

ネパール国西部山間部総合流域管理計画調査

総合流域管理計画策定のためのガイドライン

平成10年1月

JICA LIBRARY



J 1141626(0)

ネパール国西部山間部
総合流域管理計画調査共同企業体

{ 社団法人 日本林業技術協会 }
{ 国際航業株式会社 }

農 林

J R

98-03

国際協力事業団
ネパール国

ネパール国西部山間部総合流域管理計画調査

総合流域管理計画策定のためのガイドライン

平成10年1月

ネパール国西部山間部
総合流域管理計画調査共同企業体
〔 社団法人 日本林業技術協会 〕
〔 国際航業株式会社 〕



1141626(0)

目 次

<p>はじめに (1)</p> <p> (1) ガイドラインの考え方 (1)</p> <p> (2) 使用にあたっての留意事項 (2)</p> <p> (3) 作成にあたって用いた主な参考文献 (3)</p> <p>総合流域管理計画策定フロー 1</p> <p>総合流域管理計画とは 2</p> <p> (1) 背景 2</p> <p> (2) 総合流域管理計画 3</p> <p>計画地域の決定 4</p> <p> (1) ネパールにおける主要流域 4</p> <p> (2) 対象地域（スタディエリア） 6</p> <p> (3) 流域管理計画の単位 7</p> <p>地形図等の入手 8</p> <p> (1) 地形図 8</p> <p> (2) 空中写真 11</p> <p> (3) 統計書等 11</p> <p>調査項目の決定 13</p>	<p>現況の把握 15</p> <p> (1) 気象調査 15</p> <p> (2) 土地利用／植生調査 16</p> <p> (3) 土壌調査 18</p> <p> (4) 地質調査 23</p> <p> (5) 水文調査 28</p> <p> (6) 崩壊危険地調査 35</p> <p> (7) 侵食危険予測図（ハザードマップ）の作成 41</p> <p> (8) 社会経済条件調査 44</p> <p>問題点の発掘と原因 61</p> <p> (1) 自然条件調査から 62</p> <p> (2) 社会経済条件調査から 77</p> <p> (3) 問題点の絞り込み 79</p> <p> (4) 問題点とその影響 80</p> <p> (5) 問題点と住民の関係 81</p> <p> (6) 流域環境劣化の原因 82</p> <p> (7) 流域環境劣化に影響を及ぼす根本原因 85</p>
---	--

計画の基本方針 86

- (1) 基本方針の流れ 86
- (2) 基本方針の内容 87
- (3) 全体目標をたてる 87
- (4) 問題点に係る根本的原因の解決策を検討する 87
- (5) 目標達成のための方策をたてる 88
- (6) 実施レベルの利用を提示する 90

計画項目と内容 93

- (1) 計画のコンポーネント 93
- (2) 土地利用改善計画 94
- (3) 苗木生産計画 100
- (4) 植栽候補樹種及び牧草 102
- (5) 侵食の予防と復旧計画 107
- (6) 生活環境改善計画 116
- (7) 所得向上計画 126
- (8) 普及計画 129
- (9) 総合流域管理計画図 131

計画の実施方法 132

- (1) 事業実施にあたっての関係者等とその役割 132
- (2) プロジェクトチームの組織 134
- (3) 計画単位 135
- (4) 計画期間 135
- (5) 事業費 135

初期環境調査 136

- (1) 調査方針 136
- (2) 調査の流れ 136

モニタリングと評価 141

- (1) モニタリングと評価 141

はじめに

(1) ガイドラインの考え方

ネパール西部山間部は人口の増加に伴って拡大した食料、燃料、飼料木の需給のため、山腹斜面のほとんどは開発され、わずかに北斜面に森林の存在を見る。また、十分な金員収入を得ることが困難であることから、若年層の出稼ぎが著しく、農地の十分な維持管理ができないでいる。このことは一時的に大量な降雨をもたらすモンスーン季には、表層土壌流出をひきおこして、流域環境をより劣化させている。

ネパール国政府は、これらに対処するため、「林業部門のマスタープラン(MPFS)」のなかで「土壌保全・流域管理プログラム」を策定し、プロジェクトを実施している。

西部山間部地域においてIMGとJICAは1995年11月から「総合流域管理計画調査」を実施しており、設定したスタディエリア内の5つのモデルエリアにおける計画を策定した。

このガイドラインは、この「総合流域管理計画」策定のプロセスを踏まえ、西部山間部スタディエリアにおける総合流域管理計画策定を行うに至る策定手順と策定内容の骨子を示すものである。

(2) 使用にあたっての留意事項

- ① 西部山間地に設けられたJICAとHMGのスタディエリア(120,000ha)を対象としている。
- ② 他地域に適用する場合は、それぞれの数値等について検討が必要である。(例えば、侵食危険地予測にあたっての「レイティング」数値)
- ③ マスタープランとしての総合流域管理計画の策定を目指していることから、実施にあたっては、詳細な現地調査に基づく実施計画の策定が必要となる。
- ④ このガイドラインの使用者は、土壤保全局担当者を想定している。
- ⑤ 土壤保全局で作成した各種ガイドライン、マニュアル等を考慮して使用する必要がある。
- ⑥ 計画及び事業規模については、土壤保全局の権限のあるもので、かつ、地域住民が実施可能なものを想定しており、国家的レベルのものについては、別途計画策定が必要となろう。
- ⑦ 社会経済ベースライン調査については、その規模、サンプル数等についての検討が特に必要になろう。
- ⑧ 住民参加による計画実施を目的としていることから、関係行政機関、関係者等の十分な連絡調整を図ることが重要である。
- ⑨ なお、本ガイドラインは「ネパール国西部山間部総合流域管理計画」本報告書に基づき作成されたもので、ガイドラインで取り上げた社会経済ベースライン調査で用いた質問表及びモデルエリアでの計画内容は本報告書を参照されたい。

(3) 作成にあたって用いた主な参考文献

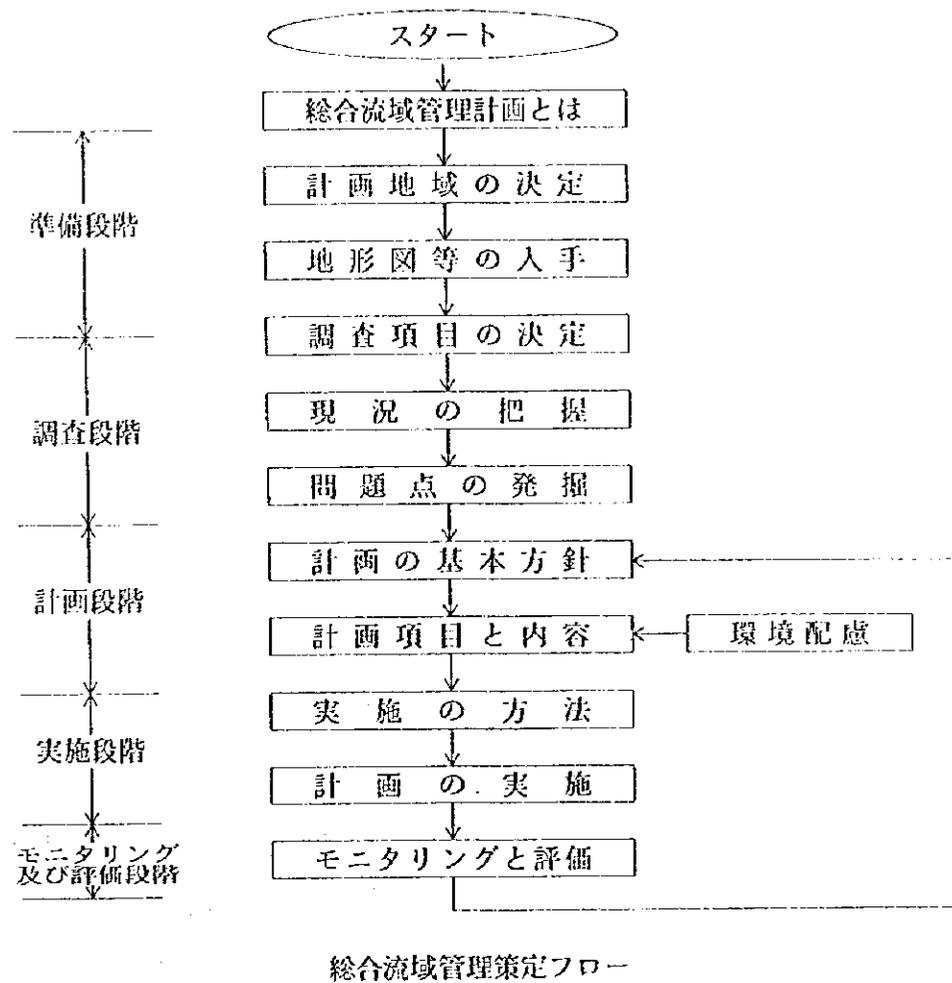
1. Master Plan for the Forestry Sector Nepal(MPFS)
MPFSP of HMGN/ADB/FINNIDA;1988
 - (1) Main report
 - (2) Forestry Sector Policy
 - (3) Forest Resources Information Status and Development Plan
 - (4) Soil Conservation and Watershed Management Plan
 - (5) Revised Executive Summary;1989
2. Basic Guidelines for Semi Detailed Watershed Planning;
Planning Section, Watershed Management Project,1987
3. Watershed Planning Manual No.4(Land Capability Classification);Keshar Man Sthapit,1987)
4. Basic Guidelines for Sub Watershed Management Planning;
B.D.Shrestha,1994
5. Sub Watershed Management Planning Manual;
Watershed Planning Section,1995
6. Soil Survey Report of Kaski and Parbat District;
Forestry and Conservation Technology Services(P.)Ltd./
JICA Study Team, 1996
7. Report on Geological Survey;
JICA Study Team / Mountain Risk Engineering Unit,
Tribhuvan University,1996

8. Operational Guideline for Community Forestry Development Programme(2051);Department of Forests, Community and Private Forestry Division,1995
9. Manual on Watershed Management project Planning, Monitoring and Evaluation; ASEAN-US Watershed Project,1990
10. Forest Act 2049(1993) and Forest Regulation 2051(1995);
HMGN/USAID
11. Guidelines for Phewa Lake Conservation;
National Conservation Strategy Implementation Project,1995
HMGN/IUCN
12. Guidelines and Methodology for Sub-Watershed Prioritization in Watershed Management Planning, Jun. 1997;DOSC
13. Guidelines for People's Participation in Soil Conservation :
2050/1993;DOSC

総合流域管理計画策定フロー

総合流域管理計画策定は右のフローに従って行う。

- ① 準備段階
計画地域の決定、地形図等の入手、調査項目の決定を行う。
- ② 調査段階
調査項目に従い、現地の把握と問題点の発掘を行う。
- ③ 計画段階
計画の基本方針、計画項目と内容、実施の方法について計画する。
- ④ 実施段階
計画の実施方法について述べ、これにもとづいて計画を実施する。
- ⑤ 評価段階
計画の実施結果を評価する。



総合流域管理計画とは

総合流域管理についての認識を深めるため、流域管理の背景、流域管理の意義を明確にする。

(1) 背景

ネパールの国土と天然資源は、生態バランスと自然環境の維持と遺伝資源保全に重要な役割を担っている。

しかしながら、ここしばらくの間、きびしい国土の荒廃、環境疲弊がつづいている。

これらの原因としては、

- ① 大規模な森林伐採、移動耕作、過放牧、急斜面における誤った集中的な耕作等
- ② 無教養による環境意識の欠除、土壌保全実行知識の欠除やいろいろと組み合わせさせて生じる貧困の結果
- ③ 軽減対策の効果ある実施の欠落やインフラ施設の欠落、そして一様でない人口・資源の配置など計画における不十分な環境配慮の結果がある。

土壌保全局は、このような土地の劣化を軽減し、土地生産力を向上し、環境を改善するために土壌保全・流域管理の侵食防止・復旧策、地域住民の普及教育、収入向上策などいろいろの対策をとってきている。

(2) 総合流域管理計画

これらの活動は、土壤保全事業として土壤保全局の調整のもと、経過から実施までできる限り住民参加によって運営されている。

総合流域管理計画とは、

- ① 流域における問題を発掘し、
- ② 住民ニーズに応え、
- ③ 達成する目標を定め、
- ④ すばらしい将来を創造するために、
- ⑤ 総合的な施策とプログラムを策定する

ことである。

計画地域の決定

計画立案にとって最も基本的な事項である。

まず、ネパールにおける対象地域の位置づけを行い、スタディエリア内のどこで計画を立案するかを地形図等を用いてDDC等の関係機関で決定する。

計画区域は事業実行面から行政単位にとること好ましい。

(1) ネパールにおける主要流域

図1に示すように次の4つに区分される。

(a) Kosi Watershed

(b) Narayani Watershed

(c) Karnali Watershed

(d) Mahakali Watershed

a. ネパールにおける流域区分の例

	NAME OF THE WATERSHED	AREA IN SQ. KM
(a)	1. Saptakoshi	56,732
	2. Sapta Gandaki Watershed	33,381
	3. Karnali Watershed	42,708
	4. Mahakali Watershed	3,086
	5. Mechi Watershed	585
(b)	6. Kankai Watershed	1,256
	7. Trijuga Watershed	670
	8. Karnali Watershed	2,021
	9. Bagmati Watershed	3,744
	10. Tinnu Watershed	491
	11. Ban Ganga Watershed	422
	12. Rapti Watershed	6,827
	13. Babi Watershed	2,569
	(c)	14. Various Small Situlik River Watersheds
Total		147,181

Source: Mills, unpublished report

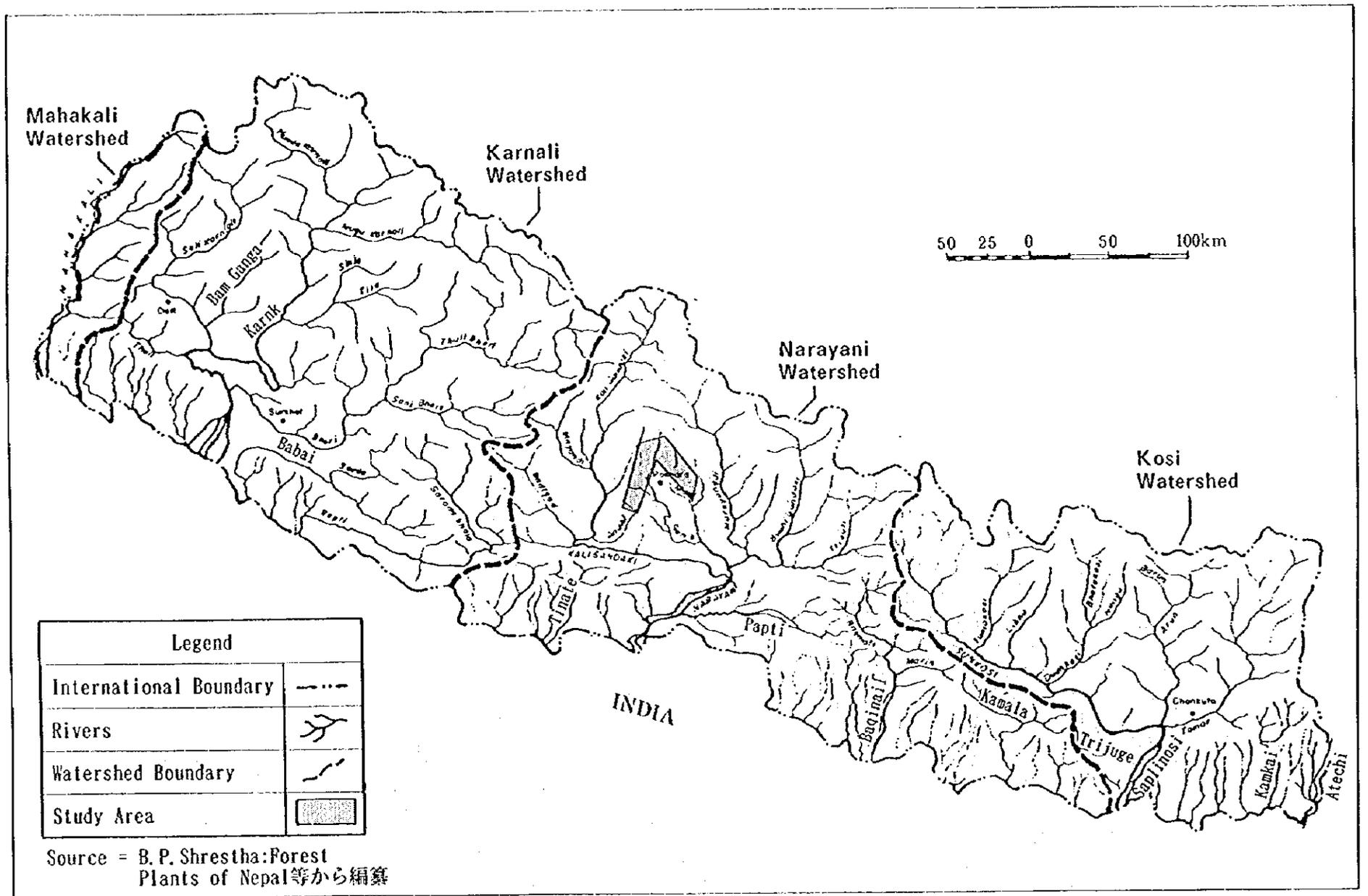


図-1 ネパールにおける流域

(2) 対象地域 (スタディエリア)

スタディエリアはパルバット郡及びカスキ郡にわたる、おおよそ面積120,000haであり、次図のとおりである。

このなかに、すでに総合流域管理計画を策定した5つのモデルエリアがある。

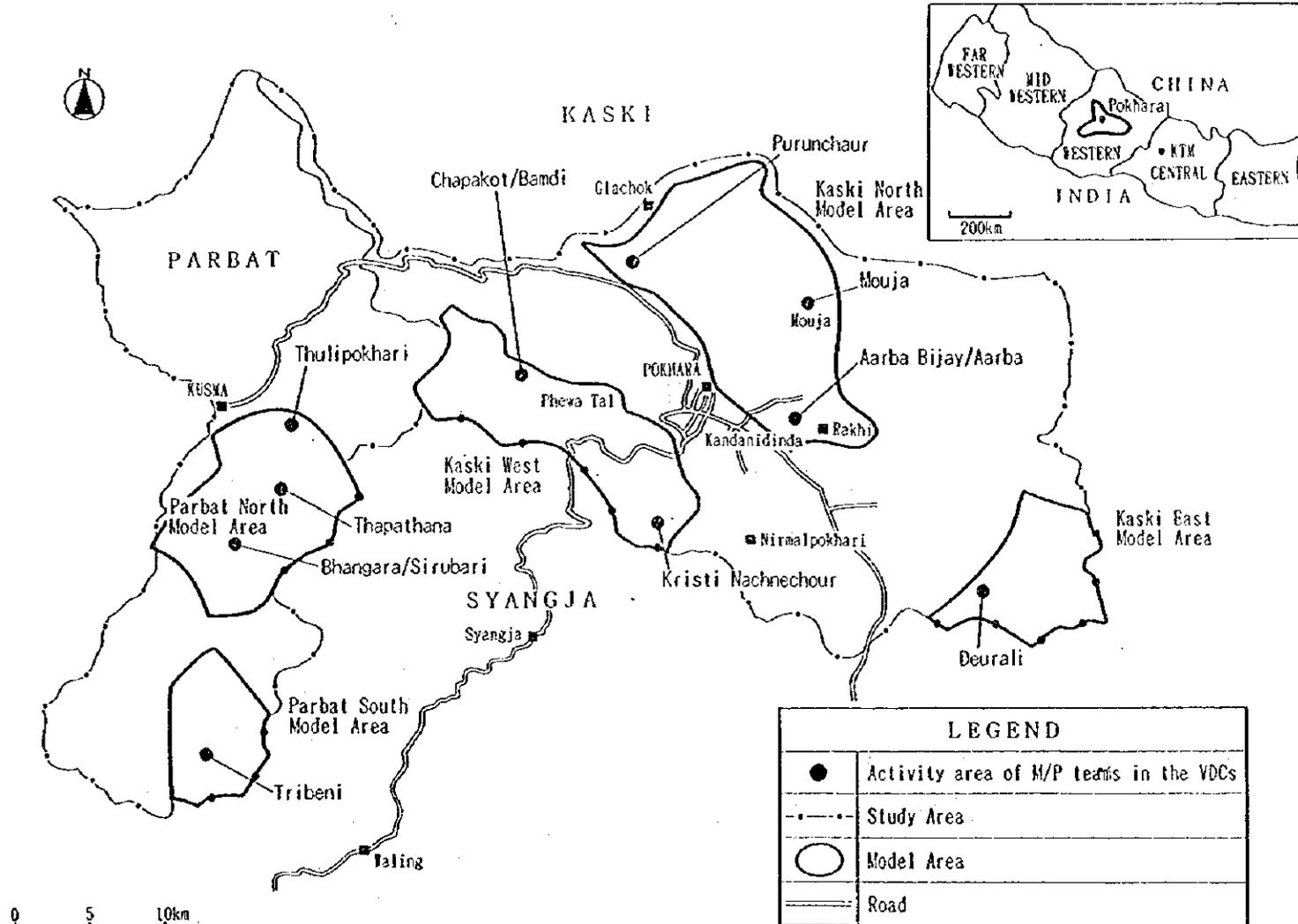


図-2 スタディエリア及びモデルエリア

(3) 流域管理計画の単位

① 流域

② スタディエリアと流域

流域とは、ある水系に水が集まる地域である。

このなかには、森林、農地、草地等の様々な土地利用があり、またそこに住む人々の生活がある。

スタディエリアの区域はいくつかの流域のからなり、区域界は必ずしも流域とは一致していない。

事業実行の面から、行政区域（VDC境界等）から設定することになる。

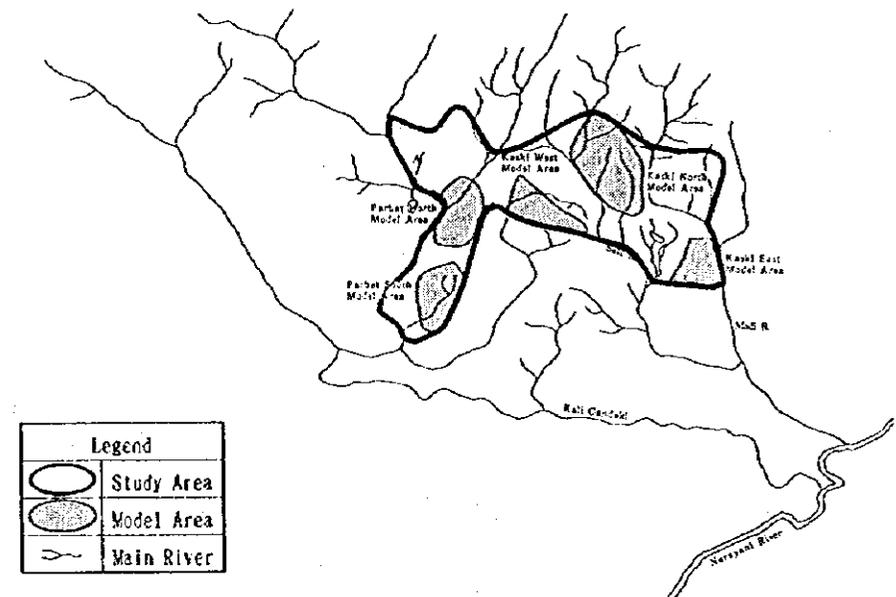


図-3 スタディエリアにおける水系図

地形図等の入手

現地調査に入る前に可能な限り地形図等の関係資料を入手し、調査の準備を行う。

主な入手資料としては、

- ① 地形図
- ② 航空写真
- ③ 統計書等

である。

(1) 地形図

既存のあるいは最新の地形図を入手する。

- a. インド測量局作成 (1/63,360) の地形図を1/50,000に編さんしたものの。
- b. マッピングプロジェクト(LRMP)が作成したもの。
- c. JICAの撮影 (1996年1月) による航空写真から図化 (1/25,000) するもの。
- d. その他

が考えられるが、最新情報がほしい。

なお、モデルエリアを図化するために設定した標定点及び標定点の座標成果は次のとおりである。

パルバット北西部をカバーしていないので、この地域を図化する場合は追加測量が必要となるだろう。

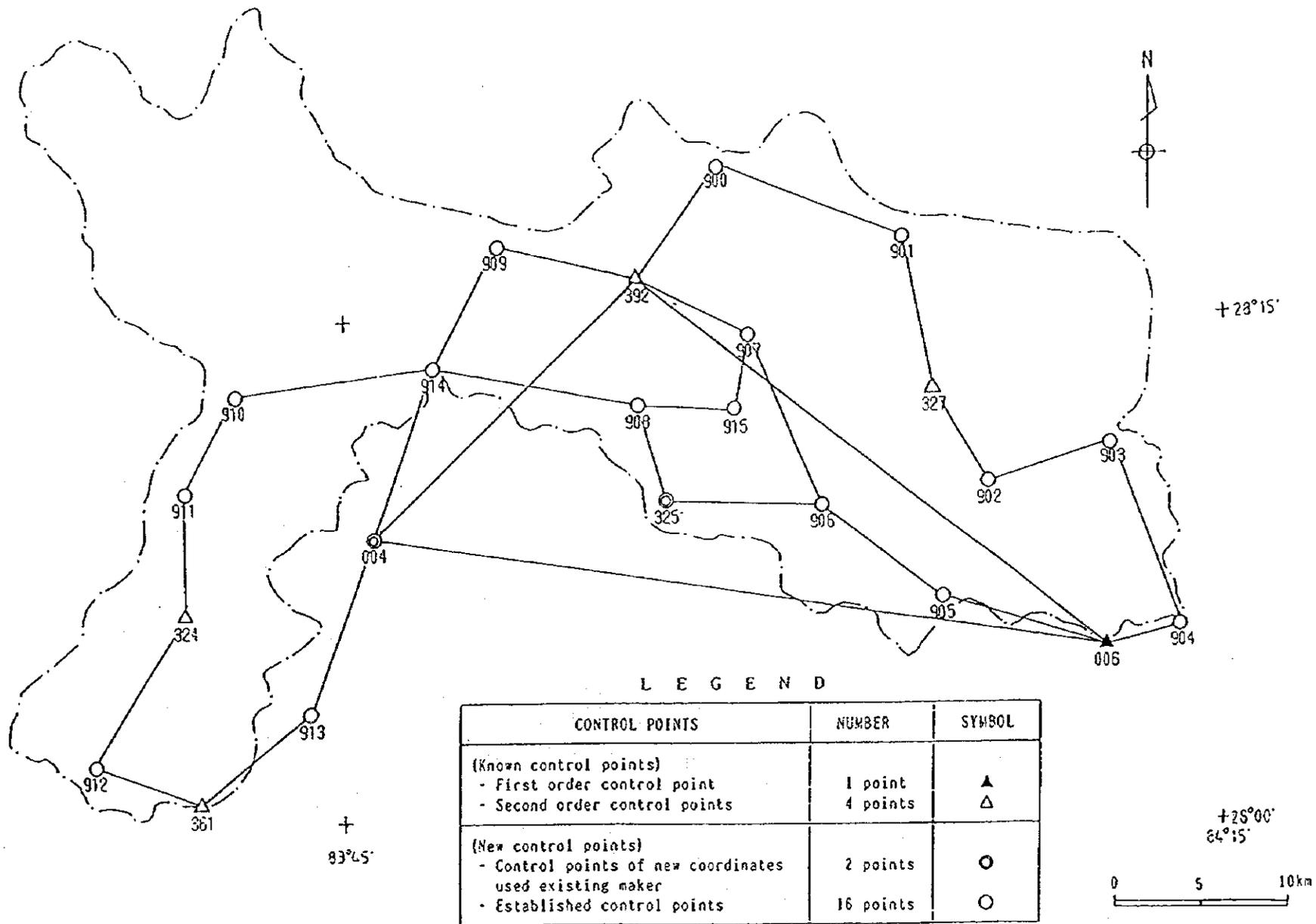


図-4 標定点の位置図

表1 標定点の座標成果

点名	緯度		経度		North (m)	East(m)	標高 (m)
004 ††	28° 08'	41.13"	83° 45'	59.32"	3,113,931.39	477,066.47	2,266.63
006 †	28 05	01.41	84 11	14.01	3,107,160.84	518,397.01	1,281.60
324 †	28 06	30.87	83 39	25.44	3,109,947.78	466,310.30	2,263.02
325 †	28 09	38.26	83 56	01.03	3,115,669.46	493,481.93	1,535.75
327 †	28 12	46.66	84 05	18.70	3,121,469.17	508,688.44	1,418.84
361 †	28 00	50.76	83 39	56.81	3,099,477.41	467,137.60	1,819.51
392 †	28 16	14.38	83 55	04.31	3,127,862.01	491,943.22	1,790.42
900	28 19	34.91	83 57	51.20	3,134,031.91	496,492.28	1,201.10
901	28 17	20.37	84 04	17.04	3,129,892.38	507,002.63	1,737.49
902	28 09	59.35	84 07	08.56	3,116,922.37	511,688.59	756.16
903	28 11	06.50	84 11	30.22	3,118,398.41	518,821.87	1,135.40
904	28 05	35.60	84 13	53.36	3,108,220.73	522,744.57	385.73
905	28 06	34.32	84 05	32.87	3,110,009.67	509,083.41	592.01
906	28 09	24.73	84 01	26.19	3,115,251.37	502,351.05	719.82
907	28 14	32.89	83 58	57.89	3,124,735.72	493,307.29	1,058.57
908	28 12	29.41	83 55	03.65	3,120,937.92	491,920.48	1,364.72
909	28 17	19.82	83 50	09.78	3,129,884.52	483,920.68	1,722.04
910	28 13	02.11	83 41	11.87	3,121,981.55	469,245.76	847.09
911	28 10	11.74	83 39	23.77	3,116,745.75	466,283.89	889.09
912	28 02	04.40	83 36	14.00	3,101,762.09	461,059.59	1,004.63
913	28 03	28.19	83 43	49.90	3,104,307.10	473,514.62	1,582.43
914	28 13	43.79	83 48	03.30	3,123,240.67	480,464.02	2,490.57
915	28 12	17.05	83 58	28.42	3,120,555.13	497,503.10	816.70

注:

† 既設基準点の座標を固定した既知点

†† 既設基準点上の観測による新座標成果の標定点

(2) 空中写真

既存のあるいは最新の空中写真を利用する。

(3) 統計書等

調査に必要な統計書、資料を入手する。

a. 既存の写真（インド測量局撮影のものなど）

b. マッピングプロジェクト(LRMP)が撮影したもの
全ネパール（東部地域、西部地域、1/50,000）

c. JICAが撮影したもの

標定図は次図のとおりであり、写真総数は230枚である。

なお、写真は通常密着のもの（1/25,000）を使用するが、必要に応じて引伸ばし写真（2.5倍）を利用することが、詳細判読作業に便利である。

a. Statistical Year Book of Nepal 1995 : CBS HML

b. Population Manograph of Nepal 1995 : CBS HML

c. Agricultural Statistics（最新版）

d. Datas ; Development Office in Parbat District

e. Datas ; Development Office in Kaski District

f. その他関係資料

AERIAL PHOTOGRAPHY FOR THE DEVELOPMENT STUDY ON INTEGRATED WATERSHED MANAGEMENT IN THE WESTERN HILLS OF NEPAL

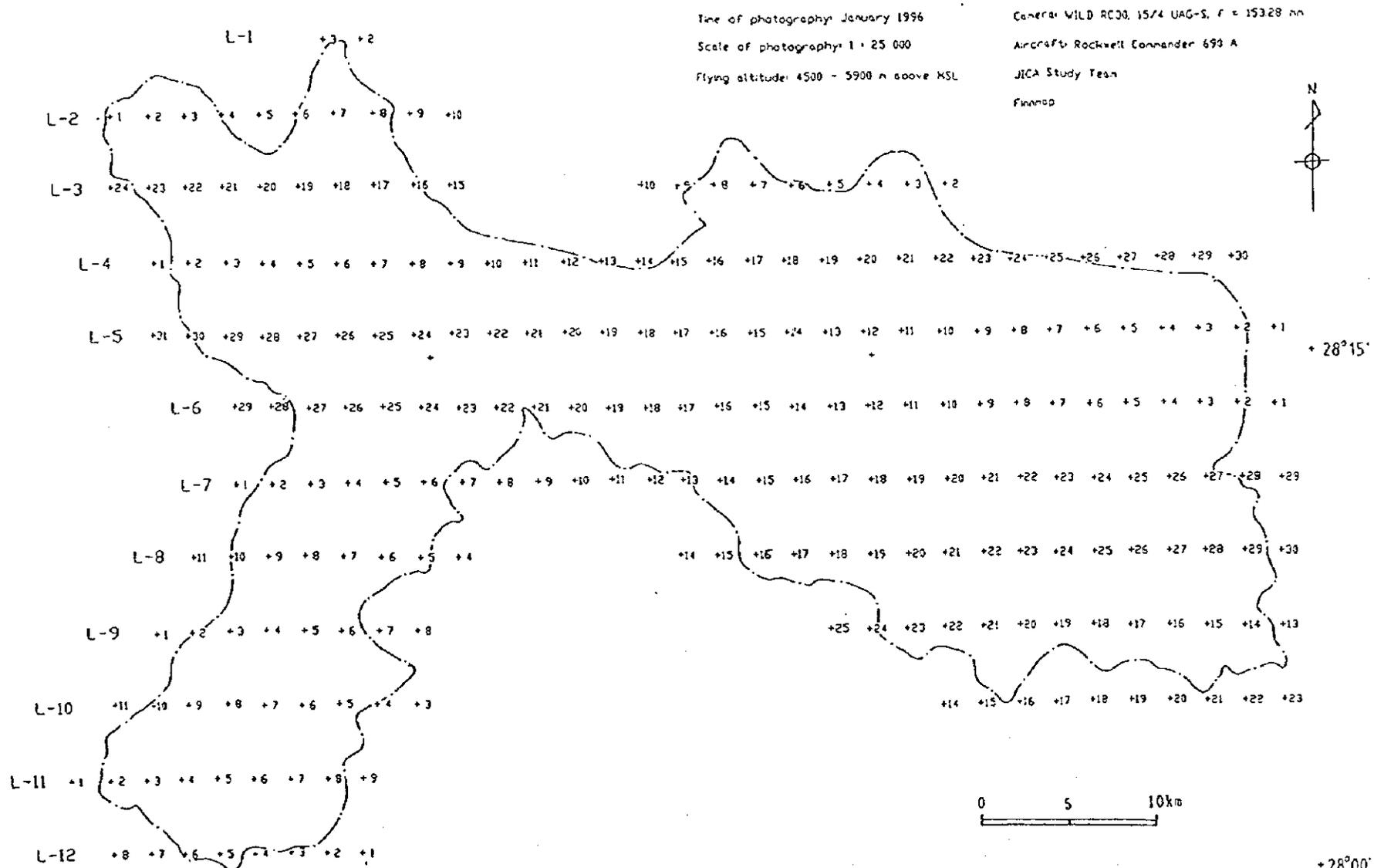


図5 航空写真撮影の標定図

調査項目の決定

計画策定に必要な調査項目は、右のとおりである。

これら項目については、既存の資料があるものについてはこれをできるだけ活用する。現地調査が必要なものは次項の「現況の把握」のところを参照のこと。

大項目	中項目	小項目
自然条件	気象	降水量、気温
	水文	水系、河川流量、表面流出、地下水
	地質/地形	地質、地形、土壌* (*地質学的にみた土壌)
	土壌	土壌断面、試料分析
	土地利用/植生	判読区分基準の作成、空中写真判読と移写 森林調査* (*必要に応じて)
	侵食	地すべり、ガリー、溪岸侵食、洪水、表面侵食 過去の災害
社会経済条件	社会状況	世帯及び人口、カースト構成、移住者及び長期不在者 教育水準、職業、住民組織、現金収入源
	生活条件	飲料水供給、燃料源、食料、保健/衛生 家族計画
	農業	農地面積、自然災害による農地の被害、作付パターン 作付面積及び生産量、作物被害
	畜産	家畜頭数、家畜飼料及びその充足度
	森林	村落林及び個人所有林、個人所有木
	村落工業及び特殊技術	竹細工
	インフラ	歩道、道路、水源地
	男女の役割	家庭内作業、農作業、家畜飼養 林産活動、個人事業、コミュニケーション活動 宗教/文化活動
	森林の重要性 に対する認識	森林の重要性、森林改善策
	自然災害防止	土砂崩れ防止策、テラス崩壊防止策

また、計画策定に必要な各種主題図は次のとおりである。

計画区域	行政界 (VDC, Ward) 図
気 象	等雨線図
水 文	水系図、ハイドログラフ
地 質 / 地 形	地質図、地形分類図、傾斜図
土 壤	土壌図、適地区分図
土地利用 / 植生	土地利用 / 植生図
侵 食	地すべり分布図、ガリー分布図 溪岸侵食分布図、侵食危険地予測図
イ ン フ ラ	歩道・道路分布図 (地形図より作成)

現況の把握

対象地域の現況を把握するため、次の調査を実施し、問題点を明らかにするための基礎資料とする。

(1) 気象調査

(目的)

- ・土地利用の改善、侵食防止等に資するため降水量、気温を明らかにする。

① 現況の把握は

- a. 空中写真、現存するデータ等の資料・文献の利用
- b. 現地調査による測定、試料採取、インタビュー等により行う。
- c. 作成した主題図等の現地検証
によって行う。

② 空中写真の利用にあたっては

- a. 1996年1月JICA撮影のもの(1/25,000)を使用する。
- b. 写真は通常密着のものを用いる。
必要に応じて仲し写真(2.5倍1/10,000)を利用する。
- c. 空中写真上の判読の精度向上のために、写真上の事物と現物を現地によって確認し、写真判読上の基準(特に樹種区分等)を設けておく必要がある。

既存のデータを用いて、降水量、気温、流出量等について調査する。
これら気象資料は、ネパール気象・水文局により入手可能である。

(2) 土地利用／植生調査

(目的)

- ・土地利用及び植生（森相区分を含む）の現況を明らかにする。
- ・地形図上に移写することにより、土地利用上の問題点を把握する。
- ・土地利用／植生図を作成する。

① 土地利用・植生の区分は、右表によって行う。

この表は、マッピングプロジェクトの例を参考に、モデルエリアで用いたものである。

表2 土地利用・植生の区分

<p>1. 農地</p> <p>(1)山麓耕地 T-----レベルテラス（水田） C-----スローピングテラス（畑地）</p> <p>(2)耕地率（1区画内に占める耕地の割合） 3----高（75～100%） 2----中（50～75%） 1----低（25～50%）</p> <p>(3)耕作放棄地 A-----耕作放棄地</p> <p>(4)渓谷耕地 V-----谷底 F-----古い河岸段丘、沖積扇状地及び山麓斜面</p>
<p>2. 草地 G-----草地</p>
<p>3. 非農地 R-----岩 Ls----崩壊地／地滑り地 B-----砂／礫／巨礫 W-----水面 Ri----河川／洪水氾濫地 U-----集落</p>
<p>4. 森林</p> <p>(1)被覆型 C-----針葉樹林：針葉樹が75%以上を占める林 H-----広葉樹林：広葉樹が75%以上を占める林 M-----混交林：針葉樹と広葉樹が混交する林 S-----灌木林：樹高3m以下の低木林</p> <p>(2)樹種型 Sa1---ショレア類 Pn---マツ類 Tmh---熱帯混交広葉樹 Dmb---落葉混交広葉樹 Q-----カン類 An---ハンノキ類</p> <p>(3)条件型 P1---造林地 P2---保護林</p> <p>(4)樹冠株密度 樹冠によりカバーされる面積の割合を表現する。 1----<10%（森林外） 2----10～40% 3----41～70% 4---->70%</p> <p>(5)成熟度 Mx---伐期又は用材としての評価に達した成熟木 Ix---未成熟又は小径木用材 Rx---更新木（ポールの大きさになった更新木）</p>
<p>記入例</p> <p>T2 / 耕地率(50-75%) / 成熟木 レベルテラス / 広葉樹林 / 樹冠株密度(70%以上) / 熱帯混交広葉樹</p>

② 空中写真による判読

- a. 空中写真から土地利用／植生を判読して区分する。
- b. 縮尺 (1/25,000) を考慮し、1区画の判読最小面積を 1 cm× 1 cm (6.25ha) とする。
- c. 山腹耕地は、畝のあるレベルテラス (水田) とスローピングテラス (畑) に区分する。
- d. 耕地のなかに混在する判読最小面積に満たない森林又は草地があるため、1区画に占める耕地の割合を耕地率として区分する。
- e. 森林であっても樹冠疎密度が10%未満のところは草地とする。

③ 移写

写真上に判読区分された土地利用/植生の区分を地形図(1/25,000)に移写する。

④ 現地確認

地形図上に移写した土地利用／植生図 (案) と空中写真により現地において判読結果と不明箇所の確認を行う。

⑤ 土地利用／植生図の作成

写真判読、現地調査の確認によって、土地利用/植生図(1/25,000)を作成する。

(3) 土壌調査

(目的)

- ・調査地域における、土壌の分布状態を知るために、土壌図を作成する。
- ・土壌の理化学的性質を調査し、計画策定のための基礎データを得る。

① 断面の作成

- a. 標準的なサイズは幅1m、長さ1.5m、深さ1.5m（又は基岩に達するまで）である。

簡略な試坑（近隣との差異を確認するため）は、幅50cmで深さ70cm（必要な深さ）とする。

- b. 断面数は、土壌単位の分布状況によるが、モデルエリアにおける調査では5～600haに1箇所断面を行っている。

② 土壌断面調査

Guideline for Soil Profile Description ; Second Edition 1977 (FAO-Unesco) に準拠する。

③ 土壌分類

Soil Map of the World - Revised Legend 1990 (FAO-Unesco) に基づいて行う。

モデルエリアにおける調査では、次表のとおり土壌単位が出現した。各土壌単位の特徴は表-4のとおりである。

表3 区分した土壤

記号 (表示単位)	主要土壤単位 The main Soil Units	土壤単位 The Soil Units
Fl e/c/d	Fluvisols	Eutric/Calcaric/Dystric Fluvisols
Fic		Calcaric Fluvisols (Cement Pan)
Rg c	Regosols	Calcaric Regosols
Rg d		Dystric Regosols
Lpd	Leptosols	Dystric Leptosols
Lpk		Rendzic Leptosols
Cme	Cambisols	Eutric Cambisols
Cmd		Dystric Cambisols
Cmu		Humic Cambisols
Lvh	Luvisols	Haplic Luvisols
Alh	Alisols	Haplic Alisols
Ach	Acrisols	Haplic Acrisols

• Others
 S -- Sand OutCrop (River)
 C -- Cliff OutCrop(Lithic Leptosols)

④ 土壌試料分析

- a. 一つの断面から、各層からそれぞれ1 kg程度試料を採取する。
- b. 次の各項目について理化学分析を行う。

- (a) pH (H₂O, KCl)
- (b) 土性 (砂、シルト、粘土)
- (c) 交換性塩基 (Na, K, Mg, Ca)(me/100g)
- (d) 塩基交換容量(me/100g)
- (e) 塩基飽和度 (%)
- (f) 全窒素量(me/100g)
- (g) 腐植度(me/100g)
- (h) リン酸濃度 (ppm)

なお、土壌分析は簡易なものは土壌保全局の土壌試験室、それ以外は森林土壌保全省の土壌試験室で分析可能である。

⑤ 土壌図の作成

空中写真、現地踏査での地形・土地利用等の確認結果を記した調査野帳の情報をもとに、土壌の分布状態を明らかにし、FAO-Unesco方式による分布を1/25,000の地形図上に示して、土壌図を作成する。

モデルエリアにおける土壌の性質と土地利用から見た土壌の適合性は次表のとおりである。

表4 モデルエリアにおける土壌単位(Soil Unit)毎の土壌の性質と土地利用から見た土壌の適合性

土壌単位 (Soil Unit)	Character (土壌の性質)							Land Use and Vegetation	土壌適合 (Soil suitability)
	特徴層位 Key Horizon	pH H, O	CEC A層	B-S (%)	土性 (Texture)	地形 (Land Form)	母材 (Parent material)		
Eutric/ Calcaric/ Dystric Fluvisols	沖積土壌 浅いA層	>5.5	<5	>50 Flc/e <50 Fld	SL SiL L	河岸低地 河岸段丘	様々。 堆積岩はCa で破砕されて いる。	耕作地	Fluvisolsが分布する川沿い低地は山間部の農耕にとって非常に重要な部分である。 低いCECの値が示すように、基本的には保水力、保肥力に乏しく、生産性は高くはない。しかしながら、肥料効果は顕著(特にリンや窒素)なので、灌漑すれば高い収量が得られる。 耕作に最適なのは1m以内に石礫がちな堆積物がない土壌であるが、こうした区域はモデルエリア全体ではわずかである。
Calcaric/ Fluvisols (Cement Pan)	30cm以下の 表土セメント 状のC層	>7.0	<5	>100	SiL	河岸低地	石灰	耕作地(灌漑し ているところ) 草地(未灌漑)	表面から30cm内外にセメント状の厚い堆積石灰層があり、アルカリ性の土壌である。したがって、セメント状の層位が根張りの伸長を阻害し、pH 7.0を超えるようなA層は窒素の無機化が停滞し、他の元素も不溶化するの、作物に様々な養分欠乏を発生させる。 集約的な農業を行わなければ、一般に高い収量を得るのは難しい土壌である。
Calcaric/ Regosols	A-C断面 カルシウム層	>6.8	<10	>100	SiL L	表面侵食又は 斜面崩壊した急斜面	苦灰岩 石灰岩	放牧草地 低木林 農地(引水可能な 地域)	バルバット南モデルエリアに多く分布する土壌。一般的にレゴソルは石礫がちで浅い表層土しかもたないため、農業利用には制限があるが、この土壌の母材となるドロマイト等の塩基性岩は石灰、マグネシウムを多く含有するため、土壌が浅ければ、特に乾きやすく、耕作に問題がある。したがって、この土壌をもし利用するならば、放牧地としての適正があるといえる。 植林する場合は樹種の選定に留意する必要がある。(高塩基と乾燥に適した樹種の選択)
Dystric Regosols	A-C断面	<5.5	5-13	<50	L SL	残積尾根 表面侵食地 崩壊斜面 山脚部	Schist Quartzite Slate	放牧草地 森林 灌木林 耕作放棄地	尾根の残積地や斜面崩壊地で石礫が多く、耕作は困難。土性も粗粒(coarse)で表土が露出すると表面侵食・斜面崩壊しやすい。 森林として維持するのが適当で、放棄された耕作地、崩壊斜面も緑化するのがよい。モデルエリアは一般的に十分な降水量があり、家畜のコントロールが可能なら緑化に困難はない。 尾根上の放牧草地は透水性がよくないので、そこからの表流水が他の耕作地等へ影響を与えないよう、ポカリス等の保全措置が必要である。
Dystric Leptosols	A-R断面 30cm前後以内に 岩盤 (Bed Rock)	<5.5	<10	<50	L	急斜面 岩石地	Schist Quartzite Slate 未風化	放牧草地 灌木林・森林 荒地 (Grazing Land)	30cm前後の非常に薄い土壌しかないため、基本的に耕作不能な荒地。しかしながら、わずかな肥沃な表土を利用するため原植生を焼くことにより利用し耕作している例が見られる。 耕作には適さないため、森林の保全が好ましい。
Rendzic Leptosols	A-R断面 30cm以内に 岩盤 (Bed Rock)	>7.0		>100	SL L SiL	山頂部急斜面 段丘の崖	苦灰岩	放牧草地 灌木林・森林 荒地 (Grazing Land)	カルカリックレゴソルと似ているが、ドロマイト(苦灰岩)の岩盤がところどころ露出し、耕作に不適な不毛地である。粗放な放牧地として利用されている。苦灰岩による岩山もこの土壌に含めている。
Eutric Cambisols	かど、B層 アンブリック (Umbric) A 層	5.5>	>10 森林 <10 耕作地	>50 B層	L SiL SiC CL	河成段丘 山岳斜面	Slate 苦灰岩 塩基の多い母 材	テラス耕作地 (崩壊斜面) 森林(急斜面)	急傾斜の森林地帯以外はテラス造成され、耕作地として利用されている。雨季に肥沃な表土が流出しにくい灌漑されたテラスは、表土流出も少なく、窒素やリンを補充すれば良好な収量が得られる。ゆるやかな山地斜面はほぼ全域耕作下にある。 急斜面の森林では表土が露出すると、表面侵食しやすいことから、森林として維持したい。

※B-Sは塩基飽和度

表4 モデルエリアにおける土壌単位(Soil Unit)毎の土壌の性質と土地利用から見た土壌の適合性

土壌単位 (Soil Unit)	Character (土壌の性質)							Land Use and Vegetation	土壌適合 (Soil suitability)
	特徴層位 Key Horizon	pH H, O	CEC A 層	B-S (%)	土性 (Texture)	地形 (Land Form)	母材 (Parent material)		
Dystric Cambisols	カンビック (Cambic) B層 オクリック (Ochric) A層	4.8- 5.5	5-15	<50 B層	L SiL SiC CL	山岳斜面 崩積扇状地 河岸段丘	Schist Mica- Schist Qurzait Slate	テラス耕作地 (崩積斜面) 森林 (急斜面)	全モデルエリアの主要な土壌である。標高およそ1200mまでの南側斜面では母材の風化が進み、土壌はオレンジ~赤色(ヘマタイトの色)がかっている。 緩斜面でテラスが適正に作られてしまえば表面侵食は起こりにくいが、透水性もよいので、すべり面があればゆっくりとした斜地すべりの危険がある。耕作地、放牧地とも適するが、窒素が不足し、酸性に偏りがちなので、有機肥料の供給、石灰投与が有効である。石灰を含めて、有機肥料等の施肥効果はあらわれやすい。
Humic Cambisols	カンビック B 層 アンブリック A層 (Umbric A)	4.8- 5.5	>10	<50 B層	L SL	標高およそ 2000m以上 の山岳斜面 山脚の緩斜面 崩積地	Schist Mica- Schist Qurzait Slate	テラス耕作地 (山脚の緩斜面 崩積地) 森林 (標高およ そ2000m以上の 山間斜面)	やや砂質で透水性のよい土壌であるが、灌漑可能ならば肥沃な表土のため、緩斜面の部分は良好な耕作地となっている。 現況森林下にある区域は表土が露出した場合、たとえ土層が厚くとも、急な地形と砂質な土性から、すぐに表面侵食および斜面崩壊が発生するので現況の森林の保全が好ましい。
Haplic Luvisols	アルジリック (Argillie) B層	>6.0	+10	>50	CL SiL L	古い河岸 段丘面 丘陵上の緩 い尾根及び 斜面	様々(河川運 搬堆積物) 苦灰岩 (丘陵地)	耕作地 (灌漑有) 放牧草地 (未灌漑地)	塩基性の母材に由来する土壌で、水の硬ささえあれば、亜熱帯性気候の中では肥沃な土壌である。B層は粘土で皮膜され、カンビソルより風化の進んだ土壌である。土壌は厚く、塩基も豊富で、農地として適しているが、表土の有機物の含有が少なく、表土は流出しやすいので、現況農地は酸性改良の必要はないが、地力維持のための施肥や適正なテラス造成、灌漑の整備等で、表面侵食の防止を行うことが重要である。表土が失われれば土壌構造が失われるので、粘土質で硬くなるので、灌漑なしでは耕作しにくい。
Haplic Alisols	アルジリック B層	5.5	5	>50	CL SiL	古い河岸段 丘	様々(河川運 搬堆積物)	耕作地 (灌漑有) 放牧草地 (未灌漑地)	暗赤色から赤色の土壌で上記のルビソルとは混在する。 塩基飽和度は50%以上であるが、CECの値はルビソルのそれに比して低く、保肥力に乏しい。土地利用的にはルビソルに準じるが、肥沃度はルビソルに劣る。
Haplic Acrisols	オクリック A 層 アルジリック B層	<5.0	5	<50	CL CiL C	緩やかな丘 陵部	Schist Mica- Schist	耕作地 (テラス造成) 草地 (耕作放棄)	古い段丘面や台地等の地形面に出現する厚い粘土分の多い土層を持つ風化の進んだ赤色土壌。pH 5.0前後以下でモデルエリアのように一般に急峻な地形が多い区域での分布は少ない。 低pHで塩基に乏しく、瘠悪な土壌であるが、モデルエリアの中では、石礫が少なく耕作可能なので、テラス造成後耕作利用されている。森林、あるいは低いpHに適合する作物(茶・ミカン等)を栽培するか、低pHに強い米等を栽培するのが望ましい。施肥効果は現れにくい。 侵食斜面や尾根部の所々に出現する赤色で厚い粘土質の土壌は、より温度が高い時代(間氷期)に生成されたレリック土壌の可能性があり、現在の生成作用が重複し、多元土壌となっている。

(4) 地質調査

(目的)

地質図、地形分類図、地質断面図を作成し、災害予測図（ハザードマップ）を作成のための試料とすることを目的として調査を行う。

(対象地域の位置づけ)

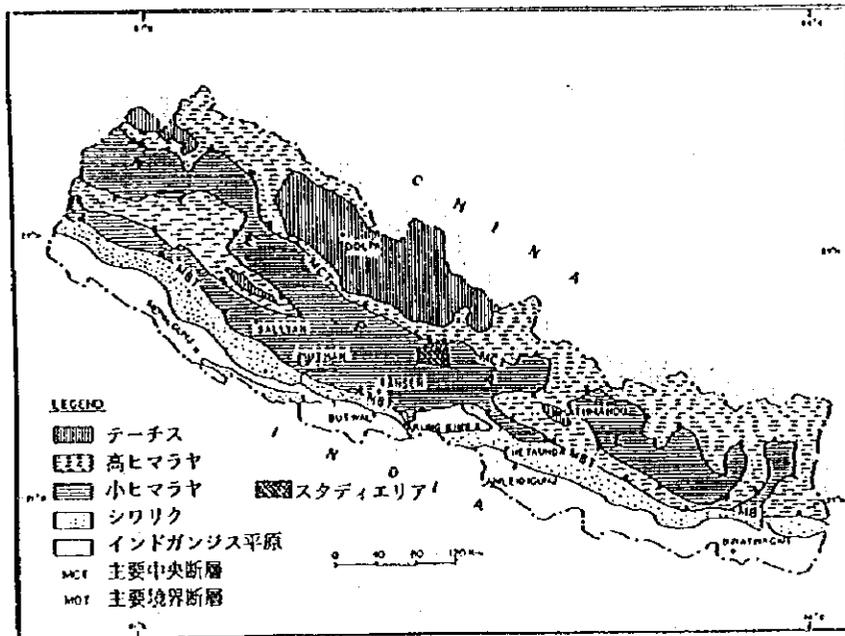


図-6 ネパールヒマラヤにおける主な地質

地質調査は、既存の関係試料の収集、空中写真及び地形図の判読、現地調査によって次の項目について行う。

① 調査項目

- a. 地質単元 (ユニット)
- b. 地質構造

② 因子の抽出

- A. 岩盤因子
 - A-1: 岩盤の強度
 - A-2: 破碎の程度
- B. 被覆層因子
 - B-1: 被覆層の団結度
 - B-2: 被覆層の厚さ
- C. 地勢因子
 - C-1: 流れ盤斜面
 - C-2: 侵食前線

③ 因子の分類基準

抽出した各因子は、以下に示す基準で分類する。

A-1 岩盤の強度

- a. とても硬: 一軸圧縮強度が $1,000\text{kgf/cm}^2$ 以上の岩盤からなり、剝離面がほとんど存在しない。
- b. 硬い: 一軸圧縮強度が $1,000\text{kgf/cm}^2$ 以上の岩盤からなり、剝離面が 10cm から 1m 間隔で存在する。
- c. 中位: 一軸圧縮強度が 300kgf/cm^2 から 800kgf/cm^2 程度の岩石からなり、剝離面が 5cm から 1m 間隔で存在する。
- d. 軟い: 一軸圧縮強度が 300kgf/cm^2 から 800kgf/cm^2 程度の岩

石からなり、剥離面が無数に存在する。

- e. とても軟：一軸圧縮強度が300kgf/cm²以下の弱層を頻繁に挟存する。

A-2 破碎の程度

- a. 非破碎：片状構造や剝離構造など通常の変成岩に存在する構造だけが認められる。
- b. 弱破碎：割れ目が発達し、片状を呈する部分が認められるものの、粘土質の部分はほとんど見られない。
- c. 中破碎：割れ目が発達し、片状を呈する部分が認められ、薄い粘土を挟存する部分がある。
- d. 強破碎：割れ目が発達し、細片状もしくは葉片状を停止、粘土が頻繁に挟存される。

B-1 被覆層の固結度

- a. 欠如：被覆層の厚さが1 m以下。
- b. 半固結：石灰分による膠結、もしくは細粒分の圧密により、堆積物がやや停まっている。
- c. 未固結：堆積物の基質はルーズである。

B-2 被覆層の厚さ（土かぶりの厚さ）（T）

- a. $T \leq 1 \text{ m}$ 、（欠如）
- b. $1 \text{ m} < T \leq 3 \text{ m}$
- c. $3 \text{ m} < T \leq 6 \text{ m}$
- d. $6 \text{ m} < T$

C-1 流れ盤斜面

- a. 存在しない
- b. 不明瞭
- c. 明瞭

C-2 侵食前線

- a. 存在しない
- b. 不明瞭
- c. 明瞭

④ 地勢の分類

- a. 現河系
- b. 扇状地
- c. 崖錐 (洪積性斜面)
- d. 段丘
- e. 侵食前線
- f. カルスト
- g. 流れ盤斜面
- h. 露岩地
- i. ガリ
- j. 岩盤すべり
- k. 土砂すべり

(1) 地質

② 地質単元

調査対象地域では、「小ヒマラヤ」に属する様々な程度に変化した先カンブリア代から古生代前期の岩石が広く分布する。また、「高ヒマラヤ」に属する岩カンブリア代の高変成岩がカスキ北モデルエリアの北端に狭く分布する。「高ヒマラヤ」は「小ヒマラヤ」に衝上している。両者を境する衝上断層はヒマラヤの第一級の断層の一つである。「主中央衝上断層」である。

これらの基盤岩類は以下に示す第四紀の半固結～未固結の堆積物に覆われる。

- a. 現河床堆積物
- b. 扇状地堆積物
- c. 崖錐堆積物
- d. 段丘堆積物

モデルエリアに分布する基盤岩類は、岩相及び変成の程度に基づき、次表のように9つの単元（ユニット）に分けられる。

工学的特徴のうち、岩石の硬さは斜面の安定に大きく影響を与えるため、災害予測図を再生する上での重要な地質因子である。

表5 モデルエリアにおける地質単位(ユニット)

ゾーン	グループ	ユニット	主要構成岩石	地質的特徴	工学的特徴
高ヒマラヤ		藍晶石片麻岩-片麻岩ユニット	片麻岩(ミロナイト質眼球片麻岩と縞状片麻岩)	片麻状構造(白と黒の縞模様)が特徴の、塊状で粗粒な高度変成岩	硬質(割れ目が広く、硬く、塊状な岩片)。割れ目に沿って強風化し、砂状になることがある。
			藍晶石片麻岩	明灰色-暗灰色。藍晶石を含んだ、中-粗粒の高度変成岩。片理と不明確な帯び状構造を持つ。	中硬質(比較的硬い岩片だが、片理に沿ってややもろい)。風化により砂状-泥状になる。
小ヒマラヤ		石炭片岩-晶質石灰岩ユニット	石炭片岩	暗灰色-黒。強く変形した、中粒、中度変成岩。はっきりとした片理構造を持つ。泥質岩起源。	軟質(比較的もろい岩片でかなり変形している。片理に沿って非常にほがれやすい)。風化により泥状になる。
			石灰質片岩	緑-明灰色。変形が強い。中粒、中度変成岩。明確な片理構造を持つ。石灰質泥質岩起源。	軟質(比較的もろい岩片でかなり変形している。片理に沿って非常にほがれやすい)。風化により泥状になる。
			石灰質珪岩と灰苦質晶質石灰岩	明灰色-黄灰色-白色。細粒-中粒の石灰質変成岩。上記片岩を挟在する。	高硬質(比較的割れ目間隔の大きい、非常に硬くて塊状な岩片)。ほとんど風化しない。
	ザクロ石片岩ユニット	ザクロ石片岩	灰色-グリーン、又は明灰色。変形が強い。中粒-細粒のガーネットを含む中度変成岩。明確な片理を持っている。	軟質-高軟質(変形が強く、もろい岩片。片理に沿って非常にほがれやすい)。風化によりシルト状-泥状になる。	
		片麻岩(眼球片麻岩)	葉片状構造が発達した粗粒高度変成岩。淡い色の厚めの層(3-5mm)と、暗色の薄い層(約1mm)で形成されている。	硬質(割れ目が大きく、硬くて塊状な岩片)。かなりの風化により割れ目に沿って砂状になることがある。	
	下部 Nawakot グループ	Kuncha 層ユニット	千枚岩、砂状千枚岩、珪質千枚岩	緑がかった灰色-暗灰色。細-中粒変成岩。淘汰の悪い堆積岩起源。千枚岩質変成岩と珪岩を伴う。	中軟質(どちらかといえば柔らかい岩片で、縞状構造に沿ってほがれやすい)。風化により泥状-砂状になる。
		Fagfog 珪岩ユニット	珪岩	白色-明るい緑色。中程度-厚い層状構造(0.5-2mm)を持つ。中粒-粗粒の珪質変成岩。千枚岩レンズと厚い塊状角閃岩を伴う。	高硬質(比較的割れ目の大きい、非常に硬くて塊状な岩片)。ほとんど風化しない。
		Dandagaon 千枚岩ユニット	珪質千枚岩、砂質千枚岩	緑色-灰色。中粒-細粒の中度変成岩。オリーブグリーン-の珪岩、変成した輝岩レンズ、暗緑色の角閃岩レンズを伴う。	中軟質(どちらかといえば柔らかい岩片で、縞状構造に沿ってほがれやすい)。風化により泥状-砂状になる。
		Nourpul 層ユニット	粘板岩、千枚岩	紫色-緑色-暗灰色。細粒-中粒の低度変成岩。緑灰色で細粒-中粒変砂岩を伴う。	中軟質(比較的柔らかい岩片で、裂け目や劈開に沿ってもろい)。風化作用で泥状になる。
			珪岩	明灰色。粗粒で斜交葉理を持つ低度珪質変成岩。緑色-灰色で薄い帯状の千枚岩レンズを伴う。	高硬質(比較的割れ目の大きい、非常に硬くて塊状な岩片)。ほとんど風化しない。
Dhading 層ユニット	苦灰岩	青灰色-明灰色。厚い帯状のほとんど変成しない炭酸塩岩。紫色の珪質苦灰岩と黒色粘板岩薄層を伴う。	高硬度(節理が広く、比較的硬くて、塊状な岩石片)。化学的作用によってシルト状-泥状になる。		
上部 Nawakot グループ	Benighat 粘板岩ユニット	粘板岩	暗灰色-黒色。細粒、割れ目が多い。葉理の認められる非-弱変成岩。石灰質の薄層を挟む。	中軟質(比較的柔らかい岩片で、劈開にそって相対的にもろい)。風化作用によってシルト状-泥状になる。	

(5) 水文調査

(目的)

水文調査は水資源の現況を明らかにし、侵食危険地の予測及び侵食防止計画を策定するために実施する。

① 水系

調査対象地域内の河川には次の水系がある。

- a. マディ川 (Madi River)
- b. セティ川 (Seti River)
- c. モディコラ (Modi Khola)
- d. カリガンダキ (Kali Gandaki)

これらの主要河川及び支流を空中写真や地形図から判読し、現地調査によって水系を確認する。

この調査結果を地形図 (1/25,000) 上に示したのから次図 (例) の水系図を作成する。

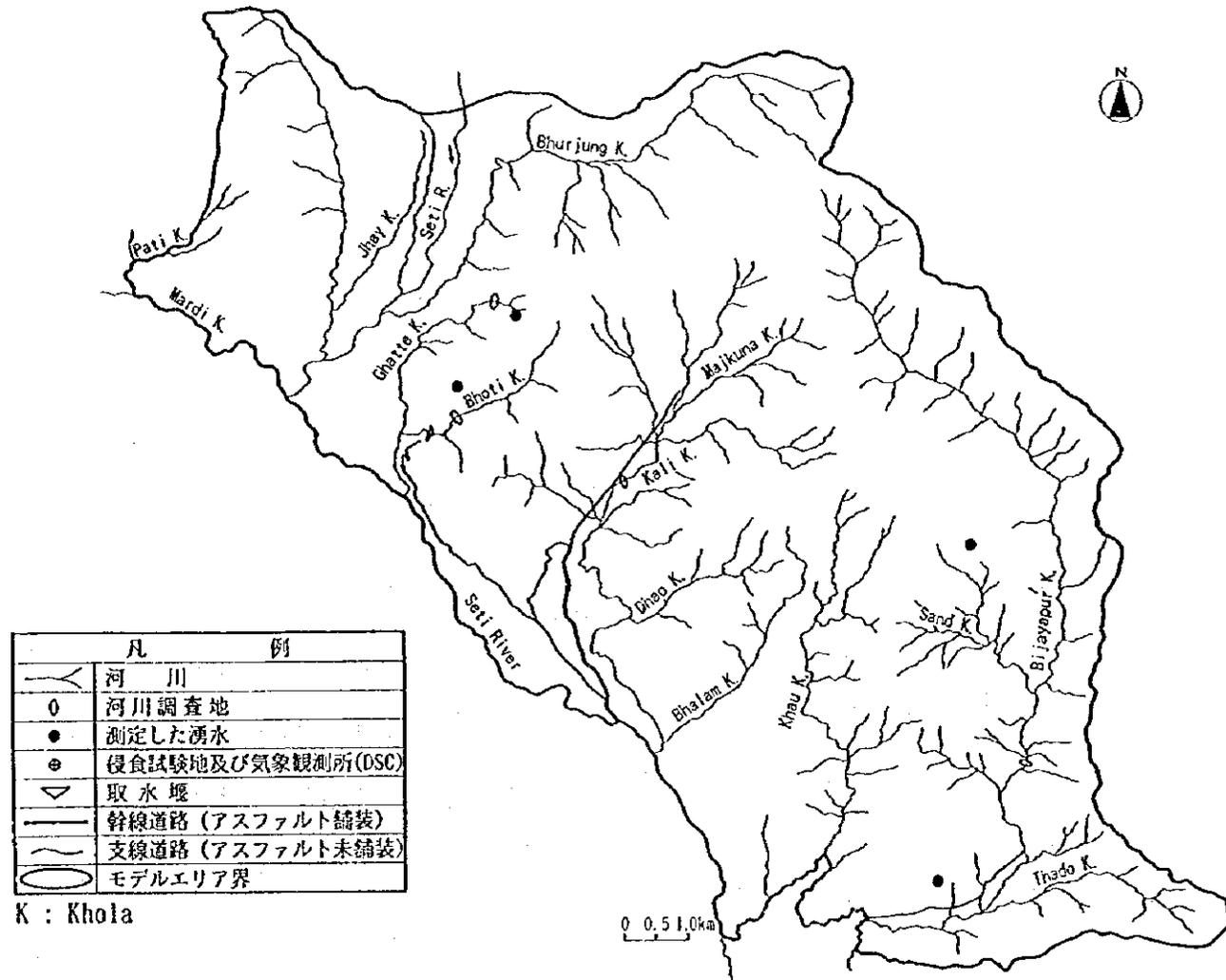


図-7 水系図(例)

② 河川流量

河川流量は、水文・気象局ナラヤニ流域事務所が、いくつかの点で測定している。(表6のとおり)

流出量の測定は、乾季及びモンスーン季に時折実施されているが、常時測定したデータは入手できない。

必要に応じての常時観測が行われることが望ましい。

表6 対象地域の河川流量の測定の例

河川/Khola (ネパールの)	流量 (m ³ /sec.)		観測期間	備 考
	乾期の最小流量 (観測年月日)	モンスーン季間の最大流量 (観測年月日)		
Seti River (Kaski North)	2.1 (1990年2月18日)	383.8 (1973年8月18日)	1964年1月1日 ～ 1992年8月27日	1992年に観測中止
Bijaipur Khola (Kaski North)	0.3 (1980年4月7日)	15.2 (1985年6月25日)	1975年6月2日 ～ 1988年3月28日	1988年に観測中止
Harpan Khola (Kaski West)	0.6 (1975年4月21日)	11.9 (1979年10月15日)	1964年1月20日 ～ 1983年1月21日	1983年に観測中止
Nadi River (Kaski East)	2.8 (-)	523.0 (1977年8月3日)	1973年2月8日 ～ 1996現在	現在も観測継続中
Modi Khola (Parbat North)	0.5 (1995年4月26日)	253.2 (1989年8月25日)	1975年5月25日 ～ 1996現在	現在も観測継続中(Kaligandakiの支流ModiはParbat北モデル地域の北西に位置し、その全長は3500mである)
Lanaya Khola (Parbat North)	0.02 (1988年5月17日)	4.3 (1984年9月10日)	---	
Seti Khola (Parbat South)	0.6 (1992年4月11日)	80.7 (1984年8月9日)	1976年2月22日 ～ 1996現在	現在も観測継続中

注：Narayani流域事務所気象水文部のデータにより作成

③ 地表水

④ 地下水

⑤ 流量の測定

地表水は、河川水、雨水、池等からなり、主に灌漑用水及び家庭用水に利用されている。

灌漑用水路、取水堰、雨水利用、集水池等の現況について調査する。

一時的な浸水や恒常的な湧水について調査する。

河川等を流れる水は、流れの速さと深さ、正確に言えば流速と断面積とが直接判断される量の2つの量をかけあわせて流量を得る。

$$Q = A V$$

$$Q = \text{流量 (m}^3/\text{sec.)}$$

$$A = \text{断面積 (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{流出/湧出速度 (m/sec.)}$$

測定は、流れを垂直にする測定断面を設定し、河床断面の変曲点ごとに推進測線を設け、その線の平均流速を測定する。

⑥ 簡易流量、湧水量の測定法

定量の容器（1ℓ程度のミネラルウォーターの容器等）が満水になるまでの時間（秒）を測定して、流量／湧水量を求める。

次表はモデルエリアの例である。

表7 モデルエリアの湧水の流量

(1996年2月、3月調査)

場 所		流 量 (L/sec)	水 利 用	水 源 地 の 植 生	備 考
湧 水	Ward No. VDC, モデルエリア				
Mauja	1, Mauja, カスキ北	0.5	生活用水	低木林とかん木。地域住民により竹の圃が巡らされている。	4月には流量は半分ぐらいになる(地域住民)
Uppio Kaure	3, Puranchaur, カスキ北	0.2	生活用水	ハンノキの幼齢林と草地。放牧の形跡が見られる。	
Chitepani	6, Puranchaur, カスキ北	0.3	生活用水	広葉樹の疎林。放牧の形跡が見られる。	斜面上部に亀裂が進行
Bhir Pani	5, Arba, カスキ北	0.2	生活用水	イチジクとトネリコの大木が散在している。	4月には涸れてしまう(地域住民)
Pyauli Khola	5, Deurali, カスキ東	0.6	生活用水	広葉樹の密林と斜面の土部に農地が散在している。	パイプで近隣地域まで水が運ばれる(予定)
Donduri Khola	9, Thuli Pokhari, カスキ北	0.2	生活用水	ハンノキ、竹、イジュ、シイノキ属、等	斜面の左側に小規模な地滑り(約10-15㎡)
Thulopoho	Bhangara, バルバット北	0.1	生活用水	イジュ、シイノキ属、等の広葉樹原生林	
Makare Khola	Tribini, バルバット南	4.5	灌漑用水	かん木と広葉樹原生林	
Tribini	Tribini, バルバット南	0.5	生活用水	水田	水源はSeti川沿いの河岸段丘にある。

⑦ 溪流

調査対象地域内を流れる主な河川について、その状況を現地で調査する。

- a. 溪流荒廃の状況（溪岸侵食）
- b. 溪流勾配
- c. 周辺部の土地利用
- d. その他必要な事項

次図及び次表はモデルエリアにおける調査例である。

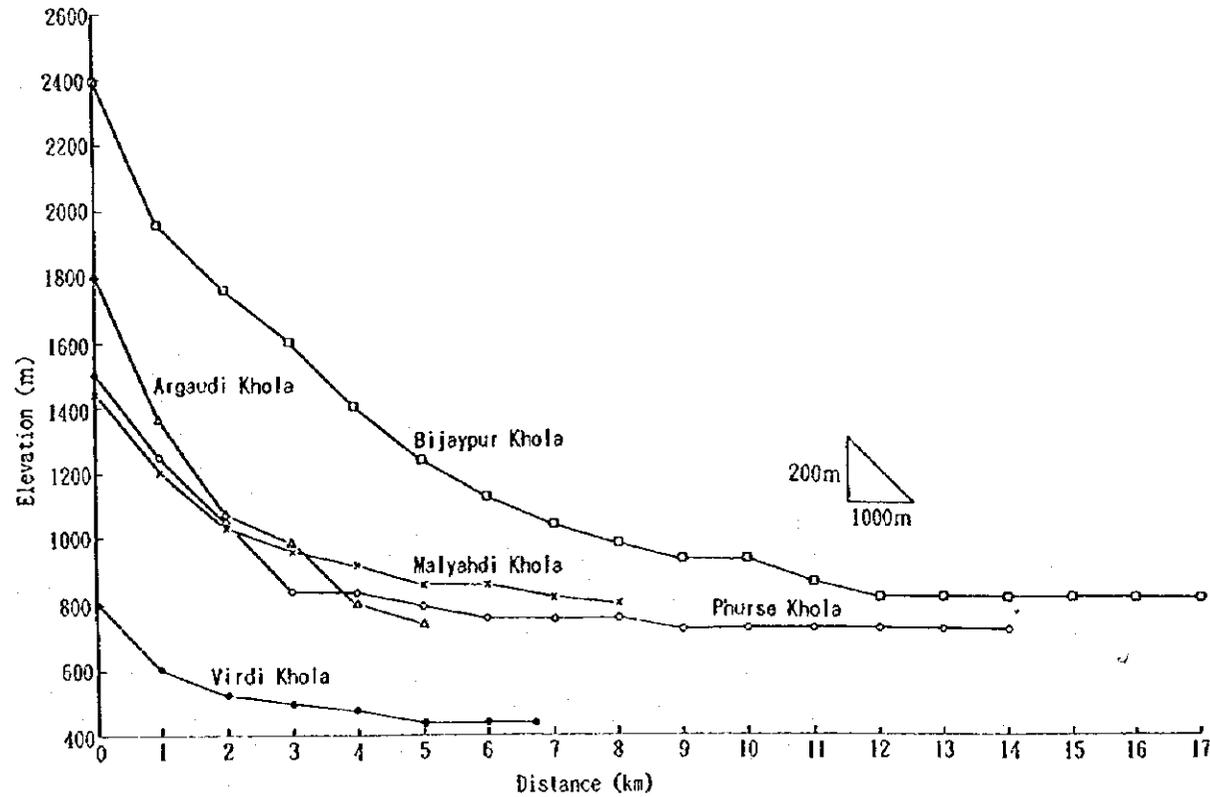


図-8 モデルエリアを流れるいくつかの川の縦断面図

表8 モデルエリアの川の状況

(1996年2月、3月調査)

河川 (モデルエリア)	川幅 (m)	水の状態			傾斜 (°)	溪岸浸食状況				周辺部の 土地利用	備 考
		水面幅 (m)	水深さ (m)	色		高さ (m)	深さ (m)	傾斜 (°)	現 対 策		
Bijayapur川 (カスキ北)	190.0	4.5	0.12- 0.18	無色透明	2.5	2.4	1.2	80	なし	R.Arba Bijaya 学校の校庭 L.段丘地と灌木 地	<ul style="list-style-type: none"> 右岸の洪水標準高 1.1m 三月と四月には流量は四分の一になる(地域住民)
Kali 川 (カスキ北)	67.0	3.6	0.09- 0.12	無色透明	2.5	3.0 4.0	1.0 1.5	50 70	石がまち (状態は悪い)	川の両側に水田 がある。	<ul style="list-style-type: none"> 右岸にある水田の一部は1995年 8月の洪水で被害を受けた。 三月と四月には流量は二分の一 ぐらいになる(地域住民)
Bhoti川 (カスキ北)	22.5	2.2	0.05- 0.10	無色透明	1.5	0.8	1.0	80	なし	川の両側に水田 がある。	<ul style="list-style-type: none"> モンスーンの季節には、川の両 岸の水田はどちらも土手から50 -80m位まで、洪水で水に浸か ってしまう(地域住民) 調査地点から約 100m上流で基 底流出
Virdi 川 (カスキ東)	56.5	3.5	0.05- 0.15	無色透明	5.0	0.6 1.4	1.0	80	調査地点にはな い。河口近くにな る竹でつくら れた伝統的護岸 工と在来型の石 がまち	川の両側に水田 がある。	<ul style="list-style-type: none"> モンスーンの季節には、川の両 岸の水田はどちらも土手から60 -70m位まで、洪水の被害をう ける(地域住民) 中流域の右岸から灌漑用水がひ かされている。
Kkalte川 (カスキ東)	61.0	調査地 点では 乾燥川 床	-	-	3.5	0.7 2.8	0.6 1.8	65 70	調査地点にはな い。河口近くにな る竹でつくら れた伝統的護岸 工と在来型の石 がまち	川の両岸に水田	<ul style="list-style-type: none"> モンスーンの季節には、右岸に ある水田は土手から 100-150m まで洪水にみまわれる(地域住 民) 段状水田 調査地点から約 1.5km地点周辺 で河床流出 8月末からこの川は恐れる(地 域住民) Dhontar 灌漑用水路へ、右岸の 土手から水が引かれている。

注 ① RとLは河川の右岸と左岸をそれぞれ示す。

② 溪岸浸食で示されている数字のうち、レンジのある両岸、ない場合は片側を示す。

(6) 崩壊危険地調査

(目的)

対象地域における侵食の防止復旧の計画立案のための基礎資料を得る。

調査項目は次のとおりである。

- ① 地すべり
- ② 溪岸侵食と洪水
- ③ 表面侵食とガリー侵食

① 地すべり

空中写真判読及び現地調査によって確認する。調査項目は次のとおりである。

a. 地すべりのタイプ

- (a) 岩屑すべり
- (b) 岩石すべり
- (c) 複合すべり (1と2の複合)

b. 規模

- (a) タイプ1 (1.0~3.0m深、160~2,500㎡)
- (b) タイプ2 (それ以上)

c. 推測される原因

d. 保全対象物

e. 既存の対策

f. その他の必要なもの

次表はモデルエリアにおける地すべりの例である。

表9 モデルエリアにおける進行中の小規模地すべりの特徴

(調査時点: 1996年2月/3月)

位 置 Ward No VDC モデルエリア	種類:地質	跡 地 の 状 況								発生年月	保全対象	既存対策	直接原因	周辺地域での 土地利用形態	備 考
		全 長 (m)	幅 (m) 最大 平均	厚さ (m) 最大 平均	傾斜度 (°)	面 積 (㎡)	体 積 (㎡)								
2、プノディバモ ディ、カスキ西	土石崩落; フィライト	35	18 16	3.0 2.3	26	560	1290	1995年7月	歩道;農地	無	脆弱な地質;上部に位置する農地からの集中的な雨水の流入	草地;農地			
586、チャバコ ット、カスキ西	土石崩落; フィライト	28	16 13	1.0 1.0	35	364	364	1995年7月に規模が拡大	歩道;灌漑用水路;水田	無	同上;灌漑用水路からの浸出	草地;水田			
1、タバータナ バルバット北	土石崩落; フィライト	60	35 30	4.0 3.0	29	1800	5400	1989年又は1990年(推定)	歩道;家屋; 農地	バルバット土壌保全事務所による石積みめの治山ダム	脆弱な地質;上部に位置する農地からの集中的な雨水の流入	宅地;傾斜テラス	・跡地には多くのハンノキ(高さ0.4-3.0 m)と草が生えている;一部の植生は放牧によって消失 ・上部斜面には引張り亀裂が生じている(村民談)		
5、カルキネタ バルバット北	土石崩落; フィライト	60	45 33	3.5 2.8	26	2475	6930	1984年と1988年の間	歩道;農地	無	脆弱な地質;地下水の浸出	ハンノキの天然林; 農地	・跡地の中腹に地下水の浸出が見られる。 ・斜面上部には幅12-15 cmの引張り亀裂 ・跡地には多くのハンノキ(高さ1.5-5 m)及び低木(高さ0.5-1.0 m)が生えている		
1、ラハチャック カスキ北	土石崩落; シスト	150 (推定)	17 15	2.2 1.8	36	2250	4050	1995年7月	歩道;2本の灌漑用水路	無	脆弱な地質;急斜面;灌漑用水路からの浸出	上部割離:荒れた草地 下部割離:水田と散生したハンノキ	・破壊された2本の灌漑用水路は約100haの水田に灌漑用水を供給していた ・上部斜面には幅10-20 cmの引張り亀裂が生じている		
2、アルマラ、 カスキ北	土石崩落; シスト	80 (推定)	37 30	2.5 2.5	34	2400	6000	1995年8月	天水利用水田	無	脆弱な地質;急斜面;上部に位置する農地からの集中的な雨水の流入	天水利用水田			
1、モウジャ カスキ北	土石崩落; シスト	20	11 8	2.1 2.0	31	160	320	1995年8月に規模が拡大	上方にある建造物	無	脆弱な地質;急斜面;上部に位置する農地からの集中的な雨水の流入	荒れた草地			
3、ブランチョ ール、カスキ北	岩石崩落; シスト	40	27 26	3.0 2.5	41	1040	2600	1988年又は1989年(推定)	歩道;テラス	無	採石;脆弱な地質;急斜面	ハンノキ(高さ8-10m);水平テラス	左側斜面に幅15-40 cmの引張り亀裂		
5、アルバ、 カスキ北	土石崩落; フィライト	35	12 8	3.0 2.5	34	280	700	引張り亀裂が約8年前に発現;1993年に地滑り	郡道;歩道	無	脆弱な地質;急斜面;上方の小道からの雨水の集中的な流入	荒れた草地;広葉樹の疎林	地すべりによる土石が道路上に堆積し、小丘を形成		

② 溪岸侵食と洪水

空中写真、現地調査、住民からの聞き取り等によって状況を把握す

る。

下表はモデルエリアの例である。

表10 溪岸侵食の現状

(1996年2月、3月調査)

位 置	河 川 名	溪岸侵食の影響を受けた河川の長さ (km)	河川沿いにある護岸工 (km)	備 考
カスキ北	Vijaypar Khola	11.0 (2.5)	1.0	Kahu KholaとThado Kholaを含む
	Kali Khola	7.0 (2.0)	0.5	Bhao Khola, Charmi Kholaを含む
	Bholi Khola	3.0	—	
	Chatte Khola	2.5	—	
	小 計	23.5 (4.5)	1.5	
カスキ東	Khalte Khola	5.0 (1.0)	0.8	
	Yirdi Khola	5.0 (1.0)	0.8	
	Angu Plushre Khola	7.0 (2.0)	1.0	Phidi Kholaを含む。このKholaに沿ってJICAプロ技P及び利用者グループによって石詰め蛇籠の溪岸保護対策実行
	小 計	17.0 (4.0)	2.6	
カスキ西	Magsoli Khola	4.0 (1.5)	0.4	
	Phurse Khola	7.0 (2.0)	1.5	Khade, BhungeとKalinaki川を含む
	Harpan Khola	4.0	0.2	Hardi 川を含む
	小 計	15.0 (3.5)	2.1	
バルバット北	Walyahdi Khola	5.5	0.8	
	Jamoya Khola	6.0	0.4	Chirdie Kholaを含む
	小 計	11.5	1.2	
バルバット南	Seli Khola	9.0	1.4	-Boke Khola, Makre Kholaを含む -Boke Kholaに沿ってJICAプロ技及び利用者グループにより石詰め蛇籠の溪岸保護工実行
	ブルセ川			
	Wardi Khola	2.5	1.0	
	小 計	11.5	2.4	
合 計		79.5 (12.0)	9.8	

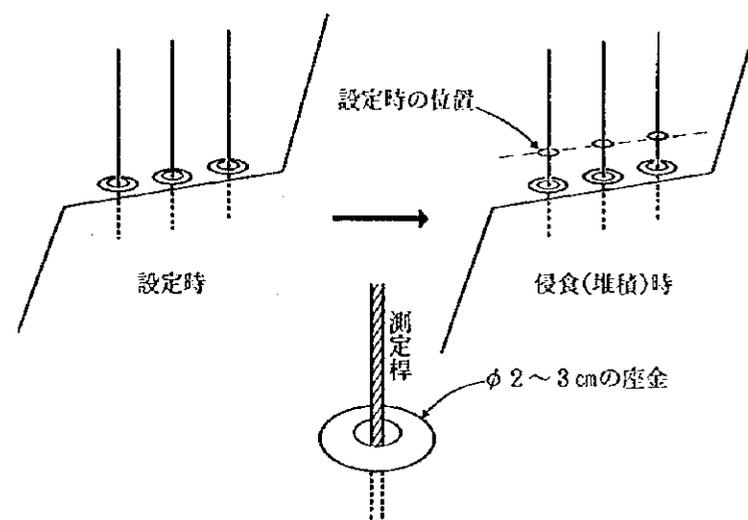
注：① 溪岸侵食の影響を受けた河川の長さ及び護岸工は河川の両岸を含む。
② 括弧 () に入る数字は捨石工を計画する河川支流の長さである。

③ 表面侵食とガリー侵食

a. 表面侵食の測定

エロージョンピンによる測定は、侵食及び堆積の両サイクルを測定する簡易で安価な調査方法である。

この方法は、調査対象地にプロット（2 m × 5 m程度）を設け、1 m間隔に設定したピンの高さの移動を測定する。



b. 侵食（堆積）量の算定

(a) エロージョンピンの座金の移動量をミリあるいはセンチ単位で計測し、侵食量（-）及び堆積量（+）を算出する。

(b) 上記aで求めた数値からヘクタール当たりの土砂移動量（ m^3 ）を求める。重量（ton）で表すときは、土壌の密度（比重）によって換算する。NARC（国立農業研究所）によれば、ネパール山間部の比重は1.0-1.4である。

(c) 実際の土砂移動量の測定は、数年間の測定平均値を求める。

<許容土壌流出量>

基本的には、流亡量が土壌生成量よりも小さければ、進行性の荒廃のない持続的土地利用が達成される。土壌生成量は正確には測定できないが、土壌学者の推定によれば、土地の耕うんにより攪乱、通気及び溶脱作用が速められると、25mmの土壌(層)を生成するためには100年程度かかるということである(N. Hudson: Soil Conservation, 1995)。他の推定でも、生成量を30年で25mmとしている。容積重を1.2と仮定すると(NARCによれば、ネパール山間部地のこの数値は1.0~1.4)、土壌生成量は約3~10t/ha/年となる。

また、許容流亡量の数値は土壌深度及び風化条件による。例えば、風化率が高く深い土壌での3~10t/ha/年の流亡は、浅い土壌での岩野多い地形での流亡よりも深刻ではない。しかし、10t/ha/年は、この調査における許容流亡量の上限と考える。

許容流亡量を超えている箇所には、早急に保全対策をとる必要がある。

右表にネパールおよびエロージョンピンで得られた表面侵食による土砂流出量を示す。

しかし本調査では、調査期間の関係から一回の雨期の数値によって、ヘクタール当たりの土砂移動量を求めている。

表11 表面侵食による土砂流出量

土 地 利 用	土砂流出(トン/ha/年)		備 考
	(a)	(b)	
農地 (畑) 傾斜テラス 放棄テラス () 水平テラス	17.0-100.0 20.0 2.0-10.0	60.0-70.0 — —	全ての(a) データは、調査対象地域外からのもの
家庭農園	—	30.0	
草地 過放牧地 保護地域	7.7-200.0 1.0-9.4	110.0 —	-(a) には調査対象地域内のフェア湖流からのデータを含む
森林 閉鎖林 劣化林	0.4-10.0 15.0	— —	

- 出典: (a) 1. B. Carson, 1985年ICIMOD不定期刊行ペーパー-No. 1: ネパールのヒマラヤにおける侵食、堆積過程、6、7、28ページ
 2. 1991年DOSEC, UNDP, FAO: 表面流出プロットにおける土壌流亡データ、1978年(全年) フェア湖土壌流亡データ
 3. ネパール中央山地における土壌肥沃度と侵食問題: 1991年4月チク川流域ワークショップ会議録25、85、208-211 ページ
 4. T. Partap及びH. R. Watson, 1994年ICIMOD不定期刊行ペーパー-No. 23: 傾斜地農業技術(SALT)、4-5ページ
 5. F. J. Ramsey 1985年プリティッシュ・コロムビア大学: プエワ峡谷におけるケーススタディ、ネパール中央ヒマラヤにおける侵食(マスター論文) 21-27ページ

c. ガリー侵食

ガリー侵食を調査する。

空中写真判読及び現地調査により侵食状況を把握する。

下表はモデルエリアの例である。

表12 モデルエリアにおいて進行中のガリーの現状 (例)

(1996年2月、3月調査)

場 所	進行状態	長さ (m)		主 流 (m)				傾斜 (°)	現対策	保全対象	周辺の 土地利用	備 考
		主流	支流	深 さ		幅						
				最大	平均	最大	平均					
Gaire Savara, Ward No. 1, Purunchaur VDC, カスキ北モデルエ リア	活発に進行中。 ガリーの先端部 分は、道と農地 側に向けて侵食 が激しい	36	-	6.0	4.5	10.0	6.5	26	なし	ガリー先端 地域の道と 農地	灌漑水田と 放牧地	この侵食はU字型 で、主ガリーの 数は1本だけである
Kaure, Ward No. 3, Purunchaur VDC, カスキ北モデルエ リア	活発に進行中。	200E	10E	3.4	2.3	10.0	6.5	22	なし	農地、道、 水道水路水 槽	天水田、放 牧地、その 他	この侵食はU字型 で、主ガリーと支 ガリーから成っ ている
Ward No. 2, Arba VDC, カスキ北モデ ルエリア	活発に進行中。 ガリーの先端部 と横にある水田 の一部を破壊し ている。	105	-	6.5	3.7	21	13.5	7	なし	天水田	天水田	この侵食はV字型 で、約3年前から 始まった
Ward No. 2, Arba VDC, カスキ北モデ ルエリア	活発に進行中。 ガリーの先端部 と横にある水田 の一部を破壊し ている。	102	7E	4.5	4.0	17	14	7	なし	天水田	天水田	この侵食はV字型 で、約3年前から 始まった
Ward No. 9, Telbini VDC, バルバット南モデ ルエリア	活発に進行中し ている。 ガリーの底には 不安定な堆積物 がたまっている	150E	-	2.2	2.0	13.5	12.0	15	なし	道(2本) と灌漑用水 路	低木林と荒 れた放牧地	この侵食はモデル 地域の、南東部の 境界線になってい る

注1. U字型は下層土の侵食抵抗が上層土の侵食抵抗と同じ場合に形成される
V字型は下層土の侵食抵抗が上層土の侵食抵抗より強い場合に形成される。
2. E: 既別

(7) 侵食危険予測図（ハザードマップ）の作成

（目的）

対象地域における侵食危険度をあらわすために、幾つかのファクターを用いて、侵食危険予測図を作成する。

① 作成方法

- a. パラメータの分布状況を表わした図面（地質図、土壤図、地形図、土地利用図等）を侵食の危険の程度によってレイティングを行って、重ねあわせを行って侵食危険予測図（案）を作成する。

この作成にはGISを用いると容易である。

(a) パラメータの検討

- i. 地すべり分布
- ii. 地質データから岩石の種類
- iii. 地形データから傾斜度
- iv. 水文データから地下水
- v. 土地利用形態

b. レイティング（評価）

調査者や専門家の現場知識に基づいて決定する。

この方法は「Mountain Risk Engineering Handbook」（ICIMOD、1991）によっている。

c. 因子別のレイティングの例

(a) 地質別の危険性評価

要因	カテゴリー	レイティング
A. 岩石の種類 土壌 塊状珪岩、苦灰岩、石灰岩、晶質石灰岩 塊状片麻岩、変砂岩 千枚岩、粘板岩 片岩 脆弱層を挟んだ互層	a. 存在しない	0.0
	b. とても硬い	0.0
	c. 硬い	1.0
	d. 中くらいに硬い	1.5
	e. 脆い	2.0
	f. とても脆い	2.5
B. 脆弱層	a. 存在しない	0.0
	b. 非断層	0.0
	c. 弱「破碎帯」	1.5
	d. 中「破碎帯」	2.0
	e. 「断層」と強「破碎帯」	2.5

(b) 土壌別の危険性評価

要因	カテゴリー	レイティング
C. 被覆層の固結	a. 岩石地	0.0
	b. 半固結	1.0
	c. 未固結	2.0
D. 被覆層の厚さ	a. $T \leq 1\text{m}$	0.0
	b. $1\text{m} < T \leq 3\text{m}$	2.5
	c. $3\text{m} < T \leq 6\text{m}$	2.0
	d. $6\text{m} < T$	1.5

(c) 地形別の危険性評価

要因	カテゴリー	レイティング
E. 流れ盆	a. 存在しない	0.0
	b. 不明瞭	1.0
	c. 明瞭	2.0
F. 侵食前線	a. 存在しない	0.0
	b. 不明瞭	2.0
	c. 明瞭	4.0

(d) 土地利用別の危険性評価

要因	カテゴリー	レイティング
G. 土地利用 森林 水田 灌木林 畑地 草地	a. 高密度に被覆、表面流出を弱める、根は深い（林冠密度40-70%、>70%）	0.0
	b. 中程度に被覆、表面流出を弱める、根は深い（林冠密度<40%）	0.5
	c. 排水を管理、表面流出を弱める。	1.0
	d. 中程度に被覆、根は浅い	1.5
	e. 不十分な排水管理、多量の表面流出、裸地化	2.5
	f. 侵食が強い、裸地化、多量の表面流出	3.5

(e) 傾斜別の危険性評価

要因	カテゴリー	レイティング
H. 傾斜 $0 \leq S < 3\%$ $3 \leq S < 15$ $15 \leq S < 30$ $30 \leq S < 60$ $60 \leq S$	a. 非常に緩い	0.0
	b. 緩い	0.5
	c. 比較的急	1.5
	d. 急	3.0
	e. 非常に急	4.0

(f) 水分的危険性評価

要因	カテゴリー	レイティング
I. 地下水	a. 枯渇	0.0
	b. 湿地（湧出）	1.5
	c. 永久泉（流れている）	1.0

② 検証

③ 侵食危険予測図の使い方

d. 各因子ごとのレイティングを加算して危険レベルを次の3段階に区分する。

危険レベルの例

危険レベル	レイティング
低い	0 - 70
中程度	71 - 109
高い	> 109

空中写真判読、現地調査で作成した地すべり分布図を作成した侵食危険予測図(案)と重ねる。

モデルエリアでは地すべりの80%近くが侵食危険予測図(案)の中-高レベルの危険地帯に存在していた。

また、任意箇所を抽出して、現地確認を行って、レイティングの修正等を行なって、精度向上につとめる必要がある。

作成した侵食危険予測図は、対象地域において発生する小-大規模の土砂-岩すべりのレベルや潜在性を示すものである。当該地図は、災害時等における避難や避難センターの選択に使用されることを意図したものではない。そのような場合詳細な調査に基づく更に大縮尺の侵食危険予測図を必要である。

(8) 社会経済条件調査

(目的)

- 地域毎の社会経済状況及び特徴の把握
- 地域毎に住民が抱える社会経済ニーズの把握
- 社会経済ファクターと流域の問題との関係の把握
- 流域管理計画実施の効果を測定するためのベースライン設定

① 社会経済ベースライン調査

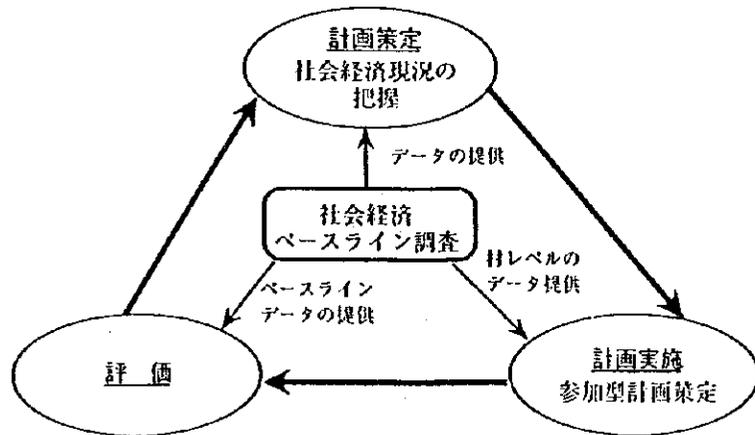


図9 社会経済ベースライン調査の利用

流域管理へのアプローチは、「中央政府機関による計画策定・管理」から「住民の計画策定・実施への参加」を通じて地域の持つ社会的ニーズの充足、環境保全、経済開発といったニーズに対しても対処するアプローチへと変化してきている。このことから、持続的な流域管理計画の策定に当たっては、流域問題に関係する社会的ファクターのみならず、地域住民のもつ社会的・経済的ニーズをも把握することが重要である。また、自然状況と同様に社会状況も地域によって大きく異なるため、それらを地域毎に把握する必要がある。しかしながら、地域毎の社会状況を表すデータは殆どの場合存在しないのが現実である。

ベースライン調査は計画策定時のみならず、左記のように計画実施及び評価に対しても重要な情報を提供することができる。

② 社会経済ベースライン調査のステップ

社会経済ベースライン調査のステップは下記のとおりである。

- a. 必要となるデータ／情報の決定
- b. 調査方法の決定
- c. 調査票の作成
- d. サンプル数及びサンプリング方法の決定
- e. 調査全般に亘る活動計画の策定
- f. 調査員の選定及び訓練
- g. 現地調査
- h. データ処理及び分析
- i. 報告書作成

③ 必要となるデータ及び情報

まず最初に、下記に示すような類似プロジェクト報告書等を参考に、調査で収集すべきデータ及び情報を決める。

- a. 類似プロジェクト／プログラムの報告書
- b. 類似分野の研究報告書
- c. 関連政策

一般に、流域管理に必要となる社会経済関係のデータ及び情報は下記のものを含む。

- a. 流域問題によって影響を被る人々に関する（男女の役割を含む）社会的ファクター全般
- b. 住民が感じているニーズ及び住民共通の関心事
- c. 住民による流域資源の利用状況

④ 調査方法

- d. 流域問題とその重要度
- e. 流域問題に対する人々の捉え方の違い
- f. 流域問題に対する対処方法に関する考えの違い

必要なデータ／情報は、その情報源の違いにより次の3つに分類できる：①地域の一般的な社会経済データ、②世帯の特徴、③個人ニーズ及び関心事。したがって、調査もそれにあわせて方法を変える必要がある。

a. 行政調査

地域毎（ward及びVDC毎）の社会経済データを収集する。それら情報の殆どは一般に入手可能な統計書等に記載されていないため、郡開発委員会、VDC及びWardの長及び関係者から直接収集する必要がある。

b. 世帯調査

世帯構成員のバックグラウンド情報、世帯の流域資源利用状況、作物生産の状況などの世帯の特徴に関する情報を収集する。調査は、調査票を用い、世帯主あるいは世帯の成人構成員に対する聞き取りを通じて行う。

c. 世帯構成員調査

男女の役割、ニーズ、関心事、村落活動への参加経験、流域問題への認識等に関する世帯構成員個人の情報を収集する。調査は、調査票を用い、世帯の成人構成員に対する聞き取りを通じて行う。

⑤ 質問票の作成

a. 質問項目

調査票は、上記の3調査にあわせて3種類作成する。具体的な質問項目は、既に検討した「必要となるデータ/情報」と基に決定する。しかし、多くの項目を聴き取ろうとすると、必要性の高い項目についても満足な回答を得られない可能性があるため、項目選定に当たっては必要性の高い項目のみに留めることが重要である。

質問項目を絞りきれない場合には、以下の検討を行うとよい。

- 住民は当該質問項目に対して適切に回答できるか?
- 当該質問項目は流域管理計画策定に当たってどの程度重要か?
- 当該質問項目に関して既に何がわかっているのか?
- 追加調査する価値はあるのか?

調査票は一度に作成できるものではなく、検討の過程を経てフレキシブルに修正/改善する必要がある。

なお、JICA開発調査で調査した項目は次のとおりである。

(a) 行政調査に関する質問票

i 位置及び面積

- 集落、主たる街への距離、土地利用

ii 人口

- 総世帯数、カースト構成、総人口、年齢構成、教育水準、職業、移住、その他

iii 既存住民組織

iv 社会インフラの状況

- 学校、病院/保健所、上水供給、電気、その他

v 農業/畜産

- 主たる作付パターン
- 主たる作物
- 生物生産と域内における需給バランス

- 地域で主に栽培されている園芸作物

- 地域で主に飼養されている家畜

vi 森林

- 村落林の数およびそのステータス

- 売却されている林産物

vii 小規模工業

- 各種小規模工業に従事している世帯数

viii 過去の自然災害

- 土砂崩れ、洪水、土壌侵食等の歴史及び被害の状況

ix 開発事業

- 実施された各種開発事業の概要

(b) 世帯調査に関する質問票

i 一般情報

(i) 回答者について (名前、性別、年齢)

(ii) 世帯構成員について

・合計人数

・性別、年齢、学歴、職業

・住民組織への参加

・長期不在者

(iii) 現金収入源

(iv) 居住期間

ii 生活条件

- (i) 飲料水源、距離及び充足度合
- (ii) 燃料源及びその充足度合
- (iii) 薪の年間消費量
- (iv) 薪採取源への距離
- (v) 自家生産食料の過不足及び不足期間
- (vi) 保健／家族計画
- (vii) 衛生条件（トイレの有無）

iii 農業

- (i) 水田、畑地の所有面積、賃貸面積
- (ii) 自然災害による農地への被害頻度
- (iii) 水田／畑地別の作付パターン
- (iv) 主要作物の栽培面積、生産量、売却価格
- (v) 主たる作物被害の原因

iv 畜産

- (i) 家畜飼養頭数
- (ii) 主たる飼料及びその充足度

v 林業

- (i) 村落林への参加状況
- (ii) 個人所有林の状況
- (iii) 果樹の所有本数
- (iv) その他の木の所有本数

なお、JICA開発調査では、データベースへの入力及び分析を容易にするために、各質問項目に対して想定される回答をコード化し選択肢として質問票に記載した。

(c) 世帯構成員調査に関する質問票

- i 各種活動に対する参加の状況
- ii 軽減したい労働
- iii 項目毎の関心の程度
- iv 各種村落活動に対する参加経験及び外部サポートを受けた経験
- v 各種村落活動に対する参加意思
- vi 森林の重要性及び住民が考える森林改善策
- vii 住民が考える土砂崩れ予防策
- viii 住民が考えるテラス荒廃軽減策

なお、JICA開発調査では、データベースへの入力及び分析を容易にするために、各質問項目に対して想定される回答をコード化し選択肢として質問票に記載した。

予備テストにおいて特に検証すべき点は下記の通りである。

- (a) 質問の言葉使い
- (b) 質問の順序
- (c) 不必要な質問項目
- (d) 必要質問項目の欠如

b. 質問票の予備テスト

作成した質問票のドラフトについては予備テストを実施し、その妥当性を検証するとともに、必要に応じて質問票の修正を行う必要がある。

- (e) 不適切で誤解を招きやすい回答選択肢
- (f) 回答の単位の不適切さ
- (g) 自由回答欄記入のスペース

また、全質問を終了するまでの時間も測定し、回答者に不快感を与えるような長時間を要する質問票の作成を避けること、また回答者に対して質問内容に対するコメントを求め、質問票改訂に反映させること等も重要である。

予備テストは、対象地域内において実際の調査と同様の方法で実施する。一般的に、予備テストは2～3件で十分であるが、修正が多く出た場合などは必要に応じて追加予備テストを実施する。

⑦ サンプリング

a. サンプル数の決定

(a) 統計的手法

サンプル数(n)を決定するための公式は次の通りである。

$$\frac{(P_y) \times (P_n) + \text{Std. Error}^2}{\text{Std. Error}^2 + \frac{(P_y) \times (P_n)}{N_1}} = n^1$$

P_y と P_n は、「Yes」及び「No」または「男性」及び「女性」といった2つに完全に別れる質問に対するそれぞれの回答割合を示す。しかし、まだ調査を実施していない段階では P_y 及び P_n を推定できないため、両者を0.5として $p_y \times p_n$ を最大にし、計算されるサンプル数が最大になるようにする。

標準誤差 (Std. Error) は下記の式によって計算される。

$$\frac{\text{Acceptable level of error}}{t \text{ distribution coefficient}} = \text{Standard Error}$$

t分布の値は与えられた信頼度によって異なる。即ち、信頼度90%の場合は1.65、信頼度95%の場合は1.96、信頼度99%の場合は2.58である。信頼度95%で精度を5%とした場合のStd. Error²は $(0.05/1.96)^2 = 0.0006507$ となる。

ここで、 N_1 は母集団の大きさを表す。²

例えば、総世帯数100戸のwardを対象として信頼度95%、精度5%でサンプル数を計算すると、下記の通り80戸（総世帯数の80%）となる。

$$\frac{0.5 \times 0.5 + 0.0006507}{0.0006507 + \frac{0.5 \times 0.5}{100}} = 80$$

この場合の80戸は、与えられた信頼度と精度の下での最大サンプル数である。一方、サンプル数の母集団に対する割合は、母集団の大きさに反比例する。例えば、同じ条件で母集団の大きさを10,000戸とすると、サンプル数は371戸（層世帯の3.7%）となる。このように、統計的手法によるサンプル数は、データ分析の際にサンプルをどのレベルまで細分化するかによっても大きく異なる。

¹: 参考書によっては違う公式を示しているが、結局意味するところは同じである。

²: この場合の母集団は、ward全体とするか、VDC全体とするかによって異なる。

(b) 実質的な方法

前述したように統計的なサンプル数決定方法を示した。しかし、実際にサンプル数を決定する際には、時間的／資金的な制約に大きく左右され、公式によって算定されたサンプル数を大きく下回るのが常である。

例えばJICA開発調査では、実施段階においてward毎の計画策定を想定していたためWardを分析の最小単位としている。この場合、wardの平均総戸数である70戸を基に信頼度95%、精度5%の条件下でサンプル数を計算すると、総戸数の84%にあたる59戸となる。JICA開発対象地域には307のwardがあり、その総世帯数は20,759戸であるため、各wardの84%をサンプルとした場合の総サンプル数は18,113戸となり、非現実的な数となった。

JICAの開発調査では、wardの総戸数の30%のサンプルを抽出している。

そこで、現実的なサンプル数を次のようにする。

i. wardを調査対象とする場合

(i) 総戸数が100戸以上の場合：30戸

(ii) 15戸～100戸未満の場合：15戸

(iii) 15戸未満の場合：全戸

ii ある地域（流域）を調査対象とする場合

100～400戸

b. サンプルング方法

サンプルングの方法は、ランダム抽出である。このためには、調査対象地域においてwardの長やキーパーソンの協力を得て世帯リストを作成する必要がある。そして、各世帯に番号を割り付け、卓上計算機を使って出される乱数を基にサンプルングを行う。

⑧ 調査実施計画の策定

調査の進捗状況をモニターし期間内に調査を終了させるために、調査実施計画の作成が必要となる。

実施計画は、現地調査からデータベース作成／報告書作成までの各活動項目の予定をバーで示したものであり、同時に、必要となる人材の種類及び人数、および所要資金についても見積もる必要がある。

また、アクセスの悪い遠隔地における調査に当たっては、あらかじめ下記事項についても決めておく必要がある。

- a. 終了した調査票を本部まで送付する方法
- b. 現地の調査チームと本部との連絡方法
- c. 現地調査チームの安全確保の方法
- d. 宿舎及び食料の調達方法

⑨ 現地調査

a. 調査員の選定及び訓練

聴き取り調査に携わる調査員は、環境への適応性が高く、人当たりが良く、強い責任感を持ち、かつ聴き取り調査の経験を持った人材が望ましい。

(a) 調査員の選定

調査員の選定は書類審査と面接を通じて行う。書類審査の基準としては、能力、類似調査の経験、出身地が上げられる。また、面接では各人の技能、人格と問題への対処法が選抜の基準となる。

(b) 調査員の訓練

調査員は事前に調査票の全ての項目についてよく理解しておく必要がある。また、現場調査において調査員は不完全であり、まいる回答に直面したり、回答を得られない場合などがあるため、次にあげる対処法についても教授する必要がある。

- i. 質問を繰り返し再度回答を得るよう試みる
- ii. 回答を繰り返し再確認する
- iii. 回答者の回答に対して理解／興味を示す
- iv. 回答者に対して「それはどういう意味ですか？」といった質問をする

訓練は、オリエンテーションと現場トレーニングによって構成される。オリエンテーションでは次の事項について調査員に説明／教授する。

- 質問票にある項目の概要、質問の意義、専門用語等
- スケッチマップ作成手法
- 聴き取り及び既存データ収集方法
- 調査対象地域の社会、経済、文化的背景
- ローカルの測定単位とその標準単位への変換方法

b. 聴き取り方法

聴き取りには一種のルールや制限がある。また、聴き取り調査にもバイアス、矛盾、不正確さが付随する可能性がある。それらを極力回避するための方法は右記の通りである。

- 調査員の役割及び責任
- 調査精度の維持
- 調査の管理・運営

オリエンテーションは、レクチャー、グループ討論、ロールプレイ、質疑応答の形式をとり、必要に応じて回答者との対話方法についてレクチャー及びデモンストレーションを行う。

現場トレーニングは訓練期間の最後に実施するon-the-jobトレーニングである。ここで調査員が実際に数件のサンプルに対して調査を行い、その後に質問票のチェックを行って、データの取り方、質問票への記入方法について修正すべき点を明示したり、調査員からの質問に答える形で訓練が行われる。

(a) 回答者に最初に接触する時点で

- 自己紹介をする
- 調査の目的を説明する
- サンプル回答者はランダムに選定されたことを説明する

(b) 聞き取り調査において

- 質問票の語句に忠実に聴き取りを進める
- 回答者が質問を繰り返すよう求めたり、回答者が明らかに質問の趣旨を誤解している時には、同じ質問を繰り返す
- 回答を誘導するような質問のしかたをしない
- 回答者の周りに人がいる場合には聴き取り調査の邪魔にならない

c. 調査精度の向上

調査精度を向上させるためには、データの入力及び分析過程でしばしば発見されるデータの欠落や不適当なデータを極力事前に回避する必要がある。

いよう要請する

- 回答者をリラックスさせるため、家族や日常生活のこと等について気楽に会話をおりはさむ

JICA開発調査においてローカルコンサルタントが採用した3段階のチェック方法を紹介する。

(a) 下図に示す通り、JICA開発調査では調査員を5グループに分けそれぞれにグループリーダーを選任した。グループリーダーは、調査員から渡される記入済みの質問票に対して、データの欠落、誤記、不適当なデータがないかどうかチェックする役割を担った（1次チェック）。もし、不完全な質問票を発見したときは、担当の調査員に対して修正または再調査を指示した。

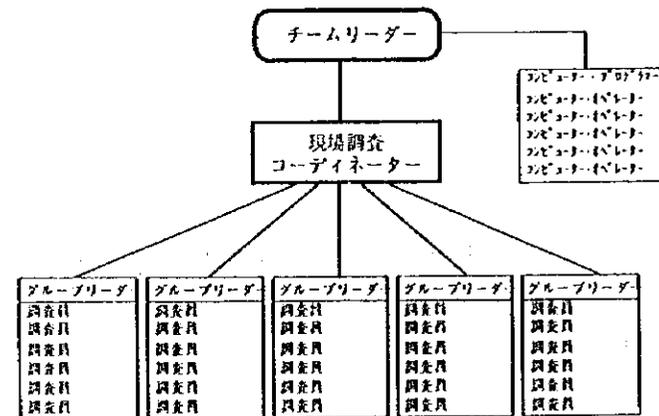


図10 調査組織の例

⑩ データベース作成

a. データ入力

- (b) 現地調査期間中、現地調査コーディネーターは調査対象地域に最も近い街に設置した事務所に常駐し、5つの調査チームから送られてくる質問票の2次チェックを行った。不完全な質問票を発見した場合には、コメントを同封して担当調査チームへ返送し、同じ間違いを繰り返さないように注意を促した。
- (c) 2次チェックを通過した質問票は、ローカルコンサルタントの事務所があるカトマンズへと送付された。ここでは、データ欠落、不適切なデータのみならず、回答間の矛盾等についてより詳細なチェックを行った。誤りを発見した場合にはその旨を現場事務所へ報告し、再発防止を惹起し、また、再調査が必要と判断されたときには質問票を現地へ返送した。

(a) データ入力の準備

自由回答を求めている質問の場合、データ入力の前に一定の分類基準を定めて回答をコーディングする必要がある。しかし、選択肢から回答を選ぶ形式の質問の場合は、すでに選択肢ごとに回答がプリコードされているため、そのコードをそのままデータ入力/集計に利用できるため便利である。

JICA開発調査で実施した社会経済ベースライン調査では、ほとんど全ての質問に回答選択肢を設定したため、コーディングの作業を省くことができた。

b. データクリーニング

調査データをコンピューターに入力した後に入力ミスをチェックすることを「データクリーニング」と呼ぶ。データクリーニングはデータベースの精度向上のためには欠かせない過程である。

① 調査結果の提示

調査結果は、右の方法を使って読者に分かりやすい形にして提示する必要がある。

a. 表やグラフの利用

b. GISの利用

(b) データ入力

調査結果はコーディングを終了した後コンピューターに入力する。データ入力ミスのないよう細心の注意を払う必要がある。

データクリーニングは、①入力データのアウトプットと入力データを突き合わせてチェックする方法と、②データベースの諸機能を用いてチェックする方法の2方法があるが、後者の方が簡単で時間が大幅に節約できる。

データクリーニングはデータの入力ミスを発見するものの、これを通じてデータが正しいかどうかまでチェックはできない。

調査結果はまず表として現するのが一般的であるが、データ分析の前にあらかじめ作成する表のフォーマットを決めておくとデータ処理に要する時間を節約でき効率的である。また、作成した表を基に結果をグラフ化すると理解を促進する場合が多い。

社会経済ベースライン調査は、表やグラフの形式で地域毎の様々な情報を提供するが、それだけで情報を正確にかつ効率よく読者に伝え難い。そこで、GISを用いて結果の表示を行うと地域毎の社会

経済状況が一目瞭然となり、流域管理計画策定等に使用するデータ表示方法としては効果の非常に高い方法である。

参考文献

1. Methods of Social Research, Kenneth D. Bailey, The Free Press (1994)
2. Guideline of Socio-economic Survey for Watershed Management Plan, Beena Bajracharya, Department of Soil Conservation and Watershed Management (1993)
3. Toolkits : A Practical Guide to Assessment, Monitoring, Review and Evaluation, Save the Children (1995)
4. Socio-economic Baseline Survey : Method and Data Processing, Processing, Volume I-6 :Main Report, Multi Disciplinary Consultants (P) Ltd. (1996)
5. 辻 新六、アンケート調査の方法、朝倉書店 (1987)

問題点の発掘と原因

(目的)

現状調査の結果に基づき、対象地域における流域劣化の問題点を明らかにし、その原因を分析する。

流域環境劣化に係る問題点の発掘とその原因の分析のためのフローはつぎのとおりである。

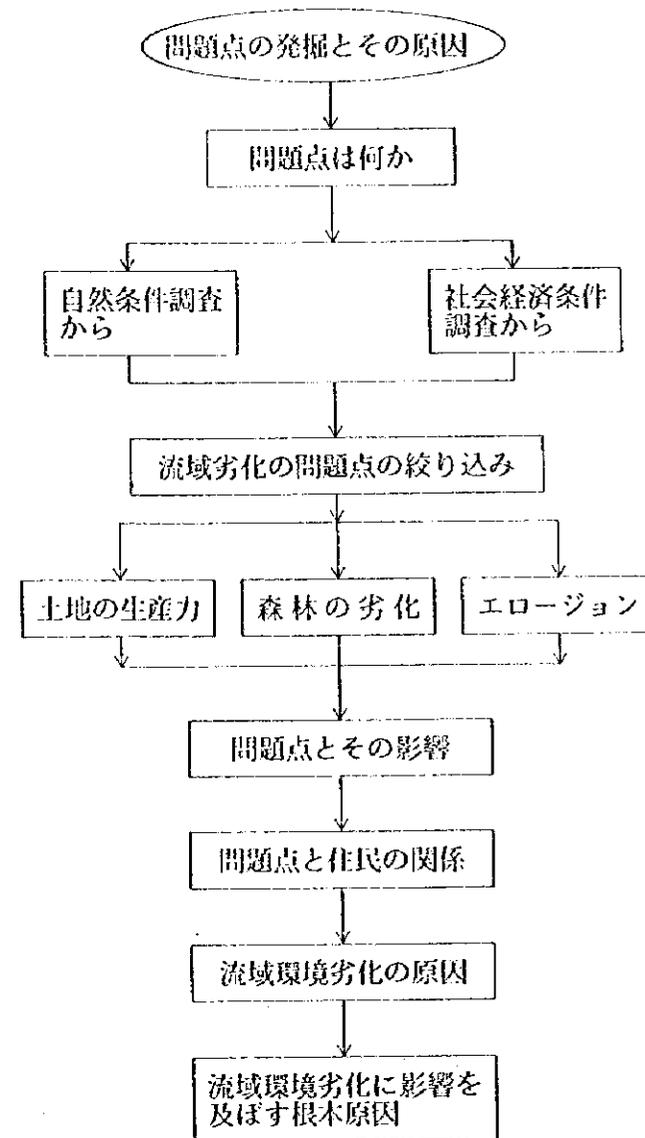


図-11 問題点の発掘とその原因に係るフロー

(1) 自然条件調査から

土地利用形態、森林の状況等についての問題点を明らかにする。

なお、ここで取り上げた項目は、モデルエリアで用いたもので、これ以外にあれば分析項目として取り上げる。

① 土地利用形態

土壌調査から作成した適地区分と現状土地利用との関係から現状の土地利用の実態を明らかにする。

a. 土壌調査の結果から、表13に示す適地区分を行う。

表13 適地区分

区分	土地生産性の評価
1	農業的土地利用に適さない（耕作不能地） 牧畜、森林の利用は可能
2	農業的土地利用は可能であるが、集約的な土地改良（灌漑、テラス造成等）を行わなくては一定の収量は得られない
3	農業的利用を行うことが可能であり、一定の収量が得られる。場所によっては適正な収量を得られるところもある。

b. 土壌及び傾斜に表13の適地区分をあてはめた表14を用い、どれ位の農地が農業不適地でおこなわれているかを明らかにする（適地区分図の作成）。

表14 土壌及び傾斜との組み合わせによる適地区分

土壌型	傾斜区分			%
	緩 (0~15)	中 (15~30)	急 (30~)	
Dystric/Eutric/Calcic Fluvisols	3	2	1	
Calcic Fluvisols	2	2	1	
Dystric Regosols	3	2	1	
Calcic Regosols	2	1	1	
Dystric Leptosols	2	1	1	
Rendzic Leptosols	3	1	1	
Eutric Cambisols	3	3	2	
Dystric Cambisols	3	2	2	
Humic Cambisols	3	3	2	
Haplic Luvisols	3	3	2	
Haplic Luvisols/ Alisols	3	2	2	
Haplic Alisols	3	2	1	
Haplic Acrisols	2	2	1	
Others	1	1	1	

- c. GISにより、土地利用／植生図と適地区分図をオーバーレイし、土地利用別の適地区分の結果を得る。
- d. モデルエリアでの調査結果では、畑地の25%、水田の10%が農地不適地で耕作を行っていることがわかった。

② 森林からの問題

a. 土壌保全、水源かん養上の問題をとり上げる。

b. 森林資源の利用からの問題をとり上げる。

(a) 空中写真判読による樹冠の状況を調べる。

(b) 樹冠の状況を示す樹冠疎密度はカナダマッピングプロジェクトの基準による。

0～10% 土壌保全上の問題がある。

10～40% 土壌保全上注意が必要。

40～70% } 土壌保全上の問題がない。
70%～ }

(c) 森林調査（プロット調査）において林床の状況を調べる。

i 下層植生の有無

ii 放牧の有無

iii 山火事跡の有無

(a) 空中写真判読により、林相図を作成し各林相の面積を集計する。
モデルエリアで集計した例は下記のとおりである。

(ha)

森 林	灌木林	草 地	畑 地	水 田	その他	計
18,362	490	2,259	11,663	4,365	4,004	41,143

(b) 需給バランスを土壌保全局の「流域管理計画策定のガイドライン」で使われている次の i～ii を用いて検討する。

i 食料の需給

(i) 需要量

区分	人口 (人) A	一人当必要量 kg/人・年 B	需要量 kg(ton) A × B = C
稲			
小麦			
トウモロコシ			
稗			
計		230 kg	

(ii) 供給量

土地	区分	面積 (ha) D	単位当 収穫量 (ton/ha) E	生産量 (ton) D × E = F	ロス量 (ton) G	供給可能量 (ton) F - G = H
田	水稻					
畑	(陸稲) 小麦 トウモロコシ 稗					
	計					

(iii) 主要作物の収量

Area	Paddy(稲) kg/ha	Wheat(小麦) kg/ha	Maize(トウモロコシ) kg/ha	Millet(稗) kg/ha
Parbat N	1,841	1,303	1,140	1,342
Parbat S	1,972	1,192	1,259	1,300
Kaski E	2,087	1,075	1,011	1,174
Kaski N	2,117	1,029	1,071	1,160
Kaski W	1,642	941	1,089	1,241
Model Area	1,914	1,151	1,116	1,249
Kaski D.	2,100	1,414	1,558	1,136
Parbat D.	2,204	1,305	1,600	1,083
Western Hill	2,048	1,375	1,519	1,075
W Terai	2,412	1,491	1,778	1,042
Western D.R.	2,270	1,435	1,540	1,073
Nepal	2,402	1,407	1,598	1,079

Source:

Agricultural Development Office in Parbat District and Kaski District
VDC/Ward rofile prepared by Multi Disciplinary Consultant consultants(P)Ltd.(1996)
Statistical Year Book of Nepal 1995: CBS HMG

(iv) ロス量を次表から算出する

区分	収穫ロス (%)	種子用 (kg/ha)	リカバリーロス ΔMT	水分ロス ΔMT
稲	10	55	37.15	1.75
小麦	10	100	4.00	1.00
トウモロコシ	10	20	3.00	1.00
稗	10	20	7.00	—

(v) 需給のバランス

区分	供給量 H	需要量 C	過不足 H - C
稲			
小麦			
トウモロコシ			
稗			
計			

ii 飼料の需給

(i) 需要量

区分	数量 (頭) A	換算因子 B	換算量 (BLU) A × B=C	単位当需要量 (MT/頭) D	需要量 (M-Ton) C × D=E
牛		0.8		2.35	
水牛		0.9		2.35	
羊		0.06		2.35	
山羊		0.06		2.35	
馬		0.9		2.35	
計		—		—	

(ii) 供給量

区分	面積 (ha) F	単位当生産量 (DM) G ton(kg)/ha	換算可消化養分量 係数 (TDN)/ha H	生産量 ton I	総可消化養分量 (TDN) :ton J
稲		572 kg	0.66 ton		
トウモロコシ ・小麦		715	0.28		
稗		1,530	0.61		
飼料木		0.065 ton	0.05		
人工林		1.87	1.44		
灌木林		1.00	0.77		
放牧地		1600-8000kg	0.41		
森林 (天然林)		0.66 ton	0.86		
計					

(iii) 需給のバランス

区分	供給量 J	需要量 E	過不足 J-E

iii 用材及び薪炭材の需給

区分	需要量(消費量)(A)	供給量(B)	需給差 (B)-(A)
	人口(人) × 消費単位 (人) (m/人・年)	面積(ha) × 収穫単位 (ha) (m/ha・年)	
用材	人口 × 0.086 = A (人) (m/人・年)	面積 × 1.5 = B (ha) (m/ha・年)	
薪炭材	人口 × 588 = A (人) (kg/人・年)	森林 × 3.0 = B1 (ha) (ton/ha・年)	
		灌木林 × 0.5 = B2	
		飼料木 × 0.5 = B3 (林)	
		農産物残余 × 0.4 = B4 (農地)	
		計 B	

注) Basic Guidelines for Sub Watershed Management Planning
:B.D.Shrestha;1994(DOSC,HMGN)

③ 土壌からの問題

土壌試料の分析の結果から、土壌の生産性に係る次の項目について評価する。

- C E C (保肥力)
- 土性
- 塩基飽和度 (B-S)
- p H

a. C E C (保肥力)

(a) 交換性塩基容量 C E C の意味

交換性塩基容量 C E C とは Cation exchange capacity の略である。土壌の粘土や腐植分 (organic matter) から構成されるコロイドは、電気的にマイナスの性質で、カルシウムやマグネシウム、カリウム、ナトリウム、アンモニア等の陽イオンを吸着する能力がある。この陽イオンの吸着量を交換性塩基容量 C E C といひ、この値が大きいほど塩基類の保持能力が高い。C E C の数値は、粘土鉱物の種類と量、腐植含有などに規定され、通常は粘土鉱物や腐植が多いほど数値は大きくなる。また、砂質土壌や腐植が少ない土壌は小さくなる。

(b) C E C の基準値

C E C が大きいほど保肥力が高くなり望ましいが、土壌本来の基本的な特性に規定されるため、塩基類やリン酸のように簡単に増加させることは難しい。

そのため、基準値や目標値を設定してその値に近づけることは

b. 土 性

c. 塩基飽和度 (B-S)

必要であるが、これにより土壌の善し悪しを問うことはあまり意味がない。むしろCEC値にあっている施肥を行うためや、土壌改良のための基礎データと見るほうがよい。例えばCEC値の低い砂質土壌などでは、一度に施肥すると過剰になりやすいので、1回の施肥量を少なくして難解も分けて施肥したり、遅効性肥料を利用することが望ましい。

ここでは透水性の指標として用いる。つまり、土性により次の区分を行う。

透水性	土性の種類
高	SC, LiC, SiC, HC
中	SCL, CL, SiCL
低	SL, FSL, L, SiL, S, LS

交換性陽イオン(Exchangeable Cation)の内、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} の合計当量数をCECの値で割って%で表したものである。土壌の主な交換性陽イオンにはこれら4種の外に水素イオン(H^+)とアルミニウムイオン(Al^{3+})があるので、塩基飽和度の値は交換性塩基で満たされている交換性陽イオンの割合の尺度となる。

交換性陽イオンの量が十分で塩基飽和度の値が高ければ、作物等に塩基が有効に利用されるので、土壌の生産力が高いといえる。当然pHとの関係もあり、塩基飽和度が大きいほどpHが高くなり、小さい

さいほどpHが低く酸性反応を示す。一般的に、塩基飽和度が100%の土壌はpH6.5-7.0、80%がpH6.0-6.3前後、60%が5.5-5.8前後である。

ただ、注意しなければならないことは、土壌がNa、K、Ca、Mgなどのイオンの可溶性塩を含むときは、これらも交換性陽イオンとして定量されるので、塩基飽和度が100%を超えたり、同じ土壌サンプルでも異なる値になることがある。

・塩基飽和度の基準値

基準として、一般的に正当な収量を得るには、普通作物（陸稲、麦、大豆、等のイネ科植物、小豆、インゲン、ラッカセイなどのマメ類、サツマイモ、ジャガイモ、サトイモ等のイモ類）で60-80%といわれているが、CECの値が15以下の土壌ではこの数値では作物が石灰不足を起こすことがある。これは作物が生育時に石灰を吸収し、そのために土壌pHが低下し、作物生育が抑制されるためである。また、集約的な農地ではCECが50%を超えている場合もあるが、この場合は有機物が集積してCECを上昇させているので、有機物が消耗すれば、塩基が過剰になるおそれがある。この場合は飽和度を下げた値を基準にする必要がある。

この関係を図に示したものが次ページの図であり、モデルエリアの山間部のようにCECの低い土壌では塩基の供給量を多く、しかも何回かに分けて施用になくてはならないことを示すとともに、有機質肥料を供給しなければならないことがわかる。

d. pH

pHは土壌化学性診断のなかで最も基本的で重要なものの1つである。土壌のpH条件によって土壌成分の化合形態と溶解度が変わり、また、土壌中の植物根や微生物の生理状態が影響を受ける。

現地調査結果と聞き取り調査結果にプラスして、pHの測定を行うだけでも、土壌の状態のかなりの部分を知ることができる。土壌のpHの測定は、純水 (pH 5.6)あるいは、1規定塩化カリウム(1N KCL)液を土壌に添加し、pHメーターで測定する。pHは特にことわりがなければ、一般的には純水による測定値— (pH (H₂O))のことを言うが、1規定塩化カリウム(1N KCL)液を用いた測定値— (pH(KCL))は、Al³⁺のように隠れている酸性物質まで引き出した結果を得ることができる。通常はpH (H₂O)よりもpH (KCL)の値の方が低く、両者の差が大きいほど、有機物含有量が大きい等の性質を示している。

(a) pHの意味

pHは土壌中の水素イオン濃度H⁺の大小を示す指標であり、逆数の対数で表されるため、水素イオン濃度が高いほどpHの値は低くなる。0～14.0の間の数値で表され、7.0が中性である。土壌に見られるpH範囲は比較的狭いもので、pH4～9にあるのが普通である。酸性・アルカリ性の程度区分としては概ね次の通りである。

降水量が多い地域では交換性塩基が流亡しやすく、アルカリ性の土壌はほとんどない。

pH	evaluation	pH	evaluation
>8.0	Strong alkaline	6.0-6.5	slightly acidic
7.6-7.9	weak alkaline	5.5-5.9	weak acidic
7.3-7.5	slightly alkaline	5.0-5.4	strong acidic
6.6-7.2	neutrality	<4.9	very strong acidic

(b) pHの基準値

土壌が酸性化すると、弱酸性ではあまり問題はないが、pH4.0以下の強酸性では水素イオンが直接根の働きを阻害するようになる。間接的には、酸性土壌では植物生育に有害なアルミニウムイオンが溶け出してくる。また、酸性化により、窒素やリン酸、カリウム、カルシウム、マグネシウム等の養分が吸収しにくくなって欠乏したり、マンガンや鉄、銅、亜鉛等の微量元素が溶け出しやすくなって過剰症を起こすことがある。逆にアルカリ化すると、マンガンや鉄、銅、亜鉛等の微量元素が吸収されにくくなり、欠乏することもある。

大まかに言って大半の作物はpH5.0～pH7.0を好むが、その中でも種類毎に最適な値は少しずつ異なる。

pHのみに関していえば、おおよその目安は以下の表に示すとおりである。ただし、これにはアルミニウム等の生育阻害要因となるとともに低pHの原因となる物質との組み合わせは考慮されていない。

Degree to pH	Species of plant		
	Vegetables and potatoes		Grain, Grass and Others
Strongly for low pH (4.0-5.0)	Taro Potato		Tea plant. Tobacco. Rice Buckwheat. Pineapple
A little strongly for low pH (4.5-6.0)	Sweet potato. Turnip. Japanese radish. Runner bean. Carrot. Cucumber. Parsley		Wheat. Corn. Millet. Soybean Nepia Grass. Oats
A little weakly for low pH (5.5-6.5)	Tomato. Aubergine. Cabbage. Cauliflower. Celery. Pea bean Melon		Adzuki bean. Chinese milk vetch*
Weakly for low pH (6.0-7.0)	Spinach. Onion. Leek* Burdock Asparagus. Red pepper		Barley Rye Cotton

(pH(H₂O) value)

なお、モデルエリアで得られた結果は表15のとおりである。

表15 土壌の諸性質の結果

	Kaski North	Kaski East	Kaski West	Parbat North	Parbat South
保肥力 (CEC)	9-15	10前後	10前後	高い	低い
土性	ローム/砂 質ローム	ローム	粘土/シル ト/ローム	粘土ローム	ローム質
塩基飽和度 (B-S)	10前後	5-40	低い	低い	低い
pH	5.0前後	5.0前後	5.5以下	アルカリ/酸性	5.0前後

- i. 保肥力を示すCECについては低く、コンポスト等の遅効性の肥料が有効である。
- ii. 土性は透水性が高いのが多く、地下水への供給には問題がない。
- iii. 土壌の肥沃度を示す塩基飽和度は低い。
- iv. 土壌侵食によりもともと生産力が低下モデルエリアの土壌では適切な管理をしないと肥沃度の低下を招く恐れがある。

④ エロージョンからの問題

a. 表面侵食

対象地域の表面侵食の現状を既存の資料を用いて把握する。

b. 地すべり

地すべり調査の結果にもとづき、土地利用、傾斜との関係について分析する。

(a) 土地利用別土砂流出量

ネパールにおける土砂流出量のデータは十分に整っていないが、既存資料、モデルエリアで得られたデータは次のとおりである。

表16 土地利用別土砂流出量

土地利用	土砂流出 (ton/ha/year)	備 考
森林	0.4~10.0	()は今回の調査で計測
草地	7.7~200 (110)	
畑	17~100 (60~70%)	
水田	2.0~10.0	

(b) 許容土砂流出量

モデルエリアで推定した許容土砂流出は、年10.0ton/haである。
森林及び水田については問題がない。

(a) 地すべりと土地利用

どの土地利用形態が地すべりの発生が多いかをモデルエリアでの例を示す。

表17 土地利用別地すべりの数 (箇所/100ha)

	小規模地すべり	大規模地すべり	計
森林	0.94	0.27	1.21
灌木林	1.45	0.18	1.63
草地	5.54	1.44	6.98
畑 (Bari)	1.65	0.25	1.90
水田(Khet)	0.41	0.44	0.85

(b) 地すべりと傾斜

どの傾斜区分で地すべりの発生が多いかをモデルエリアでの例を示す。

表18 傾斜規模別地すべり分布 (箇所/100ha)

	小規模地すべり	大規模地すべり	計
0~3%	0.0	0.0	0.0
3~15	0.1	0.0	0.1
15~30	0.32	0.0	0.32
30~60	1.52	0.41	1.93
60~	2.24	0.26	2.50

c. ハザード

地域住民の生活を考えるとマスマーブメントの危険性のある位置、その程度により軽減のための適切な対策が必要である。

G I Sを用いてハザードマップを作成し、モデルエリアにおいて土地利用別の危険地予測を行った例を示す。

表19 土地利用区別と危険地予測 (モデルエリア例)

ha、 (%)

区 分	Low Hazard	Medium Hazard	High Hazard	計
森 林	15,147 (80)	3,654 (19)	24 (1)	18,825 (100)
灌木林	269 (51)	217 (42)	37 (7)	523 (100)
水 田	5,489 (70)	2,316 (30)	28 (0)	7,833 (100)
畑	2,554 (22)	8,057 (69)	1,051 (9)	11,662 (100)
草 地	225 (10)	1,263 (55)	812 (35)	2,300 (100)
計	23,684 (58)	15,507 (38)	1,952 (5)	41,143 (100)

ハザードが高 (High)、中 (Middle) と危険地の多い土地利用は草地 (90%)、畑 (78%) であった。

(2) 社会経済条件調査から

対象地域においても、住民生活に対する数多くの問題を抱えている。

モデルエリアで得られた主たる問題点と分析項目は次のとおりである。

- ① 食料不足
 - a. 穀物の生産／消費バランスを関連資料により明らかにする
 - b. 住民のニーズ
- ② 薪不足
 - a. 薪の消費量を明らかにする
 - b. 住民ニーズ
 - c. 代替エネルギーの有無
- ③ 飼料木の不足
 - a. 家畜の消費量
 - b. 住民ニーズ
- ④ 飲み水不足
 - a. 飲料水の過不足を明らかにする
 - b. 住民ニーズ
 - c. 水源までのアクセス
- ⑤ 土砂流出の被害
 - a. 被害の実態、その程度
 - b. 住民ニーズ
 - c. 対策の有無
- ⑥ 貧困
 - a. 就労機会

- b. 労働過重
- c. 農地面積
- d. 施肥
- e. 資源の不足
- f. 現金収入
- g. 人口
- h. 教育
- i. 保健衛生
- j. 農業普及
- k. 土壌保全事業

(3) 問題点の絞り込み

以上の自然条件及び社会経済条件調査から明らかになった流域の問題点について、その絞り込みを行う。

モデルエリアでは

- ① 土壌肥沃度の低下
- ② 森林の劣化
- ③ エロージョンの発生

を流域環境劣化の問題点としてとり上げられた。

(4) 問題点とその影響

流域環境劣化は、流域内の住民生活に影響を及ぼす。

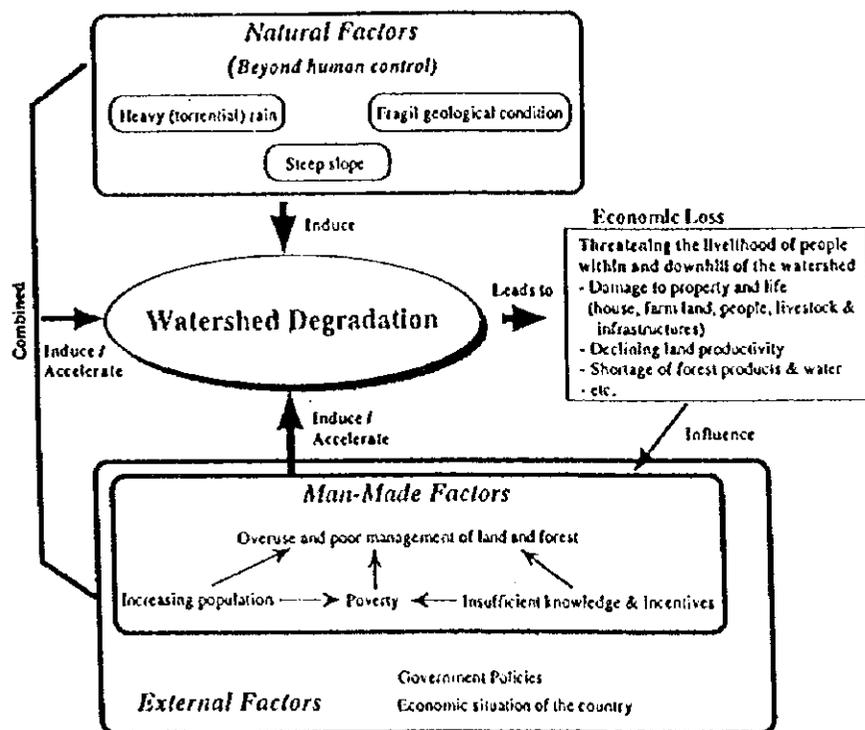


図12 流域環境劣化の原因とその影響

流域環境劣化の原因は、自然条件と社会条件（人為的要因）の2つに大きく分けられる。

自然条件は、人為ではコントロールできないという特徴を持っている。モデルエリアの地形は多くが急峻であり、また年平均降雨量は多く、その大半はモンスーン季に集中して降る。集中豪雨も時折発生している。

一方、人為的要因は自然条件と異なり改善の可能なものである。人為的要因は人口増加、不十分な技術的・資金的支援、貧困等に起因する。

(6) 流域環境劣化の原因

流域環境劣化に対する原因をプログラムツリーの手法により明らかにする。

① 土地生産力低下の原因

モデルエリアでは原因を大きく次の3つに分類した。

- a. 農地の過剰利用
- b. 不十分な土壌養分補給
- c. 表面土壌の流亡に伴う養分損失

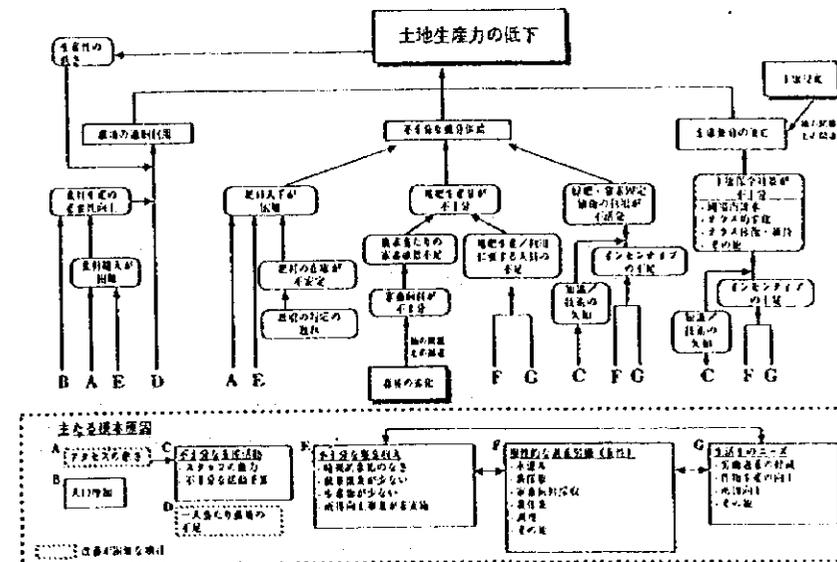


図14 農地における土地生産力低下の原因

② 森林劣化の原因

モデルエリアでは原因を大きく次の3つに分類した。

- a. 森林資源の過剰利用
- b. 不十分な森林の維持管理
- c. 土砂崩れ

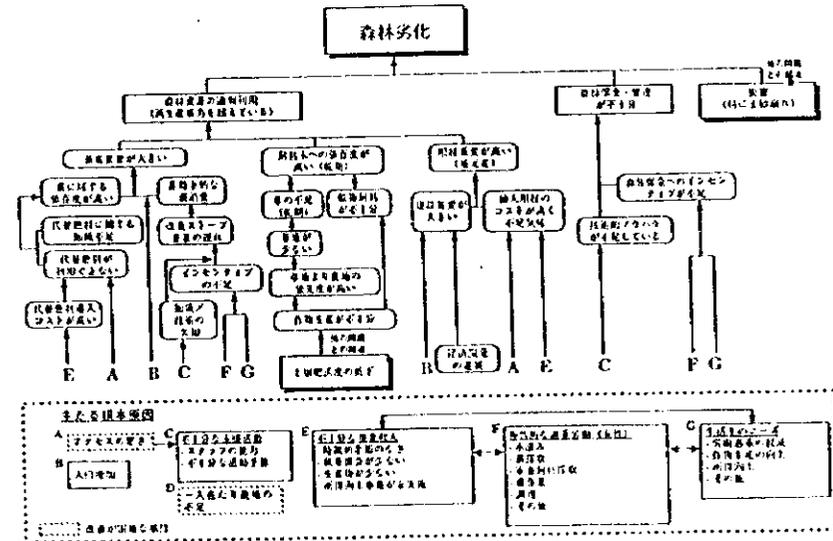


図15 森林劣化の原因

③ 災害の原因

モデルエリアでは原因を次の2つに分類した。

- a. 森林劣化
- b. 不十分な予防対策及び復旧等の未実施

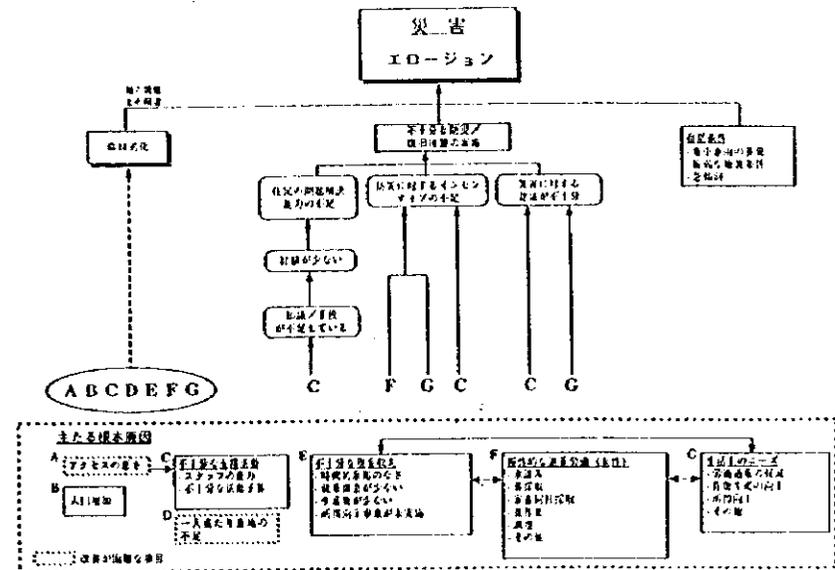


図16 災害（土砂崩れ/土壌侵食/洪水）の原因

(7) 流域環境劣化に影響を及ぼす根本原因

① 根本原因

- a. アクセスの悪さ
- b. 人口増加
- c. 不十分な外部サポート（技術、資金）
- d. 絶対的な農地の不足（人口に比して）
- e. 不十分な現金収入
- f. 日常的な過重労働
- g. 生活上のニーズの優先

② 流域環境劣化に対する隠れた要因

表20 流域環境劣化に対する隠れた要因

その他の社会経済要因	流域環境劣化との関連
1. 教育水準の低さ	<ul style="list-style-type: none"> ・関連技術情報の入手／理解／適用が遅れ、適切な改善策検討・実施に支障をきたす可能性がある ・消極的になりがちで、流域環境改善へ向けての住民集会等で自らの意見を述べられない
2. 出稼きによる人口流出（特に青年男子）	<ul style="list-style-type: none"> ・流域環境改善対策の担い手不足 ・女性の過重労働を軽減し、流域環境改善事業へ参加することが困難になる ・村落の活性化が阻害され、流域環境改善に対する行動が遅れる
3. 健康問題	<ul style="list-style-type: none"> ・流域環境改善のための労働の担い手不足に拍車をかけ、他者の負担が増加する ・治療に要する出費が増加し、それを補うための役務労働を優先するため、流域環境改善事業への参加が困難になる
4. カースト制度	<ul style="list-style-type: none"> ・流域環境改善に必要な集落の組織化に支障がでる可能性がある