

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調査
ファイナルレポート
I-6 サポートイングレポート
Annex-7 植林／植生回復計画
Annex-8 施設計画／設計
Annex-9 施工計画／積算
Annex-10 社会経済調査／経済分析
Annex-11 環境社会配慮／ジェンダー
Annex-12 防災教育／能力開発
Annex-13 ステークホルダー会議
Annex-14 有償資金協力実施計画
(開示用暫定版)

平成 25 年 3 月
(2013 年 3 月)

独立行政法人 国際協力機構
八千代エンジニアリング株式会社
日本工営株式会社
中南米工営株式会社

環境

JR

13-095

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調査

ファイナルレポート
I -6 サポートイングレポート
Annex-7 植林／植生回復計画

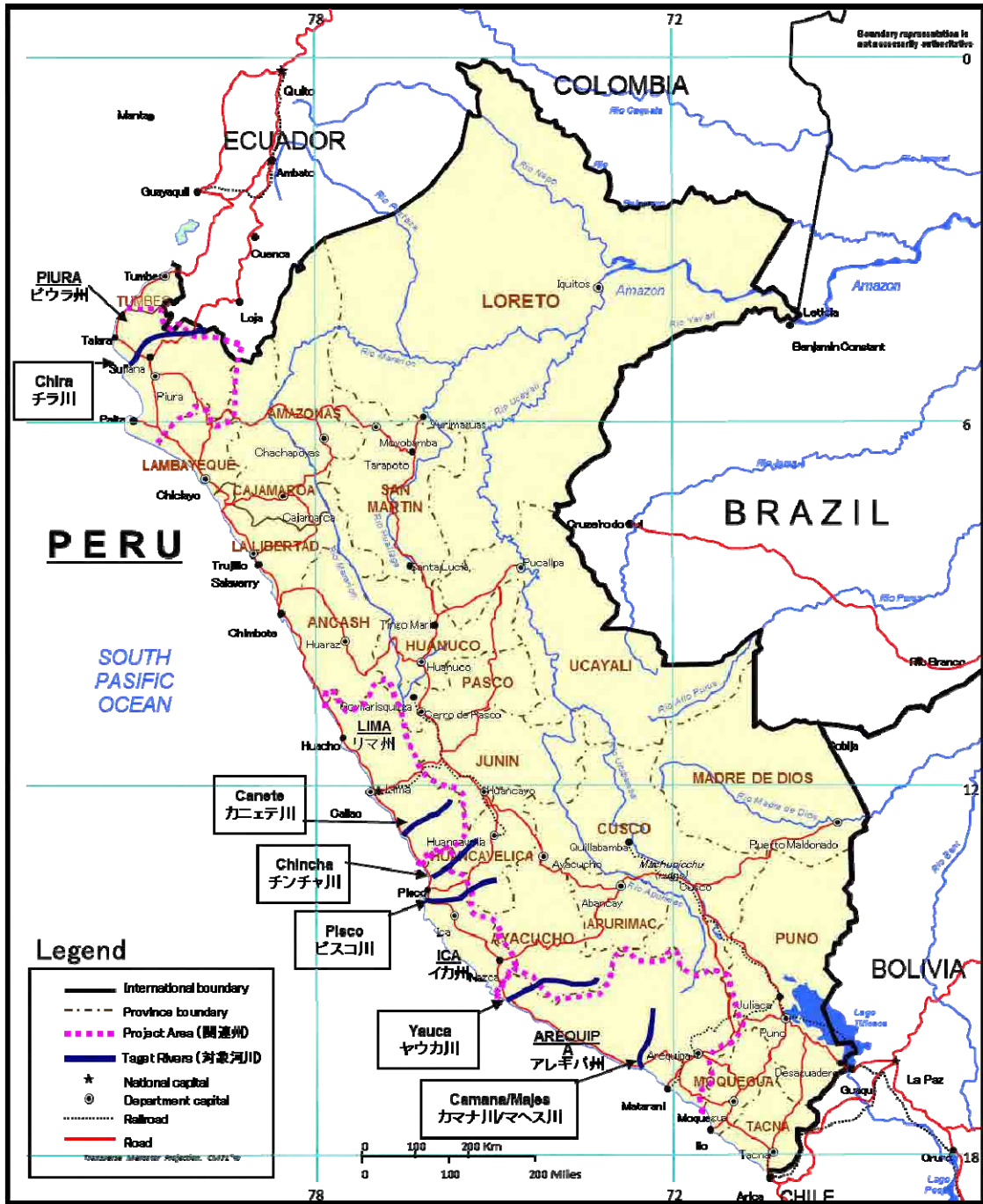
平成 25 年 3 月
(2013 年 3 月)

独立行政法人 国際協力機構

八千代エンジニアリング株式会社

日本工営株式会社

中南米工営株式会社



付図 調査対象地域

ペルー国
溪谷村落洪水対策事業準備調査
ファイナルレポート
I-6 サポートイングレポート
Annex-7 河床変動解析

目次

| | | |
|-----|--------------------------|----|
| 第1章 | 植生状況 | 1 |
| 1.1 | 事業対象地の植生 | 1 |
| 1.2 | 森林面積の変化 | 28 |
| 1.3 | 植生の現況 | 29 |
| 1.4 | 植林上位計画 | 31 |
| 第2章 | 植林/植生回復に期待される機能と課題 | 40 |
| 2.1 | 土砂崩壊、流出防止機能 | 40 |
| 2.2 | 地下水量の増加（直接流量の減少）機能 | 42 |
| 2.3 | 河畔林機能 | 45 |
| 2.4 | 本事業における植林/植生回復計画の問題点のまとめ | 46 |
| 第3章 | 植林/植生回復計画 | 47 |
| 3.1 | 短期計画（河川構造物沿いの植林） | 47 |
| 3.2 | 長期計画（上流域における植林） | 61 |
| 3.3 | 中期計画（上流域の植林/植生回復計画） | 63 |

Appendix

| | |
|----------------------|---------------------|
| Appendix 7-表 1 | 苗木生産業者リスト |
| Appendix 7-表 2 | 苗木単価の詳細情報 |
| Appendix 7-表 3 | 流域別コミュニティ苗畑一覧 |
| Appendix 7-図 1.1～1.6 | 標高と植生分布 |
| Appendix 7-図 2.1～2.6 | 斜面傾斜と植生分布 |
| Appendix 7-図 3.1～3.6 | 雨量分布と植生分布 |
| Appendix 7-図 4 | 侵食危険度図（チンチャ流域） |
| Appendix 7-図 5 | AGRORURAL 植林計画の標高区分 |
| Appendix 7-図 6.1～6.5 | コミュニティ苗畑の分布 |

表 一 覧

| | | |
|----------|--|----|
| 表-1.1-1 | カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカの代表的植生一覧..... | 1 |
| 表-1.1-2 | チラ流域の代表的植生一覧..... | 4 |
| 表-1.1-3 | 流域別植生区分ごとの面積（カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域） | 12 |
| 表-1.1-4 | 大区分植生の流域面積に対する割合 （カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域）..... | 12 |
| 表-1.1-5 | 流域別植生区分ごとの面積（マヘス - カマナ流域） | 13 |
| 表-1.1-6 | 大区分植生の流域面積に対する割合（マヘス - カマナ流域） | 13 |
| 表-1.1-7 | 流域別植生区分ごとの面積（チラ流域） | 14 |
| 表-1.1-8 | 大区分植生の流域面積に対する割合（チラ流域） | 14 |
| 表-1.1-9 | 標高別植生面積（カニエテ他 3 流域） | 15 |
| 表-1.1-10 | 標高別 植生面積割合（カニエテ他 3 流域） | 15 |
| 表-1.1-11 | 標高別 植生面積割合（カニエテ他 3 流域） | 16 |
| 表-1.1-12 | 標高別植生面積（マヘス - カマナ流域） | 17 |
| 表-1.1-13 | 標高別植生面積割合（マヘス - カマナ流域） | 17 |
| 表-1.1-14 | 灌木林（Msh, Mh）の標高別植生面積と割合（マヘス - カマナ流域） | 17 |
| 表-1.1-15 | 標高別植生面積（チラ流域） | 18 |
| 表-1.1-16 | 標高別植生面積割合（チラ流域） | 19 |
| 表-1.1-17 | 傾斜別植生面積（カニエテ他 3 流域） | 19 |
| 表-1.1-18 | 傾斜区分と植生面積割合（カニエテ他 3 流域） | 20 |
| 表-1.1-19 | 傾斜区分と灌木林（Msh,Mh）面積割合（カニエテ他 3 流域） | 20 |
| 表-1.1-20 | 傾斜別植生面積（マヘス - カマナ流域） | 21 |
| 表-1.1-21 | 傾斜区分と植生面積割合（マヘス - カマナ流域） | 21 |
| 表-1.1-22 | 灌木林（Msh, Mh）の傾斜別面積と割合（マヘス - カマナ流域） | 21 |
| 表-1.1-23 | 傾斜別植生面積（チラ流域） | 22 |
| 表-1.1-24 | 傾斜区分と植生面積割合（チラ流域） | 23 |
| 表-1.1-25 | 年雨量別植生面積（カニエテ他 3 流域） | 23 |
| 表-1.1-26 | 年雨量区分ごとの植生面積割合（カニエテ他 3 流域） | 24 |
| 表-1.1-27 | 年雨量別植生面積（マヘス - カマナ流域） | 25 |
| 表-1.1-28 | 年雨量区分ごとの植生面積割合（マヘス - カマナ流域） | 25 |
| 表-1.1-29 | 年雨量区分ごとの灌木林(Msh,Mh)面積割合（マヘス - カマナ流域） | 26 |
| 表-1.1-30 | 年雨量別植生面積（チラ流域） | 26 |
| 表-1.1-31 | 年雨量別植生面積割合（チラ流域） | 27 |
| 表-1.2-1 | 2005 年までに減少した森林面積..... | 28 |
| 表-1.2-2 | 1995 年から 2000 年の植生区分の面積変化（カニエテ他 3 流域） | 28 |

| | | |
|----------|-------------------------------------|----|
| 表-1.2-3 | 1995年から2000年の植生区分の面積変化（マヘス - カマナ流域） | 29 |
| 表-1.3-1 | 1994年から2003年までの植林実績（旧県別） | 30 |
| 表-1.3-2 | アレキパ州の植林実績 | 30 |
| 表-1.4-1 | 自然保護と流域管理プログラム（全国植林計画） | 31 |
| 表-1.4-2 | カタマイヨ・チラプロジェクトの概要 | 35 |
| 表-1.4-3 | B.2.1 プロジェクトの概要 | 36 |
| 表-1.4-4 | B.2.2 プロジェクトの概要 | 36 |
| 表-1.4-5 | 事業対象地 | 37 |
| 表-1.4-6 | サンファン・チンチャ流域植林計画事業費内訳（AGRORURAL 調査） | 38 |
| 表-2.1-1 | 森林の効果 | 40 |
| 表-2.2-1 | AGRORURAL 植栽計画地にある町（Distritos）の人口分布 | 45 |
| 表-2.4-1 | 森林の機能と本事業計画地における問題点のまとめ | 46 |
| 表-3.1-1 | 生産可能苗木樹種リスト | 51 |
| 表-3.1-2 | 現地調査で確認された樹種リスト（河川沿い） | 53 |
| 表-3.1-3 | 植栽樹種選定結果（詳細） | 54 |
| 表-3.1-4 | 樹種選定の評価基準 | 55 |
| 表-3.1-5 | 選定した樹種 | 55 |
| 表-3.1-6 | 植林/植生回復計画数量（河川沿い） | 56 |
| 表-3.1-7 | 植林計画地別・樹種別本数割合 | 58 |
| 表-3.1-8 | 苗木単価（河川構造物沿い植林） | 59 |
| 表-3.1-9 | 植林工事費（河川構造物沿い植林） | 59 |
| 表-3.2-1 | 各流域の植生区分別面積の再掲 | 61 |
| 表-3.2-2 | チンチャ流域における植生区分ごとの植林計画 | 61 |
| 表-3.2-3 | 各流域の植生全体計画 | 61 |
| 表-3.2-4 | 上流域における植林計画全体計画 | 61 |
| 表-3.2-5 | 流域別コミュニティ苗畑の生産本数と面積 | 62 |
| 表-3.3-1 | 苗木生産可能樹種リスト（上流域の植林） | 64 |
| 表-3.3-2 | 植林/植生回復計画面積（中期計画） | 65 |
| 表-3.3-3 | 年次別植林計画面積（チンチャ上流域の植林） | 66 |
| 表-3.3-4 | 苗木単価（チンチャ上流域の植林） | 69 |
| 表-3.3-5 | 樹種別苗木単価 | 69 |
| 表-3.3-6 | 100本当り苗木単価 | 70 |
| 表-3.3-7 | ha当り苗木単価 | 70 |
| 表-3.3-8 | 上流域における植林/植生回復工事直接工事費 | 70 |
| 表-3.3-9 | ペルーのアンデス高地におけるマツ植林/製材のキャッシュフロー | 70 |
| 表-3.3-10 | マツのha当り収穫モデル | 71 |

| | | |
|----------|------------------------------|----|
| 表-3.3-11 | 補正後のマツ植林/製材キャッシュフロー..... | 71 |
| 表-3.3-12 | 年別 ha 当り蓄積量..... | 73 |
| 表-3.3-13 | マツ植林事業の費用対効果計算結果..... | 74 |
| 表-3.3-14 | NGO 費用（詳細設計）..... | 81 |
| 表-3.3-15 | NGO 費用（施工管理）..... | 81 |
| 表-3.3-16 | コンサルタント費用（詳細設計）..... | 81 |
| 表-3.3-17 | コンサルタント費用（実施支援：施工管理）..... | 81 |
| 表-3.3-18 | 植林/植生回復計画総事業費（チンチャ上流植林）..... | 81 |

図 一 覧

| | | |
|----------|---|----|
| 図-1.1-1 | 植生分布図（カニエテ流域） | 6 |
| 図-1.1-2 | 植生分布図（チンチャ流域） | 7 |
| 図-1.1-3 | 植生分布図（ピスコ流域） | 8 |
| 図-1.1-4 | 植生分布図（ヤウカ流域） | 9 |
| 図-1.1-5 | 植生分布図（マヘス - カマナ流域） | 10 |
| 図-1.1-6 | 植生分布図（チラ流域） | 11 |
| 図-1.1-7 | 流域別比較（大分類植生区分の割合） | 13 |
| 図-1.1-8 | 灌木林の標高別分布割合の流域別比較 | 18 |
| 図-1.1-9 | 灌木林の傾斜別分布割合の流域別比較 | 22 |
| 図-1.1-10 | 灌木林の雨量別分布割合の流域別比較 | 26 |
| 図-1.4-1 | カタマイヨ・チラプロジェクトの骨子 | 33 |
| 図-1.4-2 | カタマイヨ・チラプロジェクト位置図 | 33 |
| 図-1.4-3 | カタマイヨ・チラプロジェクト詳細位置図 | 34 |
| 図-1.4-4 | チンチャ流域の植林計画地 位置図（AGRORURAL 調査結果） | 39 |
| 図-2.1-1 | 森林の崩壊防止機能 | 41 |
| 図-2.1-2 | 森林の崩壊土砂流下防止機能 | 41 |
| 図-2.2-1 | 流域の水の動向 | 42 |
| 図-2.2-2 | AGRORURAL 植林計画範囲と作業員を投入できる範囲にある村の分布 | 44 |
| 図-2.3-1 | 河畔林概念図 | 45 |
| 図-3.1-1 | 河川構造物沿いの植林 概念図（タイプ A） | 48 |
| 図-3.1-2 | 河川構造物沿いの植林 概念図（タイプ B） | 48 |
| 図-3.1-3 | カマナ流域の既設堤防、水路、耕作地の状況 | 49 |
| 図-3.1-4 | 河川構造物沿いの植林計画標準配置図（タイプ A） | 50 |
| 図-3.1-5 | 河川構造物沿いの植林計画標準配置図（タイプ B） | 51 |
| 図-3.3-1 | 植栽配置標準図（上流域の植林） | 64 |
| 図-3.3-2 | 樹種別植林位置図（チンチャ上流域、既存植林計画） | 65 |
| 図-3.3-3 | 植林地の絞込み方法 | 67 |
| 図-3.3-4 | チンチャ上流域の植林/植生回復計画 | 68 |
| 図-3.3-5 | 植林/植生回復実施工程 | 75 |
| 図-3.3-6 | 植林/植生回復 実施体制 | 76 |
| 図-3.3-7 | 植林/植生回復 植林工事支援計画（1）（コンサルタントによる支援） | 77 |
| 図-3.3-8 | 植林/植生回復 植林工事支援計画（2）（NGO による支援） | 78 |
| 図-3.3-9 | 植林/植生回復 コミュニティ支援計画（1） （コンサルタントによる支援） | 79 |
| 図-3.3-10 | 植林/植生回復 コミュニティ支援計画（2）（NGO による支援） | 80 |

第1章 植生状況

1.1 事業対象地の植生

(1) 植生区分

(a) カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域

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

1995年植生区分図とその解説によれば、カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域は海岸からアンデス高地の範囲をカバーしており、その植生分布は、おおむね標高によって特徴づけられている。（表-1.1.-1参照）。これらの流域では、海岸から標高約2,500m付近（Cu、Dc）までは植生が非常に乏しく、草本・サボテンが主体か植生がほとんどない区域が代表的であり、やや標高の高いところでも灌木が点在する程度である。標高2,500mから3,500m付近までは降雨条件がよいため灌木林が形成されるが、それ以上の標高では低温のため植生は育ちにくく、草本が主体の区域となっている。また、灌木林でも樹高は最大でも4m程度となっているが、例外的に河川沿いには高木となる木本植物が成立している。

表-1.1-1 カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカの代表的植生一覧

| 区分 | 名称 | 分布する標高 | 降雨量 | 代表的な植生 |
|-------|------------|---|--------------------------------|-----------------------|
| 1)Cu | 沿岸部の農地 | 沿岸部 | ほとんどゼロ | 河川沿いに広がる農地 |
| 2)Dc | 沿岸部の砂漠 | 0～1,500m | ほとんどゼロ、霧出現箇所あり | ほとんどなく、霧の発生場所に草本がある程度 |
| 3)Ms | 乾燥草本・灌木帯 | 1,500～3,900m | 120～220mm | サボテン類、草本 |
| 4)Msh | 半湿潤灌木・草本帯 | 北中部 2,900～3,500m アンデス山間 2,000～3,700m | 220～1,000mm | 常緑、4mを超えない低木 |
| 5)Mh | 湿潤草本・灌木帯 | 北部 2,500～3,400m 南部 3,000～3,900m | 500～2,000mm | 常緑、4m以下 |
| 6)Cp | アンデス高地の牧草地 | 3,800m付近 | (記述なし) | イネ科の草本 |
| 7)Pj | 草原 | 3,200～3,300m 中南部 3,800mまで | 南部寡雨地帯で125mm下 東斜面では4,000mm超 | イネ科の草本 |
| 8)N | 雪山 | | — | — |

(出典：1995年植生区分図を元にJICA調査団により作成)

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

² Landsat-TM（1999年、2000年データ）を使用。

³ Landsat-MSS（1988年データ）を使用。

それぞれの植生区分の説明は以下のとおりである。流域ごとの植生図を図-1.1-1～1.1-4に添付した。

(i) Cu (沿岸部の農地) : 河川沿いに広がる農地。

(ii) Dc (沿岸部の砂漠)

国土の 10.01% (128,575km²) を占め、北のツトゥンベスから南のタクナまでペルー沿岸部に広がっている。分布は標高約 1,500m までである。気候の特徴として夏 (12月～3月) 乾燥して暑く、冬 (5月～9月) には霧が発生する。標高 700～1,000m 付近にロマス (lomas) という植生帯が出現することがある。また、ロマス以外でも霧の多く発生する年には、特に南部海岸で高さ数センチメートルの草が生い茂り地表を覆うことがある。河川付近には木本植物が存在する。

(iii) Ms (乾燥草本・灌木帯)

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

(iv) Msh (半湿潤草本・灌木帯)

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

(v) Mh (湿潤草本・灌木帯)

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

(vi) Cp (アンデス高地の牧草地)

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

(vii) Pj (草原)

アンデス山脈の寒冷な高地に広がっており、標高 3,200～3,300m、中南部では 3,800m にまで位置する。南部は北部、中部に比べ乾燥しており、雨量が 125mm を下回るころもある一方、東斜面側では 4,000mm を越えるところもある。気温は 1.5℃～6℃である。

イネ科を中心とした草原になっている。アレキパなど南部では草本や灌木が混生して Talares という低木林を形成している。しかし、薪として利用するため植生の貧弱化が顕著である。

(viii) N : 雪山

(b) マヘス - カマナ流域

「1995 年植生区分図」によれば、マヘス - カマナ流域の植生分布は、上記 (a) の 4 流域とほぼ同様である。上記 4 流域とカマナ・マヘス流域の代表的植生の違いは次の 3 点である。i) Cu (沿岸部の農地) がない、ii) Lo (ロマス) がある、iii) Bf (湿性草原) がある。

マヘス - カマナ流域には存在するが (a) の 4 流域にない植生区分の説明は以下のとおりである。同流域の植生図を図 1.1.5 に添付した。

(i) Lo : (ロマス) ⁴

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

(ii) Bf : (湿性草原) ⁵

分布域の標高は 3,900m から 4,800m、地形はほぼ平らであるがわずかな窪みとなっていることもある。氷河と湧水からの表面水が出ており、地下水位が高いので、表面水が地面に浸透せずにいる。このため、草原が常に湿っている。主な植生は以下のとおり。
champa (Distichia muscoides)、*sillu - sillu (Alchemilla pinnata)*、*libro-libro (Alchemilla*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

diplophylla)、*chillihua (Festuca dolichophylla)*, *crepillos (Calamagrostis curvula)*, *tajlla (Lilecopsis andina)*, *sora (Calamagrostis eminens)*, *ojho pilli (Hipochoeris stenocephala)*など。これらの草本は高さが低く、南米に生息しているラクダ科（リヤマ、アルパカ、ビクーニャとグアナコ）の食用にされることが多い。

(c) チラ流域

1995年植生区分図とその解説によれば、チラ流域は他の4流域とは異なり、乾燥林が多勢を占めている。流域内の乾燥林としては i) サバンナ性乾燥林 (Bs sa)、ii) 台地性乾燥林 (Bs co)、iii) 山岳性乾燥林 (Bs mo) の3種があり、標高によって特徴付けられている。(表-1.1-2 参照)。サバンナ乾燥林の主要構成樹種はアルガローボ (*Prosopis pallida*) で、アルガローボ林では高木、灌木が混生する。台地性乾燥林と山岳性乾燥林を構成する樹種はほとんど同じで、樹高12m程度の落葉樹が多い。また、河川沿いなどでは地下水位が高いため、直径10cm以上の常緑樹も生育している。乾燥林は厳しい自然条件下にあるため、いったん破壊されると自然回復は困難である。山岳性湿潤林は樹種が豊富だが樹高は10m以下のものがほとんどである。

表-1.1-2 チラ流域の代表的植生一覧

| 区分 | 名称 | 分布する標高 | 降雨量 | 代表的な植生 |
|---------|----------|--|--------------------|----------------------------------|
| 1)Bs sa | サバンナ型乾燥林 | 0~500m | 160~240mm | アルガローボ林（常緑樹）、高標高では落葉樹、灌木・サボテンもある |
| 2)Bs co | 台地性乾燥林 | 400~700m | 230~1,000mm | 山岳性乾燥林とほぼ同様 |
| 3)Bs mo | 山岳性乾燥林 | 500~1,200m | 230~1,000mm | 落葉樹を主体とし、12m程度の高木林を形成する |
| 4)Bh mo | 山岳性湿潤林 | アマゾン高地からペルー北部までは3,200mまで ペルー中南部ではアンデス東斜面の3,800mまで | 霧が発生することが多く、雲霧林もある | 樹高10m程度の高木層、2~4mのヤシ類など、草本類など豊富 |

このほか、前出の沿岸の砂漠地帯 (Dc、Cu)、半湿潤灌木林 (Msh)、湿潤灌木林 (Mh) がある。

(出典：1995年植生区分図を元に JICA 調査団により作成)

それぞれの植生区分の説明は以下のとおりである。チラ流域の植生図を図-1.1-6 に添付した。

(i) Bs sa (サバンナ型乾燥林)

国土の1.89%に相当する24,307km²に分布する。ペルー北部のランバイエケ、ピウラ、トゥンベス県を中心に沿岸の平野部と谷間に分布、標高は約500mまで。平均気温は21℃~25℃。年間平均の降雨量は160~240mm、中には10mmを下回る地域もある。なお、サバンナ型乾燥林はアンデス山脈の間にも分布している。

ランバイエケとピウラ両県に広がるサバンナ型乾燥林の主要な構成樹種は常緑のアルガローボ (*Prosopis pallida*) であり、その他同属2種がピウラとランバイエケに分布している。これらの種は河川や灌漑用水路の近くなど水の豊富などところでは8~12mほどまで成長、降雨のある期間には下草となる草本類が繁茂する。また、こうしたアルガロー

ボ林には、Zapote、Faique、Palo verde などの高木や Bichayo や Cun cun のような灌木類が混生している。標高が高くなるにつて、落葉樹 (Hualtaco、Palo santo、Pasallo、Barrigon など) が現れ、常緑樹 (Charan、Margarito : *Capparis eucaliptypolia*)が見られる。さらに Overo、Borrachera などの灌木やサボテン類が見られる。

こうしたサバンナ型乾燥林は、燃料として薪や木炭、また木箱製造のため伐採されるなど森林破壊が進行している。

(ii) Bs co (台地性乾燥林)

国土の 0.12%に相当する 1514km²に分布。ペルー北部ピウラとトゥンベス県の丘陵、台地部の標高 400~700m に分布。平均気温は 17°C~25°C。年間平均の降雨量は 230~1,000mm である。

(iii)Bs mo (山岳性乾燥林)

国土の 0.82%に相当する 10,524Km²に分布する。ペルー北部ラ・リベルタ、ランバイエケ、ピウラ、トゥンベス各県のアンデス西側斜面、標高 500~1,200m に分布。平均気温は 17~25°C。年間平均の降雨量は 230~1,000mm である。

台地性乾燥林も山岳性乾燥林も構成する樹木の高さは 12m ほどであるが、例外的に谷間の河川周辺などではときに 20m を越える樹木も見られる。構成樹種は、落葉樹である Pasallo、Ceibo、Palo santo、Hualtaco、Guayacan、Porotillo、Polo polo、Huarahumo(*Tecoma weberbaueriana*)。河川沿いなど水の豊富なところでは、直径 10cm 以上の樹木が茂っており、その密度は 100 本/ha 程度である。また、ワランゴや Sapote、Charan、Almendro、Palo blanco、Angolo、Ebano、añalque(*coccoloba sp*)、Huasimo などの常緑樹も見られる。

(iv)Bh mo (山岳性湿潤林)

国土の 11.71%に相当する 150,517.63Km²に分布する。通常、アマゾン高地からペルー北部では標高 3,200m まで、ペルー中部と南部では 3,800m までのアンデス東斜面 (アンデス高地の草原、湿潤灌木帯との境界) に位置している。名称の通り、山岳地帯に位置しており、地形は急峻である。この植生帯の上部では、常に霧が発生しており、雲霧林と呼ばれる植生が発達している。この植生帯では着生植物 (土壌に根を下ろさず、他の木の上、あるいは岩盤などに根を張って生活する植物) やツル性植物、地衣類、コケ、シダその他草本類が繁茂している。

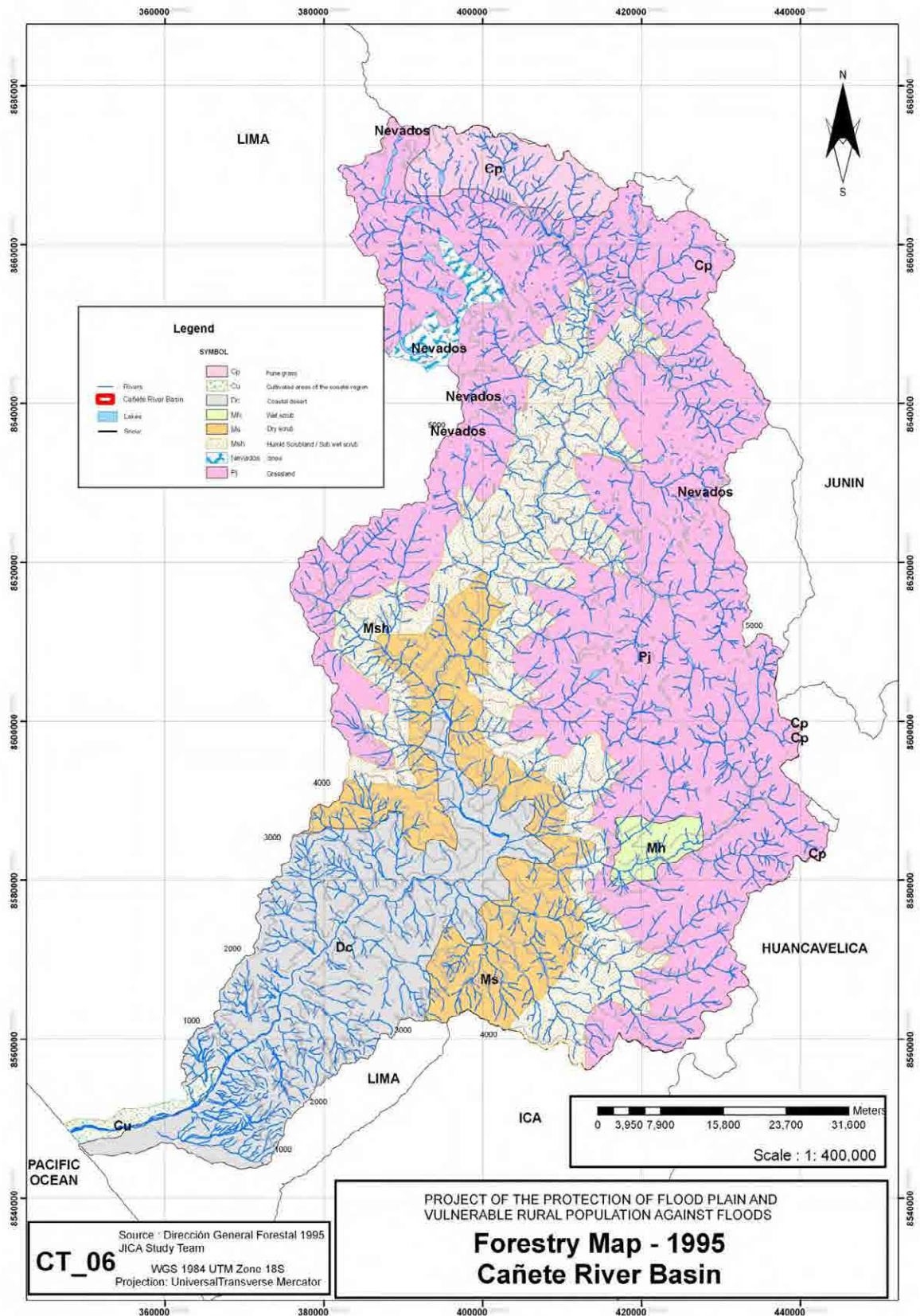


図-1.1-1 植生分布図 (カニエテ流域)

(出典: INRENA、1995年調査を元に JICA 調査団により作成)

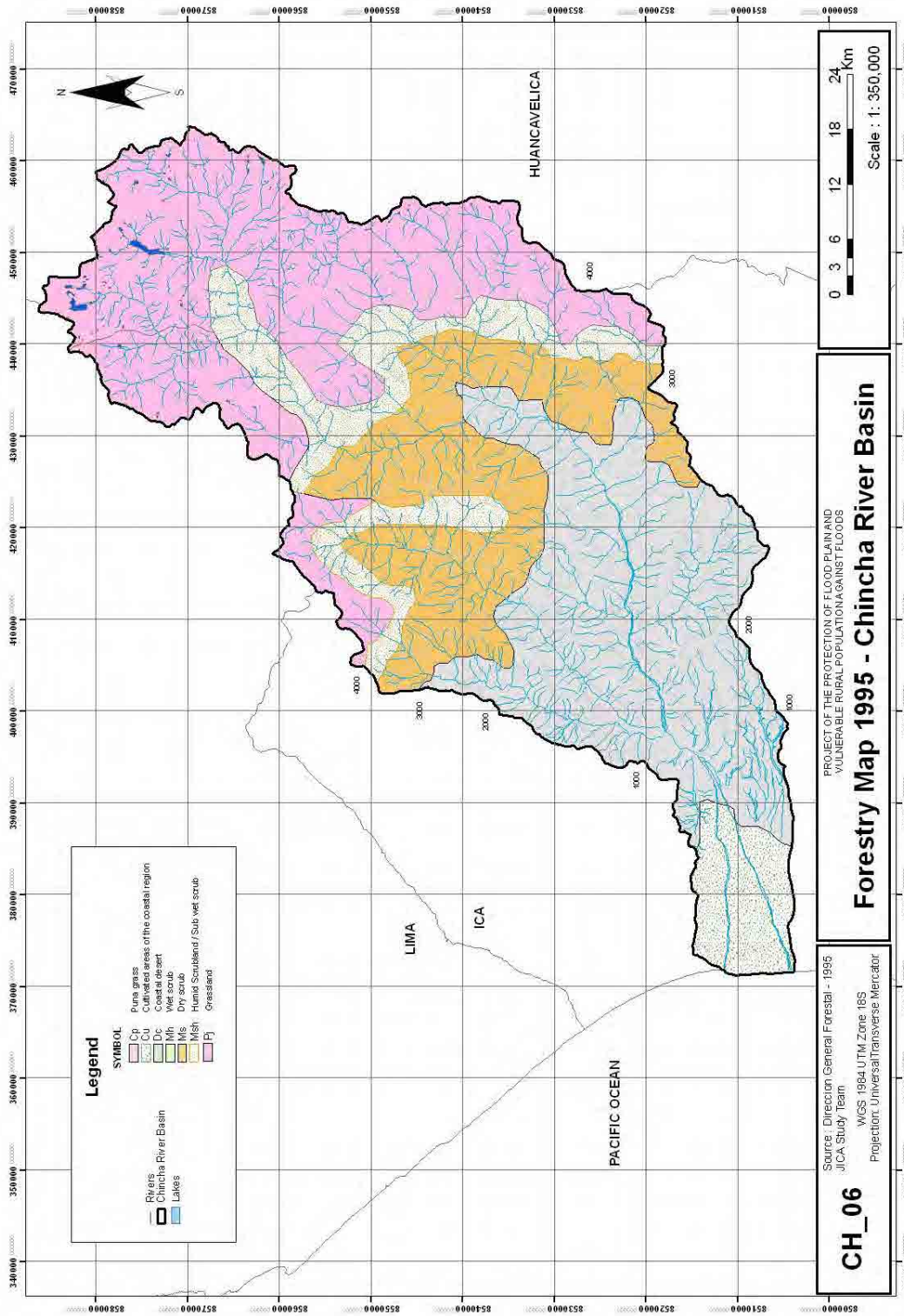


図-1.1-2 植生分布図 (チンチャ流域)
 (出典：INRENA、1995年調査を元にJICA調査団により作成)

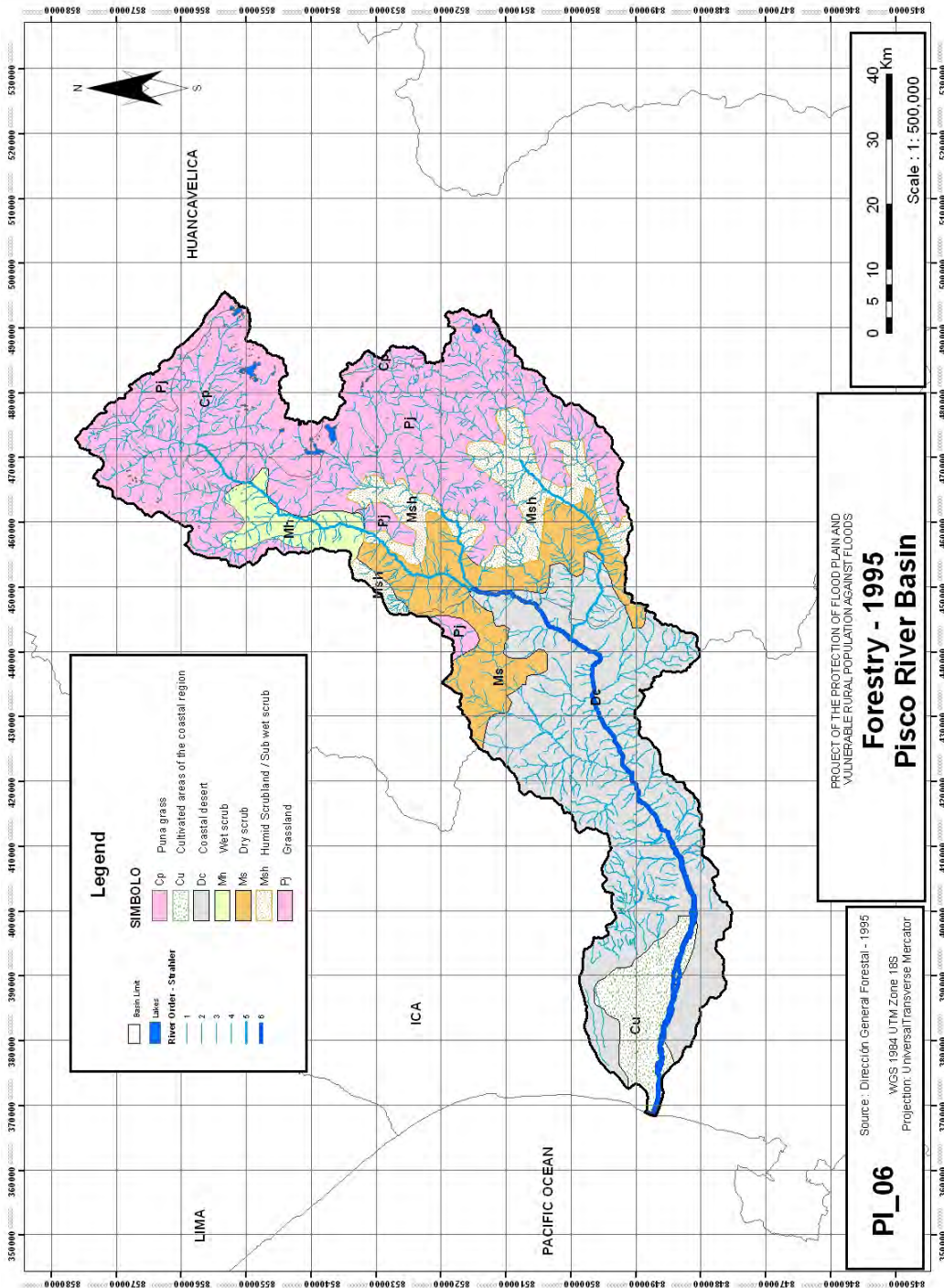


図-1.1.3 植生分布図 (ピスコ流域)

(出典：INRENA、1995年調査を元にJICA調査団により作成)

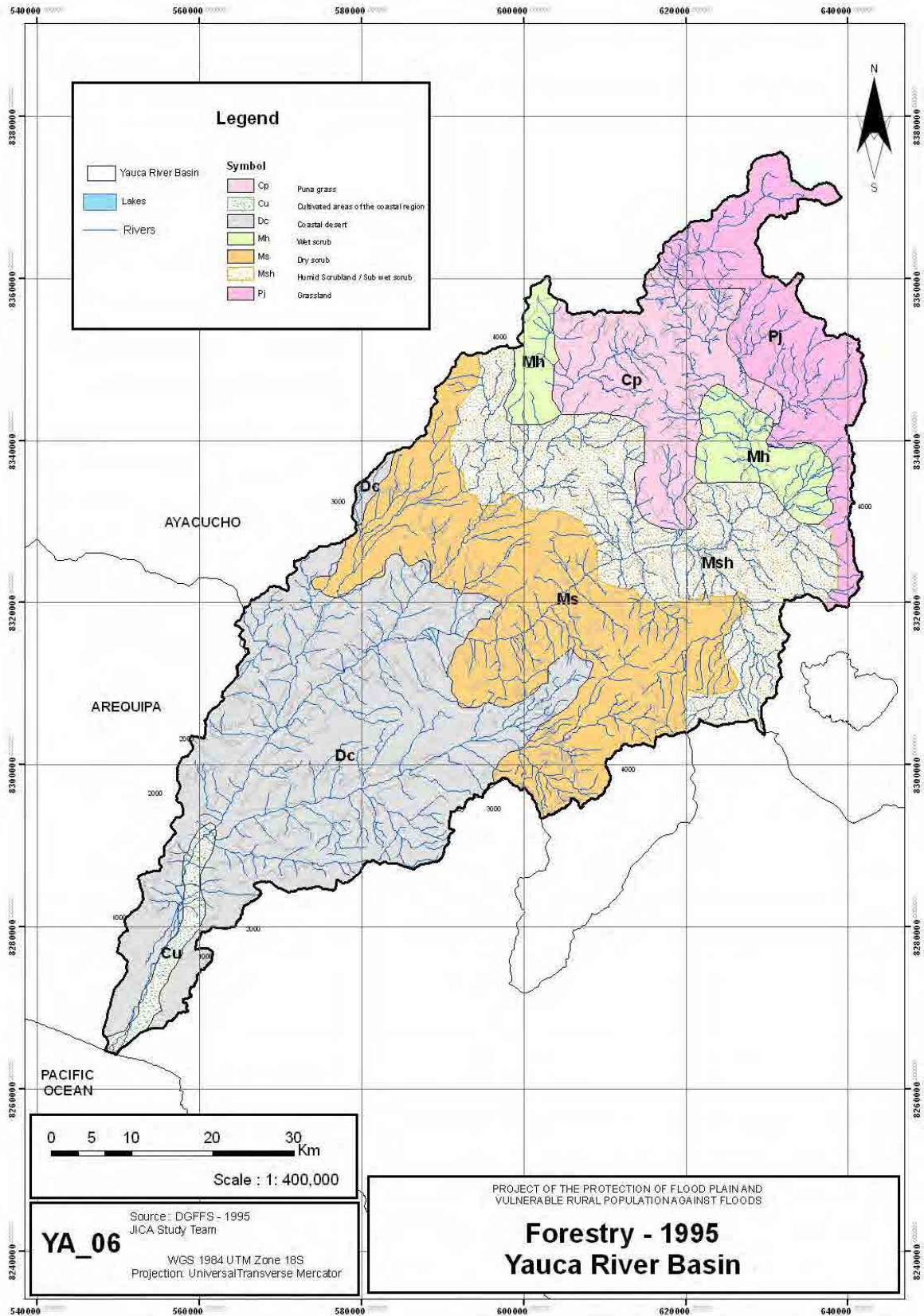


図-1.1-4 植生分布図 (ヤウカ流域)

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

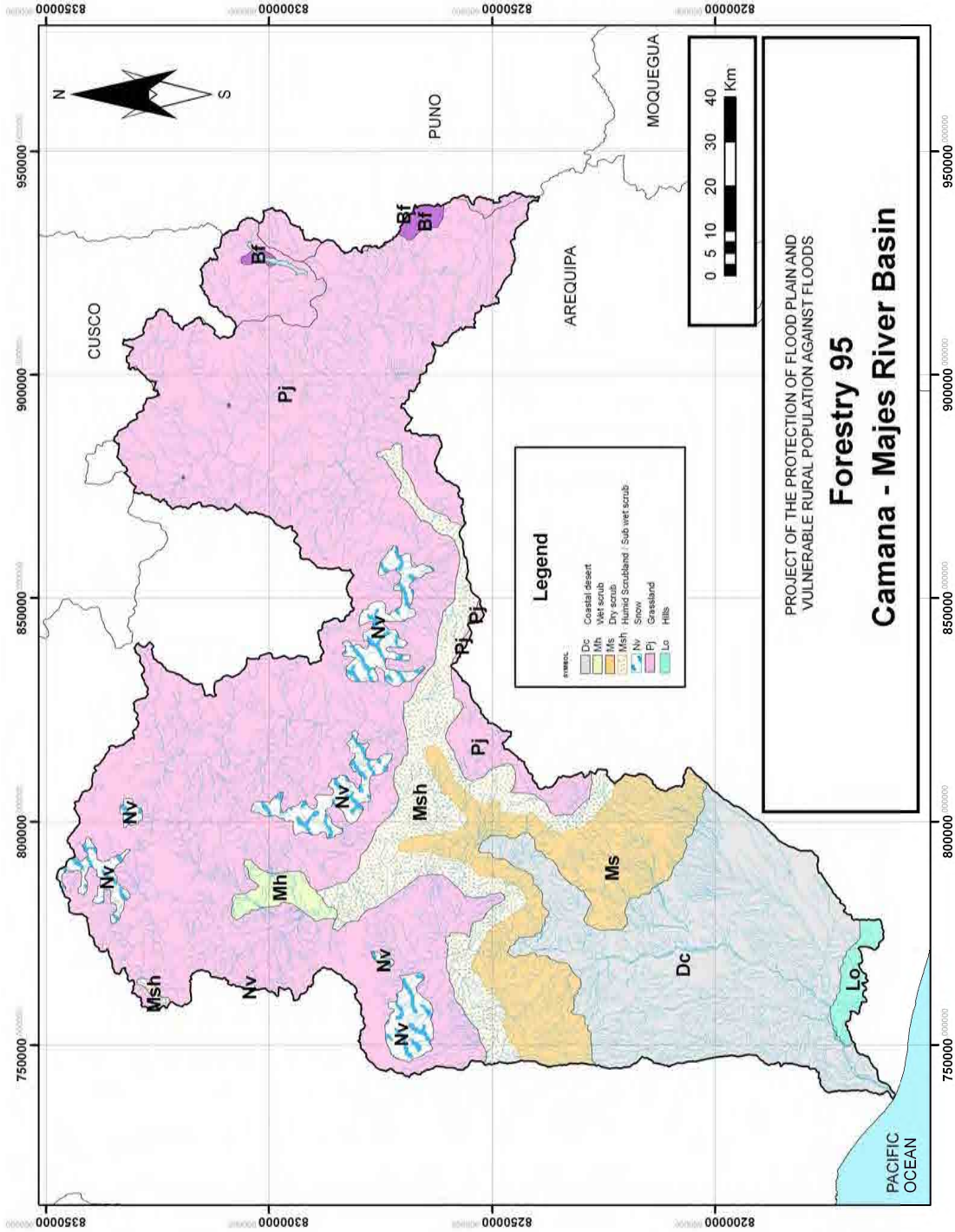


図-1.1.5 植生分布図 (マヘス - カマナ流域)
 (出典：INRENA、1995年調査を元にJICA調査団により作成)

(2) 植生分布面積と分布

(a) カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域

1995年 INRENA 調査の結果を GIS 上に移植し、流域ごとに各植生区分の面積と流域面積に対する割合を算出した。(表-1.1-3 参照)。

表-1.1-3 流域別植生区分ごとの面積 (カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域)

| 流域名 | 植生区分 | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------|----------|----------|----------|--------|----------|-------|----------|--------|
| | Cu | Dc | Ms | Msh | Mh | Cp | N | Pj | 計 |
| (植生区分面積 : km ²) | | | | | | | | | |
| カニエテ | 47.89 | 1,043.84 | 576.01 | 1,032.01 | 94.09 | 222.28 | 95.15 | 2,954.47 | 47.89 |
| チンチャ | 164.89 | 990.92 | 546.62 | 452.03 | 3.55 | 849.20 | 0.00 | 296.68 | 164.89 |
| ピスコ | 214.29 | 1,350.95 | 419.00 | 428.43 | 147.02 | 663.07 | 0.00 | 1,049.33 | 214.29 |
| ヤウカ | 49.26 | 1,466.89 | 980.12 | 764.80 | 255.64 | 386.02 | 0.00 | 419.84 | 49.26 |
| 計 | 476.33 | 4,852.60 | 2,521.75 | 2,677.27 | 500.30 | 2,120.57 | 95.15 | 4,720.32 | 476.33 |
| (流域面積に対する割合 : %) | | | | | | | | | |
| カニエテ | 0.8 | 17.2 | 9.5 | 17.0 | 1.6 | 3.7 | 1.6 | 48.7 | 100.1 |
| チンチャ | 5.0 | 30.0 | 16.5 | 13.7 | 0.1 | 25.7 | - | 9.0 | 100.0 |
| ピスコ | 5.0 | 31.6 | 9.8 | 10.0 | 3.4 | 15.5 | - | 24.6 | 99.9 |
| ヤウカ | 1.1 | 33.9 | 22.7 | 17.7 | 5.9 | 8.9 | - | 9.7 | 99.9 |
| 計 | 2.7 | 27.0 | 14.0 | 14.9 | 2.8 | 11.8 | 0.5 | 26.3 | 100.0 |

(出典 : 1995年植生区分図を元に JICA 調査団により作成)

この結果を、沿岸部の砂漠地帯 (Cu、Dc)、草本・サボテン地帯 (Ms)、灌木林地帯 (Msh、Mh)、高地の草原 (Cp、Pj) という大区分で面積を集計し、区分ごとの流域面積に対する割合を計算したものが表-1.1-4 である。砂漠地帯が 3 割程度、草本・サボテン地帯が 1~2 割、草が 3~5 割となっており、灌木林地帯は 1 割~2 割である。一般的に灌木林は、うっ閉林が成立できないような厳しい自然条件下で成立することが多く、それさえも面積は少ない。このことから、カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカの 4 流域においては、自然条件が相当に厳しいと判断できる。大型木本植生の成立にとって、特に厳しい条件としては、降雨条件、貧しい土壌条件、急勾配斜面などが想定される。

表-1.1-4 大区分植生の流域面積に対する割合(カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域)

| 流域名 | 植生区分 | | | | | 計 |
|------------------|--------------|-------------|---------------|-------------|--------|-------|
| | 砂漠等 (Cu, Dc) | 草・サボテン (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 草地 (Cp, Pj) | 雪山 (N) | |
| (流域面積に対する割合 : %) | | | | | | |
| カニエテ | 18.0 | 9.5 | 18.6 | 52.4 | 1.6 | 100.1 |
| チンチャ | 35.0 | 16.5 | 13.8 | 34.7 | 0.0 | 100.0 |
| ピスコ | 36.6 | 9.8 | 13.5 | 40.1 | 0.0 | 100.0 |
| ヤウカ | 35.1 | 22.7 | 23.6 | 18.6 | 0.0 | 100.0 |
| 計 | 29.7 | 14.0 | 17.7 | 38.1 | 0.5 | 100.0 |

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

(b) マヘス - カマナ流域

カニエテ流域等と同様にカマナ・マヘス流域の 1995 年 INRENA 調査の結果を GIS 上に移植し、各植生区分の面積と流域面積に対する割合を算出した。(表-1.1-5 参照)。

表-1.1-5 植生区分ごとの面積 (マヘス - カマナ流域)

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

(出典：1995年 INRENA 調査を元に JICA 調査団により作成)

この結果を表-1.1-4と同様に大分類に区分すると表-1.1-6となる。マヘス - カマナ流域の植生区分の特徴は、灌木林の占める割合が9%弱と非常に小さく、高地草原の占める割合が60%弱と非常に大きい点である。マヘス川の上流では標高が4,000m以上であり、高原草地在がほとんどのエリアを占めている。

表-1.1-6 大分類植生区分ごとの面積と割合 (マヘス - カマナ流域)

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

図-1.1-7は大分類植生ごとの面積割合を5流域(カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ、カマナ・マヘス)で比較したものである。カニエテ他3流域では木本植生である灌木林が流域全体に占める割合は約13~24%に過ぎないが、マヘス - カマナ流域ではその割合がさらに少なく9%弱となっている。

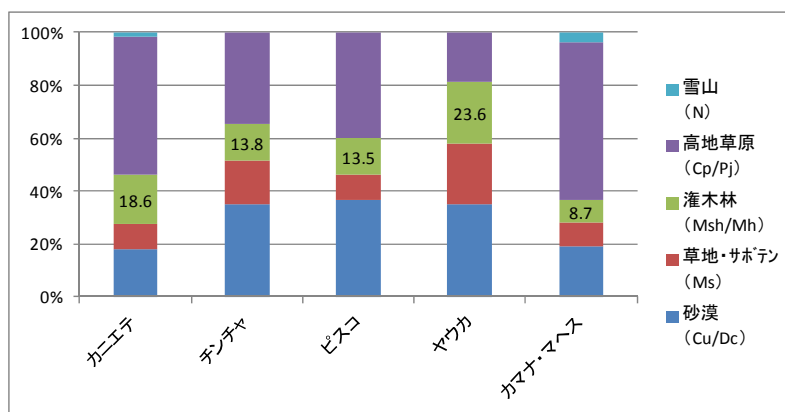


図-1.1-7 流域別比較 (大分類植生区分の割合)

(出典：INRENA、1995年調査を元に JICA 調査団により作成)

(c) チラ流域

カニエテ流域等と同様にチラ流域の1995年 INRENA 調査の結果を GIS 上に移植し、各植生区分の面積と流域面積に対する割合を算出した。(表-1.1-7 参照)。

表-1.1-7 流域別植生
 区分ごとの面積 (チラ流域)

| | 植生区分 | | | | | | | | | | | 計 |
|-----------------------------|--------|--------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|----------|-------|--------|-----------|
| | Cu | Dc | Ms | Bs-sa | Bs-co | Bs-mo | Bh-mo | Msh | Mh | C-A* | Pj | |
| (植生区分面積 : km ²) | | | | | | | | | | | | |
| 上流 | 6.44 | 0.00 | 0.00 | 1,685.95 | 541.61 | 1,631.55 | 181.85 | 1,155.67 | 976.96 | 93.71 | 116.00 | 6,389.74 |
| 下流 | 705.33 | 114.25 | 80.24 | 2,643.52 | 197.95 | 198.53 | 0.00 | 188.80 | 109.63 | 0.00 | 0.00 | 4,238.25 |
| 計 | 711.77 | 114.25 | 80.24 | 4,329.47 | 739.56 | 1,830.08 | 181.85 | 1,344.47 | 1,086.59 | 93.71 | 116.00 | 10,627.99 |
| (流域面積に対する割合 : %) | | | | | | | | | | | | |
| 上流 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 26.4 | 8.5 | 25.5 | 2.8 | 18.1 | 15.3 | 1.5 | 1.8 | 100.0 |
| 下流 | 16.6 | 2.7 | 1.9 | 62.4 | 4.7 | 4.7 | 0.0 | 4.5 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 100.1 |
| 計 | 6.7 | 1.1 | 0.8 | 40.7 | 7.0 | 17.2 | 1.7 | 12.7 | 10.2 | 0.9 | 1.1 | 100.1 |

※注) C-A=Cuerpo Agua (陸生の水域)

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

これを沿岸部の砂漠地帯 (Cu、Dc)、草本・サボテン地帯 (Ms)、灌木林地帯 (Msh、Mh)、乾燥林 (Bs-sa、Bs-co、Bs-mo)、山岳湿潤林 (Bh-mo)、高地の草原 (C-A、Pj) という大区分で面積を集計し、区分ごとの流域面積に対する割合を計算したものが表-1.1-8 である。

表-1.1-8 大区分植生の流域面積に対する割合 (チラ流域)

| 区分 | 植生区分 | | | | | | | 計 |
|------------------|------------|-------------|--------------|---------------------|---------------|----------|---------|-------|
| | 砂漠 (Cu、Dc) | 草・サボテン (Ms) | 灌木林 (Msh、Mh) | 乾燥林 (Bs-sa、-co、-mo) | 山岳湿潤林 (Bh-mo) | 水域 (C-A) | 草地 (Pj) | |
| (流域面積に対する割合 : %) | | | | | | | | |
| 上流 | 0.1 | 0.0 | 33.4 | 60.4 | 2.8 | 1.5 | 1.8 | 100.0 |
| 下流 | 19.3 | 1.9 | 7.0 | 71.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 99.9 |
| 計 | 7.8 | 0.8 | 22.9 | 64.9 | 1.7 | 0.9 | 1.1 | 100.1 |

※注) C-A=Cuerpo Agua (陸生の水域)

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

カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域と比較すると、砂漠地帯が 1 割程度と少なく、草本・サボテン地帯は 1%にも満たない。灌木林地帯は約 2 割でほぼ同じである。カニエテ他 3 流域との最も大きな違いは、乾燥林が約 6 割を占めている点であり、これがピウラ流域の植生の特徴である。

(3) 植生の特徴

(a) 標高と植生

1) カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域

カニエテ他 3 流域における標高別の植生面積を表-1.1-9 に、各標高区分面積に対する植生の面積割合を表-1.1-10 に示す。各流域の標高と植生分布の関係を Appendix 7 図-1.1 ~1.4 に掲載した。

標高別の優勢植生は次のように4流域で概ね同じ傾向を示している。i)標高2,000mまでは砂漠がほとんど、ii)標高2,000~3,000mでは砂漠、草地・サボテン、灌木林の割合が4:4:2で木本植生の占める割合が非常に少ない、iii)標高3,000mを超えると灌木林の割合が40%~60%、iv)標高4,000mを超えると高地草原がほとんどを占める。

表-1.1-9 標高別植生面積 (カニエテ他3流域)

(単位: km²)

| 流域名 | 標高区分 (m) | 植生区分 | | | | | 計 |
|------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|--------|----------|
| | | 砂漠 (Cu, Dc) | 草地・サボテン (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 高地草原 (Cp, Pj) | 雪山 (N) | |
| カニエテ | 0 - 1000 | 370.15 | | | | | 370.15 |
| | 1001 - 2000 | 479.96 | 46.16 | 2.59 | | | 528.71 |
| | 2001 - 3000 | 235.05 | 324.03 | 121.35 | | | 680.43 |
| | 3001 - 4000 | 6.57 | 202.89 | 631.98 | 139.26 | | 980.70 |
| | 4001 - 5000 | | 2.93 | 370.15 | 2,982.87 | 64.62 | 3,420.57 |
| | 5001 超 | | | 0.03 | 54.62 | 30.53 | 85.18 |
| | 計 | 1,091.73 | 576.01 | 1,126.10 | 3,176.75 | 95.15 | 6,065.74 |
| チンチャ | 0 - 1000 | 435.60 | | | | | 435.60 |
| | 1001 - 2000 | 431.33 | | | | | 431.33 |
| | 2001 - 3000 | 263.68 | 220.40 | 50.20 | | | 534.28 |
| | 3001 - 4000 | 25.20 | 307.72 | 373.23 | 176.24 | | 882.39 |
| | 4001 - 5000 | | 18.50 | 32.15 | 968.97 | | 1,019.62 |
| | 5001 超 | | | | 0.67 | | 0.67 |
| | 計 | 1,155.81 | 546.62 | 455.58 | 1,145.88 | | 3,303.89 |
| ピスコ | 0 - 1000 | 683.34 | | | | | 683.34 |
| | 1001 - 2000 | 498.22 | 10.09 | | | | 508.31 |
| | 2001 - 3000 | 351.56 | 217.32 | 37.17 | 0.03 | | 606.08 |
| | 3001 - 4000 | 32.12 | 189.61 | 357.31 | 137.88 | | 716.92 |
| | 4001 - 5000 | | 1.98 | 180.97 | 1,565.10 | | 1,748.05 |
| | 5001 超 | | | | 9.39 | | 9.39 |
| | 計 | 1,565.24 | 419.00 | 575.45 | 1,712.40 | | 4,272.09 |
| ヤウカ | 0 - 1000 | 332.79 | | | | | 332.79 |
| | 1001 - 2000 | 449.96 | 89.52 | 36.13 | | | 575.61 |
| | 2001 - 3000 | 683.75 | 328.65 | 256.58 | 37.90 | | 1,306.88 |
| | 3001 - 4000 | 49.65 | 540.20 | 680.49 | 234.46 | | 1,504.80 |
| | 4001 - 5000 | | 21.75 | 47.24 | 533.29 | | 602.28 |
| | 5001 超 | | | | 0.21 | | 0.21 |
| | 計 | 1,516.15 | 980.12 | 1,020.44 | 805.86 | | 4,322.57 |

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

表-1.1-10 標高別 植生面積割合 (カニエテ他3流域)

(単位: %)

| 流域 | 標高 (m) | 植生区分 | | | | | 計 |
|------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|-------|
| | | 砂漠 (Cu/Dc) | 草地・サボテン (Ms) | 灌木林 (Msh/Mh) | 高地草原 (Cp/Pj) | 雪山 (N) | |
| カニエテ | 0 - 1000 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 1001 - 2000 | 90.8 | 8.7 | 0.5 | | | 100.0 |
| | 2001 - 3000 | 34.5 | 47.6 | 17.8 | | | 99.9 |
| | 3001 - 4000 | 0.7 | 20.7 | 64.4 | 14.2 | | 100.0 |

| | | | | | | | |
|------|-------------|-------|------|------|-------|------|-------|
| | 4001 - 5000 | | 0.1 | 10.8 | 87.2 | 1.9 | 100.0 |
| | 5001 超 | | | | 64.1 | 35.8 | 99.9 |
| チンチャ | 0 - 1000 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 1001 - 2000 | 100.0 | 1.5 | | | | 101.5 |
| | 2001 - 3000 | 49.4 | 41.3 | 9.4 | | | 100.1 |
| | 3001 - 4000 | 2.9 | 34.9 | 42.3 | 20.0 | | 100.1 |
| | 4001 - 5000 | | 1.8 | 3.2 | 95.0 | | 100.0 |
| | 5001 超 | | | | 100.0 | | 100.0 |
| ピスコ | 0 - 1000 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 1001 - 2000 | 98.0 | 2.0 | | | | 100.0 |
| | 2001 - 3000 | 58.0 | 35.9 | 6.1 | | | 100.0 |
| | 3001 - 4000 | 4.5 | 26.4 | 49.8 | 19.2 | | 99.9 |
| | 4001 - 5000 | | 0.1 | 10.4 | 89.5 | | 100.0 |
| | 5001 超 | | | | 100.0 | | 100.0 |
| ヤウカ | 0 - 1000 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 1001 - 2000 | 78.2 | 15.6 | 6.3 | | | 100.1 |
| | 2001 - 3000 | 52.3 | 25.1 | 19.6 | 2.9 | | 99.9 |
| | 3001 - 4000 | 3.3 | 35.9 | 45.2 | 15.6 | | 100.0 |
| | 4001 - 5000 | | 3.6 | 7.8 | 88.5 | | 99.9 |
| | 5001 超 | | | | 100.0 | | 100.0 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

灌木林 (Msh・Mh) の標高別分布状況をみると、カニエテ他 3 流域では 3,000~4,000 m に灌木林が集中している (灌木林の約 60~80%)。また、カニエテ、ピスコ流域では 4,000m を超える標高にも灌木林の約 30% が分布している点が特徴的である。(表-1.1-11 参照)。

表-1.1-11 灌木林 (Msh・Mh) の標高別面積割合 (カニエテ他 3 流域)

(単位：%)

| 流域名 | 標高区分 | | | | | | 計 |
|------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|-----|
| | 0 - 1000m | 1001 - 2000m | 2001 - 3000m | 3001 - 4000m | 4001 - 5000m | 5000m 超 | |
| カニエテ | 0.0 | 0.2 | 10.8 | 56.1 | 32.9 | 0.0 | 100 |
| チンチャ | 0.0 | 0.0 | 11.0 | 81.9 | 7.1 | 0.0 | 100 |
| ピスコ | 0.0 | 0.0 | 6.5 | 62.1 | 31.4 | 0.0 | 100 |
| ヤウカ | 0.0 | 3.5 | 25.1 | 66.7 | 4.6 | 0.0 | 100 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

2) マヘス - カマナ流域

マヘス - カマナ流域における標高別植生面積、植生面積割合を表-1.1-12、13 に示し、標高と植生分布の関係を Appendix 7 図-1.5 に掲載した。

標高別の優勢植生の概要は以下のとおりである。i)標高 2,000m までは砂漠がほとんど、ii)標高 2,000~3,000m では砂漠、草地・サボテン、灌木林の割合が 1 : 5 : 2 で木本植生の占める割合が非常に少ない、iii)標高 3,000m を超えると高地草原の割合が約 50%、iv)標高 4,000m を超えると高地草原がほとんどを占める、v)雪山があり、表 5,000m 超の範囲では約 14% を占める。

表-1.1-12 標高別植生面積（マヘス - カマナ流域）

| 標高区分 (m) | 植生区分 | | | | | |
|-------------|-----------------|----------------------------|------------------|------------------|-----------|-----------|
| | 砂漠等 (Lo, Dc) | 草地・林 ^{テン} (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 高地草原 (Bf, Pj) | 雪山 (N) | 計 |
| 0 - 1000 | 1,019.83 | 20.73 | | | | 1,040.56 |
| 1001 - 2000 | 1,944.01 | 580.07 | 70.93 | 21.67 | 2.09 | 2,616.68 |
| 2001 - 3000 | 165.33 | 613.51 | 243.61 | 241.58 | 13.51 | 1,277.54 |
| 3001 - 4000 | 80.50 | 304.99 | 606.10 | 1,090.26 | 223.79 | 2,305.64 |
| 4001-5000 | 2.99 | 50.78 | 510.33 | 8,292.15 | 315.31 | 9,171.56 |
| 5000 超 | | | 58.99 | 489.71 | 86.74 | 635.44 |
| 計 | 3,212.66 | 1,570.08 | 1,489.96 | 1,0135.37 | 641.44 | 16,408.07 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

表-1.1-13 標高別植生面積割合（マヘス - カマナ流域）

(単位：%)

| 標高 (m) | 植生区分 | | | | | |
|-------------|-----------------|----------------------------|------------------|------------------|-----------|-------|
| | 砂漠等 (Lo, Dc) | 草地・林 ^{テン} (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 高地草原 (Bf, Pj) | 雪山 (N) | 計 |
| 0 - 1000 | 98.0 | 2.0 | | | | 100.0 |
| 1001 - 2000 | 74.2 | 22.2 | 2.7 | 0.8 | 0.1 | 100.0 |
| 2001 - 3000 | 12.9 | 48.0 | 19.1 | 18.9 | 1.1 | 100.0 |
| 3001 - 4000 | 3.5 | 13.2 | 26.3 | 47.3 | 9.7 | 100.0 |
| 4001 - 5000 | | 0.6 | 5.6 | 90.4 | 3.4 | 100.0 |
| 5001 超 | | | 9.3 | 77.1 | 13.7 | 100.1 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

マヘス - カマナ流域の灌木林の標高別面積割合をみると、3,000~4,000m に約 40%、4,000~5,000m に約 34%、3,000~5,000m の範囲に約 74%が集中している。

表-1.1-14 灌木林 (Msh, Mh) の標高別植生面積と割合（マヘス - カマナ流域）

| 標高 (m) | | | | | | |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|----------|
| 0 - 1000m | 1001 - 2000m | 2001 - 3000m | 3001 - 4000m | 4001 - 5000m | 5000m 超 | 計 |
| 面積 (km ²) | | | | | | |
| 0.00 | 70.93 | 243.61 | 601.10 | 510.33 | 58.99 | 1,389.96 |
| 割合 (%) | | | | | | |
| 0.0 | 4.8 | 16.4 | 40.7 | 34.3 | 4.0 | 100.0 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

(カニエテ他 3 流域との比較)：マヘス - カマナ流域とカニエテ他 3 流域の灌木林の標高別分布割合を比較した (図-1.1-8 参照)。ほとんどの灌木林が 3,000~5,000m に集中している点は 5 つの流域に共通している点である。

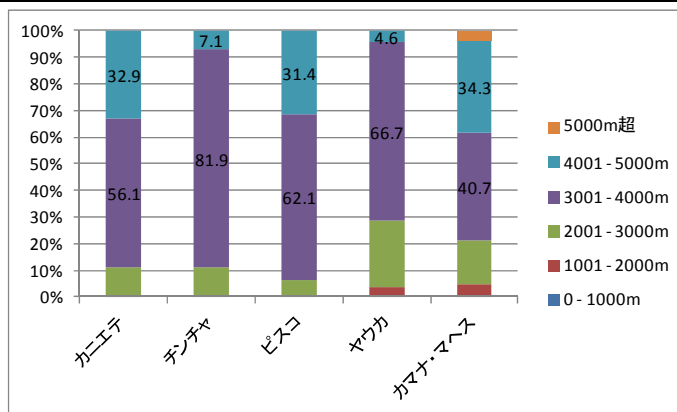


図-1.1-8 灌木林の標高別分布割合の流域別比較
 (出典：INRENA、1995年調査を元にJICA調査団により作成)

3) チラ流域

チラ流域における標高別植生面積、植生面積割合を表-1.1-15、表-1.1-16に示す。チラ流域における標高ごとの優勢な植生は次のとおり。i)標高1,000m以下では乾燥林がほとんどを占める、ii)灌木林は標高1,000m～4,000mの間で全面積の約50%を占める、iii)乾燥林は標高1,000～2,000mの間で全面積の約30%を占める、iv)山岳湿潤林は標高2,000～3,000mの間で約30%を占める、v)標高4,000m以上では草地在り100%である。カニエテ他3流域と比較すると、低標高地でも灌木林の占める割合が高いことが特徴的である。

チラ流域の標高と植生分布の関係をAppendix 7 図-1.6に掲載した。

表-1.1-15 標高別植生面積 (チラ流域)

(単位：Km²)

| 流域区分 | 標高区分 (m) | 植生区分 | | | | | | | 計 |
|------|-------------|--------------|------------|----------|------------|---------------|----------|---------|-----------|
| | | 砂漠等 (Cu, Dc) | 草・林・テ (Ms) | 乾燥林 (Bs) | 山岳湿潤林 (Bh) | 灌木林 (Msh, Mh) | 水域 (C-A) | 草地 (Pj) | |
| 下流 | 0 - 1000 | 819.58 | 80.24 | 2,926.37 | | | | | 3,826.19 |
| | 1001 - 2000 | | | 113.63 | 15.54 | 95.46 | | | 224.63 |
| | 2001 - 3000 | | | | 33.06 | 49.03 | | | 82.09 |
| | 3001 - 4000 | | | | 61.03 | 153.94 | | | 214.97 |
| | 4001 - 5000 | | | | | | | | 0.00 |
| | 計 | 819.58 | 80.24 | 3,040.00 | 109.63 | 298.43 | | | 4,347.88 |
| 上流 | 0 - 1000 | 6.44 | | 3,117.14 | | 25.57 | 93.71 | | 3,242.86 |
| | 1001 - 2000 | | | 447.37 | 414.04 | 1,085.74 | | | 1,947.15 |
| | 2001 - 3000 | | | 294.60 | 476.09 | 887.85 | | 13.37 | 1,671.91 |
| | 3001 - 4000 | | | | 86.83 | 133.47 | | 102.41 | 322.71 |
| | 4001 - 5000 | | | | | | | 0.22 | 0.22 |
| | 計 | 6.44 | | 3,859.11 | 976.96 | 2,132.63 | 93.71 | 116.00 | 7,184.85 |
| 全域 | 0 - 1000 | 826.02 | 80.24 | 6,043.51 | | 25.57 | 93.71 | | 7,069.05 |
| | 1001 - 2000 | | | 561.00 | 429.58 | 1,181.20 | | | 2,171.78 |
| | 2001 - 3000 | | | 294.60 | 509.15 | 936.88 | | 13.37 | 1,754.00 |
| | 3001 - 4000 | | | | 147.86 | 287.41 | | 102.41 | 537.68 |
| | 4001 - 5000 | | | | | | | 0.22 | 0.22 |
| | 計 | 826.02 | 80.24 | 6,899.11 | 1,086.59 | 2,431.06 | 93.71 | 116.00 | 11,532.73 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

表-1.1-16 標高別植生面積割合 (チラ流域)

(単位：%)

| 流域 | 標高 (m) | 砂漠等 (Cu, Dc) | 草・サボテン (Ms) | 乾燥林 (Bs) | 山岳 湿潤林 (Bh) | 灌木林 (Msh, Mh) | 水域 | 草地 (Pj) | 計 |
|----------|-------------|-----------------|----------------|----------|-------------------|------------------|-----|------------|-------|
| チラ 全域 | 0 - 1000 | 11.7 | 1.1 | 85.5 | | 0.4 | 1.3 | | 100.0 |
| | 1001 - 2000 | | | 25.8 | 19.8 | 54.4 | | | 100.0 |
| | 2001 - 3000 | | | 16.8 | 29.0 | 53.4 | | 0.8 | 100.0 |
| | 3001 - 4000 | | | | 27.5 | 53.5 | | 19.0 | 100.0 |
| | 4001 - 5000 | | | | | | | 100.0 | 100.0 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

(b) 傾斜と植生

1) カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域

傾斜別の植生面積、植生面積割合を表-1.1-17、表-1.1-18 に示す。表-1.1-18 をみると以下の点が見られる。

カニエテ流域では 35% を越える急傾斜の区分に占める高地草原の割合が 40% 程度であるのに対し、チンチャ、ピスコ流域では 20% 程度、ヤウカ流域では 10% 程度である。一方、急傾斜地に占める砂漠の割合は、カニエテ流域で 20% 程度、その他の 3 流域では 40% 以上となっている。高地草原では標高が高く低温であることから木本植生の成立が難しく、砂漠、草地・サボテンの植生区分では木本植生が発達するのはほとんど不可能な箇所である。斜面勾配が急なところほど侵食に対して脆弱であるため、植林/植生回復を促進する必要がある。しかしながら、これらの流域では、侵食に対して脆弱な区域の約 60% の区域（砂漠、高地草原）で木本植物の成立が難しいため、侵食に対して植林/植生回復対策が有効に働かない可能性が高い。

一方、ヤウカを除いた 4 流域では灌木林の約 60~80% が傾斜 35% を超える区域に成立している。これらの流域では、既存灌木林がある急傾斜区域での植林を含めた侵食防止対策は検討に値する。(表-1.1-19 参照)。なお、各流域の斜面傾斜と植生分布の関係を Appendix 7 図-2.1~2.4 に掲載した。

表-1.1-17 傾斜別植生面積 (カニエテ他 3 流域)

(単位：km²)

| 流域名 | 傾斜 区分 (%) | 植生区分 | | | | | 計 |
|------|-----------------|----------------|---------------------|------------------|------------------|-----------|----------|
| | | 砂漠 (Cu, Dc) | 草地・ サボテン (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 高地草原 (Cp, Pj) | 雪山 (N) | |
| カニエテ | 0 - 2 | 15.77 | 0.65 | 0.49 | 8.63 | 0.13 | 25.67 |
| | 2 - 15 | 130.00 | 12.38 | 41.45 | 477.25 | 8.90 | 669.98 |
| | 15 - 35 | 198.88 | 75.08 | 195.09 | 1,209.38 | 30.89 | 1,709.32 |
| | 35 超 | 747.08 | 487.90 | 889.07 | 1,481.49 | 55.23 | 3,660.77 |
| | 計 | 1,091.73 | 576.01 | 1,126.10 | 3,176.75 | 95.15 | 6,065.74 |
| チンチャ | 0 - 2 | 74.50 | 1.49 | 1.80 | 12.83 | | 90.62 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|----------|--------|----------|----------|------|----------|
| | 2 - 15 | 170.78 | 10.97 | 34.99 | 282.94 | | 499.68 |
| | 15 - 35 | 210.50 | 97.99 | 150.59 | 560.69 | | 1,019.77 |
| | 35 超 | 699.81 | 436.30 | 268.20 | 289.51 | | 1,693.82 |
| | 計 | 1,155.59 | 546.75 | 455.58 | 1,145.97 | 0.00 | 3,303.89 |
| ピスコ | 0 - 2 | 133.17 | 0.79 | 5.88 | 33.46 | | 173.30 |
| | 2 - 15 | 411.99 | 22.79 | 58.57 | 455.03 | | 948.38 |
| | 15 - 35 | 290.82 | 100.36 | 194.65 | 832.96 | | 1,418.79 |
| | 35 超 | 729.26 | 295.06 | 316.35 | 390.95 | | 1,731.62 |
| | 計 | 1,565.24 | 419.00 | 575.45 | 1,712.40 | 0.00 | 4,272.09 |
| ヤウカ | 0 - 2 | 32.23 | 11.75 | 24.14 | 10.89 | | 79.01 |
| | 2 - 15 | 387.97 | 265.08 | 299.27 | 237.66 | | 1,189.98 |
| | 15 - 35 | 376.69 | 359.11 | 451.42 | 405.23 | | 1,592.45 |
| | 35 超 | 719.26 | 344.18 | 245.61 | 152.08 | | 1,461.13 |
| | 計 | 1,516.15 | 980.12 | 1,020.44 | 805.86 | 0.00 | 4,322.57 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

表-1.1-18 傾斜区分と植生面積割合 (カニエテ他3流域)

(単位：%)

| 流域名 | 傾斜区分 (%) | 植生区分 | | | | | 計 |
|------|----------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|-------|
| | | 砂漠 (Cu/Dc) | 草地・サボテン (Ms) | 灌木林 (Msh/Mh) | 高地草原 (Cp/Pj) | 雪山 (N) | |
| カニエテ | 0 - 2 | 61.4 | 2.5 | 1.9 | 33.6 | 0.5 | 99.9 |
| | 2 - 15 | 19.4 | 1.8 | 6.2 | 71.2 | 1.3 | 99.9 |
| | 15 - 35 | 11.6 | 4.4 | 11.4 | 70.8 | 1.8 | 100.0 |
| | 35 超 | 20.4 | 13.3 | 24.3 | 40.5 | 1.5 | 100.0 |
| チンチャ | 0 - 2 | 82.2 | 1.6 | 2.0 | 14.2 | | 100.0 |
| | 2 - 15 | 34.2 | 2.2 | 7.0 | 56.6 | | 100.0 |
| | 15 - 35 | 20.6 | 9.6 | 14.8 | 55.0 | | 100.0 |
| | 35 超 | 41.3 | 25.8 | 15.8 | 17.1 | | 100.0 |
| ピスコ | 0 - 2 | 76.8 | 0.5 | 3.4 | 19.3 | | 100.0 |
| | 2 - 15 | 43.4 | 2.4 | 6.2 | 48.0 | | 100.0 |
| | 15 - 35 | 20.5 | 7.1 | 13.7 | 58.7 | | 100.0 |
| | 35 超 | 42.1 | 17.0 | 18.3 | 22.6 | | 100.0 |
| ヤウカ | 0 - 2 | 40.8 | 14.9 | 30.6 | 13.8 | | 100.1 |
| | 2 - 15 | 32.6 | 22.3 | 25.1 | 20.0 | | 100.0 |
| | 15 - 35 | 23.7 | 22.6 | 28.3 | 25.4 | | 100.0 |
| | 35 超 | 49.2 | 23.6 | 16.8 | 10.4 | | 100.0 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

表-1.1-19 傾斜区分と灌木林 (Msh,Mh) 面積割合 (カニエテ他3流域)

(単位：%)

| 流域名 | 傾斜区分 | | | |
|------|--------|---------|----------|-------|
| | 0 - 2% | 2 - 15% | 15 - 35% | 35% 超 |
| カニエテ | 0.0 | 3.7 | 17.3 | 79.0 |
| チンチャ | 0.4 | 7.7 | 33.1 | 58.9 |
| ピスコ | 1.0 | 10.2 | 33.8 | 55.0 |
| ヤウカ | 2.4 | 29.3 | 44.2 | 24.1 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

2) マヘス - カマナ流域

傾斜別の植生面積、植生面積割合を表-1.1-20、21 に示す。標高と植生分布の関係を Appendix 7 図-2.5 に掲載した。

マヘス - カマナ流域では 35%を越える急傾斜の区分に占める高地草原の割合が約 85 と非常に高い。しかし砂漠の割合は 1%に満たない。高地草原では標高が高く低温であることから木本植生の成立が難しい。また、灌木林の傾斜別分布（表-1.1-23）をみると、35%以上の急傾斜地の分布面積は灌木林全体の約 12%に過ぎない。斜面勾配が急なところほど侵食に対して脆弱であるため、植林/植生回復を促進する必要がある。しかしながら、この流域では、侵食に対して脆弱な区域の大半の区域で木本植物の成立が難しいため、侵食に対して植林/植生回復対策が有効に働かない可能性が高い。

表-1.1-20 傾斜別植生面積（マヘス - カマナ流域）

（単位：Km²）

| 傾斜区分 (%) | 植生区分 | | | | | 計 |
|-------------|-----------------|---------------------------|------------------|------------------|-----------|----------|
| | 砂漠等 (Lo, Dc) | 草地・林 ^テ (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 高地草原 (Bf, Pj) | 雪山 (N) | |
| 0 - 2 | 655.27 | 35.26 | 64.66 | 114.56 | | 869.75 |
| 2 - 15 | 1762.87 | 852.64 | 663.9 | 2721.91 | 209.22 | 6210.54 |
| 15 - 35 | 766.94 | 415.25 | 576.51 | 3478.38 | 215.89 | 5452.97 |
| 35 超 | 27.58 | 266.93 | 184.89 | 3820.52 | 216.33 | 4516.25 |
| 計 | 3212.66 | 1570.08 | 1489.96 | 10135.37 | 641.44 | 17049.51 |

（出典：1995 年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成）

表-1.1-21 傾斜区分と植生面積割合（マヘス - カマナ流域）

（単位：%）

| 傾斜区分 (%) | 植生区分 | | | | | 計 |
|-------------|-----------------|---------------------------|------------------|------------------|-----------|-------|
| | 砂漠等 (Lo, Dc) | 草地・林 ^テ (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 高地草原 (Bf, Pj) | 雪山 (N) | |
| 0 - 2 | 75.3 | 4.1 | 7.4 | 13.2 | 0.0 | 100.0 |
| 2 - 15 | 28.4 | 13.7 | 10.7 | 43.8 | 3.4 | 100.0 |
| 15 - 35 | 14.1 | 7.6 | 10.6 | 63.8 | 4.0 | 100.1 |
| 35 超 | 0.6 | 5.9 | 4.1 | 84.6 | 4.8 | 100.0 |

（出典：1995 年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成）

表-1.1-22 灌木林（Msh, Mh）の傾斜別面積と割合（マヘス - カマナ流域）

| 傾斜区分 | | | | |
|----------------------|---------|----------|--------|----------|
| 0 - 2% | 2 - 15% | 15 - 35% | 35%超 | 計 |
| 面積(km ²) | | | | |
| 64.66 | 663.9 | 576.51 | 184.89 | 1,489.96 |
| 面積割合(%) | | | | |
| 4.3 | 44.6 | 38.7 | 12.4 | 100.0 |

（出典：1995 年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成）

（カニエテ他 3 流域との比較）：カニエテ、チンチャ、ピスコ流域では、灌木林が 35%を越える急傾斜地に集中して分布している（約 50~80%）。これに対し、マヘス - カマナ流域では約 12%と低いことがわかる。

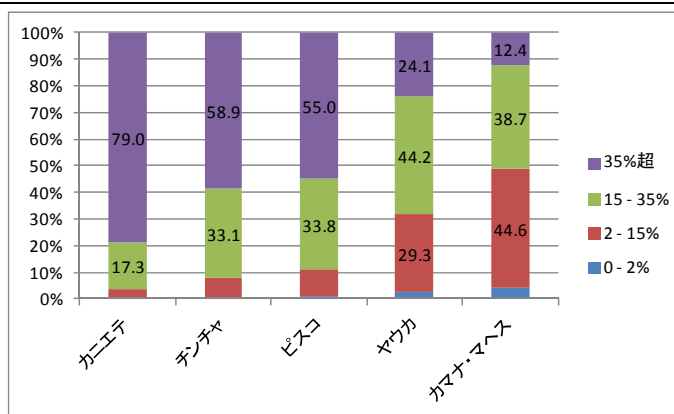


図-1.1-9 灌木林の傾斜別分布割合の流域別比較
 (出典：INRENA、1995年調査を元にJICA調査団により作成)

3) チラ流域

チラ流域ではカニエテ流域に比較し、傾斜35%以上のところでの灌木林が占める割合が50%以上であり、比較的気象条件の良いところが急傾斜となっている。灌木林の分布はチラ流域の上流部に集中しており、ここでの植林/植生回復計画の必要性があると考えられる。ただし、チラ流域全体をみると35%以上の急傾斜地が占める割合そのものが20%程度と低く、かつ、2~15%の緩傾斜地が50%程度を占めており、流域全体としては侵食に対する脆弱性は低いものと考えられる。(表-1.1-23、表-1.1-24参照)。チラ流域の斜面傾斜と植生分布の関係をAppendix 7 図-2.6に掲載した。

表-1.1-23 傾斜別植生面積 (チラ流域)

(単位：km²)

| 流域名 | 傾斜区分 (%) | 植生区分 | | | | | | | 計 |
|-----|----------|-------------|-------------|----------|------------|---------------|-------|---------|-----------|
| | | 砂漠 (Cu, Dc) | 草・サボテン (Ms) | 乾燥林 (Bs) | 山岳湿潤林 (Bh) | 灌木林 (Msh, Mh) | 水域 | 草地 (Pj) | |
| 下流 | 0-2 | 346.37 | 10.48 | 285.96 | | 8.47 | | | 651.28 |
| | 2-15 | 311.67 | 25.98 | 2,371.20 | | 150.50 | | | 2,859.35 |
| | 15-35 | 125.64 | 15.78 | 261.18 | | 63.26 | | | 465.86 |
| | 35超 | 35.90 | 28.00 | 121.66 | | 76.20 | | | 261.76 |
| | 計 | 819.58 | 80.24 | 3,040.00 | 0.00 | 298.43 | 0.00 | 0.00 | 4,238.25 |
| 上流 | 0-2 | 3.15 | 0.00 | 23.22 | 0.25 | 6.78 | 93.71 | 4.51 | 131.62 |
| | 2-15 | 3.29 | 0.00 | 1,728.44 | 61.21 | 294.51 | 0.00 | 80.24 | 2,167.69 |
| | 15-35 | 0.00 | 0.00 | 1,254.65 | 21.54 | 561.36 | 0.00 | 15.24 | 1,852.79 |
| | 35超 | 0.00 | 0.00 | 852.79 | 98.85 | 1,269.98 | 0.00 | 16.01 | 2,237.63 |
| | 計 | 6.44 | 0.00 | 3,859.10 | 181.85 | 2,132.63 | 93.71 | 116.00 | 6,389.73 |
| 計 | 0-2 | 349.52 | 10.48 | 309.18 | 0.25 | 15.25 | 93.71 | 4.51 | 782.90 |
| | 2-15 | 314.96 | 25.98 | 4,099.64 | 61.21 | 445.01 | 0.00 | 80.24 | 5,027.04 |
| | 15-35 | 125.64 | 15.78 | 1,515.83 | 21.54 | 624.62 | 0.00 | 15.24 | 2,318.65 |
| | 35超 | 35.90 | 28.00 | 974.45 | 98.85 | 1,346.18 | 0.00 | 16.01 | 2,499.39 |
| | 計 | 826.02 | 80.24 | 6,899.10 | 181.85 | 2,431.06 | 93.71 | 116.00 | 10,627.98 |

(出典：1995年INRENA調査結果を元にJICA調査団により作成)

表-1.1-24 傾斜区分と植生面積割合（チラ流域）

（単位：％）

| 流域名 | 傾斜区分（％） | 植生区分 | | | | | | | 計 |
|-------|---------|-------------|------------|---------|-----------|--------------|------|--------|-------|
| | | 砂漠等（Cu, Dc） | 草・サボテン（Ms） | 乾燥林（Bs） | 山岳湿潤林（Bh） | 灌木林（Msh, Mh） | 水域 | 草地（Pj） | |
| チラ流域計 | 0 - 2 | 44.6 | 1.3 | 39.5 | 0.0 | 1.9 | 12.0 | 0.6 | 99.9 |
| | 2 - 15 | 6.3 | 0.5 | 81.6 | 1.2 | 8.9 | 0.0 | 1.6 | 100.1 |
| | 15 - 35 | 5.4 | 0.7 | 65.4 | 0.9 | 26.9 | 0.0 | 0.7 | 100.0 |
| | 35 超 | 1.4 | 1.1 | 39.0 | 4.0 | 53.9 | 0.0 | 0.6 | 100.0 |

（出典：1995年 INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成）

(c) 雨量分布と植生

ペルーでは気象庁（SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU : SENAMHI）によって 1965～1974 年の気象データを元に等雨量線図が作成されている⁶。本調査では、この等雨量線図をデジタル化して GIS にデータを取り込み、分析に使用した。

1) カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域

カニエテ他 3 流域の年雨量区分ごとの植生面積を表-1.1-25、表 1.1-26 に示す。各流域の雨量分布と植生分布の関係を Appendix 7 図-3.1～3.4 に掲載した。

年雨量が 200～300mm 以下のところは砂漠あるいは草地・サボテン分布域である。灌木林が出現するのは年雨量が概ね 300mm 以上の区域である。しかし、年雨量が 500mm 以上になると高地草原が大勢を占める。年雨量が 300mm 以上でないと木本植物が生育できないが、500mm 以上の降雨分布地は高標高地であり、低温のために木本植物の生育には厳しい状況であるといえる。

表-1.1-25 年雨量別植生面積（カニエテ他 3 流域）

（単位：Km²）

| 流域名 | 年雨量（mm/年） | 植生区分 | | | | | 計 |
|------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------|----------|
| | | 砂漠（Cu/Dc） | 草地・サボテン（Ms） | 灌木林（Msh/Mh） | 高地草原（Cp/Pj） | 雪山（N） | |
| カニエテ | 0-25 | 703.03 | | | | | 703.03 |
| | 25-50 | 192.32 | 5.43 | | | | 197.75 |
| | 50-100 | 141.04 | 95.63 | | | | 236.67 |
| | 100-200 | 41.11 | 191.38 | 26.82 | 4.03 | | 263.34 |
| | 200-300 | 11.59 | 119.75 | 151.12 | 35.83 | | 318.29 |
| | 300-400 | 2.64 | 88.29 | 100.36 | 60.81 | | 252.10 |
| | 400-500 | | 75.53 | 228.06 | 191.12 | | 494.71 |
| | 500-750 | | | 514.69 | 1,434.19 | 6.40 | 1,955.28 |
| | 750-1000 | | | 105.05 | 1,450.77 | 88.75 | 1,644.57 |
| | 計 | 1,091.73 | 576.01 | 1,126.10 | 3,176.75 | 95.15 | 6,065.74 |
| チンチャ | 0-25 | 642.76 | 0.16 | | | | 642.92 |

⁶ 等雨量線図作成を含む調査はスペイン国環境省管轄の公共事業局（CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACION PUBLICA : CEDEX）とペルー国農業省の灌漑プラン（PLAN NACIONAL DE IRRIGACIONES DEL PERU）で実施された。

| | | | | | | | |
|-----|----------|----------|--------|----------|----------|------|----------|
| | 25-50 | 209.05 | 16.67 | | | | 225.72 |
| | 50-100 | 148.14 | 53.87 | | | | 202.01 |
| | 100-200 | 128.67 | 185.37 | 32.99 | 6.39 | | 353.42 |
| | 200-300 | 23.53 | 102.54 | 50.95 | 34.02 | | 211.04 |
| | 300-400 | 3.66 | 107.54 | 58.98 | 49.74 | | 219.92 |
| | 400-500 | | 73.60 | 112.59 | 109.75 | | 295.94 |
| | 500-750 | | 6.87 | 200.07 | 945.98 | | 1,152.92 |
| | 750-1000 | | | | | | 0.00 |
| | 計 | 1,155.81 | 546.62 | 455.58 | 1,145.88 | 0.00 | 3,303.89 |
| ピスコ | 0-25 | 828.96 | | | | | 828.96 |
| | 25-50 | 191.17 | | | | | 191.17 |
| | 50-100 | 256.73 | | | | | 256.73 |
| | 100-200 | 213.67 | 93.42 | | | | 307.09 |
| | 200-300 | 77.81 | 217.82 | 66.54 | 14.48 | | 376.65 |
| | 300-400 | | 70.53 | 105.94 | 54.37 | | 230.84 |
| | 400-500 | | 28.09 | 111.95 | 71.28 | | 211.32 |
| | 500-750 | | 8.08 | 288.45 | 1,093.73 | | 1,390.26 |
| | 750-1000 | | | | 479.07 | | 479.07 |
| | 計 | 1,568.34 | 417.94 | 572.88 | 1,712.93 | 0.00 | 4,272.09 |
| ヤウカ | 0-25 | 865.07 | | | | | 865.07 |
| | 25-50 | 319.22 | 18.70 | | | | 337.92 |
| | 50-100 | 221.45 | 127.88 | | | | 349.33 |
| | 100-200 | 83.68 | 295.16 | | | | 378.84 |
| | 200-300 | 26.04 | 195.96 | 24.71 | | | 246.71 |
| | 300-400 | 0.69 | 200.54 | 113.02 | | | 314.25 |
| | 400-500 | | 141.88 | 530.72 | 28.47 | | 701.07 |
| | 500-750 | | | 351.99 | 402.17 | | 754.16 |
| | 750-1000 | | | | 375.22 | | 375.22 |
| | 計 | 1,516.15 | 980.12 | 1,020.44 | 805.86 | 0.00 | 4,322.57 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果、SENAMHI 等雨量線図を元に JICA 調査団により作成)

表-1.1-26 年雨量区分ごとの植生面積割合 (カニエテ他3流域)

(単位：%)

| 流域 | 年雨量 (mm/年) | 植生区分 | | | | | 計 |
|----------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-------|
| | | 砂漠 (Cu/Dc) | 草地・サバンナ (Ms) | 灌木林 (Msh/Mh) | 高地草原 (Cp/Pj) | 雪山 (N) | |
| カニエテ | 0-25 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 25-50 | 97.3 | 2.7 | | | | 100.0 |
| | 50-100 | 59.6 | 40.4 | | | | 100.0 |
| | 100-200 | 15.6 | 72.7 | 10.2 | 1.5 | | 100.0 |
| | 200-300 | 3.6 | 37.6 | 47.5 | 11.3 | | 100.0 |
| | 300-400 | 1.0 | 35.0 | 39.8 | 24.1 | | 99.9 |
| | 400-500 | | 15.3 | 46.1 | 38.6 | | 100.0 |
| | 500-750 | | | 26.3 | 73.3 | 0.3 | 99.9 |
| 750-1000 | | | 6.4 | 88.2 | 5.4 | 100.0 | |
| チンチャ | 0-25 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 25-50 | 92.6 | 7.4 | | | | 100.0 |
| | 50-100 | 73.3 | 26.7 | | | | 100.0 |
| | 100-200 | 36.4 | 52.5 | 9.3 | 1.8 | | 100.0 |
| | 200-300 | 11.1 | 48.6 | 24.1 | 16.1 | | 99.9 |
| | 300-400 | 1.7 | 48.9 | 26.8 | 22.6 | | 100.0 |
| | 400-500 | | 24.9 | 38.0 | 37.1 | | 100.0 |
| | 500-750 | | 0.6 | 17.4 | 82.1 | | 100.1 |
| 750-1000 | | | | | | 0.0 | |
| ピスコ | 0-25 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 25-50 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 50-100 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 100-200 | 69.6 | 30.4 | | | | 100.0 |
| | 200-300 | 20.7 | 57.8 | 17.7 | 3.8 | | 100.0 |
| | 300-400 | | 30.6 | 45.9 | 23.6 | | 100.1 |
| | 400-500 | | 13.3 | 53.0 | 33.7 | | 100.0 |
| 500-750 | | 0.6 | 20.7 | 78.7 | | 100.0 | |

| | | | | | | | |
|----------|----------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| ヤウカ | 750-1000 | | | | 100.0 | | 100.0 |
| | 0-25 | 100.0 | | | | | 100.0 |
| | 25-50 | 94.5 | 5.5 | | | | 100.0 |
| | 50-100 | 63.4 | 36.6 | | | | 100.0 |
| | 100-200 | 22.1 | 77.9 | | | | 100.0 |
| | 200-300 | 10.6 | 79.4 | 10.0 | | | 100.0 |
| | 300-400 | 0.2 | 63.8 | 36.0 | | | 100.0 |
| | 400-500 | | 20.2 | 75.7 | 4.1 | | 100.0 |
| | 500-750 | | | 46.7 | 53.3 | | 100.0 |
| 750-1000 | | | | 100.0 | | 100.0 | |

(出典：1995年 INRENA 調査結果、SENAMHI 等雨量線図を元に JICA 調査団により作成)

2) マヘス - カマナ流域

マヘス - カマナ流域の年雨量ごとの植生面積を表-1.1-27、28 に示す。雨量分布と植生分布の関係を Appendix 7 図-3.5 に掲載した。

年雨量が 0～50mm 以下のところは砂漠あるいは草地・サボテン分布域である。灌木林が出現するのは年雨量が概ね 100mm 以上の区域である。しかし、年雨量が 500mm 以上になると高地草原が大勢を占める。500mm 以上の降雨分布地は高標高地であり、低温のために木本植物の生育には厳しい状況であるといえる。

しかしながら、この流域での灌木林は 100mm～500mm まで比較的広い範囲に分布していることが特徴的である。

表-1.1-27 年雨量別植生面積 (マヘス - カマナ流域)

(単位：Km²)

| 年雨量区分 (mm/年) | 植生区分 | | | | | 計 |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------|-----------|
| | 砂漠等 (Lo, Dc) | 草地・サボテン (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 高地草原 (Bf, Pj) | 雪山 (N) | |
| 0-25 | 2,939.30 | 304.13 | | | | 3,243.43 |
| 25-50 | 126.04 | 494.42 | 4.41 | | | 624.87 |
| 50-100 | 37.53 | 408.20 | 287.06 | 91.04 | | 823.83 |
| 100-200 | 44.29 | 168.94 | 289.48 | 244.35 | 15.41 | 762.47 |
| 200-300 | 65.50 | 104.16 | 127.82 | 456.20 | 115.45 | 869.13 |
| 300-400 | | 86.52 | 218.10 | 301.80 | 139.87 | 746.29 |
| 400-500 | | 3.71 | 499.96 | 1,621.01 | 188.86 | 2,313.54 |
| 500-750 | | | 63.14 | 5,664.20 | 88.80 | 5,816.14 |
| 750-1000 | | | | 1,756.78 | 93.04 | 1,849.82 |
| 計 | 3,212.66 | 1,570.08 | 1,489.97 | 10,135.38 | 641.43 | 17,049.52 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果、SENAMHI 等雨量線図を元に JICA 調査団により作成)

表-1.1-28 年雨量区分ごとの植生面積割合 (マヘス - カマナ流域)

(単位：%)

| 年雨量区分 (mm/年) | 植生区分 | | | | | 計 |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------|-------|
| | 砂漠等 (Lo, Dc) | 草地・サボテン (Ms) | 灌木林 (Msh, Mh) | 高地草原 (Bf, Pj) | 雪山 (Nv) | |
| 0-25 | 90.6 | 9.4 | | | | 100.0 |
| 25-50 | 20.2 | 79.1 | 0.7 | | | 100.0 |
| 50-100 | 4.6 | 49.5 | 34.8 | 11.1 | | 100.0 |
| 100-200 | 5.8 | 22.2 | 38.0 | 32.0 | 2.0 | 100.0 |
| 200-300 | 7.5 | 12.0 | 14.7 | 52.5 | 13.3 | 100.0 |
| 300-400 | | 11.6 | 29.2 | 40.4 | 18.7 | 99.9 |
| 400-500 | | 0.2 | 21.6 | 70.1 | 8.2 | 100.1 |
| 500-750 | | | 1.1 | 97.4 | 1.5 | 100.0 |
| 750-1000 | | | | 95.0 | 5.0 | 100.0 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果、SENAMHI 等雨量線図を元に JICA 調査団により作成)

表-1.1-29 年雨量区分ごとの灌木林(Msh,Mh)面積割合 (マヘス - カマナ流域)

| 年雨量区分 (mm/年) | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| 0-25 | 25-50 | 50-100 | 100-200 | 200-300 | 300-400 | 400-500 | 500-750 | 750-1000 | 計 |
| 面積(km ²) | | | | | | | | | |
| - | 4.41 | 287.06 | 289.48 | 127.82 | 218.10 | 499.96 | 63.14 | - | 1489.97 |
| 面積割合(%) | | | | | | | | | |
| - | 0.3 | 19.3 | 19.4 | 8.6 | 14.6 | 33.6 | 4.2 | - | 100.0 |

(出典：1995年 INRENA 調査結果、SENAMHI 等雨量線図を元に JICA 調査団により作成)

(カニエテ他3流域との比較)：カニエテ他3流域と比較し、マヘス - カマナ流域の灌木林は広範囲の雨量分布に対応している。マヘス - カマナ流域では50~300mmの範囲が多く(灌木林の約40%)、300~500mmの範囲が少ない(灌木林の約20%)ことが特徴的である。(図-1.1-10参照)。

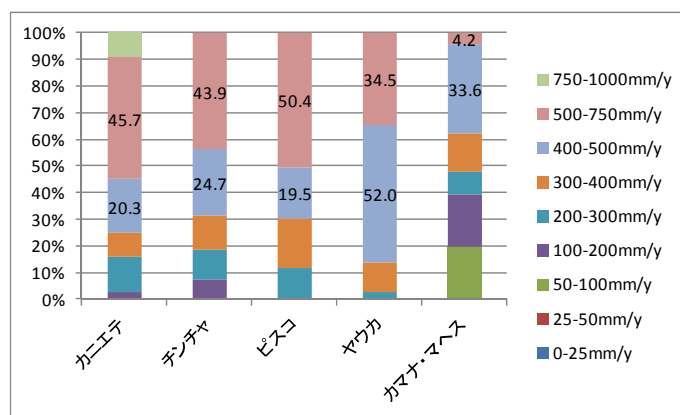


図-1.1-10 灌木林の雨量別分布割合の流域別比較

(出典：INRENA 1995年調査、SENAMHI 等雨量線図を元に JICA 調査団により作成)

3) チラ流域

チラ流域の年雨量区分ごとの植生面積を表-1.1-30、表-1.1-31に示す。また、チラ流域の雨量分布と植生分布の関係を Appendix 7 図-3.6に掲載した。

チラ流域の特徴である乾燥林はサバンナ型、台地性、山岳性とタイプがあるのでほとんどの雨量分布域に分布しているが、年雨量が500mm以上のところでは灌木林が大勢を占める。

表-1.1-30 年雨量別植生面積 (チラ流域)

(単位：Km²)

| 流域名 | 年雨量 (mm/年) | 植生区分 | | | | | | | 計 |
|------|------------|--------------|----------|----------|------------|---------------|----|---------|----------|
| | | 砂漠等 (Cu, Dc) | 草・林 (Ms) | 乾燥林 (Bs) | 山岳湿潤林 (Bh) | 灌木林 (Msh, Mh) | 水域 | 草地 (Pj) | |
| チラ下流 | 0-25 | | | | | | | | 0.00 |
| | 25-50 | 228.67 | | 559.89 | | | | | 788.56 |
| | 50-100 | 179.52 | 9.67 | 657.69 | | | | | 846.88 |
| | 100-200 | 223.20 | 67.63 | 836.51 | | | | | 1,127.34 |
| | 200-300 | 115.57 | 2.94 | 432.37 | | | | | 550.88 |

| | | | | | | | | | |
|------|-----------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|-----------|----------|
| | 300-400 | 72.62 | | 267.19 | | | | | 339.81 |
| | 400-500 | | | 167.89 | | 3.69 | | | 171.58 |
| | 500-750 | | | 106.39 | | 93.40 | | | 199.79 |
| | 750-1000 | | | 12.07 | | 201.34 | | | 213.41 |
| | 1000-1500 | | | | | | | | 0.00 |
| | 計 | 819.58 | 80.24 | 3,040.00 | 0.00 | 298.43 | 0.00 | 0.00 | 4,238.25 |
| チラ上流 | 0-25 | | | | | | | | 0.00 |
| | 25-50 | | | | | | | | 0.00 |
| | 50-100 | | | | | | | | 0.00 |
| | 100-200 | | | | | | | | 0.00 |
| | 200-300 | 6.44 | | 855.86 | | | 73.29 | | 935.59 |
| | 300-400 | | | 1,809.09 | | 79.48 | 20.42 | | 1,908.99 |
| | 400-500 | | | 519.13 | 4.22 | 189.91 | | | 713.26 |
| | 500-750 | | | 113.21 | 14.65 | 961.43 | | 78.13 | 1,167.42 |
| | 750-1000 | | | 295.38 | 64.69 | 764.04 | | 37.87 | 1,161.98 |
| | 1000-1500 | | | 266.43 | 98.29 | 137.77 | | | 502.49 |
| 計 | 6.44 | 0.00 | 3,859.10 | 181.85 | 2,132.63 | 93.71 | 116.00 | 6,389.73 | |
| 計 | 0-25 | | | | | | | | 0.00 |
| | 25-50 | 228.67 | | 559.89 | | | | | 788.56 |
| | 50-100 | 179.52 | 9.67 | 657.69 | | | | | 846.88 |
| | 100-200 | 223.20 | 67.63 | 836.51 | | | | | 1,127.34 |
| | 200-300 | 122.01 | 2.94 | 1,288.23 | | | 73.29 | | 1,486.47 |
| | 300-400 | 72.62 | | 2,076.28 | | 79.48 | 20.42 | | 2,248.80 |
| | 400-500 | | | 687.02 | 4.22 | 193.60 | | | 884.84 |
| | 500-750 | | | 219.60 | 14.65 | 1,054.83 | | 78.13 | 1,367.21 |
| | 750-1000 | | | 307.45 | 64.69 | 965.38 | | 37.87 | 1,375.39 |
| | 1000-1500 | | | 266.43 | 98.29 | 137.77 | | | 502.49 |
| 計 | 826.02 | 80.24 | 6,899.10 | 181.85 | 2,431.06 | 93.71 | 116.00 | 10,627.98 | |

(出典：INRENA 1995年調査、SENAMHI等雨量線図を元にJICA調査団により作成)

表-1.1-31 年雨量別植生面積割合 (チラ流域)

(単位：%)

| 流域 | 年雨量 (mm) | 植生区分 | | | | | | | 計 |
|-----------|-------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|------------------|-----|------------|-------|
| | | 砂漠等 (Cu, Dc) | 草・ 林・テ (Ms) | 乾燥林 (Bs) | 山岳 湿潤林 (Bh) | 灌木林 (Msh, Mh) | 水域 | 草地 (Pj) | |
| チラ 下流 | 0-25 | 0.0 | | | | | | | 0.0 |
| | 25-50 | 29.0 | | 71.0 | | | | | 100.0 |
| | 50-100 | 21.2 | 1.1 | 77.7 | | | | | 100.0 |
| | 100-200 | 19.8 | 6.0 | 74.2 | | | | | 100.0 |
| | 200-300 | 21.0 | 0.5 | 78.5 | | | | | 100.0 |
| | 300-400 | 21.4 | | 78.6 | | | | | 100.0 |
| | 400-500 | | | 97.8 | | 2.2 | | | 100.0 |
| | 500-750 | | | 53.3 | | 46.7 | | | 100.0 |
| | 750-1000 | | | 5.7 | | 94.3 | | | 100.0 |
| 1000-1500 | | | | | 0.0 | | | 0.0 | |
| チラ 上流 | 0-25 | | | | | | | | 0.0 |
| | 25-50 | | | | | | | | 0.0 |
| | 50-100 | | | | | | | | 0.0 |
| | 100-200 | | | | | | | | 0.0 |
| | 200-300 | 0.7 | | 91.5 | | | 7.8 | | 100.0 |
| | 300-400 | | | 94.8 | | 4.2 | 1.1 | | 100.1 |
| | 400-500 | | | 72.8 | 0.6 | 26.6 | | | 100.0 |
| | 500-750 | | | 9.7 | 1.3 | 82.4 | | 6.7 | 100.1 |
| | 750-1000 | | | 25.4 | 5.6 | 65.8 | | 3.3 | 100.1 |
| 1000-1500 | | | 53.0 | 19.6 | 27.4 | | | 100.0 | |
| チラ 全域 | 0-25 | | | | | | | | 0.0 |
| | 25-50 | 29.0 | | 71.0 | | | | | 100.0 |
| | 50-100 | 21.2 | 1.1 | 77.7 | | | | | 100.0 |
| | 100-200 | 19.8 | 6.0 | 74.2 | | | | | 100.0 |
| | 200-300 | 8.2 | 0.2 | 86.7 | | | 4.9 | | 100.0 |

| | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----|--|------|------|------|-----|-----|-------|
| | 300-400 | 3.2 | | 92.3 | | 3.5 | 0.9 | | 99.9 |
| | 400-500 | | | 77.6 | 0.5 | 21.9 | | | 100.0 |
| | 500-750 | | | 16.1 | 1.1 | 77.2 | | 5.7 | 100.1 |
| | 750-1000 | | | 22.4 | 4.7 | 70.2 | | 2.8 | 100.1 |
| | 1000-1500 | | | 53.0 | 19.6 | 27.4 | | | 100.0 |

(出典：INRENA 1995 年調査、SENAMHI 等雨量線図を元に JICA 調査団により作成)

1.2 森林面積の変化

(a) 州レベルの森林面積の変化

ペルーにおける森林面積の変遷は詳細に調査されていない。INRENA による全国植林計画 (Plan Nacional de Reforestacion Peru 2005 - 2024) の「Anexo 2.」には、2005 年までに減少した森林面積が当時の県 (Departamento) ごとに記載されている。そこから、調査地に該当する県の累積減少森林面積を抜粋し表-1.2-1 に示す。アレキパ県、アヤクチョ県、ワンカベリカ県、イカ県、リマ県、ピウラ県であるが、いずれの県に対しても調査対象地はその一部である。アヤクチョ県で約 10 万 ha、ワンカベリカ県、ピウラ県で約 1 万 ha の森林面積が減少している。

表-1.2-1 2005 年までに減少した森林面積

| 県名 | 面積 (ha) | 累積森林減少面積 (ha)、及び 減少面積が県面積に占める割合 (%) | 伐採後の状況 | |
|--------|-----------|--|----------------|-------------------|
| | | | 未利用の面積 (ha) | 利用されている面積 (ha) |
| アレキパ | 6,286,456 | - | - | - |
| アヤクチョ | 4,326,169 | 97,992 (2.3%) | 73,554 | 24,438 |
| ワンカベリカ | 2,190,402 | 11,112 (0.5%) | 11,112 | - |
| イカ | 2,093,457 | - | - | - |
| リマ | 3,487,311 | - | - | - |
| ピウラ | 3,580,750 | 9,958 (0.3%) | 5,223 | 4,735 |

(出典：全国植林計画、INRENA、2005)

(b) 流域別の森林面積変化

1) カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域

2005 年に実施された FAO の調査による植生区分 (2000 年の衛星画像データを元に作成) と 1995 年の INRENA 調査による植生区分 (1995 年の衛星画像データを元に作成) を GIS 上に移植し、流域ごとに植生区分の変化を測定した。(表-1.2-2 参照)。

植生区分ごとの面積の増減をみると、乾燥地 (砂漠、サボテン地：Cu、Dc、Ms) が減少、灌木林地帯 (Msh、Mh) が増加、雪山 (N) が増加、という結果となっている。

表-1.2-2 1995 年から 2000 年の植生区分の面積変化 (カニエテ他 3 流域)

| 流域名 | 植生区分 | | | | | | | | 流域 面積 |
|---------------------------|-------|--------|--------|-------|------|-------|-------|---|----------|
| | Cu | Dc | Ms | Msh | Mh | Cp | Pj | N | |
| (植生区分面積：km ²) | | | | | | | | | |
| ピスコ | -3.59 | -3.44 | -50.99 | 46.88 | 7.01 | -9.52 | 13.65 | - | 4,272.09 |
| チンチャ | -5.09 | -19.37 | -95.91 | 86.85 | 3.55 | -5.54 | 35.51 | - | 3,303.89 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|-------|-----------|
| カニエテ | -13.46 | -28.34 | -50.22 | 7.24 | 23.70 | 34.89 | -2.18 | 28.37 | 6,065.74 |
| ヤウカ | -20.22 | 33.63 | -10.87 | 34.13 | 21.15 | -42.62 | -15.20 | — | 4,322.57 |
| 計(a) | -42.36 | -17.52 | -207.99 | 175.10 | 55.41 | -22.79 | 31.78 | 28.37 | 17,964.29 |
| 現況面積 (b) | 518.69 | 4,870.12 | 2,729.74 | 2,502.17 | 444.89 | 2,143.36 | 4,688.54 | 66.78 | 17,964.29 |
| 現況に 対する割合 (a/b) % | -8.2 | -0.4 | -7.6 | +7.0 | +12.5 | -1.1 | +0.7 | +42.5 | |

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

2) マヘス - カマナ流域

上記と同様にカマナ・マヘス流域の植生分布の面積の変化を測定した。(表-1.2-3 参照)。

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

表-1.2-3 1995年から2000年の植生区分の面積変化(カマナ・マヘス流域)

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

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

1.3 植生の現況

1) カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカ流域

前述のように、カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカの4流域は大型木本植物の生育にはあまり適したところとはいえず、天然植生としてはほとんど分布していない。大型木本植物は例外的に河川沿いの地下水位が高いところに集中して生育しているのみである。

全体として植生の適地が少ないため、調査対象地では大規模な植林は実施されていない。少なくとも、商業利益を第一目的とした植林が実施されているという情報は得られなかった。

流域の下流部～中流部では主として次の3種類の植林が実施されている。i)河川沿いに防災のための植林、ii)農地の周囲を囲む防風・防砂のための植林、iii)家屋の周囲を囲む植林。いずれも面積としては非常に少ない。植林樹種としてはユーカリが最も多く、次いでモクマオウとなっており、郷土種の植林は少ない。

一方、アンデス高地では薪炭供給のための植林、農地を冷害・獣害(家畜)から保全するための植林、水源を保全するための植林が行なわれている。植林樹種はユーカリ、マツがほとんどである。アンデス高地での植林は旧 PRNAMACHCS(現在の AGRORURAL)のプログラムによっ

て実施されているものが多い。州政府による植林事業もあるが数量としては多くない。AGRORURAL のプログラムによる植林では、AGRORURAL がコミュニティに苗木を供給し、農民が植栽、維持管理していくというシステムが一般的である。このシステムでは、植栽地の選定にコミュニティの合意が必要である。しかし、多くの農民は少しでも農地を増やしたいと考えているため、合意形成には長い期間を要しており、なかなか植林事業がすすまないのが実情である。加えてアンデス高地の 3,800m 以上のところでは冷温のため植林が難しくなる。また、本調査では、AGRORURAL の組織改革のため資料が散逸し、これまでの植林事業実績についての記録はほとんど収集できなかった。

全国植林計画（INRENA、2005）に 1994 年から 2003 年までの旧県（Departamento）ごとの植林実績が記載されている。ここから、調査対象地に該当する旧県の植林実績を抜粋した（表-1.3-1 参照）。1994 年は植林面積が多いものの、その後急激に植林面積は落ち込んでいる。アレキパ、イカ、リマは沿岸に位置するため降雨量が非常に少なく、そのために植林が可能なところが少なく、また、植林の需要も低いと想定される。一方、アンデス高地に位置するアヤクチョ、ワカベリカでは農地・放牧地の保護や薪炭等の需要が高く降雨量も多いが、気象条件から植林適地が限定されること、農地を優先させたい農民の合意が得られにくいことから、植林面積は多くないと推定される。

表-1.3-1 1994 年から 2003 年までの植林実績（旧県別）

（単位：ha）

| 旧県 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 計 |
|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| アレキパ | 3,758 | 435 | 528 | 1,018 | 560 | 632 | nr | 37 | 282 | 158 | 7,408 |
| アヤクチョ | 14,294 | 9,850 | 3,997 | 8,201 | 2,177 | 6,371 | 4,706 | 268 | 2,563 | 220 | 52,647 |
| ワカベリカ | 12,320 | 1,210 | 2,587 | 2,061 | 294 | 7,962 | 6,001 | 545 | 1,035 | 0 | 34,015 |
| イカ | 2,213 | 20 | 159 | 159 | 89 | 29 | 61 | 15 | 4 | 1 | 2,750 |
| リマ | 6,692 | 490 | 643 | 1,724 | 717 | 1,157 | nr | 232 | 557 | 169 | 12,381 |
| ピウラ | 7,449 | 971 | 2,407 | 3,144 | 19,070 | 2,358 | 270 | 1,134 | 789 | 48 | 37,640 |

（出典：全国植林計画、INRENA、2005）

2) マヘス - カマナ流域

Agrorural からの聞き取り資料によれば、アレキパ州における植林実績は表-1.3-2 のとおりである。4 か所で実施されているがいずれも小面積で、試験的なものが多い。また、国際 NGO の Nature Conservancy ではペルー海岸地域に固有のマロス植生を回復させる活動を実施中である。

表-1.3-2 アレキパ州の植林実績

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

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

1.4 植林上位計画

(1) 全国植林計画

(a) 全国植林計画制定までの経緯

○2000年に森林と野生動物に関する法（Ley Forestal y de Fauna Silvestre、No. 27308、2000年7月15日）が制定された。その第4条（Artículo 4）に全国森林開発プランがあり、その中に全国植林計画（Plan Nacional Reforestacion）が盛り込まれた。

○2004年8月17日、大統領令⁷（Decreto Supremo）No. 031-2004-AGが制定された。これに全国森林戦略（Estrategia Nacional Forestal – ENF- 2002-2021）が盛り込まれた。

○2005年1月13日、INRENAが中心となりPRONAMACHICSのサポートをもって、全国植林計画を策定するという内容の大統領令No. 003-2005-AGが制定された。

○2006年1月4日、全国植林計画（Plan Nacional de Reforestacion）が農業省令（省令⁸：Resolucion Suprema）（No. 002-2006-AG）によって制定された。

(b) 全国植林計画のコンセプト、ビジョン

（コンセプト）：生産、生態系の回復、環境の向上を目的としている。植林の重要性が高いエリアにおいて、経済、社会、環境の面で持続的な発展のための地域開発を実施する。

（ビジョン）：2024年には木材生産分野で世界市場における競争力を持ちつつ、自然と調和し、住人の生活向上を実現する。

(c) 全国植林計画のプログラムと本事業の関係

全国植林計画は、プログラムとして以下の3つの主要な項目を掲げている。

1. 生産林の植林
2. 自然保護と流域管理
3. 市場競争への戦略の管理

このうち、本事業で関係が深いものは2. 自然保護と流域管理プログラムである。その内容を表-1.4-1に示す。

表-1.4-1 自然保護と流域管理プログラム（全国植林計画）

| | |
|-------|--|
| ミッション | 生態系の修復、国全体の緑の増加、ダメージを受けているエリアに植林（木材生産）、炭素吸収の増加 |
| 効果 | バイオマスの増加による炭素の吸収 土壌改良による水分保持 根茎の発達と植生被覆による侵食の減少 地域住民の生活向上 |
| 主たる活動 | 1.流域管理委員会の設立 2.土壌と水資源の保全 : 溝・水路・による表面流の捕捉と周辺への植林 |

⁷ 大統領令（Decreto Supremo）：大統領、首相、大臣によって制定される。

⁸ 省令（Resolucion Suprema）：大統領と大臣によって制定される。

| | |
|------------------|--|
| 3. ダメージを受けた森林の回復 | : 被害林の回復と森林が乏しいエリアへの植林 |
| 4. 郷土種の牧草の回復と管理 | : 水源地の植生回復を目的とし、郷土種の改良と植林 |
| 5. 都市での植樹 | : 景観の向上、地下水を保全 |
| 6. 脆弱性の高い区域の特定 | : 植生回復、生態系保全、斜面の安定、溪床の固定などを図るため、脆弱な流域を特定 |
| 7. 水資源の浄化のための植林 | |
| 8. 砂漠化の防止 | : 砂漠化が進む地域への植林 |
| 9. 資金システムの構築 | : PES システム構築、カーボンクレジット |

(出典：全国植林計画 2005 を JICA 調査団により要約)

全国植林計画が期待している効果の中に、土壌改良による水分保持、根茎の発達と植生被覆による侵食の減少という 2 項目がある。これらは本事業の目的とする洪水災害防止に直接的、間接的に寄与する効果である。水分保持は、直接流量を減少させ中間流量を増加させる。これによって洪水ピーク流量をカットし、洪水緩和への間接的に寄与する。侵食を防止することは直接土砂災害を防止する効果がある。したがって、本事業で植林/植生回復の実施は上位計画に合致しており、妥当性があるといえる。

(2) その他の植林に関する事業

本事業に関する植林等事業としては、i)カタマイヨ・チラプロジェクト、ii)AGRORURAL によるワンカベリカ州植林計画の 2 つがある。

(a) カタマイヨ・チラプロジェクト

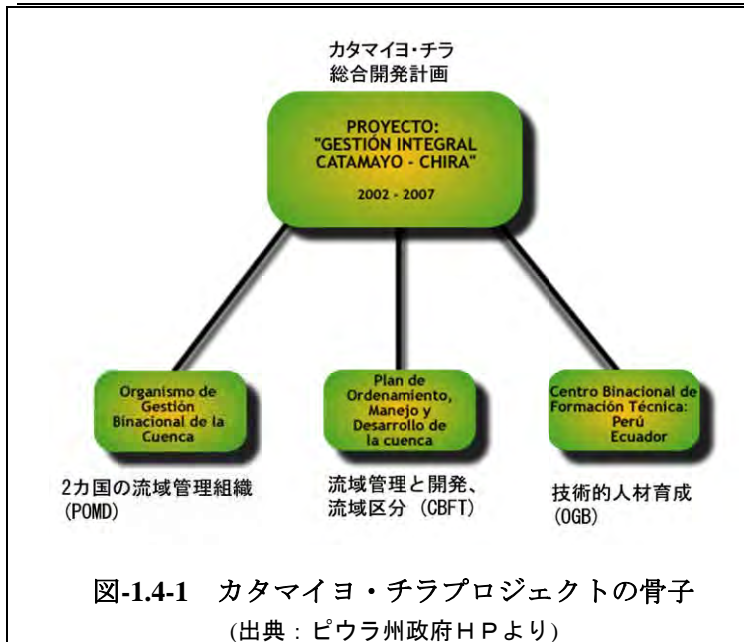
カタマイヨ・チラプロジェクトは、ペ国とエクアドル国（以下、エ国という）にまたがって流れるカタマイヨ・チラ川の水資源の取り扱いについて、二国間で話し合いながら事業をすすめていくものである。当初からスペインの援助によってプロジェクトが進められている⁹。

1) プロジェクトの経緯

【1971 年】「ペルー・エクアドル ミックス・コミッション」がカタマヨ・チラ流域の社会・経済的最大の利用を目的として設立。

【2002 年～2007 年】ペルー・エクアドル 2 国プランでは流域の開発、マネージメント、流域区分を優先プログラムとしている。(図-1.4-1 参照)。

⁹ http://www.infoandina.org/sites/default/files/recursos/caract_biofisica.pdf
http://www.paramo.org/files/recursos/caract_biofisica.pdf



【2009年～2011年】

「流域区分、マネージメントと開発プラン (POMD)」を実施中。流域の総合管理を通じて、自然資源の持続可能な利用と保護、両国の地域住民の生活向上に貢献することを目的とする。オフィシャルカウンターパートは「エクアドル・ペルー国境地域の開発 2 カ国プラン」。実行カウンターパートはピウラ地域政府 (ペルー側) とロハ地方議会 (エクアドル側)。

2) カタマイヨ・チラプロジェクトの位置

エクアドル側対象地：ロハ州セリカ、ピンダル、マカラ、ソソランガ、カルバス、エスピンドラ、ゴンザマナ、キランガ、ロハ、カタマヨ、パルタス、オルメド、プヤンゴ、サポティヨ (Celica, Pindal, Macará, Sozoranga, Calvas, Espíndola, Gonzanamá, Quilanga, Loja, Catamayo, Paltas, Olmedo, Puyango y Zapotillo)。ロハ州の面積の 66.82% に相当する面積がプロジェクト対象地面積。

ペルー側対象地：ピウラ州スヤナ、アヤバカ、ワンカバンバ、モロポン、パイタ、タララ、ピウラ (Sullana, Ayabaca, Huancabamba, Morropón, Paita, Talara y Piura)。ピウラ州の面積の 27.91% を占める。

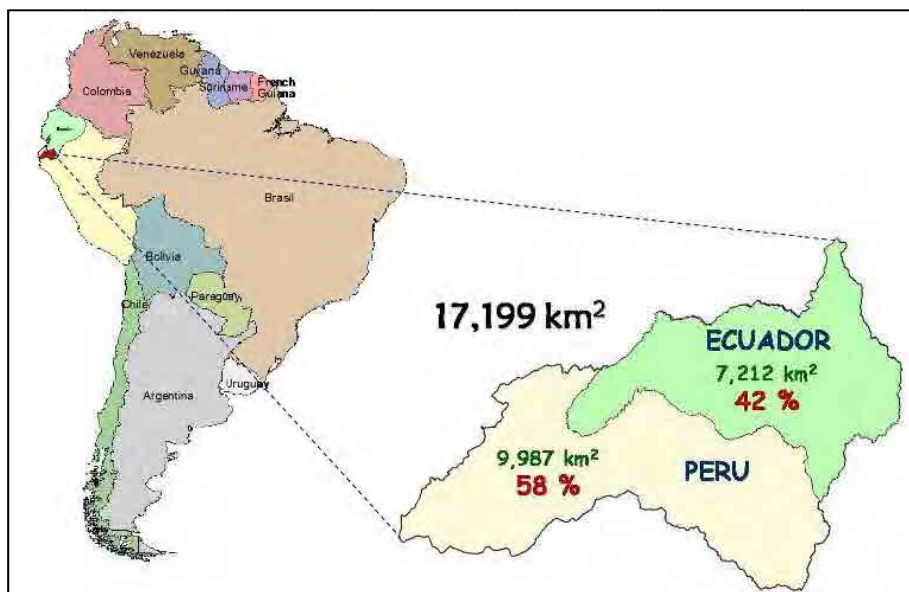


図-1.4-2 カタマイヨ・チラプロジェクト位置図

(出典：ピウラ州政府ホームページから抜粋)

3) 重要な地域

流域管理をする上で標高 1200m以上の流域の重要性が高くなったとされている。(図-1.4-3 参照)。

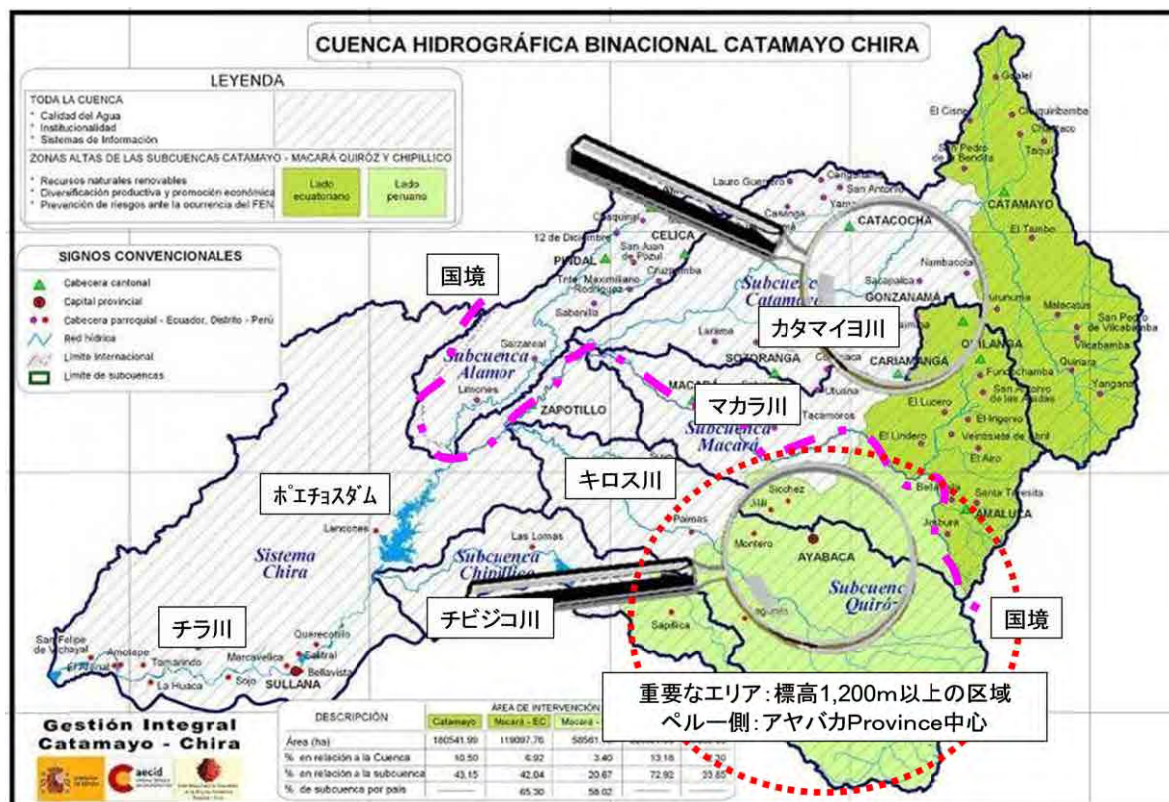


図-1.4-3 カタマイヨ・チラプロジェクト詳細位置図

(出典: ピウラ州政府ホームページの図を元に JICA 調査団により作成。)

4) プロジェクトの内容

2009 年から実施されているプロジェクトは A~F の大項目に分類され、大項目はいくつかのプログラムに分類されている。各プログラムにはいくつかのプロジェクトが計画されており、計 28 のプロジェクトが計画されている。カタマイヨ・チラプロジェクトの概要を表-1.4-2 に示す。このうち、洪水防止対策としての植林/植生回復計画に直接関係するものは、以下の 2 プロジェクトである。

- B.2.1 植生と土壌資源の保護、保全及び回復
- B.2.2 水によるリスク管理

間接的に関係するものは、以下の 2 プロジェクトである。

- A.1.7 水環境サービス (PES)
- C.3.3: 森林生産開発

表-1.4-2 カタマイヨーチラプロジェクトの概要

| プログラム：目的 | プロジェクト：目的 |
|---|--|
| A：水資源総合管理 | |
| A1：水資源総合管理 (目的)：持続的及び平等な水資源の総合管理を達成する | A.1.1 飲料水システム管理 (目的)：持続的な飲料水提供システムの管理 |
| | A.1.2 下水管理 (目的)：水質改善のために汚水を処理。汚染の削減。 |
| | A.1.3 廃棄物の処分 (目的)：廃棄物処理による流域の大気、土壌と水の汚染の削減。 |
| | A.1.4 システム管理 (目的)：効率的、効果的な灌漑システムの管理。 |
| | A.1.5 水観測情報のネットワーク管理 (目的)：信頼できる水観測情報の構築。 |
| | A.1.6 水質管理 (目的)：表面水の水質情報の構築。 |
| | A.1.7 水環境サービス (PES) (目的)：水環境サービスを提供するエリアの保全。 |
| B:天然資源の管理 | |
| B2：再生可能な天然資源の管理 (目的)：ダメージを受けている植生や土壌資源のリハビリ | B.2.1 植生と土壌資源の保護、保全及び回復 (目的)：植生や土壌資源の適切な管理の実現。 |
| | B.2.2 水によるリスク管理 (目的)：道路に対しネガティブな影響の軽減。 |
| C：社会経済及び生産活動 | |
| C.3:農業及び森林開発 (目的)： ・流域の社会経済キャパシティの改善、自然にやさしい農業生産による社会貢献（ジェンダー含む）、食糧自給率の向上、生計向上、自然資源の保全。 ・農村の社会経済力の改善（ジェンダー含む）。 ・生産組織の生産能力と商品化促進のために戦略とシステムの総合的な改善 | C.3.1：灌漑及び雨水利用の農業開発 (目的)：環境にやさしく平等な農業生産プロセスの開発。 |
| | C.3.2：畜産開発 (目的)：環境にやさしく公正な畜産生産プロセスの開発。 |
| | C.3.3：森林生産開発 (目的)：森林資源の持続的な利用。 |
| | C.3.4：食糧主権 (目的)：農家の栄養必要量の確保。 |
| | C.3.5：果物の生産 (目的)：環境にやさしく公正な果物生産プロセスの開発。 |
| | C.3.6：生産の多様化 (目的)：有望な商品の生産と商品化による副次収入の達成。 |
| C.4.観光の持続的開発 | C.4.1：民芸品の生産と商品化 (目的)：民芸品の生産と観光との連携強化。 |
| | C.4.2：エコツーリズム (目的)：農家の副収入を達成。 |
| C.5 生産及び商品化プロセスの援助 | C.5.1：農村金融システムの連結 (目的)：農村生産イニシアティブのための信用貸しを容易にする。 |
| | C.5.2：生産と商品化のサービス (目的)：農村レベルの生産と商品化のための状況改善。 |
| | C.5.3：生産技術のイノベーションと研究の連携 (目的)：農村レベルの生産と商品化の状態改善。 |
| D：組織化 | |
| D6:組織の強化 (目的)：流域プランの実施のためにガバナンスの実現 | D.6.1：ローカル政府とローカル政府同士の関係を強化 (目的)：ローカル政府とローカル政府同士での「カタマヨ・チラの区分、管理及び開発プラン」を組織化。 |
| | D.6.2：社会統制と市民 (目的)：「カタマヨ・チラの区分、管理及び開発プラン」の実施における社会的機運の向上。 |
| | D.6.3：社会的生産組織の強化 |
| D7:男女平等（ジェンダー）フォーカス組織化 | D.7.1：ジェンダーにフォーカスする組織化 (目的)：ジェンダーを意識した流域のマネージメントの組織化。 |
| | D.7.2：女性たちの組織化 |

| | |
|--|---|
| (目的)：二カ国の女性の組織化。 | |
| E:人材育成 | |
| E8:人材育成 (目的)：流域の総合管理のために男女の持続的な環境戦略ビジョンを開発 | E.8.1：環境教育 (目的)：環境のテーマに関する人材育成。 |
| | E.8.2：経営とリーダーシップ (目的)：流域の総合管理のための持続的な環境戦略のビジョン策定。 |
| | E.8.3：生産管理の技術トレーニング (目的)：技術・生産に関する人材育成への貢献。 |
| | E.8.4：環境に配慮した持続的な開発 (目的)：持続可能な開発のために環境管理を向上させ、同時に環境を改善。 |
| F:情報システム | |
| F9:情報システムの公開と利用の保証 (目的) 情報へのアクセスと公開によって、適切な判断を可能にする | F.9.1：情報システムとコミュニケーション (目的)：ジェンダーを意識した「情報&コミュニケーションシステム」の実施。 |

(出典：カタマイヨ・チラプロジェクト事務所資料)

5) 本事業と直接関係のあるプロジェクト

本事業の植林/植生回復計画と直接関係のあるプロジェクトは、B.2.1「植生と土壌資源の保護、保全及び回復」と B.2.2「水によるリスクの管理」である。それぞれの概要を以下に記述する。

表-1.4-3 B.2.1 プロジェクトの概要

| B.2.1 植生と土壌資源の保護、保全及び回復 | | |
|--|----------------------------|------------|
| 目的 | 植生や土壌資源の適切な管理の実現 | |
| コンポーネントの内容、期間 | | |
| 1 | 森林及び植生の保護のために自然保護地区システムを提案 | 5年間 |
| 2 | PES を適用する水源地の設定と管理 | 15年間 |
| 3 | 生物多様性の保全・保護エリアの設定と管理 | 10年間 |
| 4 | 被害を受けたエリアの回復 | 15年間 |
| プロジェクト費用(計画) (単位：ソレス) | | |
| 苗木の生産 | | 2587,200 |
| 苗木の植付 | | 4000,000 |
| 埋め戻し | | 500,000 |
| 散水 | | 1500,000 |
| 肥料 | | 5,000,000 |
| 植樹のチェック | | 5,000 |
| 合計 | | 9092,200 |
| 受益者数 (単位：家族) | | |
| カタマイヨ：400、マカラ：、アラモール：200、キロス：250、チピジコ：250、チラ：500 | 計 | 2,300 (家族) |

(出展：カタマイヨ・チラプロジェクト事務所資料を元に JICA 調査団により作成)

表-1.4-4 B.2.2 プロジェクトの概要

| B.2.2 水によるリスク管理 | | |
|-----------------|--|--|
| 目的 | 道路に対しネガティブな影響を軽減する | |
| 期間 | 15年 | |
| コンポーネントの内容 | | |
| 1 | 各国の連携を強化：両国、全国、地域同士の連携強化。 | |
| 2 | インフラのコントロールと保護：道路に水災害のリスク管理。 | |
| 3 | 予警報：観測所のモニタリング、予警報システム構築。災害の前・最中・後の行動のための情報提供。 | |

| | |
|--|--|
| 4 | 住民参加： 住民の生活向上、土壌浸食コントロールのための住民参加。住民の移動を防ぐ規制等。 |
| プロジェクト費用(計画) (単位：US\$) | |
| コンポーネント 1 | 29,800,000 |
| 2 | 29,800,000 |
| 3 | 530,000 |
| 4 | 855,000 |
| 小計 | 32,310,000 |
| 管理費 (20%) | 6,462,000 |
| モニタリング費 (5%) | 1,615,500 |
| 合計 | 40,387,500 |
| 受益者数 (単位：家族) | |
| 洪水を受けやすい村民 248,322 人 (ペルー側：218,322 人 / エクアドル側：30,000 人) | |
| 旱魃でダメージを受ける住民 (ペルー側 77,000 人 / エクアドル側：911,000 人) | |

(出展：カタマイヨ・チラプロジェクト事務所資料を元に JICA 調査団により作成)

(b) AGRORURAL によるチンチャ・サンファン流域における植林計画

AGRORURAL は、チンチャ・サンファン流域の植林計画を策定したが資金不足により実施されていない¹⁰。計画内容の概要は以下のとおりである。

1) 事業対象地

チンチャ・サンファン流域植林計画の事業対象地は次のとおりで、ワンカベリカ州の 2 郡 (Provincia)、10 地区 (Distrito) である。

表-1.4-5 事業対象地

| 事業対象地 | | |
|---------------|----|---------------------------|
| 郡 (Provincia) | 番号 | 地区 (Disrito) |
| Casrovirreyna | 1 | San Juan de Casrovirreyna |
| | 2 | Tantara、 |
| | 3 | Huamantambo |
| | 4 | Chupamarca |
| | 5 | Aurahua |
| | 6 | Capilla |
| | 7 | Villa de Arma |
| | 8 | Villa de Arma |
| Chincha | 9 | San Pedro de Huarpana |
| | 10 | San Juan de Yamac |

2) 事業目的

サンファン川 (=チンチャ川) 流域の上・中・下流域の便益交換による住民の持続的発展強化を目的とする。

3) 調査内容 (内業 1、現地調査、室内試験、内業 2)

調査内容は以下のとおりである。

¹⁰ Agurorural での聞き取り、及び資料 (ペルフィル、プログレスレポート：チンチャ・サンファン流域植林計画) による。

- 内業1：情報収集、事業の需要調査
- 現地調査：対象とする10町(Distrito)における事業説明、植林対象地の選定と位置の確認(住民と一緒に現地で決定し、座標をGPSによって確認)、事業に対する合意書作成
- 室内試験：サンプルによる土壌試験
- 内業2：GISの構築、事業計画策定

4) 事業計画

事業計画は次の4つのコンポーネントからなっている。

- (i) 植林と植生回復：計44,789.27haの植林計画
- (ii) 草原の管理：計39,718.52haの草原管理計画
- (iii) 生産者の自主管理能力と組織能力の強化
- (iv) 森林管理、植栽管理の能力向上

5) 植栽樹種

植栽樹種は住民との意見交換を経て決定した。それぞれの植栽地によって植栽樹種は異なる。計画された植栽樹種はマツ、ユーカリ、アリソ、ケニユア、コイエ、タラ、アボガドである。

6) 事業費

AGRORURALの資料によれば、総事業費は約2億7千万ソレス(約61億4千万円)と膨大な金額である。事業費の内訳は表-1.4-5に示すとおりである。

表-1.4-6 サンファン・チンチャ流域植林計画事業費内訳 (AGRORURAL 調査)¹¹

| 区分 | 単位 | 数量 | 単価 | 金額 |
|--------------------|----|------------|------------|----------------|
| 計 | | | | (270,248,245) |
| 技術仕様書の作成 | 式 | 1 | 250,000 | (250,000) |
| コンポーネント1：植林と再植林 | | | | (217,860,599) |
| 1.1 苗畑設置 | | | | (1,174,057) |
| 1.1.1. 苗畑設置 | 式 | 10 | 102,343.94 | 1,023,439.40 |
| 1.1.2. 諸道具 | 式 | 10 | 15,061.83 | 150,618.30 |
| 1.2 苗木生産 | | | | (21,683,339) |
| 1.2.1. 苗木生産(マツ) | 本 | 44,249,583 | 0.45 | 19,912,312.35 |
| 1.2.2. 苗木生産(ユーカリ) | 本 | 218,713 | 0.45 | 98,420.85 |
| 1.2.3. 苗木生産(アリソ) | 本 | 59,956 | 0.48 | 28,778.88 |
| 1.2.4. 苗木生産(ケニユア) | 本 | 1,317,940 | 0.48 | 632,611.20 |
| 1.2.5. 苗木生産(コイエ) | 本 | 1,318,593 | 0.48 | 632,924.64 |
| 1.2.6. 苗木生産(タラ) | 本 | 706,734 | 0.47 | 332,164.98 |
| 1.2.7. 苗木生産(アボガド) | 本 | 14,597 | 3.16 | 46,126.52 |
| 1.3 外来種、郷土種による再植林 | | | | (184,515,796) |
| 1.3.1. 苗木植栽 | | | | |
| 1.3.1.1. 植林 | ha | 41,559.28 | 3,974.25 | 165,166,968.54 |
| 1.3.1.2. アグロフォレストリ | ha | 699.85 | 2,068.50 | 1,447,639.73 |

¹¹ 出展元の数量、単価を元に金額を再計算した。

| | | | | | |
|---------------------------|------------|----|-----------|-----------|---------------|
| | 一植林 | | | | |
| 1.3.1.3. | 牧畜林植林 | ha | 2,519.14 | 2,068.50 | 5,210,841.09 |
| 1.3.2. | 植林に必要な道具 | 式 | 11 | 88,515.00 | 973,665.00 |
| 1.3.3. | 植栽木の保護 | ha | 44,778.27 | 261.66 | 11,716,682.13 |
| 1.4 | 植栽地の整地 | ha | 44,789.27 | 234.15 | (10,487,407) |
| コンポーネント2：土壌保全のための工事 | | | | | (52,017,646) |
| 2.1 | 浸透促進工（重機費） | ha | 18,444.86 | 277 | 5,109,226.22 |
| 2.2 | 浸透促進工（労務費） | ha | 21,273.66 | 2,205 | 46,908,420.30 |
| コンポーネント3：生産者による管理と組織の能力強化 | | | | | (120,000) |
| 3.1 | プロモーターの訓練 | 回 | 20 | 2,000.00 | 40,000.00 |
| 3.2 | 管理委員会の設立 | 回 | 20 | 2,000.00 | 40,000.00 |
| 3.3 | アドミニと管理費用 | 回 | 20 | 2,000.00 | 40,000.00 |

(出展：AGRORURAL によるペルフィル・プログレスレポート)

7) 植林計画地

植林計画地の位置を図-1.4-4 に示す。

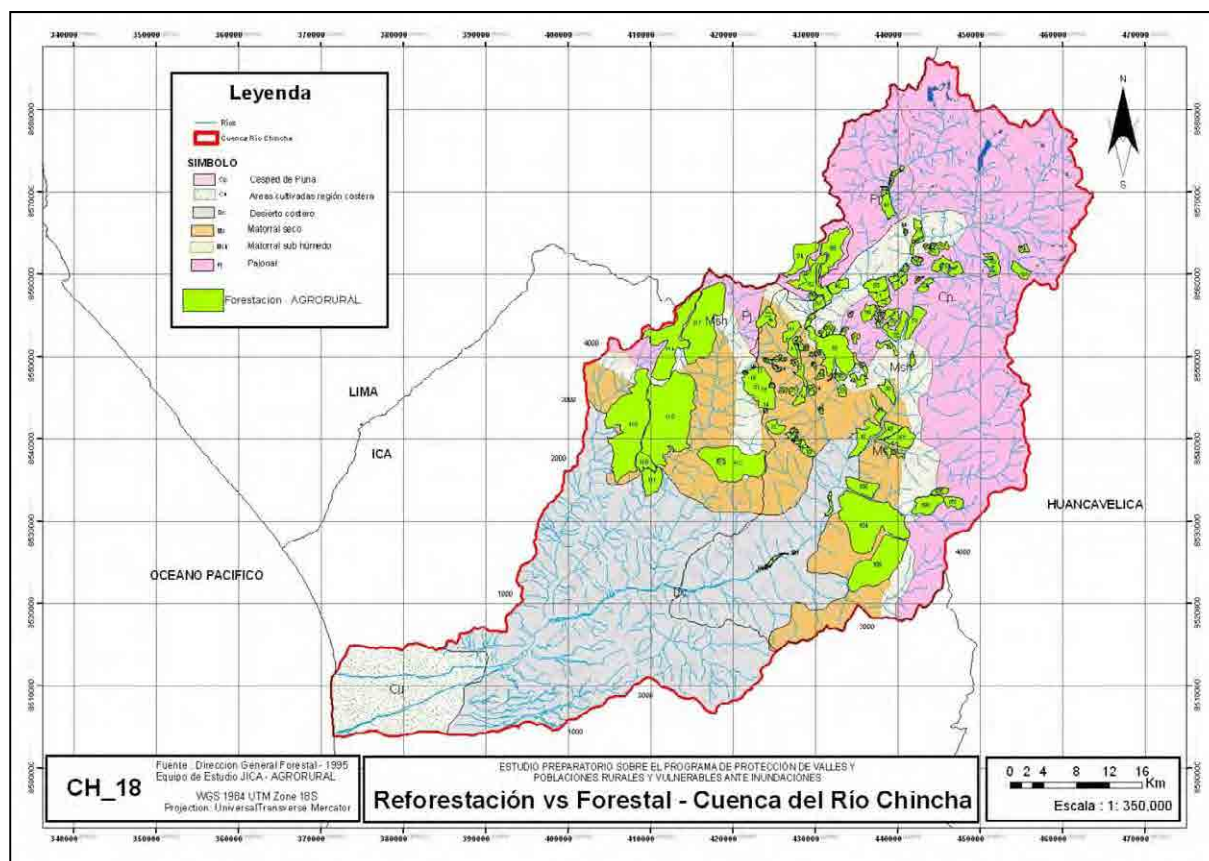


図-1.4-4 チンチャ流域の植林計画地 位置図 (AGRORURAL 調査結果)

(出展：AGRORURAL の資料を元に JICA 調査団により作成)

第2章 植林/植生回復に期待される機能と課題

本事業の目的は河川災害の防止である。河川災害に対し、森林がどのように機能するかを以下に論じる。さらに、本事業で植林を実施する場合の課題について述べる。

ペルーにおいて一般に、森林のもつ効果は表-2.1-1 のように言われている。効果は直接、間接に分類され、間接効果は i)森林がもつ環境機能によって発生する効果と ii)森林がもつ社会経済機能によって発生するものに分類されている。直接効果は生産林としての機能によって発生する。表中の環境機能とは日本で一般的に言われる森林のもつ様々な公益的機能を示している。社会経済機能による効果とは、環境機能の働きの結果を示している。

表-2.1-1 森林の効果

| 分類 | 効果 | 備考 |
|-----------------|------------------|-------------------------|
| (直接的効果) | 1.用材の提供 | 木材、薪、紙等 |
| | 2.用材以外のものを提供 | 樹脂、タニン、ヤニ、油、果物、木炭、アセチル等 |
| | 3.狩りや釣りの場を提供 | |
| (間接的効果) 環境機能 | 1.土砂崩壊・流出防止 | |
| | 2.冷害防止 | |
| | 3.野生生物の保護 | 野生動物の避難場所 |
| | 4.地下水量の増加 | |
| | 5.防風効果 | 農地、宅地等 |
| | 6.土壌浸食防止、土壌養分保持 | |
| | 7.浄水効果 | |
| | 8.水循環の調整 | |
| | 9.地球温暖化・砂漠化の防止 | 炭素吸収 |
| | 10.災害防止 | |
| 社会経済機能 | 1.農業生産の保護と増加 | |
| | 2.道路インフラ保護 | |
| | 3.観光による地域住民の生活向上 | |

(出典：ペルーにおける様々な情報¹²を元に調査団により作成)

このうちで、特に災害防止に対して効果があると考えられる機能は、環境機能のうち 1.土砂崩壊・流出機能、4.地下水量の増加機能、6.土壌浸食防止機能と考えられる。

2.1 土砂崩壊、流出防止機能

一般に、斜面では降雨があった場合、斜面が侵食され、ガリーが発達し、崩壊へとつながっていく。崩壊土砂は斜面を流下し、溪流に流れ込み、溪床と溪岸の土砂を巻き込んで拡大しながら流下し、下流の保全対象へ被害を与える。

このプロセスのうち、森林が防止機能を発揮するのは崩壊発生防止（図-2.1-1 参照）、崩壊した

¹² -Ecología - Medio ambiente (<http://www.vidaecologica.info/>)

Daniel Rivas, beneficio del bosque

(http://www.rivasdaniel.com/BENEFICIOS_DE_LOS_BOSQUES.pdf)

Comaco Forestal (http://www.comacoforestal.com/esp/beneficios_del_bosque/)

Certificación PEFC (<http://www.pefcgalicia.org/?q=es>)

En buenas manos (<http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=2270>)

Seminario Forestal 主催委員会による公演内容（ペルー森林エンジニア協会、農業省の森林と野生動物総局、ラ・モリナ国立農業大学・森林学部、森林警察等が参加）

土砂が斜面をすべり落ちるのを防止する崩落防止機能、さらには土砂が溪床を流下する際に溪岸が巻き込まれないように溪岸侵食を防止する機能（図-2.1-2 参照）といえる。

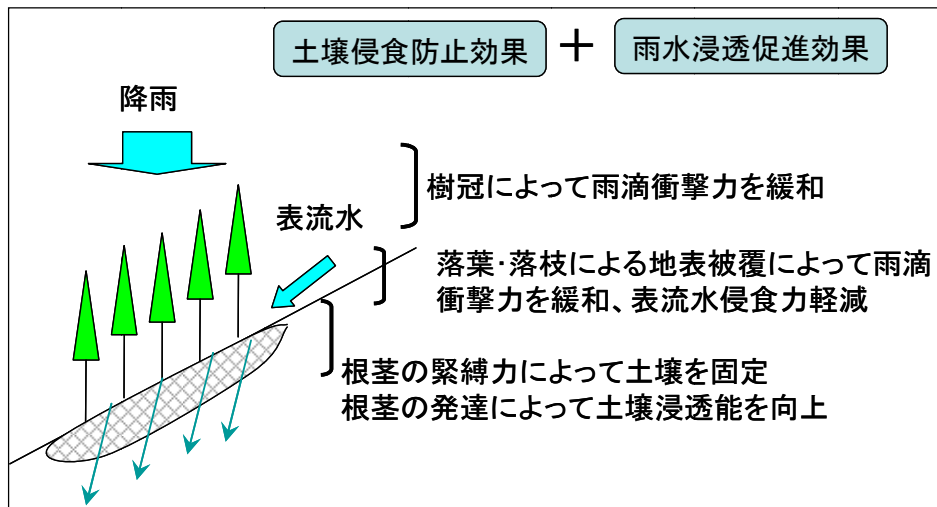


図-2.1-1 森林の崩壊防止機能

(出典：JICA 調査団)

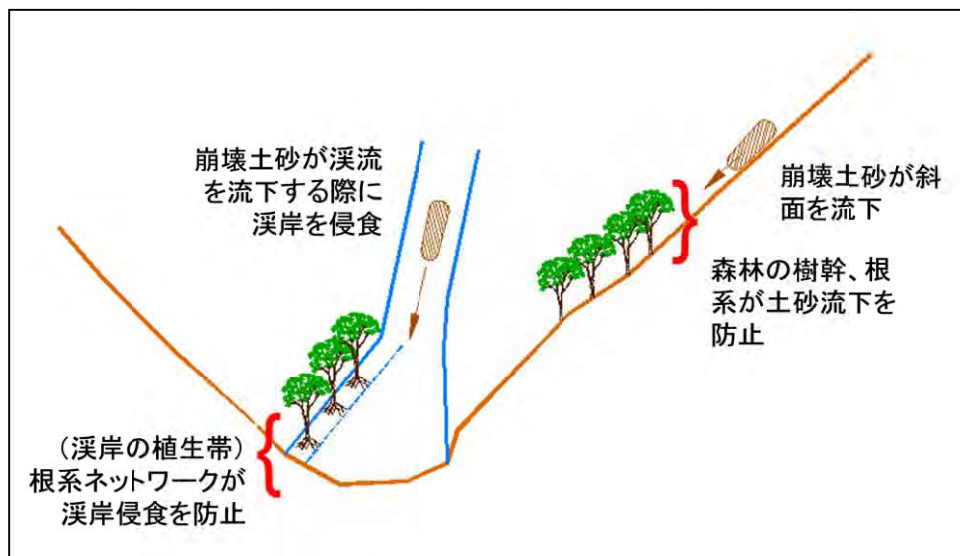


図-2.1-2 森林の崩壊土砂流下防止機能

(出典：JICA 調査団)

(1) 崩壊防止機能

森林は、樹冠層によって降雨を遮断し、地表を覆う草本や落葉層によって雨滴衝撃力を減勢する。これによって森林は崩壊を防止する機能をもつ。特に森林が高木～低木～草本で構成され複層構造となっている場合は効果が高い。

(2) 土砂流下防止機能

樹幹が流下土砂を食い止め、土砂が斜面を流下することを防止する。また、溪流を土砂が流下する場合、森林はその根茎ネットワークによって溪岸を緊縛し、流下土砂が溪岸を侵食することを防ぐ機能を有する。

(3) 本事業対象地における課題

第1章 1.1(3)(b)に述べたように、カニエテ、チンチャ、ピスコ、ヤウカの4流域では侵食しやすい急傾斜斜面（35%以上）における植生は砂漠、草本/サボテン、あるいは高原草地在りほとんどである。これは、植生が降雨・気温条件に左右されるために、侵食に対して脆弱な区域では植生回復が困難であることを示している。チラ流域では急傾斜地は乾燥林、灌木林で占められているが急傾斜地そのものが全体の20%程度、緩傾斜斜面が50%以上となっており、流域全体としては侵食に対する脆弱性は低い。

砂漠、草本/サボテン植生の区域ではもともと植物が生育困難な場所であり、ここでの植林計画は考えにくい。高地草原では降雨条件は良いが、低温のため木本植物が生育しにくい。マツや郷土種などの低温に耐久性のある樹種による植林計画が必要である。また、アンデス高山では多くの土地がコミュニティの所有となっている場合が多く、そこへの植林のためには地元住民の理解と賛同が必要であり、そのためには長期間にわたる普及・啓蒙活動が必要である。

2.2 地下水量の増加（直接流量の減少）機能

(1) 地下水量増加機能

森林は緑のダムとも呼ばれる。根茎によって土壌中に空隙をつくり土壌浸透能を上げることによって浸透水量と地下水量を増加させる効果があるためである。このことは下流の溪流における洪水緩和に寄与する効果がある。それゆえ、森林は間接的であるが、洪水緩和に効果があるとされている。図-2.2-1はペルーにおける流域の水の動向についての解説である。

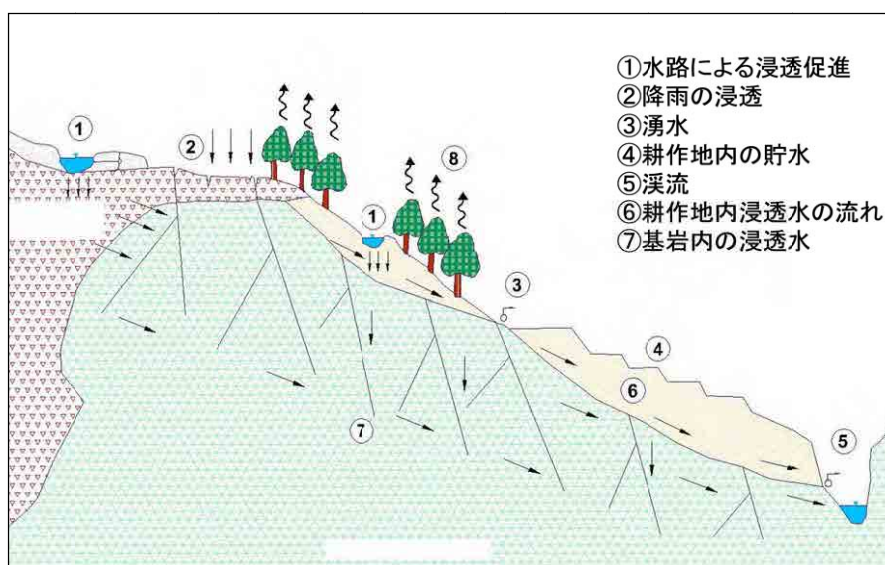


図-2.2-1 流域の水の動向

(出典：2008年ケンダル著、アンデスの伝統的なテクノロジー（地域の開発のための農業と環境改築）¹³)

¹³ KENDALL, Ann. 2008. Tecnología Tradicional Andina: Rehabilitación agrícola y ambiental para el desarrollo del sector comunal. Asociación Andina Cusichaca. 2da Edición. Perú

流域の上流に降った降雨は土壌に浸透し、中間流、地下水流、表面流に分割される。このうち、洪水ピーク流量となるものは表面流である。表面流量が多いほど（＝中間流量と地下水量が少ないほど）降雨が河川に流れ込む量が多くなり、洪水ピーク流量が多くなる。洪水ピーク流量が多くなると氾濫し易くなり、氾濫規模もおおきくなる。したがって、中間流量、地下水量を増加させることによって洪水氾濫を緩和する効果が期待できる。このプロセスにおいて森林が果たす防止効果としては、以下の2点が考えられる。

- (i) 樹冠による雨滴のしゃ断と草本・落葉落枝によって雨滴衝撃力が減少し、表面流が発生しにくくなり、それによって土壌浸透能が増加する。
- (ii) 根茎の発達によって土壌の空隙が増加し、土壌浸透能が増加する。

これによって中間流量/地下水量が増加し、直接流量が減少する。これにより洪水ピーク流量がカットされ、洪水被害が軽減される。

(2) 本事業における課題

- (i) 本事業対象地では植生が成立できる箇所が限定的であるため、広大な流域面積に対して効果的に洪水緩和機能を発揮させることが難しい。
- (ii) 一般論として森林には次のような不確定要素がある。
 - 植林した樹木の活着、生存率が担保できない
 - 気象害、病虫害（特に冷害が脅威である）の恐れがある
 - 人為的な被害（違法伐採等）の恐れがある
- (iii) 効果発現までの期間と更新時の機能低下

植林を開始し、根系ネットワークが構築され、樹冠が発達していくまでには樹種による差があるが長期間を要する。最も成長の早いユーカリでも7年程度が必要で、マツでは10数年かかり、郷土種ではさらに長期間が必要である。この成長するまでの期間は森林の機能に大きな期待ができない。さらに伐採、更新の間、良好な状況を再現するためには上記と同じ期間を要する。森林には様々な公益的機能があるため植林することにデメリットは少なく、長期的視点でのメリットが多い。しかし、短期的、直接的な効果は発現しにくい。

また、植林後の維持管理を行ない、持続的に森林を良好な状態に保つためには地域住民の協力が不可欠である。このためのシステムを構築する必要がある。

- (iv) 作業効率

シエラ地帯では人口密度が非常に低い。住民による植林作業に当てられる作業員人数が少ないため、作業効率が悪い。以下にチンチャ上流域における植林計画を例にとってAGRORURALが計画した植林面積約4万4千haを植林するために必要な期間を試算した。結果は14年間という長期間となった。本事業は洪水対策であり、緊急を要する箇所での対策が優先される。したがって、事業期間は3～5年間である。この期間で実施できる植林面積は限られているため、優先的に実施する箇所を選定する必要がある。

【AGRORURAL が計画した植林面積約 4 万 ha を植林するために必要な期間を試算】

試算の仮定条件：

- ✓ 図-2.2-2 参照の植林計画エリアから 8km の範囲を作業員投入可能範囲とする。
- ✓ 作業員として投入可能な年齢を 15 歳から 59 歳とする。
- ✓ 全人口に占める投入可能な人口が全人口に占める割合を 2007 年人口統計から算出する (57.8%)。(表-2.2-1 参照)。
- ✓ 投入可能な人口のうち、50%が植栽に参加する。
- ✓ 年間可能作業期間を 12 月～3 月の間のうち、農家繁忙期を除いて 3 ヶ月間と仮定する。

| | | |
|-----------------------------------|-----------|---------|
| a: 植栽作業に投入可能な範囲の人口 | 12,0698 | (人) |
| b: 上記計のうち、15～59 歳の人口 (a x 57.8%) | 6,976 | (人) |
| c: 植栽に参加可能な投入人数 (b x 50%) | 3,488 | (人) |
| d: AGRORURAL の計画による植栽面積合計 | 44,068.53 | (ha) |
| e: 植栽面積 1ha に投入可能な人数 (c/d) | 0.0791 | (人/ha) |
| f: 植栽面積 1ha あたりの植栽本数 (図-3.3-1 参照) | 2,963 | (本/ha) |
| g: 1 人日当り植栽本数: 40 (本/人日) | | |
| h: 1ha 当り必要人工数 (f/d) | 74 | (人日/ha) |
| i: 全作業日数 (3 ヶ月間) | 90 | (日) |
| j: 週 5 日間作業すると仮定した場合の作業日数 | 13 | (週間) |
| k: 週 5 日間作業すると仮定した場合の作業日数 | 65 | (日間) |
| l: 一日に投入が可能な人数 (=c) | 3,488 | (人) |
| m: 投入可能総人数 (k x l) | 226,720 | (人日) |
| n: 植栽可能本数 (m x g) | 9,068,800 | (本) |
| o: 1 年間で植栽可能な面積 (n/f) | 3,061 | (ha/年) |
| p: 全面積を植栽するのに必要な年数 (d/o) | 14 | (年間) |

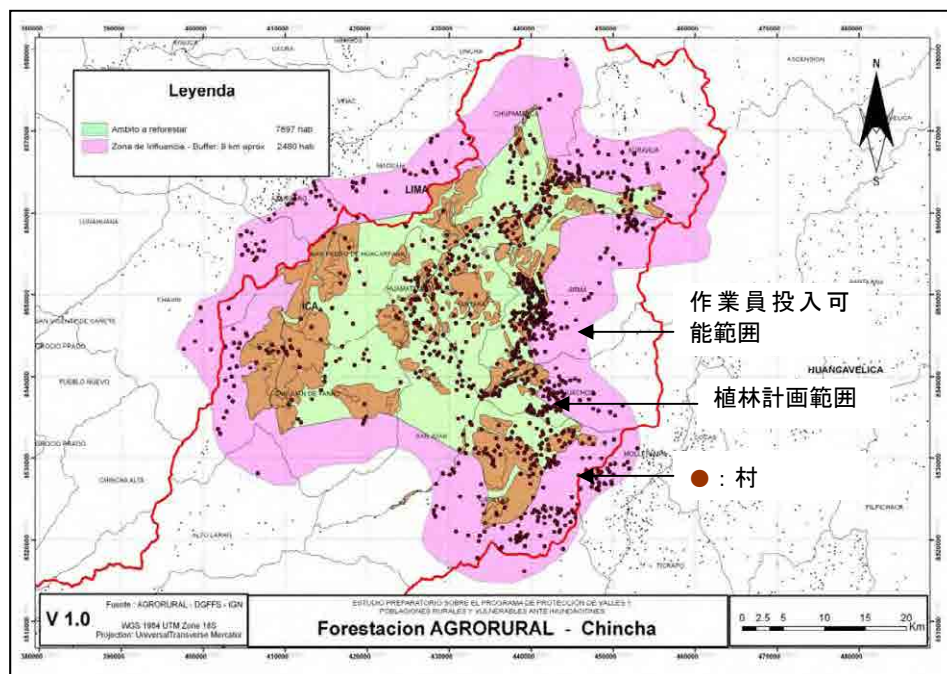


図-2.2-2 AGRORURAL 植林計画範囲と作業員を投入できる範囲にある村の分布
 (出典：AGRORURAL の資料と人口統計資料を元に JICA 調査団により作成)

表-2.2-1 AGROURAL 植栽計画地にある町 (Distritos) の人口分布

| 町(Distrito) | 総人口 (A) (人) | 15~59 歳の人口 (B) (人) | 割合 (B/A) (%) |
|---|----------------|-----------------------|-----------------|
| アラワ (Arahua) | 2,140 | 1,593 | 74.4 |
| アリマ (Arma) | 1,504 | 709 | 47.1 |
| カピーヤス (Capillas) | 1,402 | 691 | 49.3 |
| チュパマルカ (Chupamarca) | 1,129 | 550 | 48.7 |
| ワチヨス (Huachos) | 1,174 | 923 | 78.6 |
| ワマトンボ (Huamatambo) | 447 | 203 | 45.4 |
| サン・フアン (San Juan) | 620 | 291 | 46.9 |
| サン・フアン・デ・ヤナック (San Juan de Yanac) | 471 | 253 | 53.7 |
| サン・ペドロ・デ・ワルカパナ (San Pedro de Huacarpana) | 1,576 | 879 | 55.8 |
| タンタラ (Tantara) | 780 | 406 | 52.1 |
| 計 | 11,243 | 6,498 | 57.8 |

(出典：2007 年、ペルー人口統計)

2.3 河畔林機能

(1) 河畔林機能

図-2.1-2 に示すように、河川沿いの森林は根系ネットワークによって土壌を固定し、溪岸侵食に備える機能がある。同時に、樹幹によって氾濫した洪水の流体力を軽減し、土砂等を森林内に堆積させることによって保全対象を守る機能も備えている。(図-2.3-1 参照)。

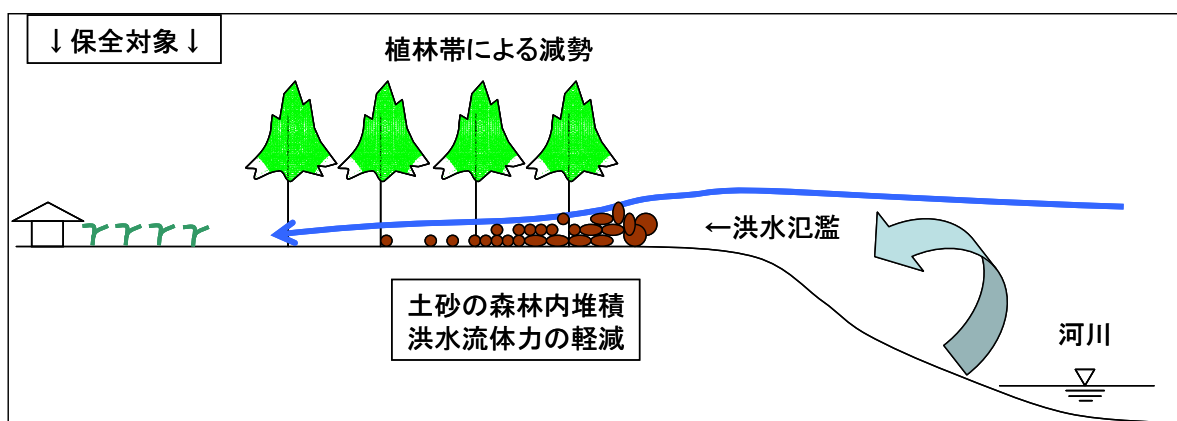


図-2.3-1 河畔林概念図

(出典：JICA 調査団)

(2) 本事業における課題

一般的に、木本植物の洪水への抵抗力は力学的算定が難しい。また、コンクリートやアース構造のように均一の品質となる保証がないため、河畔林だけで洪水を防止できるとはいえない。本事業対象地での問題点はエルニーニョ現象等、異常気象によって引き起こされる大規模な洪水である。このため、河畔林のもつ洪水緩和機能をはるかに上回る規模であると予想される。したがって、河畔林だけで洪水に対処することは避け、堤防等のハード対策との組み合わせで実施する必要がある。

2.4 本事業における植林/植生回復計画の問題点のまとめ

2.1～2.3 章に述べたように、森林には各種機能があり、洪水防止・緩和に対して有効に働く。その一方で本事業計画地においては制限要因、不利な条件が多いため、植林/植生回復計画によって洪水防止・緩和ができるとは言い難い。森林の機能と本事業計画地における問題点を表-2.4-1にまとめた。

表-2.4-1 森林の機能と本事業計画地における問題点のまとめ

| 森林の機能 | 本事業における問題点 | 必要な検討 |
|------------------------|--|--|
| 土砂崩壊・流出防止機能 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 侵食が旺盛な箇所では植生が生育しにくい。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 植林計画地の選定が必要で、大面積の植林は効果が期待できない。 |
| 地下水量の増加機能 (直接流量の減少) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 植生が生育できる区域が限定的なため、広大な流域面積に対して洪水緩和機能が効果的に働かない。 ・ 森林のもつ不確定要素 (活着率・生存率、各種被害、人為的被害) ・ 植林から効果発現まで長期間を要する。 ・ 作業効率が悪く非常に長い事業期間が必要。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 植林計画地の選定が必要。 ・ 森林のもつ不確定要素があるため、植林計画とコンクリート構造物等と同じ期待をかけない。 ・ 事業期間中に実施が可能な面積を計画する。 |
| 河畔林機能 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 木本植物の洪水への抵抗力の力学的算定が困難である。 ・ 植林帯は均一な品質になる保証がない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 河畔林だけで洪水に対処しない。 ・ 堤防等ハード対策と組み合わせで計画する。 |

(出典：JICA 調査団)

第3章 植林/植生回復計画

本事業の目的に合致した植林/植栽計画としては、1)河川構造物沿いの植林（河畔林造成）と2)上流域における植林に分類できる。前者は洪水防止に直接的効果があり、比較的短期的に効果が発現する。後者は洪水防止に対し間接的な効果が期待できるが、効果の発現まで長期間を要する。このように両者には大きな違いがあるため、植林/植生回復計画として以下の方針で計画を策定する。

1)河川構造物沿いの植林（河畔林造成）を短期計画として提案する。

河川構造物沿いの植林は、直接的にそして短期間のうちに防災効果を発現する対策である。これを短期計画とし、円借款事業を実施する場合にコンポーネントのひとつに組み入れる。

2)上流域の植林を中長期計画として提案する。

上流域の植林には長期を要する。特に対象地では植林のための労働力が不足しているため、作業効率が悪く、短い雨季の間に植栽できる面積が限定されるからである。一方、対象流域の面積は広大であり、小面積の植林の防災効果が低いことは議論の余地がない。森林もつ防災機能、効果については周知のとおりであるが、上記のように作業効率の面から考えると計画対象地で防災効果を発揮させるためには数十年間の単位で継続的な植林活動が必要になると考えられる。

AGRORURAL が策定したチンチャ流域上流部の植林計画を他の 5 流域に適用して植林面積を試算したところ、約 61 万 1 千 ha、総事業費は約 16 億 5 千万ソレスとなった。さらに、これらすべてを実施するためには 98 年間が必要であると算定された。これは、円借款事業として河川構造物の整備を実施するために必要な事業経費、期間ともに上記を大きく下回っている。河川構造物は洪水に対し、直接的かつ短期の事業期間で効果を発揮させることができるが、上流域の植林による効果の発現には長期間を要し、必要な金額も膨大である。

以上のことから、上流域の植林/植生回復計画をコンポーネントのひとつとして円借款事業を実施することは、事業期間、費用の面からそぐわない。したがって、上流域の全植林/植生計画を長期計画とし、そのうち、数年間で実施可能な植林計画を中期計画として提案する。

3.1 短期計画（河川構造物沿いの植林）

(1) 基本方針

河川構造物沿いの植林計画の基本方針を次のように定める。植林計画の概念図を図-3.1-1、図-3.1-2 に示す。植林計画は 2 タイプとし、カマナ・マヘス流域でタイプ A が採用できない場合、タイプ B を採用する。これ流域以外の流域ではタイプ A を採用する。

- (i) 目的: 予想外の流量や障害物によって計画水位を越え、河川構造物を越水した場合、保全対象までの間の植林帯によって影響を軽減する。したがって、植栽木は私的財産ではなく、水利組合全体の共有物となる。

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

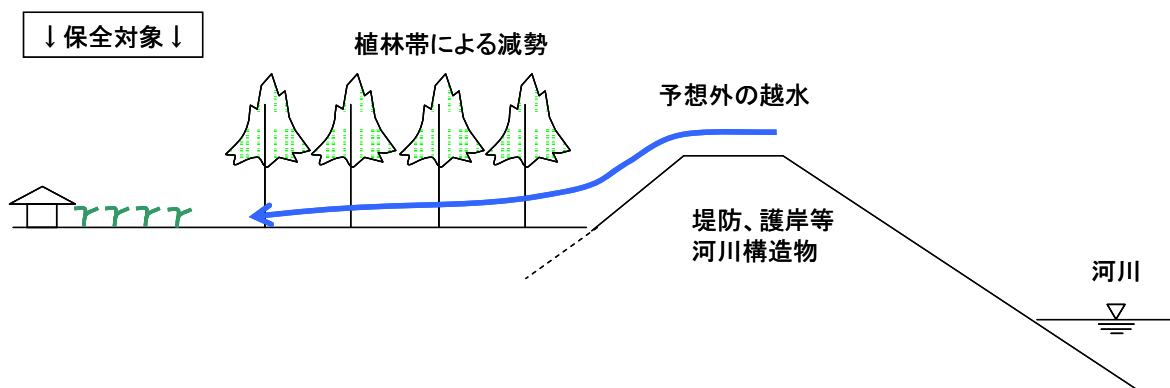


図-3.1-1 河川構造物沿いの植林 概念図（タイプ A）

（出典：JICA 調査団）

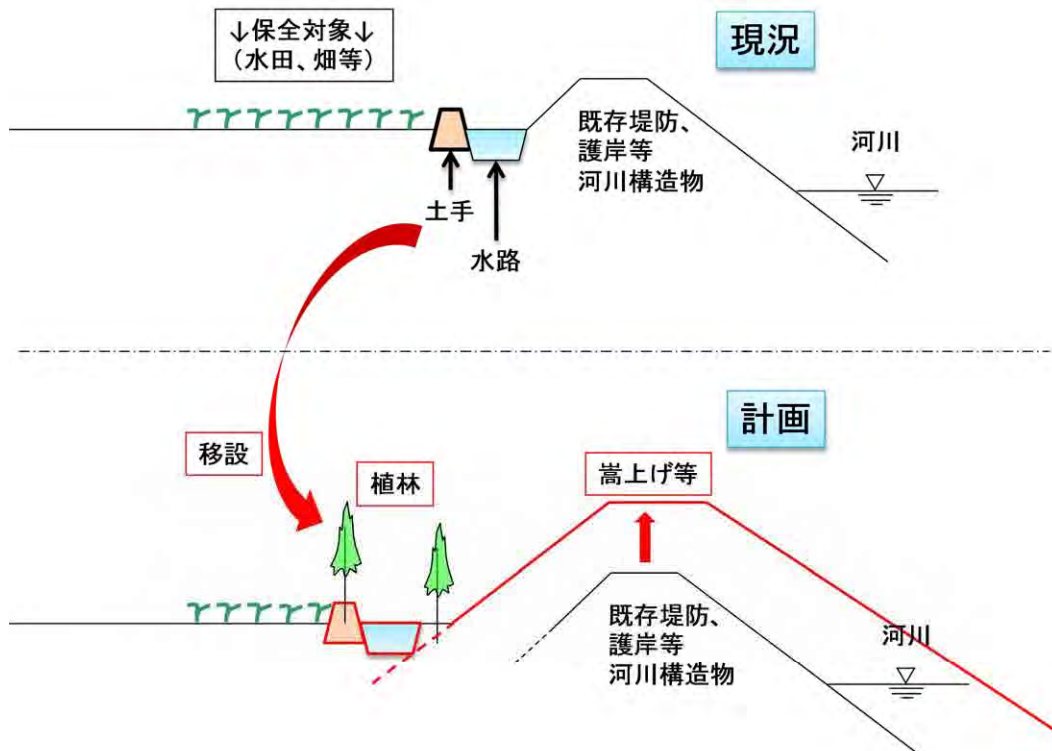


図-3.1-2 河川構造物沿いの植林 概念図 (タイプ B)

(出典：JICA 調査団)

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



カマナ流域の既設堤防、水路、耕作地の状況

(出典：JICA 調査団)

(2) 計画数量

(a) 構造 (植栽配置)

・タイプ A：ペルーにおける一般的な植栽配置は正三角形の植栽配置である。本計画でもこれを使用し、植栽木の間隔を 3m とする (図-3.1-4 参照)。3m 間隔で植栽木を配置した場合、堤防と直角方向の植栽幅は約 2.6m、千鳥配置にすればそれは半分の 1.3m となる。植栽間隔が 1.3m であれば、直径 1m の石が堤防を越えた場合でもどこかの立木に衝突し、停止するかあるいは減勢されることも期待できる。これを 4 列配置することにより効果を高める。これから、植栽幅は 10.4m と計算され、余幅をとって 11m と計画した。

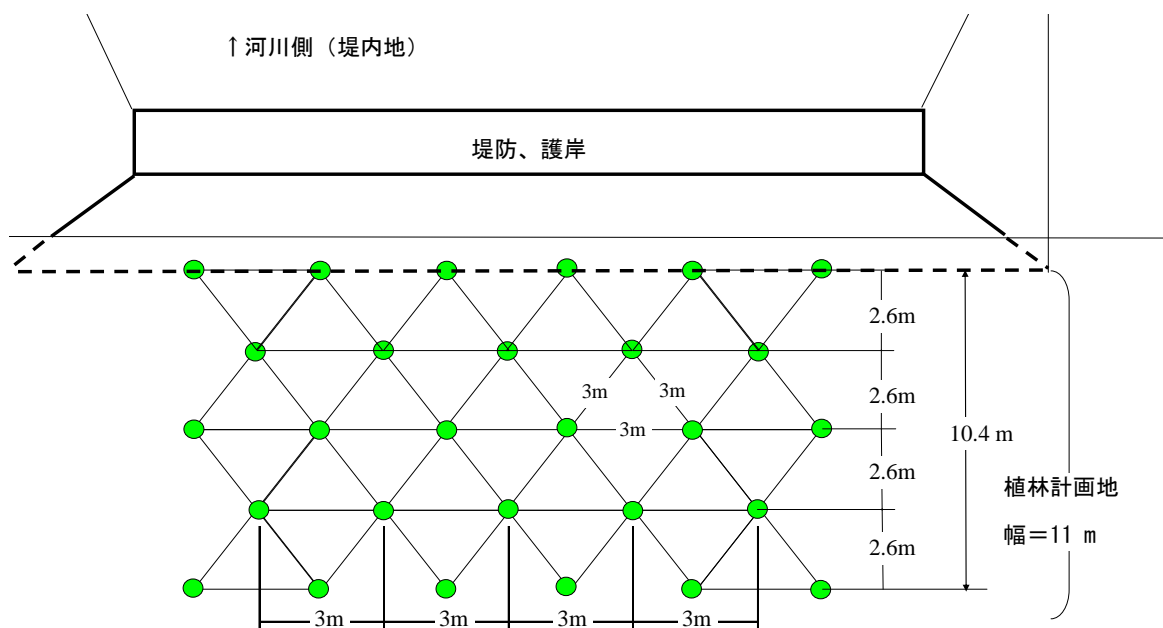


図-3.1-4 河川構造物沿いの植林計画標準配置図 (タイプ A)

(出典：JICA 調査団)

・タイプ B：現地の状況では、水路と平行に概ね 1m 間隔で植栽されており、今回の計画でもそれを適用する。植林計画標準配置を図-3.1-5 に示す。

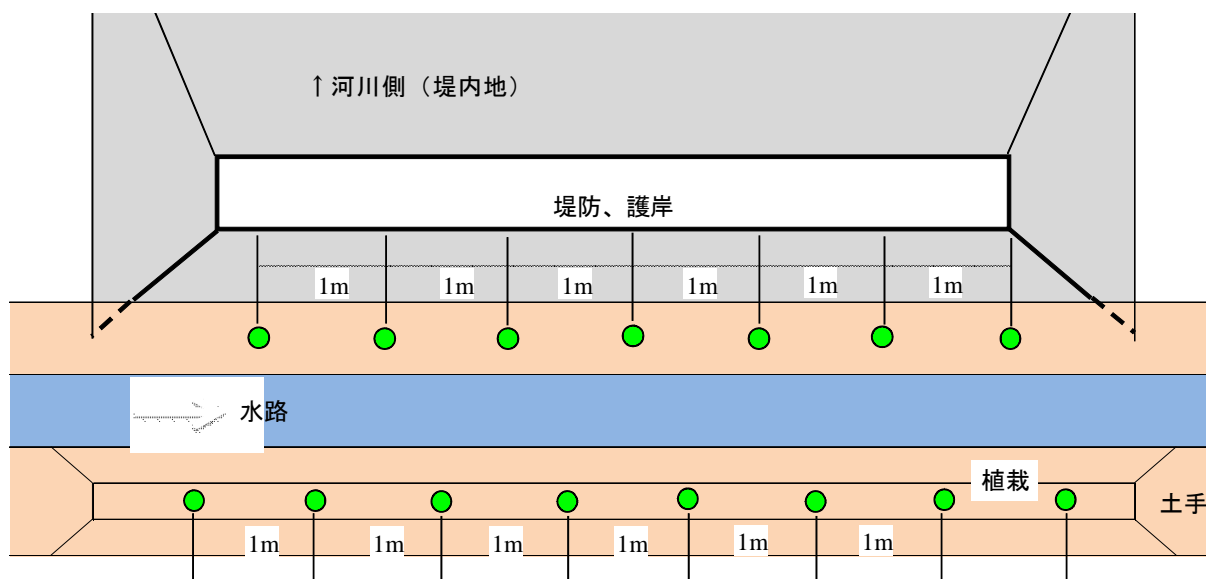


図-3.1-5 河川構造物沿いの植林計画標準配置図 (タイプB)

(出典：JICA 調査団)

(b) 植栽樹種

植栽する樹種の選定のため、以下の樹種リストを作成した。

- ・ 生産可能樹種 (苗木生産業者情報) : 表-3.1-1
- ・ 現地調査で確認できた樹種 : 表-3.1-2

これらの樹種リストから河川構造物沿いの植林に適した樹種を選定した。以下の評価項目を用いて樹種を評価し、総合的に判断して選定した。選定基準は表-3.1-4、選定結果の詳細は表-3.1-3 に示した。

(選定のための評価項目)

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

表-3.1-1 生産可能苗木樹種リスト

(河川構造物沿いの植林用)

| 植栽流域 | 生産業者 | 苗木生産場所 | 通常生産されている樹種 | 時々生産されている樹種 |
|------|------------|--------|--|--|
| チラ | AGRORURAL | ラバ イェケ | アルガローボ、タラ、マツ、ユーカリ、ワランゴ (<i>Acacia Macracantha</i>) | アリソ、ケニユアル |
| | フォコ | リマ | アルガローボ、タラ、ユーカリ | モイエ、ワランゴ (<i>Acacia Macracantha</i>) |
| | モンターニャ・アスル | ピウラ | アルガローボ、モイエ、 | サウセ、モクマオウ、パ |

| | | | | |
|-------------|-----------------------|---------|---|----------------------------|
| | | | ユーカリ、ワランゴ (<i>Acacia Macracantha</i>) | ハロ・ボボ |
| カニエ | AGRORURAL | サタ・エウラア | マツ、モイエ、ユーカリ、 ワランゴ (<i>Prosopis limensis</i>) | シプレス、タラ |
| | フォメコ | リマ | タラ、モイエ、ワランゴ (<i>Prosopis limensis</i>) | — |
| | アグ リメックス | リマ | アリソ、アルガローボ、 カニヤ、タマリックス、 バンブ、マツ、モクマオ ウ、ユーカリ | — |
| チンチャ ピスコ | AGRORURAL | リマ | マツ、モイエ、ユーカリ、 ワランゴ (<i>Prosopis limensis</i>) | シプレス、タラ |
| | フォメコ | リマ | タラ、モイエ、ワランゴ (<i>Prosopis limensis</i>) | — |
| | アグ リメックス | イカ | アリソ、アルガローボ、 カニヤ、タマリックス、 バンブ、マツ、モクマオ ウ、ユーカリ | — |
| ヤウカ | フォメコ | ワウカイ | アリソ、ケニユア、コイ エ、マツ、ユーカリ | — |
| カマナ・マ ヘス | アパ イック (APAIC) | アレキパ | タラのみ生産 | — |
| | ロス・ヒラソレス・ デ・フロンティノ | アレキパ | サウセ、ポプラ、モイエ、 モクマオウ、タラ | — |
| | アグ ロルラル | アレキパ | — | タラ、サウセ、ワランゴ、 アカシア、モクマオウ |

(出典：苗木生産業者¹からの聞き取り)

¹ Appendix 7-表 1 苗木生産業者リスト参照。

表-3.1-2 現地調査で確認された樹種リスト (河川沿い)

| 植栽計画地 | 樹種 | 特性等 |
|---------|-----------------------------------|--|
| チラ | アルガローボ | 通常の水位より4m程度高い位置に多く生育している。 |
| | モクマオウ | 通常の水位より1~2m高い位置に多く生育している。用途がないため人気がない。 |
| | ユーカリ | 市街地には植栽されているが河川沿いには特に見かけない。しかし、適性はある。ピウラ地方では高地特性があると信じられている。 |
| | タマリックス | アルガローボと同様。果実食用。一部では外来樹種として問題視されている。 |
| カニエテ | バハロ・ボボ | 通常の水位より1~2m高い位置に多く生育している。 |
| | ユーカリ | 河川沿いに多く、適性が高い。 |
| | モクマオウ | 河川沿いに多く、適性が高い。 |
| | サウセ | 河川沿いに多く、適性が高い。 |
| | モイエ | 低木であるが、適性が高い。 |
| チンチャ | ユーカリ | 植林実績が多い。河川沿いに多く、適性が高い。 |
| | モクマオウ | 河川沿いに多く、適性が高い。 |
| ピスコ | ワランゴ (<i>Prosopis limensis</i>) | 植栽実績あり。イカ州カンサスにおける植林事業計画で採用されている。 |
| | アロモ | |
| ヤウカ | ユーカリ | 河川沿いに多く、適性が高い。 |
| | モクマオウ | 河川沿いに多く、適性が高い。農地の周辺に防風・防砂のため植栽されている。 |
| カマナ・マヘス | サウセ | 河川沿いに多数自生し、耕作地(水田等)用の水路沿いの植栽(水路保全用)に非常に多く利用されている。枝は燃料材として利用され、萌芽性が高い。カマナ・マヘス流域で最も多くみられる樹種。 |
| | カヤカサ | 河川沿いに多数自生し、サウセと混交してみられることが多い。水路沿いにもあるが植栽されたものではなく自生したものを残している。 |
| | ユーカリ | 自生しているものはほとんどない。カマナ流域の山腹寄りの水田用水路沿いの一部に植栽されている。カマナ水利組合によれば、2006/07に植栽したものがほとんど失敗したとのこと。 |
| | モクマオウ | 河川沿いにたまたまみられる。家屋周囲に植栽されていることもあるが、少ない。 |

(出展：JICA 調査団)

表-3.1-3 植栽樹種選定結果 (詳細)

| 流域 | 樹種 | 選択基準との適合度 | | | | | 備考 | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----------|---|---|---|---|----|--|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 判定 | | |
| チラ 流域 | アリソン | C | B | A | C | A | x | どちらかというと高地特性有 特に地域特性があり、地元になじみがある インペーダー植物と呼ばれることもある 海岸に近い場所でも生育可能 成長が早く木材、燃料材としても利用される どちらかというと高地特性有 河川沿いへの適性が高い 近年、果実の有用性が見直され、栽培されるようになった 河川沿いの低いところへの適性が高い 高地特性があるとされている 根系が深いといわれている アルガローボと似ている | | |
| | アルガローボ | A | A | C | B | A | ◎ | | | |
| | タマリックス | A | C | B | B | B | ○ | | | |
| | モクマオウ | A | B | C | B | B | ○ | | | |
| | ユーカーリ | B | A | B | B | A | △ | | | |
| | ケニユア | C | C | B | C | A | x | | | |
| | サウセ | A | B | C | B | A | ○ | | | |
| | タラ | D | A | A | B | A | △ | | | |
| | パハロ・ボボ | A | B | D | B | A | △ | | | |
| | マツ | B | D | B | B | B | △ | | | |
| | モイエ | B | A | B | B | A | ○ | | | |
| | フランゴ (<i>Acacia Macracantha</i>) | A | A | B | B | A | ○ | | | |
| | カニエテ 他4流域 | アリソン | C | B | A | C | A | | x | どちらかというと高地特性有 南部ではフランゴ (<i>Prosopis limensis</i>) を採用 草本 高地特性があるとされている 高地特性があるとされている 北部では適性あるが南部では不明 近年、果実の有用性が見直され、栽培されるようになった 植林実績不明 高地特性があるとされている 根系が深いといわれている 河川沿いの環境への適性は高い 河川沿いの環境への適性は高い 海岸に近いところ、乾燥地に適性が高い |
| | | アルガローボ | B | A | C | B | A | | x | |
| カニヤ (カリソ) | | A | C | B | B | A | x | | | |
| ケニユア | | C | C | B | C | A | x | | | |
| コイエ | | C | D | D | B | A | x | | | |
| タマリックス | | B | A | B | B | B | x | | | |
| タラ | | D | A | A | B | A | △ | | | |
| バンブ | | A | A | B | B | A | ○ | | | |
| マツ | | B | D | B | B | B | △ | | | |
| モイエ | | B | A | B | B | A | ○ | | | |
| モクマオウ | | A | B | C | B | B | ○ | | | |
| ユーカーリ | | A | B | B | A | B | ◎ | | | |
| フランゴ (<i>Prosopis limensis</i>) | | A | A | D | A | A | ◎ | | | |
| カマナ・マヘス 流域 | | サウセ | A | A | B | A | A | ◎ | 実績、河川沿いの環境への適性が高く、地元水利組合の要望も有 苗木生産されていない 水路脇の土質(粘土質)と水分過多のため失敗する危険性が高い 実績がないが潮に耐性があることから海岸近くの植栽用にする 水路脇の土質(粘土質)と水分過多のため失敗する危険性が高い | |
| | カヤカサ | A | D | D | B | A | x | | | |
| | ユーカーリ | B | A | B | B | B | △ | | | |
| | モクマオウ | B | A | B | B | B | ○ | | | |
| | フランゴ (<i>Prosopis limensis</i>) | B | A | D | B | A | x | | | |

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

(出展：苗木生産業者への聞き取りを元に JICA 調査団により作成)

樹種選定の評価項目のうち、1：現地における適性、2：苗木生産実績、の2点を重視し、3：利用、4：地元の要望、5：郷土種は参考にした。評価基準を表-3.1-4 に示す。

表-3.1-4 樹種選定の評価基準

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

(出典：JICA 調査団)

評価の結果、選定された樹種は、表-3.1-5 に示すとおりである。◎の樹種を主として計画し、○を3割から5割の割合で混交する。混交する理由は、病虫害等の理由で植栽樹種に被害があった場合に全滅を避けるためである。

表-3.1-5 選定した樹種

| | |
|----------|----------------------------------|
| チラ流域 | ：アルガローボ (◎)、タマリックス (○)、モクマオウ (○) |
| カニエテ他4流域 | ：ユーカリ (◎)、ワランゴ (○)、モクマオウ (○) |
| カナ・マヘス流域 | ：サウセ (◎)、モクマオウ (○) |

(出典：JICA 調査団)

チラ流域では地域の代表的な種で、植栽実績の多いアルガローボを主として植栽する。アルガローボは特にペルー北部のコスタにおける代表的郷土樹種であり、植栽実績が多く、地元の住民にはなじみがある。タマリックスはアルガローボと特性がほとんど同じであり、果実が食用にできることから採用する。モクマオウは耐塩性が高いため、特に海岸に近い場所における植栽に使用する。

カニエテ他3流域では、ユーカリを主として植栽する。ユーカリはこれらの流域で植栽実績があり、かつ、適性が高い。また、水利組合の要望も高い樹種である。ワランゴ (*Prosopis limensis*：北部で同じ呼び名の別の種がある) は、ペルー南部のコスタ地域での代表的区郷土樹種であり、パン・アメリカン高速道路沿いの植林実績もある。モクマオウはこれらの地域では主として農地の周辺に防風・防砂用に植栽されることが多い。

カナナ・マヘス流域ではサウセを主として植栽する。サウセは特に水分が多いところへの適性が高く、現地での実績が非常に多い。水利組合でも盛んに植栽されている樹種である。しかし、海岸から上流へ約1.5kmの区間はサウセ、カヤカスはあるものの、生育状況が悪い。この原因は潮の影響であると推定される。このため、海岸から1.5kmの間では、塩害に比較的耐性のあるモクマオウをサウセに混交させる計画とする。カヤカサ

も現地では多くみられるが、苗木の生産がされていない。カマナ・マヘス流域の耕作地のほとんどは水田に利用されているために植林計画地の地下水位が非常に高く、また土質も粘土質である。この点から考えるとユーカリなどは植栽後の枯死率が高くなると予想される。

(c) 計画数量

河川沿いに計画される、護岸工、堤防、遊砂地において前述(a)、(b)に述べたような配置計画・樹種で植林計画を策定する。タイプAの植栽幅は11mとするが、遊砂地では遊砂地の内部で通常の河川水を流下させるところ以外の場所に植栽する。タイプBの場合は堤防延長に対し2列植栽し、間隔を1mとして数量を算出した。

流域別の植林/植生回復数量は表-3.1-6に示すとおりである。

表-3.1-6 植林/植生回復計画数量 (河川沿い：タイプA)

(チラ流域：タイプA)

| 番号 | 位置 | 植林延長 (m) | 植林幅 (m) | 植林面積 (ha) | 植栽本数 (本) | 植栽樹種内訳(本) | | | |
|--------|----|-------------|------------|--------------|-------------|----------------------------------|-------|-------|--------|
| | | | | | | アルカ ^o ロボ ^o | タリックス | モマオウ | 計 |
| Cira-1 | 左岸 | 4,000 | 11 | 4.4 | 13,024 | 2,605 | 1,302 | 9,117 | 13,024 |
| Cira-2 | 右岸 | 1,000 | 11 | 1.1 | 3,256 | 1,628 | 977 | 651 | 3,256 |
| Cira-3 | 右岸 | 2,500 | 1 | 0.3 | 888 | 444 | 266 | 178 | 888 |
| Cira-4 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cira-5 | 右岸 | 1,000 | 11 | 1.1 | 3,256 | 1,954 | 1,302 | 0 | 3,256 |
| Cira-6 | 左岸 | 500 | 11 | 0.6 | 1,776 | 1,066 | 710 | 0 | 1,776 |
| チラ流域 計 | | | | 7.5 | 22,200 | 7,697 | 4,557 | 9,946 | 22,200 |

(カニエテ、テンチャ、ピスコ、ヤウカ流域：タイプA)

| 番号 | 位置 | 植林延長 (m) | 植林幅 (m) | 植林面積 (ha) | 植栽本数 (本) | 植栽樹種内訳(本) | | | |
|----------|----|-------------|------------|--------------|-------------|-----------|------------------|-------|--------|
| | | | | | | ユーカリ | ワラコ ^o | モマオウ | 計 |
| Ca-1 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ca-2 | 右岸 | 1,600 | 11 | 1.8 | 5,328 | 2,664 | 1,598 | 1,066 | 5,328 |
| Ca-3 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ca-4 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ca-5 | 右岸 | 1,750 | 11 | 1.9 | 5,624 | 2,812 | 1,687 | 1,125 | 5,624 |
| カニエテ流域 計 | | | | 3.7 | 10,952 | 5,476 | 3,285 | 2,191 | 10,952 |
| Chico-1 | 両岸 | 2,100 | 22 | 4.6 | 13,616 | 6,808 | 4,085 | 2,723 | 13,616 |
| Chico-2 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 番号 | 位置 | 植林延長 (m) | 植林幅 (m) | 植林面積 (ha) | 植栽本数 (本) | 植栽樹種内訳(本) | | | |
|---------|----|-------------|------------|--------------|-------------|-----------|--------|--------|--------|
| | | | | | | ユカリ | ワラコ | モクマク | 計 |
| Chico-3 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ma-4 | 両岸 | 2,500 | 22 | 5.5 | 16,280 | 8,140 | 4,884 | 3,256 | 16,280 |
| Ma-5 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| チンチャ流域計 | | | | 10.1 | 51,800 | 25,900 | 15,539 | 10,361 | 51,800 |
| Pi-1 | 左岸 | 2,000 | 11 | 2.2 | 6,512 | 3,256 | 1,954 | 1,302 | 6,512 |
| Pi-2 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pi-3 | 左岸 | 1,500 | 11 | 1.7 | 5,032 | 2,516 | 1,510 | 1,006 | 5,032 |
| Pi-4 | 左岸 | 1,000 | 11 | 1.1 | 3,256 | 1,628 | 977 | 651 | 3,256 |
| Pi-5 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pi-6 | 全体 | 1,450 | 11 | 1.6 | 4,736 | 2,368 | 1,421 | 947 | 4,736 |
| ピスコ流域計 | | | | 6.6 | 19,536 | 9,768 | 5,862 | 3,906 | 19,536 |
| Ya-1 | 全体 | 1,000 | 11 | 1.1 | 3,256 | 1,628 | 977 | 651 | 3,256 |
| Ya-2 | 全体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ya-3 | 全体 | 2,500 | 11 | 2.8 | 8,288 | 4,144 | 2,486 | 1,658 | 8,288 |
| Ya-4 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ya-5 | 右岸 | 500 | 11 | 0.6 | 1,776 | 888 | 533 | 355 | 1,776 |
| Ya-6 | 右岸 | 400 | 11 | 0.4 | 1,184 | 592 | 355 | 237 | 1,184 |
| ヤウカ流域計 | | | | 4.9 | 14,504 | 7,252 | 4,351 | 2,901 | 14,504 |

(カマナ・マヘス流域)

| 番号 | 位置 | 植林延長 (m) | 植林幅 (m) | 植林面積 (ha) | 植栽本数 (本) | 植栽樹種内訳(本) | | |
|----------|----|-------------|------------|--------------|-------------|-----------|-------|--------|
| | | | | | | サセ | モクマク | 計 |
| タイプB | | | | | | | | |
| Camana-1 | 左岸 | 1,500 | — | — | 3,000 | 1,500 | 1,500 | 3,000 |
| Camana-1 | 左岸 | 3,000 | — | — | 6,000 | 6,000 | 0 | 6,000 |
| Camana-2 | 左岸 | 2,000 | — | — | 4,000 | 4,000 | 0 | 4,000 |
| Camana-3 | 左岸 | 6,000 | — | — | 12,000 | 12,000 | 0 | 12,000 |
| タイプA | | | | | | | | |
| Majes-4 | 左岸 | 2,500 | 11 | 2.8 | 8,288 | 8,288 | 0 | 8,288 |
| Majes-5 | 左岸 | 4,000 | 11 | 4.4 | 13,024 | 13,024 | 0 | 13,024 |
| Majes-6 | 右岸 | 3,500 | 11 | 3.9 | 11,544 | 11,544 | 0 | 11,544 |
| Majes-6 | 左岸 | 3,000 | 11 | 3.3 | 9,768 | 9,768 | 0 | 9,768 |

| 番号 | 位置 | 植林延長 (m) | 植林幅 (m) | 植林面積 (ha) | 植栽本数 (本) | 植栽樹種内訳(本) | | |
|------------|----|-------------|------------|--------------|-------------|-----------|-------|--------|
| | | | | | | サカ | モクマク | 計 |
| Majes-7 | 右岸 | 1,500 | 11 | 1.7 | 5,032 | 5,032 | 0 | 5,032 |
| Majes-7 | 左岸 | 2,000 | 11 | 2.2 | 6,512 | 6,512 | 0 | 6,512 |
| カマナ・マヘス流域計 | | | | 18.3 | 79,168 | 77,668 | 1,500 | 79,168 |

(出典：JICA 調査団)

それぞれの河川構造物における樹種別割合とその理由は表-3.1-7 に示すとおりである。

表-3.1-7 植林計画地別・樹種別本数割合

(チラ流域)

| 番号 | 植栽樹種内訳(割合) | | | 備考 |
|--------|----------------------------------|------|-------|--|
| | アルカ ^o ロホ ^o | モクマク | タマリクス | |
| Cira-1 | 2 | 7 | 1 | 海岸が近い ^o ためモクマクを多く投入する。 |
| Cira-2 | 5 | 2 | 3 | アルカ ^o ロホ ^o を主、タマリクスを副、モクマクを若干投入する。 |
| Cira-3 | 5 | 2 | 3 | |
| Cira-5 | 6 | 0 | 4 | 海岸から遠い ^o ためモクマクは採用しない。 |

(カニエテ他4流域)

| 番号 | 植栽樹種内訳(割合) | | | 備考 |
|---------|------------|------|------------------|---|
| | ユカリ | モクマク | ワソコ ^o | |
| Ca-2 | 5 | 2 | 3 | ユカリを主、ワソコ ^o をとする。 ワソコ ^o は郷土種であり、計画地の気象条件に適性がある ^o と考え、モクマクよりも優先する。 |
| Ca-5 | 5 | 2 | 3 | |
| Chico-1 | 5 | 2 | 3 | |
| Ma-4 | 5 | 2 | 3 | |
| Pi-1 | 5 | 2 | 3 | |
| Pi-3 | 5 | 2 | 3 | |
| Pi-4 | 5 | 2 | 3 | |
| Pi-6 | 5 | 2 | 3 | |
| Ya-1 | 5 | 2 | 3 | |
| Ya-3 | 5 | 2 | 3 | |
| Ya-5 | 5 | 2 | 3 | |
| Ya-6 | 5 | 2 | 3 | |

(カマナ・マヘス流域)

| 番号 | 植栽樹種内訳(割合) | | 備考 |
|-------------------------------------|------------|------|--|
| | サカ | モクマク | |
| Camana-1 | 5 | 5 | 海岸が近い ^o ためモクマクを投入し、サカと同じ割合で投入する。。 |
| Camana-2 | 5 | 5 | |
| Camana-2 Majes-3 ~ Majes-8 | 10 | - | 海岸から遠い ^o ためモクマクは採用しない。 |

(出典：JICA 調査団)

(d) 計画位置、施工計画

河川構造物の植林/植生回復計画位置はそれぞれの構造物の配置と同じであるため、Annex-8 を参照されたい。なお、植林/植生回復計画は河川構造物の施工が完了したのちに実施する。

(3) 計画事業費（短期計画）

(a) 植林/植生回復工事単価

植林/植栽計画の直接工事費は以下の項目から構成される。

- ・苗木単価（苗木単価＋運搬費）
- ・植栽労務費
- ・直接経費（諸道具費用：植栽労務費の5%）

(b) 苗木単価

苗木の供給者は AGRRORURAL と民間業者に区分できる。チンチャ流域の上流における植林は AGRRORURAL から購入する計画とする。河川構造物沿いの植林用苗木単価を表-3.1-8 に示す。数社の民間業者へ苗木の値段、輸送費をヒアリングし、その平均値を用いている。（苗木単価の詳細情報は Appendix 7-表 2 参照）。

表-3.1-8 苗木単価（河川構造物沿い植林）

(c) 植栽労務費

植栽作業の歩掛は、AGRRORURAL、水利組合などからの聞き取りによって 40 本/人日として計算した。労務単価は河川沿い植林では一般労務単価を用いて 33.6(ソレス/人日)とした。

(d) 直接経費

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

(e) 河川構造物沿いの植林/植生回復工事費算出

河川沿い植林/植生回復計画工事費は表-3.1-9 に示すとおりである。総工事費は 1,001,769 ソレスとなった。

河川構造物沿いの植林を実施するのは河川構造物等施工を受注した施工会社である。したがって、一般建設工事と同様に直接工事費の88%を間接費として計上した。

表-3.1-9 植林工事費（河川構造物沿い植林）

(4) 実施工程計画

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

3.2 長期計画（上流域における植林）

(1) 基本方針

- (i) 目的：水源となるエリアの土壌浸透能を向上させ、表面流量を軽減するとともに中間流量・地下水量を増加させる。これにより、洪水ピーク流量のカット、山地の水資源賦存量増加を図り、もって洪水防止・軽減に寄与する。
- (ii) 植林対象地：水源となる流域の植栽可能箇所、あるいは森林が衰退した箇所に植林する。AGRORURAL が作成したチンチャ流域の植林計画をもとに、他の流域の必要植林面積を算定する。

(2) 植林計画面積

チラ、カニエテ、ピスコ、ヤウカ、カマナ・マヘスの 5 流域における植林計画面積の算定はチンチャ流域における AGRORURAL の計画数量と植生区分面積を比較し、単純比率で計算した。以下、算定方法を説明する。

(Step - 1) 各流域の植生区分面積を再掲（表-3.2-1）

(Step - 2) チンチャ流域における植生区分ごとの AGRORURAL 植林計画面積計測。
植林計画面積と植生区分面積の比率算出（表-3.2-2）

(Step - 3) Step-1 と Step-2 の結果から、単純比率計算で各流域の植林計画面積の算出（表-3.2-3）：表-3.2-2 の植生分類ごとの A/B を表-3.2-1 の面積に乘じ、流域別植生分類別の植林計画面積を算出。

結果、カニエテ他 4 流域における植林計画面積が約 30 万 ha、カマナ・マヘス流域で約 30 万 ha、計約 61 万 ha の植林計画面積と算出された。

表-3.2-1 各流域の植生区分別面積の再掲

(単位 : ha)

| 流域名 | 植生区分 | | | | | | | |
|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-----------|
| | Cu | Dc | Ms | Msh | Mh | Cp | N | Pj |
| カニエテ | 4,789 | 104,384 | 57,601 | 103,201 | 9,409 | 22,228 | 9,515 | 295,447 |
| チンチャ | 16,489 | 99,092 | 54,662 | 45,203 | 355 | 84,920 | 0 | 29,668 |
| ピスコ | 21,429 | 135,095 | 41,900 | 42,843 | 14,702 | 66,307 | 0 | 104,933 |
| ヤウカ | 4,926 | 146,689 | 98,012 | 76,480 | 25,564 | 38,602 | 0 | 41,984 |
| チラ | 71,177 | 11,425 | 8,024 | 134,447 | 108,659 | 0 | 0 | 11,600 |
| カナマ・マヘス | 10,454 | 310,812 | 157,008 | 133,476 | 15,520 | 6,616 | 64,144 | 1,006,921 |

(出典 : 1995 年、INRENA 調査結果を元に JICA 調査団により作成)

表-3.2-2 チンチャ流域における植生区分ごとの植林計画

(単位 : ha)

| 区分 | 植生区分 | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|----------|-----------|----------|------|----------|------|----------|-----------|
| | Cu | Dc | Ms | Msh | Mh | Cp | N | Pj | 計 |
| A: AGRORURAL の 植林計画面 積 (ha) | 0.00 | 1,693.61 | 21,098.77 | 9,934.05 | 0.00 | 5,108.46 | 0.00 | 6,233.64 | 44,068.53 |
| B: 植生分布 面積 (ha) | 16,489 | 99,092 | 54,662 | 45,203 | 355 | 84,920 | 0 | 29,668 | 330,389 |
| A/B | - | 0.0171 | 0.3860 | 0.2198 | - | 0.0602 | - | 0.2101 | 0.1334 |

(出典 : 1995 年、INRENA 調査結果と AGRORURAL の資料を元に JICA 調査団により作成)

表-3.2-3 各流域の植生全体計画

(単位 : ha)

| 流域 | 植生区分 | | | | | | | | | |
|---------|------|--------|---------|---------|----|--------|---|---------|---------|--|
| | Cu | Dc | Ms | Msh | Mh | Cp | N | Pj | 計 | |
| カニエテ | - | 1,785 | 22,234 | 22,684 | - | 1,338 | - | 62,073 | 110,114 | |
| チンチャ | - | 1,694 | 21,100 | 9,936 | - | 5,112 | - | 6,233 | 44,075 | |
| ピスコ | - | 2,310 | 16,173 | 9,417 | - | 3,992 | - | 22,046 | 53,938 | |
| ヤウカ | - | 2,508 | 37,833 | 16,810 | - | 2,324 | - | 8,821 | 68,296 | |
| チラ | - | 195 | 3,097 | 29,551 | - | 0 | - | 2,437 | 35,280 | |
| カナマ・マヘス | - | 5,315 | 60,605 | 29,338 | - | 398 | - | 211,554 | 307,210 | |
| 計 | - | 13,807 | 161,042 | 117,736 | - | 13,164 | - | 313,164 | 618,913 | |

(出典 : 1995 年、INRENA 調査結果と AGRORURAL の資料を元に JICA 調査団により作成)

(3) 事業費の算定 (長期計画)

上記植林計画の事業期間及び事業費用をチンチャ流域の植林計画をもとに算出すると事業期間は一流域で 11~35 年間、総事業費は 16 億 7 千万ソレスという長期間、莫大な費用となった。(表-3.2-4 参照)。

表-3.2-4 上流域における植林計画全体計画

(4) 苗畑の分布 (参考)

将来、植林/植生回復の長期計画を実現する場合、参考になるデータとして今回の対象流域におけるコミュニティ苗畑の分布を Appendix 7 図- 6.1~6.5 に示す。なお、チラ流域にはコミュニティ苗畑がないため 5 流域分となっている。コミュニティ苗畑は AGRORURAL の指導と支援で造成されたもので、苗畑のあるコミュニティでは苗木生産の経験があり、植林に関する関心もあることを示す。このため、シエラ地域における植林活動の実現性を示す指標のひとつになると考えられる。表-3.2-5 に示すように、苗畑の箇所数は比較的多く、数多くのコミュニティが植林に関心があることを示す。しかしながら、各苗畑の苗木生産可能本数は平均で 7 千本程度、各流域の苗木生産可能本数は総数で約 8 万本~38 万本である。表に示す苗畑だけで植栽苗木を調達し、ha あたり約 3,000 本の植栽すると想定すると、年間で可能な植栽面積は約 30~130ha にしか過ぎない。中長期計画として上流域における植林事業を検討する場合、大幅な苗畑の拡大が必要であると考えられ、この点には留意すべきである。なお、調査対象流域別のコミュニティ苗畑の位置 (Location)、生産可能本数等を Appendix 7-表 3 に示す。

表-3.2-5 流域別コミュニティ苗畑の生産本数と面積

| 流域区分 | 苗畑箇所数 | 苗木生産可能本数 (本) | | 苗畑面積 (m ²) | |
|---------|-------|--------------|-------|------------------------|-----|
| | | 総数 | 平均 | 総数 | 平均 |
| カニエテ | 43 | 292,000 | 6,791 | 6,885 | 160 |
| チンチャ | 12 | 77,000 | 6,417 | 3,567 | 297 |
| ピスコ | 22 | 158,000 | 7,182 | 7,035 | 320 |
| ヤウカ | 22 | 189,700 | 8,623 | 10,110 | 460 |
| カマナ・マヘス | 52 | 379,800 | 7,304 | 16,658 | 320 |
| 計 | 151 | 1,096,500 | 7,263 | 44,255 | 311 |

(出典：AGRORURAL の資料をもとに JICA 調査団により作成)

3.3 中期計画 (上流域の植林/植生回復計画)

(1) 基本方針

- (i) 目的：水源となるエリアの土壌浸透能を向上させ、表面流量を軽減するとともに中間流量・地下水量を増加させる。これにより、洪水ピーク流量のカット、山地の水資源賦存量増加を図り、もって洪水防止・軽減に寄与する。
- (ii) 植林対象地：水源となる流域の植栽可能箇所、あるいは森林が衰退した箇所に植林する。AGRORURAL が作成したチンチャ流域の植林計画をもとに、比較的短期間で実施可能であり、成功が見込める箇所を選定する。
- (iii) 植林方法：地域住民による植栽とする。プロモーターによる自主的管理と、NGO による現地植栽管理、コンサルタントによる NGO の指導・管理によって工事を実施する。
- (iv) 植栽後のメンテナンス：植栽を担当したコミュニティによる維持管理を行ない、そのための費用は下流の受益者 (水利組合) が支払うシステムを構築する。(PES の適用)。
- (v) 注意点：伐採後は必ず再植林し、持続的に植林地を保全し、長期的な視点に立

って森林を維持管理していく。上流の住民に対し、インセンティブを与える工夫が必要である。地域住民による維持管理、伐採後の再植林がなされることで長期的に植林地を保全でき、洪水緩和・防止機能が発揮できる。このためには地域住民への植林の意義、下流への寄与、広い視点でのペルー国における植林の必要性などの普及啓蒙活動を事業期間中に実施していく必要がある。

(2) 植林対象地の選定

上記基本方針(iii)にあるように、比較的短期間で実施可能であり、成功が見込める箇所を植林/植生回復中期計画対象地として選定する。対象地としてはチンチャ上流域でAGRORURALが作成した既存事業計画対象地から選定する。理由は以下のとおりである。

- (i) 上流域において植林を実施する場合、(a)基本方針(iii)～(v)に述べたように、地元住民によって植林活動を実施する。その場合、地元住民は農業等の合間に植林を実施することになる。しかしながら、上流部のほとんどはアンデス高地のシエラであり、住民は厳しい自然条件に耐えながら農耕・畜産を営んでいる。このため、彼らに植林する余力があるとは言い難い。したがって、住民の理解醸造と合意形成には時間がかかるのが常である。このため中期計画としては、すでに住民と合意形成がなされ、事業実施準備ができるところが適している。
- (ii) 事業対象の5流域のなかで、既存の事業、事業計画があるのはチンチャ流域とチラ流域だけである。チンチャ流域では、水利組合が約10年前から上流の水源にあるコミュニティと水源林の整備について協議を重ね、いくつかのコミュニティにおいて植林実施の合意形成が図られている。旧PRONAMACHCS(現AGRORURAL)はこの合意形成をフォローし、チンチャ流域上流域における植林計画策定調査を実施している。
- (iii) チラ流域の既存植林計画として、ペルー・エクアドル二国間協力調査に基づき、カタマイヨ・チラプロジェクトによる事業が実施中である。そのコンポーネントのひとつとして、土壌保全・水源林保全などを目的とした活動が行なわれている。このプロジェクトはスペイン政府70%、ペルー政府15%、エクアドル政府15%の出資比率で実施中である。植林・森林保全に関する事業の対象地は水源として重要性の高い区域であり、本事業で必要とする植林対象地と重複する。既に他ドナーによる事業がすすめられているところでの重複は避けるべきであると考えられる。

以上の点から、本事業対象の5流域の中で既に上流域の住民の理解醸造ができており、既存の計画があるが実施には至っていないチンチャ流域で、3～5年程度の期間で達成可能な面積を植林/植生回復(中期計画)とする。

(3) 計画数量

(a) 構造(植栽配置)

ペルーにおける一般的な植栽配置は正三角形の植栽配置である。本計画でもこれを使用し、植栽木の間隔を 3m とする。本事業での ha 当り植栽本数は 2,960 本である。

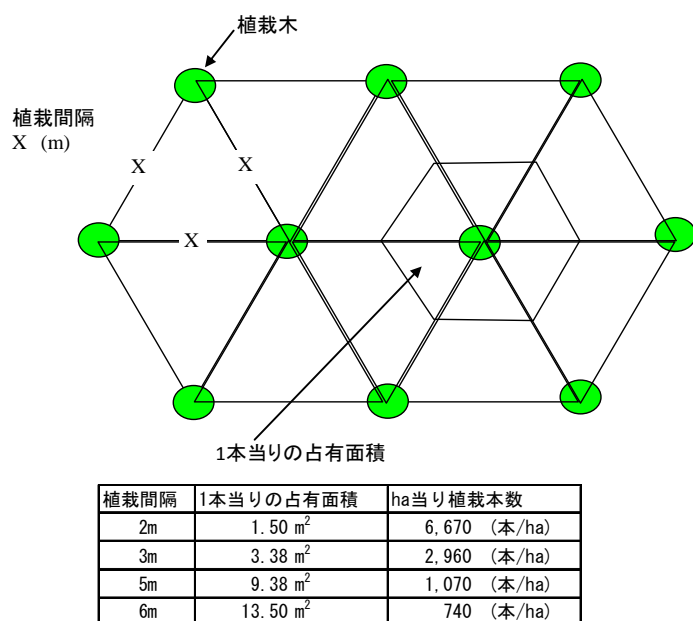


図-3.3-1 植栽配置標準図（上流域の植林）

（出典：JICA 調査団）

(b) 植栽樹種

ペルーのアンデス高地における植林樹種としてユーカリが最も多く採用されており、次いでマツとなる。特に 4,000m 前後の高標高地ではマツが採用されている。その他、ケニユア、コイェ、アリソなどの郷土樹種も割合は少ないが植林されている。ユーカリ、マツが多い理由は農家の収入となること、燃料材を得られることである。タラはアグロフォレストリー用植栽樹種として採用される。タラは特に比較的高額な現金収入が得られるため、近年人気が高い。表-3.3-1 にワンカベリカ州周辺の苗木生産樹種リストを示す。

表-3.3-1 苗木生産可能樹種リスト（上流域の植林）

| 植栽計画地 | 生産業者 | 苗木生産場所 | 通常生産 | 時々生産 |
|-----------|-----------|-----------------|---------------------------|-------------------------|
| チンチャ流域上流域 | AGRORURAL | ワンカベリカ | ケニユア マツ ユーカリ | アラモ コイェ サウセ タラ |
| | フォメコ | ワンカイヨ (フニン州) | ケニユア コイェ マツ ユーカリ | アリソ サウセ シプレス |

（出典：苗木生産業者からの聞き取り）

通常、流域上流部での植林はコミュニティの合意に基づいて計画・実施される。本事業で計画するチンチャ上流域の植林計画は AGRORURAL が調査を実施している。AGRORURAL は、住民への事業説明、意見交換を経て、住民との合意に基づいて植栽樹種を決定している。事業説明の際に森林のもつ公益的機能、樹種の特長等も説明して、

植林樹種の合意形成を図った。このため、彼らの決定した樹種は妥当性があると判断する。チンチャ上流域既存植林計画の樹種別植林位置図を図-3.3-2 に示す。これをみると、ほとんどの植栽樹種がマツで比較的低標高地においてケニユアを植林する計画となっている。本事業ではこれを採用する。

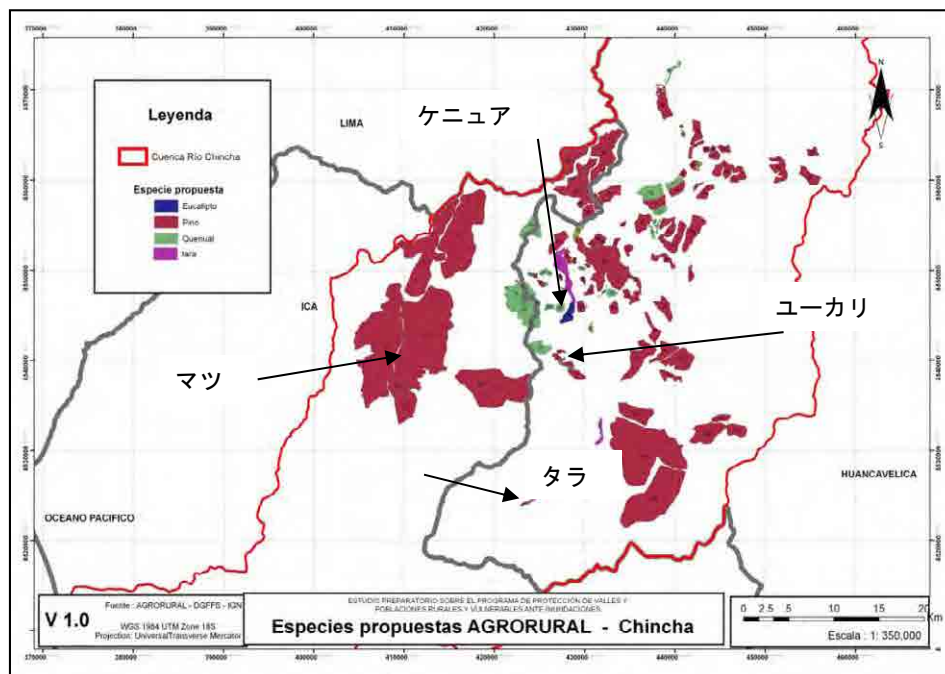


図-3.3-2 樹種別植林位置図（チンチャ上流域、既存植林計画）

（出典：AGRORURAL の資料を元に JICA 調査団により作成）

(c) 計画対象地の選定、計画数量の算定

チンチャ流域の上流域における既存植林計画全面積は 44,068.53ha である。このなかから、事業期間内で可能な数量に絞り込むため、以下の項目を選定基準として植林/植生回復計画地を選定した。中期計画用の植林計画地の面積及び植栽本数を表-3.3-2 に示す。

- ・ 水源地となっていること（効果的であるため）
- ・ 土壌侵食量が多いと推定されること（効果的であるため）（Appendix 7-図 4 参照）
- ・ 集落が近傍に多く、植林作業のための労働力が集まり易いこと（作業効率のため）（図-3.3-4 参照）
- ・ 標高 4000m 以下であること（冷害回避のため）（Appendix 7-図 5 参照）

表-3.3-2 植林/植生回復計画面積（中期計画）

A グループ

| 計画地番号 | 植林面積 (ha) | | | 植栽本数 (x 1,000 本) | | | 年次計画 |
|-------|-----------|------|--------|-------------------|------|-------|------|
| | マツ | ケニユア | 計 | マツ | ケニユア | 計 | |
| 47 | 650.04 | — | 650.04 | 1,924 | — | 1,924 | 2 |
| 48 | 311.91 | — | 311.91 | 923 | — | 923 | 2 |
| 49 | 211.90 | — | 211.90 | 627 | — | 627 | 3 |
| 50 | 276.40 | — | 276.40 | 818 | — | 818 | 3 |
| 51 | 79.94 | — | 79.94 | 237 | — | 237 | 3 |

| | | | | | | | |
|-----|----------|------|----------|-------|---|-------|---|
| 52 | 166.27 | — | 166.27 | 492 | — | 492 | 3 |
| 53 | 55.96 | — | 55.96 | 166 | — | 166 | 3 |
| 56 | | 0.05 | 0.05 | — | 0 | 0 | 3 |
| 61 | 67.58 | — | 67.58 | 200 | — | 200 | 4 |
| 102 | 548.38 | — | 548.38 | 1,623 | — | 1,623 | 4 |
| 103 | 161.45 | — | 161.45 | 478 | — | 478 | 4 |
| 計 | 2,529.83 | 0.05 | 2,529.88 | 7,488 | 0 | 7,488 | |

B グループ

| 計画地番号 | 植林面積 (ha) | | | 植栽本数 (x 1,000 本) | | | 年次計画 |
|-------|-----------|--------|----------|------------------|-------|-------|------|
| | マツ | ケニユア | 計 | マツ | ケニユア | 計 | |
| 42 | — | 63.03 | 63.03 | — | 187 | 187 | 2 |
| 43 | — | 24.30 | 24.30 | — | 72 | 72 | 2 |
| 44 | — | 12.22 | 12.22 | — | 36 | 36 | 2 |
| 45 | 249.00 | — | 249.00 | 737 | — | 737 | 3 |
| 65 | — | 397.23 | 397.23 | — | 1,176 | 1,176 | 2 |
| 66 | 14.69 | — | 14.69 | 43 | — | 43 | 3 |
| 67 | 1.06 | — | 1.06 | 3 | — | 3 | 3 |
| 68 | 26.90 | — | 26.90 | 80 | — | 80 | 3 |
| 69 | 30.28 | — | 30.28 | 90 | — | 90 | 3 |
| 70 | 0.00 | — | 0.00 | 0 | — | 0 | 3 |
| 71 | 236.58 | — | 236.58 | 700 | — | 700 | 3 |
| 72 | — | 76.53 | 76.53 | — | 227 | 227 | 4 |
| 73 | — | 128.96 | 128.96 | — | 382 | 382 | 4 |
| 74 | 173.82 | — | 173.82 | 515 | — | 515 | 4 |
| 75 | 55.19 | — | 55.19 | 163 | — | 163 | 4 |
| 76 | 66.34 | — | 66.34 | 196 | — | 196 | 4 |
| 77 | 14.82 | — | 14.82 | 44 | — | 44 | 4 |
| 78 | 165.11 | — | 165.11 | 489 | — | 489 | 4 |
| 79 | 89.24 | — | 89.24 | 264 | — | 264 | 4 |
| 計 | 1,123.03 | 717.09 | 1,825.30 | 3,324 | 2,080 | 5,404 | |

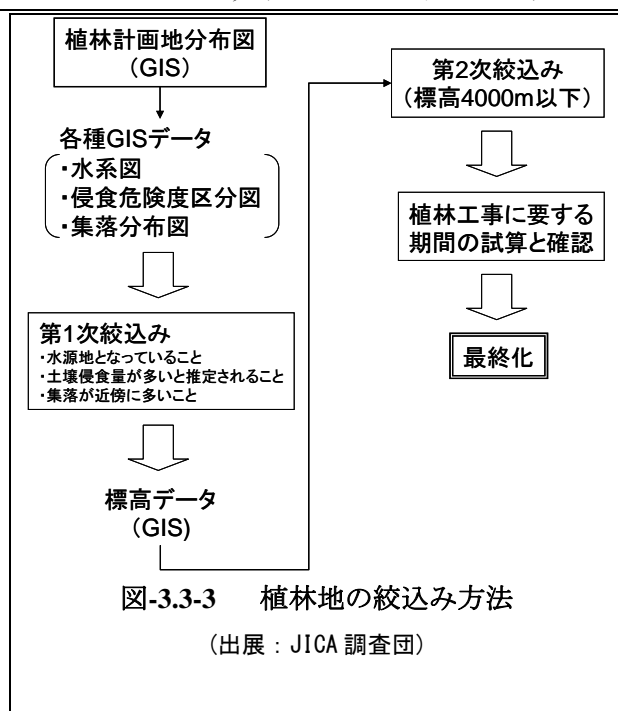
(出典：JICA 調査団)

(年次計画)：本事業を4ヵ年で実施する計画とする。最初の1年次は準備期間とし、2年次から4年次の3年間で植栽工事を実施する。年間の植林面積が概ね同じになるよう近傍の植林計画地をひとつの年次にまとめ、年次計画とした。年次ごとの植林面積は表-3.3-3 に示すとおりである。

表-3.3-3 年次別植林計画面積 (チンチャ上流域)

| 植栽計画地番号 | 植栽計画樹種 (ha) | | |
|---------|-------------|--------|----------|
| | マツ | ケニユア | 計 |
| A グループ | | | |
| 2年次 | 961.95 | 0.00 | 961.95 |
| 3年次 | 790.47 | 0.05 | 790.52 |
| 4年次 | 777.41 | 0.00 | 777.41 |
| 小計 | 2,529.83 | 0.05 | 2,529.88 |
| B グループ | | | |
| 2年次 | 0.00 | 496.78 | 496.78 |
| 3年次 | 558.51 | 0.00 | 558.51 |
| 4年次 | 564.52 | 205.49 | 770.01 |
| 小計 | 1,123.03 | 702.27 | 1,825.30 |
| 計 | 3,652.86 | 702.32 | 4,355.18 |

(出典：JICA 調査団)



植林計画地の選定方法を左に示す。

植林計画地のデータを GIS 上に移植し、植林計画地と水系、侵食、集落との位置関係から、第1次の絞り込みを行った。絞り込まれた植林計画地のうち、標高が 4000m 以下のところを選定した（第2次絞り込み）。選定された植林計画地を平面的な分布状態によって A、B グループに分け、それぞれの面積を集計。グループごとの植林計画面積から、植林工事に必要な期間を試算し、3年間で終了することを確認し、最終決定した。選定された区域の位置を図-3.3-4に示す。グループ A、グループ B を本事業で実施する区域として選定した。

なお、図には選定されなかった区域の例としてグループ C も提示している。グループ C では人口密度が低いため、植栽作業のために必要な労働力が少ない。試算の結果、植林実施に必要な期間が 10 年以上となったため、選定しなかった。

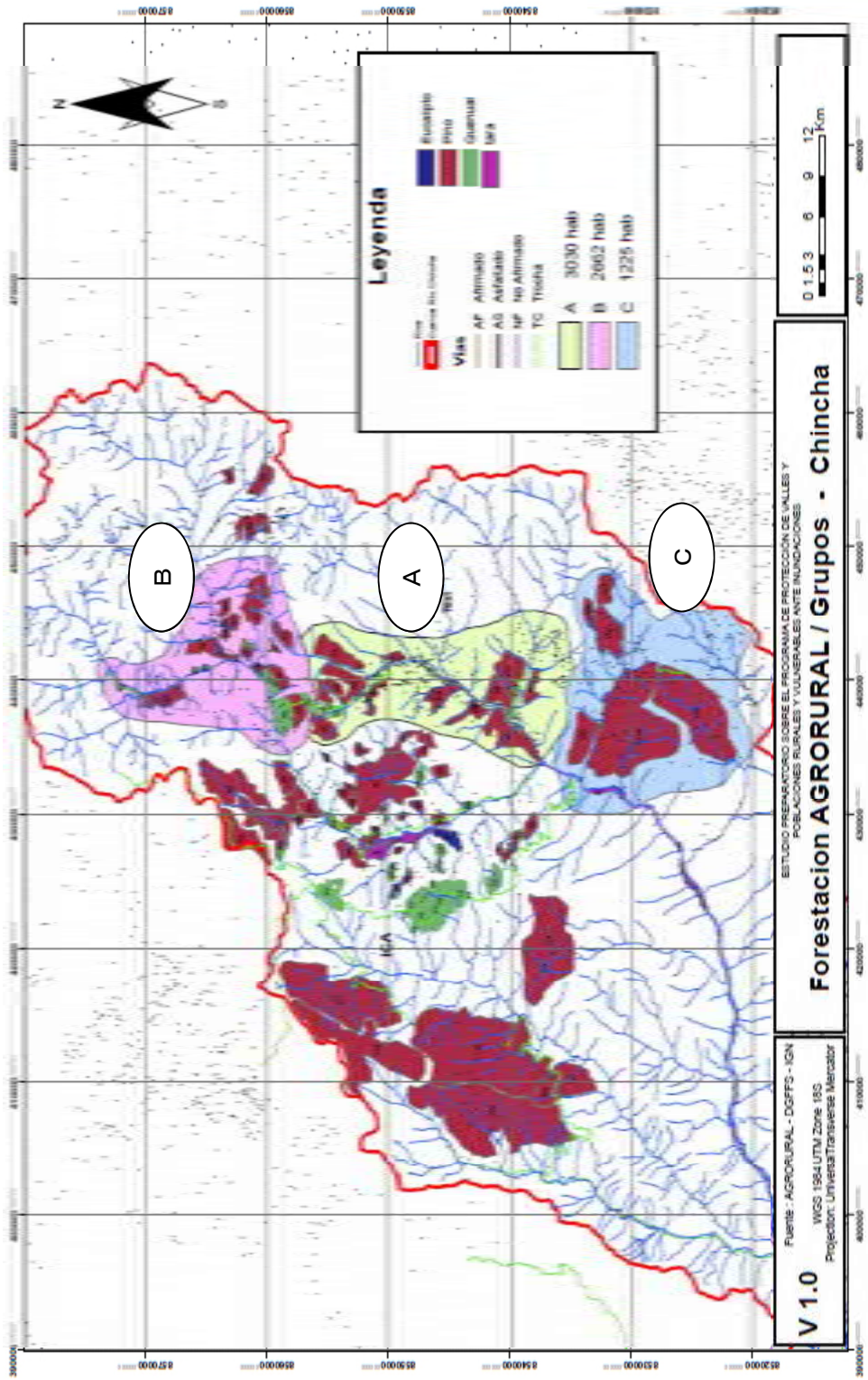


図-3.3-4 チンチャ上流域の植林/植生回復計画
 (出典: AGRORURAL 資料をもとに JICA 調査団により作成)

(4) 計画事業費（中期計画）

(a) 植林/植生回復工事単価

植林/植栽計画の直接工事費は以下の項目から構成される。

- ・苗木単価（苗木単価＋運搬費）
- ・植栽労務費
- ・直接経費（諸道具費用：植栽労務費の5%）

(b) 苗木単価

苗木の供給者は AGRORURAL と民間業者に区分できる。チンチャ流域の上流における植林は AGRORURAL から購入する計画とする。チンチャ上流域の植栽苗木単価を表-3.3-4 に示す。AGRORURAL のワンカベリカ事務所への聞き取り結果をそのまま用いた。（苗木単価の詳細情報は Appendix 7-表 2 参照）。

表-3.3-4 苗木単価（チンチャ上流域の植林）

(c) 植栽労務費

植栽作業の歩掛は、AGRORURAL、水利組合などからの聞き取りによって 40 本/人日として計算した。労務単価は河川沿い植林では一般労務単価を用いて 33.6（ソレス/人日）、上流域の植林ではその半分として 16.8（ソレス/人日）とした。チンチャ流域上流での植林では、地元住民の便益（収入）にもつながるため、労務単価の半分をコミュニティで負担する計画とする。

(d) 上流域における植林/植生回復工事費算出（中期計画）

中期計画の直接工事費算出のため、ha 当り植林単価を以下の方法で算出した。

1) 樹種別苗木単価

AGRORURAL へのヒアリング結果から苗木単価を算出した。

表-3.3-5 樹種別苗木単価 100 本当り植栽単価

植栽密度、植栽難易度は樹種によって変化しないと仮定し、100 本当りの植栽単価を算出した。

表-3.3-6 100 本当り苗木単価

2) ha 当り植栽単価

苗木単価、100 本当り植栽単価から ha 当り植林単価を算出した。

表-3.3-7 ha 当り苗木単価

3) 植林工事費

上流域における植林/植生回復計画に必要な直接工事費は表-3.3-8 に示すとおりである。

表-3.3-8 上流域における植林/植生回復工事直接工事費

4) NGO による支援

上流域における植林は、地元の住民が主体的に実施する方針である。そのために、詳細設計の段階から NGO による支援が必要となる。この方針、費用の詳細については、(7) 「技術支援計画」を参照されたい。

(5) 本事業における費用対効果

河川沿いの植林/植生回復計画は河川構造物の一部であることから、そのコストを河川構造物の建設コストに含めて費用対効果を計算した。

上流域の植林に関しては、ペルーのアンデス高地における標準的なマツ生産林の ha 当りのキャッシュフローの例、日本の林野庁が公開している「事前評価マニュアル」を利用して算出した。

(a) ペルーのアンデス高地におけるキャッシュフロー

表-3.3-9 ペルーのアンデス高地におけるマツ植林/製材のキャッシュフロー

(単位 : US\$/ha)

| 年 | 投資 コスト | 作業 コスト | 管理 コスト | 収入 | キャッシュフロー (税抜) | 所得税 | キャッシュフロー (税込) |
|---|-----------|-----------|-----------|------|------------------|------|------------------|
| | A | B | C | D | E=D-(A+B+C) | F | G=E-F |
| 0 | 915.14 | 79.43 | 119.35 | 0.00 | -1,113.92 | 0.00 | -1,113.92 |
| 1 | 84.05 | 261.67 | 41.49 | 0.00 | -387.21 | 0.00 | -387.21 |
| 2 | 0.00 | 261.67 | 31.40 | 0.00 | -293.07 | 0.00 | -293.07 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| 年 | 投資 コスト | 作業 コスト | 管理 コスト | 収入 | キャッシュフロー (税抜) | 所得税 | キャッシュフロー (税込) |
|----|-----------|-----------|-----------|----------|------------------|----------|------------------|
| | A | B | C | D | E=D-(A+B+C) | F | G=E-F |
| 6 | 0.00 | 371.98 | 44.64 | 600.00 | 183.38 | 55.00 | 128.38 |
| 7 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 0.00 | 554.26 | 66.51 | 1,625.00 | 1,004.23 | 301.00 | 703.23 |
| 14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7,625.00 | 7,625.00 | 2,288.00 | 5,337.00 |
| 計 | 999.19 | 1,529.01 | 303.39 | 9,850.00 | 7,018.41 | 2,644.00 | 4,374.41 |

(出典：ペルーにおける植林のための基礎情報 (Bases para la promoción de plantaciones forestales en el Peru))

表-3.3-10 は表-3.3-11 に示すように、20年間で2回の間伐と1回の主伐を実施するモデルを元に計算されている。

表-3.3-10 マツの ha 当り収穫モデル

| 内容 | 第一間伐 (7年) | 第二間伐 (14年) | ファイナルカット (20年) |
|------------------------|--------------|---------------|-------------------|
| 量 (m ³ /ha) | 30 | 65 | 305 |
| 平均直径 (cm) | 12 | 20 | 32 |
| 平均高さ (m) | 9.5 | 16.5 | 25.3 |
| 収穫本数 | 550 | 250 | 300 |

(出典：ペルーにおける植林のための基礎情報 (Bases para la promoción de plantaciones forestales en el Peru))

(b) 本事業におけるキャッシュフローの推定

表-3.3-10 を本事業に適用するため、以下の補正を行なった。

- (i) 初年度の投資コストを本事業の苗木費用単価に置き換える。
- (ii) 初年度の作業コストを本事業の植栽費用単価に置き換える。
- (iii) その他の数値を ha 当り植栽本数割合で補正する。表-3.3-6 は ha 当り 1,100 本植栽するモデルを使用している。これと本事業での ha 当り植栽本数 2,960 本の比率で割増し計算を行なう。

補正したキャッシュフローは表-3.3-11 のとおりである。

表-3.3-11 補正後のマツ植林/製材キャッシュフロー

(単位：US\$/ha)

| 年 | 投資 コスト | 林業作業 コスト | 管理 コスト | 収入 | キャッシュフロー (税抜) | 所得税 | キャッシュフロー (税込) |
|---|-----------|-------------|-----------|------|------------------|------|------------------|
| 0 | 535.07 | 449.39 | 321.16 | 0.00 | -1,305.62 | 0.00 | -1,305.62 |
| 1 | 226.17 | 704.13 | 111.65 | 0.00 | -1,041.95 | 0.00 | -1,041.95 |
| 2 | 0.00 | 704.13 | 84.49 | 0.00 | -788.62 | 0.00 | -788.62 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| | | | | | | | |
|----|--------|----------|--------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 6 | 0.00 | 1,000.96 | 120.12 | 1,614.55 | 493.47 | 148.00 | 345.47 |
| 7 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 0.00 | 1,491.46 | 178.97 | 4,372.73 | 2,702.30 | 809.96 | 1,892.34 |
| 14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 20,518.18 | 20,518.18 | 6,156.80 | 14,361.38 |
| 計 | 761.24 | 4,350.07 | 816.39 | 26,505.46 | 20,577.76 | 7,114.76 | 13,463.00 |

(出典：ペルーにおける植林のための基礎情報 (Bases para la promoción de plantaciones forestales en el Peru) を元に JICA 調査団により作成)

(炭素固定便益の算定)

ペルーでは森林のもつ環境便益の査定方法が確立されていないため、日本の林野庁のマニュアルを応用して炭素固定便益を加味して植林の費用対効果分析を行った。

(炭素固定便益計算式)

炭素固定便益は、以下の式によって計算した (参考：「林野公共事業による事前評価マニュアル」、「林野公共事業における事業評価単価表 (平成 21 年 6 月)」、林野庁)。

$$B = \sum_{t=1}^Y \frac{V2 - V1}{Y \times (1+i)^t} \times BEF \times (1+R) \times 0.5 \times \frac{44}{22} \times U$$

ここで、

U：二酸化炭素に関する原単位 (6,046 円/CO2-ton)

V1：事業を実施しない場合の見込み蓄積量 (m3/ha)

V2：事業を実施した場合の見込み蓄積量 (m3/ha)

Y：評価期間(年)

D：容積密度 (0.440：日本のマツの場合)

BEF：バイオマス拡大係数 (1.51)

R：植物中の炭素含有率 (0.5)

44/22：炭素から二酸化炭素への換算係数

本調査では、以下の考え方で計算した。

U：US\$に換算 (1US\$=85 円)

V2：年毎の ha 当り蓄積量 (表-3.3-7 を用いて年毎の成長量、2 回の伐採量を加味して計算した。)

V1：ゼロ (本事業では森林でなかったところへ植栽する計画であるため)

Y : 20 年間

表-3.3-12 に年毎の蓄積量推定値を示す。

表-3.3-12 年別 ha 当り蓄積量

| 年次 | 蓄積 (m3/ha) | 備考 |
|----|---------------|------------------------|
| 0 | 0 | |
| 1 | 4.29 | |
| 2 | 8.57 | |
| 3 | 12.86 | |
| 4 | 17.14 | |
| 5 | 21.43 | 伐採前本数 1100 本/ha |
| 6 | 25.71 | 伐採による減少 伐採後本数 550 本/ha |
| 7 | 30.00 | 15.00 : 伐採後の蓄積 |
| 8 | 22.14 | |
| 9 | 29.29 | |
| 10 | 36.43 | |
| 11 | 43.57 | |
| 12 | 50.71 | 伐採前本数 550 本/ha |
| 13 | 57.86 | 伐採後本数 300 本/ha |
| 14 | 65.00 | 35.45 : 伐採後の蓄積 |
| 15 | 80.38 | |
| 16 | 125.30 | |
| 17 | 170.23 | |
| 18 | 215.15 | |
| 19 | 260.08 | |
| 20 | 305.00 | |

(JICA 調査団)

結果、ha 当りの B/C は 5.20、ENPV (経済的純現在価値) は 14,593US\$ となった。(表-3.3-13 参照)。

表-3.3-13 マツ植林事業の費用対効果計算結果 (単位: US\$/ha)

| 年 | 投資コスト (A) | 林業作業費 (B) | 管理費 (C) | 収入 (D) | キャッシュフロー (税抜) -(A)-(B)-(C) (D) | 所得税 (E) | キャッシュフロー (税込) (D)-(E) | コスト計 (A)+(B)+(C) (A)+(B)+(C) | 炭素固定 便益 (F) | 便益 計 (D)-(E)+(F) |
|----|--------------|--------------|------------|-----------|---|------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------|
| 0 | 481.56 | 449.39 | 321.16 | 0.00 | -1,252.11 | 0.00 | -1,252.11 | 1,252.11 | 0.00 | 0.00 |
| 1 | 226.17 | 704.13 | 111.65 | 0.00 | -1,041.95 | 0.00 | -1,041.95 | 1,041.95 | 222.79 | 222.79 |
| 2 | 0.00 | 704.13 | 84.49 | 0.00 | -788.62 | 0.00 | -788.62 | 788.62 | 445.58 | 445.58 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 668.37 | 668.37 |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 891.16 | 891.16 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,113.95 | 1,113.95 |
| 6 | 0.00 | 1,000.96 | 120.12 | 1,614.55 | 493.47 | 148.00 | 345.47 | 1,121.08 | 1,336.74 | 2,803.29 |
| 7 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,559.53 | 1,559.53 |
| 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,151.08 | 1,151.08 |
| 9 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,522.39 | 1,522.39 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,893.71 | 1,893.71 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2,265.03 | 2,265.03 |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2,636.34 | 2,636.34 |
| 13 | 0.00 | 1,491.46 | 178.97 | 4,372.73 | 2,702.30 | 809.96 | 1,892.34 | 1,670.43 | 3,007.66 | 6,570.43 |
| 14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3,378.97 | 3,378.97 |
| 15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4,178.43 | 4,178.43 |
| 16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6,513.78 | 6,513.78 |
| 17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8,849.13 | 8,849.13 |
| 18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11,184.48 | 11,184.48 |
| 19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13,519.84 | 13,519.84 |
| 20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7,625.00 | 7,625.00 | -2,288.00 | 5,337.00 | 0.00 | 15,855.19 | 21,192.19 |

コストの正味現在価値=-3,477.84

便益の正味現在価値=18,071.01

BOR = 5.20

ENPV = \$14,593

(6) 事業実施工程計画

(1年次：準備期間)：コンサルタントによるコミュニティ指導 NGO の選定、NGO による詳細植林計画策定、NGO によるコミュニティにおける植林実施体制の確立、苗木生産等を実施する。

(2年次～4年次)：この3年間で植林を実施する。苗木生産は通常の場合3～6ヶ月間で可能であるが、活着率を上げるため成長した苗木を生産する。成長した苗木生産のために生産期間を長くする。具体的には苗木生産は乾期（概ね4月～10月：7ヶ月間）の間に実施し、雨期（11月～3月：4ヶ月間）に植栽作業を完了させる。

なお、事業期間内で下流受益者（主として水利組合）と PES の協議、合意形成を目指し、再植林のシステムを確立する。将来、このシステムによって、上流の住民は伐採による収益を得つつ、下流域の住民の資金支援を得て伐採後にただちに再植林することとなる。

| 年次 | 乾期 | | | | | | | 雨期 | | | | |
|----|------------|----|----|----|----|----|-----|------|-----|----|----|----|
| | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 |
| 1 | 準備期間 | | | | | | | | | | | |
| 2 | 苗木生産（8ヶ月間） | | | | | | | 植栽作業 | | | 予備 | |
| 3 | 同上 | | | | | | | 同上 | | | 予備 | |
| 4 | 同上 | | | | | | | 同上 | | | 予備 | |

図-3.3-5 植林/植生回復実施工程

（出典：JICA 調査団）

(7) 技術支援計画

植林/植栽計画のうち、上流部における植林/植生回復計画に関しては、地元の住民に植林の必要性を啓蒙・普及し、コミュニティの植林組織を形成した上で植林作業を実施する。一方、継続的に洪水防止機能を発揮させるために上流域において持続的な森林の保全を図る必要がある。このためには伐採後再植林し、植林・伐採のサイクルを確立する必要があり、これらのシステムの確立には専門技術者（コンサルタント）、現地指導をする NGO の支援が必須である。

(a) 支援体制

植林/植生回復計画を実行する上で必要な支援内容を、コンサルタント、NGO に分けて列記すると以下のとおりである。

- (i) コンサルタントの支援業務
 - a) NGO への TOR 作成
 - b) NGO の選定
 - c) NGO の管理、技術支援
- (ii) NGO の支援業務
 - a) 植林詳細計画策定（現地測量含む）
 - b) 植林を実施するコミュニティの特定
 - c) コミュニティにおける植林委員会設置支援

- d) コミュニティにおけるプロモーター選出支援
- e) 植林技術指導
- f) 植林用苗木生産管理、または苗木生産支援（自家製苗木を使用する場合）
- g) 植林施工管理
- h) 植林/森林保全の意義等の普及・啓蒙
- i) PES 構築支援

事業実施機関、コンサルタント、NGO、コミュニティ、AGRORURAL の関係を以下に示す。

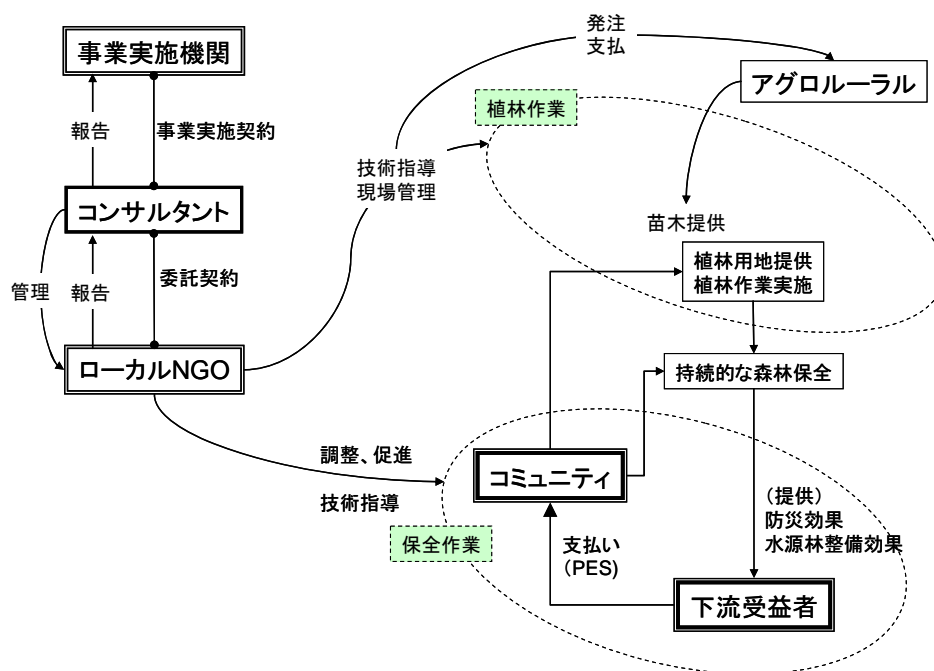


図-3.3-6 植林/植生回復 実施体制

(出典：JICA 調査団)

(b) 支援計画

植林/植生回復支援計画の1年次は主として2年次以降のための準備作業である。コンサルタントはNGOのTORを作成し、NGOの選定、交渉、契約を行う。契約後はNGO活動の進捗を管理、技術支援を行なう。NGOは詳細設計を行うとともに、コミュニティによる植林作業の準備（プロモーター選出、植林委員会設置、植林の意義/必要性の啓蒙等）を実施する。

2年次以降は実際の植林作業をNGOが支援/管理し、コンサルタントはNGOへの技術支援と管理を行なう。また、4年間を通じてNGOは、事業終了後にスムーズに森林の保全が図られるように、植林を実施する上流域のコミュニティと下流域の受益者との間にPES（Payment for environmental Service）システムを構築するための支援を実施する。

これらの活動支援計画を図-3.3-7～図-3.3-10に示す。図-3.3-7、図-3.3-8は植林作業にかかる支援計画で、図-3.3-9、図-3.3-10はコミュニティへの植林/植生回復、森林保全の意義等を普及・啓蒙し、持続的な森林管理を可能とするPESシステムの構築を図るものである。

| 年次 | 区分 | 乾期 | | | | | | | | | | | | 雨期 | | | 専門家等 要員計画 | | | | |
|---------------|-------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----------|--|------|---|------|
| | | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | MM | 人数 | MM計 | | | | | |
| (詳細設計) 1年次 | (詳細設計 要員) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 植林 Pro-A | | | | | | | | | 0.5 | | | | | | | | | 7.0 | 1 | 7.0 |
| | 植林 Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15.0 | 1 | 15.0 |
| (施工管理) 2年次 | 植林 アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15.0 | 2 | 30.0 |
| | (施工管理 要員) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 植林 Pro-A | | | | | | | | | 0.5 | | | | | | | | | 3.5 | 1 | 3.5 |
| 3年次 | 植林 Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.0 | 1 | 8.0 |
| | 植林 アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.0 | 1 | 8.0 |
| | 植林 Pro-A | | | | | | | | | 0.5 | | | | | | | | | 2.5 | 1 | 2.5 |
| 4年次 | 植林 Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.0 | 1 | 8.0 |
| | 植林 アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.0 | 1 | 8.0 |
| | 植林 Pro-A | | | | | | | | | 0.5 | | | | | | | | | 2.5 | 1 | 2.5 |
| | 植林 Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.0 | 1 | 8.0 |
| | 植林 アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.0 | 1 | 8.0 |
| | 施工管理 (要員 計) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 植林 Pro-A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.5 |
| | 植林 Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24.0 |
| | 植林 アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24.0 |

図-3.3-7 植林/植生回復 植林工事支援計画 (1) (コンサルタントによる支援)
 (出典：JICA 調査団)

| 年次 | 区分 | 乾期 | | | | | | | | | | | | 雨期 | | | 専門家等 要員計画 | | | | | | |
|------------------------------|---------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----------|--|--|--|--|--|------|
| | | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | MM | 人数 | MM計 | | | | | | | |
| 1年次 (詳細設計) | (詳細設計 要員) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 村落開発 Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | 村落開発 アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 2年次 (コミュニティ支援 普及・啓蒙 生計向上) | PES Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | PES アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | Pro-B 計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30.0 |
| 3年次 (コミュニティ支援 普及・啓蒙 生計向上) | アシスタント 計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 36.0 |
| | (コミュニティ支援 要員) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 村落開発 Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 4年次 (普及・啓蒙 生計向上) | 村落開発 アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | PES Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | PES アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 5年次 (普及・啓蒙 生計向上) | PES Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | PES アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | Pro-B 計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 33.0 |
| 6年次 (普及・啓蒙 生計向上) | 村落開発 Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 村落開発 アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | PES Pro-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6.0 |
| 7年次 (普及・啓蒙 生計向上) | PES アシスタント | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | Pro-B 計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 66.0 |
| | アシスタント 計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 66.0 |

図-3.3-10 植林/植生回復 コミュニティ支援計画 (2) (NGO による支援)

(出典：JICA 調査団)

(8) 中期計画（植林/植生回復）支援費用

(a) NGO 費用

(2)で述べた、植林活動のための支援活動のうち、NGOによる支援活動は、一般的な建設工事の施工業者の費用に相当する。したがって、これらについては、直接事業費に組み込む。NGOによる活動は、i)植林工事の支援とii)植林及び持続的森林保全の必要性・意義の普及啓蒙活動、PES構築に分けられる。どちらの場合も、事業開始1年次は詳細設計及び準備期間とし、2年次～4年次を実施期間とする。NGO費用の算出は詳細設計費用、実施費用に分けて算出した。

NGO費用の内訳は表-3.3-14、表-3.3-15に示すとおりである。

表-3.3-14 NGO費用（詳細設計）

表-3.3-15 NGO費用（施工管理）

(b) コンサルタント費用

NGOに対して技術支援、管理業務を行なうためのコンサルタント活動に必要な費用は表-3.3-16、表-3.3-17に示すとおりである。

表-3.3-16 コンサルタント費用（詳細設計）

表-3.3-17 コンサルタント費用（実施支援：施工管理）

(9) 事業費総括

植林/植生回復計画（中期計画）のための総事業費は表-3.3-18のとおりである。

表-3.3-18 植林/植生回復計画総事業費（チンチャ上流植林）

(

