATDDO の政策マトリックス達成状況

ターゲット指標	End Target (2018 年)	2016 年 3 月達成指標
PLANAGERD 実施のための予算措置	No Information	No Information
州政府の防災計画	15/25	0/25
地震リスク低減したリマ首都圏の学校数	2015 年より 10%削減 (2015 年のリスク値 RI=20.3)	3.2%削減済み
地震リスク削減のために支援を受けた低所得者住宅数	支援可能な世帯数 8,303 世帯の 80%	15%
洪水対策を策定した流域数	4	0
災害復興ガイドラインを策定したセクター数	6	0
災害を考慮した事業継続計画を策定した行政機関数	37	7
災害復旧・復興プロセス予算化手順の策定	Operation Manual が策定される	Manual の概要に対して MEF を中心に議論中

出典： 世銀 Implementation Status & Results Report, Sequence 03 (As of March 2016)

(<http://projects.worldbank.org/P149831/?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

2.2.2 世銀の水資源管理近代化事業 (Water Resources Management Modernization Project) の概要

本調査に関連して世銀がペルーで実施している事業として、ANA が支援を受けている水資源管理近代化事業 (Water Resources Management Modernization Project) がある。既に最初の事業が終了し、現在継続案件が準備されている。この 2 つの水資源近代化事業の概要について以下に説明する。

(1) 第一期水資源管理近代化事業 (以下、1ST WRMMP とする) の概要

1ST WRMMP の概要は以下の表 2.2.7 に示す通りである。

表 2.2.7 世銀第一期水資源管理近代化事業の概要

項目	細別	当初計画	実際	備考
プロジェクト経費	総額	Total: USD 23.67 Million IBRD: USD 10 Million	Total: USD 21.80 Million IBRD: USD 9.89 Million ANA: USD 11.91 Million	

項目	細別	当初計画	実際	備考
	Component-1	Total: USD 6.62 M IBRD: USD 3.03 M	Total: USD 8.43 Million	
	Component-2	Total: USD 17.05 M IBRD: USD 6.97 M	Total: USD 13.37 M	
プロジェクト目標	Component-1	国家水資源管理システムが強化される。		
		1-1. ANA の WRM 活動の能力強化 1-2. 国家水情報システムの構築 1-3. 国家水質管理戦略の策定		3 流域に 8: 自動水位計 6: 自動水位・気象観測 14: 自動気象観測装置
	Component-2	流域組織が設立される。 流域水資源管理計画が策定される。		
		2-1. 参加型 IWRM の実施 2-2. 水管理計画策定のための基礎整備 (討議等)		対象パイロット 3 流域 対象 4 流域
対象パイロット 3 流域		Chili Ica-Alto Pampa (Huancavelica) Chancay-Lambayeque	Chili Chancay-Huaral Chancay-Lambayeque	主対象 上記の 2-1 の活動をほぼ達成。
対象パイロット 4 流域		Puyongo-Tumbes Jequetepeque Chancay-Huaral Moquega-Tambo	Puyongo-Tumbes Jequetepeque Ica-Alto Pampa (Huancavelica) Moquega-Tambo	副対象 上記の 2-2 の活動をほぼ達成。
その他プロジェクトで支援をした流域		-	Vilcanota-Urubamba Mantaro Alto Mayo Alto Pampa Chillon-Rimac-Lurin	主に Component-2 の内容の活動支援

出典：世銀 Implementation Completion and Results Report (As of June 30, 2016)

(2) 第二期水資源管理事業（以下、2nd WRMP とする）の概要

現在、ローン手続きが進められており、基本的に 1st WRMP の活動を他の流域で実施するプロジェクトである。

概要は以下の表 2.2.8 に示す通りである。

表 2.2.8 世銀第二期水資源管理事業の概要

項目	内容	備考
プロジェクト名	Peru Integrated Water Resources Management in Ten Basins	
想定承認時期	2017/4/6	
実施機関	National Water Authority of the Ministry of Agriculture - Autoridad Nacional del Agua (ANA)	
事業費	Total: USD 88.15 Million (ANA: 48.15 IBRD: 40.0)	
Component	(1) Consolidating IWRM capacity at the national level; (2) Improving IWRM capacity at river basin level; and (3) General project administration.	
対象流域	太平洋流域: Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral, Quilca-Chili, Tumbes, Chira-Piura, and Locumba-Sama-Caplina	6 流域：早期予警報のシステム構築も含む
	大西洋側 Alto Mayo, Mantaro, Urubamba-Vilcanota, and Pampas	4 流域：Alto-Mayo は Huallaga 流域の一部

出典：世銀 Combined Project Information Sheet (As of February 23, 2017)

<http://documents.worldbank.org/curated/en/451481488299310300/pdf/ITM00194-P151851-02-28-2017-1488299307981.pdf>

2.3 本調査における資料収集

本調査の現地調査において収集した資料については添付資料 1-8 において表として整理した。

第3章 優先対策流域の選定

3.1 優先対策流域の選定方針

3.1.1 選定の基本方針

水害は気候的要因（降雨量、台風等）だけではなく、地形的要因（地盤高、流域平均勾配）ならびに社会経済的要因（人口、資産等）等の複数の要因により引き起こされる。優先的な対策が求められる流域の選定にあたってはこれらの要因を総合的に勘案し、水害リスクが高い地域を選定することが基本である。ここで水害リスクとは、下記に示す関係式 3. (1) により定義される。

$$\text{水害リスク} = \text{水害ハザード} \times \text{水害脆弱性} \dots \dots \text{式 3. (1)}$$

上述した 3. (1) 式における「ハザード」、「脆弱性」、「リスク」のそれぞれの定義について、ペルー国の防災法を基に整理すると以下の表 3.1.1 のように纏められる。

表 3.1.1 「ハザード」、「脆弱性」、「リスク」の定義

名称	定義
ハザード (Peligro) :	自然現象または人間の活動によってある特定の場所において、確度・頻度に基づく強度の想定とともに、被害（災害）を起こす現象の確率
脆弱性 (Vulnerabilidad) :	あるハザード (Peligro) または脅威に対する、人間活動・物理的構造並びに社会経済活動の被害の受け易さ（感受性）
リスク (Riesgo de desastre) :	脆弱性 (Vulnerabilidad) の状況とハザード (Peligro) の強度の結果、人間及びその生計・社会活動が被害を受ける確率

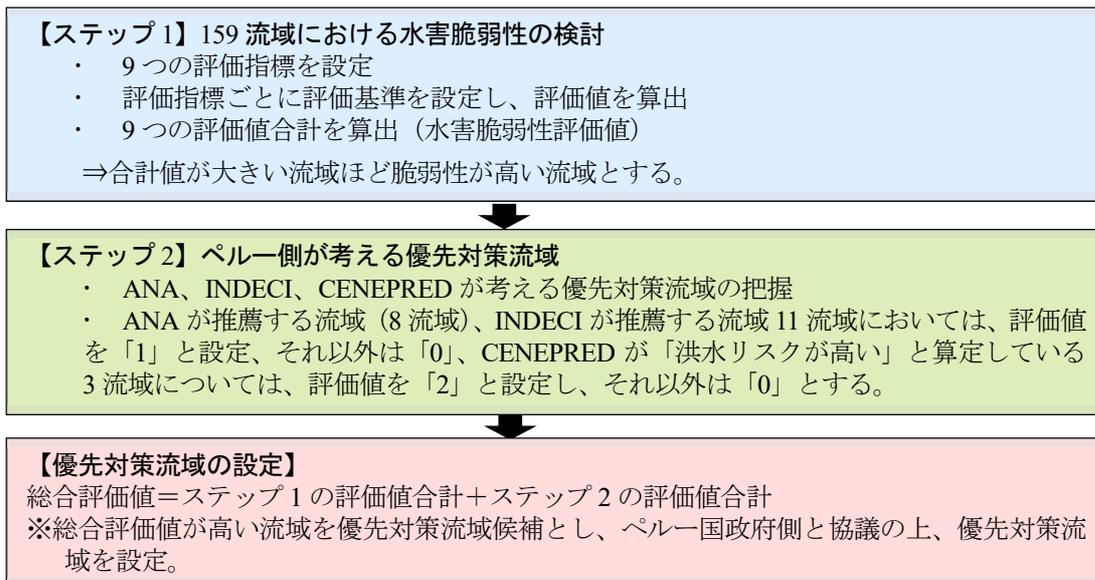
出典：ペルー国防災法（Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre）

水害ハザードについては、既往の浸水実績および後述する氾濫解析結果（浸水範囲、浸水深、浸水継続時間）を通じて確認する。脆弱性については、人口、資産、重要施設等、ハザードの悪影響を受けやすい地域を既存の統計資料や利用可能なグローバルデータを活用して整理する。

優先対策流域選定の基本方針としては、本調査で実施する水害脆弱性の評価結果およびペルー国の防災関係機関で既に実施されているリスク分析結果を検討・分析・確認し、まず優先対策流域の「候補」を選定する。その後、各候補流域を対象とした氾濫解析を実施し、想定される浸水状況を確認した上で、最終的な優先対策流域を選定する。

3.1.2 選定の実施方針

優先対策流域の候補選定においては、以下の図 3.1.1 に示す 2 段階の評価を実施し、ステップ 1 と 2 の総合評価結果が高い流域を優先対策流域候補として提案する。その後、最終的な優先対策流域については、第 7 章に述べる氾濫解析結果や JICA および ANA との協議を通じ決定する。



出典：調査団作成

図 3.1.1 優先対策候補流域の選定手順（案）

以下、次節以降の3.2~3.5節において上図の手順及びその結果について詳述する。

3.2 水害脆弱性の検討（ステップ1）

3.2.1 水害脆弱性評価（ステップ1）の算定方法

本調査における脆弱性の評価にあたっては、既存のデータを最大限活用し評価を実施する。また、流域単位で水害の脆弱性を評価する指標として日本の国土技術政策総合研究所にて提案されている水害脆弱性指標（Flood Vulnerability Index:FVI）⁴を参考にし、データ収集結果から指標として可能な要因（気候的要因、水文地理的要因、社会経済的要因）を抽出し、脆弱性の評価指標を設定する。また、これらの評価指標において、脆弱性を定量的に判断し且つ順位が付きやすいように点数化したうえで、その点数の合計を脆弱性評価値とし、流域ごとの脆弱性評価値を算出する。

評価指標および指標選定理由を表 3.2.2 に示す。結果として、脆弱性に関する9つの指標を選定している。また、各指標に関連する以下の表 3.2.1 に示す資料を、添付資料3-1として整理する。

表 3.2.1 評価指標に関連して添付資料3-1に添付している図

図名	添付番号
年平均降水量	図 添付 3-1.1
2003年～2015年における浸水被害数	図 添付 3-1.2
過去の浸水被害による被害者数	図 添付 3-1.3
GDP（農林水産業）	図 添付 3-1.4
GDP（鉱業）	図 添付 3-1.5
GDP（電気・ガス・製造・建設業）	図 添付 3-1.6
GDP（運輸・通信・サービス業）	図 添付 3-1.7
人口	図 添付 3-1.8
主要都市位置図	図 添付 3-1.9

出典：調査団

⁴ 梅村幸一郎他 水害脆弱性指標の構築（FVI一次試算値） 土木学会第59回年次学術講演会 平成16年9月

表 3.2.2 脆弱性の評価指標

指標大項目	指標の選定理由	評価指標		データ出典元
		N°	内容	
水害履歴	過去の水害履歴が多い地域は、災害リスクおよび脆弱性が高い地域と判断できることから、脆弱性の高さを測る指標として採用する。	1	過去の市町別の浸水被害報告数	INDECI (2003~2015)災害履歴
		2	過去の浸水被害による被災者数	ANA (2014 survey result ^{*1})
経済活動	経済活動が活発な地域は、災害発生時にハザードに曝される資産が多いと考えられることから、脆弱性の高さを測る指標として採用する。	3	GDP ^{*2} (農林水産業)	Department GDP by INEI (2013) and Distribution to River Basins by the Study Team
		4	GDP (鉱業)	
		5	GDP (電気・ガス・製造建設業)	
		6	GDP (運輸・通信・サービス業)	
人口規模・人口分布	大都市や人口密度が高い地域は災害発生時にハザードに曝される人間活動が多いと考えられることから、脆弱性の高さを測る指標として採用する。 ANA との協議に基づき、脆弱性の評価指標として設定。	7	人口	Datos del CENSO del INEI
		8	人口密度	
		9	主要都市	CEPLAN (Plan Bicentenario/El Peru hacia el 2021)

*1 : IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES VULNERABLES POR ACTIVACIÓN DE QUEBRADAS

*2 : Producto Bruto Interno Por Departamentos 2007-2013, INEI

出典：調査団

3.2.2 各評価指標の評価値の設定 (ステップ1)

159 流域の脆弱性を定量的に評価するため、各評価指標 (表 3.2.2 に示す脆弱性の評価に係る 9 指標) に対して評価値を設定し、その合計を水害脆弱性評価値とする。

$$\text{水害脆弱性評価値} = \text{各評価指標 1~9 の評価値合計} \quad \dots \text{式 3. (2)}$$

(1) 評価値の設定・算定方法

上述したように、表 3.2.2 に示す 9 つの評価指標のそれぞれに対して評価値を設定する。

指標 No.9 以外の指標については、以下の算定により評価値 1~4 の間で設定する。

指標 No.1~No.8 の評価値の算定方法

- 全 159 流域の内上位 40 位までは評価値「4」；
- 上位 80 位までは「3」；
- 上位 120 位までは「2」；及び
- 120 位以下は「1」とする。

また指標 No.9 においては、主要都市を含む流域には評価値「4」、それ以外の流域の評価値は「0」とした。

表 3.2.3 各指標の評価値

項目	評価指標		評価値		
	N°	内容	Score	Criteria	
水害履歴	1	過去の浸水被害数	4	浸水件数 479 件から 22 件 (上位 1 位から 40 位)	
			3	浸水件数 21 件から 6 件 (上位 41 位から 80 位)	
			2	浸水件数 5 件から 1 件 (上位 81 位から 120 位)	
			1	浸水件数 0 件 (上位 121 位から 159 位)	
	2	過去の浸水被害による被災者数	4	被害者数 3,605,575 人から 74,175 人 (上位 1 位から 40 位)	
			3	被害者数 73,975 人から 22,500 人 (上位 41 位から 80 位)	
			2	被害者数 22,250 人から 3,000 人 (上位 81 位から 120 位)	
			1	被害者数 2,600 人以下 (上位 121 位から 159 位)	
経済活動	3	GDP ^{*1} (農林水産業)	4	1,503,360 S/. Million から 266,229 S/. Million (上位 1 位から 40 位)	
			3	266,039 S/. Million から 91,831 S/. Million (上位 41 位から 80 位)	
			2	90,734 S/. Million から 30,433 S/. Million (上位 81 位から 120 位)	
			1	29,069 S/. Million 以下 (上位 121 位から 159 位)	
	4	GDP (鉱業)	4	6,883,402 S/. Million から 392,002 S/. Million (上位 1 位から 40 位)	
			3	357,203 S/. Million から 110,353 S/. Million (上位 41 位から 80 位)	
			2	109,747 S/. Million から 31,695 S/. Million (上位 81 位から 120 位)	
			1	31,187 S/. Million 以下 (上位 121 位から 159 位)	
	5	GDP (電気・ガス・製造建設業)	4	11,490,653 S/. Million から 573,076 S/. Million (上位 1 位から 40 位)	
			3	511,665 S/. Million から 144,323 S/. Million (上位 41 位から 80 位)	
			2	135,128 S/. Million から 45,856 S/. Million (上位 81 位から 120 位)	
			1	45,711 S/. Million 以下 (上位 121 位から 159 位)	
	6	GDP (運輸・通信・サービス業)	4	12,251,488 S/. Million から 462,854 S/. Million (上位 1 位から 40 位)	
			3	451,842 S/. Million から 164,565 S/. Million (上位 41 位から 80 位)	
			2	160,647 S/. Million から 52,757 S/. Million (上位 81 位から 120 位)	
			1	51,312 S/. Million 以下 (上位 121 位から 159 位)	
	人口規模・人口分布	7	人口	4	流域内人口 5,578,951 人から 198,576 人 (上位 1 位から 40 位)
				3	流域内人口 194,221 人から 48,918 人 (上位 41 位から 80 位)
				2	流域内人口 48,361 人から 10,844 人 (上位 81 位から 120 位)
				1	流域内人口 10,789 人以下 (上位 121 位から 159 位)
8		人口密度	4	人口密度 5,272 人/km ² から 40.6 人/km ² (上位 1 位から 40 位)	
			3	人口密度 40.5 人/km ² から 14.7 人/km ² (上位 41 位から 80 位)	
			2	人口密度 14.6 人/km ² から 3.1 人/km ² (上位 81 位から 120 位)	
			1	人口密度 3.0 人/km ² 以下 (上位 121 位から 159 位)	
9		主要都市	4	CEPLAN (Plan Bicentenario/El Peru hacia el 2021)において、主要都市と位置づけられている以下の都市を含む流域： <ul style="list-style-type: none"> ・ Metropoli : Lima、Arequipa、Trujillo、Chiclayo ・ Ciudad Mayor : Piura、Chimbote、Huancayo、Cusco、Iquitos ・ Ciudad Intemedica : Chincha Alta、Ica、Ayacucho、Tacna、Juliaca、Puno、Huanuco、Huaraz、Tarapoto、Cajamarca、Sullana ・ Ciudad Menor : Pisco、Moquegua、Tumbes、Talara、Chachapoyas、Moyobamba、Tacache、Pucallpa、Aguayta、Tingo Maria、Cerro de Pasco、Huancavelica、Abancay、Puerto Maldonado 	
			0	上記の都市を含まない流域	
合計 (脆弱性評価値)			8	Min	
			36	Max	

*1 : Producto Bruto Interno Por Departamentos 2007-2013, INEI

出典 : 調査団

(2) ステップ1の算定結果

水害脆弱性の検討（ステップ1）結果によって順位付けされた上位25流域を表3.2.4に示す。
また、詳細な算定結果表を添付資料-3-1の表添付3-1.1に示す。

表 3.2.4 水害脆弱性の検討（ステップ1）結果上位25位流域（31流域）

順位	流域名	合計点	順位	流域名	合計点
1	Cuenca Piura	35	16	Cuenca Tumbes	28
1	Cuenca Rimac	35	16	Cuenca Coata	28
1	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	35	16	Cuenca Camana	28
4	Cuenca Chira	34	16	Cuenca Chancay - Huaral	28
5	Cuenca Urubamba	33	16	Cuenca Moche	28
6	Huallaga	32	16	Cuenca Inambari	28
6	Cuenca Mantaro	32	16	Cuenca Chamaya	28
6	Cuenca Ica	32	16	Intercuenca Alto Maranon IV	28
6	Cuenca Santa	32	16	Ramis	28
6	Intercuenca Alto Apurimac	32	25	Cuenca Mayo	27
11	Cuenca Crisnejas	31	25	Cuenca Canete	27
11	Cuenca Perene	31	25	Cuenca Chillon	27
13	Intercuenca Alto Maranon V	30	25	Cuenca Huaura	27
13	Cuenca Pampas	30	25	Cuenca Pativilca	27
15	Cuenca Chicama	29	25	Cuenca Chancay-Lambayeque	27
			25	Cuenca Chinchipe	27

出典：調査団

3.3 ペルー側が考える優先対策流域（ステップ2）

3.3.1 ステップ2検討の基本

現地調査期間中のANA及びINDECIとの協議を通じて、両機関が優先的に洪水対策が必要であると認識している流域について確認した。また、CENEPREDが洪水対策についてリスクが高いと確認している3流域の情報をANAを通じて入手した。

これら3機関からの情報（要望）を、ステップ2として優先対策流域候補の選定のために考慮した。ANA、INDECI及びCENEPREDからの情報は以下の通りである。

ANA：

ANAはこれまでの各AAAからの情報、職員がこれまでの知見・情報に基づいて洪水対策が早急に必要と認識する8流域を推薦した。この8流域を図3.3.1に示す。

INDECI：

INDECIは、自らが記録する災害履歴に基づき、洪水対策が必要として、11流域を推薦した。この11流域を図3.3.2に示す。

CENEPRED：

CENEPREDは既に独自で洪水リスクを評価しており、洪水リスクが高い流域として3流域を選定

している。この3流域を図 3.3.3 に示す。

これら各3機関の要望・リスク分析結果による流域は表 3.3.1 に示す通りである。

表 3.3.1 ペルー側3機関の推薦流域・リスク分析結果に基づく高リスク流域（総括）

No.	ANA 推薦流域 (9 流域) *1	INDECI 推薦流域 (11 流域) *1	CENEPRED 推薦流域 (3 流域)
1	Rimac	Mantaro	Piura ^{*3}
2	Piura-Chira ^{*3}	Intercuenca Alto Apurimac	Huallga ^{*2}
3	Huallga ^{*2}	Pampas	Urubamba ^{*3}
4	Tumbes	Urubamba ^{*3}	
5	Mantaro	Intercuenca Alto Maranon V	
6	Urubamba ^{*3}	Mayo	
7	Ica	Piura ^{*3}	
8	Ramis	Perene	
9		Rimac	
10		Crisnejas	
11		Coata	

*1:優先的に対策が必要と考える流域順に並び替えたもの。

*2:Huallga については、159 流域の中の 5 流域が Huallga 本川の流域となっていることより、5 つの流域を統合した流域として本調査では取り扱う。

*3:3 つの機関すべてに共通して推薦されている流域

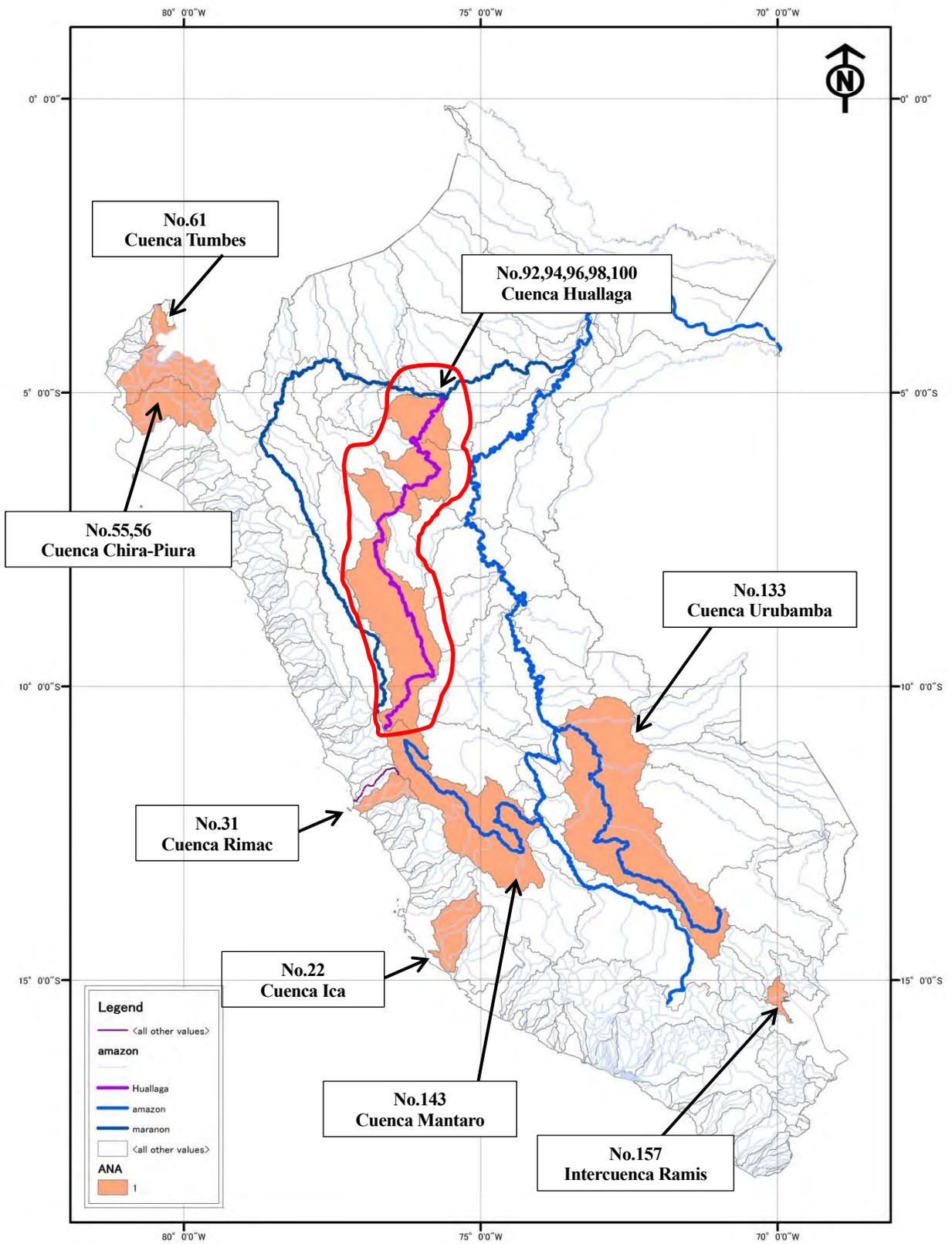


図 3.3.1 ANA が推薦する 8 流域

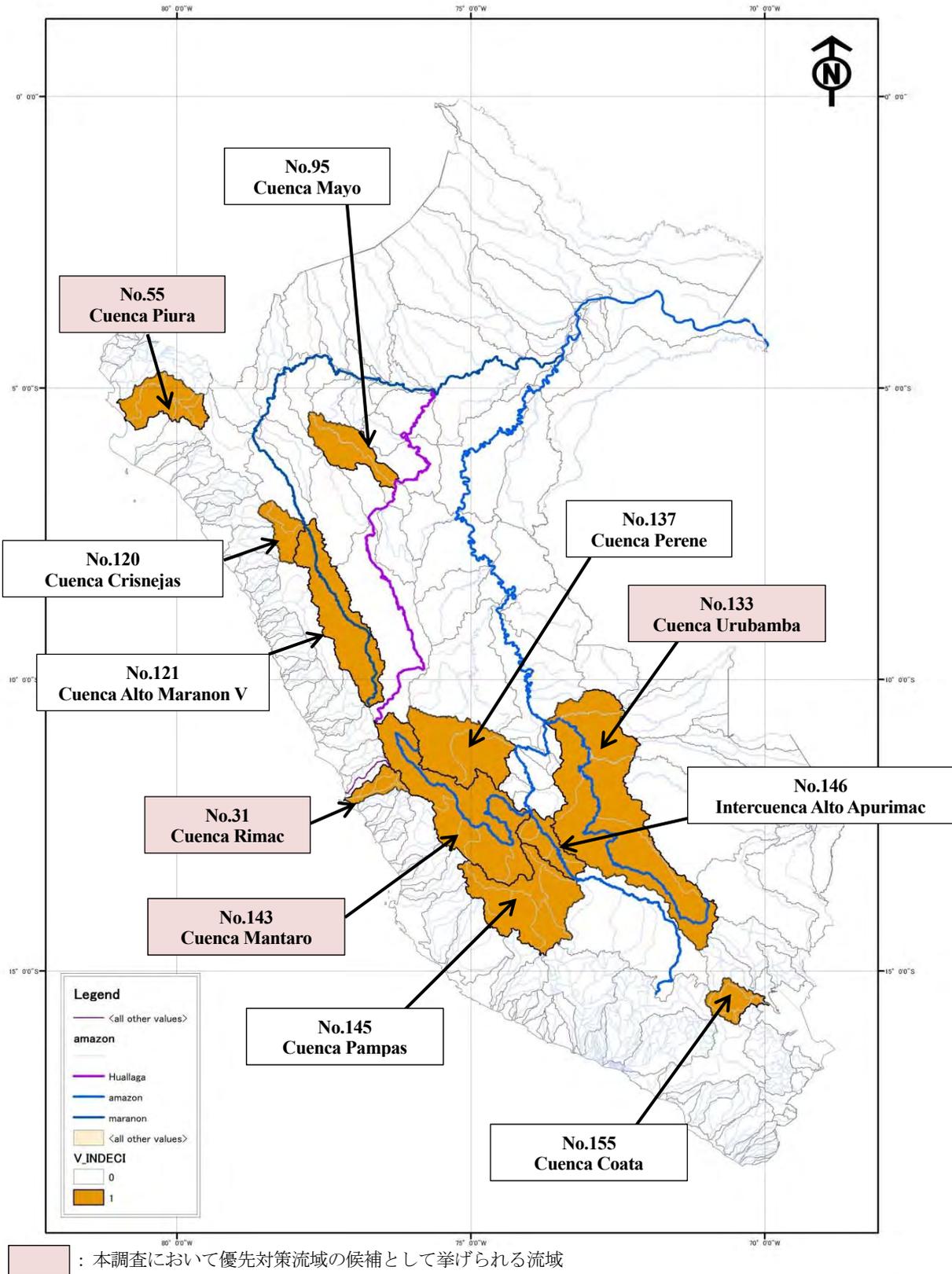


図 3.3.2 INDECI が推薦する 11 流域

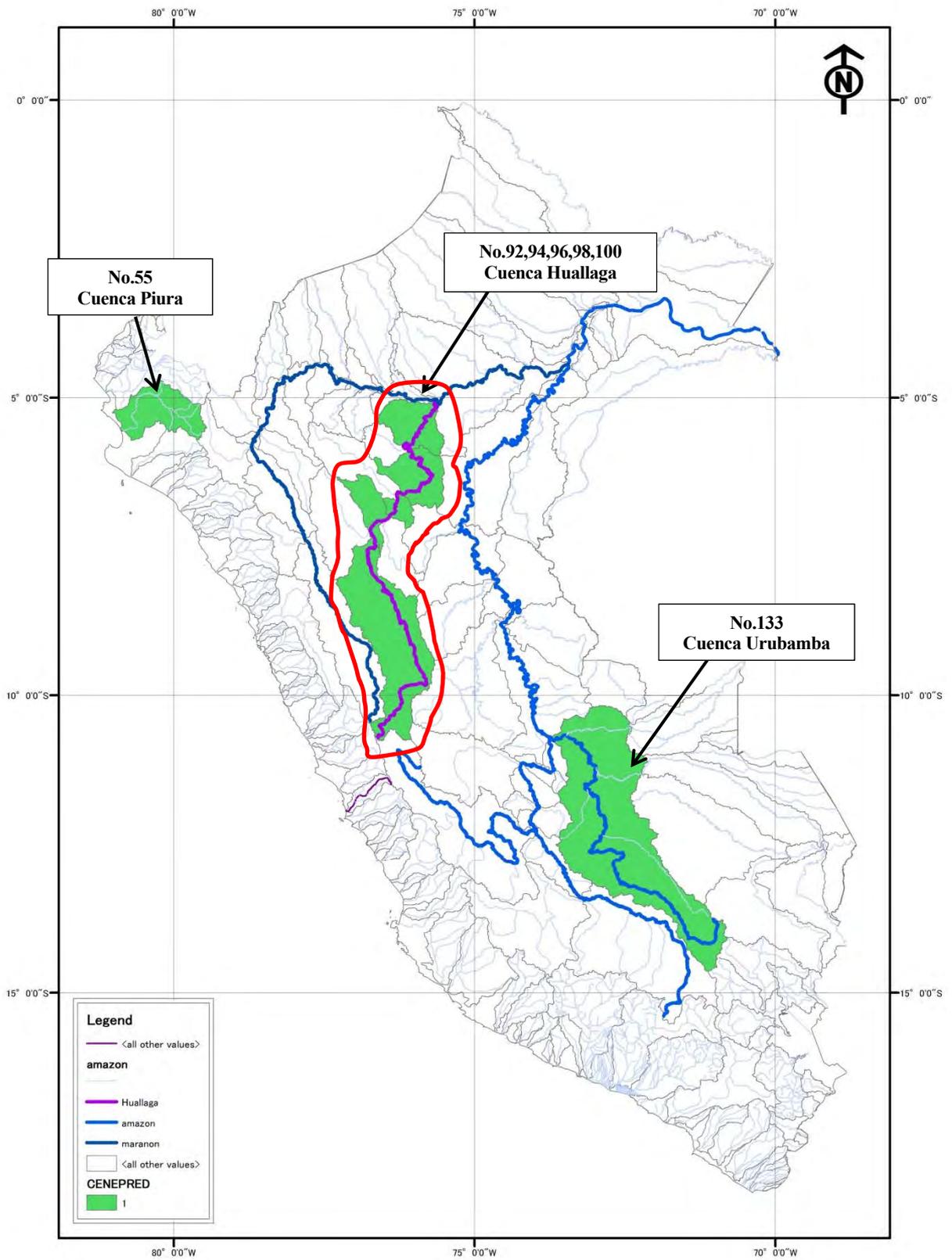


図 3.3.3 CENEPRED の洪水リスク算定結果に基づく 3 流域

3.3.2 3 機関の推薦・検討結果の評価値の設定（ステップ2）

ANA、INDECI からの優先対策流域選定のための推薦流域、および CENEPRED のリスク分析に基づく高リスク 3 流域について、以下のように評価値を設定する。

- INDECI 及び ANA が推薦する流域にはそれぞれ評価値「1」、それ以外の流域は「0」とする。
- CENEPRED が高い洪水リスクを持つ流域とした 3 流域は、他の 2 機関が推薦する流域とは異なり、リスク分析の結果に基づいた情報であることから重みを高くし、3 流域には評価値「2」、それ以外の流域は「0」とする。

ステップ2 の評価に係る上記の考え方を整理して、表 3.3.2 として示す。

表 3.3.2 ペルー側の推薦流域・高リスク流域の指標および評価値

項目	指標の選定理由	指標		指標値	
		N°	内容	Min	Max
INDECI 推薦流域	過去の災害数（全災害：地震、土砂、洪水、火山等）および流域内人口より、INDECI が優先対策流域として推薦している。	10	INDECI が推薦する 11 流域	0	1
ANA 推薦流域	ANA が推薦する優先対策流域	11	ANA が推薦する 8 流域	0	1
CENEPRED 推薦流域	リスク評価した結果 3 流域を優先対策流域として選定している。	12	CENEPRED が推薦する優先対策流域	0	2
合計（推薦値）				0	4

3.4 算定結果

ステップ1 で算出した水害脆弱性評価値及びステップ2 で算出した推薦流域・高リスク流域の評価値の合計値を総合評価値とし、総合評価を行った。各指標における評価値（最大・最小）を下表に再整理する。

表 3.4.1 各項目における指標および指標値

区分	項目	指標		指標値	
		N°	指標内容	Min	Max
【ステップ1】水害脆弱性					
水害脆弱性	水害履歴	1	Inundation disaster number	1	4
		2	Affected people	1	4
	経済活動	3	GDP: Agriculture, forestry and fisheries	1	4
		4	GDP: Mining	1	4
		5	GDP: Electricity, gas, manufacturing and construction industry	1	4
		6	GDP: Transport and communications and service industries	1	4
	人口規模・人口分布	7	Total Population	1	4
		8	Population Density	1	4
		9	Major City	0	4
① 脆弱性評価値				8	36
【ステップ2】ペルー側が考える優先対策流域					
ペルー側の推薦流域	INDECI 推薦流域	10	INDECI priority River Basins	0	1
	ANA 推薦流域	11	ANA priority River Basins	0	1

区分	項目	指標		指標値	
		N°	指標内容	Min	Max
	CENPRED 推薦流域	12	CENPRED priority River Basin	0	2
②推薦値				0	4
総合評価値=①+②				8	40

評価値の合計の結果、上位 18 流域までの結果を以下に表 3.4.2 として示す。また、添付資料-3-1 表添付 3-1.2 に示す。

表 3.4.2 評価値総合計結果（上位 18 流域）

順位	流域名	ステップ 1 合計点	ステップ 2 合計点	評価値総合計
1	Cuenca Piura	35	4	39
2	Cuenca Rimac	35	2	37
2	Cuenca Urubamba	33	4	37
4	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	35	0	35
4	Cuenca Chira	34	1	35
4	Huallaga	32	3	35
7	Cuenca Mantaro	32	2	34
8	Cuenca Ica	32	1	33
9	Cuenca Santa	32	0	32
9	Cuenca Crisnejas	31	1	32
9	Cuenca Perene	31	1	32
9	Intercuenca Alto Apurimac	32	0	32
13	Intercuenca Alto Maranon V	30	1	31
13	Cuenca Pampas	30	1	31
15	Cuenca Chicama	29	0	29
15	Cuenca Tumbes	28	1	29
15	Cuenca Coata	28	1	29
18	Cuenca Camana	28	0	28
18	Cuenca Chancay - Huaral	28	0	28
18	Cuenca Moche	28	0	28
18	Cuenca Inambari	28	0	28
18	Cuenca Mayo	27	1	28
18	Cuenca Chamaya	28	0	28
18	Intercuenca Alto Maranon IV	28	0	28
18	Ramis	28	0	28

出典：調査団

3.5 優先対策流域候補の選定

本調査では、特記仕様書では洪水対策優先流域として 5 流域程度を選定し、洪水対策として必要な事業項目並びに概算の事業費を算出することになっている。優先対策流域の選定は、上述の 3.4 節に記述した評価を尊重し、表 3.4.2 に示した総合評価値の点数の高い上位 8 河川の RRI による氾濫計算結果を実施した。

表 3.5.1 RRI による氾濫計算を実施した優先対策流域候補 8 河川

流域名	ステップ 1 合計点	ステップ 2 合計点	評価値総合計
Cuenca Piura	35	4	39
Cuenca Rimac	35	2	37
Cuenca Urubamba	33	4	37
Cuenca Quilca - Vitor - Chili	35	0	35

流域名	ステップ 1 合計点	ステップ 2 合計点	評価値総合計
Cuenca Chira	34	1	35
Huallaga	32	3	35
Cuenca Mantaro	32	2	34
Cuenca Ica	32	1	33

上記の表 3.5.1 に示す流域の RRI 氾濫計算結果は第 6 章に詳述している。

結果として、Quilca - Vitor - Chili 川を除き、他の全ての河川で 1/50 年確率洪水時または 1/100 年確率洪水時に低平地に氾濫があることが確認できた。

この氾濫計算結果を第 2 次現地調査時に ANA 側と議論をした結果、以下の理由に基づき、Quilca - Vitor - Chili 川については優先対策流域候補から除外した。

- ステップ 1 において Quilca - Vitor - Chili 川の合計点が高い理由は、
 - 流域内にペルー第 2 位の都市であるアレキパ市を含んでいるために経済に関連する指標が高くなっていること：及び
 - 流域内において災害数も多く報告されていること
- であるが、
- ◆ 一方、ANA との協議及び情報として
 - アレキパ市内では、多くの洪水被害が発生していない事
 - 多くの災害が、河岸の洗掘による河岸沿いの資産の被害及び支川の中小河川における土砂災害 (Huayco) であること

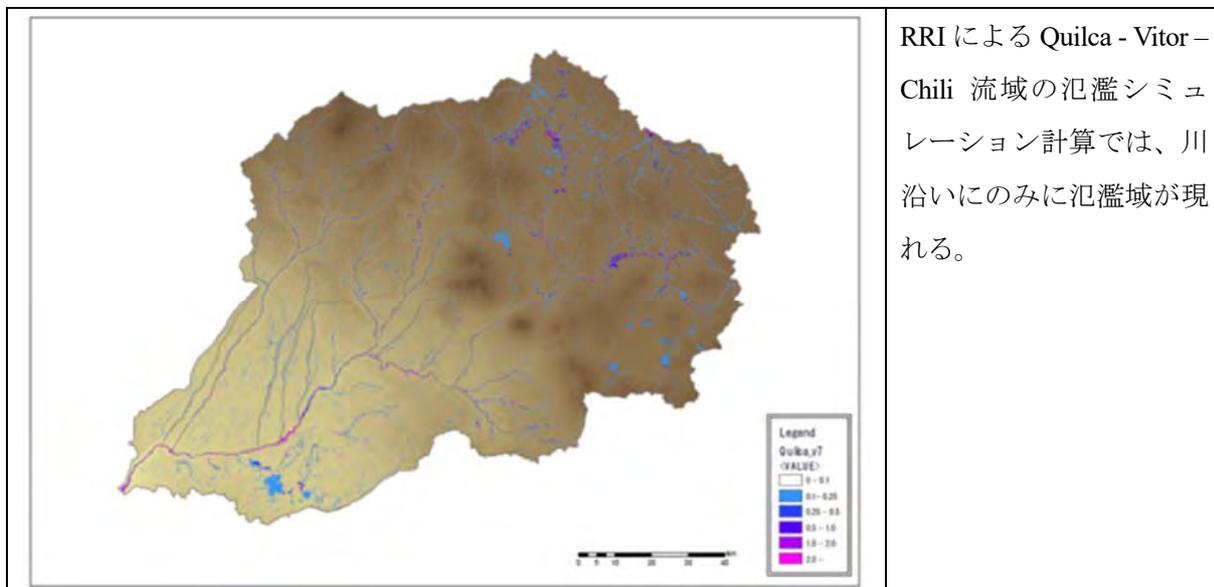


図 3.5.1 RRI による Quilca - Vitor - Chili 流域の洪水氾濫シミュレーション計算結果 (100 年確率洪水時)

一方、Quilca - Vitor - Chili 川以外の河川については、いずれの河川も洪水被害のポテンシャルが大き (第 7 章参照)、5 流域のみに優先流域を限定することは、ANA としては非常に困難であったため、7 流域全てを優先対策流域に含めることとした。

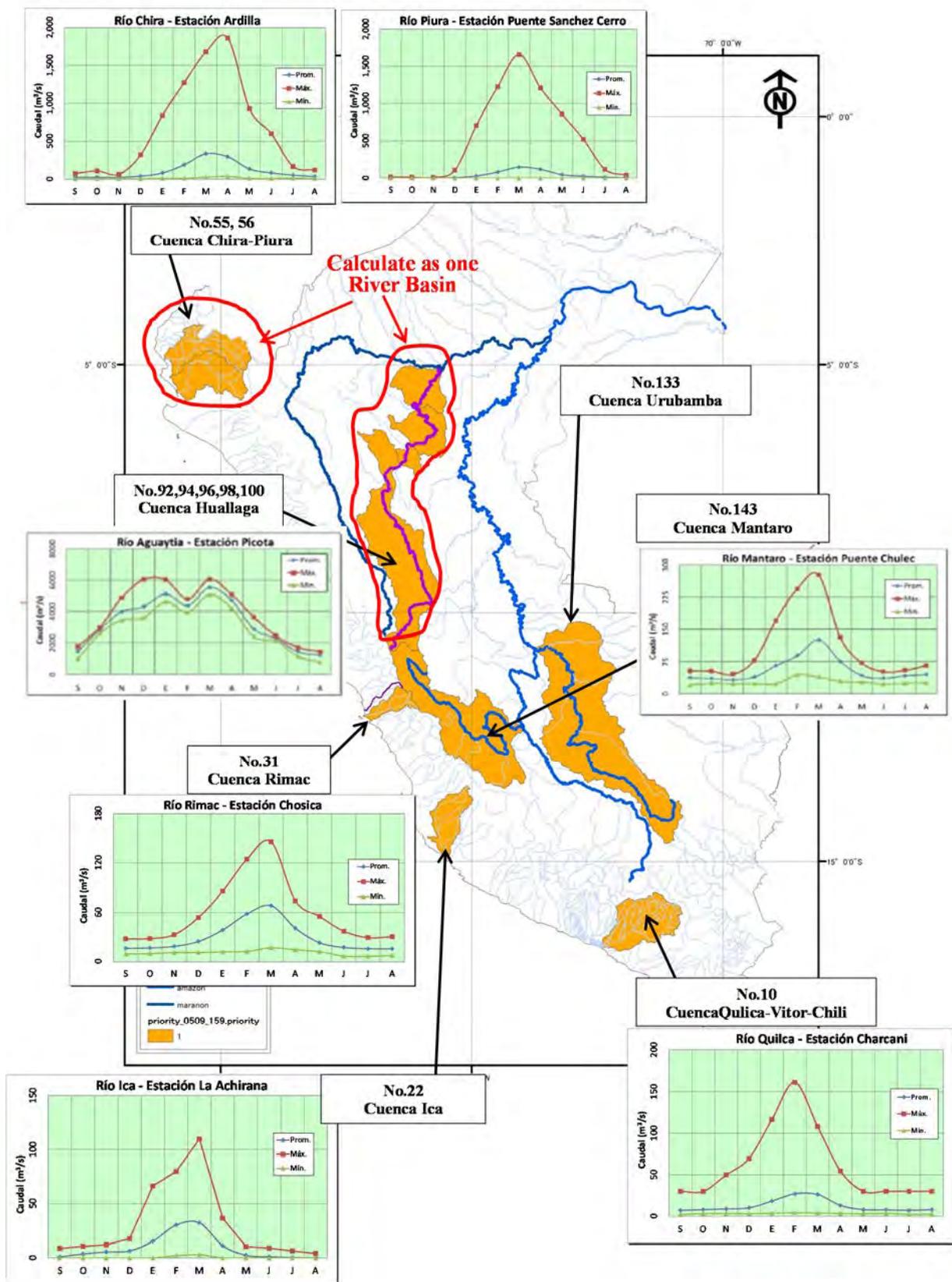
また Piura 流域と Chira 流域については、ピウラ州政府が実施しているチラピウラ特別プロジェクト

(Proyecto Especial Chira Piura) において Piura 流域と Chira 流域を統合した灌漑開発を実施していることから、両者を一体的に取り扱うことが望ましいと考えられるため、ANA とも協議をした結果、本調査においては、Piura 流域と Chira 流域を一つの流域として検討することとした。

結果的に以下の表 3.5.2 に示す通り、6 流域を優先河川流域として検討を進める事とした。

表 3.5.2 優先対策流域 (6 流域)

No	流域名
1	Cuenca Piura-Chira
2	Cuenca Rimac
3	Cuenca Urubamba
4	Huallaga
5	Cuenca Mantaro
6	Cuenca Ica



出典：調査団

图 3.5.2 優先対策候補流域

第4章 159流域の類型化及びモデル流域の選定

ペルー全国の159流域を対象として、各流域の社会・経済特性及び自然特性をもとに複数の類型に分類する。その上で、各類型で概略事業費を推定するため、各類型を代表するモデル流域を選定する。

4.1 159流域の類型化

4.1.1 検討の基本方針及び検討フロー

159流域の類型化の検討フローを図4.1.1に示す。

最初に社会・経済特性および自然特性それぞれの視点から分類指標を設定して159流域を分類する。

その上で、社会・経済特性および自然特性それぞれの分類結果をもとにマトリクスを作成し、特性が類似しているとみなせる流域群を1つの類型と見なす。

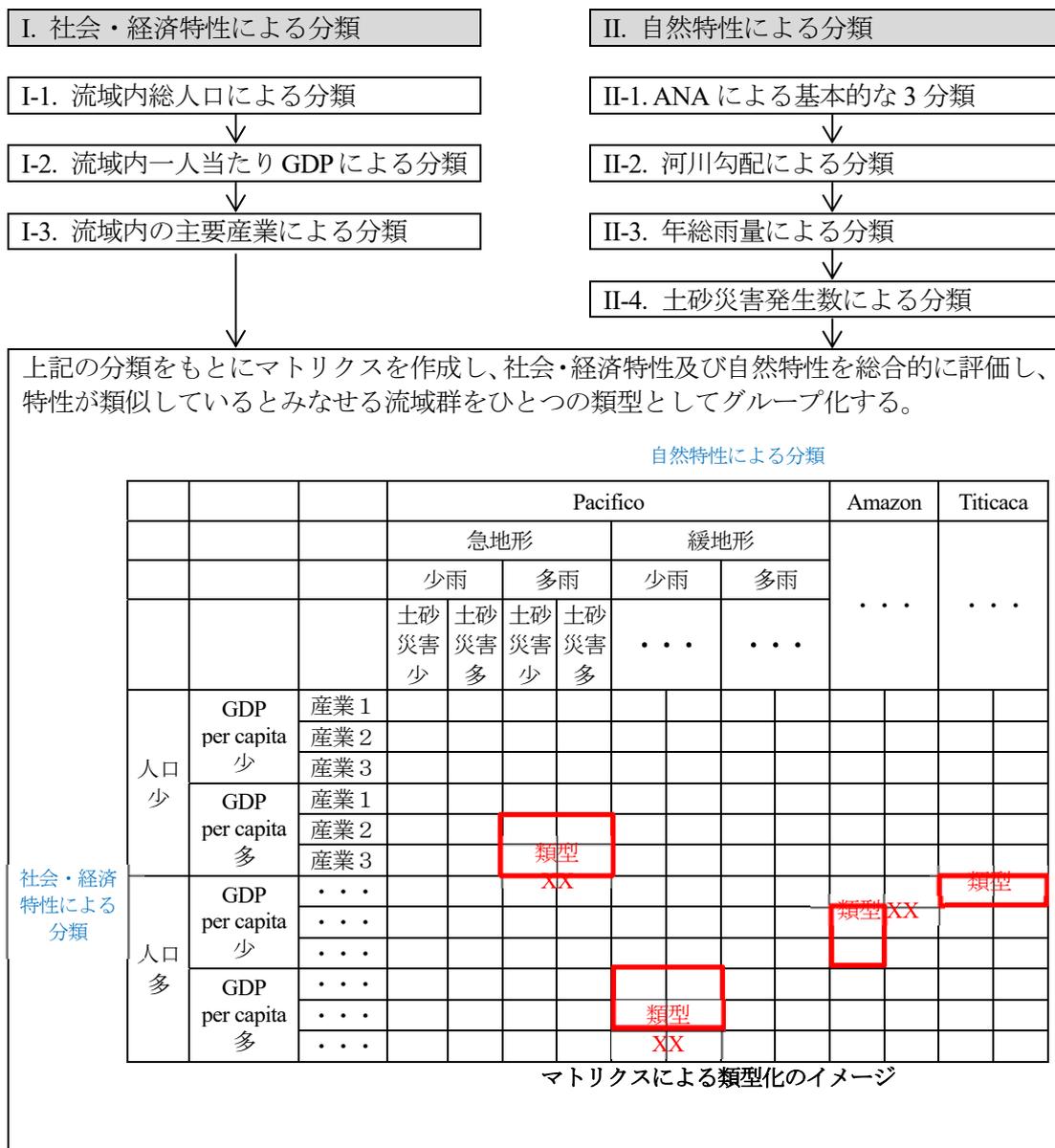


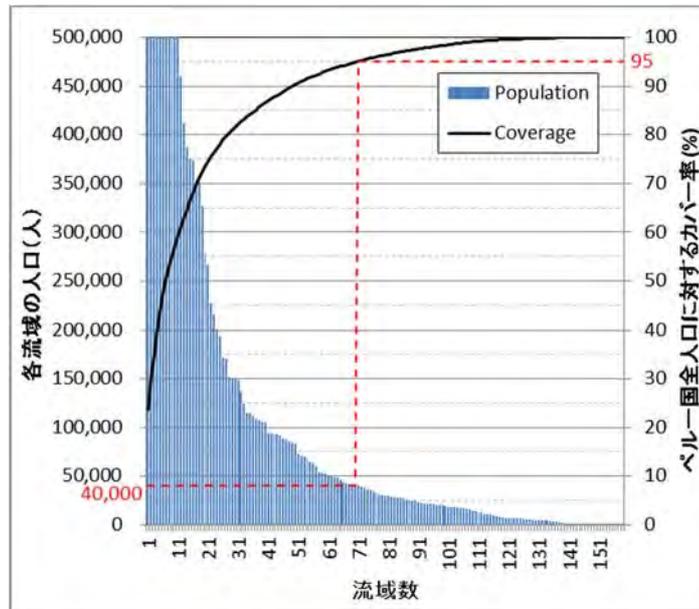
図 4.1.1 類型化の検討フロー

社会・経済特性による分類指標の概要を表 4.1.1 に、自然特性による分類指標の概要を表 4.1.2 に示す。

表 4.1.1 社会・経済特性による分類の概要

指 標		指標とした理由	分類基準
I-1	流域内人口	流域内人口が少ない地域と大きな地域では、対策の規模などが異なってくることが想定される。このため人口が非常に小さい流域と、そうでない流域を分類する。	1. 40,000 人未満 2. 40,000 人以上 【上記基準の設定理由】 流域内人口が多い順に人口を積算した場合に全人口の 95% をカバーする流域で分類することとし、40,000 人とする（図 4.1.2 参照）。
I-2	人口一人当たり GDP	人口一人当たりの GDP により、流域内の総資産価値及び洪水対策の事業効果（便益費用）が異なってくることが想定される。また、便益の程度により、洪水対策の実施の有無や対策内容も異なることが想定されることから、経済的に生産性が高い流域と、そうでない流域を分類する。	1. 13,517 ソル未満 2. 13,517 ソル以上 【上記基準の設定理由】 世銀による国分類の定義である「下位中所得国」と「上位中所得国」の境界とされている、一人当たり GNI : 4,035US\$ (=13,517 S/) を基準として採用。 【データソース】 世銀ホームページ http://blogs.worldbank.org/opendata/new-country-classifications-2016
I-3	主要産業	対象流域の産業特性の違いにより、どの程度氾濫を許容する事ができるか、交通網や生産拠点への配慮が必要かどうか等、洪水対策のアプローチが異なるため、各流域の産業特性を把握するための指標とした。 例： ✓ 第一次産業⇒ある程度の氾濫が許容できる地域で遊水させつつ、優先的に防御すべき地域を守るための対策が重要となる。 ✓ 第二次産業⇒交通網や生産拠点（工場等）の防御が重要となる。 ✓ 第三次産業⇒市民や家屋のみならず、通信網やインフラの確保、病院・学校の保護、行政の拠点等を防御することが重要となる。	1. 第一次産業 ➢ 農業、林業、漁業 2. 第二次産業 ➢ 鉱業、建設業、製造業 3. 第三次産業 ➢ 電力・ガス・水供給、卸売・小売、運輸・郵便、宿泊・飲食サービス、情報通信、公務、その他 【各流域の主要産業の設定方法】 各流域における産業別 GDP のうち、割合が最も高い産業をその流域の主要産業として分類する。

出典：調査団



出典：調査団

図 4.1.2 流域数と人口カバー率の関係

表 4.1.2 自然特性による分類の概要

指標		指標とした理由	分類基準	
II-1	ANA による基本的な3分類	ANA による基本的な3分類	1. 太平洋流域 (62 流域) 2. Amazon 流域 (84 流域) 3. Titicaca 流域 (13 流域)	
II-2	河川勾配	河道の地形特性は、洪水の流下速度や氾濫の拡がりやすさ、浸水の継続時間といった洪水特性と密接に関連し、洪水対策メニューを検討する上で重要であるため、指標に含める。	太平洋	1. 1/100 より急勾配 2. 1/100 より緩勾配
			Amazon Titicaca	1. 1/1,000 より急勾配 2. 1/1,000 より緩勾配
II-3	年総雨量	洪水の基本的な要因である降雨の発生状況は、洪水対策の種別や規模を検討する上で最も重要な情報のひとつであるため、指標に含める。	太平洋 Amazon Titicaca	1. 年総雨量が 1,500mm 以下 2. 年総雨量が 1,500mm 以上
II-4	土砂災害発生状況	土砂災害は本調査の直接的な検討対象ではないものの、ペルー国で頻発する土砂災害の発生状況は流域の総合的な水管理・土砂管理を検討する上で重要な指標になるとともに、INGEMMETをはじめとした関係各機関は土砂災害に強い関心を示しているため、指標に含める。	太平洋 Amazon Titicaca	1. 土砂災害発生件数が 50 件以下 2. 土砂災害発生件数が 50 件以上

出典：調査団

上述の分類指標の設定にあたっては、下記の項目を考慮している。

- 1) 洪水対策案の規模や種類を検討する上で重要となる、各流域の人口規模および経済活動状況を反映する。
- 2) 洪水対策のアプローチ（何をどのように守るべきか）を検討する上で重要となる、各流域の産業特性を反映する。
- 3) 洪水氾濫の特性や必要な洪水対策案の規模・種類を検討するために重要となる、各流域の地形特性を反映する。
- 4) 洪水氾濫の特性や必要な洪水対策案の規模・種類を検討するために重要となる、各流域の降雨特性を反映する。
- 5) 流域の災害の特徴を把握するために重要な指標となる、各流域の土砂災害発生状況を反映する。

特に 5) に述べる土砂災害の発生状況については、本調査の直接的な検討対象ではないものの、流域の総合的な水管理・土砂管理を考える上で重要な指標になるとともに、INGEMMET をはじめとした関係各機関が土砂災害に強い関心を示しているため、分類指標に含める事とする。

なお表 4.1.1 に示した社会・経済特性による分類項目のうち流域内人口については、全国 159 流域を人口の多寡に応じて 2 分割することを想定した指標とし、そのための基準値として人口 40,000 人を採用している。この基準値に従って分類した場合、人口が「多い」流域として 72 流域（Huallaga 川のサブ流域を統合した場合には 68 流域）、人口が「少ない」流域として 87 流域が抽出されるため、概ね 2 分割できる適切な基準と考えられる⁵。

また、表 4.1.2 に示した自然特性に関する各指標の分類基準は以下の考え方にに基づき設定している。

- 河川勾配については、アンデス山脈を上流域に抱え、急峻地形に基づく洪水流下特性および氾濫特性をもつ流域と、それ以外の流域を分類することを念頭に置いており、基準値は太平洋側で 1/100、Amazon および Titicaca 地域で 1/1,000 とした。後述する図 4.1.4 に示すように、流域分類がアンデス山脈を中心に流域勾配が急な流域（洪水流速が早い流域）と緩やかな流域（洪水流速は遅いが浸水時間は長い流域）に明確に分けることができる。また太平洋流域においても、Piura 川及び Chancay-Lambayeque 川等の他の河川と洪水形態が違う流域を区別することができる。
- 年総雨量については、ペルー国の気候区分における基本的な 3 分類（Costa、Sierra、Selva）を今回の調査においても再確認した。特に、降雨量が多い Selva と Siera 地域の両方にまたがる流域をどちらの特質をより強く持っているのかを分類することを想定し、その基準値を 1,500mm としている。結果として後述する図 4.1.4 から判断できるように、この設定により概ね適切に分類できる。

⁵ ただしこの基準値（40,000 人）に基づく分類では、非常に大きな人口を抱える首都圏の流域（例えば Rimac、Chillon、Lurin 川等）とそれ以外の河川との差別化は考慮できないため、後述するモデル流域の選定においては別途考慮している。（4.2.2 参照）。

- 土砂災害発生状況については、被害が特に顕著であるアンデス山脈沿いの地域と、それ以外の地域との特性の違いを反映させることを目的とし、基準値を 50 件としている。基準値を 50 件とすることによって、後述する図 4.1.4 から判断できるように、土砂災害が多い流域を地域的に明確に特定することができる。

4.1.2 検討に使用したデータ

検討に使用したデータは表 4.1.3 に示すとおりである。

表 4.1.3 類型化に使用したデータ

対応する分類指標	データ内容	用途	収集先	その他（出典等）
I-1	2013 年の人口分布 GIS データ Landsat	159 流域の流域内人口の算定に使用	株式会社パシフィックヴィジョンより購入	—
I-2 及び I-3	2013 年の州別、産業別の人口一人当たり GDP データ	159 流域の一人当たり GDP の算定に使用 159 流域の主要産業の設定に使用	INEI ホームページより取得	https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/compendio2015.html
II-2	衛星標高データ ASTER GDEM	159 河川の河川勾配の算定に使用	USGS ホームページより取得	http://earthexplorer.usgs.gov/
	河川形状及び河川延長 shp ファイル	159 河川の河川勾配の算定に使用	ANA 事務所にて取得	—
II-3	2011 年の年総雨量分布図	159 流域の流域平均年総雨量の算定に使用	ANA 事務所にて取得	レポート名： PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS DEL PERÚ
II-4	INGEMMET による土砂災害発生マップ	159 流域の土砂災害発生件数の算定に使用	INGEMMET ホームページ取得	http://www.ingemmet.gob.pe/base-datos-arg

出典：調査団

表 4.1.1、表 4.1.2 で示した指標に関する各流域の諸元は、上表のデータを用いて図 4.1.3 及び図 4.1.4 に示すとおりとなる。

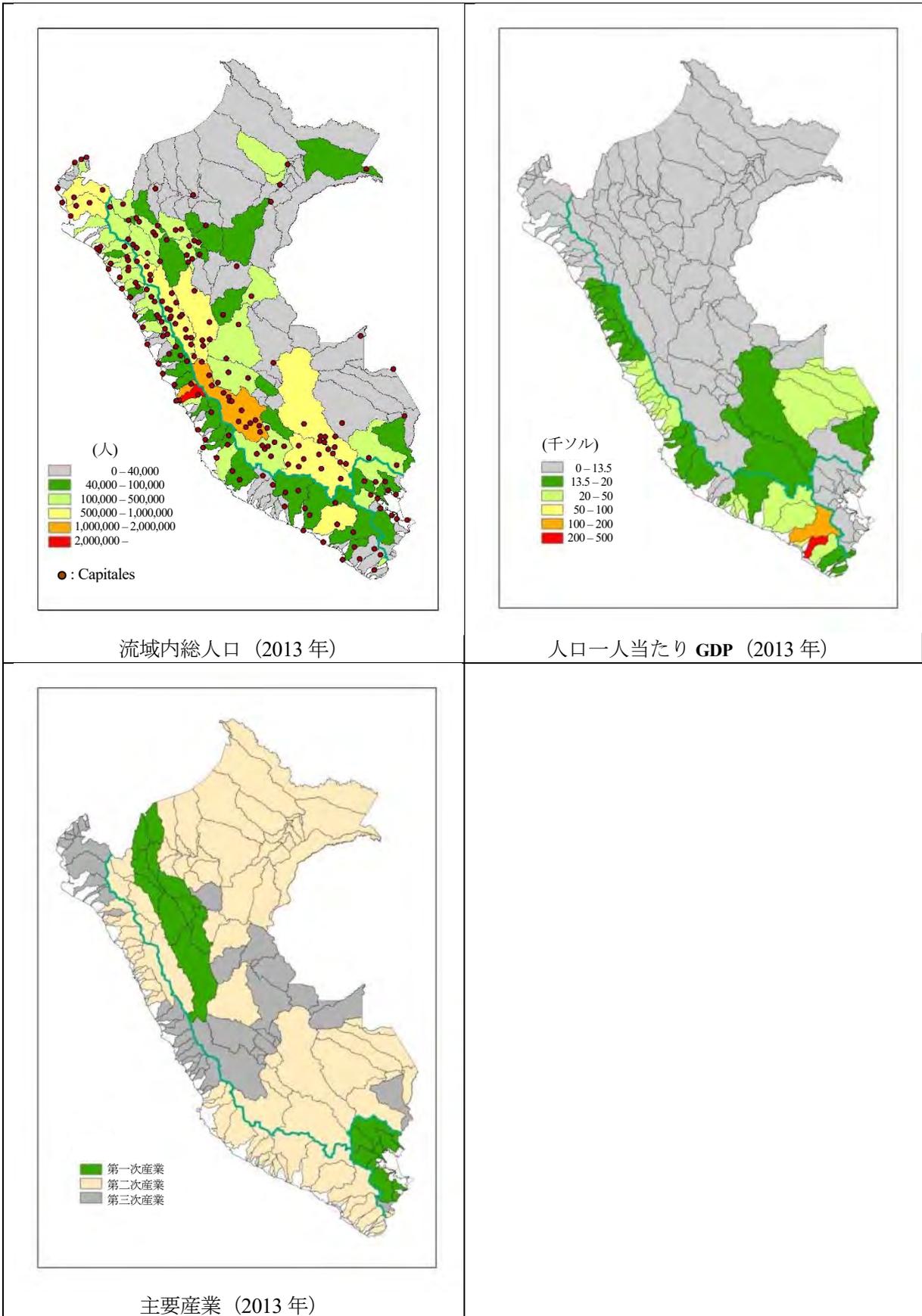


図 4.1.3 各流域における社会・経済特性の諸元

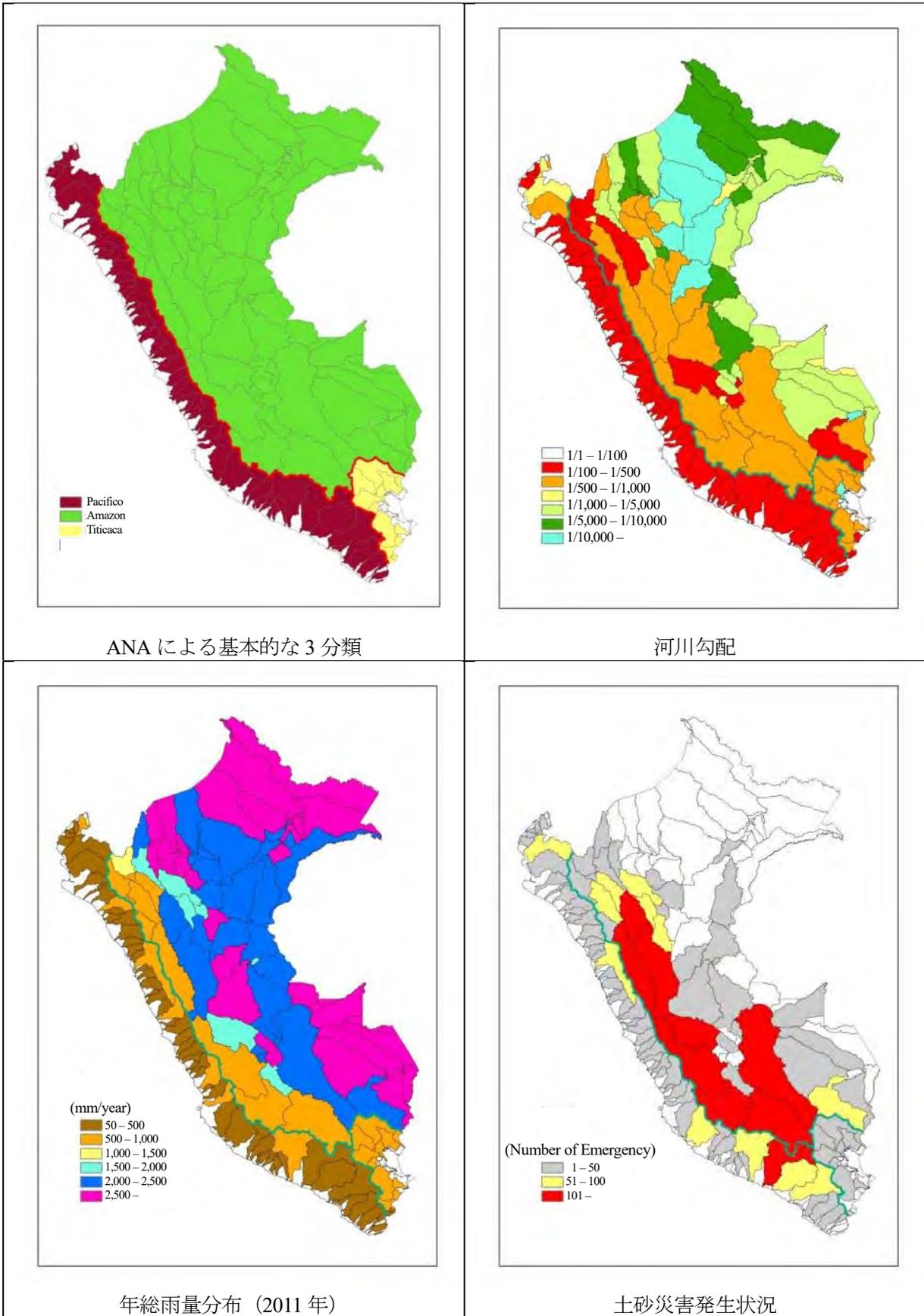


図 4.1.4 各流域における自然特性の諸元

4.1.3 分類結果

分類結果の整理では、まず(1) 社会・経済特性による分類、(2) 自然特性による分類をそれぞれ示したうえで、それらを用いて作成したマトリクスによる総合的な類型化の結果を(3)に示す。

なお Amazon 流域の主要河川である Huallaga 川については、159 流域の中の 5 つのサブ流域によって Huallaga 本川が構成されているが、これらの 5 流域を統合して 1 流域と見なすことが適当であるため、次のように考える。

- ✓ 流域内人口については、5 つのサブ流域の合計値を用いる。
- ✓ 人口一人当たり GDP および産業別の GDP については、5 つのサブ流域の値をもとに、各流域の流域面積比に基づいて算出された平均値を用いる。
- ✓ 河川勾配については、5 流域を統合した場合の最上流から最下端までの河川延長および標高差から算出する。
- ✓ 年平均降雨量については、5 つのサブ流域の値をもとに、各流域の流域面積比に基づいて算出された平均値を用いる。
- ✓ 土砂災害発生件数については、5 つのサブ流域の合計値を用いる。

上記の Huallaga 川流域の統合を考慮した場合、全流域数は 155 としてカウントする。

(1) 社会・経済特性による分類

4.1.1 の方法に従って実施した、社会・経済特性による流域の分類結果を図 4.1.5 および表 4.1.2 に示す。

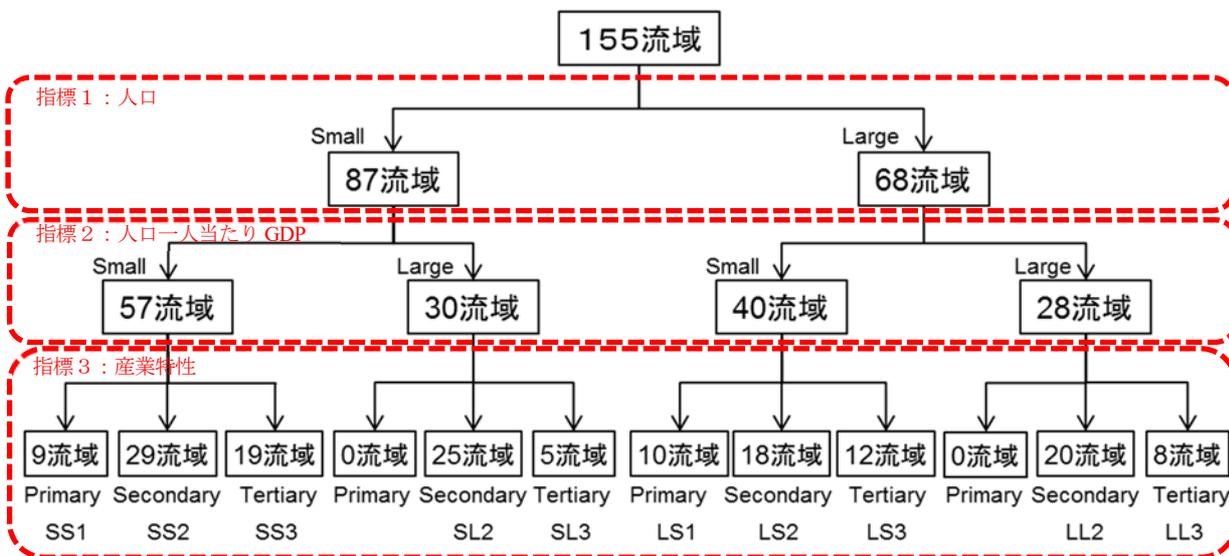


図 4.1.5 社会・経済特性による分類結果

表 4.1.4 社会・経済特性による分類結果

分類：SS1 (9 流域)	分類：SS2 (29 流域)	分類：SS3 (19 流域)	分類：SL2 (25 流域)	分類：SL3 (5 流域)
49879 Santiago Biabo Cenepa Alto Marañon II Ilpa Callaccame Mauri Chico Suches	Acari Yauca Cutivireni 49915 Cushabatay Tapiche Carhuapanas Potro 49875 49871 49911 49877 49873 Tahuayo 49799 49797 49795 Manit 49791 49793 Morona Putumayo Napo Tigre Pastaza Bajo Marañon Medio Bajo Marañon Medio Marañon Yavari	Olmos Bocapan Zarumilla Fernandez Quebrada Seca Pariñas Tarau Alto Yurua 49299 49959 49957 Anapati Poyeni 49953 49951 49919 Tamaya Medio Bajo Ucayali Maure	Atico Pescadores - Caraveli Chala Chparra Lluta Huamansaña Culebras Huarney Locumba Sama Hospicio Choclon Honda Honda De la Concordia Alto Acre Alto Iaco Medio Alto Madre de Dios Medio Madre de Dios Medio Bajo Madre de Dios Alto Madre de Dios De Las Piedras Orthon Ushusuma Caño	Topara Chilca Fortaleza Supe Omas
分類：LS1 (10 流域)	分類：LS2 (18 流域)	分類：LS3 (12 流域)	分類：LL2 (20 流域)	分類：LL3 (8 流域)
Huayabamba Ucubamba Mayo Alto Marañon I Ramis Ilave Coata Azangaro Huancane Pucara	Chancay- Lambayeque Chaman Jequetepeque Chicama Inambari Crisnejas Alto Marañon IV Alto Marañon III Paranapura Chamaya 49913 Chinchipe Itaya Nanay Pampas Pachitea 4977 Alto Marañon V	Huallaga Cascajal Tumbes Piura Chira Motupe Zaña 49955 Perene Aguayta 49917 Mantaro	Caplina Viru Santa Lacramarca Nepeña Casma San Juan Pisco Ica Grande Ocoña Camana Quilca - Vitor - Chili Ilo - Moquegua Tambo Moche Urubamba Alto Apurimac Bajo Apurimac Tambopata	Pativilca Huaura Chancay - Huaral Chillon Rimac Lurin Mala Cañete

(2) 自然特性による分類

4.1.1の方法に従って実施した、自然特性による流域の分類結果を ANA による基本的な3分類（太平洋流域、Amazon 流域、Titicaca 流域）ごとに示すと、図 4.1.6～図 4.1.8 のとおりとなる。

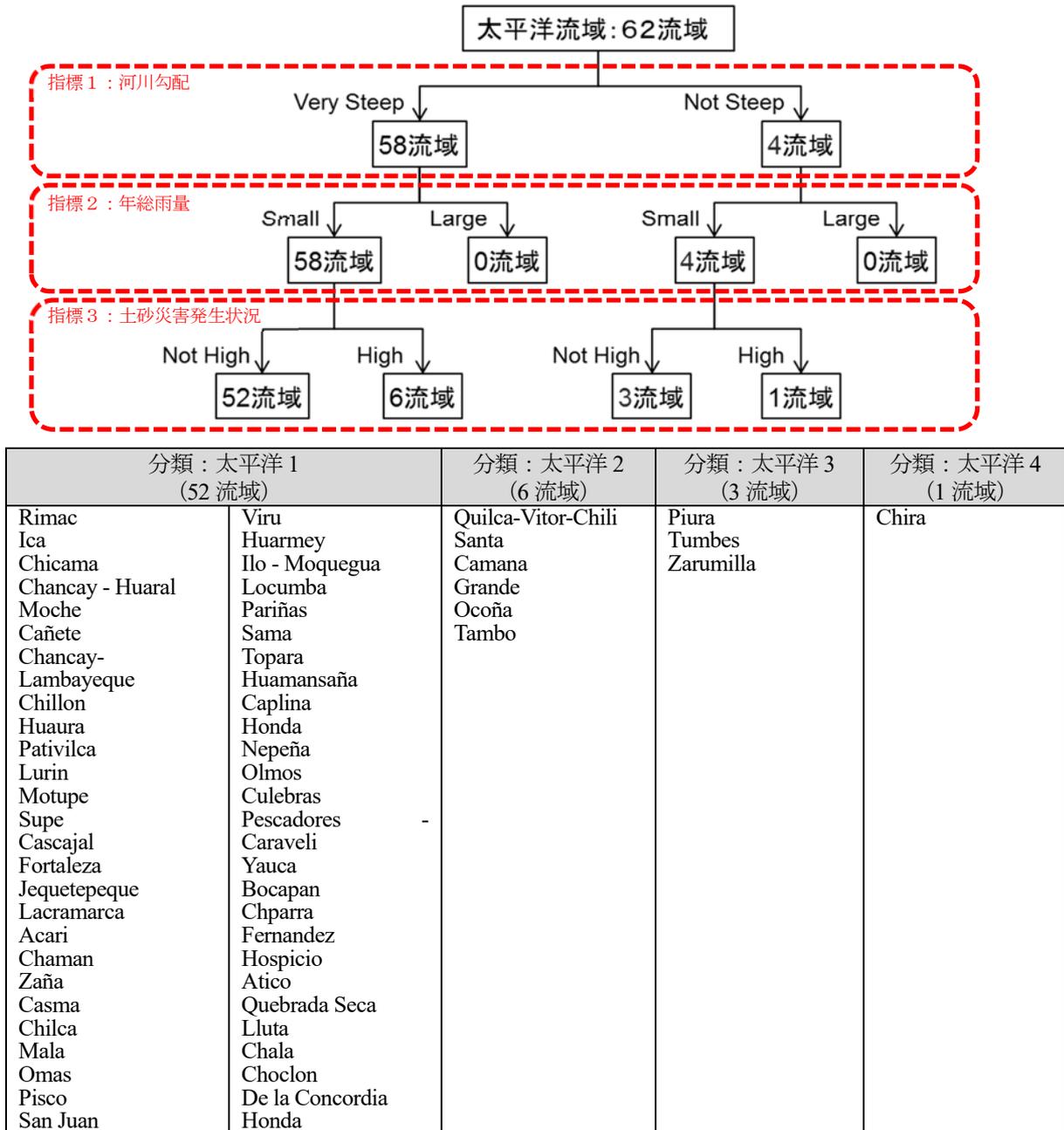
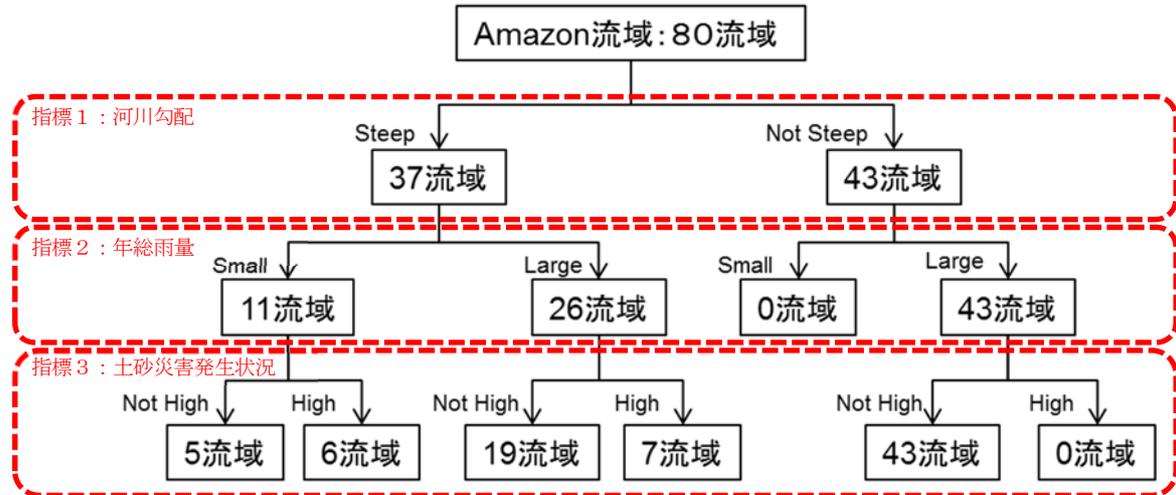


図 4.1.6 自然特性による類型化検討（太平洋流域）



分類：Amazon 1 (5 流域)	分類：Amazon 2 (6 流域)	分類：Amazon 3 (19 流域)		分類：Amazon 4 (7 流域)
Crisnejas Chamaya Chinchipe Alto Marañon III Alto Marañon II	Mantaro Alto Apurimac Pampas Alto Marañon V Alto Marañon IV Utcubamba	Aguayta Cenepa 49959 Anapati Tarau Pachitea Tambopata Bajo Apurimac Cutivireni	Medio Madre de Dios Paranapura Alto Acre Bajo Marañon Carhuapanas Cushabatay Potro 49957 Alto Iaco Poyeni	Urubamba Huallaga Perene Mayo Inambari Huayabamba Biabo
分類：Amazon 5 (43 流域)				
Medio Bajo Ucayali Alto Marañon I 49879 Santiago Tamaya 49953 Alto Yurua 49919 Nanay	49917 Alto Madre de Dios 49955 Putumayo Napo Tapiche 4977 49913	Medio Bajo Marañon Tigre 49299 49951 De Las Piedras Yavari 49915 Itaya	Pastaza Orthon Medio Bajo Madre de Dios Medio Alto Madre de Dios Morona 49871 49877 49911	49793 49797 Medio Marañon Manit Tahuayo 49791 49795 49799 49873 49875

図 4.1.7 自然特性による類型化検討 (Amazon 流域)

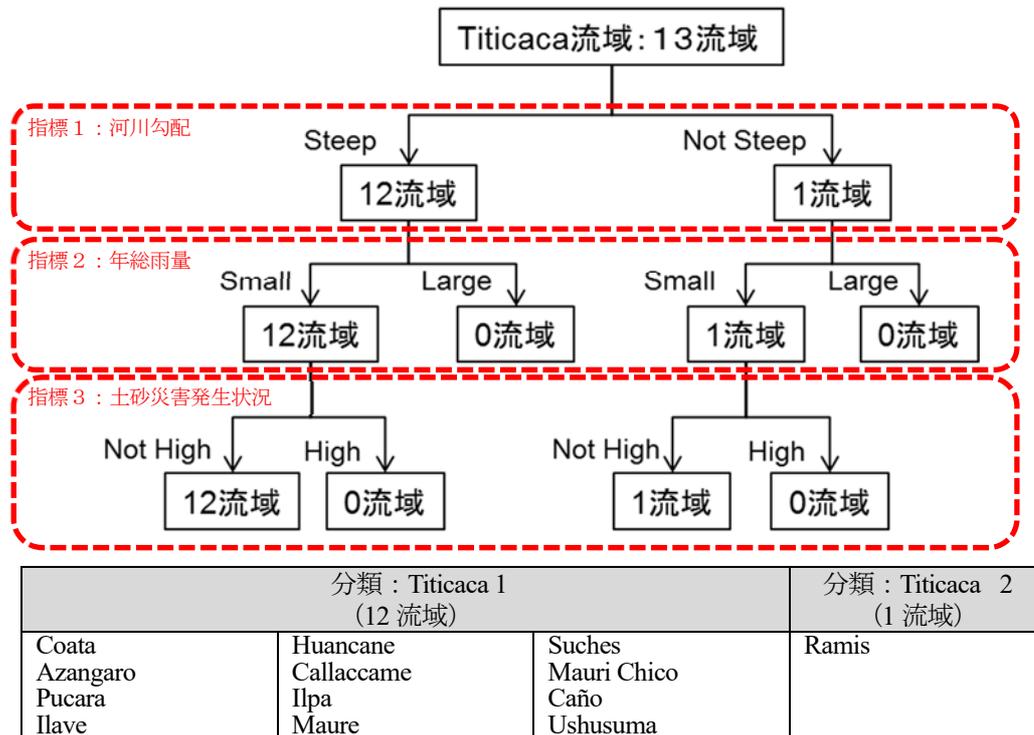


図 4.1.8 自然特性による類型化検討 (Titicaca 流域)

(3) マトリクスによる総合的な評価

上記(1)、(2)の分類結果を組み合わせるマトリクスを作成し、総合的な評価を実施する。

マトリクスによる総合的な評価にあたっては、以下の方針とする。

- ✓ 人口が少なく、かつ人口一人当たり GDP が少ない流域群は、主要産業や自然特性に関わらず洪水対策案は小規模で限定的なものになると想定されるため、産業特性や自然特性による分類を行わずひとつの類型とする。(後述の「類型1」が該当する。)
- ✓ 人口が少なく、かつ人口一人当たり GDP が多い流域群は、産業特性や自然特性に関わらず洪水対策の内容は流域内主要地点(交通や製造業の重要地点を含む)の集中的な防御(拠点防御)となることが想定され、産業特性や自然特性による分類は不要と考えられるため、ひとつの類型とする。(後述の「類型2」が該当する。)
- ✓ 人口および人口一人当たり GDP の分類結果が同じ分類に属しており、かつ地形特性および降雨特性が同じ分類に属する流域群は、類似性の高いグループと見なすことができるため、産業特性に関わらずひとつの類型とする。(後述の「類型3」「類型5」「類型6」「類型7」「類型9」が該当する。)
- ✓ 人口、一人当たり GDP、産業特性のいずれもが同じ分類に属しており、かつ地形特性もしくは降雨特性のいずれかが同じ分類に属する流域群は、類似性の高いグループと見なすことができるため、ひとつの類型とする。(後述の「類型4」「類型8」「類型10」が該当する。)

上述の方針に基づき実施した類型化の結果を表 4.1.5、表 4.1.6 および図 4.1.9 に示す。

なお結果的には類型化の分類過程において土砂災害の多寡は影響していないが、各類型の特性および今後の災害対策や流域管理の方針を検討する際の指標として重要であることから、「土砂災害の多寡」は分類指標として残しておくこととする。例えば類型 8 は Amazon の低平地を示す分類であり、土砂災害が「多」とされる流域を含んでいないことから、流域の災害管理・削減においては土砂対策よりも洪水氾濫現象への対応・管理により注力すべきであることがいえる。

			Pacífico				Amazon					Titicaca	
			急地形		緩地形		急地形			緩地形		急地形	緩地形
			少雨				少雨		多雨			少雨	
			土砂災害 少	土砂災害 多	土砂災害 少	土砂災害 多	土砂災害 少	土砂災害 多	土砂災害 少	土砂災害 多	土砂災害 少	土砂災害 少	
人口 少	GDP per capita 少	産業1	0	0	0	0	1	0	1	1	2	4	0
		産業2	2	0	0	0	0	0	5	0	22	0	0
		産業3	5	0	1	0	0	0	5	0	7	1	0
	GDP per capita 多	産業1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		産業2	15	0	0	0	0	0	3	0	5	2	0
		産業3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
人口 多	GDP per capita 少	産業1	0	0	0	0	1	0	2	1	5	1	
		産業2	4	0	0	0	4	3	2	1	4	0	0
		産業3	3	0	2	1	0	1	1	2	2	0	0
	GDP per capita 多	産業1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		産業2	10	6	0	0	0	1	2	1	0	0	0
		産業3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

※数値は該当する流域の数を示す。

図 4.1.9 類型化検討マトリクス

表 4.1.5 各類型の概要と想定される対策上の留意点

分類	特徴	想定される対策上の留意点	流域数
類型1	人口は少なく、GDP per capita も小さい。	防御対象が限定的であり、便益・費用は相対的に小さいと想定される。	57
類型2	人口は少ないが、GDP per capita は多い。主に二次産業で構成される。	重要地区の拠点防御の他、交通網や生産拠点の防御も重要となる。	30
類型3	Pacífico 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい。急地形で少雨。	地形特性上、土砂災害対策への配慮も必要と想定される。	7
類型4	Pacífico 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい。緩地形で少雨。三次産業で構成される。	日本の一般的な総合治水対策の適用が想定される。行政やサービスの重要施設の保護も重要となる。	3
類型5	Pacífico 流域。人口が多く、GDP per capita も大きい。急地形で少雨。	広範囲の堤防建設等が想定されるため、家屋移転への配慮が必要。	24
類型6	Amazon 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい、急地形で少雨。	地形特性上、土砂災害対策への配慮も必要と想定される。	9
類型7	Amazon 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい、急地形で多雨。	洪水対策のみならず土砂災害への対応が重要と想定される。	8
類型8	Amazon 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい。緩地形で多雨。土砂災害は少ない。	輪中堤等、流域の遊水機能を活用した対策が想定される。	7
類型9	Amazon 流域。人口が多く、GDP per capita も大きい。Andes 沿いの急地形が主。二次産業で構成される。	洪水対策のみならず土砂災害への対応が必要。交通網や生産拠点の防御も重要となる。	4
類型10	Titicaca 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい。急地形で雨が少ない。一次産業で構成される。	重要地区の拠点防御や流域の遊水機能を活用した対策が想定される。	6

出典：調査団

表 4.1.6 各類型に属する流域

類型 1 (57 流域)			類型 2 (30 流域)	
Olmos Bocapan Zarumilla Acari Yauca Fernandez Quebrada Seca Pariñas Tarau Alto Yurua 49299 49959 49957 Cutivireni Anapati Poyeni 49953 49951 49919	Tamaya 49915 Cushabatay Tapiche Carhuapanas Petro 49875 49871 49911 49879 49877 49873 Tahuayo 49799 49797 49795 Manit 49791	49793 Santiago Morona Biabo Putumayo Napo Tigre Pastaza Cenepa Bajo Marañon Medio Bajo Marañon Medio Marañon Medio Bajo Ucayali Yavari Alto Marañon II Ilpa Callaccame Maure Mauri Chico Suches	Atico Pescadores - Caraveli Chala Chparra Topara Chilca Lluta Huamansaña Culebras Huarmey Fortaleza Supe Omas Locumba Sama	Hospicio Choclon Honda Honda De la Concordia Alto Acre Alto Iaco Medio Alto Madre de Dios Medio Madre de Dios Medio Bajo Madre de Dios Alto Madre de Dios De Las Piedras Orthon Ushusuma Caño
類型 3 (7 流域)	類型 4 (3 流域)	類型 5 (24 流域)		
Cascajal Motupe Chancay- Lambayeque Zaña Chaman Jequetepeque Chicama	Tumbes Piura Chira	Caplina Viru Santa Lacramarca Nepeña Casma Pativilca Huaura	Chancay - Huaral Chillon Rimac Lurin Mala Cañete San Juan Pisco	Ica Grande Ocoña Camana Quilca - Vitor - Chili Ilo - Moquegua Tambo Moche
類型 6 (9 流域)	類型 7 (8 流域)	類型 8 (7 流域)	類型 9 (4 流域)	類型 10 (6 流域)
Crisnejas Alto Marañon IV Alto Marañon III Utcubamba Chamaya Chinchipe Mantaro Pampas Alto Marañon V	Inambari Perene Aguayta Huallaga Huayabamba Paranapura Mayo Pachitea	49955 49917 49913 Alto Marañon I Itaya Nanay 4977	Tambopata Urubamba Alto Apurimac Bajo Apurimac	Ramis Ilave Coata Azangaro Huancane Pucara

4.2 モデル流域の選定

4.2.1 モデル流域の選定基準

(1) 基本的選定基準

各類型を代表するモデル流域の選定基準は以下の通りとする。

選定基準 1 :
各類型の中に優先対策候補流域（6 流域）が含まれていれば、その流域をモデル流域として選定する。



選定基準 2 :
上記基準 1 に該当する流域が無い場合、ANA もしくは INDECI によって推薦された流域が含まれていれば、その流域をモデル流域として選定する。該当流域が複数存在する場合には、調査団による優先度評価が最も高い流域をモデル流域として選定する。



選定基準 3 :
上記基準 1、2 に該当する流域が無い場合、解析結果の精度評価およびキャリブレーションにおける優位性を考慮し、データの収集状況が充実している流域をモデル流域として選定する。具体的には、
▶ 既往の JICA 調査および ANA による調査結果レポートが存在している流域を選定する。
▶ 雨量観測所数が最も多い流域をモデル流域として選定する。
▶ 流量観測所数が最も多い流域をモデル流域として選定する。
ただし、上流域もしくは下流域が他国との国境となっている場合、他国流域の地形条件、水文条件等を確認する事が困難であるため、対象から除外する。

図 4.2.1 モデル流域の選定基準

(2) 複数流域から構成される河川の取り扱い

Huallaga 川や Ramis 川など複数のサブ流域から構成されている河川においては、流域全体の流出・氾濫プロセスを忠実に再現するために、上下流および本川・支川の水理解析を一体的に実施する必要がある。

この点を考慮すると、Huallaga 川や Ramis 川をモデル流域として選定する場合は、その支川を併せてモデル流域として選定することにより、効率的な水理解析の実施が可能になると共に、上、下流を通じた流出・氾濫プロセスの確認が容易となる。

以上の点を考慮し、後述するように「類型 1」のモデル流域に関しては Huallaga 川流域の支川である Biabo 川を採用する。

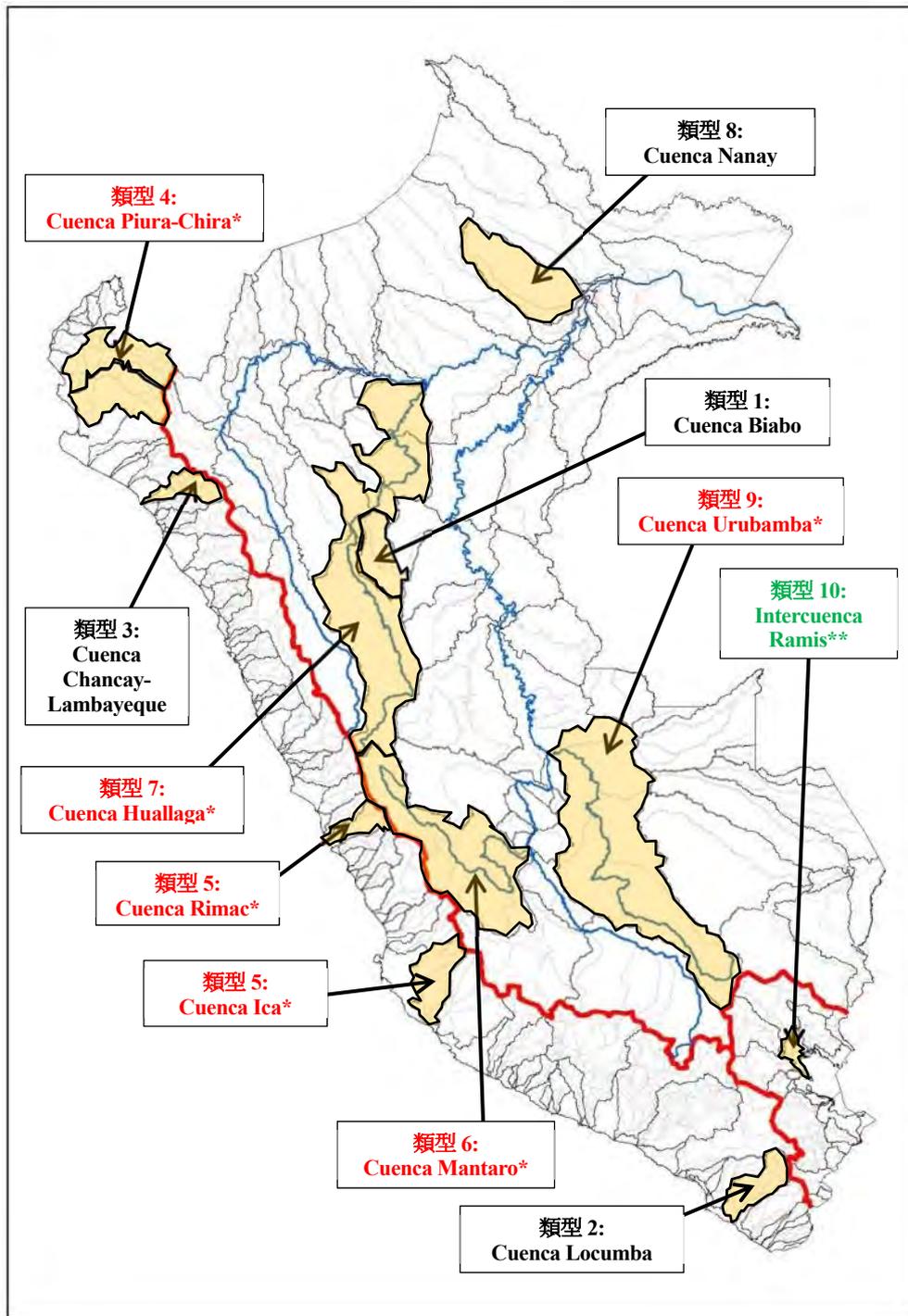
4.2.2 モデル流域の選定結果

選定結果を表 4.2.1 および図 4.2.2 に示す。なお類型 5 については Rimac 川および Ica 川の 2 流域をモデル流域として採用しているが、これは類型 5 の流域群における人口の違いを考慮するためである。すなわち、類型 5 を代表する標準的な人口規模を有する Ica 川流域を選定したうえで、首都圏特有の人口規模を有する Rimac 川流域も併せて採用することで、両者の特性を以降の検討に反映させることを目的としている。

表 4.2.1 モデル流域の選定結果

類 型	特 徴	想定される対策上の留意点	流域数	モデル流域 (案)
類型 1	人口は少なく、GDP per capita も小さい。	防御対象が限定的であり、便益・費用は相対的に小さいと想定される。	57	Biabo
類型 2	人口は少ないが、GDP per capita は多い。主に二次産業で構成される。	重要地区の拠点防御の他、交通網や生産拠点の防御も重要となる。	30	Locumba
類型 3	Pacifico 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい。急地形で少雨。	地形特性上、土砂災害対策への配慮も必要と想定される。	7	Chancay-Lambayeque
類型 4	Pacifico 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい。緩地形で少雨。三次産業で構成される。	日本の一般的な総合治水対策の適用が想定される。行政やサービスの重要施設の保護も重要となる。	3	Piura-Chira*
類型 5	Pacifico 流域。人口が多く、GDP per capita も大きい。急地形で少雨。	広範囲の堤防建設等が想定されるため、家屋移転への配慮が必要。	24	Rimac* Ica*
類型 6	Amazon 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい、急地形で少雨。	地形特性上、土砂災害対策への配慮も必要と想定される。	9	Mantaro*
類型 7	Amazon 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい、急地形で多雨。	洪水対策のみならず土砂災害への対応が重要と想定される。	8	Huallaga*
類型 8	Amazon 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい。緩地形で多雨。土砂災害は少ない。	輪中堤等、流域の遊水機能を活用した対策が想定される。	7	Nanay
類型 9	Amazon 流域。人口が多く、GDP per capita も大きい。Andes 沿いの急地形が主。二次産業で構成される。	洪水対策のみならず土砂災害への対応が必要。交通網や生産拠点の防御も重要となる。	4	Urubamba*
類型 10	Titicaca 流域。人口が多く、GDP per capita が小さい。急地形で雨が少ない。一次産業で構成される。	重要地区の拠点防御や流域の遊水機能を活用した対策が想定される。	6	Ramis**

* : 優先対策流域案 ** : ANA による推薦流域



* : 優先対策流域案

** : ANA による推薦流域

図 4.2.2 モデル流域 (案) 位置図

第5章 降雨解析

本章では検討対象となる外力の設定のための降雨解析を実施し、次章にて RRI モデルを用いた流出・氾濫解析について述べる。

5.1 降雨解析

5.1.1 対象とする降雨確率規模

提案した洪水対策案による便益算出のため、100年確率規模（MEFのガイドラインにおける都市部の計画洪水規模）を上限として以下のケースを設定する。

表 5.1.1 対象とする降雨確率規模

No.	確率規模（再現期間）
1	2年
2	5年
3	10年
4	25年
5	50年
6	100年

5.1.2 計画降雨継続時間

2014年より、SENAMHIによる時間雨量観測記録が蓄積されているが、治水計画に用いる計画降雨量を検討するにはデータ蓄積期間が短い。よって、データ蓄積期間が長い日雨量を活用するため、計画降雨継続時間は日単位を基本とする。なお、計画降雨継続時間は、流域特性やデータの整備状況に応じて、下記のいずれかの方法で設定する。

<計画降雨継続時間の設定方法>

- 既往の調査事例のある流域、特に太平洋流域では、流域面積や河床勾配等の諸元をペルー国内の既往の調査事例と比較して設定する。
- 流量データが存在する流域においては、過去の洪水発生時における流量と雨量の時系列データを比較し、両者のピーク発生のタイミングから流域内の洪水到達時間を推定する。概ね両者のピークの時間差の2倍を洪水到達時間とすることができることを考慮した上で事前に試行計算を実施し、降雨継続時間を設定する。
- 既往の調査事例がない、かつ流量データがない場合は、過去の主要な降雨時における実際の降雨パターン（降雨波形）から降雨継続時間を設定する。なお、降雨パターンについては、流域内およびその近傍に実測の時間雨量データが存在しない場合には、衛星降雨データ（時間雨量データ）を活用することとした。

表 5.1.2 降雨継続時間の設定

優先対策流域 / モデル流域の区分	河川名	流域面積 (km ²)	河川勾配 (1/I)	洪水到達時間 ¹⁾ (Hour)	降雨継続時間 (Hour)	降雨継続時間の設定理由
優先/ モデル	Chira	10,679	982	39	24	既往検討報告書 ^{*1} において、太平洋流域の降雨継続時間は6~12時間程度であり、流出解析においても通常、降雨継続時間を24時間としていることから、既往検討結果を踏襲し24時間とする。
優先/ モデル	Piura	11,019	142	42	24	
優先/ モデル	Rimac	3,504	30	12	24	
優先/ モデル	Ica	7,341	54	27	24	
参考 *2	Qulica-Vitor-Chili	13,549	58	24	24	
優先/ モデル	Mantaro	34,547	199	91	48	流域内における衛星降雨データ(時間データ:2000年3月~)を用いて流域平均雨量を算出し、上位10洪水に対するマスカーブ(図5.1.1参照)より、降雨継続時間を設定した。
優先/ モデル	Urubamba	59,071	181	113	48	
優先/ モデル	Huallaga	55,109	279	-	384	Huallaga川の支川であり、同等の河川勾配を持つBiaboとの流域面積の比較より16日とした。
モデル	Biabo	7,149	316	24	48	流域内には時間雨量観測データは存在しないものの、直近のHuayabamba観測所における近年の強雨発生時における降雨パターンから48時間と設定した。
モデル	Locumba	5,862	42	-	24	既往検討報告書 ^{*1} において、太平洋流域の降雨継続時間は6~12時間程度であり、流出解析においても通常、降雨継続時間を24時間としていることから、既往検討結果を踏襲し24時間とする。
モデル	Chancay-Lambayeque	4,061	53	-	24	
モデル	Nanay	16,706	5,237	-	144	河川勾配が極めて緩く、流域特性が他のモデル流域および優先対策流域と大きく異なっている。また流域内および近傍に実測の時間雨量データが存在しないことから、近年の強降雨発生時における代表的な降雨継続時間を衛星雨量データ(GSMaP)を用いて検討した結果、144時間とした。
モデル	Ramis	16,045 ²⁾	384	-	72	流域内に位置するAyaviri観測所における近年の強雨発生時における降雨パターンから72時間と設定した。

*1: ペルー国 溪谷村落洪水対策事業準備調査 平成25年3月、JICA

*2: 第3章に示すように、優先流域からは外されているが、降雨解析は実施したので参考として表示する。

1) 流量データが存在し、洪水到達時間の推定が可能な流域においては推定値を掲載している。

2) 上流のAzangaro川流域及びPucara川流域を含む

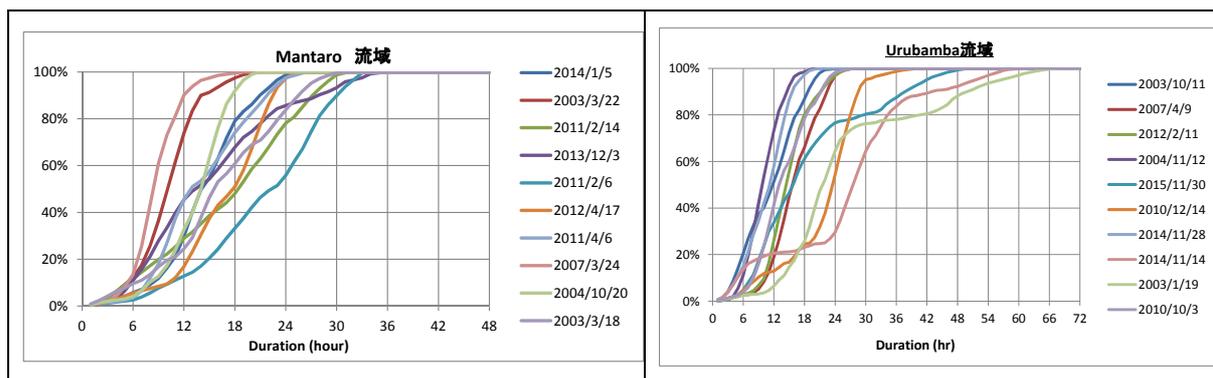


図 5.1.1 Mantaro 川及び Urubamba 川の上位 10 洪水の降雨イベントの継続時間

5.1.3 年最大流域平均雨量の算定

対象流域内の地上雨量データをもとに各観測所の年最大雨量を求めた上でティーセン法を適用し、流域平均雨量の各年最大値を算出する。その上で、算出可能な全期間における流域平均雨量の年最大値時系列を標本とした水文統計解析を実施し、確率規模別の雨量を算定（確率規模別の雨量算定結果は表 5.1.6 参照）する。

この際には雨量観測所の観測期間や欠測状況を勘案して、流域平均雨量計算に用いる雨量観測所を設定する。観測所の選定基準は表 5.1.3 に示すとおりである。

表 5.1.3 ティーセン法を適用する雨量観測所の選定基準

項目	内容	備考
観測期間	観測期間が 40 年以上となる観測所を採用。	—
欠測状況	データ欠測日数が 48 日未満となる観測所を採用。	水文観測データ統計処理要領（国土交通省）によると、「1 ヶ月間の日降水量の欠測期間が 4 日以上である場合には、月降水量は欠測とする。」ことから、年間 48 日以上の欠測が発生した年については統計処理の標本から除外する。

5.1.4 計画降雨波形の設定

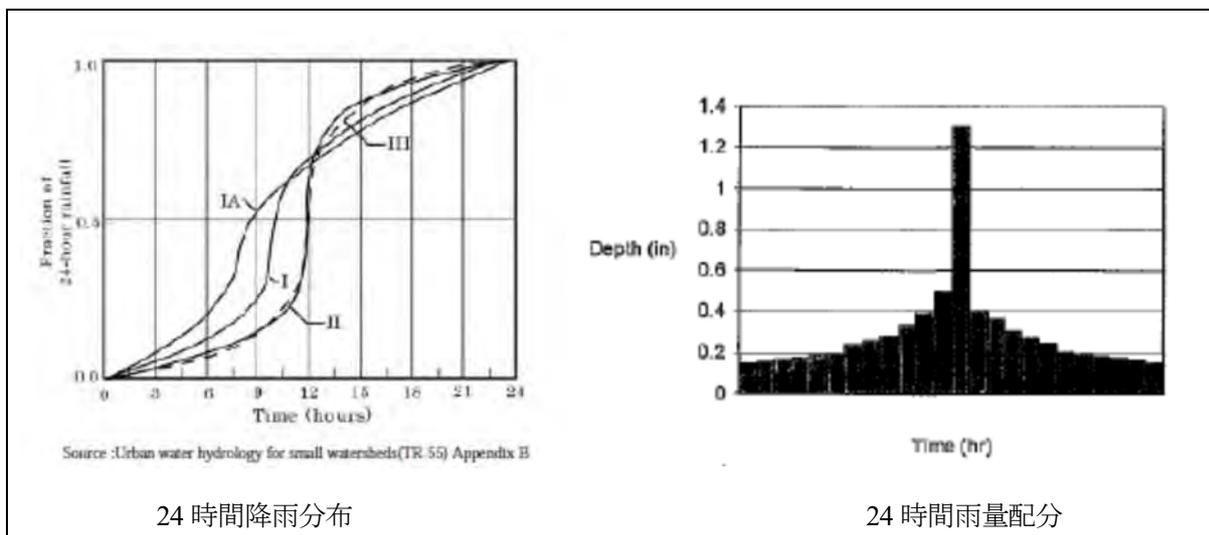
対象流域における洪水流出をできる限り正確に把握するためには 1 時間分解能の雨量データが必要であるが、ペルー国では地上観測所から取得できる時間雨量データの量が限られている。

本業務においては、既往の調査によって降雨パターンがある程度把握されている太平洋流域と、それ以外の流域以外に分けて計画降雨波形を設定する。

さらに太平洋流域以外については、流域面積が大きい場合には流域内の降雨パターンが多様であり、1 地点の降雨波形を流域全体の代表的な波形とすることが困難となるため、流域面積の大きさによって太平洋流域以外を (1)、(2) に分けて設定する。

【太平洋流域】

- 既往調査より、太平洋流域の中央部および南部の降雨パターンは、アメリカで設定されている 24 時間降雨量曲線タイプ（図 5.1.2）のⅡに類似していることより、タイプⅡの降雨波形をモデル降雨波形とした。
- 上記のモデル降雨波形を、降雨継続時間内の総雨量が確率規模別雨量に一致するように、一定の倍率で引き伸ばし、計画降雨波形を設定した。



出典：溪谷村落洪水対策事業準備調査 平成 25 年 3 月、JICA

図 5.1.2 24 時間降雨量曲線タイプおよび時間雨量配分

【太平洋流域以外（1）：比較的流域面積が小さい（30,000 km²未満）】

- 各流域における代表地点を定め（下記表 5.1.4 参照）、その地点に該当する GSMaP データを抽出した。
- 上記地点における近年の強降雨発生時の降雨波形を複数抽出し、その中から代表的な降雨波形を選定し、モデル降雨波形とした。
- 上記のモデル降雨波形を、降雨継続時間内の総雨量が地上の雨量観測所のデータから算定した確率規模別雨量に一致するように一定の倍率で引き伸ばし、計画降雨波形を設定した。

表 5.1.4 降雨波形を採用する各流域の代表地点

河川名	代表地点	代表地点の選定理由
Biabo	Nuevo Lima (西経 76.45 度、南緯 7.15 度)	流域内の代表的な都市である Nuevo Lima を含み、かつ流域内で最も観測期間が長い雨量観測所 (Nuevo Lima) をカバーする地点であるため。
Nanay	Santa Maria De Nanay (西経 73.65 度、南緯 3.85 度)	流域内で最も観測期間が長い雨量観測所 (SANTA MARIA DE NANAY) をカバーする地点であるため。
Ramis	Taraco (西経 69.95 度、南緯 15.25 度)	流域内の代表的な都市である Taraco を含み、かつ流域内で最も観測期間が長い雨量観測所 (Taraco) をカバーする地点であるため。

【太平洋流域以外 (2) : 比較的流域面積が大きい (30,000 km² 以上)】

- 流域面積が 30,000 km² を上回る規模の場合には、流域内の降雨パターンの多様性を考慮した場合、1 地点の降雨波形を流域の代表的な降雨波形とみなすことが困難であるため、流域内に該当する GSMaP データを用いて、流域平均雨量波形を算出した。
- 総雨量が最大となる期間の降雨波形をモデル降雨波形とした。
- 上記のモデル降雨波形を、降雨継続時間内の総雨量が地上の雨量観測所のデータから算出した確率規模別降雨量に一致するように一定の倍率で引き伸ばし、計画降雨波形を設定した。

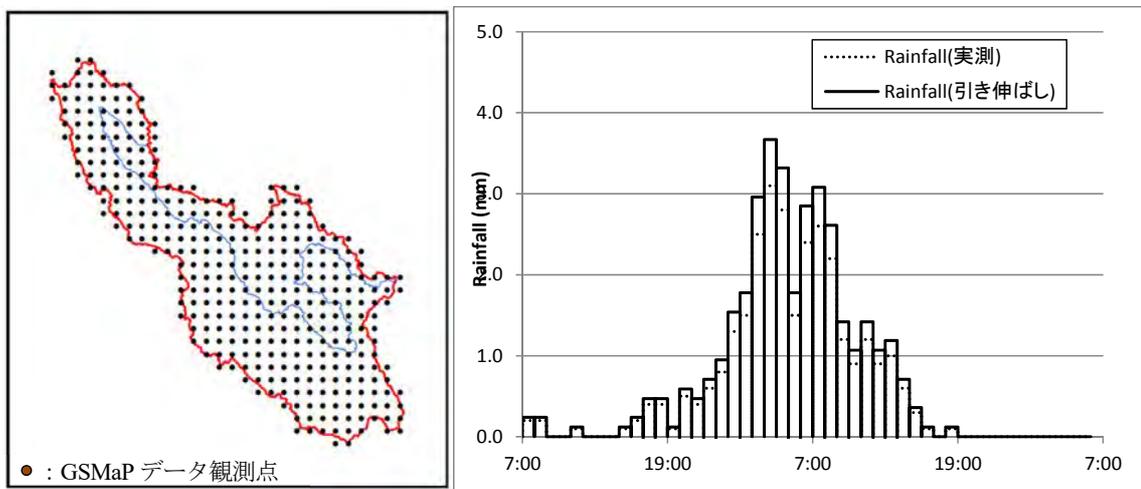


図 5.1.3 降雨引き伸ばしの例 (Mantaro 川)

5.1.5 降雨解析の実施

上述した考え方にに基づき降雨解析を実施する。降雨解析は、下表 5.1.5 に示す確率分布モデルのうち、最も適合度の高いモデルを採用する。具体的には以下の考え方に従う。

- 適合度の判定基準として用いられる SLSC⁶が 0.04 以下となる確率分布モデルを抽出する。
- 上記の確率分布モデルのうち、Jackknife 推定誤差が最も小さくなる確率分布モデルを採用する。
- SLSC が 0.04 以下となる確率分布モデルが存在しない場合は、最も SLSC が小さい確率分布を採用する。

表 5.1.5 確率分布モデル

No.	確率分布モデル	
1	Exp	指数分布
2	Gumbel	グンベル分布
3	SprtEt	平方根指数型最大値分布
4	Gev	一般化極値分布
5	LP3Rs	対数ピアソン III 型分布 (実数空間法)
6	LogP3	対数ピアソン III 型分布 (対数空間法)
7	Iwai	岩井法
8	IshiTaka	石原・高棹法
9	LN3Q	対数正規分布 3 母数クォンタイル法
10	LN3PM	対数正規分布 3 母数 (Slade II)
11	LN2LM	対数正規分布 2 母数 (Slade I、L 積率法)
12	LN2PM	対数正規分布 2 母数 (Slade I、積率法)

降雨解析結果を下表および図 5.1.4 から図 5.1.6 に示す。また、各流域において採用した降雨波形を図 5.1.7、図 5.1.8 に示す。

表 5.1.6 確率規模別雨量の算定結果

河川名	降雨継続時間 (Hour)	降雨継続時間内総雨量 (mm)					
		2 year	5 year	10 year	25 year	50 year	100 year
Chira	24	23.2	34.1	41.8	52.3	60.5	69.2
Piura	24	20.7	36.3	49.5	70.2	89.0	110.9
Rimac	24	9.2	12.0	14.0	16.7	18.8	20.9
Ica	24	7.6	11.7	15.4	21.5	27.3	34.4
Qulica-Vitor-Chili	24	9.4	12.9	15.4	18.8	21.6	24.6
Mantaro	48	21.7	25.5	28.0	31.1	33.5	35.8
Urubamba	48	42.4	61.0	73.3	88.9	100.5	111.9
Huallaga	384	233.0	268.6	289.2	312.9	329.1	344.4
Biabo	48	93.5	123.0	141.9	165.1	181.9	198.4
Locumba	24	8.4	12.0	14.3	17.4	19.6	21.8
Chancay-Lambayeque	24	37.1	48.3	55.8	65.2	72.2	79.1
Nanay	144	79.9	109.5	129.0	153.5	171.6	189.7
Ramis	72	52.8	59.9	64.0	68.6	71.8	74.8

⁶ Standard Least Square Criterion (SLSC) : 標本と確率分布の適合度を判定するための指標

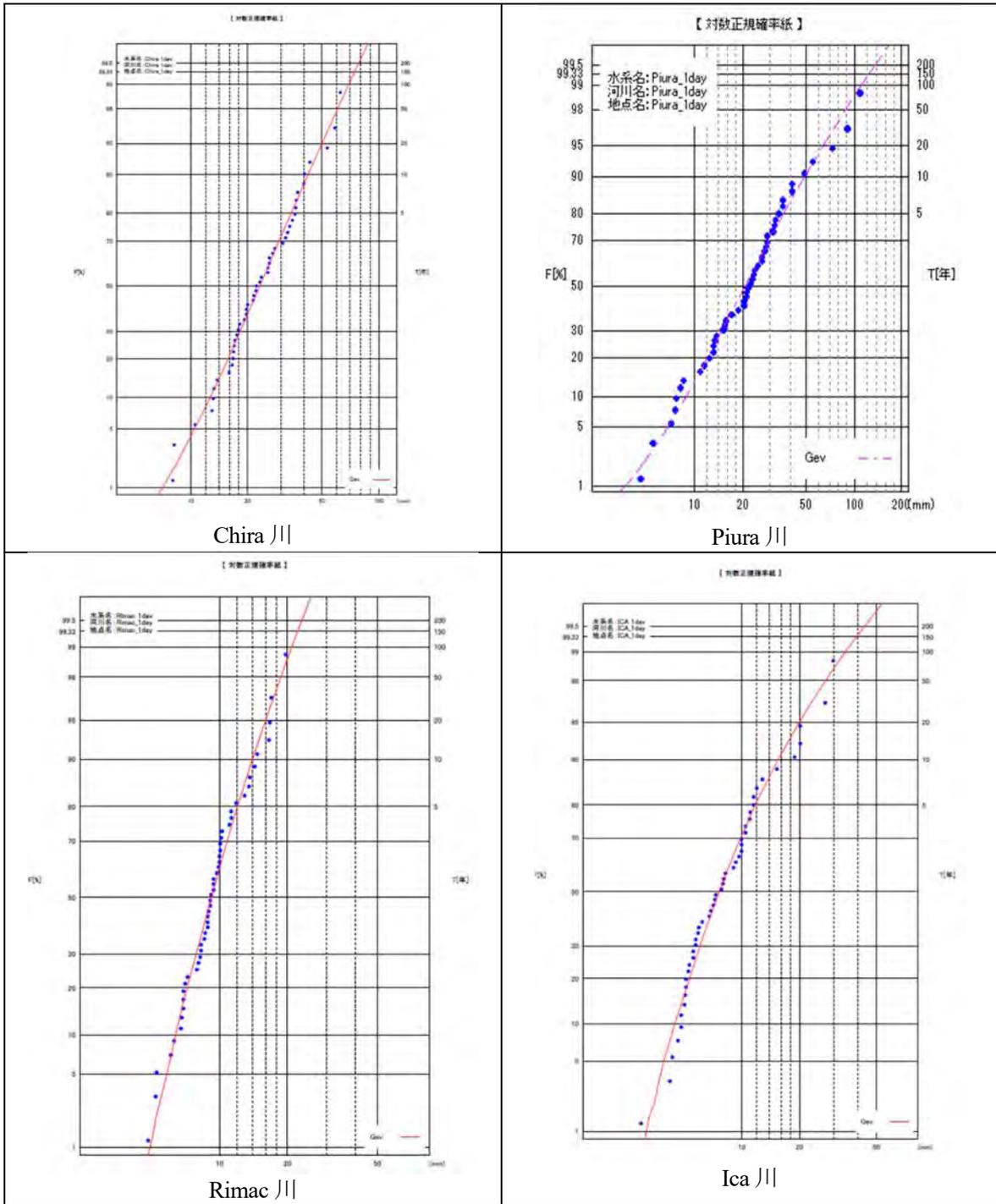


図 5.1.4 降雨解析結果(1/3)

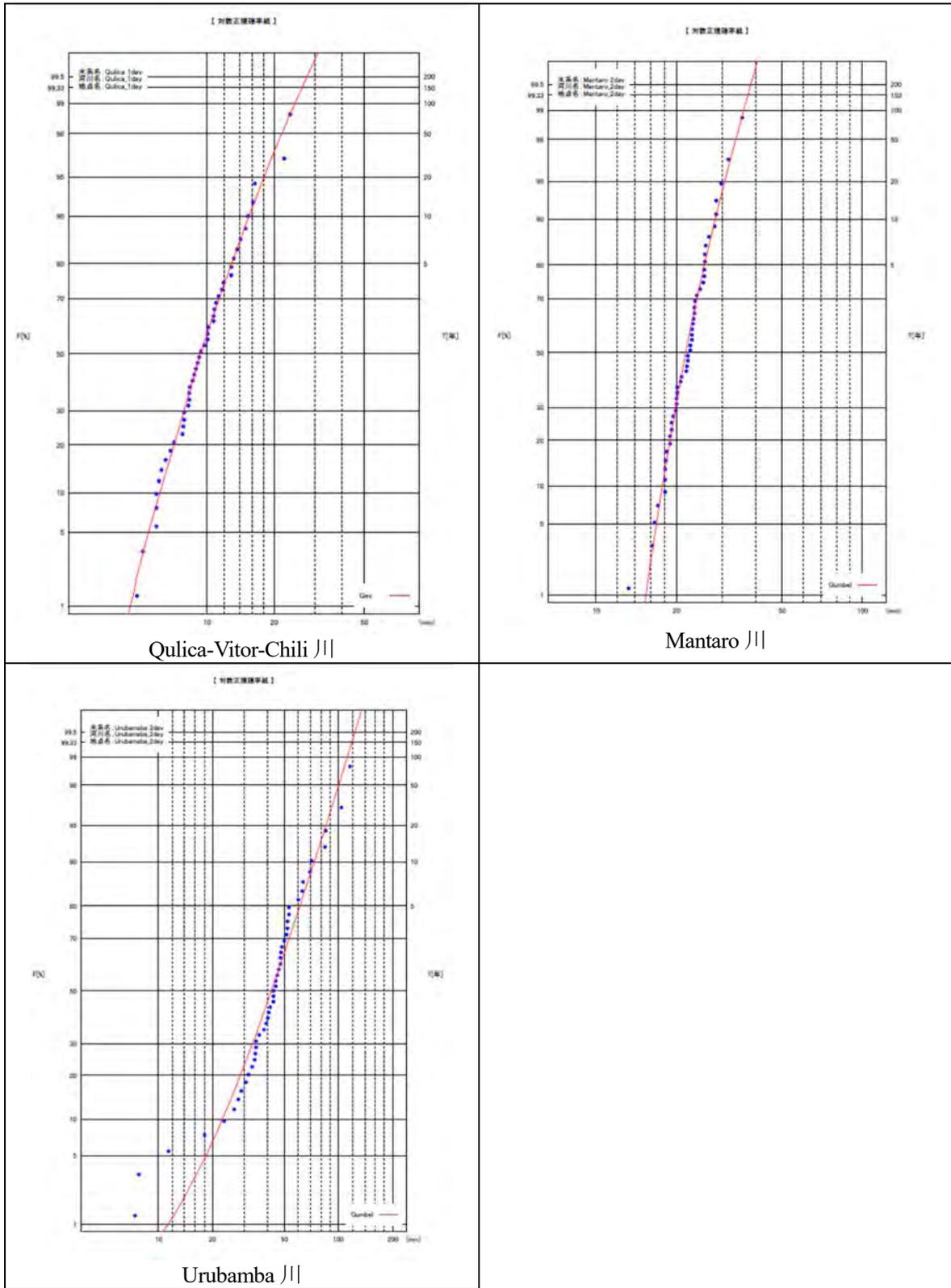


図 5.1.5 降雨解析結果(2/3)

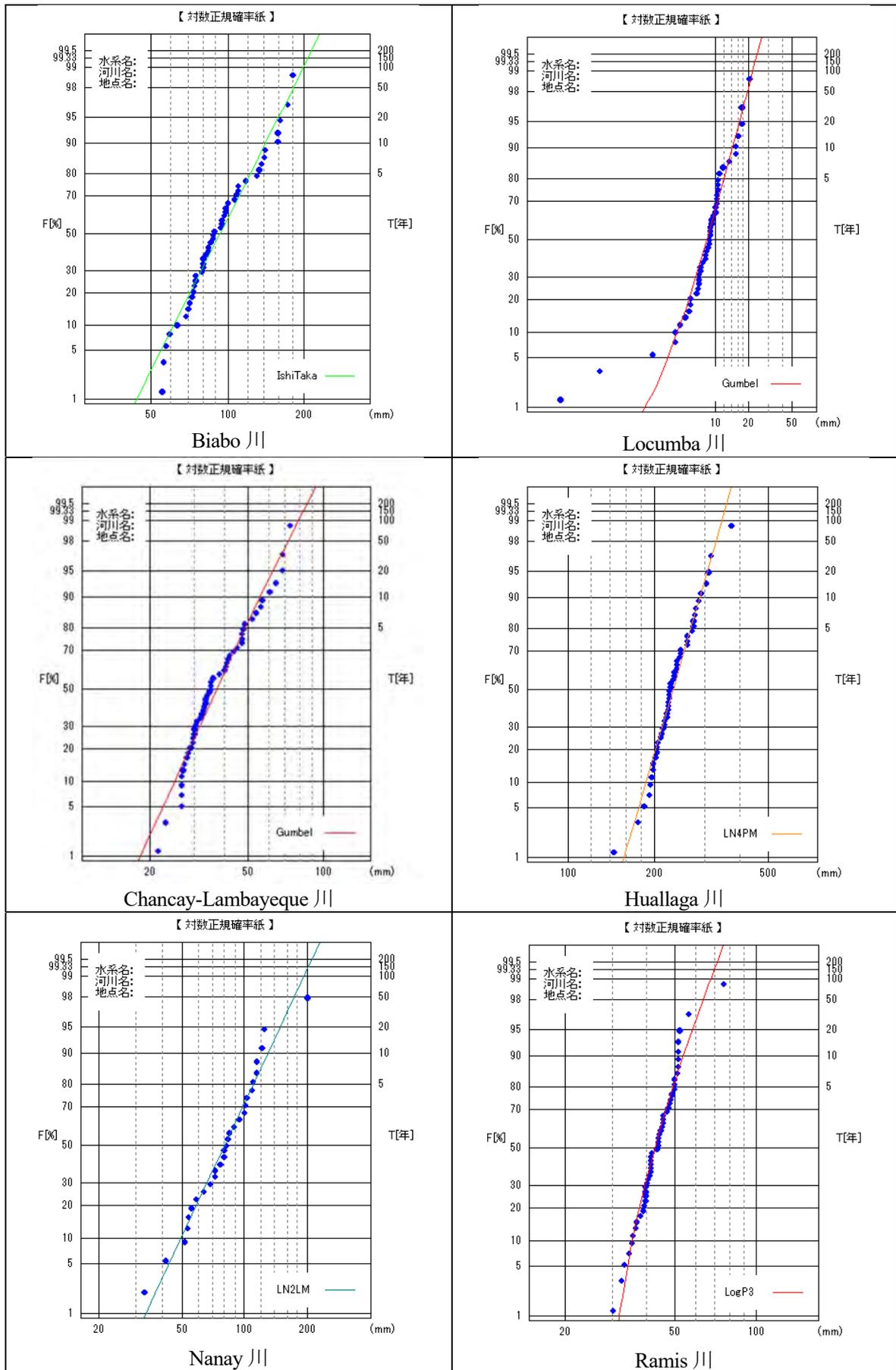


図 5.1.6 降雨解析結果(3/3)

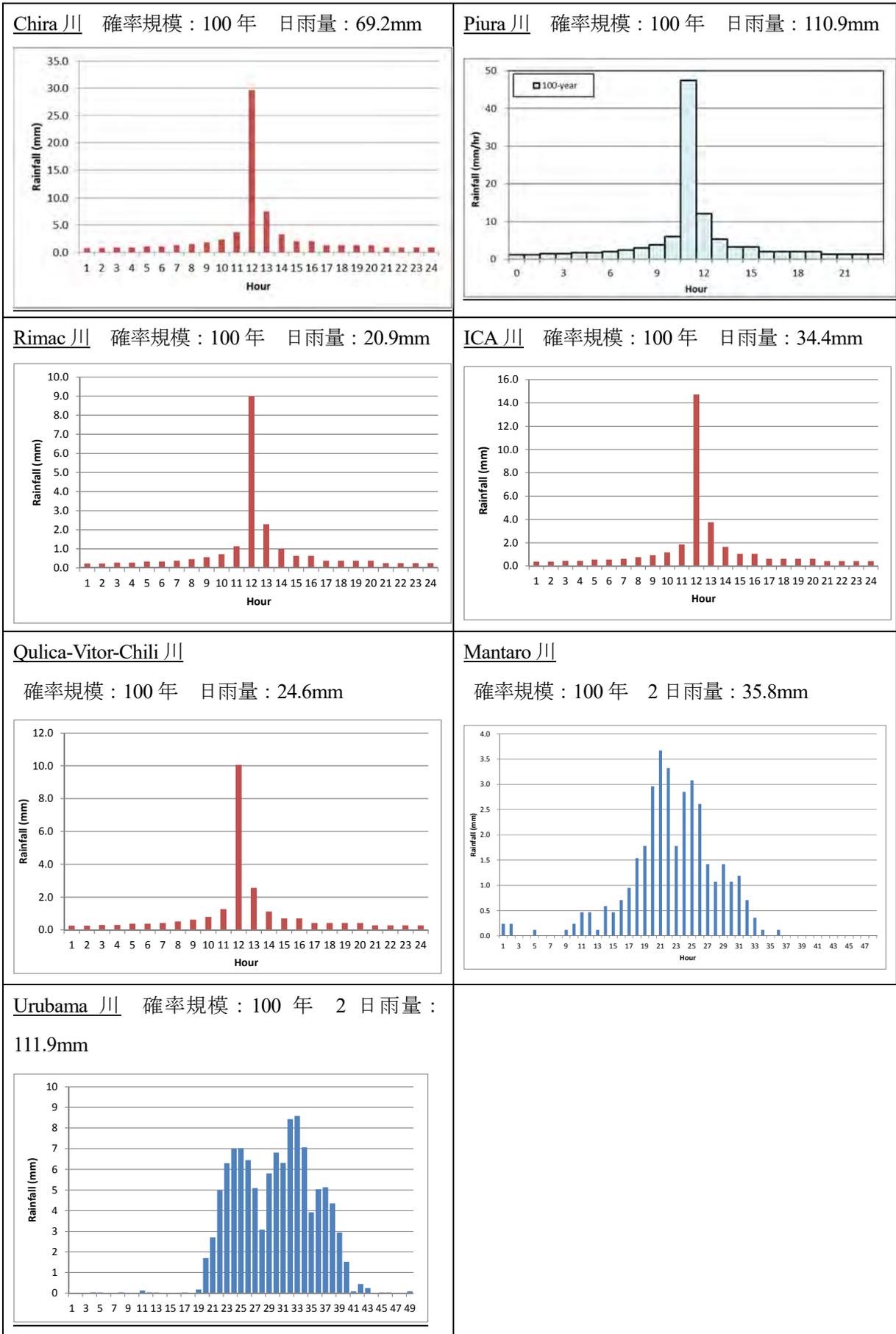


図 5.1.7 100年確率降雨波形 (1/2)

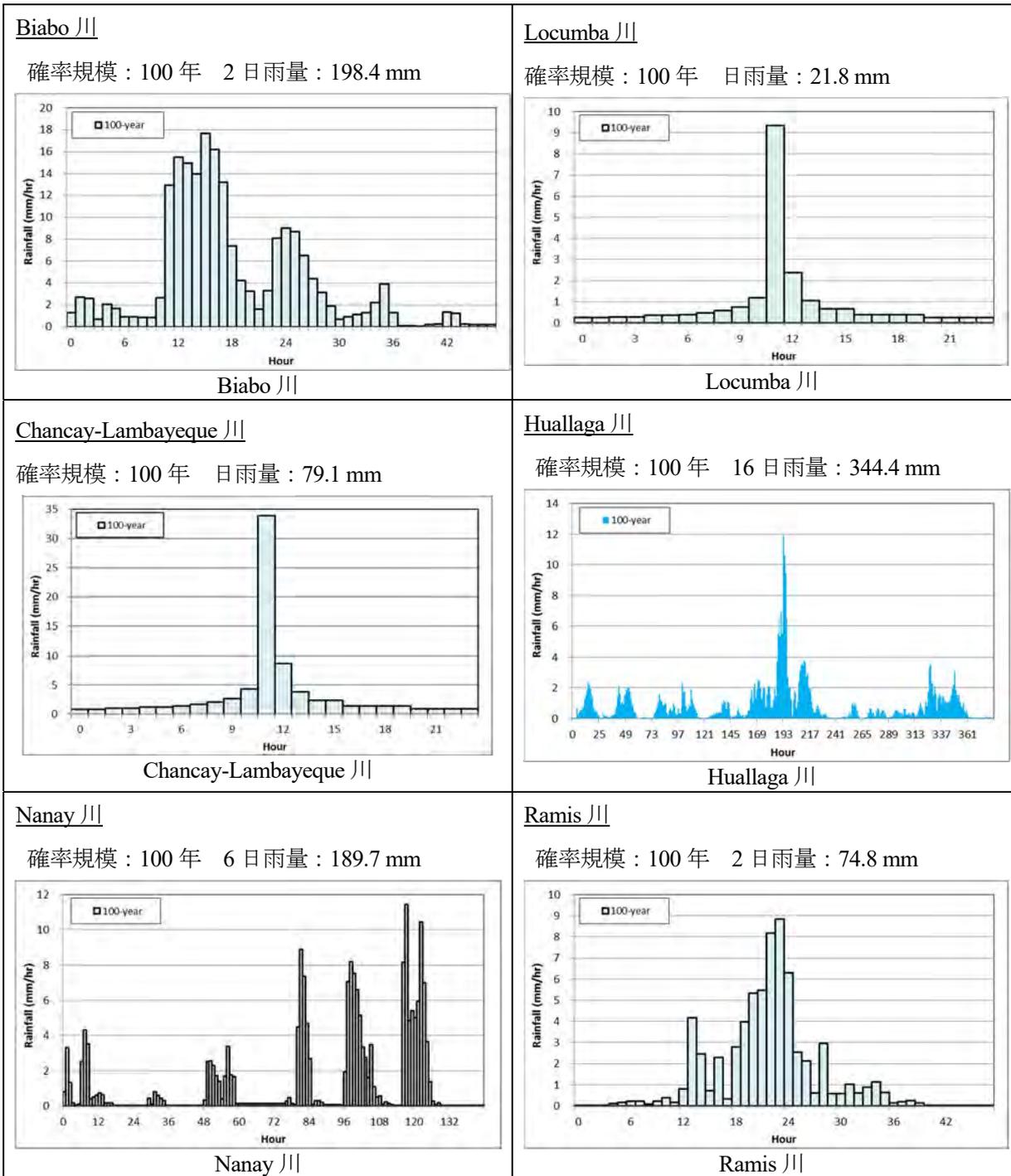


図 5.1.8 100年確率降雨波形 (2/2)

第6章 現場踏査の実施

6.1 現場踏査の目的

第3章において選定された優先対策流域、6流域を中心とし、

- 概算事業費算定に用いる洪水対策（ハード対策）内容の確認；ならびに
- 同対策案の概算事業費が現場に即したのか確認

をするために、第1次及び第2次現地調査時に現場踏査を実施した。

2017年洪水後に実施した洪水被害・ニーズ調査の現地踏査結果は別途13章に示している。

6.2 現場踏査の概要

現場踏査は、各調査対象流域に対し、それぞれ2~3日程度を掛けて、

- 過去洪水が発生した箇所；
- 現地において河川管理に問題を抱えている箇所；及び
- 必要に応じて現地のAAA、ALA並びに地方自治体関係者へのヒアリング

を行った。また、それぞれの現場踏査では、ANA及び現地の対象流域を管理するAAA並びにALAの協力を得て実施した。

以下に本調査で現場踏査を実施した流域、その工程を以下に表6.2.1として示す。

表 6.2.1 現場踏査実施工程概要

現場踏査実施流域	工程	備考
Piura-Chira	2016年5月11~12日	優先流域
Rimac	2016年8月15~16日	優先流域
Ica	2016年8月17~18日	優先流域
Mantaro	2016年8月22~24日	優先流域
Huallaga	2016年8月15~17日	優先流域
Urubamba	2016年8月29~31日	優先流域
Nanay	2016年8月30~9月1日	モデル流域の代表として選定されている河川であるが、大河川（Amazon川）の流域の背水の影響を受け、流域内のIquitos市等が他の流域とは異なる特徴のある洪水形態を持っているため、ANAからの要請もあり、現場踏査を実施

出典:調査団作成

6.3 現場踏査結果

以下に各流域に纏めて、現場踏査結果の概要を示す。これらの現場踏査の聞き取り結果を第7章の流出・氾濫解析及び第9章優先対策流域及びモデル流域における洪水対策案の策定の検討の基礎資料の1つとする。

6.3.1 Piura-Chira 川流域

(1) Piura-Chira 川流域における治水対策事業の実施

ピウラ川およびチラ川については、洪水対策として堤防が整備されており、ここ数十年越流による洪水被害は発生していないとの見解もある。「渓谷村落洪水対策事業準備調査」によれば、一部の区間が堤防の建設等により1/50年に対応している。これらの内容は、第7章で実施する「流出・氾濫解析」

検討において考慮する。また、13章において別途2017年洪水後に実施した現地踏査結果も第7章の「流出・氾濫解析」検討では考慮している。

(2) Piura-Chira 川流域における内水氾濫による洪水の発生

地方政府関係者のヒアリングによると、ピウラ市の洪水問題は、内水氾濫（排水システムが不十分または小支川の氾濫）が現在は主たる洪水被害とのことである。

これらの結果は、第7章で実施するRRIモデルによる解析では、正確な被害等が明確にはならない可能性がある。このため、必要に応じて別途考慮する必要がある。

(3) Piura-Chira 川流域における1998年洪水の状況

現地の関係者より1998年の洪水状況を聞き取り（下図6.3.2参照）を行った。関係者によると、Piura市の低地が洪水により浸水した。市の中心部は、それまでに建設された堤防により洪水氾濫はしなかった、とのことであった。

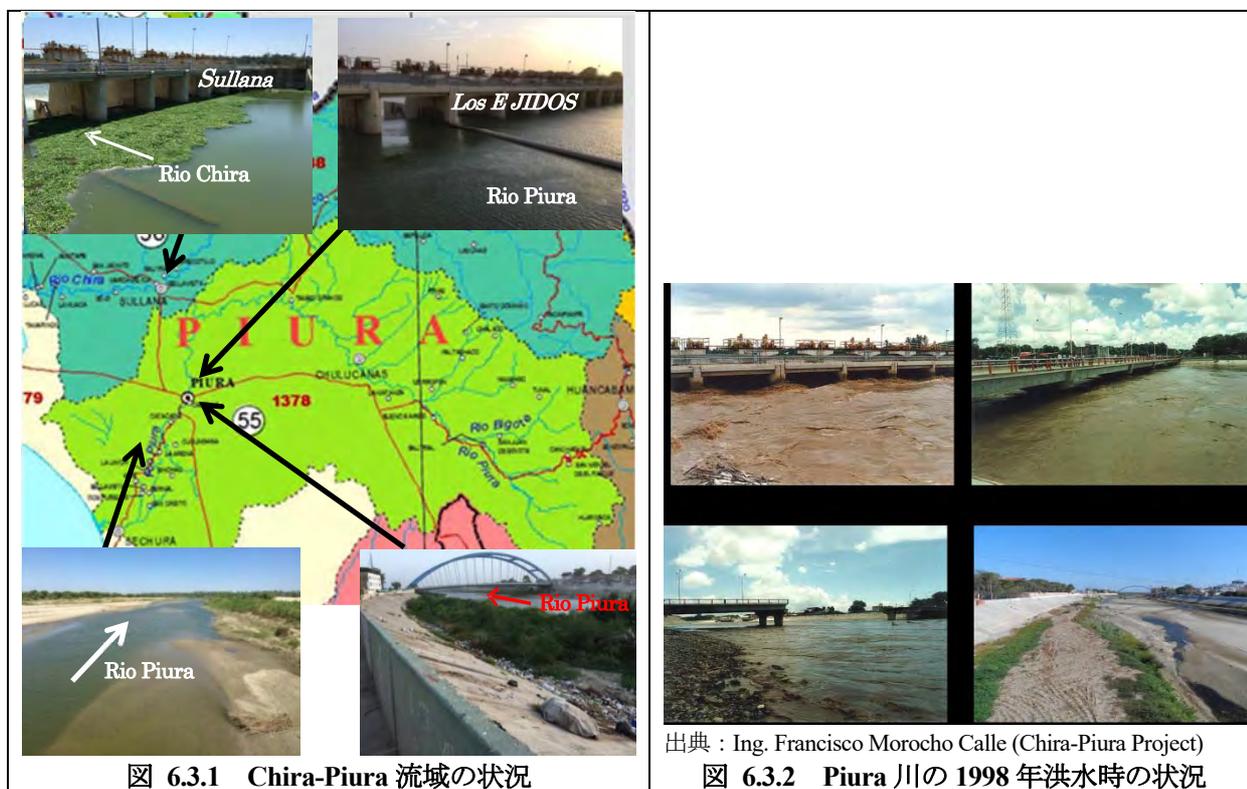


図 6.3.1 Chira-Piura 流域の状況



出典：Ing. Francisco Morocho Calle (Chira-Piura Project)
図 6.3.2 Piura 川の1998年洪水時の状況

6.3.2 Rimac 川流域

(1) 現在のRimac 川流域の洪水被害状況

Rimac 川本川では、中上流部において洪水被害が頻発している。一方、最下流部のCallaoは低平地ではあるものの、既に河川沿いにコンクリートのParapet Wallが建設されており、洪水のリスクは小さい。

Rimac 川本川における洪水常襲地域をまとめると以下の表6.3.1に示す地域である。

表 6.3.1 Rimac 川本川洪水被害概要

Municipality	地名	洪水状況
Matucana	Guaripache	約 1,000m 区間において洪水が Rimac を Overflow し、約 50 世帯が被害を受けている。
San Mateo	Pite	約 800m 区間において洪水が Rimac を Overflow し、約 100 世帯が被害を受けている。 国道 95Km 付近では 1998 年に大洪水が発生した。 洪水が発生すると通行できない橋梁が 2 橋ある。
	Sucro	河岸の Erosion 被害が大きい。
Santa Eulalia	-	Rimac 川沿いには上水の取水口があるが、洪水になると被害を受けている。この上水施設の被害によって影響を受けるのは、約 7,000 世帯である。
	-	洪水対策のための堤防・護岸が建設されている箇所もあるが、Erosion の被害によって洪水のリスク、橋梁の被害のリスクが高まっている。
Chosica	Maria Paradp de Bellido	洪水対策のための堤防・護岸が建設されたが、Erosion の被害によって、洪水のリスクがまた高まっている。現在被害リスクがあるのは約 500 世帯と算定されている。
Chaclacayo	Hijo de Santa Ines	洪水が発生すると周辺が冠水する。現在、住宅省が Rimac 川の河床掘削を実施中
	Bridge Bayli 周辺	非正規居住者が河道を縮小させている。

出典:調査団作成

また、今回のヒアリングにおいて確認できた小流域 (Quebrada) からの土砂流出による Rimac 川への影響を確認できたのは以下の表 6.3.2 に示す 2 箇所である。

表 6.3.2 Rimac 川における小流域 (Quebrada) 土砂災害頻発地域

Municipality	Quebrada	被害状況
Matucana	Paiwa	土砂生産・流出が多く、周辺地域に土砂被害を与えている。
	Chukumayo	土砂生産・流出が多く、Rimac 川下流の Wariquina 地区の 70 世帯に土砂災害を頻発させている。
Chosica	Rayos del Sol	Erosion によって、約 200 世帯が危険に曝されている。

出典:調査団作成

(2) 洪水被害状況の整理

Rimac 川における洪水被害の状況を整理すると以下の図 6.3.3~図 6.3.9 に纏められる。

■ Rio Rimac field survey _ No.1 San Mateo



出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.3 Rimac 川 San Mateo 周辺の河岸の状況

■ Rio Rimac field survey _ No.2 Matucana



出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.4 Rimac 川 Matucana 周辺の河岸の状況

■ Rio Rimac field survey _ No.3 Suruco



- 橋梁基礎付近の浸食がはげしい
- 早急な架け替えが必要とALAも認識している。
- 橋梁付近の浸食が特に目立っている。

出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.5 Rimac 川 Sucro 周辺の河岸の状況

■ Rio Rimac field survey _ No.4 San Bartolome



- 路線（鉄道）の標高が低く、洪水時には浸水してしまう。

- 取水設備があり、水位が1m上昇すると取水に問題がでてい

出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.6 Rimac 川 San Bartolome 周辺の河岸の状況

■ Rio Rimac field survey _ No.5 Chosica



- 近隣住民へヒアリング調査を実施したところ、エルニーニョのときは左岸側のエリアは浸水している。
- 湾曲部の浸食が進んでいる。

出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.7 Rimac 川 Chosica 周辺の河岸の状況

■ Rio Rimac field survey _ No.6 Chaclacayo



- 2015年に Ministry of housing が河道浚渫を実施し、浚渫した石を使用し堤防を建設している。
- その他に、近隣住民が作った堤防も見られる。
- 左岸側のエリアには約 100 世帯が住んでいる。

出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.8 Rimac 川 Chaclacayo 周辺の河岸の状況

■ Rio Rimac field survey _ No.7 Ate



出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.9 Rimac 川 Ate 周辺の河岸の状況

6.3.3 Ica 川流域

(1) 現在の Ica 川流域の洪水被害状況

AAA によると、Ica 流域は洪水被害の特徴で 2 つの地域に分類され、1 つは河川洪水被害の対象地域である、Zone Ica であり、もう 1 つは排水不良による被害を受ける Zone Ocunaga である。

現在の Ica 川の流下能力は平均約 300m³/s であり、大雨時には 700m³/s が流下するとの想定がある、との事である。1998 年洪水では、15,000 軒の住宅が洪水により被害を受けた。

現在 AAA が認識する、最も洪水リスクの高い地区は以下の 2 地区であると想定している。

表 6.3.3 Ica 川流域における AAA が認識する高洪水リスク地区

地区名	説明
Santiago Area	Cantara Bridge 周辺の農地が浸水する。家屋への影響は少ないと想定している。
Ocunaga Area	Tambole Bridge 周辺の洪水リスクが高い。主に農地が浸水する。地元住民はコンクリートの護岸より Gabion 製の護岸を希望している。

出典：調査団

また、Ica 川下流地域では洪水被害ではないが、塩害の被害も受けている。

(2) 現在の Ica 川流域における治水事業

2016年9月現在、Ica川流域では、以下の2つの治水事業が実施中または計画されている。

- Batea Comezango Project
- Casa Blanca Project

以下にそれぞれ2つのプロジェクトの概要を示す。

(a) Batea Comezango Project

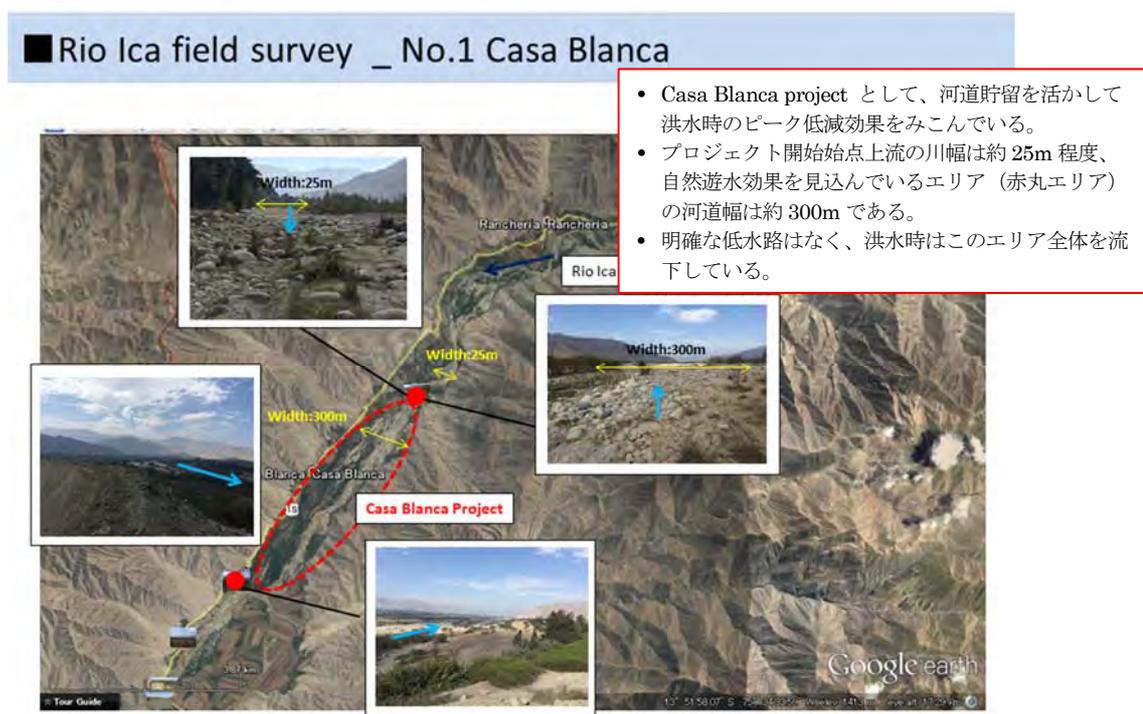
このプロジェクトは遊水地の建設プロジェクトであり、合わせて洪水後には貯水された水を灌漑に利用する。Batea Comezango 地区の Ica 川左岸に小さな溜池を約 60 個建設し、各溜池には流入部と排出口にはゲートを設置することにより、貯水された水を最大限に有効に利用する計画となっている。既に掘削工事を開始しており、総概算事業費は USD 1 million である。

(b) Casa Blanca Project

この事業も遊水地建設事業であるが、Batea Comezango より大規模な事業であり、総概算事業費は USD 8 million と想定されている。幅 300m、長さ 7km、有効水深 3m の遊水地を建設する計画となっている。現在測量を実施している段階でまだ工事は開始されていない。

(3) 洪水被害状況及び治水事業の概要

Ica 川における洪水被害の状況と治水事業の概要を整理すると以下の図 6.3.3~図 6.3.9 に纏められる。



出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.10 Ica 川 Casa Blanca 周辺の河岸の状況

■ Rio Ica field survey _ No.2 San Jose de los Molinos



出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.11 Ica 川 San Jose de los Molinos 周辺の河岸の状況

■ Rio Ica field survey _ 3. San Juan Bautista



出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.12 Ica 川 San Juan Bautista 周辺の河岸の状況

■ Rio Ica field survey _ 4. Santiago

- 堤防がつくられているが、上流とちがい礫があまりないので、砂で築堤している。
- そのため、堤防の強度は弱い。場所により建設材料の調達の問題も出てきている。

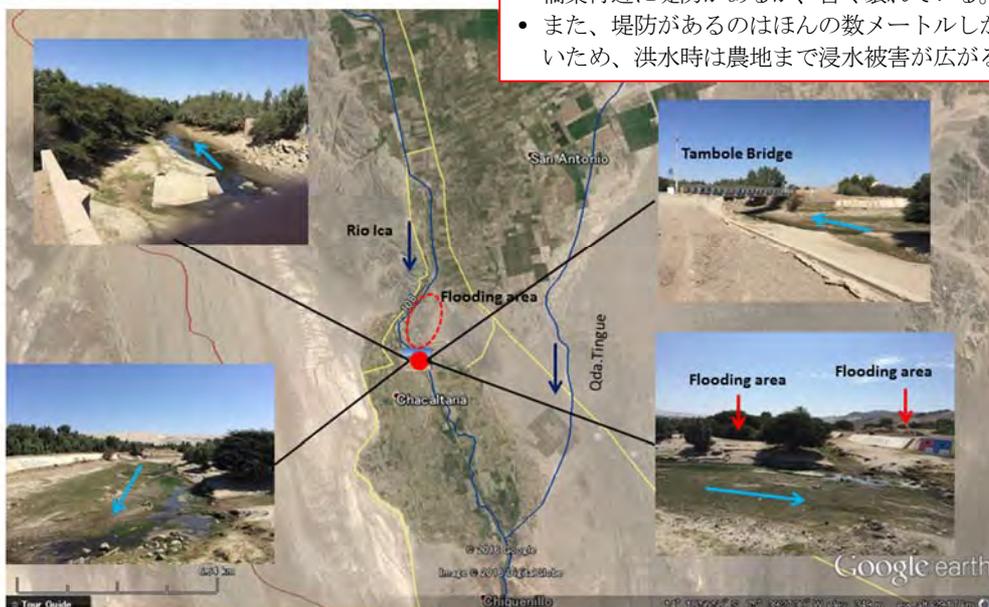


出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.13 Ica 川 Santiago 周辺の河岸の状況

■ Rio Ica field survey _ 5. Ocucaje

- 橋梁付近に堤防があるが、古く壊れている。
- また、堤防があるのはほんの数メートルしかないため、洪水時は農地まで浸水被害が広がる。



出典：基図 Google Earth に調査団が追記

図 6.3.14 Ica 川 Ocucaje 周辺の河岸の状況

6.3.4 Huallaga 川流域

(1) 現在の Huallaga 川流域の洪水被害状況

当調査で対象とする Huallaga 川は AAA Hullaga によって管理され、さらに 5 つの ALA によってその管轄流路区分ごとに管理されている。この内、Huallaga Central と呼ばれる ALA が最も多くの流路を管理し（約 42%程度）、流域内資産も多く近年洪水被害も頻発している。

ALA Huallaga Central 管轄内では、主に以下の 2 つの地域；

- Rio Cisa;
- Rio Hullaga 本川沿い（Picota~Bellavista）

が洪水頻発地域である。以下に Rio Cisa と Rio Huallaga の洪水常襲地域の写真を示す。

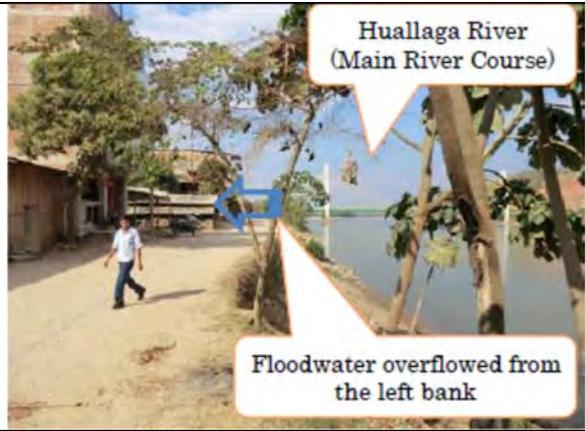
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	7	04	6.612	256.9
	Lon.	76	35	8.0339	
Comment: 2015 年の洪水ではこの河岸を洪水が Overflow した。					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	6	59	34.68	238.5
	Lon.	76	25	4.2299	
Comment: 2015 年の洪水時には町の中心部まで浸水した。					

図 6.3.15 Huallaga 川本川の洪水被害状況

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	7	04	6.612	256.9
	Lon.	76	35	8.0339	
Comment: 2015 年の洪水ではこの河岸を洪水が Overflow した。					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	6	59	34.68	238.5
	Lon.	76	25	4.2299	
Comment: 2015 年の洪水時には町の中心部まで浸水した。					

図 6.3.16 Huallaga 川本川の洪水被害状況

6.3.5 Mantaro 川流域

Mantaro 川では、流域中央の主要都市である Huancayo や Jaura 地区内の河道沿いにおいて洪水被害が頻発している。加えて、上中流部では河川勾配が急であり高速流が発生しやすいことから河岸侵食も問題となっている。

Mantaro 川における洪水被害状況を以下の表 6.3.4 に示す。

表 6.3.4 Mantaro 川洪水被害概要

Municipality	地名	洪水状況
Chupaca	Huamancaca	洪水の発生頻度は高くないが、エルニーニョなどの異常洪水時には被害が発生する。洪水時の河道の最大水深は 10m 程度になる。地方政府による堤防建設がある程度実施されている。河川沿いの不法居住が問題となっている。
	Huayucachi	建設用土砂の投棄が多くみられ、洪水の流下が阻害されている。
Conception	Mito	洪水被害が頻発する地域であり、河川沿いの農業地域が浸水する。代表的な洪水は 1998 年、2010 年に発生している。建設用土砂の投棄が多くみられ、洪水の流下が阻害されている。河岸侵食による農地の消失も問題となっている。
Jaura	Huaripampa	洪水常襲地域であり、地方政府による堤防建設がある程度進んでいる。
	Parco	毎年のように洪水被害が発生し、付近の家屋の多くが浸水する。また付近にある主要高速道路も、洪水によって頻繁に浸水する。

出典:調査団作成

Mantaro 川における洪水被害の状況を整理すると以下の図 6.3.17~図 6.3.20 に纏められる。

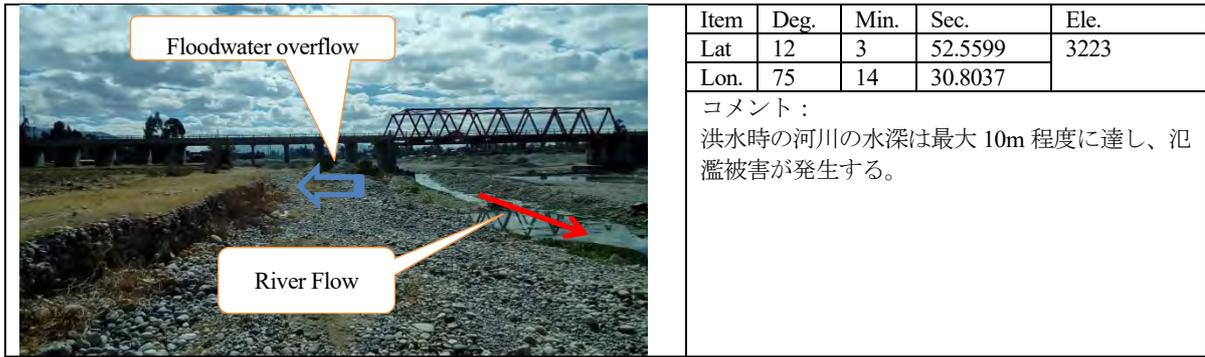


図 6.3.17 Mantaro 川 Huamancana の状況

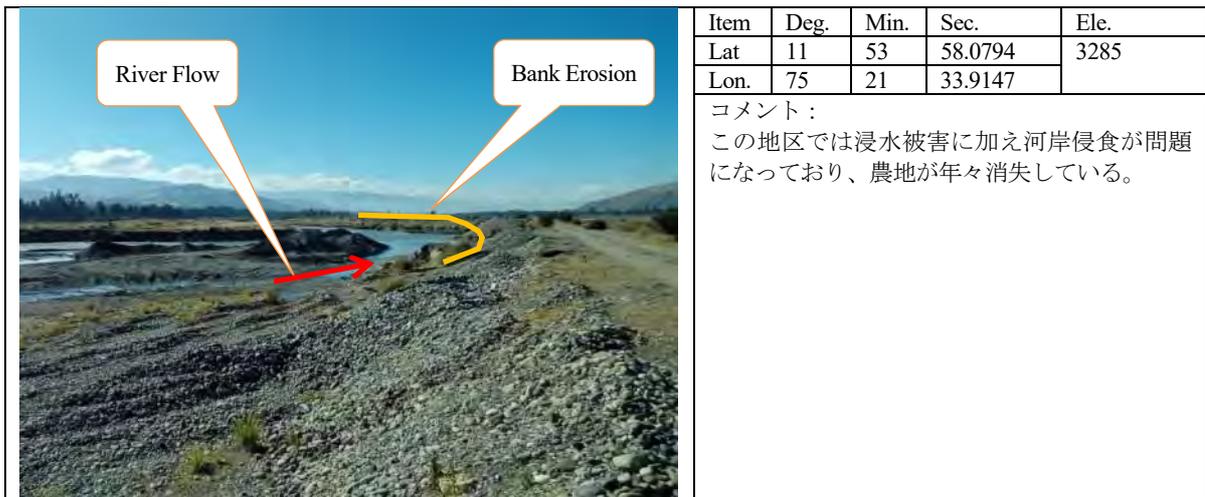


図 6.3.18 Mantaro 川 Mito の状況

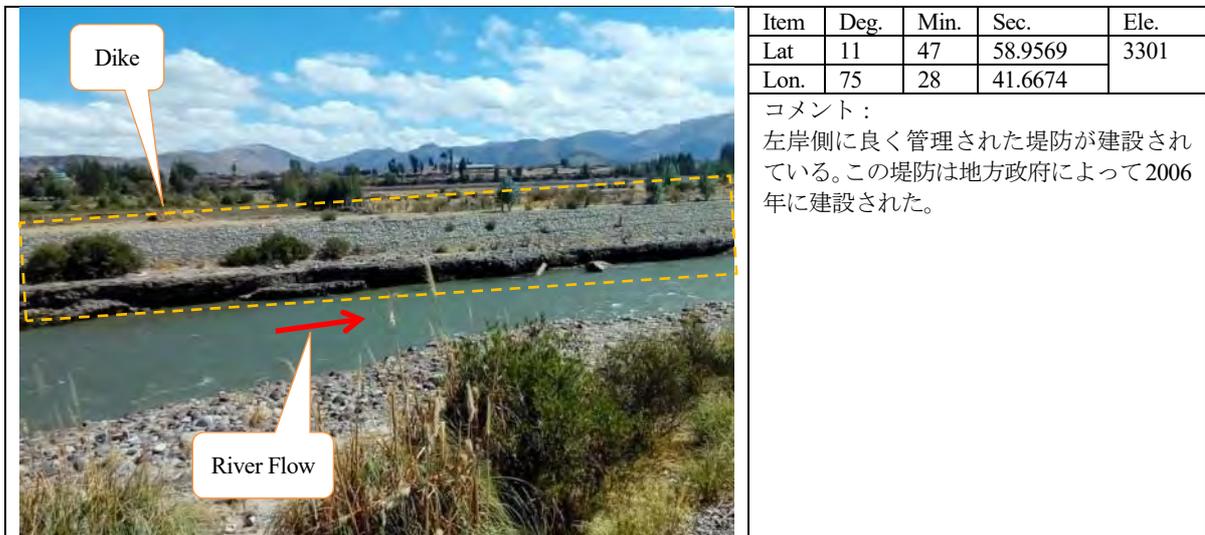


図 6.3.19 Mantaro 川 Huaripampa の状況

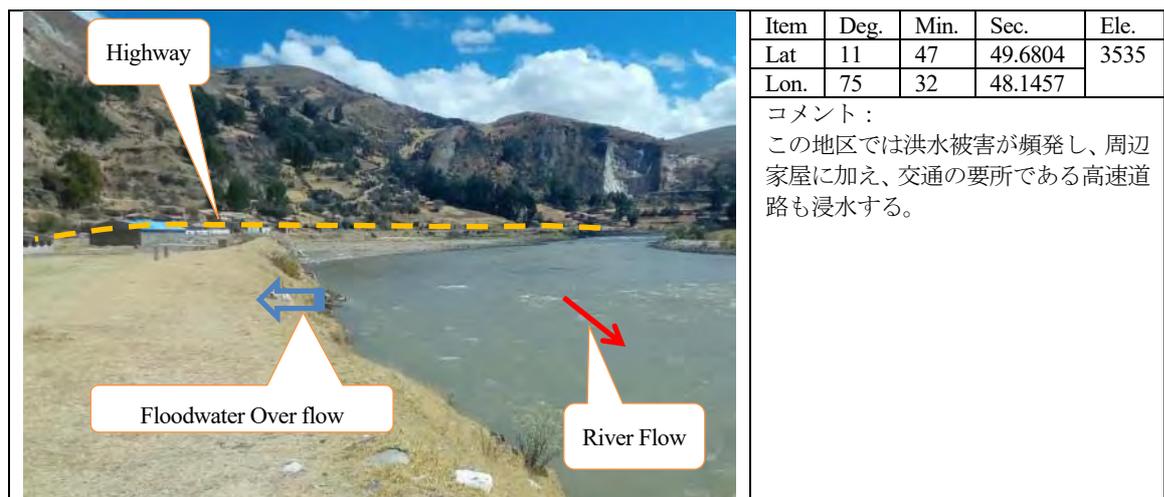


図 6.3.20 Mantaro 川 Parco の状況

6.3.6 Urubamba 川流域

Urubamba 川流域では、2010 年に大規模な洪水被害が生じており、その後地方政府による洪水対策が部分的に進められている。また支川における土砂災害が問題視されている。

Urubamba 川における洪水被害状況を以下の表 6.3.5 に示す。

表 6.3.5 Urubamba 川洪水被害概要

Municipality	地名 / 河川名	洪水状況
Quispicanchi	Rio Lucre	2010 年に洪水被害が発生しており、その後部分的に堤防建設が進められている。河道拡幅に対する地域住民の反対があり、実施が困難な区間がある。
	Quebrada Huaro	土砂災害 (Huayco) による災害が頻発している。
	Rio Vilcanota	洪水頻発エリアであり、2010 年洪水時にも被害が生じた。
Quiquijana	Quebrada Huaraypata	土砂災害 (Huayco) による災害が頻発しており、2010 年に過去最大の被害が発生した。河川沿いに農地が広がっている。
Canchis	Sicuni	2010 年の洪水時に農地が浸水したほか、2010 年および 2015 年の洪水時に橋梁が損傷した。河道浚渫が AAA および ALA によって推奨されているものの、具体的な河道の設計は行われていない。
	Malangani	河道が狭く、洪水被害が発生しやすい。河道沿いにスタジアムやレクリエーションスペースの建設が地方政府によって進められている。
Calca	Pisac	2010 年洪水時には河川氾濫によって大規模な洪水被害が生じた。その後、堤防の建設が一部で実施されている。
Urubamba	Huauclay Bamba	2010 年洪水時に Vilcanota 川の狭窄部において越水が生じた。その後河川沿いに小規模な堤防が建設された。AAA/ALA は堤防および護岸の建設をこの地区に提案している。

出典:調査団作成

Urubamba 川における洪水被害の状況を整理すると以下の図 6.3.21~図 6.3.28 に纏められる。

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	38	9.1019	3113.9
	Lon.	71	44	14.766	
<p>コメント： 2010年の洪水後、コンクリートのパラペット堤が建設された。 河床の浚渫作業が地方政府によって実施されている。</p>					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	38	16.7699	3125.9
	Lon.	71	44	22.0199	
<p>コメント： AAA/ALAによって河道の浚渫が推奨されている区間。</p>					

図 6.3.21 Urubamba 川支川 Rio Lucre の状況

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	41	24.9119	3189.6
	Lon.	71	38	35.7800	
<p>コメント： 高速道路上から上流方向を撮影した写真。 2010年洪水の後、両岸に堤防が建設された。</p>					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	41	24.786	3170.2
	Lon.	71	38	35.706	
<p>コメント： 高速道路上から下流方向を撮影した写真。 2010年洪水の後、両岸に堤防が建設された。</p>					

図 6.3.22 Urubamba 川支川 Quebrada Huaro の状況

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	43	47.4959	3147.3
	Lon.	71	36	5.1240	
<p>コメント： 2010年の洪水時に被害が生じた地域。</p>					

図 6.3.23 Urubamba 川支川 Rio Vilcanota の状況

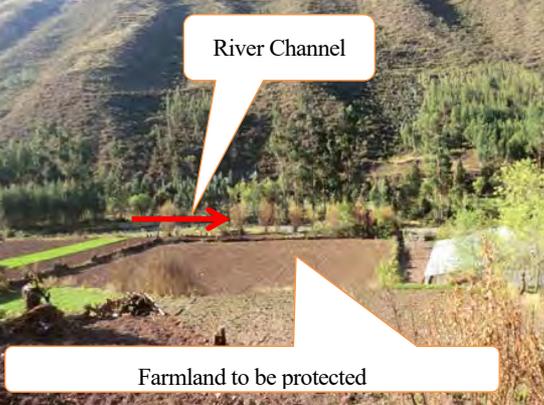
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	45	54.6900	3297.7
Lon.	71	35	58.1520	<p>コメント： 下流から上流から撮影した写真。</p>	
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	46	3.1680	3312.3
	Lon.	71	35	32.4420	

図 6.3.24 Urubamba 川支川 Quebrada Huaraypata の状況

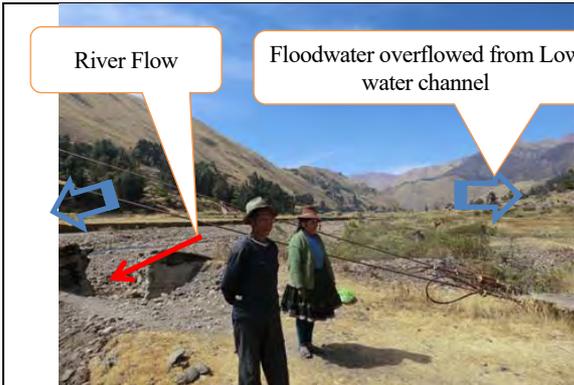
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	14	22	55.8119	3750
Lon.	71	08	14.2740		
コメント： 2010年の洪水時に河道沿いの農地が浸水した。					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	14	22	55.8720	3750
Lon.	71	08	14.5020		
コメント： 過去の洪水で橋梁が破壊されている。雨季には地域の子供たちが学校に行けないなどの弊害が生じている。 橋梁は1980年代に建設された。					

図 6.3.25 Urubamba 川 Sucani の状況

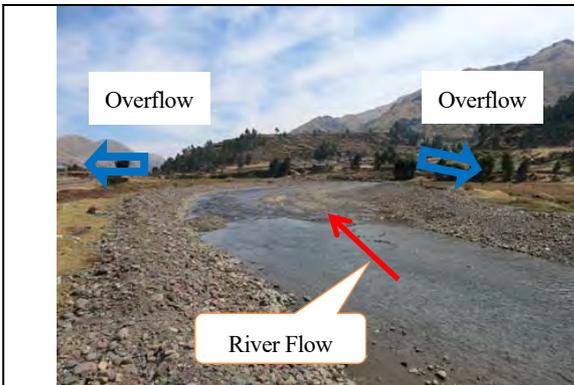
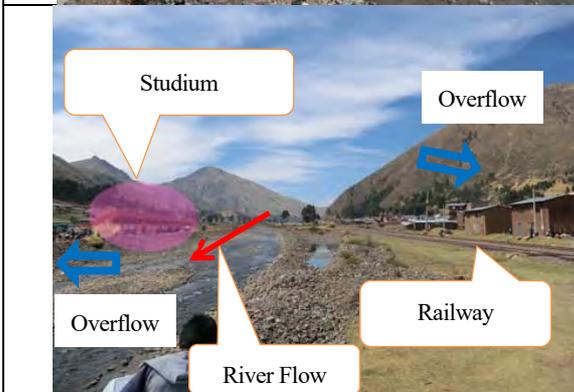
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	14	21	18.6959	3687.1
Lon.	71	10	18.6959		
コメント： 2010年洪水時に周辺の農地は全て浸水した。					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	14	21	18.6900	3686.1
Lon.	71	10	1.7699		
コメント： 河道沿いにスタジアムやレクリエーションスペースの建設が地方政府によって進められている。					

図 6.3.26 Urubamba 川 Malangani の状況

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	25	25.5179	2966.4
	Lon.	71	50	57.9899	
<p>コメント： 川幅は約 40m 程度である。 2010 年洪水時にはパラペット堤が建設されておらず、越水が生じた。</p>					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	25	24.7920	2997
	Lon.	71	51	3.9720	
<p>コメント： 2010 年洪水時には架け替え前の橋梁や付近の警察署などが重大な被害を受けた。その後、2014 年に新たに橋梁が建設された。橋梁の延長は 30m 程度である。</p>					

図 6.3.27 Urubamba 川支川 Pisac の状況

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	20	7.8899	2886
	Lon.	72	03	46.7999	
<p>コメント： 川幅は 35m 程度である。 付近の住民は移転に反対している。</p>					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	13	20	7.9740	2899.3
	Lon.	72	03	46.4159	
<p>コメント： 住民は河道の狭窄部付近に住んでいる。家屋移転には反対している。</p>					

図 6.3.28 Urubamba 川 Huauilly Bamba の状況

6.3.7 Nanay 川流域

(1) Nanay 川流域の洪水被害状況

Nanay 川の水位上昇は Amazon 本川からの背水によって生じ、水位の高い状態は数ヶ月持続する。Iquitos の市街地は標高の高い場所に立地していることもあり浸水リスクは低い、Iquitos の周辺に立地する集落の多くが毎年のように浸水被害を受けている。

Nanay 川における洪水被害状況を以下の表 6.3.6 に示す。

表 6.3.6 Nanay 川洪水被害概要

Municipality	地名	洪水状況
Iquitos	Calle Putumayo	Nanay 川からの氾濫流が到達し、浸水深は約 5m に及ぶ。
	Morona Cocha	洪水時には高台にある道路の直下まで水位が上昇し、多くの集落が毎年のように浸水する。
	Pampachica	Nanay 川沿いに集落が立地しており、洪水時にはほとんどの家屋が浸水する。

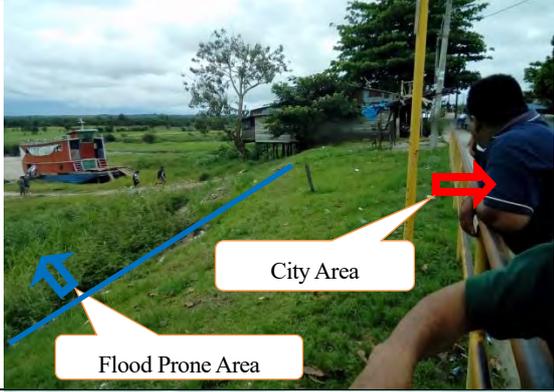
出典:調査団作成

Nanay 川における洪水被害の状況を整理すると以下の図 6.3.29~図 6.3.31 に纏められる。



出典:調査団作成

図 6.3.29 Nanay 川 Calle Putumayo の洪水被害状況

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	73	15	55.8105	106
	Lon.	3	44	41.9824	
コメント: 氾濫流は高台にある市街地の 1m 下まで到達するものの、市街地は浸水しない。					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	73	15	55.8105	106
	Lon.	3	44	41.9824	
コメント: 洪水常襲エリアには多数の家屋が存在する。					

出典:調査団作成

図 6.3.30 Nanay 川 Morona Cocha の洪水被害状況

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	73	16	48.1604	101
	Lon.	3	45	04.4819	
コメント: Nanay 川沿いに集落が存在し、洪水時には集落内のほとんどの家屋が浸水する。 この地区では Iquitos 市による堤防の建設が計画されている。					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	73	16	47.6660	101
	Lon.	3	45	04.7163	
コメント: 洪水時には集落内のほとんどの家屋、集落中央の道路が浸水する。					

出典:調査団作成

図 6.3.31 Nanay 川 Pampachica の洪水被害状況

(2) 現在の Nanay 川流域における治水事業

Pampachica においては、Iquitos 市によって洪水対策事業（プロジェクト名：“Riverine Defense and Human Settlement Porvenir and Pampachica (Defensa Rivereña Asentamiento Humano Porvenir y Pampachica)” が進められており、1864 m の堤防建設が計画されている。概算事業費は約 12 百万ソルである。

第7章 流出・氾濫解析

7.1 流出・氾濫解析の基本方針

本調査では、優先対策流域およびモデル流域において洪水対策案の種類、規模およびその効果を概略的に検討するための氾濫解析を実施する。本調査で実施する氾濫解析においては以下の点に留意する必要がある。

- ✓ 太平洋側の流域では、急峻な山地から平野（扇状地）を形成する流域がほとんどであることから、山地河川からの洪水流出を適切に表現すること；
- ✓ アマゾン川のような自然遊水が顕著な大流域における洪水流出特性および氾濫現象を適切に表現すること；
- ✓ 河道横断データが存在しない河川においても洪水時の氾濫現象の解析が可能であること；
- ✓ 対象流域によっては水文観測データ（雨量や水位、流量）および地形情報が不足していることから、グローバルデータ（衛星標高データや土地被覆データ等）の活用を考慮すること；及び
- ✓ 将来 ANA 職員が独自に政策判断に資する解析が行えるように、操作性に優れたユーザー・フレンドリーなソフトウェアを採用すること。

上記の要件を考慮し、我が国の水災害・リスクマネジメント国際センター（ICHARM）が開発・保守を行っている降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）の使用を基本とする。

RRI モデルは、降雨を入力データとして河川流出から洪水氾濫まで一体的に解析する分布型モデルである。降雨流出と氾濫現象を同一の二次元計算グリッド上で一体的に解析することによって、一般的な分布型流出モデルでは再現の難しい低平地における流出氾濫現象の表現が可能である。また、谷底平野を有する山地域においても、計算グリッドサイズを適切に設定することで計算精度の高い解析が可能である。

しかし、河川横断形状を矩形とみなして解析する RRI モデルの特性から、河道内水位の詳細な把握、改修後の詳細な必要河川横断形状等が評価できないケースがある。この点を考慮し、既に河川横断測量を実施している河川において、より詳細な氾濫解析が求められる場合には別の氾濫解析ソフトウェアの利用も検討していたが、流域全体の河道データが整備されている河川が存在しなかったため、最終的には全ての対象流域において RRI モデルを適用している。

7.2 流出・氾濫解析条件

流出・氾濫解析における諸条件を下表（表 7.2.1）に、流出・氾濫解析計算ケース一覧を表 7.2.2 に示す。

表 7.2.1 流出・氾濫解析における諸条件

項目	内容	方針理由
上流域からの流出	複数のサブ流域から構成される河川（Huallaga 川、Ramis 川）においては、複数のサブ流域を一体的に解析し上流域から下流域への流出を考慮する。	上下流を通じた一体的な流出・氾濫過程を再現するため、サブ流域を一体的に解析する。
流域下流端の水位	Amazon 川流域で支川の計算を実施する場合には、Amazon 本川の洪水時水位データを使用する。（Nanay 川が該当する。）	平坦なアマゾン川流域における背水効果を考慮するため。
氾濫原計算グリットサイズ	計算対象流域面積に応じて、計算グリットサイズを設定する。	計算時間が数日になる場合もあることより、適切なグリットサイズを流域ごとに設定（表 7.2.3）する。
氾濫原標高データ （グローバルデータ）	衛星標高データ ASTER GDEM を基本とし、河道平面位置の再現性に応じて SRTM 等のデータをもとに標高分布を修正する。	無償で利用可能なグローバルデータであり、ANA でも用いられているため。
河道横断データ	RRI モデルにより自動推定し、その後既存横断測量もしくは空中写真にて調整する。 収集写真や現地調査結果より、確認できる範囲で堤防を設定する。	河道横断データが存在しない河川が多いため、流域面積と川幅、深さの関係式より推定する（関係式は次頁に示す）。
河道横断データ （AW3D 高精度 3D 標高データ）	河道横断データについては、上段で示すとおり、流域面積と川幅、深さの関係式より推定することを基本とするが、優先的に洪水対策が必要となる流域については、2m メッシュの衛星標高データを活用し、現況河道状況（河道幅、築堤状況等）を確認し設定する。	優先的に洪水対策が必要になる箇所、ANA でも洪水・洗掘危険箇所として重要地点と判断している場所については、衛星標高データを用いて現況河道を再現し、氾濫解析の精度を向上するため。
土地被覆データ 土壌データ	MODIS data 2008 : 2008 年時点の 500m ピッチの全世界土地被覆情報（RRI モデルで自動取り込み可能）を活用する。	無償で利用可能なグローバルデータであるため。
河道粗度	収集写真などで河道の状態を確認した上で、表 7.2.4 を参考にして設定する。	日本の基準、ガイドラインに掲載されている標準値等、妥当性の高い粗度係数を設定するため。
堤内地粗度	既往の文献（河川砂防技術基準（案）調査編）を参考とし（表 7.2.5）、流域の土地被覆状況を勘案した値を設定する。	土地被覆状況（植生等）に応じた粗度を考慮するため。
透水係数	既往の文献に基づいた（表 7.2.6）、上記土壌データごとの標準値を用いる。	土壌に応じた浸透状況を考慮するため。
その他パラメータ （土壌空隙率など）	RRI モデルの標準値を採用する。	計算結果に及ぼす影響は小さいため。また検証が困難であるため。
ダムからの放流量	ダム水位、貯水量、運用ルールを考慮した放流量を別途計算し、入力条件としてモデルに与える。	ダムの貯留効果や水収支をできるだけ正確に反映させるため、RRI モデルとは別に計算を実施する。

《流域面積と川幅、深さの関係式》

上表に示すとおり、RRI モデルでは河道横断形状を矩形と仮定した上で下記に示す経験式に基づき推定している。すなわち対象地点の流出寄与域 A [km^2] と川幅 W [m]、深さ D [m] との関係を下式 (1)、(2) のとおり表現する。

$$W = C_w A^{S_w} \dots (1)$$

$$D = C_D A^{S_D} \dots (2)$$

ここで C_w 、 S_w 、 C_D 、 S_D は対象とする河道の特性に応じて定義されるパラメータであり、本調査では現地調査による確認、ANA から収集した写真およびインターネットから収集可能な空中写真 (例えば Google Earth 等) をもとに対象地点の川幅を確認しながら設定する。

表 7.2.2 解析実施ケース一覧

河川名	降雨確率						優先対策 流域	モデル 流域
	2年	5年	10年	25年	50年	100年		
(1) Biabo	●	●	●	●	●	●		●
(2) Locumba	●	●	●	●	●	●		●
(3) Chancay-Lambayeque	●	●	●	●	●	●		●
(4) Huallaga	●	●	●	●	●	●	●	●
(5) Nanay	●	●	●	●	●	●		●
(6) Ramis	●	●	●	●	●	●		●
(7) Rimac	●	●	●	●	●	●	●	●
(8) Chira	●	●	●	●	●	●	●	●
(9) Piura	●	●	●	●	●	●	●	●
(10) Urubamba	●	●	●	●	●	●	●	●
(11) Ica	●	●	●	●	●	●	●	●
(12) Mantaro	●	●	●	●	●	●	●	●

表 7.2.3 各計算流域における計算グリットサイズ

河川名	グリットサイズ ($\text{m} \times \text{m}$)	優先対策 流域	モデル 流域
(1) Biabo	300m × 300m (10 sec)		●
(2) Locumba	300m × 300m (10 sec)		●
(3) Chancay-Lambayeque	300m × 300m (10 sec)		●
(4) Huallaga	900m × 900m (30 sec)	●	●
(5) Nanay	200m × 200m (6.6 sec)		●
(6) Ramis	600m × 600m (20 sec)		●
(7) Rimac	180m × 180m (6 sec)	●	●
(8) Chira	180m × 180m (6 sec)	●	●
(9) Piura	180m × 180m (6 sec)	●	●
(10) Urubamba	480m × 480m (16 sec)	●	●
(11) Ica	180m × 180m (6 sec)	●	●
(12) Mantaro	480m × 480m (16 sec)	●	●

表 7.2.4 マニングの粗度係数 (土木工学ハンドブックによる)

水路の種類	n の値	水路の種類	n の値
・管路		・人工開水路 (ライニングなし)	
真ちゅう管	0.009 - 0.013	土の開削水路 (直線上等断面)	0.017 - 0.025
鋳鉄管	0.011 - 0.015	土の開削水路 (蛇行した鈍流)	0.023 - 0.030
コンクリート管	0.012 - 0.016	岩盤に開削した水路 (滑らか)	0.025 - 0.035
		岩盤に開削した水路 (粗面)	0.035 - 0.045
・人工開水路 (ライニングあり)		・自然河川	
滑らかな木材	0.010 - 0.014	線形、断面とも規則正しく水深大	0.025 - 0.033
コンクリート	0.012 - 0.018	同上、過小が礫、草岸	0.030 - 0.040
切石モルタル積	0.013 - 0.017	蛇行していて、瀬淵があるもの	0.033 - 0.045
粗石モルタル積	0.017 - 0.030	蛇行していて、水深の小さいもの	0.040 - 0.055
		水草が多いもの	0.050 - 0.080

表 7.2.5 流域の状態と粗度係数 (河川砂防技術基準 (案) 調査編による)

流域の状態	粗度係数 ($m^{-1/3}$ s)
階段状に宅地造成を行った丘陵地帯	0.05
流域の一部 (15%) に宅地を含む丘陵地帯	0.1 - 0.2
階段状田畑主体流域	0.2 - 0.4
上流山地、中下流に市街地を含む階段状田畑主体流域	0.3 - 0.5
主として林相のかなりよい山地流域	0.4 - 0.8
上流丘陵地 50%、中流市街地 20%、下流低平水田 30%の流域	0.6 - 1.1
排水改良の行われていない水田地帯	1 - 3

表 7.2.6 浸透にかかる係数 (Handbook of Hydrology による)

Reference Table: Green-Ampt Infiltration Parameters for Different Soil Texture			
Soil Texture Class	K_{sv} (m/s)	ϕ	S_f (m)
Sand	6.54E-05	0.437	0.0495
Loamy Sand	1.66E-05	0.437	0.0613
Sandy Loam	6.06E-06	0.453	0.1101
Loam	3.67E-06	0.463	0.0889
Silt Loam	1.89E-06	0.501	0.1668
Sandy Clay Loam	8.33E-07	0.398	0.2185
Clay Loam	5.56E-07	0.464	0.2088
Silty Clay Loam	5.56E-07	0.471	0.2730
Sandy Clay	3.33E-07	0.430	0.2390
Silty Clay	2.78E-07	0.479	0.2922
Clay	1.67E-07	0.475	0.3163

7.3 流出・氾濫解析結果のキャリブレーション

7.3.1 既往の調査結果との比較に基づく解析結果の妥当性の確認

(1) 降雨解析結果

本調査において実施された水文・水理解析結果の検証のため、既往の調査結果である、

- ▶ペルー国溪谷村落洪水対策事業準備調査（JICA）、および
- ▶洪水制御のための原因対処報告書（Tratamiento de Cauces para el Control de Inundaciones）（ANA）

において検討された降雨量との比較を実施する。

比較においては降雨継続時間が一致していること、及び降雨特性が類似していることが必要であることから、比較対象とする流域は、24時間を降雨継続時間とする太平洋流域とし、具体的には表 7.3.1 に示した本調査対象流域7流域、既往調査での対象7流域とする。

本調査の降雨解析結果と既往の調査結果による降雨解析結果は概ね一致した傾向を示しているといえるが、Chira 流域に関しては、本調査による確率規模別降雨量に対して、既往の JICA 調査による確率規模別降雨量が大きくなっている。Chira 川流域の特性として、地域による降雨量の特性に大きな開きがあり、最も少ない地域で 50 mm 程度以下、最大で 1000 mm 程度の降雨量を記録しており、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。上記の点から、降雨解析にどの観測所を採用するかによって降雨解析結果に与える影響が大きいと推察される。

結論としては、本業では、既往調査による降雨解析結果が異なる Chira 川も含めて、RRI による流出解析結果をキャリブレーションの結果、流量観測地点での既往の実測流量履歴と近似できた本調査による降雨解析結果の数値を利用した。

表 7.3.1 確率規模別 24 時間雨量

河川名	調査名*	24 時間雨量 (mm)					
		2 year	5 year	10 year	25 year	50 year	100 year
Chira	本調査	23.2	34.1	41.8	52.3	60.5	69.2
Piura	本調査	20.7	36.3	49.5	70.2	89.0	110.9
Rimac	本調査	9.2	12.0	14.0	16.7	18.8	20.9
Ica	本調査	7.6	11.7	15.4	21.5	27.3	34.4
Qulica-Vitor-Chili	本調査	9.4	12.9	15.4	18.8	21.6	24.6
Locumba	本調査	8.4	12.0	14.3	17.4	19.6	21.8
Chancay-Lambayeque	本調査	37.1	48.3	55.8	65.2	72.2	79.1
Chira**	2013JICA	18.6	81.7	106.5	143.1	174.9	211.2
Cañete**	2013JICA	17.7	24.2	28.8	35.6	41.1	47.4
Chincha**	2013JICA	-	21.5	25.2	29.8	33.0	36.4
Pisco**	2013JICA	18.6	25.2	29.2	34.6	38.7	43.8
Yauca**	2013JICA	15.1	21.4	25.6	31.1	35.5	40.1
Majes-Camana**	2013JICA	-	30.0	36.2	44.4	51.1	58.6
Chillon**	ANA	-	-	32.0	38.8	42.8	47.7

* :調査名の内、“2013JICA”は「ペルー国溪谷村落洪水対策事業準備調査」を、“ANA”は「洪水制御のための原因対処（Tratamiento de Cauces para el Control de Inundaciones）」を指す。

** :流域平均雨量が算出されておらず、小流域毎の雨量が掲載されていたため、調査団により平均値を算出。

(2) 流出・氾濫解析結果

優先対策流域およびモデル流域（全 12 流域）における 100 年確率規模の流出・氾濫解析結果を図 7.4.1～図 7.4.12 に、その他の確率規模（50 年、25 年、10 年、5 年、2 年）の結果については、添付資料-4-1～添付資料-4-12 に示す。

また、各流域の流出・氾濫解析結果より代表地点における確率規模別の流量を表 7.3.2 に示す。代表地点には、各流域の下流区間河川沿いに位置する主要都市もしくは集落を選定している。

なお Nanay 川については洪水時には本川である Amazon 川からの背水効果が大きく下流区間においては逆流が卓越するため、逆流方向の値を示している。

表 7.3.2 代表地点における確率規模別流量

No.	流域名	代表地点	確率規模別の最大流量 (m ³ /s)						参考とする 流量 (m ³ /s)
			2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	
1	Biabo	Nuevo Lima	220	800	1,300	1,900	2,200	2,500	
2	Locumba	Locumba	90	200	230	260	350	420	
3	Chancay-Lambayeque	Eten	700	1,000	1,300	1,500	1,700	1,900	1,900 (1998 年 洪水時)
4	Huallaga	Yurimaguas	8,000	10,000	11,000	12,000	12,500	13,500	
5	Nanay	Pampachica	800	950	1,000	1,100	1,150	1,200	
6	Ramis	Taraco	650	800	850	900	950	1,000	
7	Rimac	Chosica	128	225	225	327	470	487	425 ^{※1} (100 年確 率洪水時)
8	Chira	Poecho	1,100	1,900	2,500	2,980	3,570	4,830	5,500
9	Piura	Sanchez Cerro	1,200	1,900	2,400	2,900	3,400	3,800	3,700 (1998 年 洪水時) 3,500 (2017 年 洪水時)
10	Urubamba	Quillabamba	180	180	520	965	1,260	1,730	—
11	Ica	Achirana	40	130	165	360	410	600	561 ^{※2} (100 年確 率洪水時)
12	Mantaro	Concepcion	200	350	375	423	500	525	—

※1 ANA より提供された既往検討レポート「Transmient del Cauce del Rio Rimac」より、100 年規模の流量（計算値）

※2 AAA より提供された既往検討レポート「ESTUDIO DEFINITIVO Y EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO “CONTROL DE DESBORDES E INUNDACIONES EN EL RÍO ICA Y QUEBRADA CANSAS/CHANCHAJALLA”」より、100 年規模の流量

7.3.2 現場踏査結果に基づく解析結果の妥当性の確認

優先対策流域およびモデル流域における流出・氾濫解析結果を基に、表 7.3.3 に示す流域において現地踏査を実施した。

解析結果の妥当性については、以下に示す項目について現地で可能な限り確認および情報収集を行った。

《流出・氾濫解析モデルの妥当性確認項目》

- ✓ 洪水被害常襲エリアの把握（毎年浸水被害があるエリア）
- ✓ 大規模洪水時（エルニーニョ）の浸水エリアの把握
- ✓ 洪水被害が発生した時の河川流量の把握

表 7.3.3 現地踏査実施状況および流出・氾濫解析結果との比較

流域名	解析結果と実際の洪水状況または AAA の洪水リスク認識
Chira -Piura	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1998 年のエルニーニョで、Sullana 地点で 3,700m³/s 程度であった（現地ヒアリン結果で観測データはない）。洪水時は、Sullana 地点から南下し、湖へ流入しその後流路を西向きに変え、太平洋に排水される。洪水流の一部は隣接する Lambayeque 県に流入している。 ・ Piura 川および Chira 川については、洪水対策として堤防が整備されており、ここ数十年越流による洪水被害は発生していないとの見解もあったが、「渓谷村落洪水対策事業準備調査」によれば、一部の区間が 1/50 年に対応している。）2017 年のエルニーニョによる豪雨発生時においては、Piura 市街地およびその周辺地域において大規模な浸水被害が生じている。ピウラ州政府が実施しているチラピウラ特別プロジェクト（Proyecto Especial Chira Piura）によると、この 2017 年豪雨発生時に Piura 市街に到達した洪水流量は 3,500m³/s 程度であった。 ・ 堤防整備前（1998 年以前）には、Piura 市の低地で浸水被害が生じた。 ・ 上述のチラピウラ特別プロジェクトでは、Chulucanas 付近において、Piura 中流域の低平地を活用し、遊水池案もあり、現地で遊水池の候補地点の議論が開始されている。（詳細は第 13 章にて述べる。） ・ 氾濫解析結果（100 年規模）より、Piura 市の低地に ANA が設定している洪水・洗掘危険箇所があり、その周辺は計算上浸水しているエリアとなっている。
Rimac	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大規模洪水時は上流域～中流域においては、河道沿いの住宅、農地および道路等が浸水する。 ・ 支川（Rio.Santa Eulalia）合流後の Rimac 本川は洪水による被害よりも、湾曲部の浸食が問題となっている。また、河口より約 6km までは Regional Government が堤防を建設しており、その後洪水被害は起こっていない。 ・ 氾濫解析結果より、上流域～中流域の河道沿いのエリアで浸水している結果となっている。浸水エリアについては、それほど広くなく、河道沿いの農地、道路、鉄道の一部が浸水する結果となっている。
Ica	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流出・氾濫解析の計算結果で示す浸水エリアと概ね同じエリアについて、AAA および ANA の職員も認識している。 ・ また、Ica 中流域においては、既に遊水池建設事業（Casa Blanca Project）が実施されている。 ・ 中流域に位置する Ocucaje 地区においては、大規模な洪水時は河道沿いの農地まで被害が拡大するとのことであったが、氾濫解析結果においても、Ocucaje 地区の農地に浸水エリアが広がっているのが再現できている。
Huallaga	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流域中央の Picota 地区から Bellavista 地区にかけて洪水が頻発し、大規模な氾濫が発生する。この状況は RRI による氾濫解析結果においても再現されている。 ・ 支川 Mayo 川上流の Uracyacu や、その支川の Naranjillo、Tonchima 川周辺に広がる農業地帯も洪水が頻発するエリアであり、これらの地域における浸水状況も氾濫解析結果で再現されている。またこれらの地域では河岸侵食による土地の消失が問題となっている。 ・ 上述の Mayo 川をはじめ、河道の侵食、堆積が流域内の多くの地域で問題となっており、流域の総合的な土砂管理が課題となっている。
Mantaro	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主な浸水範囲は Junin 地域の Tres de Diciembre 地区から Huaripama 地区にかけての河川沿いのエリアであり、氾濫解析結果はこの状況を再現している。 ・ 上記の区間内において ALA によって建設された堤防が点在している。 ・ 急勾配の河川であるため高速流が発生し、河岸侵食が問題となっている地点がある。 ・ 河道のいくつかの地点（主に橋梁が設置されている地点）において河道が狭窄しており、洪水時の水位分布に影響を与えている可能性がある。

流域名	解析結果と実際の洪水状況または AAA の洪水リスク認識
Urubamba	<ul style="list-style-type: none"> 2010 年の洪水時に Lucre 川や Vilcanota 川といった支川で氾濫が生じた点など、RRI による氾濫解析結果に近い浸水が 2010 年に発生している事を確認している。 ただし現地 AAA 及び ALA は、Huayco (溪流からの土石流災害) やより中小規模の氾濫も重視している。 上記の 2010 年洪水を受けて堤防建設がいくつかの区間で実施されている。
Nanay	<ul style="list-style-type: none"> Nanay 川の水位上昇は Amazon 本川からの背水によって生じ、水位の高い状態が約 2、3 カ月持続する。 Iquitos の市街地は標高の高い場所に立地していることもあり、2012 年の既往最大洪水時においても浸水は生じなかった。一方で Iquitos の周辺に立地する集落の多くは毎年のように浸水被害を受けており、浸水深は最大で約 4m 程度である。
Chancay-Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> 洪水被害が生じやすいエリアは最下流の Eten 地区である。ただし近年はこの地区で河道改修が進んでおり、担当者へのヒアリングによると設計流量は 1,200m³/s とされている。 1998 年のエルニーニョ発生時には、Eten において 1,900m³/s 程度の洪水流が発生している。この時にも浸水被害が生じている。 Chancay-Lambayeque 川で氾濫が生じてても、その氾濫流は西側に位置する主要都市である Chiclayo には到達しない。 2017 年の洪水時には、中流の Tinajones 地区で 600m³/s 程度の洪水流が発生したが、このときに浸水被害は生じなかった。

7.4 結果のまとめ

優先対策流域およびモデル流域 (全 12 流域) における流出・氾濫解析結果の総括を表 7.4.1 に整理する。

表 7.4.1 優先対策流域およびモデル流域における解析結果

区分	No.	流域名	流出・氾濫解析結果	結果図
モデル	1	Biabo	<ul style="list-style-type: none"> 支川からの氾濫が多い。 本川については湾曲部および最下流付近 (Huagalla 川との合流部付近) で氾濫が生じやすい。 全体的に流域内人口は非常に小さく、その中でも居住エリアは下流に集中しているため、これらの居住エリアおよび産業上の重要拠点をスポット的に防御する洪水対策が想定される。 	図 7.4.1 添付資料-4-1
モデル	2	Locumba	<ul style="list-style-type: none"> 切り立った急峻地形であり、氾濫は拡がりにくく、浸水範囲は河川沿いのエリアに限定される。 全体的に流域内人口は非常に小さく、その中でも居住エリアは下流に集中しているため、これらの居住エリアおよび産業上の重要拠点をスポット的に防御する洪水対策が想定される。 	図 7.4.2 添付資料-4-2
モデル	3	Chancay-Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> 上流区間は切り立った急峻地形であり、氾濫は拡がりにくく、浸水範囲は河川沿いに限定される。一方、下流区間はある程度平地が広がっており、氾濫が拡がりやすい。 人口集中エリアのうちのいくつかは浸水すると想定されるため、これらのエリア付近における氾濫抑制 (堤防等) による対策が想定される。 	図 7.4.3 添付資料-4-3
優先/ モデル	4	Huallaga	<ul style="list-style-type: none"> 本川中流域および支川の Mayo 川において浸水が顕著である。 上記の浸水範囲に含まれる人口集中エリア付近の河道改修 (堤防設置や河道拡幅、掘削等) に加えて、交通や製造業の重要拠点のスポット的な防御が想定される。 	図 7.4.4 添付資料-4-4
モデル	5	Nanay	<ul style="list-style-type: none"> 下流域における Amazon 川からの背水による浸水が顕著である。 浸水発生抑制は多大なコストを伴う事が想定されるため、最下流部の主要都市における (Iquitos) における重要地区の拠点的な防御が想定される。 	図 7.4.5 添付資料-4-5

区分	No.	流域名	流出・氾濫解析結果	結果図
モデル	6	Ramis	<ul style="list-style-type: none"> 流域の上流区間は急峻で氾濫エリアは河川沿いに限定される。中流部ではある程度氾濫が拡がりやすくなっているととも人口集中エリアが点在している。下流の平野部での浸水の規模は大きくないと想定される。 上記の人口集中エリアのスポット的な防御および産業上の重要拠点の防御が想定される 	図 7.4.6 添付資料-4-6
優先/ モデル	7	Rimac	<ul style="list-style-type: none"> 氾濫エリアは河道沿いに限定される、流下型の氾濫形態である。 浸水エリアは大きくないものの、河道沿いに果物等の運搬に使われている国道および鉄道があるため、スポット的な防御が想定される。 	図 7.4.7 添付資料-4-7
優先/ モデル	8	Chira	<ul style="list-style-type: none"> 本川中流域から下流域にかけて浸水が顕著である。 人口が集中している Sullana 地区から下流においては、河道沿いに広がる平地まで浸水エリアが拡散している。 人口集中エリアのうちのいくつかが浸水すると想定されるため、これらのエリア付近における氾濫抑制（堤防等）による対策が想定される。 	図 7.4.8 添付資料-4-8
優先/ モデル	9	Piura	<ul style="list-style-type: none"> 上流区間は切り立った急峻地形であり、氾濫は拡がりやすく、浸水範囲は河川沿いに限定される。一方、下流区間はある程度平地が広がっており、氾濫が拡がりやすい。 人口集中エリアのうちのいくつかは浸水すると想定されるため、これらのエリア付近における氾濫抑制（堤防等）による対策が想定される。 	図 7.4.9 添付資料-4-9
優先/ モデル	10	Urubamba	<ul style="list-style-type: none"> 流域のほとんどは急峻地形であるため、浸水範囲は河川沿いに限定される。 人口集中エリアのうちのいくつかは浸水すると想定されるため、これらのエリア付近における氾濫抑制（堤防等）による対策が想定される。 	図 7.4.10 添付資料-4-10
優先/ モデル	11	Ica	<ul style="list-style-type: none"> 中流域～下流域において、氾濫は広がりやすく、浸水範囲は河道沿いに限定される。 人口集中エリア（Ica 地区）が浸水すると想定されるため、このエリア付近における洪水防御（堤防等）による対策が想定される。 河道沿いには住宅エリアの他、農地も分布しており、氾濫区間が比較的長いため、氾濫防御（堤防等）による対策が長距離にわたり必要になると想定される。 	図 7.4.11 添付資料-4-11
優先/ モデル	12	Mantaro	<ul style="list-style-type: none"> 本川中流域および支川の Cunas 川において浸水が顕著である。下流域では浸水の規模は小さく、浸水範囲は河道沿いに限定される。 中流域の人口集中エリア（Huancayo 地区等）が浸水すると想定されるため、このエリア付近における洪水防御（堤防等）による対策が想定される。 	図 7.4.12 添付資料-4-12

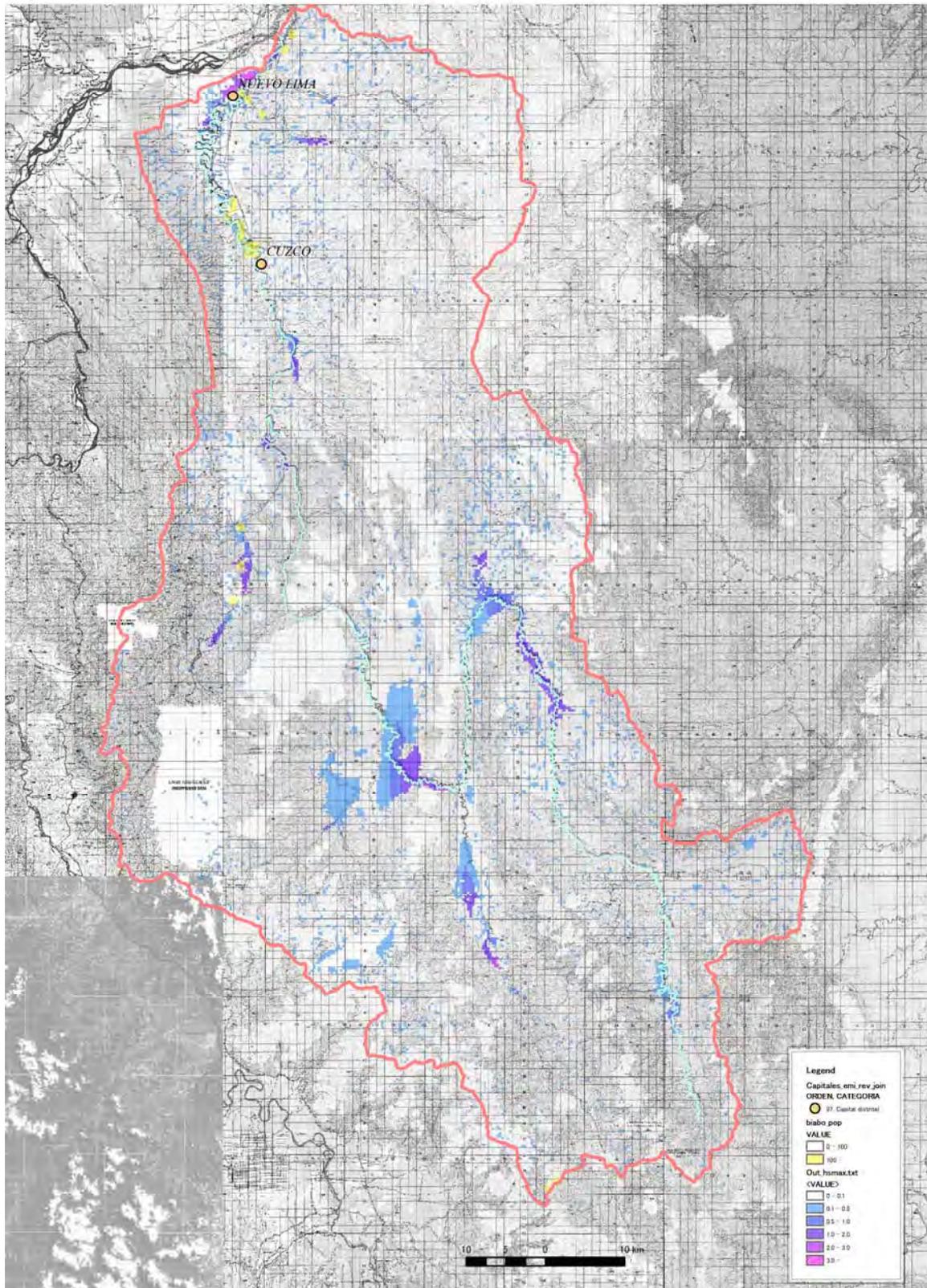


図 7.4.1 最大浸水深分布 (Biabo 川、100 年確率規模降雨時)

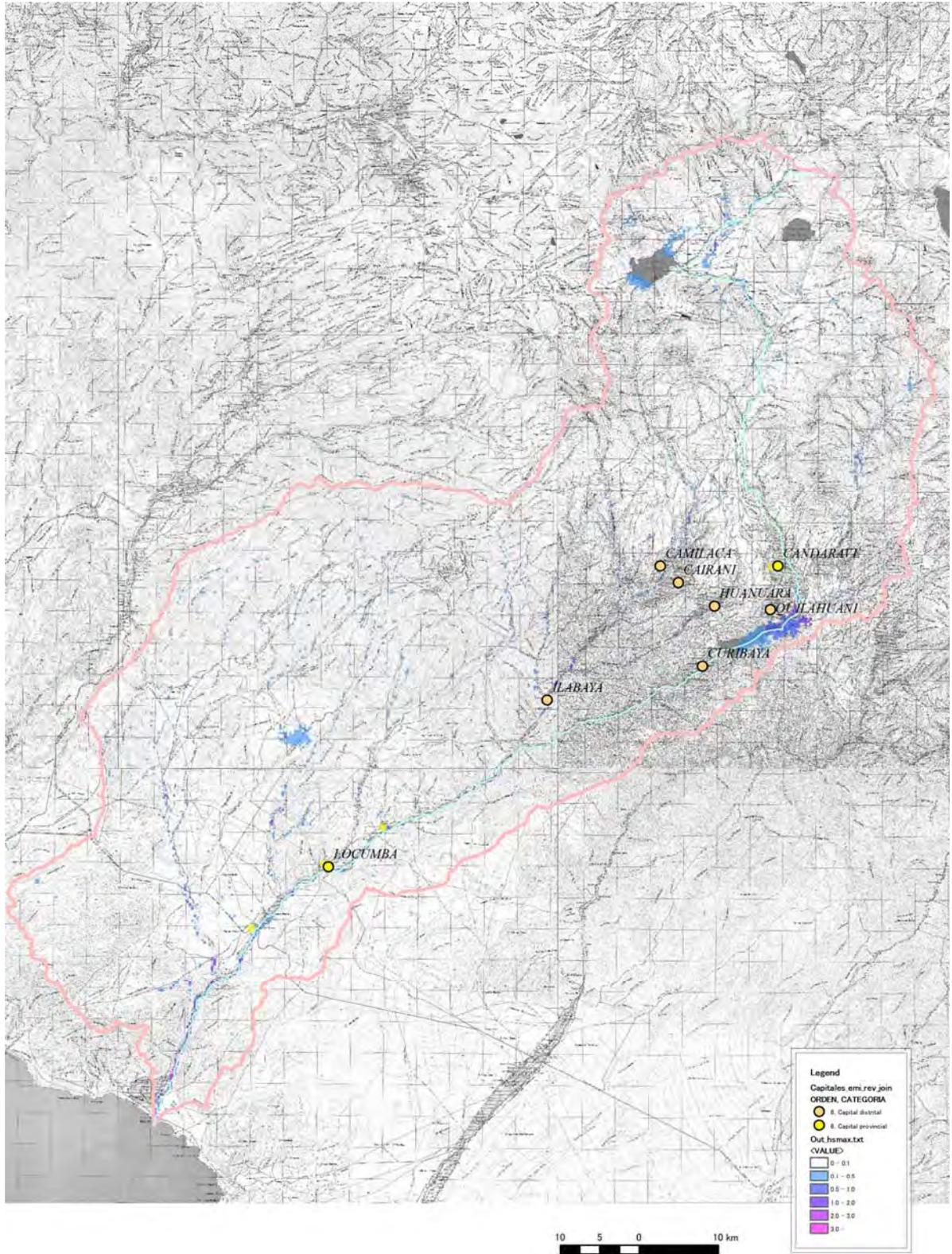


图 7.4.2 最大浸水深分布 (Locumba 川、100 年確率規模降雨時)

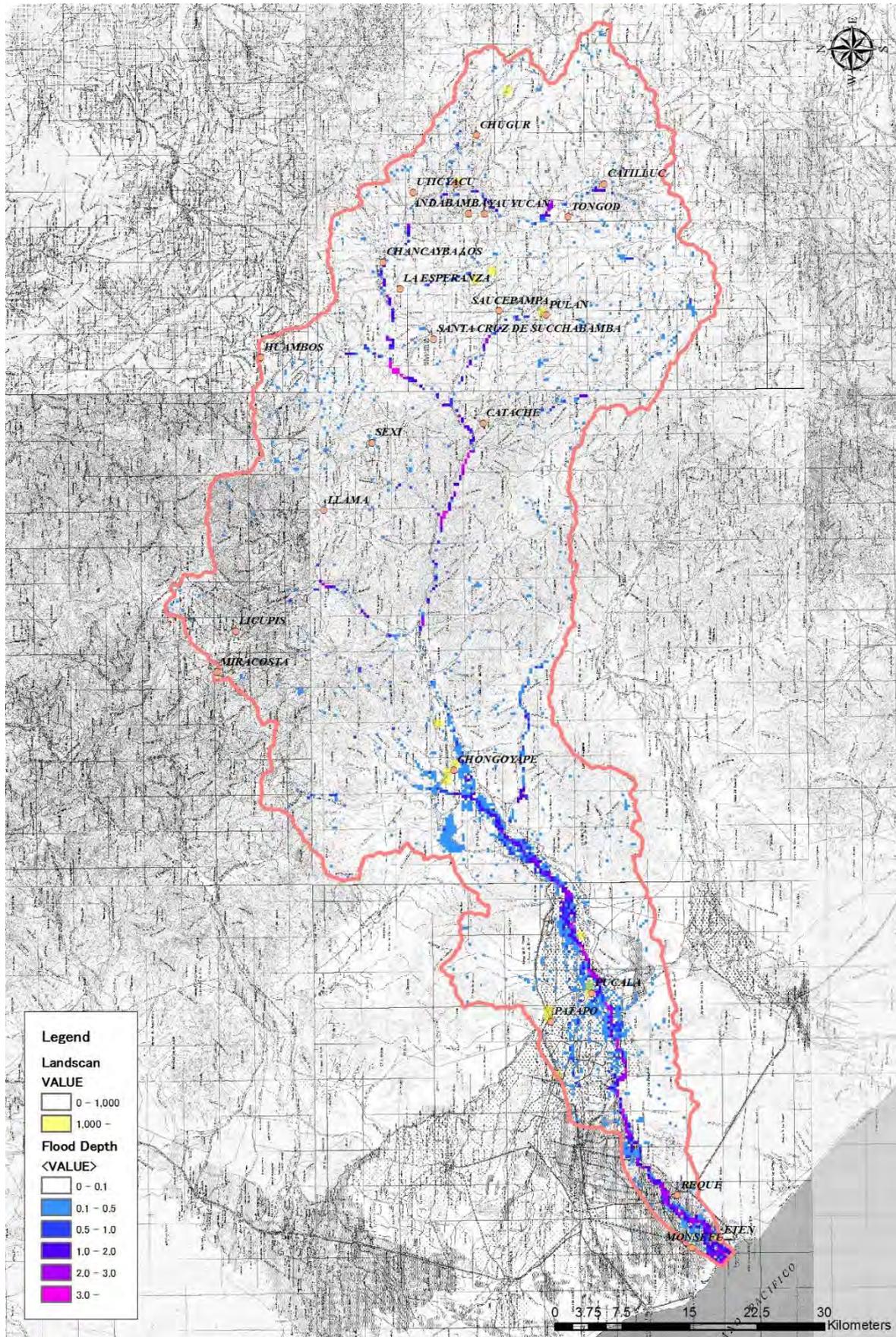


图 7.4.3 最大浸水深分布 (Chancay-Lambayeque 川、100 年確率規模降雨時)

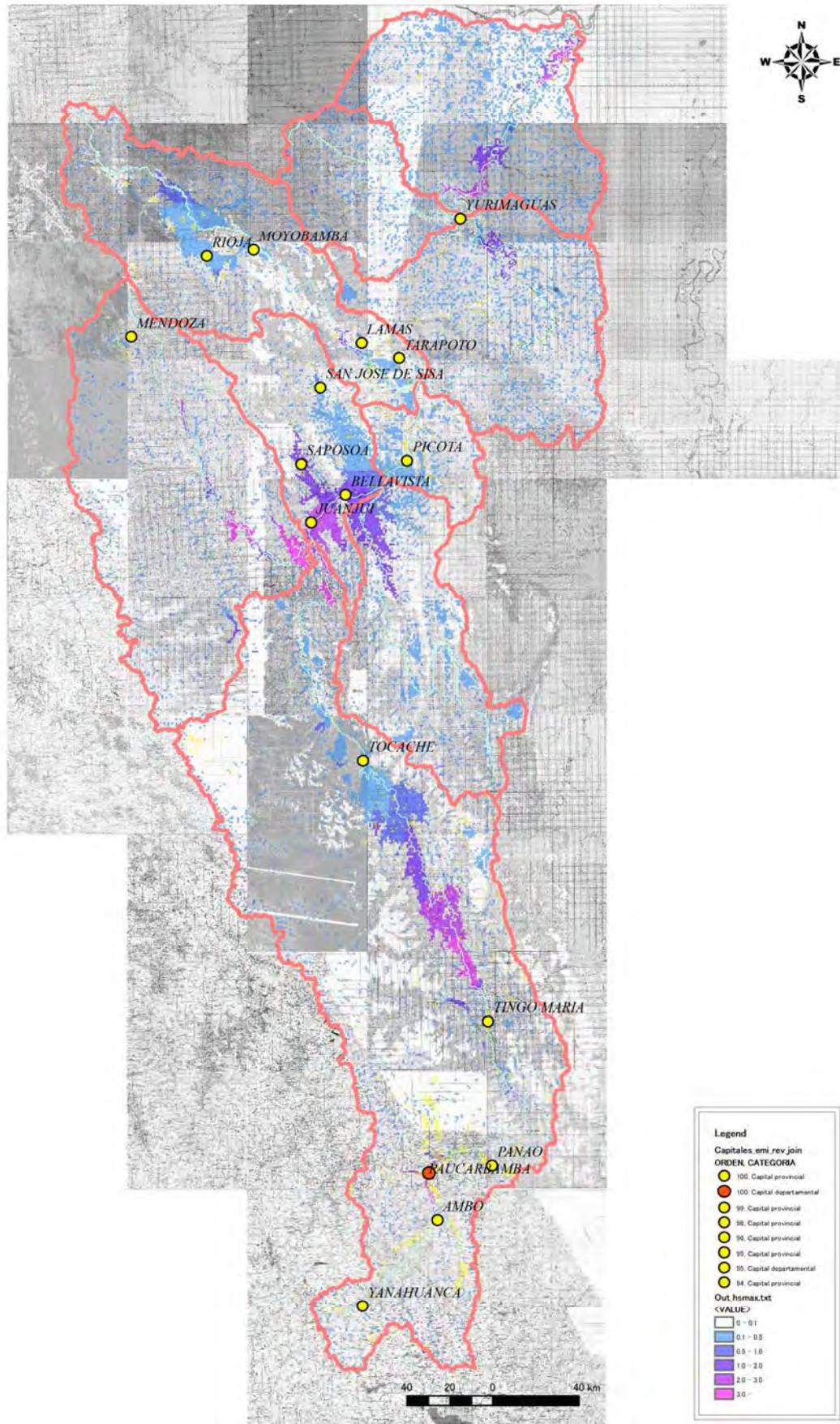


图 7.4.4 最大浸水深分布 (Huallaga 川、100 年確率規模降雨時)

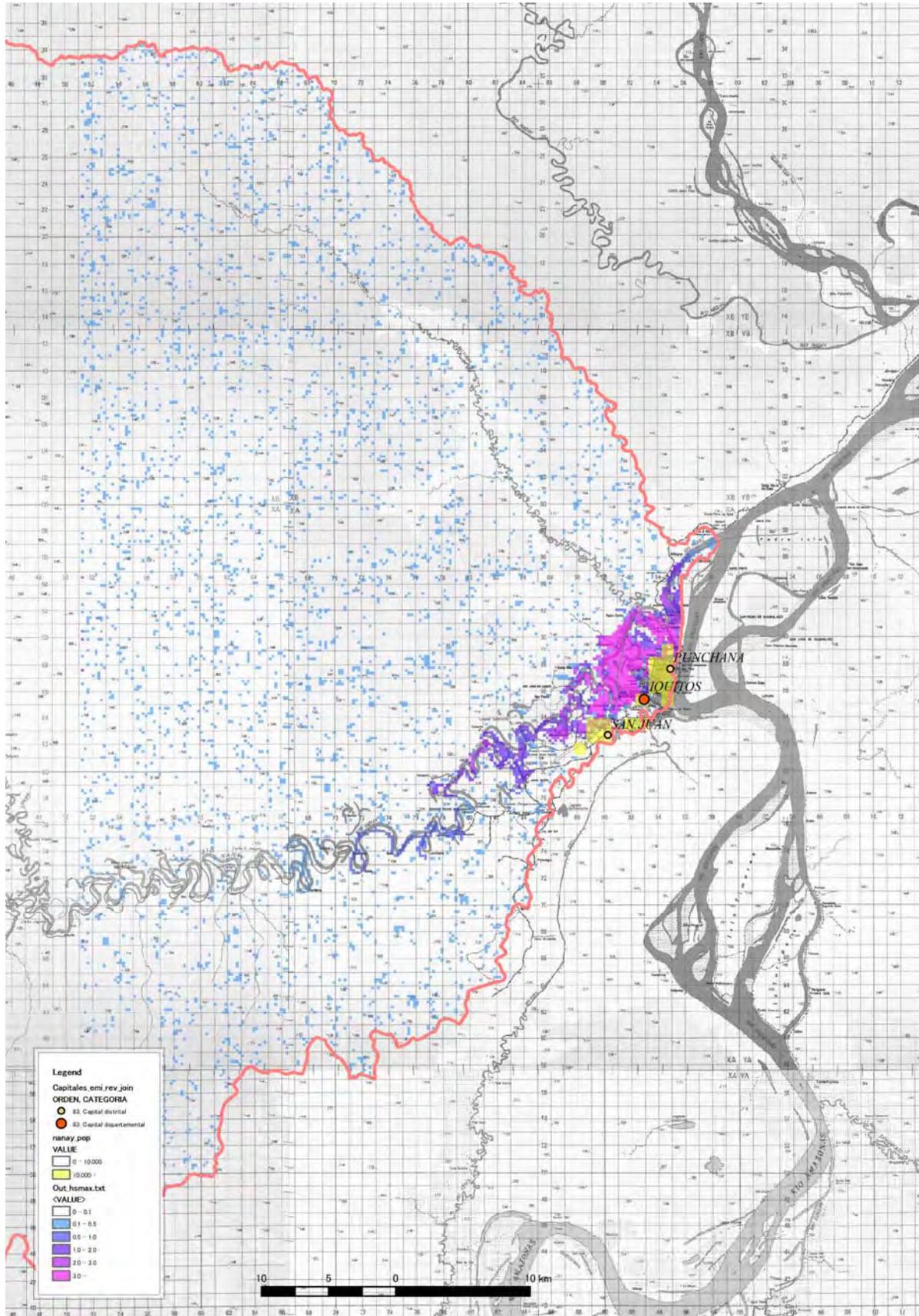


图 7.45 最大浸水深分布 (Nanay 川、100 年確率規模降雨時)

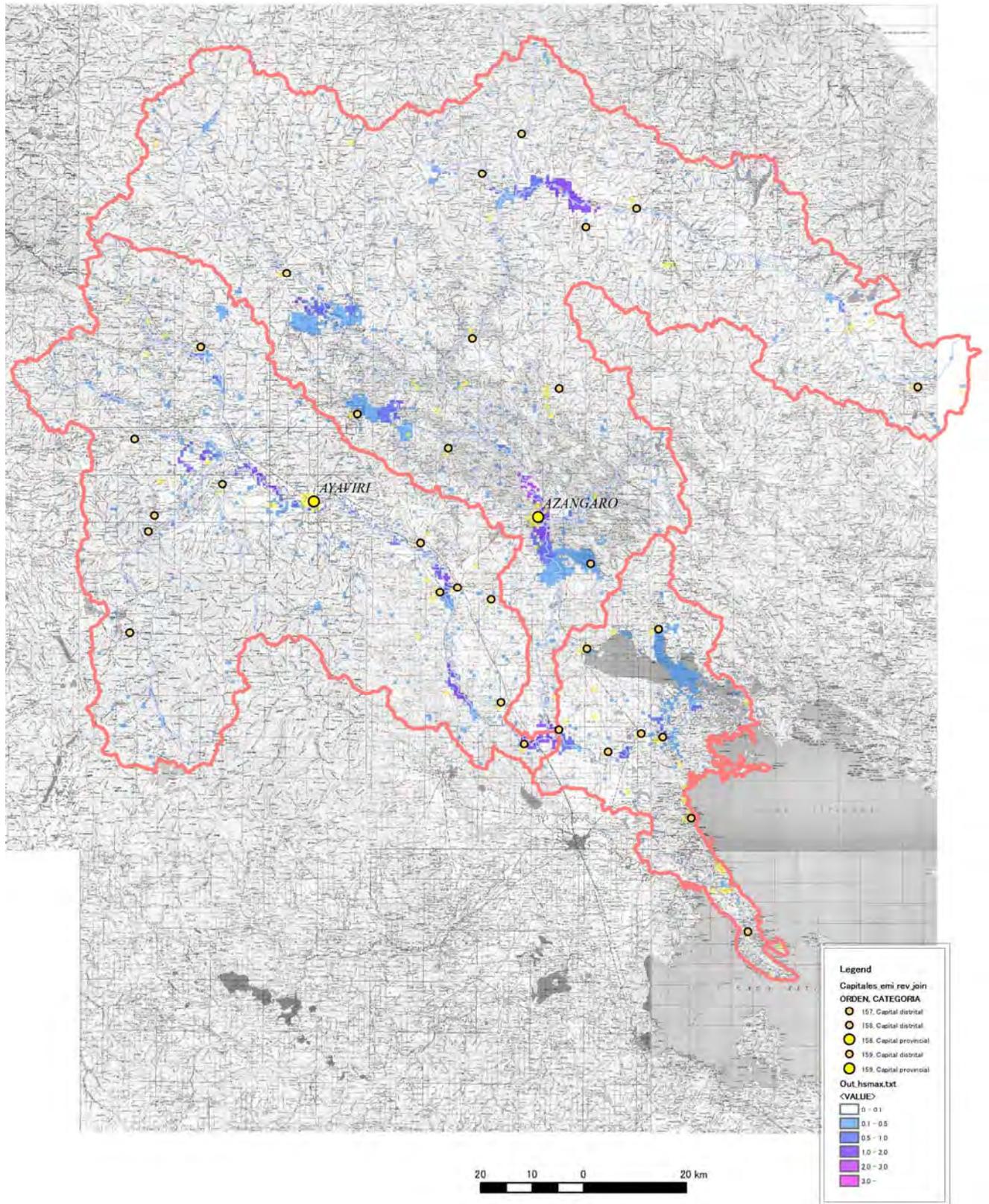


图 7.4.6 最大浸水深分布 (Ramis 川、100 年確率規模降雨時)

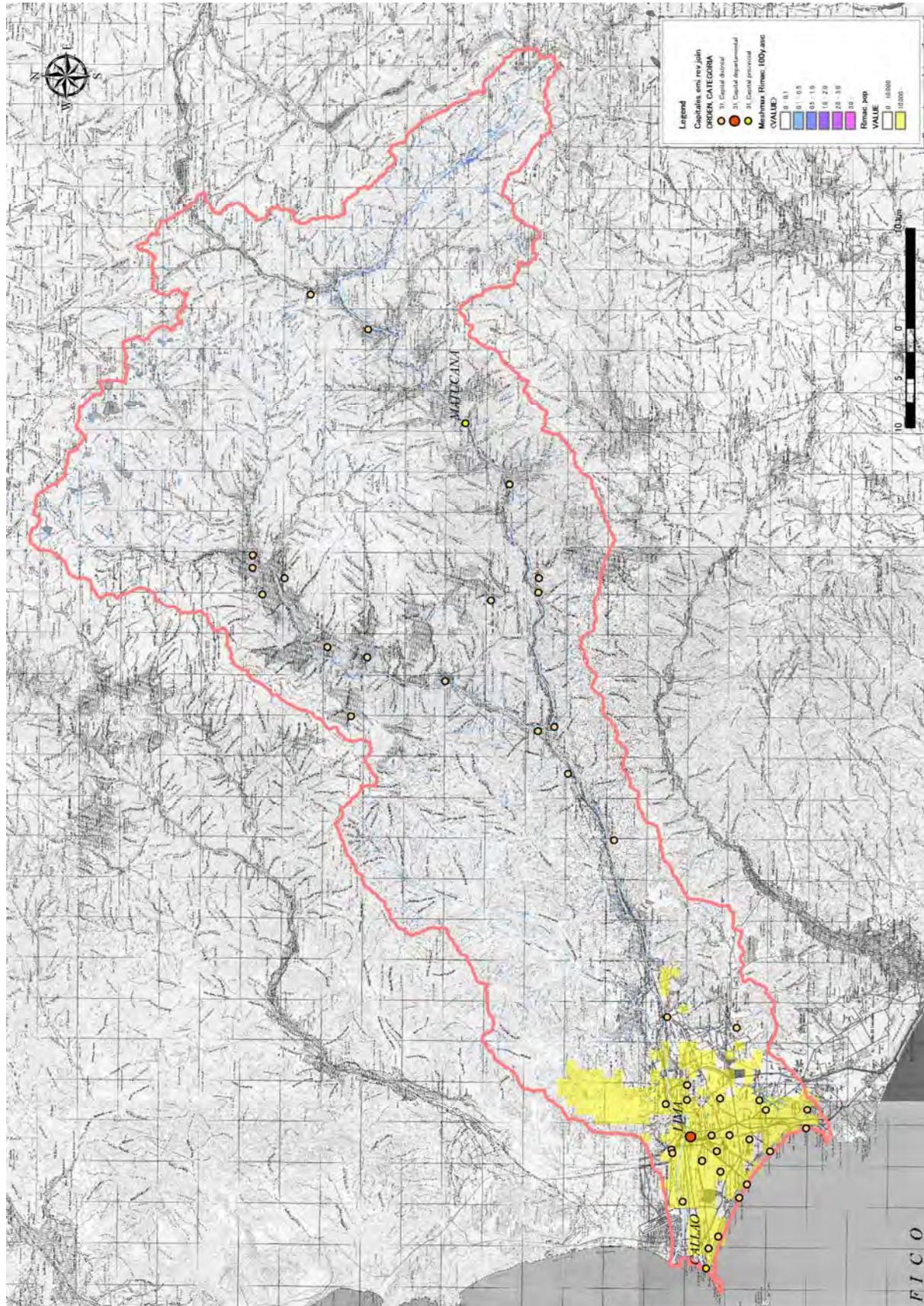


图 7.4.7 最大浸水深分布 (Rimac 川、100 年確率規模降雨時)

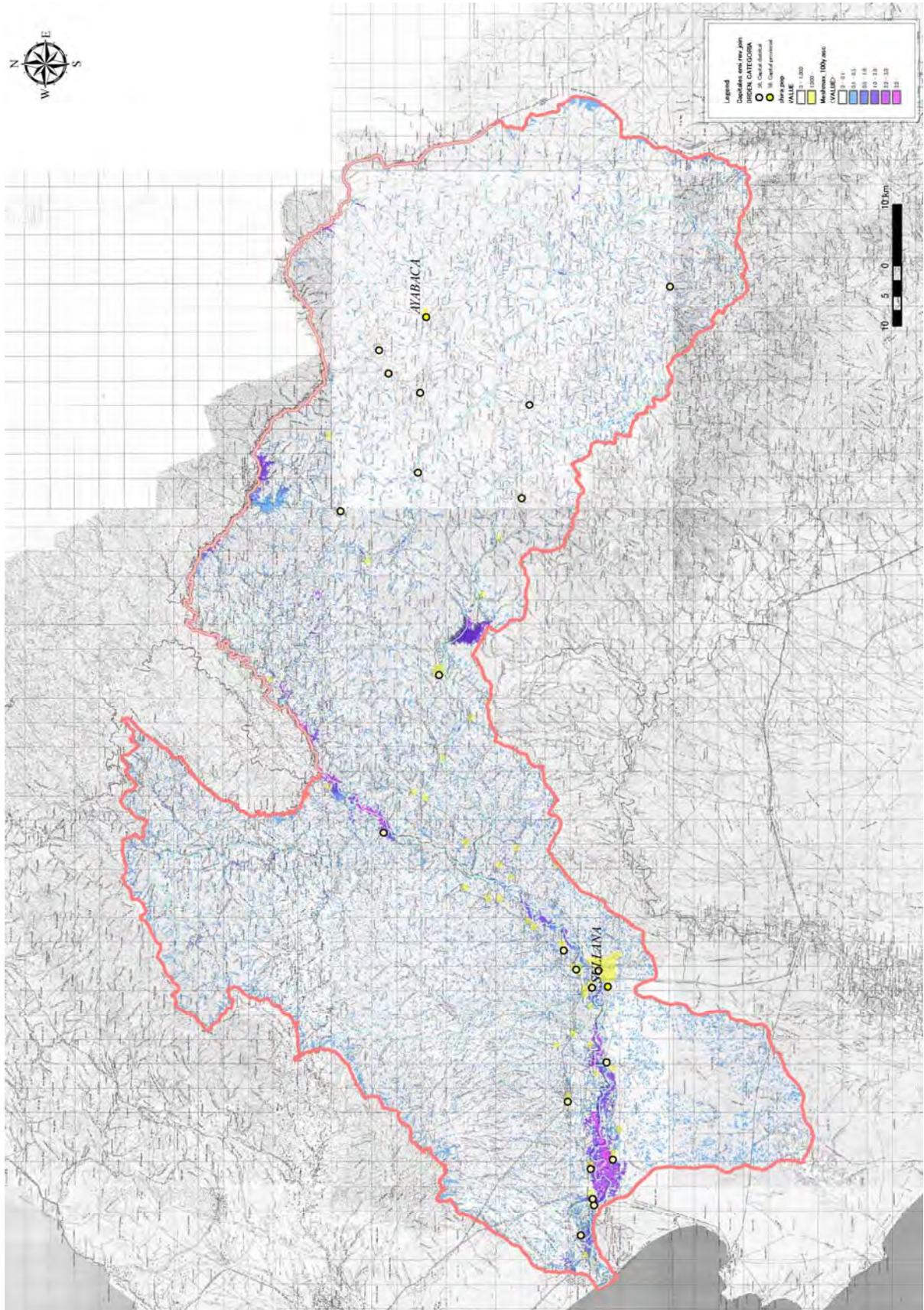


图 7.4.8 最大浸水深分布 (Chira 川、100 年確率規模降雨時)

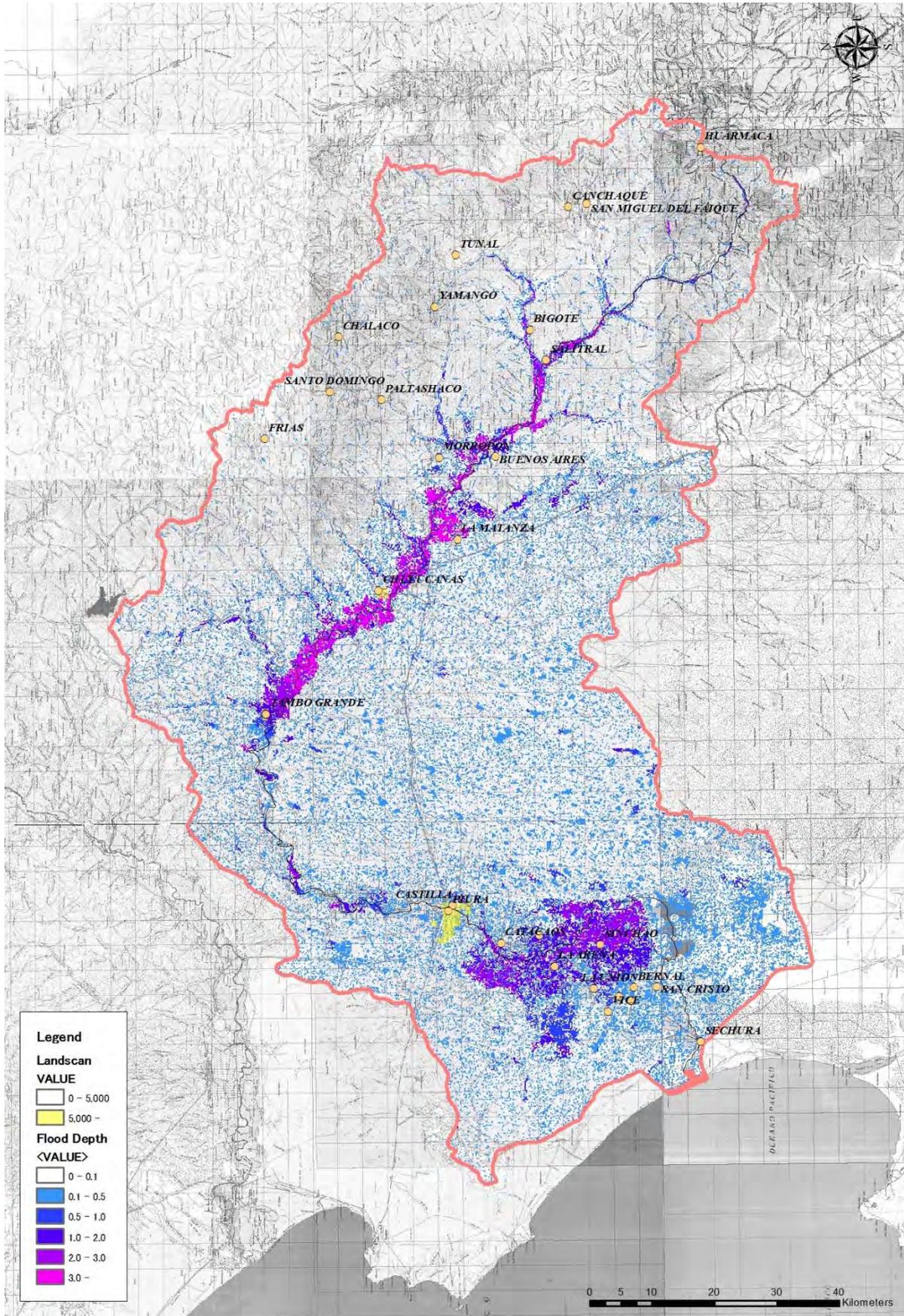


图 7.4.9 最大浸水深分布 (Piura 川、100 年確率規模降雨時)

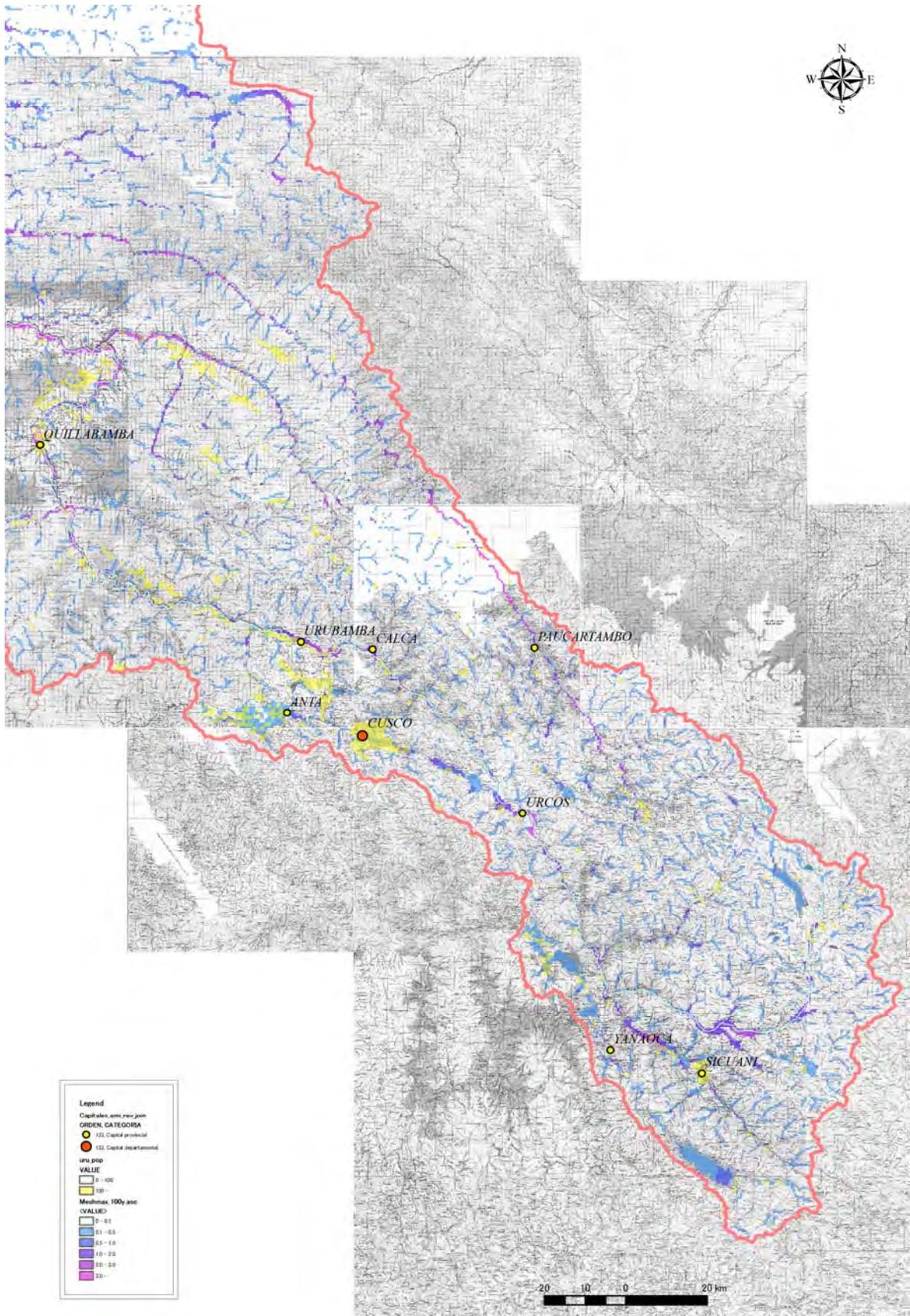


图 7.4.10 最大浸水深分布 (Urubamba 川、100 年確率規模降雨時)

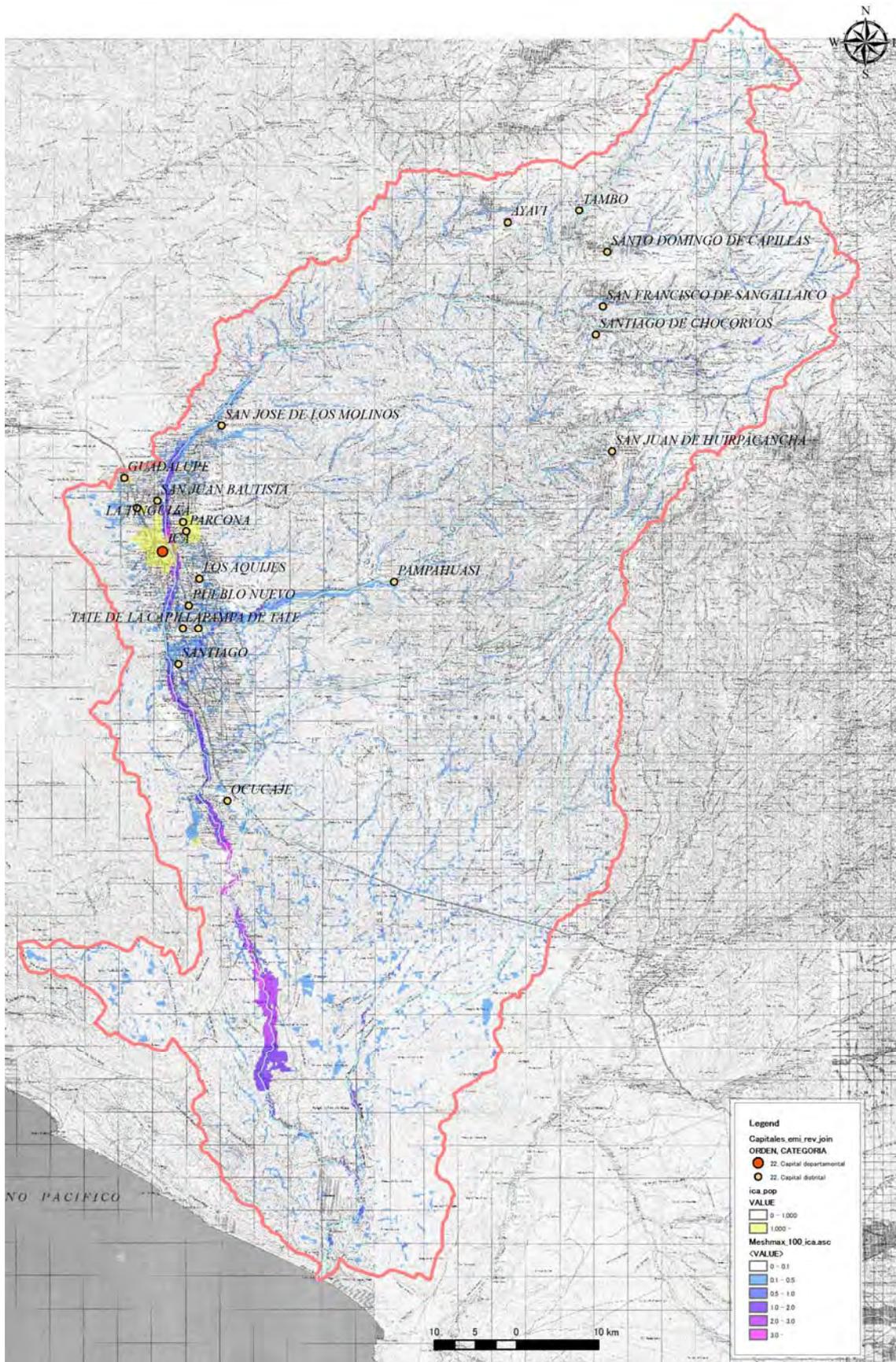


图 7.4.11 最大浸水深分布 (Ica 川、100 年確率規模降雨時)

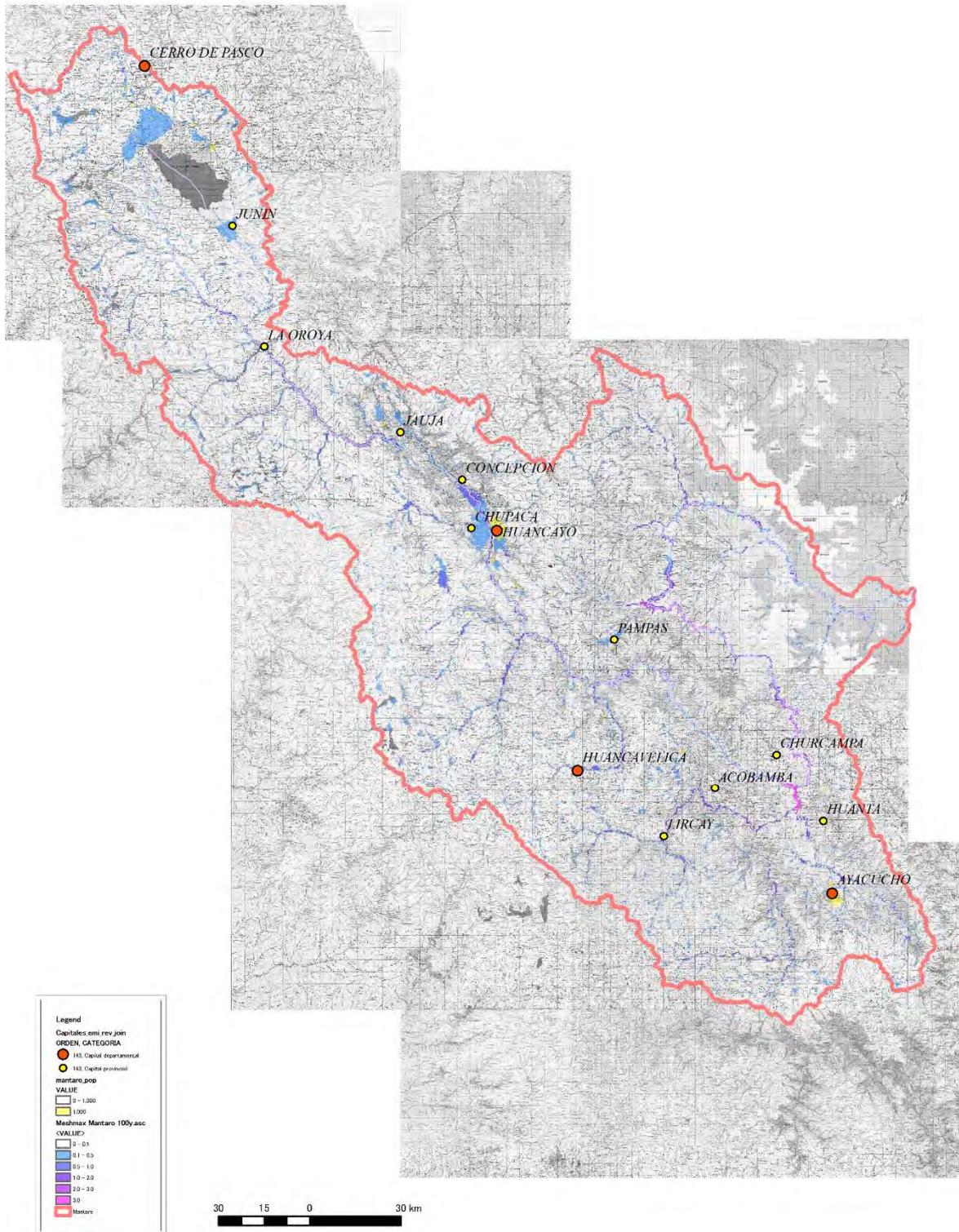


图 7.4.12 最大浸水深分布 (Mantaro 川、100 年確率規模降雨時)

第 8 章 洪水対策案策定基準（案）の作成

8.1 洪水対策案策定基準（案）作成の背景

本報告書の冒頭において述べているように、ペルーは国内に海岸地域、山岳地域、熱帯雨林地域と多様な自然環境を有していることから、地震、津波に加え洪水、土砂災害等の様々な自然災害に対して高いリスクを抱えており、これらリスクへの対策は喫緊の課題となっている。

これらの課題に対処するため、ペルー政府は、これまでに、PERPEC 事業（1999-2009 年、投資額 126 百万ドル（第 1 章参照））等による治水事業の実施を進めてきた。しかしながら、治水事業は現在、州政府及び地方自治体等、資金面でも技術面でも個別では対応が困難な状況が度々発生している。さらに、国内の全ての流域全体を俯瞰した洪水対策案の計画、実施が難しい状況となっている。

このような状況に対処するため、ANA は、下部組織である 14 の AAA と AAA を通して各流域における管理方針、政策及び計画の決定機関である CRHC と共に、全国 159 流域の水資源管理を開始している状況である。

現在、ANA では、現在洪水対策に係る基礎的な資料の収集と蓄積を開始し、一部の河川では洪水リスクの確認、危険地区の確認等調査を開始しており、今後洪水リスクの高い河川・地域に対して洪水対策の早急な計画策定とその実施が求められている。

しかしながら、ANA ではペルー全国に標準的に利用することが可能な、河道計画ガイドラインまたは河川施設計画マニュアルのようなものがなく、プロジェクトごとにこれらを現在は決めている。

8.2 洪水対策案策定基準（案）作成の目的

本技術基準は、JICA 調査『災害復旧スタンドバイ借款に係る案件実施支援調査（以降、「本業務」とする）』における調査実施項目の 1 つとして作成された。

本業務では、第 3 章において選定したペルー国における迅速な河川改修が必要であると確認された 6 つの優先流域における洪水対策案の提案とペルー国における 159 流域を地形や自然条件、地域特性等によって類型化し、その類型化された流域ごとに必要な洪水対策案内容、概算事業費、事業期間を概略検討している（9~11 章参照）。

しかしながら上述したように、ペルー国では、標準化された治水河川構造物の計画策定指針がなく、簡便には洪水対策案の内容を確定し、各構造物の概略の諸元を決定し、概算事業費を算出することは困難である。

さらに、根本的な課題として、ペルーでは、洪水対策を検討するための標準的かつ包括的な計画策定や河川構造物設計のための基準がない。よって、今後の洪水対策を適切に行っていくため、ペルーでは現在整理されていない、治水計画論の基本を整理した、洪水対策技術基準（案）が必要である。

よって、本業務では、洪水対策案策定基準（案）（以下「本技術基準（案）」）を作成した。本技術基準では、特に洪水対策に必要な河川構造物の設計のための標準的な構造物の計画及び設計のための技

術基準（案）を取りまとめている。

8.3 洪水対策案策定基準（案）の範囲

8.3.1 洪水対策技術基準（案）の内容

本技術基準（案）に含めている内容は、以下の通りである。

- 河川流域管理において防御すべき災害及びその基本的対策方針
- 河川流域における災害リスク管理の基本
- 洪水氾濫リスク削減方策の基本
- 洪水氾濫防止のための構造物設計の基本
- 洪水氾濫防御のための事業の評価

以降、本技術基準（案）は、上述の各項目を章立てにし、主に、本調査の主たる目的である洪水氾濫リスク削減・軽減対策に必要な基本的考え方を示している。また、洪水氾濫リスク削減に密接に関連する各河川流域の上流で頻発する土砂災害対策はペルー国で洪水と同様に頻発しており、日本でも流域一貫の災害管理として洪水と土砂災害を連携し対策を実施していることから、特に、「3章 河川流域における災害リスク管理の基本」及び「4章 洪水氾濫リスク削減方策の基本」では洪水対策と同様に対策の基本的考え方を詳述している。

8.3.2 作成手法

本技術基準（案）は、以下の資料を基本に作成した。

- 日本：国土交通省：河川砂防技術基準

また、参考資料として、以下の資料を利用した。

- ペルー：ANA：河川構造物計画設計テキスト集
- ペルー：ANA：河川工事標準単価資料集
- ペルー：MEF：Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Areas Agrícolas o Urbanas
- ペルー：MEF：Guía Simpleificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Protección de Unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos Frente a Inundaciones, a Nivel de Perfil
- ペルー：MEF：Anexo CME 25: Contenidos Mínimos Específicos De Estudios de Preinversión A Nivel De Perfil de Proyectos de Inversión Pública de Servicios de Protección Frente A Inundaciones
- 日本：河川管理施設等構造令
- JICA：溪谷村落洪水対策事業準備調査
- リマック川防災対策計画調査

8.4 作成された洪水対策技術基準（案）

本調査によって纏められた、洪水対策案策定基準（案）は、報告書の添付資料-5-1として報告書の巻末にその全てを載せている。

8.5 作成された洪水対策技術基準（案）に関する ANA との協議及び ANA からのコメントと調査団の対応

作成された洪水対策技術基準（案）に対する調査を通しての ANA からのコメントは、主に護岸と水制に対する設計に関してであった。その主な内容は以下の 5 点であった。

- 基準の実際の現場での対応の違い：例えば、基準では護岸や堤防の勾配を 1:2.0 以上としているが、ペルー国では実際には 1:1.5 程度の勾配での工事が多い。よって、河川構造物は基準で書かれている以上に構造面で強化しなければならない。
- しかしながら、現場では、これまで通りの部材厚等で建設を行い、部材の流出等を招いている。
- 今後は設計と現場での乖離を無くすために ALA 等への指導が重要になる。
- 河岸の洗掘防止のため護岸と共に設計に憂慮しているのは、水制工の設計と建設である。建設されたばかりの水制工が洪水によって損傷を受けることがよくある。
- 洪水対策のみではなく、支流の土砂混じりの洪水対策（砂防施設）の施設設計についても今後は研究・調査及び施設計画・設計基準が必要である。基本的に支流の土砂災害の対策は、地方自治体に任さざるを得ず、今後の課題である。

上記のコメントに対応するために、調査では、日本における護岸の設計基準に基づき、護岸の勾配との関係性についてセミナー及びワークショップで出席者に計算事例を含めて説明を行った。また、土砂災害対策に関しては、本調査の対象では無かったが、2017 年洪水の被害・ニーズ調査時に洪水被害と合わせて調査を行い、今後必要な対策を 13 章 13.3.3 項に課題と合わせ提案した。

第9章 優先対策流域及びモデル流域における概略事業費算定に 用いる洪水対策案の検討

9.1 検討方針

9.1.1 概略事業費算定の方針

(1) 基本

本章では、第7章において実施した本調査で対象とする10モデル流域（12河川、内6河川が優先流域）の流出・氾濫解析を利用して、氾濫による洪水被害の防御に掛かる概略の事業費を把握するための洪水対策案の検討を行う。

概略事業費の把握にあたっては、下記の対策を講じるものとして事業費の把握を行う。

- 堤防と護岸による洪水の河川からの溢水の防止策；

による概略の事業費を算定するとともに、上述に加えて、以下の2つの案：流域上流部における洪水量低減策を加えた対策を代替案として概略の事業費を検討する。

- 遊水地による洪水流量の下流への低減策；及び
 - 既存のダムとの運用操作ルール変更又は新規治水ダムの建設による洪水流量の下流への低減策
- 各流域における検討においては、上述の2つの代替案の内、それぞれに適切と現時点で想定される1つを代替案とする。

(2) 貯留施設による対策を含む代替案を採用できない流域

上述した流域上流部における洪水量低減案が採用できない流域がある。これは、

- ✓ 上流に洪水流量を効果的に低減できる既存ダムがないこと、または新規ダム及び遊水地として大きな洪水流量を貯留できるような適切な場所がないことが既に現時点で判明している流域；
または
- ✓ 第7章に示す氾濫区間が小さく、堤防・護岸の建設が有利であることが既に現時点で判明している流域

であり、これらの流域は、基本的には上流における貯留施設による対策を含む代替案の検討は行わない。本調査の対象地域で上記の理由で貯留施設による対策を含む代替案の検討を行わない流域は以下の2つの流域である。

表 9.1.1 貯留施設による代替案を考慮しない流域

流域タイプ No.	流域名	考慮しない流域	備考
2	Locumba	<ul style="list-style-type: none"> ● 流域が急峻で想定される貯留場所がない。 ● 洪水流量が小であり、且つ氾濫区間が小さい。 	
5	Rimac		優先流域

出典：調査団

(3) 各対象流域の代替案

上述した代替案の抽出の基本方針に基づき、次頁に本業務の概略の事業費を把握するための各流域の代替案を示す。

表 9.1.2 各対象流域の代替案

Type	Characteristics	Points to be considered	No. of Rivers	Model of River for Type	Alternative	Measures of Flood Control *3				Benefit *4			
						R.I	R.B.	C.D.O	H.R	E.C	Agri.	Res.	Otros
Type 1	Small population and small PBI per capita	Protect area is limited.	57	Biabo	Alt-1	✓				TBC		✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
Type 2	Small population and large PBI per capita. Secondary economic sector is typical economic activity.	Point-wise protection of important place such as farmland or highway is expected.	30	Locumba	Alt-1	✓				TBC		✓	✓
Type 3	Pacifico cuencas. Large population and small PBI per capita. Little rain and steep river slope.	Not only flood mitigation, sediment management should be taken care of due to its topographic characteristics.	7	Chancay-Lambayeque	Alt-1	✓				TBC		✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC		✓	✓
Type 4	Pacifico cuencas. Large population and small PBI per capita. Little rain and mild river slope. Tertiary economic sector is typical economic activity.	Japanese typical flood mitigation measures are applicable due to the similarity of river characteristics.	3	Piura*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
				Chira*1	Alt-1	✓			TBC	✓	✓	✓	
					Alt-2	✓		✓	TBC	✓	✓	✓	
Type 5	Pacifico cuencas. Large population and large PBI per capita. Little rain and steep river slope.	Large number of house relocation should be considered in case of large scale dike construction.	24	Rimac*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
				Ica*1	Alt-1	✓			TBC	✓	✓	✓	
					Alt-2	✓	✓		TBC	✓	✓	✓	
Type 6	Amazon cuencas. Large population and small PBI per capita. Little rain and steep river slope.	Not only flood mitigation, sediment management should be taken care of due to its topographic characteristics.	9	Mantaro*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓		✓		TBC	✓	✓	✓
Type 7	Amazon cuencas. Large population and small PBI per capita. Much rain and steep river slope.	Not only flood mitigation, sediment management should be taken care of due to its topographic characteristics.	8	Huallaga*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
Type 8	Amazon cuencas. Large population and small PBI per capita. Much rain and mild river slope.	Point-wise protection of important place such as farmland or highway is expected.	7	Nanay	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2				✓	TBC	✓	✓	✓
Type 9	Amazon cuencas. Large population and large PBI per capita. Steep River Slope. Secondary economic sector is typical economic activity.	Not only flood mitigation, sediment management should be taken care of due to its topographic characteristic. Protection of transportation network and manufacturing should be protected.	4	Urubamba*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
Type 10	Titicaca cuencas. Large population and small PBI per capita. Little rain and steep river slope. Primary economic sector is typical economic activity.	Point-wise protection of important place such as farmland or highway is expected.	6	Ramis*2	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓

*1 : Prioritized River Basins *2 :River Basins recommended by ANA as a Prioritized River Basins

*3: R.I.: River Improvement (Widening, Dike, GroundSill and Retevment) / R.B.: Retarding Basin / C.D.O.: Change of Dam Operation / H.R : House Relocation / Resettlement
E.C.: Erosion Control (Revetment, Slope Protection, Foot Protection, etc.) TBC: To be Considered

*4: Agri.: Agricultural Land is a benefit of Flood Control. / Res.: Residential Area is a benefit of Flood Control. / Otros: Other benefits can be cosidered.

9.1.2 洗掘対策の考慮

本調査の第7章に示す流出氾濫解析では確認できない洗掘部の防止対策については、各ALAによる「洪水・洗掘危険箇所 (Puntos Criticos)」としてその位置・箇所が示されている。よって対象流域によっては、これらの洗掘対策必要箇所を上述の3つの洪水対策に合わせて本調査では考慮する。これらの洗掘対策については、別途10章において、工事単価の算出、便益の考え方及び各調査対象流域の概略事業費の算定・経済評価で個々に検討する。

9.1.3 対策実施位置の選定

(1) 洪水対策地域：「Target Area」の選定

第7章に示した、各確率年における洪水氾濫解析結果において、

- 氾濫していても、資産が無いまたは少ない地域・箇所
の氾濫防御対策は行わないことを基本の1つとする。

このため本業務での洪水対策案は、解析の結果氾濫している地域且つ農地や住民が居住している市街地またはある程度の集落地域のみを防御する治水対策とする。よって各検討対象流域においてこの洪水から守られるべき地区をTarget Areaとして選定する。また、洪水対策計画としては、これらの資産のある氾濫地域を洪水の浸水から防御する「堤防」または上流における「洪水調節機能策（遊水地、既存のダムの運用ルール変更又は新規治水ダムの建設）」を検討する。

(2) 本川及び主要支川の洪水防御計画の策定

また、本調査では対象河川の本川及び主要な支流における洪水防御対策の概略検討を行う。よって、

- 川幅が狭い小河川の洪水対策、
- 排水路の改修検討（内水氾濫）
- 急峻な地形から大量の土砂の流出を伴う土砂災害（Huayco）

等の対策は含まない。

このような災害に対する検討を行う場合は、より詳細なデータに基づき、地域を限定したモデルを策定し解析をする必要がある。

9.1.4 工事数量の算出

各対象河川の洪水防御レベル別のそれぞれの事業に必要な主要な工事数量を算出する。

算出する数量は、

- 堤防建設のための、築堤・護岸量
- 遊水地建設のための必要用地面積、想定掘削量及び築堤量
- 既存ダムの操作ルールの変更又は新規治水ダムの建設、もしくは遊水地建設による必要貯留量とする。

9.2 検討手順及び詳細

9.2.1 検討手順

上述の 9.1 節に示した対象流域の概略事業費算定に用いる洪水対策案検討の手順を示すと以下の図に示す流れとなる。

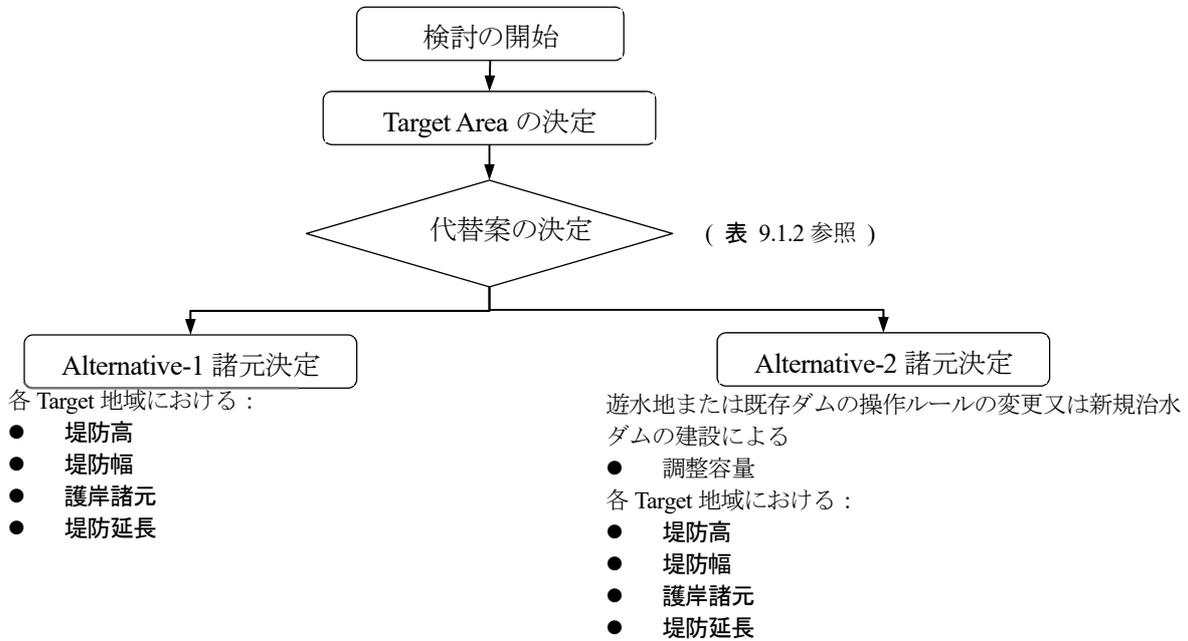


図 9.2.1 洪水対策案策定手順

9.2.2 浸水防御工（堤防・護岸、遊水地・護岸、既存ダムの操作ルールの変更又は新規治水ダムの建設）の数量決定方針

堤防及び護岸建設のための数量は、各々の対象流域 Target Area の堤防高・堤防断面の平均的な形状及び必要な護岸の諸元を決定し、それらの数量を算出する。

(1) 堤防・護岸

堤防の高さは、第 7 章において解析した流出・氾濫計算の水位・流量及び流速に基づき以下の表に示す余裕高及び天端幅を想定する。

表 9.2.1 堤防の必要余裕高・天端幅及び堤防法勾配

計画高水流量(m ³ /s)	余裕高 (m)	天端幅 (m)	堤防の法勾配
200 未満	0.6	3	流速が 3.0m/s 未満の場合 ; V: H = 1:2.0 流速が 3.0m/s 以上の場合 ; V: H = 1:3.0
500 未満	0.8	3	
500 以上 1,000 未満	1.0	4	V : H = 1:3.0
1,000 以上 2,000 未満			
2,000 以上 5,000 未満	1.2	5	
5,000 以上 10,000 未満	1.5	6	
10,000 以上	2.0	7	

護岸は、対象地域の流速により、以下の式によって、必要な護岸に利用する石径等の設定を行う。

$$D_m = \frac{1}{E_1^2 \cdot 2g \left[\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right]} V_0^2 K \quad (\text{Unit: m})$$

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}}$$

ここに、

D_m : 石の平均粒径 (m)

ρ_s : 石の密度

E_1 : 流れの乱れの強さを表す実験係数。

通常は $E_1=1.2$ が用いられることが多い。

乱れが大きい流れの場合は、 $E_1 = 0.86$ を使う。

g : 重力加速度

K : 捨て石を斜面に置く場合の係数

θ : 斜面の角度

φ : 捨て石の水中安息角（自然石で 38° 、碎石では 41° 程度）

(2) 遊水地

(a) 設置個所及び設置数の想定

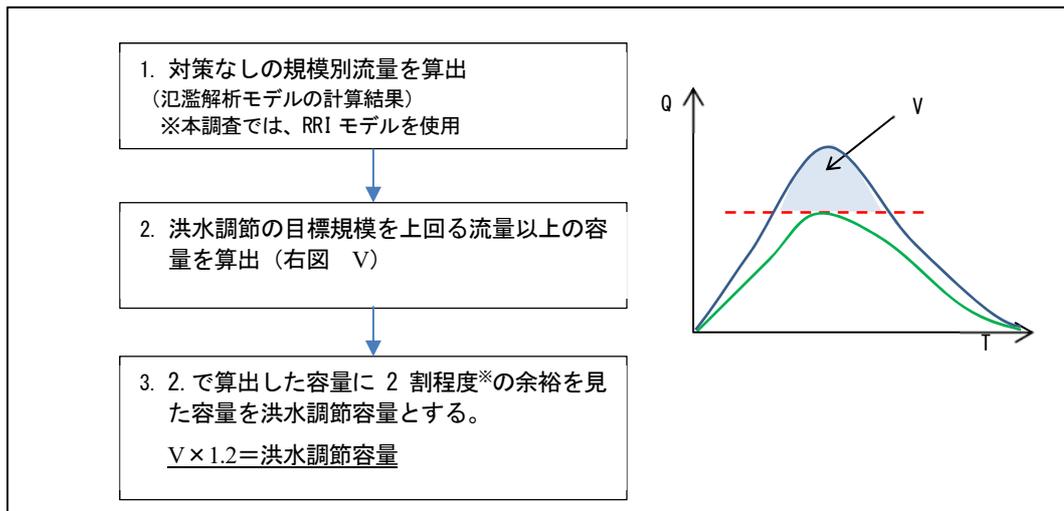
各流域における遊水地の設置地点及び設置数については、下記の点を考慮して設定する。

- 防御地区の上流に位置していること
- 大きな流量低減が期待できる地点であること（支川の合流点直下等）
- 平地が確保できること
- 人口密度が低いこと

(b) 遊水地の容量・面積の設定

遊水地の用地面積の設定にあたっては、各対象流域において想定される洪水調節対象地点における適切な容量と必要面積を設定する。

容量の算定は、以下の図 9.2.2 の通りとする。



出典：河川砂防技術基準 同解説 計画編、国土交通省 3.1.3

図 9.2.2 洪水調節容量算定手順

設定する遊水地の必要容量は、以下の表に示すようにそれぞれの規模別流量を低減させる容量を算定して決定する。

表 9.2.2 遊水地による洪水調節容量算定方法

算出条件及び最低必要容量算出時の条件	最低必要容量
主要な洪水防御地点の 10 年洪水を 5 年洪水流量に低減	左記の条件時におけるそれぞれの必要容量の内、最大となる容量を対象流域における遊水地の最小必要容量と設定する。
主要な洪水防御地点の 25 年洪水を 10 年洪水流量に低減	
主要な洪水防御地点の 50 年洪水を 25 年洪水流量に低減	
主要な洪水防御地点の 100 年洪水を 50 年洪水流量に低減	

出典：調査団

遊水地の深さ及び有効水深については、以下の箇条書きに示す条件を基に設定する。

- 設置地点に隣接する河道の想定深さ以下は無効容量として必要容量には含めない。
- 遊水地の周囲堤の高さは、遊水地内の貯留水位が現況地盤高を 3m 以上超えない。

以上を算定した上で、必要容量を確保するために必要な遊水地面積を算定する。

また、添付資料 4-14 として遊水地によって洪水対策を実施している日本の代表的流域と遊水地の基本諸元を参考事例として示す。

(3) 既存ダムの操作ルールの変更又は新規治水ダムの建設

既存ダムの操作ルールの変更又は新規治水ダムの建設案において考慮する調節容量は、上述した表 9.2.2 に示す遊水地設定時の必要最低容量と同じように設定する。

9.3 概略事業費算定に用いる洪水対策案

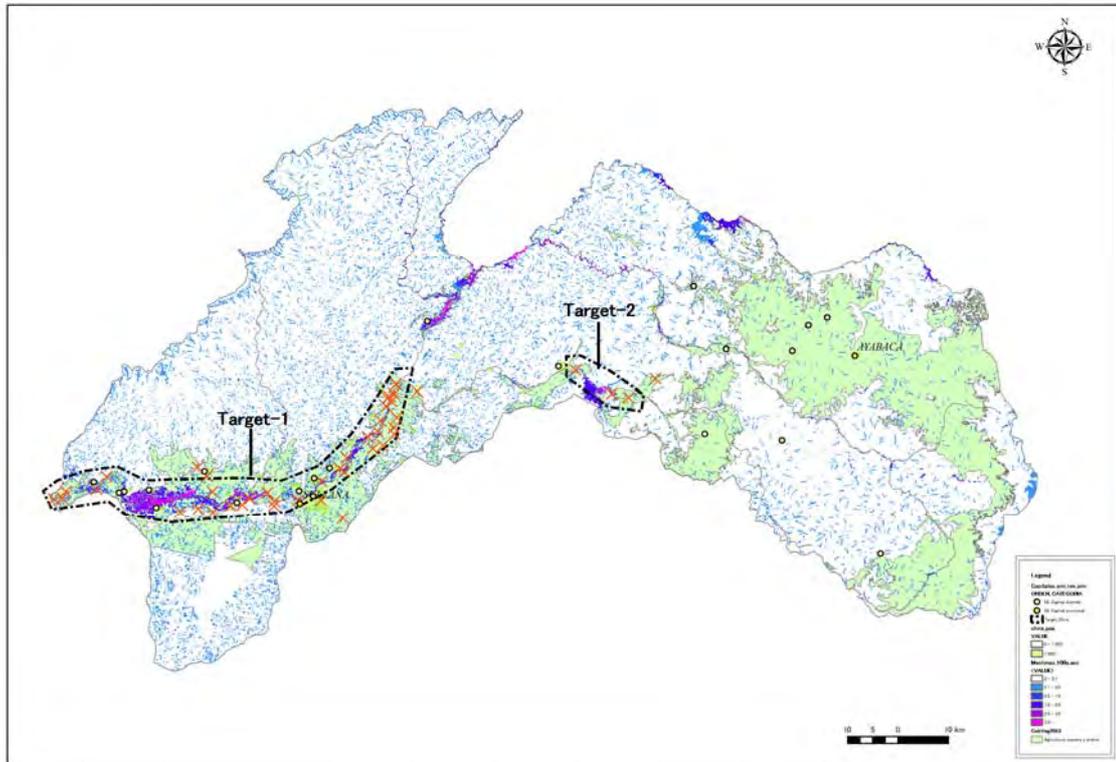
9.3.1 Piura-Chira 川流域

Piura-Chira 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策案の堤防諸元（現況堤防の高上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案（Alternative）ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

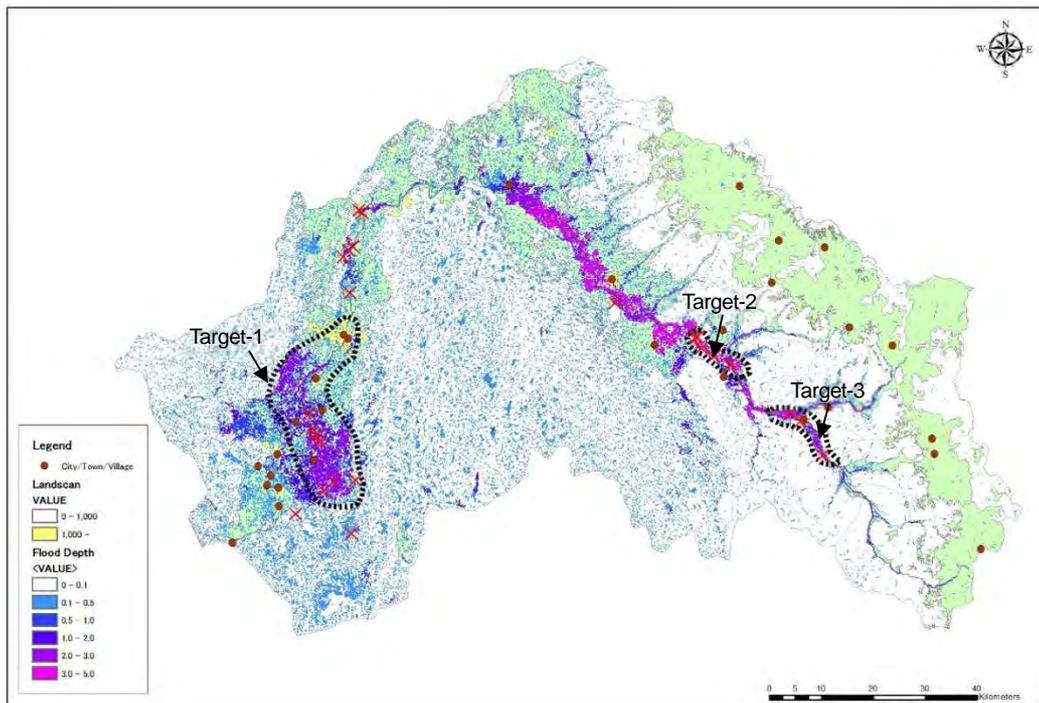
(1) Piura-Chira 川の洪水防御区域

図 9.3.1 及び図 9.3.2 として Chira 川及び Piura 川流域における RRI による氾濫解析結果と結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を示す。



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100-year return period.

図 9.3.1 Piura-Chira 川流域における洪水防御地区 (Chira 川流域)



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100-year return period.

図 9.3.2 Piura-Chira 川流域における洪水防御地区 (Piura 川流域)

(2) Alternative-1 : 概要

以下に図 9.3.1 及び図 9.3.2 として示した治水対象区間の治水対象流量及び Alternative-1 時の必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要護岸諸元を表 9.3.1~表 9.3.5 として示す。

表 9.3.1 Piura 川 Target-1 (Upstream: Piura Downstream: Cristo Nos Valga)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		1,200	1,900	2,400	2,900	3,400	3,800
River Width (m)		150 → 150 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Ave	0	1.2 (0.2+1.0)	1.6 (0.4+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.1 (0.9+1.2)	2.3 (1.1+1.2)
	Max	0	1.4 (0.4+1.0)	2.2 (1.0+1.2)	2.9 (1.7+1.2)	3.4 (2.2+1.2)	3.9 (2.7+1.2)
Length of Dike (km)		0	4.5	18.5	28.5	34.0	38.5
Average Flow Velocity (m/s)		2.00	2.31	2.46	2.62	2.71	2.83
Width of Dike Crown (m)		-	4	5	5	5	5
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5

出典：調査団

表 9.3.2 Piura 川 Target-2 (Upstream: Buenos Aires Downstream: La Matanza)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		1,400	2,100	2,500	3,000	3,300	3,700
River Width (m)		100 → 100 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.4 (0.2+1.2)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.2+1.2)	1.5 (0.3+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.3 (1.1+1.2)	2.8 (1.6+1.2)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.9 (0.7+1.2)	2.4 (1.2+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.5 (2.3+1.2)	4.1 (2.9+1.2)
Length of Dike (km)		0.5	3.5	6.0	8.5	9.0	9.0
Average Flow Velocity (m/s)		3.55	4.04	4.34	4.70	4.97	5.31
Width of Dike Crown (m)		4	5	5	5	5	5
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5

出典：調査団

表 9.3.3 Piura 川 Target-3 (Upstream: Salitral Downstream: Salitral)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		1,000	1,700	2,100	2,600	3,100	3,600
River Width (m)		80 → 80 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.4 (0.2+1.2)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.6 (0.4+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.4 (1.2+1.2)	2.8 (1.6+1.2)
	Max	1.2 (0.2+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	2.3 (1.1+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.5 (2.3+1.2)	4.1 (2.9+1.2)
Length of Dike (km)		0.5	2.0	4.5	6.0	7.0	7.0
Average Flow Velocity (m/s)		3.43	4.01	4.39	4.79	5.12	5.52
Width of Dike Crown (m)		4	4	5	5	5	5

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6

出典：調査団

表 9.3.4 Chira 川 Target-1 (Upstream: Querecotillo Downstream: Vichayal)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	1,108	1,904	2,510	2,977	3,571	4,834
River Width (m)	112 → 112 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	1.0
	Ave	0	0.9	1.0	1.2	1.5
	Max	0	1.0	1.4	2.2	3.0
Length of Dike (km)	0	6.0	10.0	14.0	20.0	30.0
Average Flow Velocity (m/s)	2.4	2.5	2.7	2.9	3.2	4.5
Width of Dike Crown (m)	-	4	5	5	5	5
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	1.1

出典：調査団

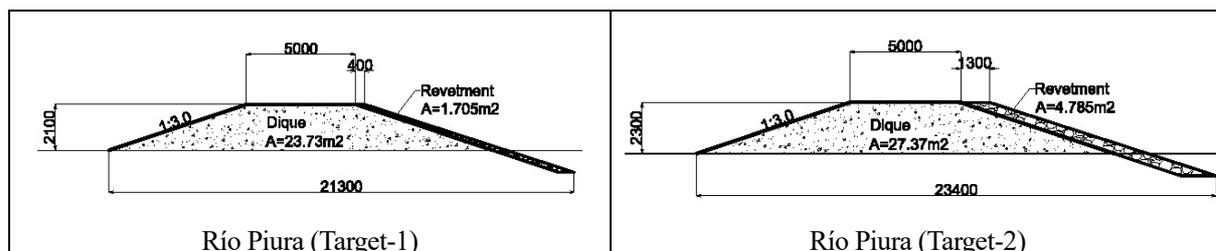
表 9.3.5 Chira 川 Target-2 (Around San Lorenzo)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)						
River Width (m)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	氾濫面積が小さい区間のため、洗掘対策の護岸のみの対応とする。また、その護岸による洗掘防止効果を便益に含む。				
	Ave					
	Max					
Length of Dike (km)						
Average Flow Velocity (m/s)						
Width of Dike Crown (m)						
Gradient of Dike Slope (V:H)						
Req. Diameter of Revetment (m)						

出典：調査団

(3) Alternative-1:標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。



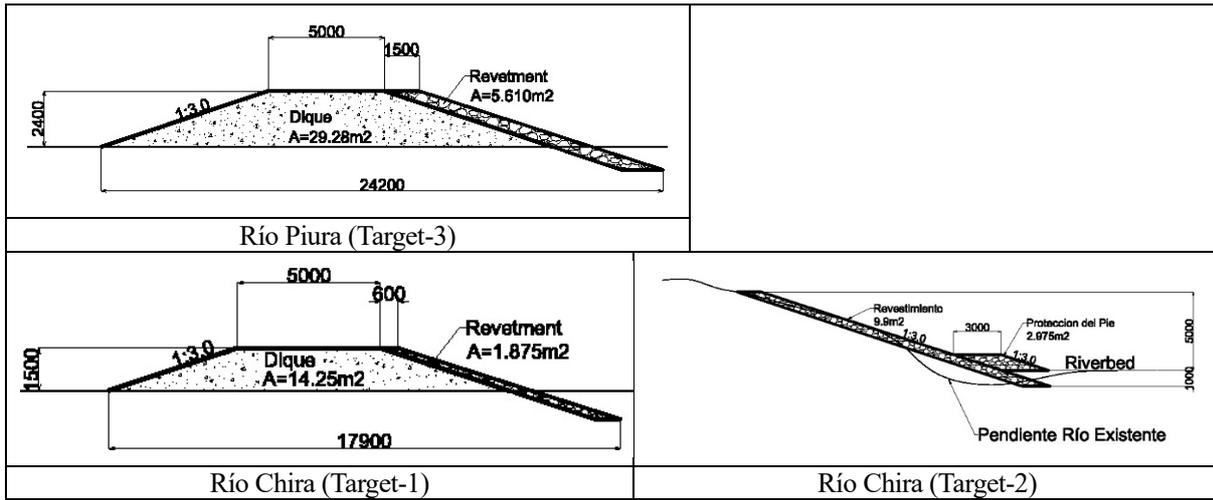


図 9.3.3 Piura-Chira 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(4) Alternative-2 : 概要

以下に Alternative-2 の遊水地諸元及び治水対象区間の治水対象流量、必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要護岸諸元を表 9.3.6~表 9.3.12 として示す。

表 9.3.6 Alternative-2 時の Piura 川必要遊水地諸元

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	0.0	50				
Required Area (has)	0.0	1,000				
Required Depth (m)	5.0m					

出典：調査団

表 9.3.7 Piura 川 Target-1 (Upstream: Piura Downstream: Cristo Nos Valga)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	1,200	1,200	1,900	2,400	2,900	3,400	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	150 → 150 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Ave	0	0	1.2 (0.2+1.0)	1.6 (0.4+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.1 (0.9+1.2)
	Max	0	0	1.4 (0.4+1.0)	2.2 (1.0+1.2)	2.9 (1.7+1.2)	3.4 (2.2+1.2)
Length of Dike (km)	0	0	4.5	18.5	28.5	34.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.00	2.00	2.31	2.46	2.62	2.71	
Width of Dike Crown (m)	-	-	4	5	5	5	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	

出典：調査団

表 9.3.8 Piura 川 Target-2 (Upstream: Buenos Aires Downstream: La Matanza)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	1,400	2,100	2,500	3,000	3,300	3,700

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
River Width (m)		100 → 100 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.4 (0.2+1.2)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.2+1.2)	1.5 (0.3+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.3 (1.1+1.2)	2.8 (1.6+1.2)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.9 (0.7+1.2)	2.4 (1.2+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.5 (2.3+1.2)	4.1 (2.9+1.2)
Length of Dike (km)		0.5	3.5	6.0	8.5	9.0	9.0
Average Flow Velocity (m/s)		3.55	4.04	4.34	4.70	4.97	5.31
Width of Dike Crown (m)		4	5	5	5	5	5
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5

出典：調査団

表 9.3.9 Piura 川 Target-3 (Upstream: Salitral Downstream: Salitral)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		1,000	1,700	2,100	2,600	3,100	3,600
River Width (m)		80 → 80 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.4 (0.2+1.2)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.6 (0.4+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.4 (1.2+1.2)	2.8 (1.6+1.2)
	Max	1.2 (0.2+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	2.3 (1.1+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.5 (2.3+1.2)	4.1 (2.9+1.2)
Length of Dike (km)		0.5	2.0	4.5	6.0	7.0	7.0
Average Flow Velocity (m/s)		3.43	4.01	4.39	4.79	5.12	5.52
Width of Dike Crown (m)		4	4	5	5	5	5
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6

出典：調査団

表 9.3.10 Alternative-2 時の Chira 川における必要ダム治水容量

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	0.0	30				
Required Area (has)						
Required Depth (m)						

出典：調査団

表 9.3.11 Chira 川 Target-1 (Upstream: Querecotillo Downstream: Vichayal)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		1,109	1,109	2,365	3,116	3,685	4,293
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)		112 → 112 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0.9	1.0	1.2	1.5
	Max	0	0	1.0	1.4	2.2	3.0
Length of Dike (km)		0	0	6.0	10.0	14.0	20.0

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Average Flow Velocity (m/s)	2.4	2.4	2.6	2.7	2.9	3.2
Width of Dike Crown (m)	4	4	5	5	5	5
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6

出典：調査団

表 9.3.12 Chira 川 Target-2 (Around San Lorenzo)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)						
River Width (m)						
Height of Dike (m) (W.L. Exceedance+ Clearance)	Min	氾濫面積が小さい区間のため、洗掘対策の護岸（3箇所）のみの対応とする。また、その護岸による洗掘防止効果を便益に含む。				
	Ave					
	Max					
Length of Dike (km)						
Average Flow Velocity (m/s)						
Width of Dike Crown (m)						
Gradient of Dike Slope (V:H)						
Req. Diameter of Revetment (m)						

出典：調査団

(5) Alternative-2: 標準断面

以下に Alternative-2 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-2 に示す。

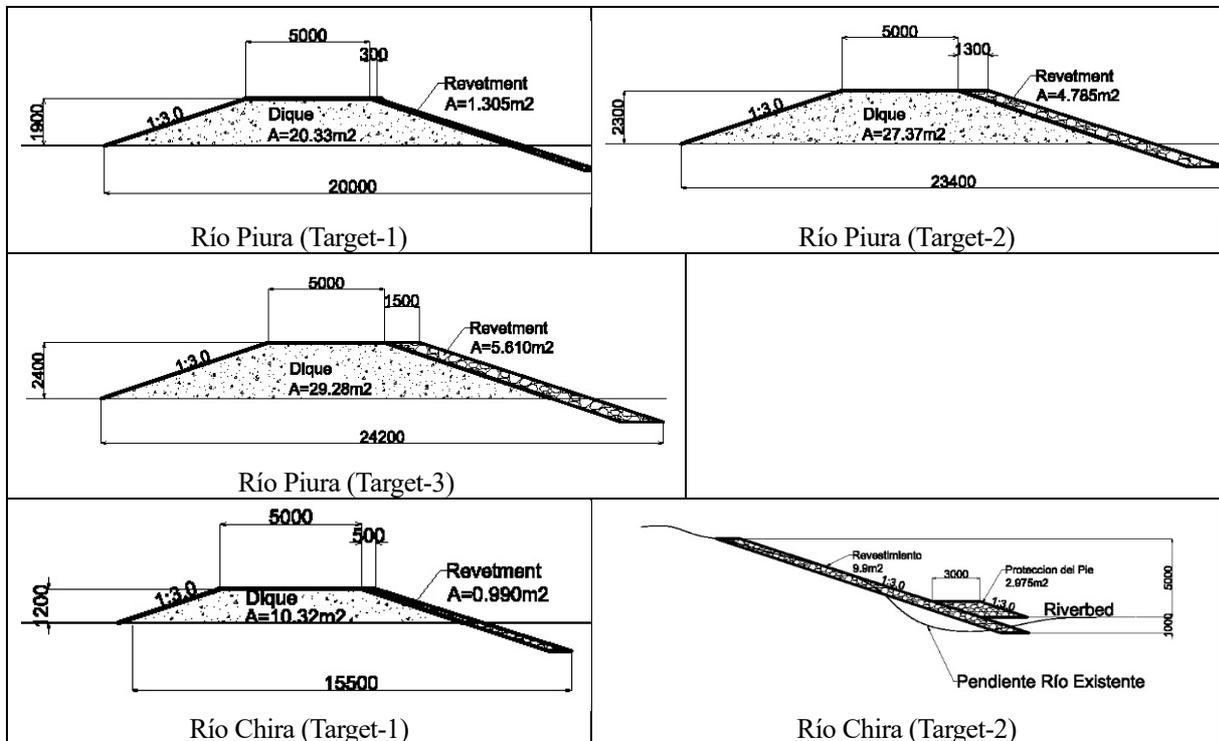


図 9.3.4 Piura-Chira 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)

(6) Target 区間における護岸改修の洗掘防止効果について

Alternative-1 及び 2 共に、上述した Target 区間は、ALA が Puntos Criticos として明示した局所的な対応を必要としている。上述の堤防と護岸の建設は、洪水氾濫防止以外に、河岸の洗掘防止効果も得られる。

2014 年の調査による Chira 川と Piura 川における Puntos Criticos の総数は、全部で 69 か所に上り、この内、本調査において改修を提案した Target 区間に含まれている Puntos Criticos の総数は、Piura 川で 12 か所、Chira 川で 29 箇所である。この 41 箇所においては洗掘対策が必要として、護岸の建設（追加工事）によるコストと便益を別途考慮する。

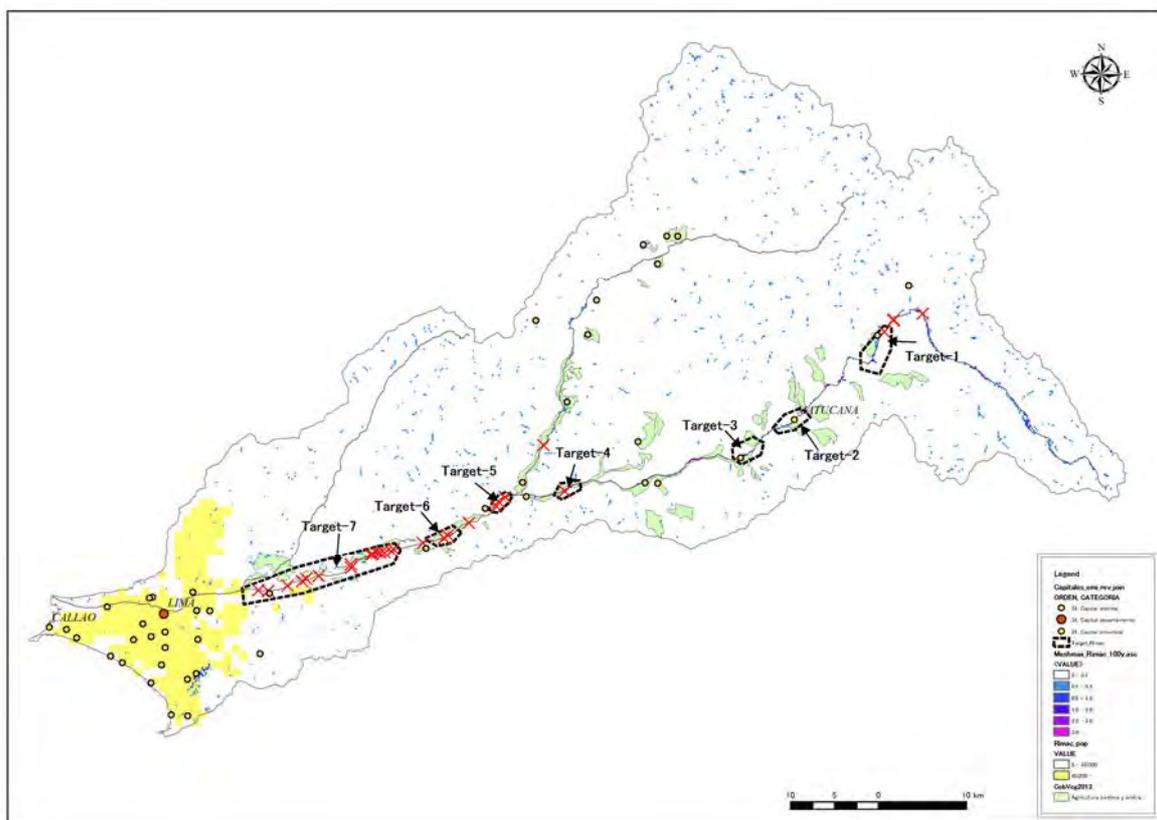
9.3.2 Rimac 川流域

Rimac 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策案の堤防諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(1) Rimac 川の洪水防御区域

図 9.3.5 として Rimac 川流域の RRI による氾濫解析結果とその結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を以下に示す。



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100 year return period.

図 9.3.5 Rimac 川流域における洪水防御地区

(2) Alternative-1 : 概要

以下に Rimac 川 Alternative-1 時の各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要護岸諸元を表 9.3.13~表 9.3.19 として示す。

表 9.3.13 Rimac 川 Target-1 (Upstream: San Mateo Downstream: San Mateo)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		26	45	45	59	87	87
River Width (m)		25.4 → 25.4 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.8	1.0	1.0	1.2	1.5	1.6
	Ave	1.4	1.6	1.6	1.8	2.1	2.1
	Max	2.0	2.2	2.2	2.5	2.7	2.8
Length of Dike (km)		0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Average Flow Velocity (m/s)		2.9	3.7	3.7	4.1	4.8	4.8
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.6	0.8	0.8	0.9	1.2	1.2

出典：調査団

表 9.3.14 Rimac 川 Target-2 (Upstream: Matucana Downstream: Matucana)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		12	34	34	66	122	140
River Width (m)		31 → 31 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.6	1.9	1.9	2.2	2.5	2.5
	Ave	1.6	1.9	1.9	2.2	2.5	2.5
	Max	1.6	1.9	1.9	2.2	2.5	2.5
Length of Dike (km)		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Average Flow Velocity (m/s)		1.9	3.0	3.0	3.9	5.0	5.3
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.5	0.5	0.8	1.3	1.5

出典：調査団

表 9.3.15 Rimac 川 Target-3 (Upstream: Sucro Downstream: Sucro)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		16	35	35	69	132	153
River Width (m)		32 → 32 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.7	0.9	0.9	1.1	1.3	1.4
	Ave	0.7	0.9	0.9	1.1	1.3	1.4
	Max	0.7	0.9	0.9	1.1	1.3	1.4
Length of Dike (km)		0.18	0.18	0.18	0.36	0.36	0.36
Average Flow Velocity (m/s)		2.3	3.1	3.1	4.1	5.3	5.6
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.4	0.5	0.5	0.9	1.5	1.7

出典：調査団

表 9.3.16 Rimac 川 Target-4 (Upstream: Richard Palma Downstream: Richard Palma)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		30	50	50	87	167	197
River Width (m)		36 → 36 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)		0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)		2.8	3.4	3.4	4.3	5.5	5.9
Width of Dike Crown (m)		-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.6	0.6	0.6	1.0	1.6	1.9

出典：調査団

表 9.3.17 Rimac 川 Target-5 (Upstream: Lurigancho Downstream: Lurigancho)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		132	230	230	324	474	491
River Width (m)		45 → 45 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)		0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)		4.0	5.0	5.0	5.7	5.8	5.8
Width of Dike Crown (m)		-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.9	1.3	1.3	1.7	2.4	2.4

出典：調査団

表 9.3.18 Rimac 川 Target-6 (Upstream: Chaclacayo Downstream: Chaclacayo)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		136	233	233	329	470	509
River Width (m)		45.61 → 45.61 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.6	2.0	2.0	2.2	2.4	2.7
	Ave	1.6	2.0	2.0	2.2	2.4	2.7
	Max	1.6	2.0	2.0	2.2	2.4	2.7
Length of Dike (km)		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Average Flow Velocity (m/s)		3.5	4.3	4.3	4.9	5.6	5.9
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.7	1.0	1.0	1.3	1.7	1.9

出典：調査団

表 9.3.19 Rimac 川 Target-7 (Upstream: Ate Downstream: Chaclacayo)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		139	235	235	343	498	533
River Width (m)		125.63 → 125.63 (±0)					

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)		0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)		2.6	3.2	3.2	3.7	4.3	4.4
Width of Dike Crown (m)		-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.5	0.6	0.6	0.8	1.0	1.1

出典：調査団

(3) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。

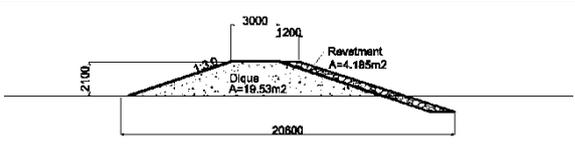
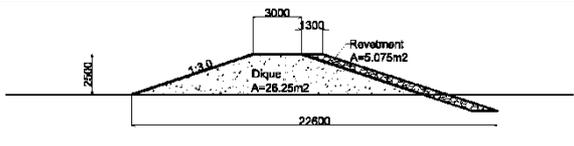
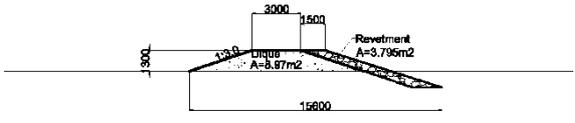
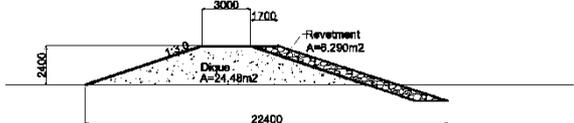
	
Río Rimac (Target-1)	Río Rimac (Target-2)
	No need to Construct Dike (Only Revetment)
Río Rimac (Target-3)	Río Rimac (Target-4)
No need to Construct Dike (Only Revetment)	
Río Rimac (Target-5)	Río Rimac (Target-6)
No need to Construct Dike (Only Revetment)	
Río Rimac (Target-7)	

図 9.3.6 Rimac 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(4) Target4、5 及び 7 区間への対応

上述した Target 区間のうち、Target-4、5 及び 7 の区間は、河岸の洗掘対策が必要で、大きな堤防の建設は必要ない。これら Target-4、5 及び 7 へは護岸の建設を本調査では考慮する。

2014 年の調査による Rimac 川における Puntos Criticos の総数は、全部で 29 か所に上り、この内、本調査において Target4、5 及び 7 に含まれている Puntos Criticos の総数は、18 箇所である。この 18 箇所においては洗掘対策が必要として、護岸の建設によるコストと便益を別途考慮する。

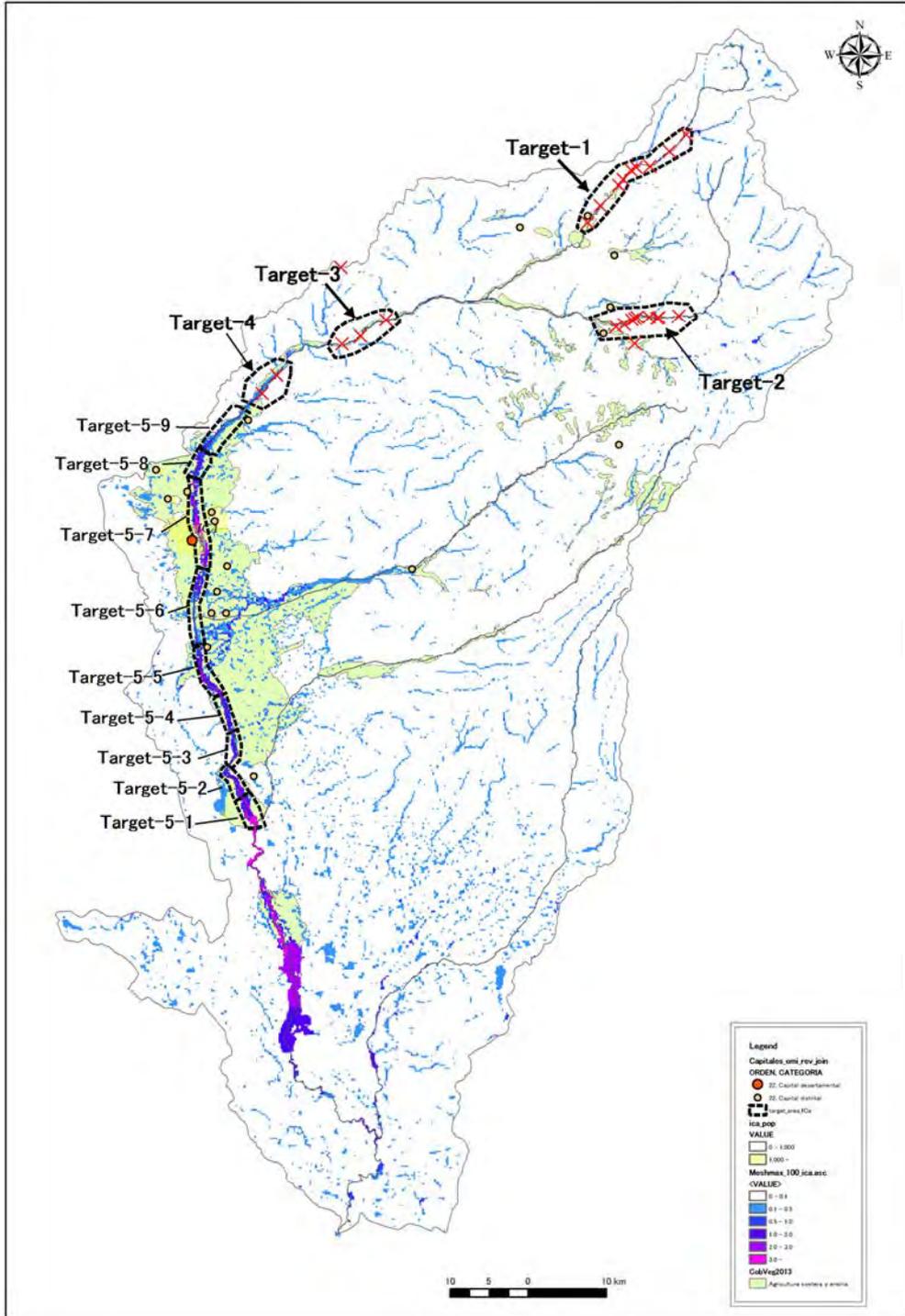
9.3.3 Ica 川流域

Ica 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策案の堤防諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案（Alternative）ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(1) Ica 川の洪水防御区域

図 9.3.7 として Ica 川流域の RRI による氾濫解析結果とその結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を以下に示す。



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100 year return period.

図 9.3.7 Ica 川流域における洪水防御地区

(2) Alternative-1：概要

以下に Ica 川 Alternative-1 時の各治水対象区間（Target 区間）の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要護岸諸元を表 9.3.20~表 9.3.28 として示す。

表 9.3.20 Ica 川 Target-5-1 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	65.01	182.49	223.38	444.14	514.41	729.03	
River Width (m)	27.93→27.93 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	2.1	2.7	4.0
	Ave	0	0	0	2.5	3.2	4.4
	Max	0	0	0	3.5	4.2	5.6
Length of Dike (km)	0	0	0	2	3	4	
Average Flow Velocity (m/s)	1.5	1.9	2.0	2.3	2.4	2.7	
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	3	4	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	

出典：調査団

表 9.3.21 Ica 川 Target-5-2 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	64.82	188.70	232.17	477.26	555.67	795.56	
River Width (m)	60.33→60.33 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.9	1.2	1.0
	Ave	0	0	0	2.2	2.8	3.2
	Max	0	0	0	3.6	4.3	5.7
Length of Dike (km)	0	0	0	1	2	4	
Average Flow Velocity (m/s)	1.2	1.7	1.8	2.4	2.5	3.1	
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	3	4	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	

出典：調査団

表 9.3.22 Ica 川 Target-5-3 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	64.55	188.49	231.95	480.00	560.49	804.17	
River Width (m)	97.35→97.35 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0	1.0
	Ave	0	0	0	0	0	1.2
	Max	0	0	0	0	0	1.4
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	2	
Average Flow Velocity (m/s)	0.9	1.3	1.4	1.9	2.1	2.5	
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	

出典：調査団

表 9.3.23 Ica 川 Target-5-4 (Upstream: Santiago to Downstream: Santiago)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	59.94	174.04	214.00	443.18	513.78	731.23	
River Width (m)	72.39→72.39 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.8	1.0	1.0
	Ave	0	0	0	1.0	1.3	1.6

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
	Max	0	0	0	1.1	1.6	2.4
Length of Dike (km)		0	0	0	0	1	4
Average Flow Velocity (m/s)		1.0	1.4	1.6	2.1	2.2	2.6
Width of Dike Crown (m)		-	-	3	3	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5

出典：調査団

表 9.3.24 Ica 川 Target-5-5 (Upstream: Santiago to Downstream: Santiago)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		51.21	154.35	191.63	414.67	487.25	721.37
River Width (m)		65.73→65.73 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.9	0.9	1.6
	Ave	0	0	0	1.3	1.4	2.5
	Max	0	0	0	2.1	2.4	3.6
Length of Dike (km)		0	0	0	2	4	8
Average Flow Velocity (m/s)		0.9	1.4	1.5	2.0	2.1	2.5
Width of Dike Crown (m)		-	-	-	3	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5

出典：調査団

表 9.3.25 Ica 川 Target-5-6 (Upstream: Ica to Downstream: Santiago)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		43.17	135.63	170.07	386.64	459.51	704.41
River Width (m)		65.73→65.73 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0.8	1.1
	Ave	0	0	0	0	1.1	1.6
	Max	0	0	0	0	1.4	2.4
Length of Dike (km)		0	0	0	0	1	4
Average Flow Velocity (m/s)		0.7	1.0	1.1	1.6	1.7	2.1
Width of Dike Crown (m)		-	-	-	-	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.26 Ica 川 Target-5-7 (Upstream: La Tinguia to Downstream: Ica)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		42.28	133.51	167.98	388.39	463.32	716.95
River Width (m)		49.53→49.53 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0.6	0.8	0.8	1.1
	Ave	0	0	0.8	1.7	2.0	3.1
	Max	0	0	1.0	3.0	3.4	5.0
Length of Dike (km)		0	0	1	7	9	12

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Average Flow Velocity (m/s)	0.9	1.4	1.6	2.1	2.3	2.7
Width of Dike Crown (m)	-	-	3	3	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5

出典：調査団

表 9.3.27 Ica 川 Target-5-8 (Upstream: San Juan Bautista to Downstream: San Juan Bautista)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	40.87	130.53	165.20	385.97	463.65	729.20
River Width (m)	71.14→71.14 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.8	1.0
	Ave	0	0	0	1.0	1.6
	Max	0	0	0	1.2	2.2
Length of Dike (km)	0	0	0	0	1	3
Average Flow Velocity (m/s)	0.9	1.5	1.7	2.3	2.4	2.8
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6

出典：調査団

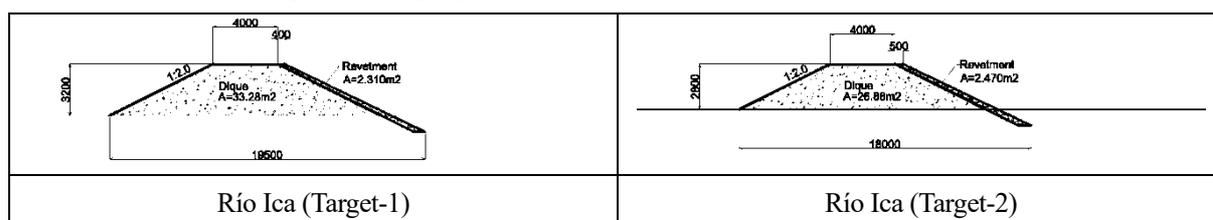
表 9.3.28 Ica 川 Target-5-9 (Upstream: San Jose De Los Molinos to Downstream: San De Los Molinos)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	40.87	129.29	162.84	381.43	455.56	708.05
River Width (m)	70.44→70.44 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	1.2
	Ave	0	0	0	0	1.4
	Max	0	0	0	0	1.7
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	1
Average Flow Velocity (m/s)	1.3	2.1	2.3	3.2	3.4	4.1
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	4
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.9

出典：調査団

(3) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。



No Need to Improve	
Río Ica (Target-3)	Río Ica (Target-4)
Río Ica (Target-5)	Río Ica (Target-6)
Río Ica (Target-7)	Río Ica (Target-8)
No Need to Improve	
Río Ica (Target-9)	

図 9.3.8 Ica 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(4) Alternative-2 : 概要

以下に Ica 川 Alternative-2 時の必要遊水地容量、各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.29~表 9.3.38 として示す。

表 9.3.29 Alternative-2 時の Ica 川必要遊水地諸元

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	0.0	12.1				
Required Area (has)	現在 Ica 州が計画している幅 300m、長さ 7km の遊水地の幅を 2 倍として幅 600m、長さ 7km の遊水地を計画					
Required Depth (m)	3.0 (1.5m for Excavation, 1.5m for Dike)					

出典：調査団

表 9.3.30 Ica 川 Target-5-1 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	65.01	65.01	182.49	223.38	444.14	514.41	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	27.93→27.93 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	2.1	2.7
	Ave	0	0	0	0	2.5	3.2
	Max	0	0	0	0	3.5	4.2
Length of Dike (km)	0	0	0	0	2	3	
Average Flow Velocity (m/s)	1.5	1.5	1.9	2.0	2.3	2.4	
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	3	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

出典：調査団

表 9.3.31 Ica 川 Target-5-2 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	64.82	64.82	188.70	232.17	477.26	555.67
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)	60.33→60.33 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.9	1.2
	Ave	0	0	0	2.2	2.8
	Max	0	0	0	3.6	4.3
Length of Dike (km)	0	0	0	0	1	2
Average Flow Velocity (m/s)	1.2	1.2	1.7	1.8	2.4	2.5
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5

出典：調査団

表 9.3.32 Ica 川 Target-5-3 (Upstream: Ocucaje to Downstream: Ocucaje)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	64.55	64.55	188.49	231.95	480.00	560.49
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)	97.35→97.35 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)	0.9	0.9	1.3	1.4	1.9	2.1
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.33 Ica 川 Target-5-4 (Upstream: Santiago to Downstream: Santiago)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	59.94	59.94	174.04	214.00	443.18	513.78
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)	72.39→72.39 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.8	1.0
	Ave	0	0	0	1.0	1.3
	Max	0	0	0	0	1.1
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	1
Average Flow Velocity (m/s)	1.0	1.0	1.4	1.6	2.1	2.2
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4

出典：調査団

表 9.3.34 Ica 川 Target-5-5 (Upstream: Santiago to Downstream: Santiago)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	51.21	51.21	154.35	191.63	414.67	487.25	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	65.73→65.73 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0.9	0.9
	Ave	0	0	0	0	1.3	1.4
	Max	0	0	0	0	2.1	2.4
Length of Dike (km)	0	0	0	0	2	4	
Average Flow Velocity (m/s)	0.9	0.9	1.4	1.5	2.0	2.1	
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	3	3	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

表 9.3.35 Ica 川 Target-5-6 (Upstream: Ica to Downstream: Santiago)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	43.17	43.17	135.63	170.07	386.64	459.51	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	65.73→65.73 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0	0.8
	Ave	0	0	0	0	0	1.1
	Max	0	0	0	0	0	1.4
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	1	
Average Flow Velocity (m/s)	0.7	0.7	1.0	1.1	1.6	1.7	
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	3	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

表 9.3.36 Ica 川 Target-5-7 (Upstream: La Tinguia to Downstream: Ica)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	42.28	42.28	133.51	167.98	388.39	463.32	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	49.53→49.53 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.6	0.8	0.8
	Ave	0	0	0	0.8	1.7	2.0
	Max	0	0	0	1.0	3.0	3.4
Length of Dike (km)	0	0	0	1	7	9	

Average Flow Velocity (m/s)	0.9	0.9	1.4	1.6	2.1	2.3
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4

出典：調査団

表 9.3.37 Ica 川 Target-5-8 (Upstream: San Juan Bautistao to Downstream: San Juan Bautista)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	40.87	40.87	130.53	165.20	385.97	463.65
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)	71.14→71.14 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0.8
	Ave	0	0	0	0	1.0
	Max	0	0	0	0	1.2
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	1
Average Flow Velocity (m/s)	0.9	0.9	1.5	1.7	2.3	2.4
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	3
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

出典：調査団

表 9.3.38 Ica 川 Target-5-9 (Upstream: San Jose De Los Molinos to Downstream: San De Los Molinos)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	40.87	40.87	129.29	162.84	381.43	455.56
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)	70.44→70.44 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)	1.3	1.3	2.1	2.3	3.2	3.4
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6

出典：調査団

(5) Alternative-2: 標準断面

以下に Alternative-2 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-2 に示す。

Río Ica (Target-1)	Río Ica (Target-2)
No Need to Improve	
Río Ica (Target-3)	Río Ica (Target-4)
	No Need to Improve
Río Ica (Target-5)	Río Ica (Target-6)
	No Need to Improve
Río Ica (Target-7)	Río Ica (Target-8)
No Need to Improve	
Río Ica (Target-9)	

図 9.3.9 Ica 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)

(6) Target1~4 区間への対応

Alternative-1 及び 2 共に、本調査では、河川改修区間として堤防を計画した区間は、Target5-1~5-9 区間のみである。Target1~4 区間は、ALA が Puntos Criticos として明示した局所的な対応が必要な区間である。

2014 年の調査による Ica 川における Puntos Criticos の総数は、全部で 25 箇所を上り、この内の殆どである 23 箇所が Target1~4 区間に位置する。この 23 箇所においては洗掘対策が必要として、護岸の建設によるコストと便益を別途考慮する。

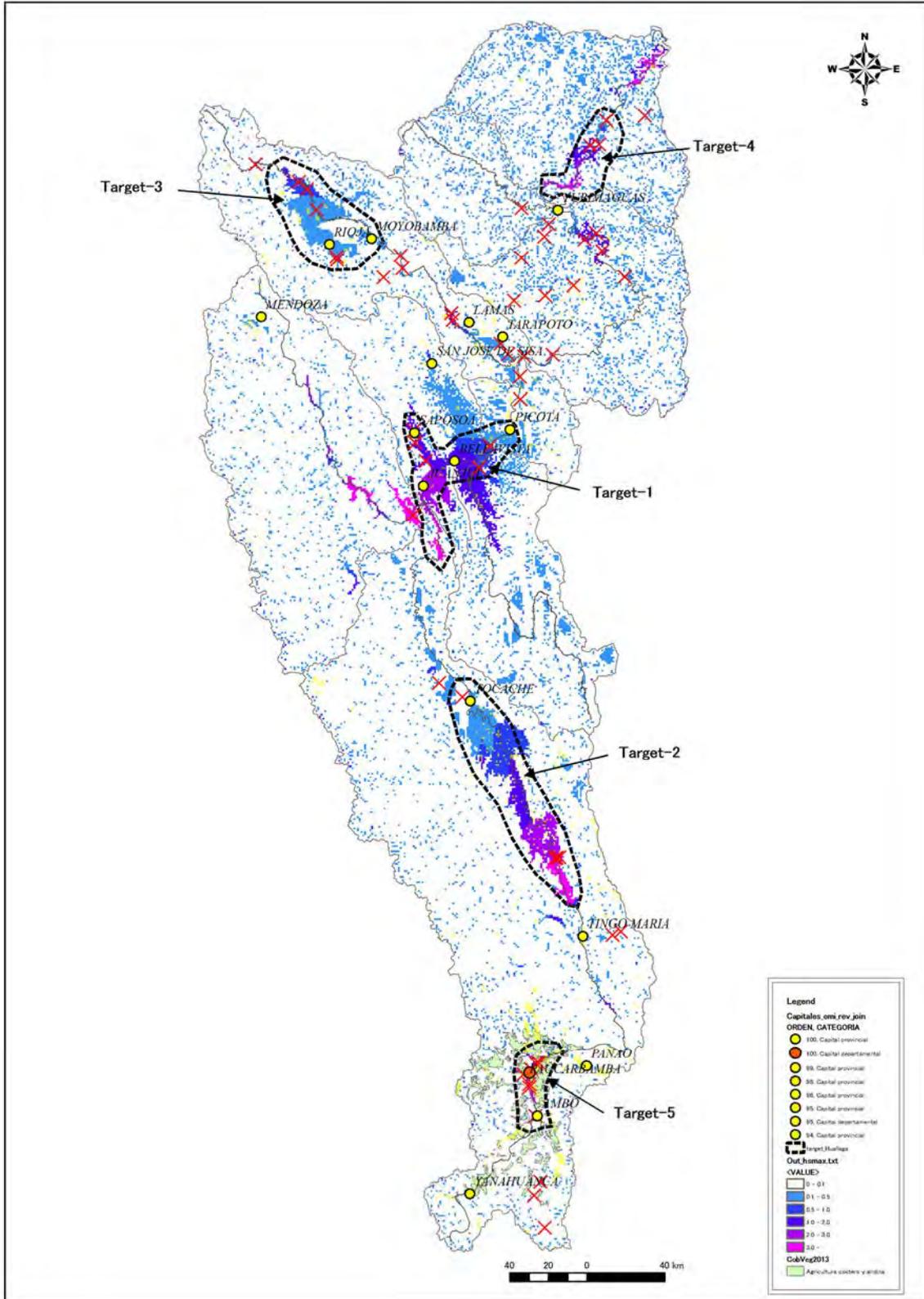
9.3.4 Huallaga 川流域

Huallaga 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策案の堤防諸元（現況堤防の高上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案（Alternative）ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(1) Huallaga 川の洪水防御区域

図 9.3.10 として Huallaga 川流域の RRI による氾濫解析結果とその結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を以下に示す。



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100 year return period.

図 9.3.10 Huallaga 川流域における洪水防御地区

(2) Alternative-1 : 概要

以下に Huallaga 川 Alternative-1 時の各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.39~表 9.3.43 として示す。

表 9.3.39 Hullaga 川 Target-1 (Upstream: Juanjui Downstream: Picota)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		5,100	5,500	5,800	6,300	6,500	6,800
River Width (m)		350→350 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)
	Ave	1.7 (0.2+1.5)	1.9 (0.4+1.5)	2.0 (0.5+1.5)	2.1 (0.6+1.5)	2.2 (0.7+1.5)	2.3 (0.8+1.5)
	Max	2.1 (0.6+1.5)	2.4 (0.9+1.5)	2.5 (1.0+1.5)	2.7 (1.2+1.5)	2.8 (1.3+1.5)	2.9 (1.4+1.5)
Length of Dike (km)		65.0	79.0	82.0	89.0	91.0	93.0
Average Flow Velocity (m/s)		2.67	2.70	2.79	2.94	3.03	3.12
Width of Dike Crown (m)		6	6	6	6	6	6
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.40 Hullaga 川 Target-2 (Upstream: Jose Crespo y Castillo Downstream: Tocache)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		2,600	2,800	3,000	3,200	3,300	3,400
River Width (m)		160→160 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Ave	1.7 (0.5+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.0 (0.8+1.2)	2.2 (1.0+1.2)	2.3 (1.1+1.2)	2.4 (1.2+1.2)
	Max	2.3 (1.1+1.2)	2.6 (1.4+1.2)	2.8 (1.6+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.2 (2.0+1.2)	3.3 (2.1+1.2)
Length of Dike (km)		90.0	111.0	122.0	124.0	124.0	125.0
Average Flow Velocity (m/s)		3.06	3.11	3.20	3.33	3.38	3.47
Width of Dike Crown (m)		5	5	5	5	5	5
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.41 Hullaga 川 Target-3 (Upstream: Awajun Downstream: Moyobamba)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		1,100	1,150	1,200	1,200	1,250	1,300
River Width (m)		60→60 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	0	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
	Max	0	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.5 (0.5+1.0)	1.6 (0.6+1.0)
Length of Dike (km)		0	21.0	28.0	34.0	36.0	40.0
Average Flow Velocity (m/s)		3.78	3.84	3.96	4.02	4.08	4.26
Width of Dike Crown (m)		4	4	4	4	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		-	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.42 Hullaga 川 Target-4 (Upstream: Yurimaguas Downstream: Santa Cruz)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	8,000	9,500	10,000	11,000	11,500	12,000	
River Width (m)	450→450 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)
	Ave	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	2.2 (0.2+2.0)	2.3 (0.3+2.0)	2.5 (0.5+2.0)	2.6 (0.6+2.0)
	Max	1.6 (0.1+1.5)	1.7 (0.2+1.5)	2.7 (0.7+2.0)	3.2 (1.2+2.0)	3.4 (1.4+2.0)	3.6 (1.6+2.0)
Length of Dike (km)	9.0	20.0	32.0	50.0	50.0	51.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.40	2.60	2.70	2.82	2.88	2.94	
Width of Dike Crown (m)	6	6	7	7	7	7	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

出典：調査団

表 9.3.43 Hullaga 川 Target-5 (Upstream: Ambo Downstream: Santa Maria del Valle)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	710	770	810	840	870	900	
River Width (m)	30→30 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)
	Max	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	1.8 (0.8+1.0)
Length of Dike (km)	20.0	31.0	33.0	36.0	37.0	40.0	
Average Flow Velocity (m/s)	4.32	4.68	4.91	5.13	5.31	5.45	
Width of Dike Crown (m)	5	5	5	5	5	5	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

出典：調査団

(3) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。

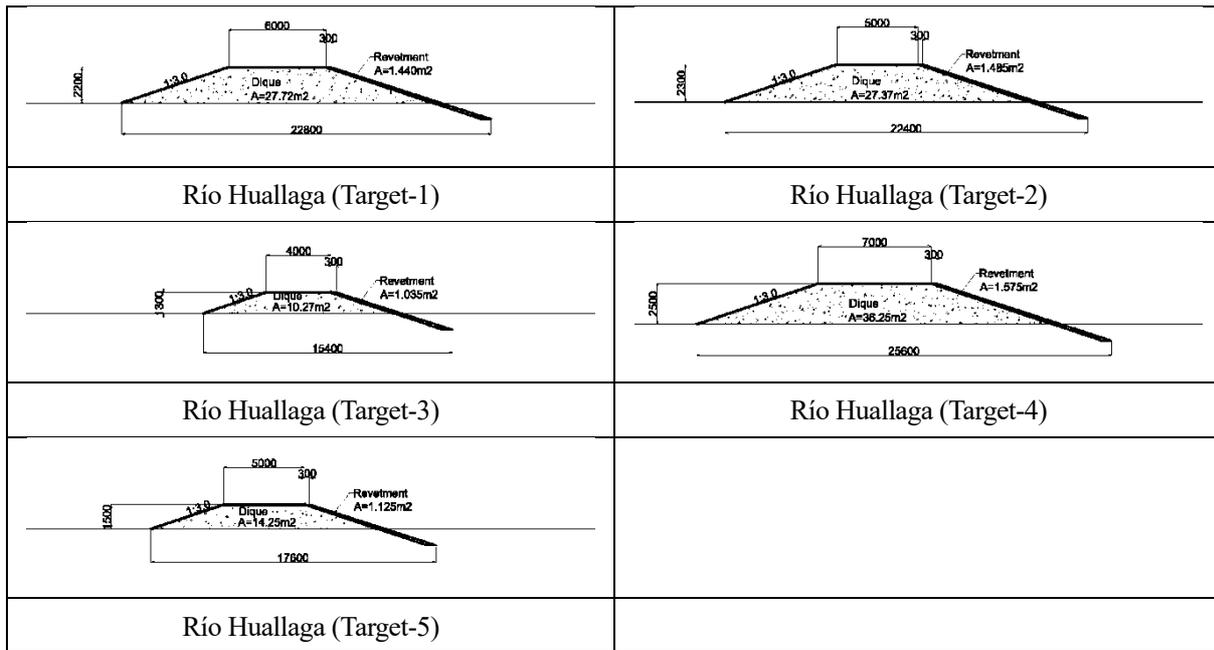


図 9.3.11 Huallaga 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(4) Alternative-2 : 概要

以下に Huallaga 川 Alternative-2 時の必要遊水地容量、各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.44~表 9.3.49 として示す。

表 9.3.44 Alternative-2 時の Huallaga 川必要遊水地諸元

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	297.6	297.6	297.6	297.6	297.6	297.6
Required Area (has)	9,920	9,920	9,920	9,920	9,920	9,920
Required Depth (m)	3.0					

出典：調査団

表 9.3.45 Hullaaga 川 Target-1 (Upstream: Juanjui Downstream: Picota)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	5,100	5,100	5,500	5,800	6,300	6,500	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	350→350 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L. Exceedance+ Clearance)	Min	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)
	Ave	1.7 (0.2+1.5)	1.7 (0.2+1.5)	1.9 (0.4+1.5)	2.0 (0.5+1.5)	2.1 (0.6+1.5)	2.2 (0.7+1.5)
	Max	2.1 (0.6+1.5)	2.1 (0.6+1.5)	2.4 (0.9+1.5)	2.5 (1.0+1.5)	2.7 (1.2+1.5)	2.8 (1.3+1.5)
Length of Dike (km)	65.0	65.0	79.0	82.0	89.0	91.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.67	2.67	2.70	2.79	2.94	3.03	
Width of Dike Crown (m)	6	6	6	6	6	6	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

表 9.3.46 Hullaga 川 Target-2 (Upstream: Jose Crespo y Castillo Downstream: Tocache)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	2,600	2,800	3,000	3,200	3,300	3,400	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
River Width (m)	160→160 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Ave	1.7 (0.5+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.0 (0.8+1.2)	2.2 (1.0+1.2)	2.3 (1.1+1.2)	2.4 (1.2+1.2)
	Max	2.3 (1.1+1.2)	2.6 (1.4+1.2)	2.8 (1.6+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.2 (2.0+1.2)	3.3 (2.1+1.2)
Length of Dike (km)	90.0	111.0	122.0	124.0	124.0	125.0	
Average Flow Velocity (m/s)	3.06	3.11	3.20	3.33	3.38	3.47	
Width of Dike Crown (m)	5	5	5	5	5	5	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

表 9.3.47 Hullaga 川 Target-3 (Upstream: Awajun Downstream: Moyobamba)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	1,100	1,150	1,200	1,200	1,250	1,300	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
River Width (m)	60→60 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	0 (0.1+1.0)	1.1 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
	Max	0 (0.2+1.0)	1.2 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.5 (0.5+1.0)	1.6 (0.6+1.0)
Length of Dike (km)	0	21.0	28.0	34.0	36.0	40.0	
Average Flow Velocity (m/s)	3.78	3.84	3.96	4.02	4.08	4.26	
Width of Dike Crown (m)	4	4	4	4	4	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	-	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

表 9.3.48 Hullaga 川 Target-4 (Upstream: Yurimaguas Downstream: Santa Cruz)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	8,000	8,000	9,500	10,000	11,000	11,500	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	450→450 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)
	Ave	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	2.2 (0.2+2.0)	2.3 (0.3+2.0)	2.5 (0.5+2.0)
	Max	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.7 (0.2+1.5)	2.7 (0.7+2.0)	3.2 (1.2+2.0)	3.4 (1.4+2.0)
Length of Dike (km)	9.0	9.0	20.0	32.0	50.0	50.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.40	2.40	2.60	2.70	2.82	2.88	
Width of Dike Crown (m)	6	6	6	7	7	7	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

表 9.3.49 Hullaga 川 Target-5 (Upstream: Ambo Downstream: Santa Maria del Valle)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	710	710	770	810	840	870	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	30→30 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L. Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
	Max	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	1.7 (0.7+1.0)
Length of Dike (km)	20.0	20.0	31.0	33.0	36.0	37.0	
Average Flow Velocity (m/s)	4.32	4.32	4.68	4.91	5.13	5.31	
Width of Dike Crown (m)	5	5	5	5	5	5	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

出典：調査団

(5) Alternative-2: 標準断面

以下に Alternative-2 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-2 に示す。

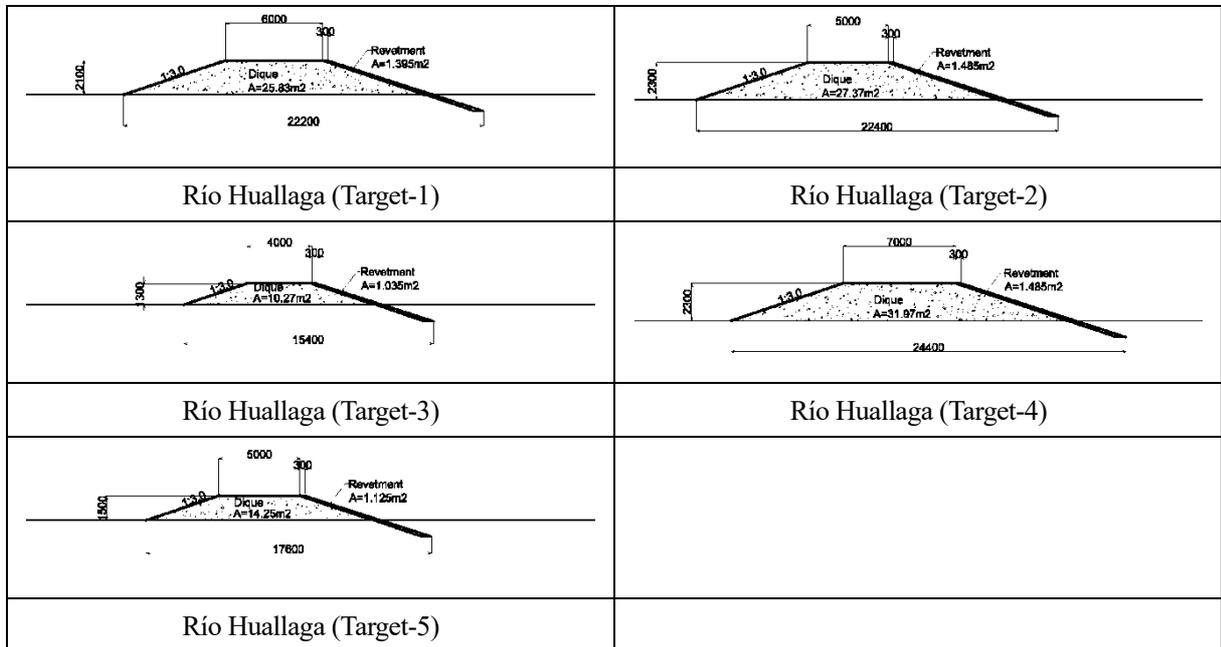


図 9.3.12 Huallaga 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)

(6) Target 区間の洗掘対策

Alternative-1 及び 2 共に、上述した Target 区間内には、ALA が Puntos Criticos として明示した洗掘対策が局所的に必要な区間がある。

2014年の調査による Huallaga 川 5 流域における Puntos Criticos の総数は、全部で 56 か所に上り、この内、本調査において Target に設定した Puntos Criticos の総数は 24 箇所である。この 24 箇所においてはさらに、洗掘対策が必要として、護岸の強化対策のための追加建設によるコストと洗掘を防止した便益を別途考慮する。

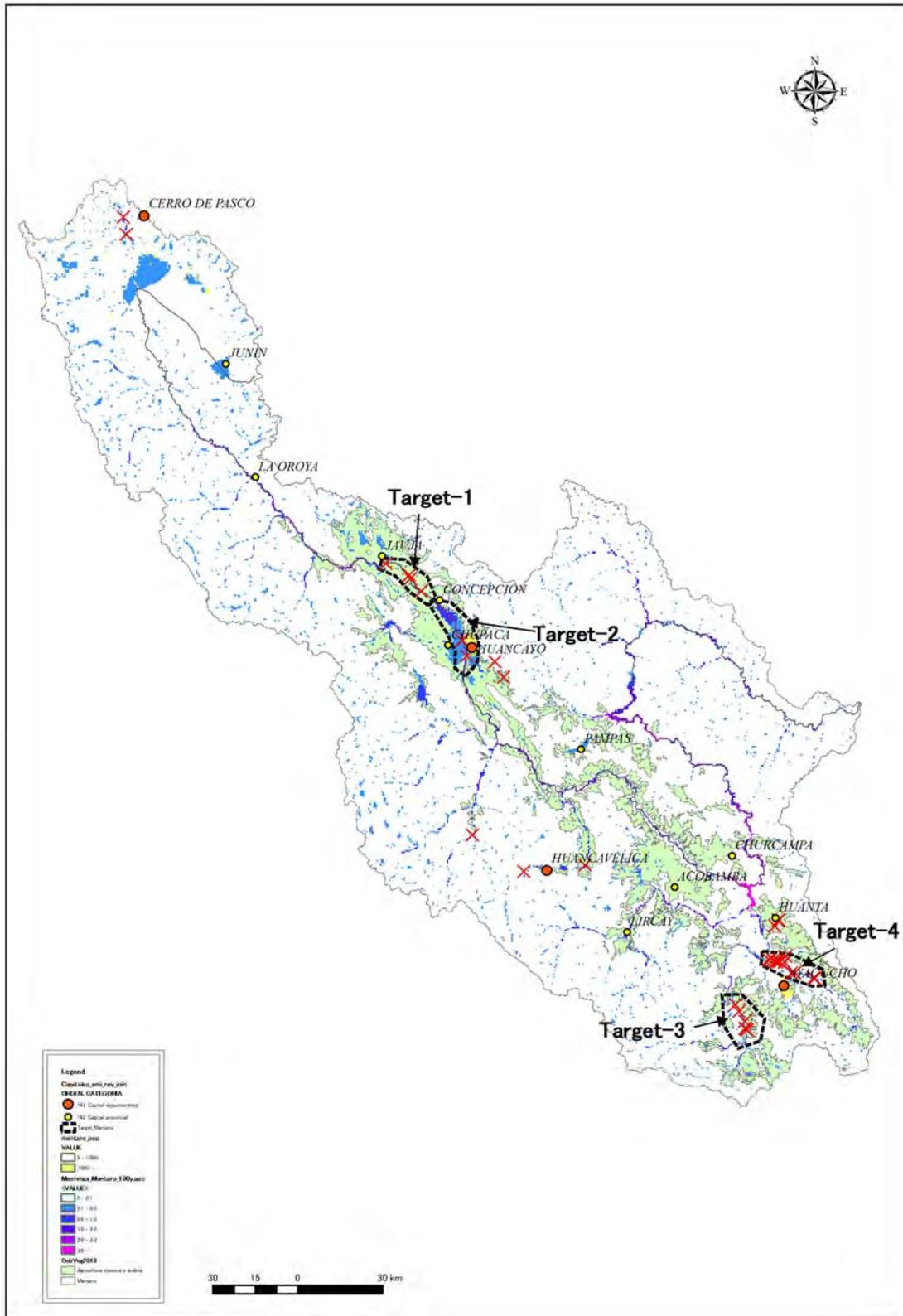
9.3.5 Mantaro 川流域

Mantaro 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策案の堤防諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案（Alternative）ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(1) Mantaro 川の洪水防御区域

図 9.3.13 として Mantaro 川流域の RRI による氾濫解析結果とその結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を以下に示す。



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100 year return period.

図 9.3.13 Mantaro 川流域における洪水防御地区

(2) Alternative-1 : 概要

以下に Mantaro 川 Alternative-1 時の各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要護岸諸元を表 9.3.50~表 9.3.53 として示す。

表 9.3.50 Mantaro 川 Target-1 (Upstream: Matahuasi Downstream: Yauyos)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		200.51	360.59	391.52	452.03	544.99	576.51
River Width (m)		123.68→123.68 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0
	Ave	0	1.0	1.0	1.1	1.4	1.4
	Max	0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
Length of Dike (km)		0	2.88	4.32	5.76	9.60	10.56
Average Flow Velocity (m/s)		1.4	1.6	1.7	2.0	2.4	2.5
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5

出典：調査団

表 9.3.51 Mantaro 川 Target-2 (Upstream: Huayucachi Downstream: Orcotuna)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		184.79	297.01	304.28	324.87	355.37	363.92
River Width (m)		130.7→130.7 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0
	Ave	1.8	2.9	2.9	3.0	3.2	3.3
	Max	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0
Length of Dike (km)		25.92	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4
Average Flow Velocity (m/s)		0.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.52 Mantaro 川 Target-3 (Upstream: Acos Vinchos Downstream: Pacaycasa)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		99.22	146.95	156.89	174.59	203.42	214.23
River Width (m)		63.6→63.6 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)		0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)		2.1	2.5	2.6	2.6	2.8	2.8
Width of Dike Crown (m)		-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6

出典：調査団

表 9.3.53 Mantaro 川 Target-4 (Upstream: Vinchos Downstream: Vinchos)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	61.15	90.95	96.83	106.97	124.93	131.93
River Width (m)	48.38→48.38 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)	1.7	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

出典：調査団

(3) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。

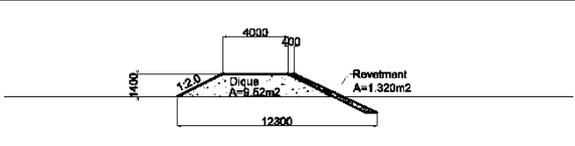
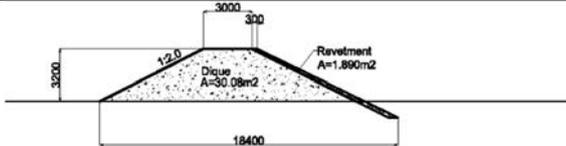
	
Río Mantaro (Target-1)	Mantaro (Target-2)
No Need to Improve	No Need to Improve
Río Mantaro (Target-3)	Río Mantaro (Target-4)

図 9.3.14 Mantaro 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(4) Alternative-2 : 概要

以下に Mantaro 川 Alternative-2 時の必要遊水地容量、各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.54~表 9.3.58 として示す。

表 9.3.54 Alternative-2 時の Mantaro 川における必要ダム治水容量

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	0.0	0.7 *1	0.1 *1	0.2 *1	0.2 *1	0.1 *1
Required Area (has)						
Required Depth (m)						

*1: 1 つの下の治水レベルを上げるために必要な治水必要容量

出典：調査団

表 9.3.55 Mantaro 川 Target-1 (Upstream: Matahuasi Downstream: Yauyos)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	200.51	200.51	360.59	391.52	452.03	544.99
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
River Width (m)		123.68→123.68 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0.8	0.8	0.8	1.0
	Ave	0	0	1.0	1.0	1.1	1.4
	Max	0	0	1.0	1.0	2.0	2.0
Length of Dike (km)		0	0	2.88	4.32	5.76	9.60
Average Flow Velocity (m/s)		1.4	1.4	1.6	1.7	2.0	2.4
Width of Dike Crown (m)		-	-	3	3	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4

出典：調査団

表 9.3.56 Mantaro 川 Target-2 (Upstream: Huayucachi Downstream: Orcotuna)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		184.79	184.79	297.01	304.28	324.87	355.37
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)		130.7→130.7 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.7	0.7	1.7	1.8	1.9	1.9
	Ave	1.8	1.8	2.9	2.9	3.0	3.2
	Max	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Length of Dike (km)		25.92	25.92	26.4	26.4	26.4	26.4
Average Flow Velocity (m/s)		0.5	0.5	1.6	1.7	1.8	1.9
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.57 Mantaro 川 Target-3 (Upstream: Acos Vinchos Downstream: Pacaycasa)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		99.22	146.95	156.89	174.59	203.42	214.23
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
River Width (m)		63.6→63.6 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)		0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)		2.1	2.5	2.6	2.6	2.8	2.8
Width of Dike Crown (m)		-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6

出典：調査団

表 9.3.58 Mantaro 川 Target-4 (Upstream: Vinchos Downstream: Vinchos)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	61.15	90.95	96.83	106.97	124.93	131.93
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
River Width (m)	48.38→48.38 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)	1.7	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

出典：調査団

(5) Alternative-2: 標準断面

以下に Alternative-2 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-2 に示す。

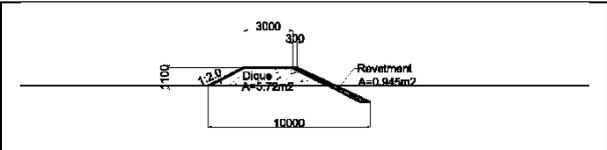
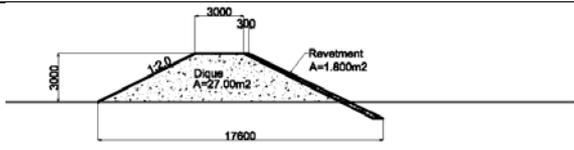
	
Río Mantaro (Target-1)	Mantaro (Target-2)
No Need to Improve	No Need to Improve
Río Mantaro (Target-3)	Río Mantaro (Target-4)

図 9.3.15 Mantaro 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)

(6) Target 3~4 区間への対応

Alternative-1 及び 2 共に、本調査では、河川改修区間として堤防を計画した区間は、Target 1~2 区間のみである。Target 3~4 区間は、ALA が Puntos Criticos として明示した局所的な対応が必要な区間である。

2014 年の調査による Mantaro 川における Puntos Criticos の総数は、全部で 37 箇所を上り、この内、Target 3~4 区間に位置する 23 箇所においては洗掘対策が必要として、護岸の建設によるコストと便益を別途考慮する。

9.3.6 Urubamaba 川流域

Urubamba 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策案の堤防諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案 (Alternative) ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(2) Alternative-1: 洪水対策案の概要

以下に Urubamba 川 Alternative-1 時の各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.59~表 9.3.64 として示す。

表 9.3.59 Urubamba 川 Target-1 (Upstream: Maranura Downstream: Santa Ana)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		182.24	182.24	527.10	1,003.17	1,316.09	1,571.24
River Width (m)		65.94→65.94 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.6	0.6	1.0	1.1	1.1	1.1
	Ave	1.0	1.0	2.8	4.1	4.9	5.3
	Max	1.3	1.3	4.4	6.9	8.2	9.1
Length of Dike (km)		3.84	3.84	13.44	18.24	19.20	21.12
Average Flow Velocity (m/s)		1.3	1.3	2.0	2.8	3.1	3.5
Width of Dike Crown (m)		3	3	4	4	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.30	0.30	0.30	0.50	0.50	0.70

出典：調査団

表 9.3.60 Urubamba 川 Target-2 (Upstream: Huayllabamba Downstream: Urubamba)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		39.18	39.18	204.22	339.25	419.07	444.50
River Width (m)		56.98→56.98 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0.8	0.9	0.9	1.1
	Ave	0	0	2.2	3.0	3.4	3.6
	Max	0	0	3.0	5.0	5.0	6.0
Length of Dike (km)		0	0	12.0 (right bank)	16.0 (right bank)	18.0 (right bank)	21.0 (right bank)
Average Flow Velocity (m/s)		0.5	0.5	0.8	1.0	1.1	1.2
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

表 9.3.61 Urubamba 川 Target-3 (Upstream: San Salvador Downstream: Calca)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		43.67	43.67	209.13	358.47	448.75	462.38
River Width (m)		55.43→55.43 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
	Ave	0	0	1.6	2.4	2.7	2.7
	Max	0	0	2.0	4.0	4.0	4.0
Length of Dike (km)		0	0	7.2	15.36	17.76	18.72
Average Flow Velocity (m/s)		0.7	0.7	1.2	1.5	1.7	1.8
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

表 9.3.62 Urubamba 川 Target-4 (Upstream: Urcos Downstream: Urcos)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	40.14	40.14	236.31	423.5	515.68	541.25	
River Width (m)	51.54→51.54 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0.8	0.8	1.3	1.4
	Ave	0	0	2.3	3.3	3.9	4.0
	Max	0	0	4.0	6.0	7.0	7.0
Length of Dike (km)	0	0	15.84	22.56	24.96	26.4	
Average Flow Velocity (m/s)	0.5	0.5	1.1	1.4	1.5	1.7	
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	3	4	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

出典：調査団

表 9.3.63 Urubamba 川 Target-5 (Upstream: Combapata Downstream: Checacupe)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	29.11	29.11	106.19	188.00	238.52	313.75	
River Width (m)	45.69→45.69 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0.6	0.8	0.8	1.2
	Ave	0	0	1.4	2.2	2.6	3.0
	Max	0	0	2.0	3.0	4.0	5.0
Length of Dike (km)	0	0	3.0	5.0	6.0	7.0	
Average Flow Velocity (m/s)	0.4	0.4	0.8	1.0	1.1	1.2	
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

出典：調査団

表 9.3.64 Urubamba 川 Target-6 (Upstream: Sicuani Downstream: Marangani)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	27.97	27.97	100.60	187.38	237.09	300.23	
River Width (m)	26.69→26.69 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80
	Ave	0.90	0.90	1.90	2.40	2.80	3.00
	Max	1.00	1.00	3.0	5.00	6.00	7.00
Length of Dike (km)	2.0	2.0	8.0	16.0	18.0	21.0	
Average Flow Velocity (m/s)	1.3	1.3	2.0	2.6	2.8	3.1	
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50	

出典：調査団

(3) Alternative-1: 洪水対策案の標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。

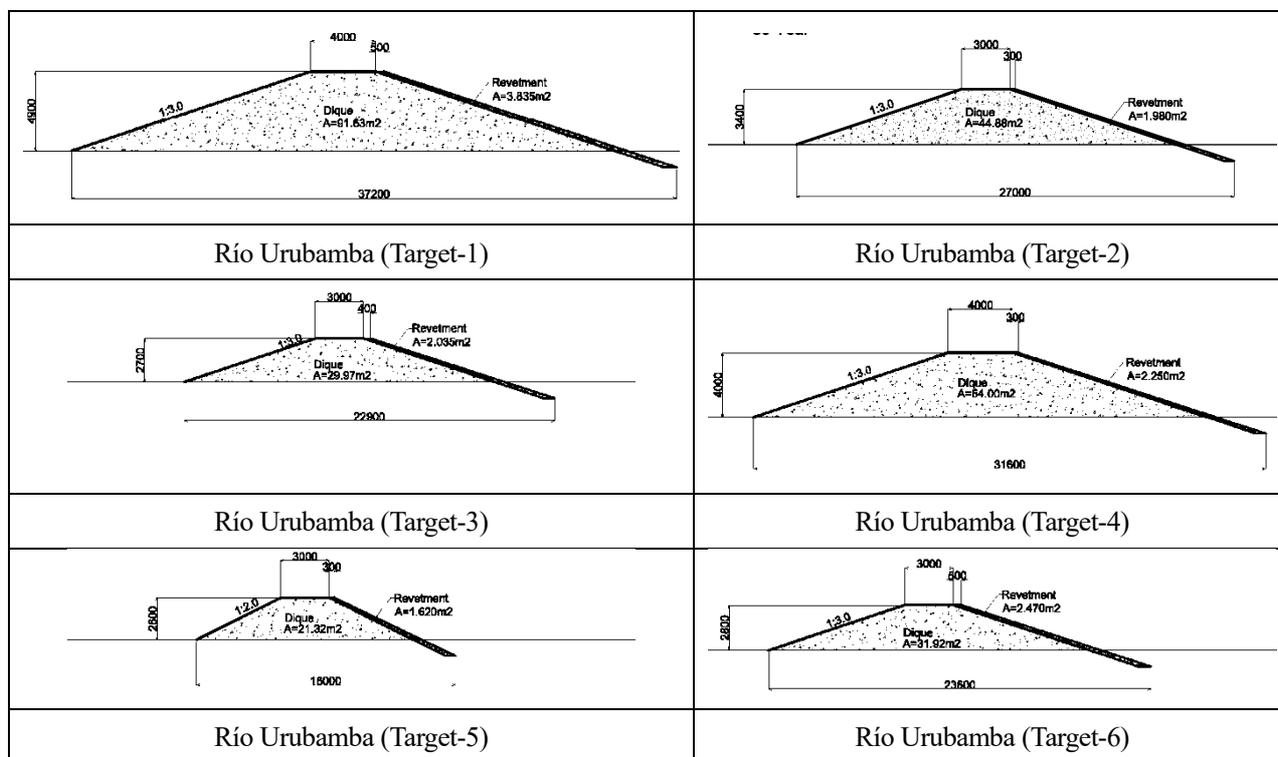


図 9.3.17 Urubamba 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(4) Alternative-2: 洪水対策案の概要

以下に Urubamba 川 Alternative-2 時の必要遊水地容量、各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.65~表 9.3.71 として示す。

表 9.3.65 Alternative-2 時の Urubamba 川必要遊水地諸元

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	0.0	0.0	21.2	34.0	16.0	25.3
Required Area (has)						
Required Depth (m)						

出典：調査団

表 9.3.66 Urubamba 川 Target-1 (Upstream: Maranura Downstream: Santa Ana)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	163.83	163.83	163.83	450.98	884.87	1,142.37	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	65.94→65.94 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.6	0.6	0.6	1.0	1.1	1.1
	Ave	1.0	1.0	1.0	2.6	4.1	4.9
	Max	1.3	1.3	1.3	4.2	6.9	8.2

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Length of Dike (km)	3.84	3.84	3.84	13.44	18.24	19.20
Average Flow Velocity (m/s)	1.3	1.3	1.3	2.0	2.8	3.1
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	4	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.50	0.50

出典：調査団

表 9.3.67 Urubamba 川 Target-2 (Upstream: Huayllabamba Downstream: Urubamba)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	38.02	38.02	38.02	109.71	177.77	214.42
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)	56.98→56.98 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.8	0.9
	Ave	0	0	0	2.2	3.0
	Max	0	0	0	3.0	5.0
Length of Dike (km)	0	0	0	12.0 (right bank)	16.0 (right bank)	18.0 (right bank)
Average Flow Velocity (m/s)	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

表 9.3.68 Urubamba 川 Target-3 (Upstream: San Salvador Downstream: Calca)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	41.78	41.78	41.78	131.34	232.11	277.01
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)	55.43→55.43 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.8	0.8
	Ave	0	0	0	1.6	2.4
	Max	0	0	0	2.0	4.0
Length of Dike (km)	0	0	0	7.2	15.36	17.76
Average Flow Velocity (m/s)	0.7	0.7	0.7	1.2	1.5	1.7
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

表 9.3.69 Urubamba 川 Target-4 (Upstream: Urcos Downstream: Urcos)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		36.88	36.88	36.88	142.09	238.80	289.56
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)		51.54→51.54 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0.8	0.8	1.3
	Ave	0	0	0	2.3	3.3	3.9
	Max	0	0	0	4.0	6.0	7.0
Length of Dike (km)		0	0	0	15.84	22.56	24.96
Average Flow Velocity (m/s)		0.5	0.5	0.5	1.1	1.4	1.5
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

表 9.3.70 Urubamba 川 Target-5 (Upstream: Combapata Downstream: Checacupe)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		29.11	29.11	106.19	188.00	238.52	313.75
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
River Width (m)		45.69→45.69 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0.6	0.8	0.8	1.2
	Ave	0	0	1.4	2.2	2.6	3.0
	Max	0	0	2.0	3.0	4.0	5.0
Length of Dike (km)		0	0	3.0	5.0	6.0	7.0
Average Flow Velocity (m/s)		0.4	0.4	0.8	1.0	1.1	1.2
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

表 9.3.71 Urubamba 川 Target-6 (Upstream: Sicuani Downstream: Marangani)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		27.97	27.97	100.60	187.38	237.09	300.23
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
River Width (m)		26.69→26.69 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80
	Ave	0.90	0.90	1.90	2.40	2.80	3.00
	Max	1.00	1.00	3.0	5.00	6.00	7.00
Length of Dike (km)		2.40	2.40	12.48	24.48	27.36	34.56
Average Flow Velocity (m/s)		1.3	1.3	2.0	2.6	2.8	3.1
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.30	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50

出典：調査団

(5) Alternative-2: 洪水対策案の標準断面

以下に Alternative-2 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。

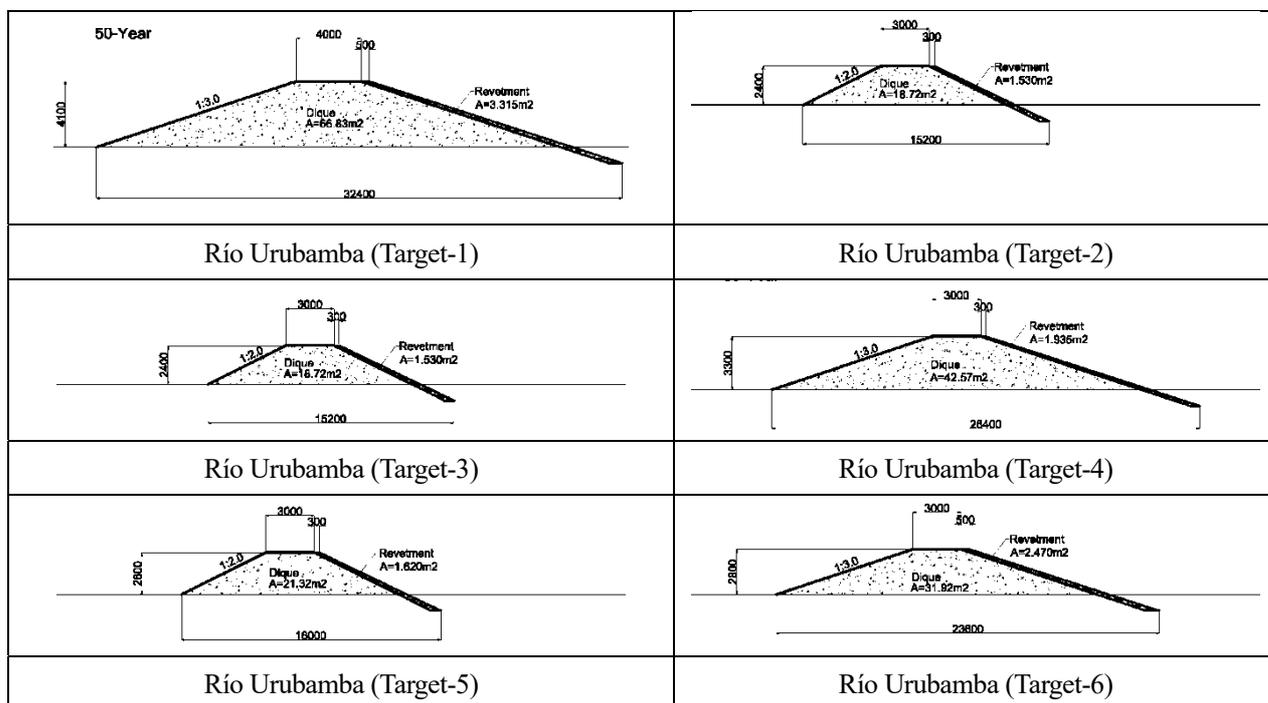


図 9.3.18 Urubamba 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)

(6) Target 区間における護岸改修の洗掘防止効果について

Alternative-1 及び 2 共に、上述した Target 区間は、ALA が Puntos Criticos として明示した局所的な対応を別途必要としている。上述の堤防と護岸の建設は、洪水氾濫防止以外に、河岸の洗掘防止効果も得られる。

2014 年の調査による Urubamba 川における Puntos Criticos の総数は、全部で 29 か所に上り、この内、本調査において改修を提案した Target 区間に含まれている Puntos Criticos の総数は、全部で 18 箇所である。この 18 箇所においては洗掘対策が必要として、護岸の建設（追加工事）によるコストと便益を別途考慮する。

9.3.7 その他のモデル流域

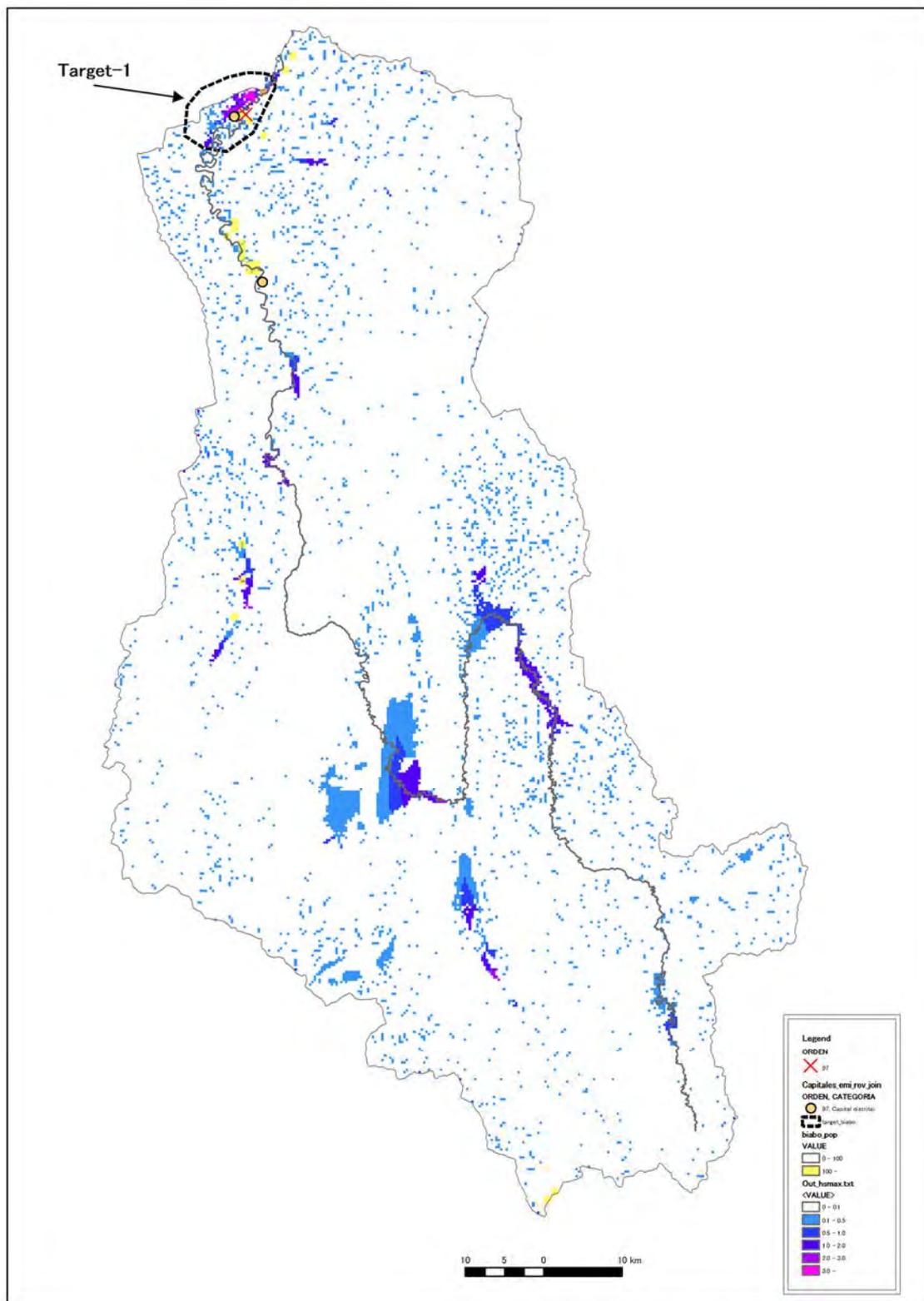
(1) Biabo 川流域

Biabo 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策案の堤防諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案（Alternative）ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(a) Biabo 川の洪水防御区域

図 9.3.19 として Biabo 川流域の RRI による氾濫解析結果とその結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を以下に示す。



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100 year return period.

図 9.3.19 Biabo 川流域における洪水防御地区

(b) Alternative-1 : 概要

以下に Biabo 川 Alternative-1 時の治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.72 として示す。

表 9.3.72 Biabo 川 Target-1 (Upstream: Bajo Biabo Downstream: Bajo Biabo)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	180	700	1,200	1,800	2,100	2,400	
River Width (m)	150→150 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L. Exceedance+ Clearance)	Min	0	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Ave	0	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	2.2 (1.0+1.2)	2.9 (1.7+1.2)
	Max	0	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	2.8 (1.8+1.0)	3.6 (2.4+1.2)	4.3 (3.1+1.2)
Length of Dike (km)	0	0.5	2.0	6.0	10.0	11.0	
Average Flow Velocity (m/s)	1.36	2.44	2.68	2.95	3.17	3.28	
Width of Dike Crown (m)	-	4	4	4	5	5	
Gradient of Dike Slope (V:H)	-	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

出典：調査団

(c) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。

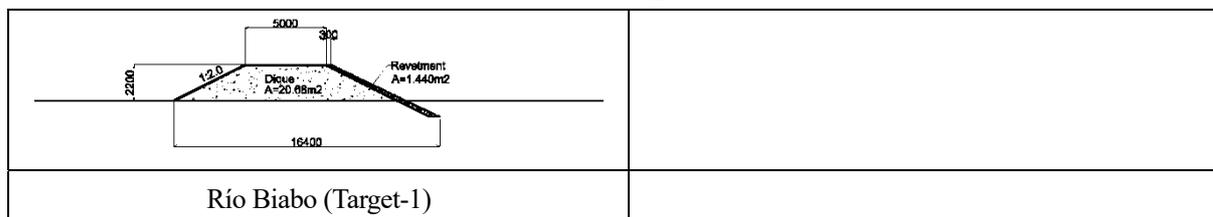


図 9.3.20 Biabo 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(d) Alternative-2: 概要

以下に Biabo 川 Alternative-2 時の必要遊水地容量、各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.73~表 9.3.74 として示す。

表 9.3.73 Alternative-2 時の Biabo 川必要遊水地諸元

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	12.8	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2
Required Area (has)	213	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287
Required Depth (m)	6.0					

出典：調査団

表 9.3.74 Biabo 川 Target-1 (Upstream: Bajo Biabo Downstream: Bajo Biabo)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	180	180	700	1,200	1,800	2,100	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	
River Width (m)	150→150 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L. Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)
	Ave	0	0	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	2.2 (1.0+1.2)
	Max	0	0	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	2.8 (1.8+1.0)	3.6 (2.4+1.2)
Length of Dike (km)	0	0	0.5	2.0	6.0	10.0	
Average Flow Velocity (m/s)	1.36	1.36	2.44	2.68	2.95	3.17	
Width of Dike Crown (m)	-	-	4	4	4	5	
Gradient of Dike Slope (V:H)	-	-	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

出典：調査団

(e) Alternative-2: 標準断面

以下に Alternative-2 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。

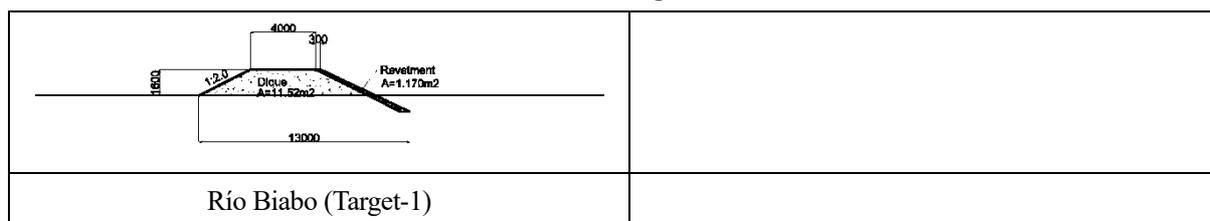


図 9.3.21 Biabo 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)

(f) Target 区間における護岸改修の洗掘防止効果について

Alternative-1 及び 2 共に、上述した Target 区間は、ALA が Puntos Criticos として明示した局所的な対応を別途必要としている。上述の堤防と護岸の建設は、洪水氾濫防止以外に、河岸の洗掘防止効果も得られる。

2014 年の調査による Biabo 川における Puntos Criticos の総数は、全部で 1 箇所であり、この地点は Target 区間に含まれている。よってこの地点は別途洗掘対策が必要な区間として、護岸の建設（追加工事）によるコストと便益を別途考慮する。

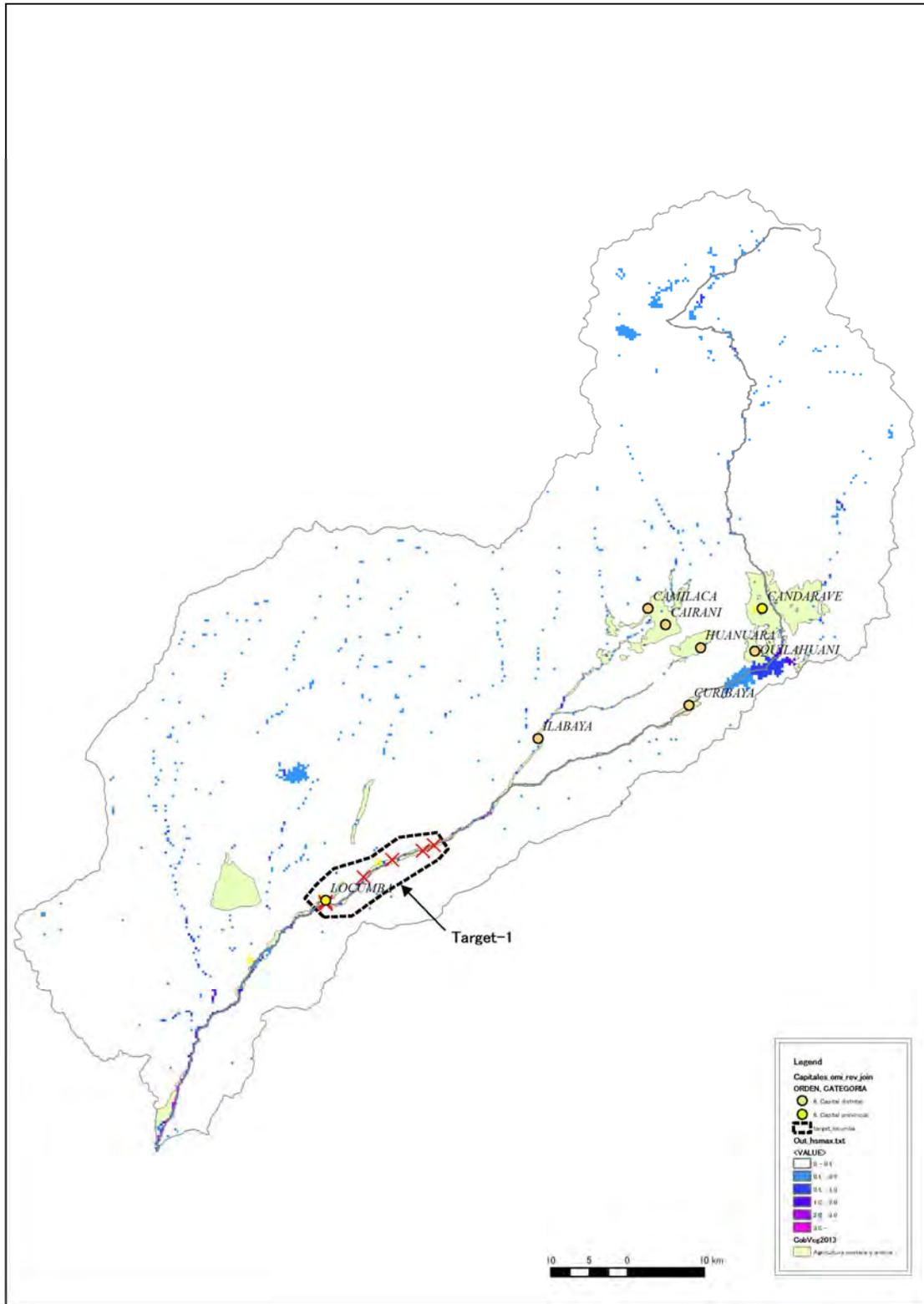
(2) Locumba 川流域

Locumba 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策の具体的、堤防の建設諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(a) Locumba 川の洪水防御区域

図 9.3.22 として Locumba 川流域の RRI による氾濫解析結果とその結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を以下に示す。



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100 year return period.

図 9.3.22 Locumba 川流域における洪水防御地区

(b) Alternative-1: 概要

以下に Locumba 川 Alternative-1 時の治水対象区間（Target 区間）の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要護岸諸元を表 9.3.75 として示す。

表 9.3.75 Locumba 川 Target-1 (Upstream: Locumba Downstream: Locumba)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	70	150	170	190	270	320	
River Width (m)	20→20 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L. Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
	Ave	0	0	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
	Max	0	0	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
Length of Dike (km)	0	0	0.3	0.6	1.0	2.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.94	4.06	4.32	4.52	5.17	5.56	
Width of Dike Crown (m)	-	-	3	3	3	3	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.5	0.9	1.0	1.1	1.4	1.6	

出典：調査団

(c) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。

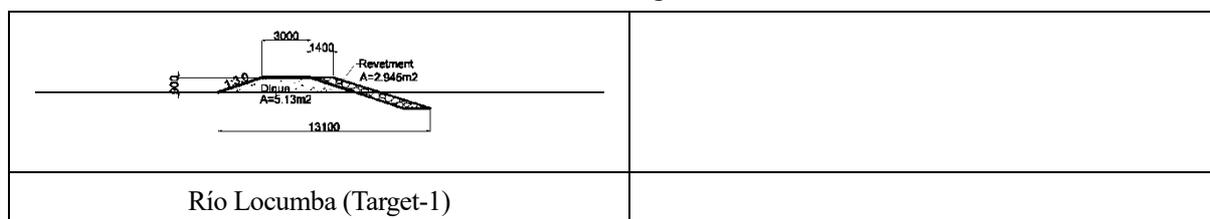


図 9.3.23 Locumba 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(d) Target 区間における護岸改修の洗掘防止効果について

上述した Target 区間は、ALA が Puntos Criticos として明示した局所的な対応を別途必要としている。上述の堤防と護岸の建設は、洪水氾濫防止以外に、河岸の洗掘防止効果も得られる。

2014 年の調査及び ALA の追加調査による Locumba 川における Puntos Criticos の総数は、全部で 9 箇所に上り、この内、本調査において改修を提案した Target 区間に含まれている Puntos Criticos の総数は、全部で 6 箇所である。この 6 箇所においては洗掘対策が必要として、護岸の建設（追加工事）によるコストと便益を別途考慮する。

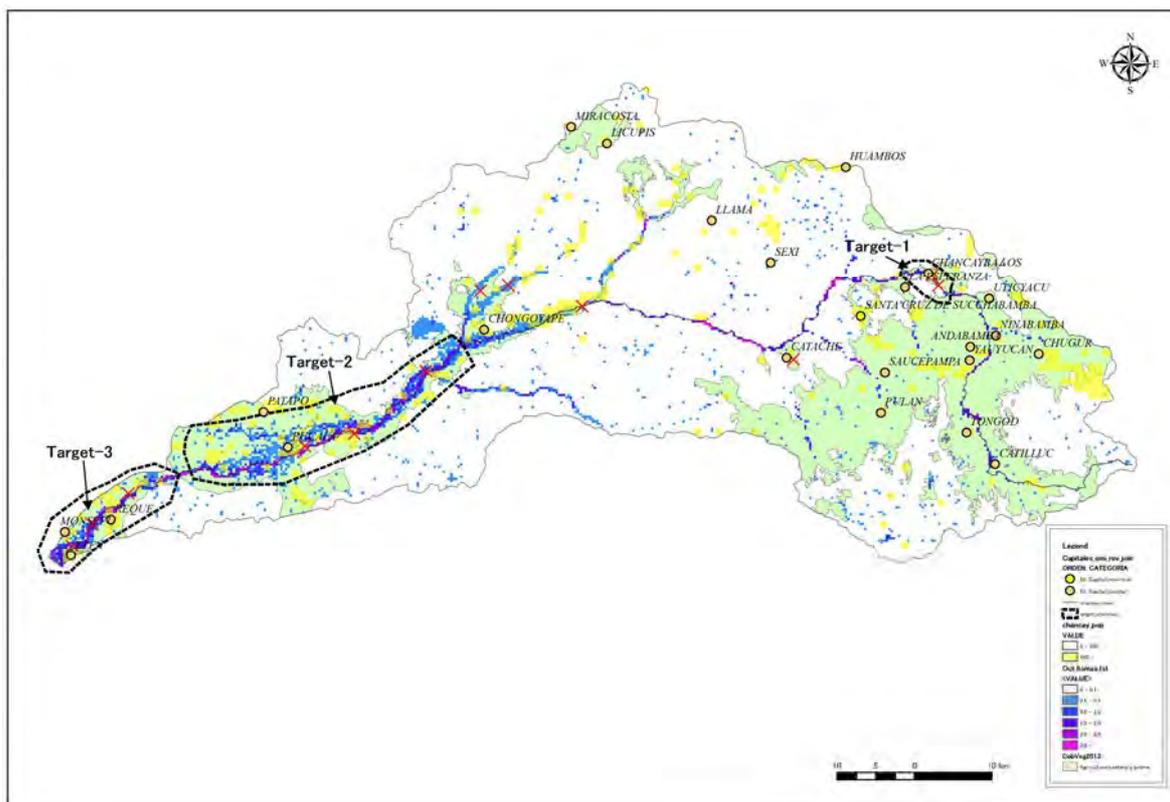
(3) Chancay-Lambayeque 川流域

Chancay-Lambayeque 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策の具体的、堤防の建設諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案 (Alternative) ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(a) Chancay-Lambayeque 川の洪水防御区域

図 9.3.24 として Chancay-Lambayeque 川流域の RRI による氾濫解析結果とその結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を以下に示す。



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100 year return period.

図 9.3.24 Chancay-Lambayeque 川流域における洪水防御地区

(b) Alternative-1: 概要

以下に Chancay-Lambayeque 川 Alternative-1 時の各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.76~表 9.3.78 として示す。

表 9.3.76 Target-1(Upstream: District La Esperanza to Downstream: District Chancayba)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	290	360	450	560	620	730	
River Width (m)	60 → 60 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Max	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
Length of Dike (km)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.62	2.85	3.11	3.35	3.45	3.65	
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	4	4	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	

出典：調査団

表 9.3.77 Target-2 (Upstream: District Chongoyape to Downstream: District Saña)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		860	1,200	1,400	1,800	1,900	2,100
River Width (m)		100 → 100 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.5 (0.5+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	2.0 (0.8+1.2)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	2.1 (1.1+1.0)	2.6 (1.6+1.0)	3.7 (2.5+1.2)
Length of Dike (km)		2.0	8.0	16.0	25.0	31.0	35.0
Average Flow Velocity (m/s)		2.81	3.13	3.44	3.78	3.92	4.11
Width of Dike Crown (m)		4	4	4	4	4	5
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9

出典：調査団

表 9.3.78 Target-3 (Upstream: District Reque to Downstream: District Eten)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		840	1,100	1,300	1,500	1,600	1,800
River Width (m)		100 → 100 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	2.0 (1.0+1.0)	2.3 (1.3+1.0)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	2.0 (1.0+1.0)	2.7 (1.7+1.0)	3.0 (2.0+1.0)	3.5 (2.5+1.0)
Length of Dike (km)		1.0	4.0	6.0	9.0	12.0	14.0
Average Flow Velocity (m/s)		2.06	2.19	2.33	2.50	2.58	2.67
Width of Dike Crown (m)		4	4	4	4	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4

出典：調査団

(c) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。

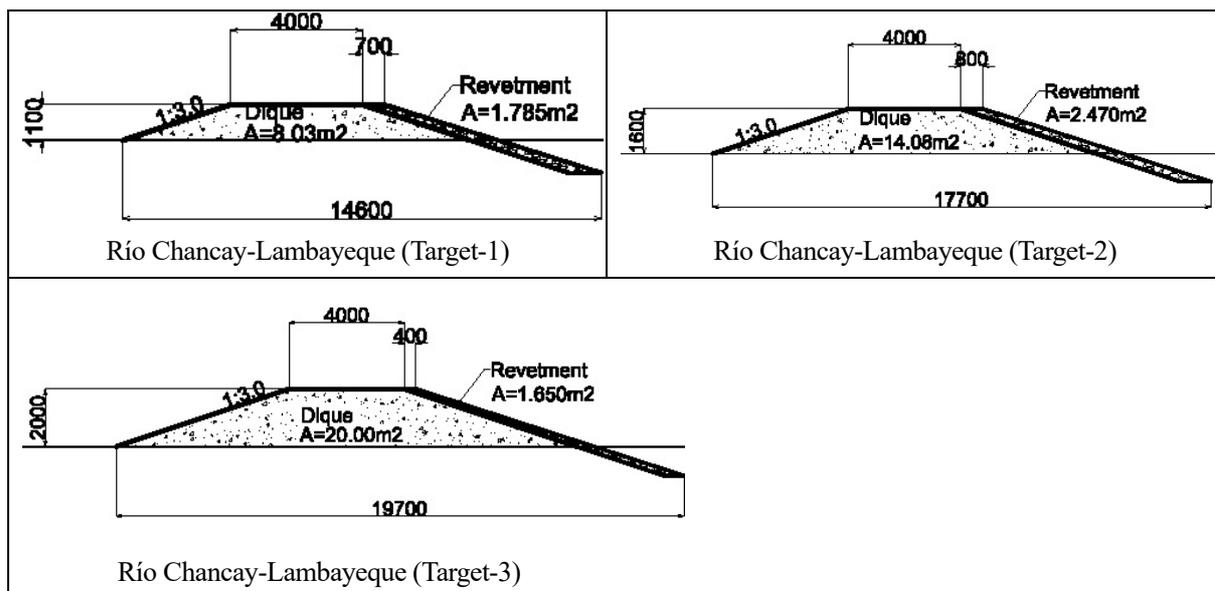


図 9.3.25 Chancay-Lambayeque 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(d) Alternative-2: 概要

以下に Chancay-Lambayeque 川 Alternative-2 時の必要遊水地容量、各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要護岸諸元を表 9.3.79~表 9.3.82 として示す。

表 9.3.79 Alternative-2 時の Chancay-Lambayeque 川必要遊水地諸元

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	5	10	10	10	10	10
Required Area (has)	300	350	350	350	350	350
Required Depth (m)	3.0					

出典：調査団

表 9.3.80 Target-1(Upstream: District La Esperanza to Downstream: District Chancayba)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	290	360	450	560	620	730	
River Width (m)	60 → 60 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Max	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
Length of Dike (km)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.62	2.85	3.11	3.35	3.45	3.65	
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	4	4	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	

出典：調査団

表 9.3.81 Target-2 (Upstream: District Chongoyape to Downstream: District Saña)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		860	860	1,200	1,400	1,800	1,900
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)		100 → 100 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.5 (0.5+1.0)	1.6 (0.6+1.0)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	2.1 (1.1+1.0)	2.6 (1.6+1.0)
Length of Dike (km)		2.0	2.0	8.0	16.0	25.0	31.0
Average Flow Velocity (m/s)		2.81	2.81	3.13	3.44	3.78	3.92
Width of Dike Crown (m)		4	4	4	4	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8

出典：調査団

表 9.3.82 Target-3 (Upstream: District Reque to Downstream: District Eten)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		840	840	1,100	1,300	1,500	1,600
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year
River Width (m)		100 → 100 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	2.0 (1.0+1.0)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	2.0 (1.0+1.0)	2.7 (1.7+1.0)	3.0 (2.0+1.0)
Length of Dike (km)		1.0	1.0	4.0	6.0	9.0	12.0
Average Flow Velocity (m/s)		2.06	2.06	2.19	2.33	2.50	2.58
Width of Dike Crown (m)		4	4	4	4	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

出典：調査団

(e) Alternative-2: 標準断面

以下に Alternative-2 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。

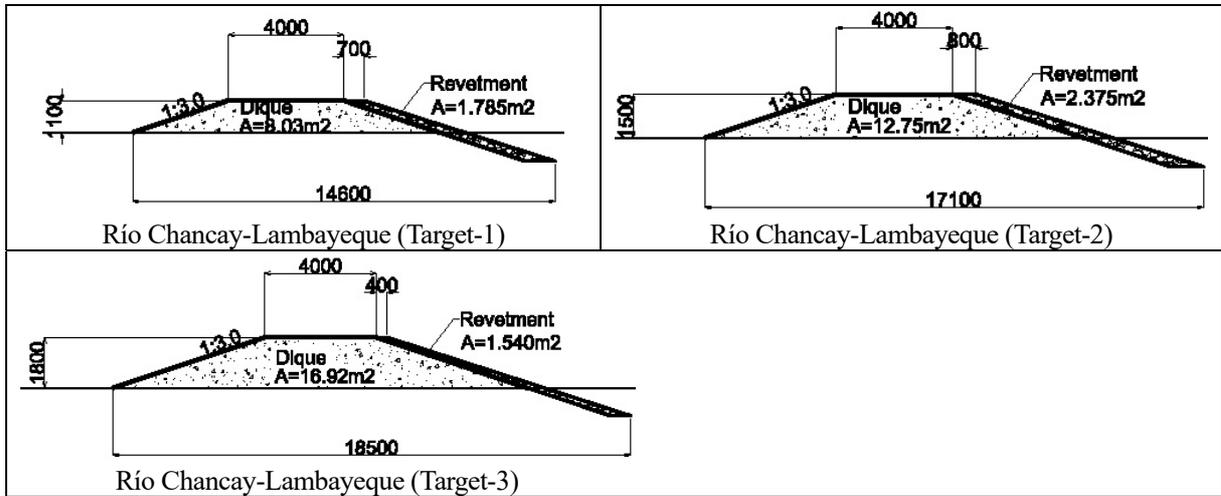


図 9.3.26 Chancay-Lambayeque 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)

(f) Target 区間における護岸改修の洗掘防止効果について

Alternative-1 及び 2 共に、上述した Target 区間は、ALA が Puntos Criticos として明示した局所的な対応を別途必要としている。上述の堤防と護岸の建設は、洪水氾濫防止以外に、河岸の洗掘防止効果も得られる。

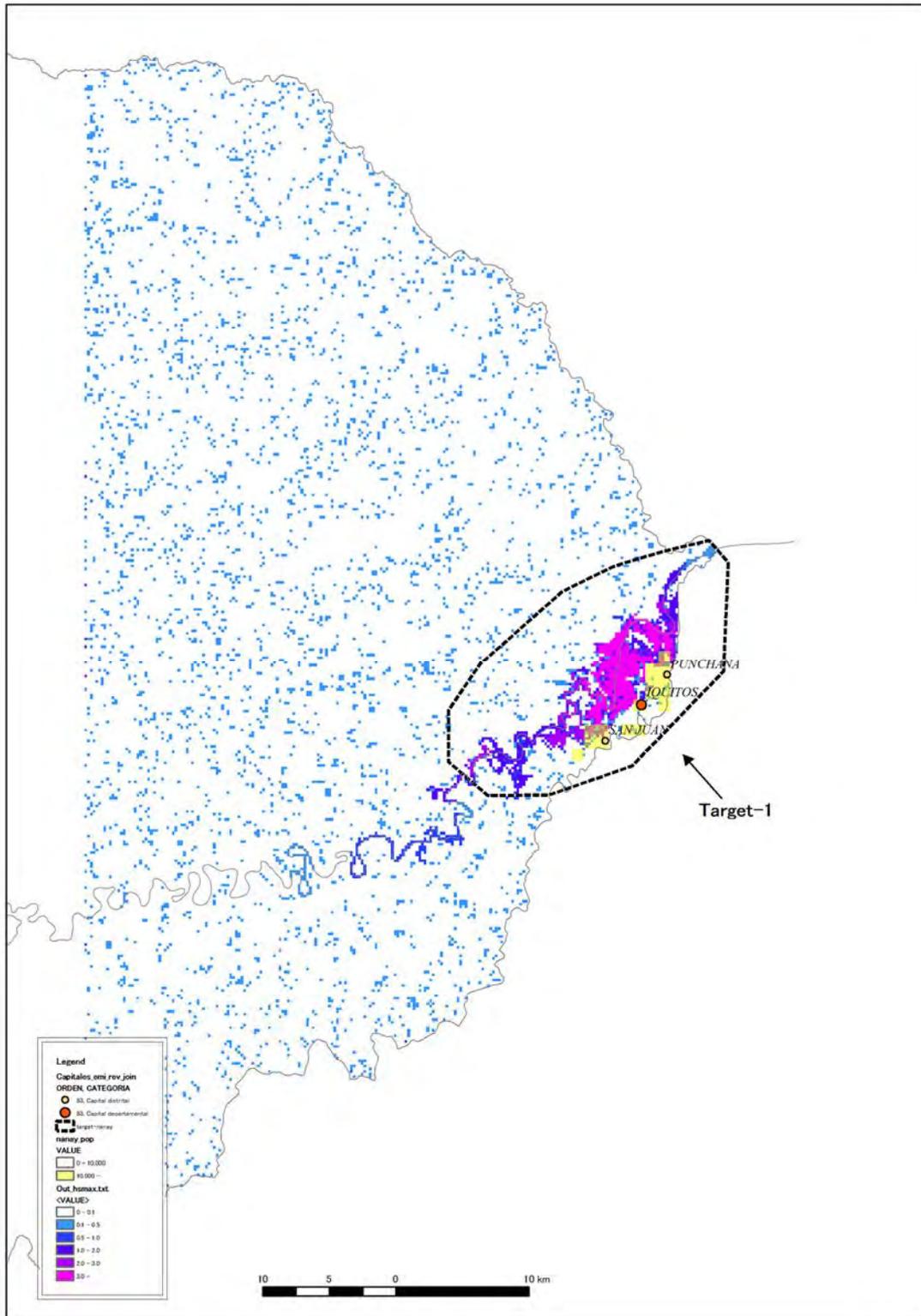
2014 年の調査による Chancay-Lambayeque 川における Puntos Criticos の総数は、全部で 12 箇所を上り、この内、本調査において改修を提案した Target 区間に含まれている Puntos Criticos の総数は、全部で 8 箇所である。この 8 箇所においては洗掘対策が必要として、護岸の建設（追加工事）によるコストと便益を別途考慮する。

(4) Nanay 川流域

Nanay 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策の具体的、堤防の建設諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案 (Alternative) ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(a) Nanay 川の洪水防御区域



* Flood occurrence probability assumed in the above flood map is 100 year return period.

図 9.3.27 Nanay 川流域における洪水防御地区

(b) Alternative-1: 概要

以下に Nanay 川 Alternative-1 時の治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.83 として示す。

表 9.3.83 Nanay 川 Target-1 (Upstream: Iquitos Downstream: Iquitos)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		1,400	1,600	1,700	1,800	2,200	2,300
River Width (m)		60→60 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.2 (0.2+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	2.3 (1.1+1.2)	2.6 (1.4+1.2)
	Ave	2.1 (1.1+1.0)	2.6 (1.6+1.0)	2.8 (1.8+1.0)	3.3 (+1.0)	3.7 (2.5+1.2)	3.9 (2.7+1.2)
	Max	3.1 (2.1+1.0)	3.7 (2.7+1.0)	4.0 (3.0+1.0)	4.3 (3.3+1.0)	4.7 (3.5+1.2)	4.9 (3.7+1.2)
Length of Dike (km)		17.5	17.5	18.0	18.0	18.0	18.0
Average Flow Velocity (m/s)		1.33	1.64	1.69	1.79	2.13	2.21
Width of Dike Crown (m)		4	4	4	4	5	5
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

(c) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。

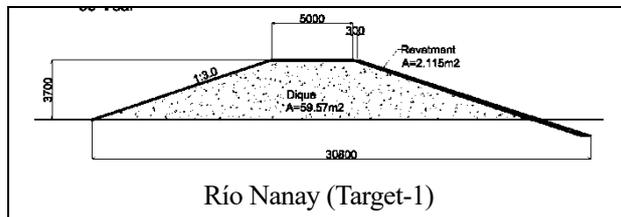


図 9.3.28 Nanay 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(d) Alternative-2: 概要

以下に Nanay 川 Alternative-2 時としての家屋移転の諸元を表 9.3.84 として示す。

表 9.3.84 Nanay 川における Alternative-2 案家屋移転必要数量

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
想定移転対象住民数	7,530	7,837	12,067	13,941	19,812	21,522
想定移転家屋数	1,883	1,960	3,017	3,486	4,953	5,381

出典：調査団

表 9.3.85 Nanay 川 Target-1 (Upstream: Iquitos Downstream: Iquitos)

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)	1,400	1,600	1,700	1,800	2,200	2,300
River Width (m)	60→60 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	0	0	0	0	0
	Ave	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Length of Dike (km)	0	0	0	0	0	0
Average Flow Velocity (m/s)	1.33	1.64	1.69	1.79	2.13	2.21
Width of Dike Crown (m)	-	-	-	-	-	-
Gradient of Dike Slope (V:H)	-	-	-	-	-	-
Req. Diameter of Revetment (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

出典：調査団

(e) Alternative-2: 標準断面

Nanay 川の Alternative-2 は河川改修をせずに洪水常襲地区住民の移転事業なので、河川の洪水対策案は無い。

(5) Ramis 川流域

Ramis 川流域における洪水対策案の概要、Target Area を図 9.3.1 に示す。

また洪水対策の具体的、堤防の建設諸元（現況堤防の嵩上げ等も含む）を 9.1 節で示した代替案 (Alternative) ごとに表で示すとともに、標準的な建設する堤防断面等も以下に示す。

(a) Ramis 川の洪水防御区域

図 9.3.29 として Ramis 川流域の RRI による氾濫解析結果とその結果に基づく洪水防御対象区域（治水 Target 区間）を以下に示す。

(b) Alternative-1 の概要

以下に Ramis 川 Alternative-1 時の各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要護岸諸元を表 9.3.86~表 9.3.90 として示す。

表 9.3.86 Target-1 (Upstream: District Azangaro to Downstream: District Santiago de Pupuja)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		460	570	600	640	680	790
River Width (m)		90 → 90 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Ave	1.7 (0.9+0.8)	3.2 (2.2+1.0)	3.4 (2.4+1.0)	3.6 (2.6+1.0)	4.0 (3.0+1.0)	4.4 (3.4+1.0)
	Max	3.5 (2.7+0.8)	5.2 (4.2+1.0)	5.3 (4.3+1.0)	5.5 (4.5+1.0)	6.1 (5.1+1.0)	6.7 (5.7+1.0)
Length of Dike (km)		12.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0
Average Flow Velocity (m/s)		1.41	1.79	1.97	2.02	2.06	2.08
Width of Dike Crown (m)		3	4	4	4	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.87 Target-2 (Upstream: District Santa Rosa to Downstream: District Santa Rosa)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		75	90	95	105	110	120
River Width (m)		15 → 15 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.3+0.6)	1.1 (0.5+0.6)
	Ave	0.7 (0.1+0.6)	1.0 (0.4+0.6)	1.1 (0.5+0.6)	1.1 (0.5+0.6)	1.4 (0.8+0.6)	1.7 (1.1+0.6)
	Max	0.8 (0.2+0.6)	1.4 (0.8+0.6)	1.5 (0.9+0.6)	1.6 (1.0+0.6)	1.8 (1.2+0.6)	2.3 (1.7+0.6)
Length of Dike (km)		3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
Average Flow Velocity (m/s)		3.28	3.97	4.00	4.06	4.26	4.50
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.88 Target-3 (Upstream: District Tirapata to Downstream: District Jose Domingo Choquehuanca)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		370	460	480	500	530	560
River Width (m)		70 → 70 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Ave	1.3 (0.5+0.8)	1.8 (1.0+0.8)	1.8 (1.0+0.8)	2.2 (1.2+1.0)	2.5 (1.5+1.0)	2.8 (1.8+1.0)
	Max	1.9 (1.1+0.8)	3.1 (2.3+0.8)	3.2 (2.4+0.8)	3.7 (2.7+1.0)	4.1 (3.1+1.0)	4.6 (3.6+1.0)
Length of Dike (km)		4.0	8.0	12.0	14.0	15.0	15.0
Average Flow Velocity (m/s)		2.47	2.73	2.81	2.84	2.96	3.07
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3

Description	Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.89 Target-4 (Upstream: District Achaya to Downstream: District Taraco)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	660	820	850	900	980	1,050	
River Width (m)	140 → 140 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Ave	1.6 (0.6+1.0)	2.3 (1.3+1.0)	2.4 (1.4+1.0)	2.6 (1.6+1.0)	2.8 (1.8+1.0)	3.1 (2.1+1.0)
	Max	2.4 (1.4+1.0)	4.0 (3.0+1.0)	4.2 (3.2+1.0)	4.5 (3.5+1.0)	4.9 (3.9+1.0)	5.4 (4.4+1.0)
Length of Dike (km)	3.0	7.0	15.0	18.0	19.0	20.0	
Average Flow Velocity (m/s)	1.75	1.93	2.00	2.03	2.11	2.18	
Width of Dike Crown (m)	4	4	4	4	4	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

表 9.3.90 Target-5 (Upstream: District Ayaviri to Downstream: District Ayaviri)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	370	440	450	470	490	530	
River Width (m)	60 → 60 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.0 (0.2+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	1.8 (0.8+1.0)
	Ave	1.2 (0.4+0.8)	1.8 (1.0+0.8)	1.8 (1.0+0.8)	2.0 (1.2+0.8)	2.4 (1.6+0.8)	2.9 (1.9+1.0)
	Max	1.4 (0.6+0.8)	2.7 (1.9+0.8)	2.8 (2.0+0.8)	3.0 (2.2+0.8)	3.3 (2.5+0.8)	3.9 (2.9+1.0)
Length of Dike (km)	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.76	3.01	3.04	3.10	3.22	3.32	
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	3	3	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

(c) Alternative-1: 標準断面

以下に Alternative-1 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-1 に示す。

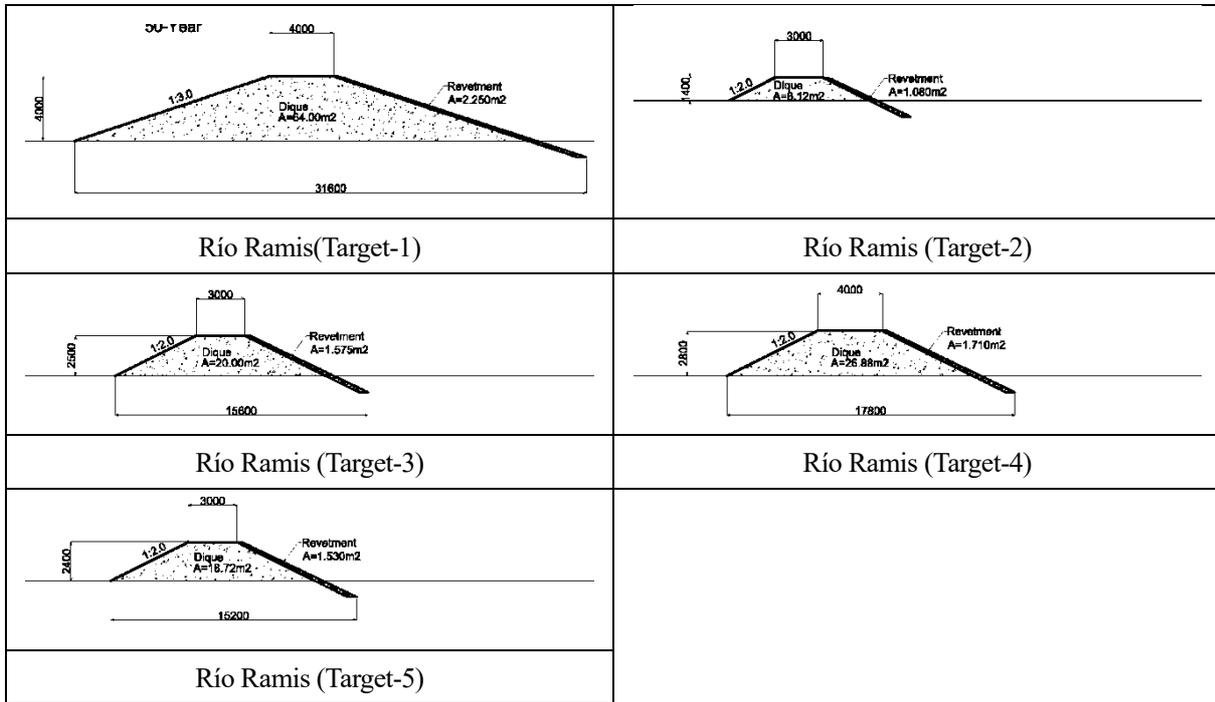


図 9.3.30 Ramis 川流域における必要堤防断面図 (Alt-1: 50 年確率洪水時)

(d) Alternative-2: 概要

以下に Ramis 川 Alternative-2 時の必要遊水地容量、各治水対象区間 (Target 区間) の治水対象流量及び必要堤防区間長・堤防諸元並びに必要な護岸諸元を表 9.3.91~表 9.3.96 として示す。

表 9.3.91 Alternative-2 時の Ramis 川必要遊水地諸元

Description	Target Flood Probability (Return Period)					
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Required Volume by Dam or Retarding Basin (Million m ³)	(67.3+33.8)	(72.2+57.2)	(72.2+57.8)	(72.2+57.8)	(72.2+57.8)	(72.2+57.8)
	101.1	129.4	130.0	130.0	130.0	130.0
Required Area (RB-1 & 2) (has)	1,445 x 2 Basins					
Required Depth (RB-1) (m)	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Required Depth (RB-2) (m)	2.3	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

出典：調査団

表 9.3.92 Target-1 (Upstream: District Azangaro to Downstream: District Santiago de Pupuja)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	460	460	460	460	570	570	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	2-year	2-year	5-year	5-year	
River Width (m)	90 → 90 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	1.7 (0.9+0.8)	1.7 (0.9+0.8)	1.7 (0.9+0.8)	1.7 (0.9+0.8)	3.2 (2.2+1.0)	3.2 (2.2+1.0)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
	Max	3.5 (2.7+0.8)	3.5 (2.7+0.8)	3.5 (2.7+0.8)	3.5 (2.7+0.8)	5.2 (4.2+1.0)	5.2 (4.2+1.0)
Length of Dike (km)		12.0	12.0	12.0	12.0	18.0	18.0
Average Flow Velocity (m/s)		1.41	1.41	1.41	1.41	1.79	1.79
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	4	4
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.93 Target-2 (Upstream: District Santa Rosa to Downstream: District Santa Rosa)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		75	90	95	105	110	120
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
River Width (m)		15 → 15 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.3+0.6)	1.1 (0.5+0.6)
	Ave	0.7 (0.1+0.6)	1.0 (0.4+0.6)	1.1 (0.5+0.6)	1.1 (0.5+0.6)	1.4 (0.8+0.6)	1.7 (1.1+0.6)
	Max	0.8 (0.2+0.6)	1.4 (0.8+0.6)	1.5 (0.9+0.6)	1.6 (1.0+0.6)	1.8 (1.2+0.6)	2.3 (1.7+0.6)
Length of Dike (km)		3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
Average Flow Velocity (m/s)		3.28	3.97	4.00	4.06	4.26	4.50
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.94 Target-3 (Upstream: District Tirapata to Downstream: District Jose Domingo Choquehuanca)

Description		Flood Probability (Return Period)					
		2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year
Discharge (m ³ /s)		370	370	370	370	370	460
Corresponding Return Period for River Improvement		2-year	2-year	2-year	2-year	2-year	5-year
River Width (m)		70 → 70 (±0)					
Height of Dike (m) (W.L Exceedance+ Clearance)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
	Ave	1.3 (0.5+0.8)	1.3 (0.5+0.8)	1.3 (0.5+0.8)	1.3 (0.5+0.8)	1.3 (0.5+0.8)	1.8 (1.0+0.8)
	Max	1.9 (1.1+0.8)	1.9 (1.1+0.8)	1.9 (1.1+0.8)	1.9 (1.1+0.8)	1.9 (1.1+0.8)	3.1 (2.3+0.8)
Length of Dike (km)		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	8.0
Average Flow Velocity (m/s)		2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.73
Width of Dike Crown (m)		3	3	3	3	3	3
Gradient of Dike Slope (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Req. Diameter of Revetment (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

出典：調査団

表 9.3.95 Target-4 (Upstream: District Achaya to Downstream: District Taraco)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	660	660	660	660	820	820	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	2-year	2-year	5-year	5-year	
River Width (m)	140 → 140 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Ave	1.6 (0.6+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	2.3 (1.3+1.0)	2.3 (1.3+1.0)
	Max	2.4 (1.4+1.0)	2.4 (1.4+1.0)	2.4 (1.4+1.0)	2.4 (1.4+1.0)	4.0 (3.0+1.0)	4.0 (3.0+1.0)
Length of Dike (km)	3.0	3.0	3.0	3.0	7.0	7.0	
Average Flow Velocity (m/s)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.93	1.93	
Width of Dike Crown (m)	4	4	4	4	4	4	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

表 9.3.96 Target-5 (Upstream: District Ayaviri to Downstream: District Ayaviri)

Description	Flood Probability (Return Period)						
	2-year	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	
Discharge (m ³ /s)	370	370	370	370	370	440	
Corresponding Return Period for River Improvement	2-year	2-year	2-year	2-year	2-year	5-year	
River Width (m)	60 → 60 (±0)						
Height of Dike (m) (W.L.Exceedance+ Clearance)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
	Ave	1.2 (0.4+0.8)	1.2 (0.4+0.8)	1.2 (0.4+0.8)	1.2 (0.4+0.8)	1.2 (0.4+0.8)	1.8 (1.0+0.8)
	Max	1.4 (0.6+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	2.7 (1.9+0.8)
Length of Dike (km)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	
Average Flow Velocity (m/s)	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	3.01	
Width of Dike Crown (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradient of Dike Slope (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Req. Diameter of Revetment (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

出典：調査団

(e) Alternative-2: 標準断面

以下に Alternative-2 の 50 年確率洪水対応時、各 Target 区間の堤防・護岸標準断面図を示す。また、その他の洪水確率規模も含めた必要堤防断面図を添付資料 6-2 に示す。

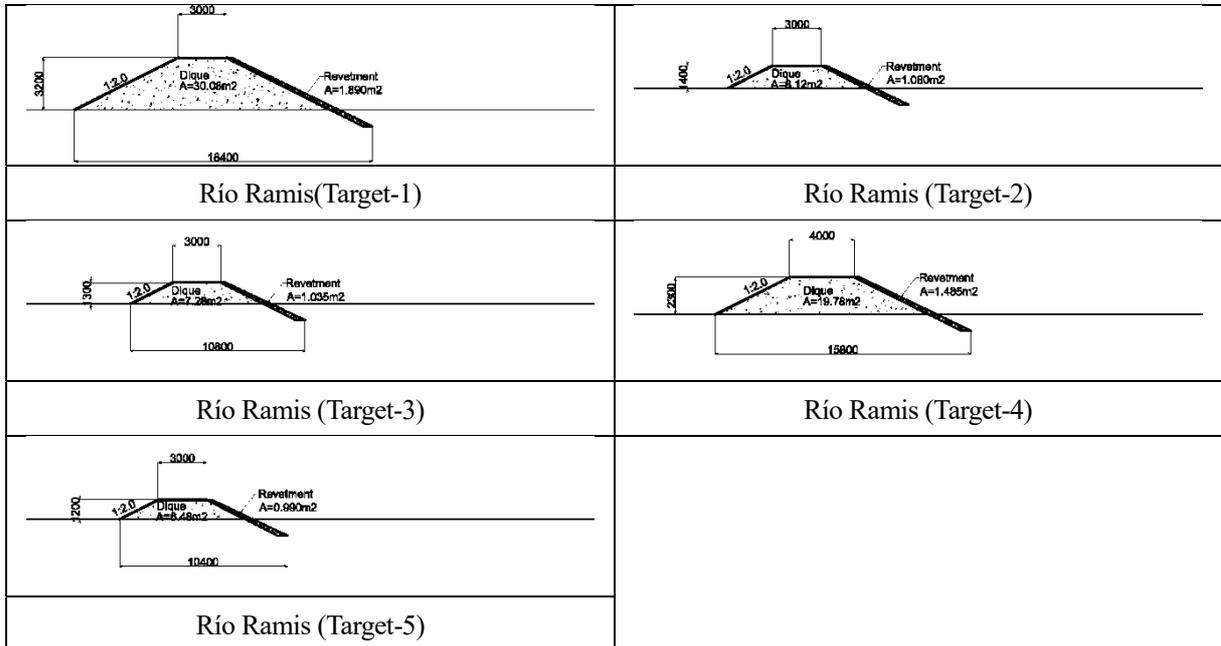


図 9.3.31 Ramis 川流域における必要堤防断面図 (Alt-2: 50 年確率洪水時)

(f) Target 区間における護岸改修の洗掘防止効果について

Alternative-1 及び 2 共に、上述した Target 区間は、ALA が Puntos Criticos として明示した局所的な対応を別途必要としている。上述の堤防と護岸の建設は、洪水氾濫防止以外に、河岸の洗掘防止効果も得られる。

2014 年の調査及び ALA の追加調査による Ramis 川及び関連流域における Puntos Criticos の総数は、全部で 14 箇所が明示され、この内、本調査において改修を提案した Target 区間に含まれている Puntos Criticos の総数は、全部で 10 箇所である。この 10 箇所においては洗掘対策が必要として、護岸の建設(追加工事)によるコストと便益を別途考慮する。

