

国際協力事業団  
ネパール国電力公社

ネパール国  
クリカ二第3水力発電所開発計画調査

最終報告書

主報告書

平成15年2月

日本工営株式会社

## 序 文

日本国政府は、ネパール王国政府の要請に基づき、同国のクリカニ第3水力発電所開発計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成13年9月から平成15年2月までの間、5回にわたり日本工営株式会社の小玉勉氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

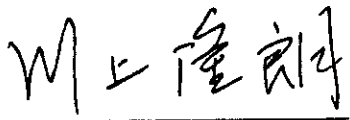
調査団は、ネパール王国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を頂いた関係者各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成15年2月

国際協力事業団  
総裁 川上 隆朗



---

平成 15 年 2 月

国際協力事業団  
総裁 川上隆朗 殿

## 伝 達 状

ネパール王国クリカニ第 3 水力発電所開発計画調査を終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が平成 13 年 9 月より平成 15 年 2 月までの 18 ヶ月にわたり実施してまいりました。

本調査の主目的は、ネパール国において乾期不足するピーク電力に対応するためクリカニ第 3 水力発電所計画の電力システムへの投入に焦点を当て、最適な開発計画を策定し、技術面、経済・財務面かつ環境面から検討するものです。本調査の結果、本計画は設備容量 45MW を持つ調整池式地下発電所が最適開発計画であり、技術、環境、経済・財務の点から実施可能であるとの結論を得ております。また本計画を、国家的な経済開発の観点から早期にネパールの電力システムに投入の上ピーク電力を供給し、2007 年乾期に予想される電力不足を避けるため、本調査に引き続き詳細設計を実施し、本計画の建設を早急に実現することを提言しております。本計画の早期実施は、ネパールに賦存する水資源を効率的に有効利用し、国家的な経済発展及び本計画周辺の地域開発に寄与することになると、確信するものです。

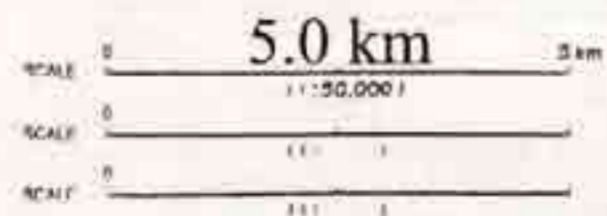
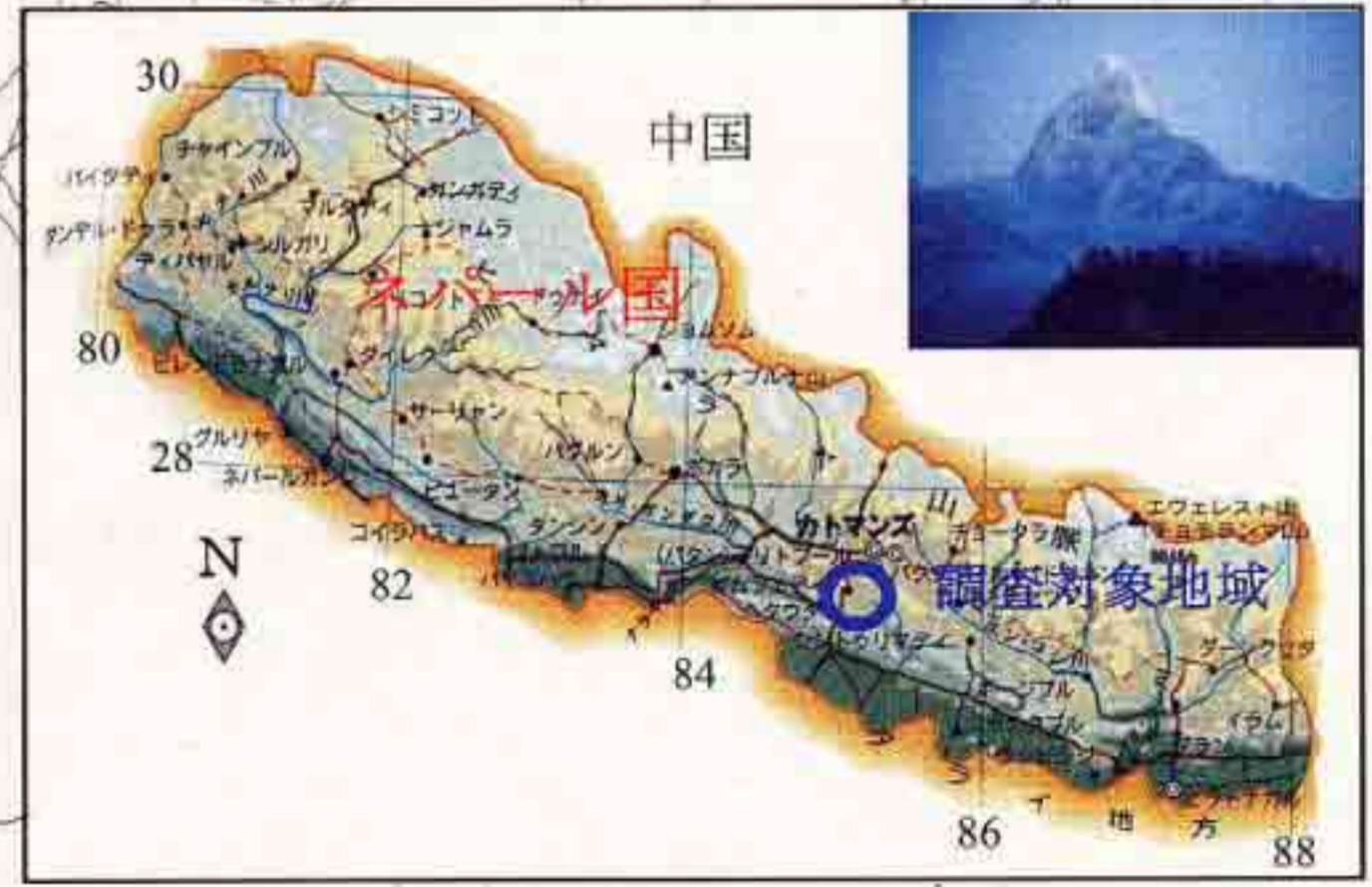
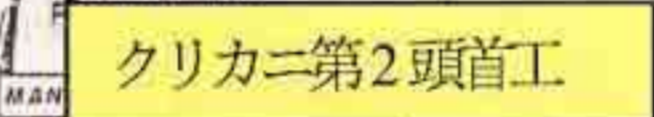
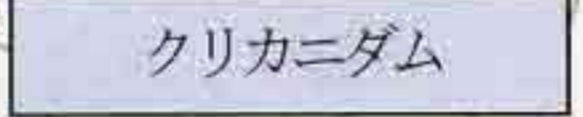
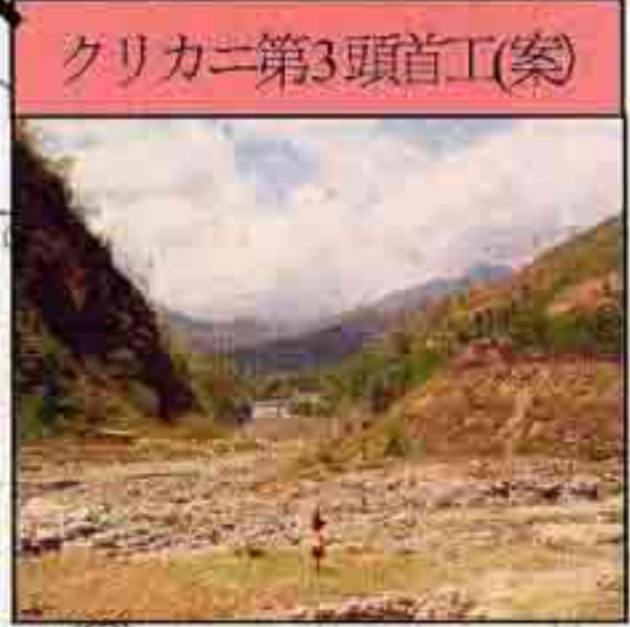
本報告書は、本編、要約、2 巻の付属書の計 4 巻から構成されています。本編は、現地調査業務、各分野ごとの検討、最適開発計画案の策定、事業費算定、環境影響評価、事業評価を含むすべての調査結果を掲載しております。要約には調査結果の概要を述べました。2 巻から成る付属書には、本編を補完する追加情報・資料を記載しました。

本報告書を提出するにあたり、多大なご支援とご助言を賜った貴事業団、在ネパール国日本大使館、ネパール王国政府諸機関、ネパール電力公社、貴事業団ネパール事務所の関係者各位に対し、心から感謝の意を表します。本調査の結果が、ネパール王国の今後の発展のために貢献できることを切に願う次第です。

クリカニ第 3 水力発電所開発計画調査

小、玉、勉

団長 小玉 勉



ネパール国クリカニ第3水力発電所開発計画調査  
**クリカニ総合開発計画位置図**



写真1. クリカニ第3発電計画遠望



写真2. 調整ダム予定地点遠望 (ヤンラン川)



写真3. アクセス道路建設予定のサヌタール村遠望



写真4. ヤンラン川灌漑用水路



写真5. サヌタール村水供給



写真6. サヌタール村での女性問題活動グループへのインタビュー

## クリカニ第3水力発電所計画の主要諸元

1. 水文及び調整池
  - 流域面積 : 8.1 km<sup>2</sup>
  - 満水位(FSL) : EL.597.0 m
  - 最低運転水位(MOL) : EL.577.0 m
  - 総貯水量 : 652,000 m<sup>3</sup>
  - 有効貯水容量 : 475,000 m<sup>3</sup>
  - 湛水面積 : 0.049 km<sup>2</sup>
  - 湛水延長 : 650 m
  - 調整ダム設計洪水流量 : 280 m<sup>3</sup>/sec
  - カニ取水口設計洪水流量 : 470 m<sup>3</sup>/sec
  - 調整池年平均堆砂量 : 19,000 m<sup>3</sup>/年
  
2. 発電出力
  - 発電設備容量 : 44.8 MW (22.4 MW × 2 機)
  - 最大使用水量 : 43.1m<sup>3</sup>/sec
  - 定格落差 : 117.8 m
  - 年間発生電力量 : 47.3 GWh
  - 一次電力量 : 29.5 GWh
  - 二次電力量 : 17.8 GWh
  
3. 主要構造物
  - (1) カニ頭首工
    - 最大取水量 : 2.0 m<sup>3</sup>/sec
    - 常時運転水位 : EL.601.0 m
  - (2) コネクショントンネル
    - 形式 : 標準馬蹄型、コンクリートライニング、無圧式
    - 内径 : 3.25 m
    - 延長 : 3,500 m
  - (3) 調整ダム
    - 形式 : RCC 形式ダム
    - 天端標高 : EL.600.0 m
    - 基礎標高 : EL.548.0 m
    - 堤頂長 : 110.0 m
    - 土砂吐ゲート : 幅 3.0 m × 高さ 2.0 m × 1 基, 高圧スライドゲート
    - 洪水吐き : 自然越流式
  - (4) 導水路トンネル
    - 形式 : 円型断面、コンクリートライニング、圧力式
    - 内径 : 4.1 m
    - 延長 : 350 m

(5)	水圧鉄管路	
	形式	: トンネル埋設管式
	内径	: 3.4 m - 2.2 m
	延長	: 190 m
(6)	発電所	
	形式	: 地下式
	寸法	: 幅 17 m × 高さ 31 m × 長さ 74 m
(7)	放水路	
	形式	: 幌型断面、コンクリートライニング、 無圧式トンネル及び暗渠
	内径	: 4.4 m
	延長	: 1,750 m (トンネル)、350 m (暗渠)
(8)	水車	
	形式	: 縦軸フランシス、2 機
	定格速度	: 500 rpm
(9)	発電機	
	形式	: 普通(懸垂)型、2 機
	定格容量	: 26.4 MVA
	周波数	: 50 Hz
(10)	主変圧器	
	形式	: 屋内、特別 3 相、2 機
	電圧比	: 11 kV/132 kV
(11)	132 kV 開閉装置	: 屋内 GIS、引込・送出し電線用単母線型
4.	送電線	
	延長	: 1.7 km
	回線数	: 2 回線
	電圧	: 132 kV
	電線寸法	: ACSR 260 mm <sup>2</sup>
5.	建設工期	: 3.5 年
6.	事業費	
	(百万 US\$, 2002 年 11 月レート)	
	建設工事費	: 62.1
	政府管理費	: 1.6
	エンジニアリングサービス費	: 4.7
	環境対策費	: 1.8
	物理的予備費	: 6.0
	価格予備費	: 1.5
	総事業費	: 77.7

ネパール国  
クリカニ第3水力発電所開発計画調査  
最終報告書

目 次

第1章	はじめに	
1.1	結論と提言.....	1-1
1.2	調査の背景.....	1-2
1.3	クリカニ第3水力発電所開発計画.....	1-3
1.4	調査の目的.....	1-5
1.5	調査の範囲.....	1-5
1.6	最終報告書の概要.....	1-5
1.7	謝辞.....	1-6
第2章	社会経済の状況	
2.1	地形.....	2-1
2.2	政府・行政の状況.....	2-1
2.3	人口.....	2-2
2.4	マクロ経済分析.....	2-3
2.5	国家開発計画.....	2-5
2.6	電力需要予測に対するマクロフレーム解析.....	2-9
第3章	地域の概況	
3.1	位置及び地形.....	3-1
3.2	水文調査.....	3-2
3.2.1	概要.....	3-2
3.2.2	気象条件.....	3-2
3.2.3	降雨量.....	3-2
3.2.4	クリカニ貯水池堆砂状況.....	3-3
3.2.5	低水解析.....	3-4
3.2.6	洪水解析.....	3-9
3.2.7	堆砂量.....	3-13
3.3	地 質.....	3-17
3.3.1	はじめに.....	3-17
3.3.2	広域の地形・地質.....	3-18



	3.3.3	調査地の地形・地質 .....	3-18
	3.3.4	地質調査 .....	3-22
	3.3.5	地質工学的考察 .....	3-28
	3.3.6	地震及び地震係数.....	3-34
	3.3.7	今後の地質調査計画.....	3-36
3.4		プロジェクト地域内の地すべりと土砂堆積.....	3-38
	3.4.1	はじめに.....	3-38
	3.4.2	調整池内の地すべり .....	3-38
	3.4.3	調整池堆砂対策.....	3-40
3.5		クリカニダム流域の砂防計画.....	3-41
3.6		建設材料調査 .....	3-43
<b>第4章</b>		<b>環境影響評価</b>	
4.1		はじめに.....	4-1
	4.1.1	環境及び社会背景 .....	4-1
	4.1.2	環境影響評価に関するネパールの法規及び政策 .....	4-1
	4.1.3	JICA及びJBIC環境影響評価ガイドライン .....	4-2
	4.1.4	世界ダム委員会(WCD)の提言 .....	4-2
4.2		既存EIA調査.....	4-3
	4.2.1	既存EIA調査 .....	4-3
	4.2.2	補足EIA調査 .....	4-4
4.3		自然環境影響評価.....	4-5
	4.3.1	計画実施による環境影響範囲.....	4-5
	4.3.2	自然環境に係るインベントリー調査.....	4-5
	4.3.3	建設中の環境影響.....	4-8
	4.3.4	運転中の環境影響.....	4-12
4.4		社会環境影響評価.....	4-17
	4.4.1	社会環境影響評価 .....	4-17
	4.4.2	住民移転と用地取得 .....	4-20
	4.4.3	放水口からの放流による下流への影響.....	4-22
	4.4.4	建設中の社会環境影響.....	4-23
4.5		軽減対策 .....	4-25
	4.5.1	環境マネジメントプラン (Environmental Management Plan: EMP).....	4-25
	4.5.2	移転計画 (Resettlement Plan: RP) .....	4-27
	4.5.3	社会アクションプラン(Social Action Plan: SAP) フレームワーク .....	4-29

4.6	情報公開 .....	4-32
4.7	ラブティ川流域の自然災害 .....	4-33
4.8	環境対策費 .....	4-34
4.9	提言 .....	4-34
<b>第5章</b>	<b>電力事情調査</b>	
5.1	電力分野の現況 .....	5-1
5.1.1	電力分野の制度 .....	5-1
5.1.2	電力分野の組織 .....	5-2
5.1.3	電力開発政策 .....	5-4
5.1.4	電力需給 .....	5-5
5.1.5	電力料金 .....	5-6
5.2	電力システムの現状と開発計画 .....	5-6
5.2.1	既存電力システム .....	5-6
5.2.2	既存の発電設備と送変電設備 .....	5-7
5.2.3	独立系電力供給事業者の動向 .....	5-7
5.2.4	電源開発計画 .....	5-8
5.2.5	送変電その他の開発計画 .....	5-11
5.3	需要予測 .....	5-13
5.3.1	NEAの電力需要予測 .....	5-13
5.3.2	隣国との電力融通 .....	5-14
5.3.3	電力損失 .....	5-16
5.3.4	電力量需要予測 .....	5-16
5.3.5	デマンド・サイド・マネジメント .....	5-21
5.3.6	負荷率 .....	5-22
5.3.7	ピーク電力需要予測 .....	5-23
5.3.8	電力需給バランス .....	5-23
5.4	クリカニ第3水力発電所のための送電線計画 .....	5-24
5.5	既設水力発電所の運転・保守計画 .....	5-26
5.5.1	運転・保守の組織 .....	5-26
5.5.2	運転・保守の予算計画 .....	5-27
5.5.3	NEAの運転・保守要員訓練 .....	5-27
5.5.4	発電実績 .....	5-28
5.5.5	保守作業 .....	5-28
5.5.6	保守管理に関する提言 .....	5-29

<b>第6章</b>	<b>最適開発計画</b>	
6.1	はじめに .....	6-1
6.2	クリカニ第3水力発電所投入の妥当性 .....	6-1
	6.2.1 概要 .....	6-1
	6.2.2 日負荷曲線 .....	6-2
	6.2.3 クリカニ第3水力発電所計画投入の妥当性.....	6-3
6.3	最適開発計画.....	6-5
	6.3.1 概要 .....	6-5
	6.3.2 既存フィージビリティスタディレポートのレビュー .....	6-5
	6.3.3 最適プロジェクトレイアウトの検討 .....	6-12
	6.3.4 最適開発規模.....	6-18
6.4	最適投入時期の検討.....	6-20
	6.4.1 長期電源開発計画 .....	6-20
	6.4.2 計算条件及び仮定 .....	6-20
	6.4.3 最適投入計画.....	6-21
<b>第7章</b>	<b>最適貯水池運用計画</b>	
7.1	貯水池運用計画 .....	7-1
7.2	最適貯水池運用検討.....	7-3
<b>第8章</b>	<b>設 計</b>	
8.1	概要.....	8-1
8.2	カニ頭首工.....	8-1
	8.2.1 最適取水量 .....	8-1
	8.2.2 カニ頭首工の設計 .....	8-2
	8.2.3 コネクショントンネル.....	8-2
8.3	調整ダム.....	8-3
	8.3.1 調整ダムサイトの比較検討.....	8-3
	8.3.2 調整ダム .....	8-3
	8.3.3 砂防施設 .....	8-4
	8.3.4 調整池内地滑り対策工.....	8-6
	8.3.5 斜面崩壊対策工 .....	8-6
8.4	発電トンネル .....	8-6
	8.4.1 導水路トンネル.....	8-6
	8.4.2 水圧鉄管路 .....	8-7
8.5	発電所.....	8-8

	8.5.1	概要 .....	8-8
	8.5.2	発電所レイアウト .....	8-8
	8.5.3	地下発電所空洞安定解析 .....	8-9
	8.5.4	排水工.....	8-10
8.6		放水工.....	8-10
	8.6.1	放水路水槽 .....	8-10
	8.6.2	放水路.....	8-11
	8.6.3	放水口.....	8-11
8.7		アクセストンネル.....	8-11
8.8		水路鋼構造物(水門・鉄管).....	8-12
	8.8.1	概要 .....	8-12
	8.8.2	取水ゲート .....	8-12
	8.8.3	取水スクリーン .....	8-12
	8.8.4	土砂吐設備 .....	8-13
	8.8.5	底部放流設備.....	8-13
	8.8.6	仮排水路閉塞用ゲート .....	8-13
	8.8.7	水圧鉄管 .....	8-13
	8.8.8	放水口ゲート及びモノレールホイスト .....	8-13
8.9		発電機器.....	8-13
8.10		送電線および変電設備.....	8-15
8.11		アクセス道路及び仮設構造物.....	8-17

## 第9章 施工計画・積算

9.1		概要.....	9-1
9.2		施工計画及び工事工程.....	9-1
	9.2.1	基本条件 .....	9-1
	9.2.2	施工方法 .....	9-2
	9.2.3	工程計画 .....	9-8
9.3		積算.....	9-9
	9.3.1	基本条件及び仮定.....	9-9
	9.3.2	準備工事費.....	9-9
	9.3.3	土木工事費.....	9-9
	9.3.4	機械工事費.....	9-10
	9.3.5	発電機器工事費 .....	9-11
	9.3.6	送電線工事費.....	9-11
	9.3.7	環境対策費.....	9-11

	9.3.8	政府管理費.....	9-11
	9.3.9	エンジニアリングサービス費.....	9-11
	9.3.10	予備費.....	9-11
	9.3.11	総事業費.....	9-12
	9.3.12	年間支出計画.....	9-12
<b>第10章</b>		<b>プロジェクト評価</b>	
10.1		序論.....	10-1
10.2		経済分析.....	10-1
	10.2.1	経済分析上の条件.....	10-1
	10.2.2	経済便益・費用.....	10-1
	10.2.3	経済評価.....	10-2
	10.2.4	感度分析.....	10-3
10.3		財務評価.....	10-4
	10.3.1	財務費用・便益.....	10-4
	10.3.2	財務評価.....	10-4
	10.3.3	感度分析.....	10-5
	10.3.4	債務返済能力.....	10-5
10.4		経済・財務評価の結果と提言.....	10-8
<b>第11章</b>		<b>技術移転</b>	
11.1		実施状況.....	11-1
11.2		プレゼンテーションの開催.....	11-1
11.3		日本でのカウンターパート研修.....	11-1
<b>第12章</b>		<b>実施計画</b>	
12.1		実施計画.....	12-1
12.2		本計画のリスク.....	12-1
12.3		詳細設計時調査.....	12-3

## 添付表リスト

### 第2章

表2.4.1	主要経済指標 1990/91年度~2000/01年度.....	2-T-1
表2.4.2	国内総生産概要 1990/91年度~2001/02年度.....	2-T-2
表2.4.3	部門別GDP構成 1990/91年度~2000/01年度(実質価格).....	2-T-3
表2.4.4	GDP価格デフレーター 1990/91年度~2000/01年度.....	2-T-4
表2.4.5	部門別GDP構成比率 1990/91年度~2000/01年度.....	2-T-5
表2.4.6	主要部門別年平均GDP成長率 1990/91年度~2000/01年度.....	2-T-6
表2.4.7	ネパール王国政府予算実績 1990/91年度~2000/01年度.....	2-T-7
表2.4.8	項目別都市部消費者物価指数 1996/97年度~2000/2001年度..	2-T-8
表2.4.9	金融調査.....	2-T-9
表2.4.10	国際収支.....	2-T-10
表2.4.11	国際貿易相手先.....	2-T-11
表2.4.12	対外債務 1994/95年度~1999/2000年度.....	2-T-12
表2.4.13	外貨準備高.....	2-T-13

### 第3章

表3.2.1	近傍観測所の観測記録.....	3-T-1
表3.2.2	ダマン及びヘタウダN.F.I.測候所の月別気温 (1985~2000年値).....	3-T-2
表3.2.3	チサパニガディ測候所の月別蒸発散量.....	3-T-2
表3.2.4	月別平均降雨量.....	3-T-3
表3.2.5	日最大降雨量.....	3-T-4
表3.2.6	1993年7月豪雨時の日降雨量.....	3-T-5
表3.2.7	2002年7月豪雨時の日降雨量.....	3-T-5
表3.2.8	クリカニ貯水池堆砂状況.....	3-T-5
表3.2.9	クリカニ測水所流量記録.....	3-T-6
表3.2.10	ラジャヤ測水所流量記録.....	3-T-7
表3.2.11	ラジャヤ測水所地点の流出率及び流出特性値.....	3-T-8
表3.2.12	近傍流域の流出特性値.....	3-T-8
表3.2.13	タンクモデル同定結果.....	3-T-8
表3.2.14	クリカニ貯水池月別流入量.....	3-T-9
表3.2.15	クリカニ貯水池流入量評価.....	3-T-10
表3.2.16	ラジャヤ及びクリカニ測水所の年最大洪水記録.....	3-T-11
表3.2.17	ラジャヤ測水所地点の確率洪水.....	3-T-12
表3.2.18	貯水池流域の確率降雨.....	3-T-12

表3.2.19	クリカニ測水所地点の確率洪水.....	3-T-12
表3.2.20	貯水池流域の推定堆砂量.....	3-T-13
表3.2.21	貯水池流域の年平均堆砂量.....	3-T-13
表3.3.1	Q システムのパラメーター.....	3-T-14
表3.6.1	骨材ふるい試験結果.....	3-T-15

#### 第4章

表4.2.1	補足自然環境影響評価調査項目.....	4-T-1
表4.2.2	補足社会環境影響評価調査項目.....	4-T-2
表4.3.1	湧水地調査の結果(乾期・雨期).....	4-T-4
表4.3.2	計画地域の生息魚類.....	4-T-5
表4.3.3	計画地域で観察される貴重種.....	4-T-6
表4.5.1	自然環境影響の緩和策とモニタリングプラン.....	4-T-7
表4.5.2	社会環境影響の緩和策とモニタリングプラン.....	4-T-8
表4.5.3	移転計画マトリックス.....	4-T-11
表4.5.4	社会アクションプラン(SAP)の要約.....	4-T-15

#### 第5章

表5.1.1	全国系統における電力需給記録.....	5-T-1
表5.1.2	電力料金体系.....	5-T-2
表5.1.3	電力料金改定記録.....	5-T-3
表5.2.1	全国系統に接続された既存発電設備.....	5-T-4
表5.2.2	発電事業及びその調査に係わる免許取得状況.....	5-T-5
表5.3.1	家庭需要の需要予測結果.....	5-T-6
表5.3.2	工業需要の需要予測結果.....	5-T-7
表5.3.3	商業需要の需要予測結果.....	5-T-8
表5.3.4	その他需要の需要予測結果.....	5-T-9
表5.3.5	灌漑需要の需要予測結果.....	5-T-10
表5.3.6	インドへの電力輸出の需要予測結果.....	5-T-11
表5.3.7	需要予測結果.....	5-T-12
表5.3.8	エネルギーの需給バランス (KulekhaniIII有りの場合).....	5-T-13
表5.3.9	エネルギーの需給バランス (KulekhaniIII無しの場合).....	5-T-14
表5.3.10	ピーク電力の需給バランス (KulekhaniIII有りの場合).....	5-T-15
表5.3.11	ピーク電力の需給バランス (KulekhaniIII無しの場合).....	5-T-16
表5.5.1	既設発電所における運転・保守の予算概要.....	5-T-17
表5.5.2	ネパールにおける主要既設発電所の諸元.....	5-T-18
表5.5.3	保守作業の沿革.....	5-T-19
表5.5.4	保守及び対策の現状.....	5-T-20

	添付5.1 高需要予測結果.....	5-T-21
	添付5.2 低需要予測結果.....	5-T-22
<b>第6章</b>		
	表6.3.1 既存F/S代替案の主要構造物.....	6-T-1
	表6.3.2 各代替案の技術的問題点.....	6-T-2
	表6.3.3 既存F/S代替案の経済評価比較.....	6-T-3
	表6.3.4 調整池代替案比較検討.....	6-T-4
	表6.3.5 発電所代替案比較検討.....	6-T-5
	表6.3.6 放水路代替案比較検討.....	6-T-6
<b>第7章</b>		
	表7.1.1 貯水池有効流入量.....	7-T-1
<b>第8章</b>		
	表8.2.1 トンネル標準支保工.....	8-T-1
	表8.5.1 設計物性値.....	8-T-2
	表8.8.1 水路鋼構造物の設計諸元.....	8-T-3
<b>第9章</b>		
	表9.2.1 Nibuwatar 雨量観測所における雨量データ一覧.....	9-T-1
	表9.2.2 月平均降雨日数.....	9-T-1
	表9.2.3 月別施工可能日数.....	9-T-2
	表9.3.1 労務賃金.....	9-T-3
	表9.3.2 材料費.....	9-T-3
	表9.3.3 環境対策費.....	9-T-4
	表9.3.4 土木工事費の内訳.....	9-T-5
	表9.3.5 年間支出計画.....	9-T-9
<b>第10章</b>		
	表10.2.1 プロジェクト費用並びに年次支出予定.....	10-T-1
	表10.2.2 代替ガスタービン発電所：容量価値 並びにエネルギー価値.....	10-T-2
	表10.2.3 クリカニ第3水力発電計画経済分析計算.....	10-T-3
	表10.3.1 出口価格算定.....	10-T-4
	表10.3.2 クリカニ第3水力発電計画財務分析計算.....	10-T-5
	表10.3.3 債務返済分析 ケースa) 外国からの条件の緩い貸付金利用..	10-T-6
	表10.3.4 債務返済分析 ケースb) 外国からの条件の緩い貸付金と 現地貸付金利用.....	10-T-7
	表10.3.5 債務返済分析 ケースc) 現地貸付金と資本金投資利用.....	10-T-8



表10.3.6 債務返済分析 ケースd) 現地貸付金と資本金投資利用に 元本返済の資本金組入れを併用.....	10-T-9
表10.3.7 債務返済分析 ケースe) 全額現地貸付金を利用.....	10-T-10
表10.3.8 債務返済分析 ケースf) 現地貸付金と資本金投資を利用し 返済猶予期間は10年.....	10-T-11
表10.3.9 債務返済分析 ケースg) 現地貸付金と資本金投資利用に元本 返済の資本金組入れを併用し返済猶予期間は10年...	10-T-12
表10.3.10債務返済分析 ケースh) 全額現地貸付金を利用で 返済猶予期間は10年.....	10-T-13
表10.3.11債務返済分析 85%の現地貸付金及び15%の資本金投資を 利用し返済猶予期間は10年.....	10-T-14
表10.3.12債務返済分析 参照用ケース 現行基準による 現地貸付金と資本金投資利用.....	10-T-15

## 第12章

表12.2.1 本計画のリスクとリスク関係者.....	12-T-1
-----------------------------	--------

## 添付図リスト

### 第3章

図3.2.1	近傍観測所(測候所、測水所)の位置.....	3-F-1
図3.2.2	原設計時及び1995年時の貯水容量曲線.....	3-F-2
図3.2.3	ラジャヤ測水所流量記録の継続性.....	3-F-3
図3.2.4	ラジャヤ測水所及び近傍測水所地点の流出特性値の比較.....	3-F-3
図3.2.5	タンクモデル.....	3-F-4
図3.2.6	タンクモデル同定結果.....	3-F-5
図3.2.7	貯水池流入量及び溪流取水地点の流況曲線.....	3-F-7
図3.2.8	ラジャヤ測水所地点の確率洪水(1963-1995).....	3-F-8
図3.2.9	単位図及び1993年7月豪雨時チストン測候所時間降雨分布.....	3-F-9
図3.2.10	クリカニ測水所地点の確率洪水(1972-2000, 2002).....	3-F-10
図3.2.11	国内測水所の既往最大洪水記録.....	3-F-11
図3.2.12	年間堆砂量と年最大降雨量との関連性.....	3-F-12
図3.3.1	ネパールの地形と地質の概念図.....	3-F-13
図3.3.2	プロジェクト地域周辺の地質.....	3-F-14
図3.3.3	水路沿いの地質平面図.....	3-F-15
図3.3.4	水路沿いの地質断面図.....	3-F-16
図3.3.5	地質調査.....	3-F-17
図3.3.6	電気探査測線図.....	3-F-18
図3.3.7	電気探査結果解析図(ERP-3測線).....	3-F-19
図3.3.8	電気探査結果解析図(ERP-2測線).....	3-F-20
図3.3.9	電気探査結果解析図(ERP-1測線).....	3-F-21
図3.3.10	平板載荷試験結果(1/3).....	3-F-22
図3.3.11	平板載荷試験結果(2/3).....	3-F-23
図3.3.12	平板載荷試験結果(3/3).....	3-F-24
図3.3.13	せん断試験結果.....	3-F-25
図3.3.14	Qシステムと電中研岩盤等級の相関.....	3-F-26
図3.3.15	地下構造物周辺の地質断面図.....	3-F-27
図3.3.16	地下構造物周辺の透水性.....	3-F-28
図3.3.17	調整ダムと貯水池の地質平面図.....	3-F-29
図3.3.18	ダムサイトの地質断面図(地質).....	3-F-30
図3.3.19	ダムサイトの地質断面図(岩盤等級).....	3-F-31
図3.3.20	ダムサイト(上流案)の地質断面図(BD-4, 5, 6).....	3-F-32
図3.3.21	コネクショントンネルの地質.....	3-F-33
図3.3.22	放水路トンネルの地質.....	3-F-34

図3.3.23	水路沿いの岩盤状況 .....	3-F-35
図3.3.24	地震震央の分布 (1973~2001).....	3-F-36
図3.3.25	地震強度と頻度の関係.....	3-F-37
図3.4.1	ヤンラン流域の地質図.....	3-F-38
図3.4.2	ヤンラン流域ハザードマップ.....	3-F-39
図3.4.3	地滑りR-1ブロック .....	3-F-40
図3.4.4	調整池内地滑り断面及び安定対策工.....	3-F-41
図3.4.5	地滑りR-2ブロック .....	3-F-42
図3.5.1	計画地域の地質と斜面崩壊 .....	3-F-43
図3.6.1	骨材採取候補地.....	3-F-44
<b>第4章</b>		
図4.2.1	補足環境影響調査範囲.....	4-F-1
図4.3.1	プロジェクトレイアウト.....	4-F-2
図4.3.2	河川水質標本採取地点.....	4-F-3
図4.3.3	植生標本採取地点.....	4-F-4
図4.3.4	魚類標本採取地点.....	4-F-5
図4.4.1	自然・社会環境影響地図(GIS地形図).....	4-F-6
図4.4.2	放水口下流のピーク放流影響範囲 .....	4-F-7
<b>第5章</b>		
図5.1.1	NEAの組織図.....	5-F-1
図5.2.1	全国系統のシステム図.....	5-F-2
図5.3.1	エネルギーの需給バランス .....	5-F-3
図5.3.2	ピーク電力の需給バランス .....	5-F-4
図5.5.1	クリカニ第1水力発電所の組織図.....	5-F-5
図5.5.2	クリカニ第2水力発電所の組織図.....	5-F-6
図5.5.3	マルシャンディ水力発電所の組織図.....	5-F-7
図5.5.4	カリガンダキ”A” 水力発電所の組織図.....	5-F-8
<b>第6章</b>		
図6.2.1	日負荷曲線の各発電所負担図 (2001年1月18日).....	6-F-1
図6.2.2	FY2008年の日負荷曲線と各発電所負担図.....	6-F-2
図6.3.1	既存F/Sレポート代替案平面図.....	6-F-3
図6.3.2	ダム式調整池案(代替案A)平面図 .....	6-F-4
図6.3.3	ダム式調整池案(代替案A)縦断図 .....	6-F-5
図6.3.4	調整ダム(代替案A)詳細図 .....	6-F-6
図6.3.5	地下調整池案(代替案B)平面図 .....	6-F-7
図6.3.6	地下調整池案(代替案B)縦断図.....	6-F-8

図6.3.7	地下調整池案(代替案B)詳細図 .....	6-F-9
図6.3.8	分散型調整池案(代替案C)平面図 .....	6-F-10
図6.3.9	分散型調整池案(代替案C)縦断図 .....	6-F-11
図6.3.10	分散型調整池案(代替案C)詳細図 .....	6-F-12
図6.3.11	地下発電所 + 圧力トンネル放水路案(代替案A)縦断図 .....	6-F-13
図6.3.12	地下発電所(代替案A)詳細図 .....	6-F-14
図6.3.13	半地下発電所 + カルバート放水路案(代替案A-1)縦断図 .....	6-F-15
図6.3.14	半地下発電所(代替案A-1)詳細図 .....	6-F-16
図6.3.15	地下発電所 + カルバート放水路案(代替案A-2)縦断図 .....	6-F-17
図6.3.16	カルバート放水路(代替案A-2)詳細図 .....	6-F-18
図6.3.17	開発規模の比較 .....	6-F-19
<b>第7章</b>		
図7.1.1	既存発電所運転実績 (2001/2002年) .....	7-F-1
図7.2.1	1次スクリーニング結果 .....	7-F-2
図7.2.2	2次スクリーニング結果 .....	7-F-2
<b>第8章</b>		
図8.5.1	地質条件 .....	8-F-1
図8.5.2	解析メッシュ .....	8-F-2
図8.5.3	応力分布 .....	8-F-3
図8.5.4	緩み領域 .....	8-F-4
図8.9.1	単線結線図 .....	8-F-5
図8.10.1	132kV送電線ルート .....	8-F-6
図8.10.2	既設132kV送電線への新設送電線の接続方法 .....	8-F-7
図8.10.3	鉄塔構造図及び耐張硝子装置 .....	8-F-8
<b>第9章</b>		
図9.2.1	工種別主要建設機械一覧 .....	9-F-1
図9.2.2	クリカニ第3水力発電プロジェクト工事工程 .....	9-F-2

## 添付図面リスト

図面1	プロジェクト平面図 .....	D-1
図面2	プロジェクト縦断図 .....	D-2
図面3	カニ頭首工 .....	D-3
図面4	コネクショントンネル断面図 .....	D-4
図面5	調整ダム詳細図 .....	D-5
図面6	第1砂防ダム(貯砂ダム)詳細図 .....	D-6
図面7	地滑り対策工平面図 .....	D-7
図面8	地滑り対策工横断図 .....	D-8
図面9	地表洗掘部の斜面保護工 .....	D-9
図面10	導水路トンネル及び水圧鉄管路断面図 .....	D-10
図面11	アクセストンネル詳細図 .....	D-11
図面12	地下発電所詳細図 .....	D-12
図面13	地下発電所空洞支保工 .....	D-13
図面14	放水路水槽 .....	D-14
図面15	放水路断面図 .....	D-15
図面16	アクセス道路平面及び断面図 .....	D-16

## 主要略語

### 略語集 (1/5)

略語	英語標記	日本語標記
Nepal Agencies		ネパール国機関
DHM	Department of Hydrology and Meteorology	水文気象局
DSC	Department of Soil Conservation	土壌保全局
EEC	European Economic Community	欧州経済共同体
GON	Government of Nepal	ネパール国政府
HCIL	Hetauda Cement Industries Limited	ヘタダセメント有限会社
MOAC	Ministry of Agriculture and Cooperatives	農業・協同組合省
MOF	Ministry of Finance	財務省
MOFSC	Ministry of Forest and Soil Conservation	森林・土壌保全省
MOPE	Ministry of Population and Environment	人口・環境省
MORFD	Ministry of Foreign Affairs and Defense	外交防衛省
MORPA	Ministry of Royal Palace Affairs	宮内省
MOWR	Ministry of Water Resources	水資源省
NEA	Nepal Electricity Authority	ネパール電力公社
NEA-ED	NEA Environmental Department	ネパール電力公社環境局
NEC	Nepal Electricity Corporation	ネパール電力公社
NEPECON	Nepal Engineering Consultancy Services Center Limited	-
NESS	Nepal Environmental & Scientific Services (P) Ltd.	-
Foreign Organization		国際機関
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species	絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約(ワシントン条約)
CRIEPI	Central Research Institute of Electric Power Industry	電力中央研究所
DANIDA	The Danish Agency for Development Assistance	デンマーク国際開発庁
EPRI	Electric Power Research Institute	-
GOJ	Government of Japan	日本国政府
IDA	International Development Association	国際開発協会
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources	国際自然保護連合
JBIC (Former: OECF)	Japan Bank for International Cooperation (Overseas Economic and Cooperation Fund)	国際協力銀行 (海外経済協力基金)
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
JMA	Japan Meteorological Agency	日本気象協会

略語集 (2/5)

略語	英語標記	日本語標記
KF	Kuwait Fund	クウェート基金
KfW	German Development Bank	ドイツ開発銀行
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力事業団
MIT	Massachusetts Institute of Technology	マサチューセッツ工科大学
SIDA	Swedish International Cooperation Agency	スウェーデン国際協力事業団
UNDP	United Nation Development Program	国連開発計画
USAID	The United States Agency for International Development	米国国際開発庁
WB	World Bank	世界銀行
WCD	World Commission on Dams	世界ダム委員会
WDS	The Wildlife Conservation Society	野生生物保存協会
WHO	World Health Organization	国際保健機構
Others		その他
ACRS	Acquisition, Compensation and Resettlement Section	取得・補償・移転部門
AIDS	Acquired Immunodeficiency Syndrome	後天性免疫不全症候群
AP	Affected Person	プロジェクトにより影響を受ける住民
APP	Agriculture Perspective Plan	農業将来計画
B/C	Benefit per Cost	費用対便益
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物学的酸素要求量
CBO	Community Based Organizations	村落基盤組織
CCV	Community Consensus Valuation	村落意識評価
CDC	Compensation Determination Committees	村落開発専門家
CDE	Community Development Expert	県長
CDO	Chief District Officer	区長
CF	Community Forest	村有林
CIF	Cost, Insurance, and Freight	保険料運賃込み値段
CIWEC	Canadian International Water and Energy Consultants	-
CNPS	Central Nepal Power System	中央ネパールの電力系統
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide	二酸化炭素
CPI	Consumer Price Index	消費者物価指数
D/D	Detailed Design	詳細設計
DFO	District Forest Office	地区森林局
DG	Diesel Generator	ディーゼル発電所
DMD	Deputy Managing Director	副長官
DMS	Detailed Measurement Survey	詳細測量調査
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
DoF	Department of Forest	森林局
DP	Dynamic Programming	動的解析法
DSM	Demand Side Management	デマンドサイドマネジメント
EGEAS	Electric Generation Expansion Analysis System	-
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価

略語集 (3/5)

略語	英語標記	日本語標記
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済内部収益率
EM	Environmental Manager (Project side)	環境管理者
EMP	Environmental Management Plan	環境管理計画
EO	Environmental Officer (Contractor side)	環境担当者
ESMS	Environmental and Social Monitoring Section	環境・社会面モニタリング部門
F.S.L.	Full Supply Water Level	満水位
F.W.L.	Flood Water Level	洪水位
F/S	Feasibility Study	実施可能性調査
FC	Foreign Currency	外貨
FEM	Finite Element Method	有限要素法
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務内部収益率
FUG	Forest User Group	森林利用グループ
G.S.	Gauging Station	測水所
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Global Information System	地理情報システム
GIS	Gas-insulated Switchgear	ガス絶縁型開閉装置
GNP	Gross National Product	国民総生産
H.W.L.	High Water Level	高水位
HFT	Himalayan Front Thrust	ヒマヤ前縁衝上断層
HH	Household	世帯
HIV	Human Immunodeficiency Virus	ヒト免疫不全ウイルス
HMG/N	His Majesty's Government of Nepal	ネパール政府
HSD	High Speed Diesel	高速ディーゼル
ICB	International Competitive Bidding	国際競争入札
IDC	Interest during Construction	建設中利子
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
INGO	International Non-governmental Organization	国際的非政府団体
INPS	Integrated National Power System	全国電力系統
IPP	Independent Power Producer	独立電力生産者
IRR	Impoverishment Risks and Reconstruction	貧困化リスクと生活再建
KESMU	Kulekhani III Hydropower Project Environmental and Social Management Unit	クカニ第3水力環境及び社会マネジメント組織
KGA	Kali Gandaki A Hydropower Project	カガンドキA水力発電所計画
KL I, II and III	Kulekhani I, II and III Hydropower Project	クカニ第1, 2, 3水力発電所計画
LAA	Land Acquisition Act	用地取得法
LC	Local Currency	現地貨
LCG	Local Consultative Group	地域相談グループ
LDC	Overhead Travelling	負荷制御所
LOLP	Loss of Load Probability	供給力不足見込み日数
LRMC	Long Run Marginal Cost	長期限界費用
LRO	Land Revenue Officer	地稅徴収官



略語集 (4/5)

略語	英語標記	日本語標記
M.O.L.	Minimum Operation Level	最低運転水位
MBT	Main Boundary Thrust	主境界衝上断層
MCT	Main Central Thrust	主中央衝上断層
MF	Multi-fuel Diesel Generator	複式燃料ディーゼル発電
MIC	Most Impacted Communities	プロジェクトにより最も影響を受ける村落
MOU	Minutes of Understanding	協議覚書
MT	Mahabharat Thrust	マハバラート衝上断層
MUV	Manufacturing Unit Value	生産単価(Manufacturing Unit Value)
MWSP	Melamchi Water Supply Project	メラムチ給水計画
NEMP	Natural Environmental Mitigation and Monitoring Plan	自然環境に係る対策とモニタリング計画
NGO	Non Governmental Organization	非政府団体
NH <sub>3</sub>	Nitrogen Trioxegen (Ammonia)	アンモニア
NO <sub>2</sub>	Nitrogen Dioxide	亜硝酸塩
NO <sub>3</sub>	Nitrogen Trioxide	硝酸塩
NPV	Net Present Value	純現在価値
NRF	National Reserve Forest	国定保護林
O&M	Operation and Maintenance	運営・維持管理
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OFWF	Forced-oil-circulation Water-cooled	強制油循環水冷型
OHT	Overhead Travelling	天上走行式
OPGW	Optic Overhead Ground Wire	光ファイバ-複合架空地線
P/H	Powerhouse	発電所建屋
P/S	Power Station	発電所建屋
PAF	Project Affected Family	プロジェクトにより影響を受ける家族
PC	Public Consultation	情報公開
PIC	Project Impacted Communities	プロジェクトにより影響を受ける村落
PICS	Project Information and Co-ordination Section	プロジェクト情報・コーディネート部門
POE	Panel of Experts	専門家パネル
PPA	Power Purchasement Agreement	売電契約
PROR	Peaking Run-of-River	ピーク対応流れ込み式
PS	Pre-stressed	プレストレス式
PTS	Plane Table Survey	平板測量
RCC	Roller Compacted Concrete	転圧コンクリート
RCP	Resettlement and Compensation Planner	移転及び補償計画専門家
RF	Resettlement Framework	移転計画
ROR	Run-of-River	流れ込み式
RP	Resettlement Plan	移転計画
RSP	Resettlement and Social Specialist	移転及び社会環境専門家
S/S	Substation	変電所
S/W	Scope of Works	実施調査細則
SAP	Social Action Plan	社会アクションプラン
SAPS	Social Action Plan Section	社会アクションプラン部門

略語集 (5/5)

略語	英語標記	日本語標記
SAPS	Special Assistance for Project Sustainability	援助効果促進調査
SCF	Standard Conversion Factor	標準変換率
SEMP	Social Environmental Mitigation and Monitoring Plan	社会環境に係る対策とモニタリング計画
SIA	Social Impact Assessment	社会影響調査
SPAF	Seriously Project Affected Family	プロジェクトにより甚だしい影響を受ける家族
ST	Storage Type	貯水池式
STD	Sexually Transmitted Diseases	性的感染症
T/L	Transmission Line	送電線
TLO	Tole/Lane Organization	-
TKN	Total Kjeldahl Nitrogen	全ケルダール窒素
TOR	Terms of Reference	実施項目
TP	Total Phosphorus	全燐
TSS	Total Suspended Solids	全浮遊物質
VAC	Village Advisory Committee	村落アドバイザー委員会
VAG	Village Advisory Group	村落アドバイザーグループ
VDC	Village Development Committee	村落開発委員会
WASP III	Wien Automatic System Planning Program	-
WECS	Water and Energy Commission Secretariat	-
YWMP	Yangran Watershed Management Program	ヤンラン川流域管理計画
EL.( ) m	Meters above mean sea level	標高(m)
NRs	Nepal Rupees	ネパール通貨(ネパールルピー)
IRs	Indian Rupees	インド通貨(インドルピー)
US\$	US Dollar	米国通貨(USDollar)
US ¢	US Cent	米国通貨(USセント)

# 第 1 章

## 第 1 章 はじめに

### 1.1 結論と提言

ネパール国は、国内の水力発電ポテンシャルの有効利用により、長期間の電力自給を目指している。ネパールの総電力供給設備は 585MW (FY2001/02) あり、その内水力発電設備は 528MW であり全体の 90% を占める。また流れ込み式発電所が、全体の 74% (436MW) 占めるため、発電出力は河川流量に左右され易く、河川水量の不足する乾期は供給電力量、特にピーク電力が低下する。過去において電力需要が増加する乾期、夕方 17:00 から 22:00 にかけて約 10MW から 60MW 規模の停電が発生している。現在、2002 年 3 月より投入された Kaligandaki A 水力発電所からの電力により計画停電の発生は減少しているものの、将来的には増加する夕方のピーク電力に対し新たな電源が必要と考えられる。ネパールは化石燃料を輸入に依存し、エネルギーの安全保障の観点から火力発電所の建設には消極的である。このような環境の下で、ネパールは乾期に不足する電力に対し、インドからの電力の輸入と 50MW から 100MW の計画停電の実施により対応している。このような乾期不足するピーク電力の不足に対応するため、ピーク発電所の開発が必要である。

クリカニ総合開発は、貯水池型のクリカニ第 1 水力発電所 (60MW)、流れ込み式の第 2 水力発電所 (32MW) から成り、クリカニ貯水池で季節調節された水を有効利用することにより、乾期に信頼度のあるピーク電力を系統に供給することが可能である。クリカニ第 3 水力発電計画は、クリカニ総合開発計画の最終ステージとして、クリカニ貯水池で調整され第 1 水力発電所を經由し第 2 水力発電所より放流された水を使用し発電するピーク発電所として計画されている。

本計画の今次「Upgrading Feasibility Study」の結果、上記のネパール電力系統の持つ現況と乾期信頼度のあるピーク電力を系統に供給できる本計画の特質を考慮し、本計画の最適開発規模は設備容量 45MW の調整池式発電所となった。設計、施工計画・積算に基づく経済・財務分析の結果、EIRR が 15.3%、FIRR が 5.0% となった。本計画は技術、環境、経済・財務の点から実施可能である。

項目	調査・検討結果
1) 最適開発規模	調整池式 (調整容量 475,000m <sup>3</sup> ) 地下発電所
2) 設備容量と年間発生電力量	45MW 及び 47.3GWh/年
3) 建設費及び工期	US\$ 78 百万 及び 3.5 年
4) 経済及び財務指標	EIRR : 15.3% 及び FIRR : 5.0%

本計画の電力系統への最適投入時期につき検討した結果、インドから 100MW の電力輸入をしたとしても、系統のピーク電力と電力量需要に対して信頼性のある電力を供給するために、本計画を 2007 年に運転開始することが系統の最適な投入計画であることが明らかになった。更に、150MW の電力輸入 (2006 年以降の電力融通上限値) をしたとしても、乾期ピーク電力に対応するために本計画を 2008 年に投入する

必要があることが分かった。また、本計画の電力系統への投入の妥当性を検討した結果、本計画は2007年度乾期の電力不足を避けるため、夕方4時間にピーク電力を供給することが妥当であることが分かった。

ネパール政府は第10次5ヵ年計画の中で、信頼性のある電力供給を国家の経済発展と国全体の衡平な発展を実現させるために重要であると位置付けており、信頼性のあるピーク電力を供給する本計画の開発を最優先案件として考えている。またネパール電力公社(NEA)は、2002年の電源開発計画(Corporate Development Plan in 2002)で本計画を最優先プロジェクトとして位置付け、2007年運転開始を最優先にあげている。従い、本計画を2007年以降予想される乾期のピーク電力不足に対応し、信頼性のある電力を系統に供給するため、本調査に継続し2003年詳細設計を実施し、本計画の建設を早急に実現することを提言する。

## 1.2 調査の背景

ネパール国は、インドの広大な平野とチベットの荒涼とした高原の間に位置する内陸国である。その総面積は14.7万km<sup>2</sup>あり、総人口22.7百万人を有し、1991年から2000年迄人口が年率2.1%で増加しており、総人口の85%が地方村落に住み、その多くが食糧自給のため農業に依存している。2000/01年度の1人当りGDPはUS\$243であり、1990/01年から2000/01年度10年間の年平均1人当りのGDP増加率は2.91%である。

ネパール国のFY2001/02年の年間供給電力量は2,088GWh(前年度の1,868GWhより11.8%増加)であり、水力1,117GWh、ディーゼル18GWh、民間会社よりの購入953GWh、インド国よりの輸入238GWhにより供給されている。FY2001/02年の電力設備容量は584.6MWあり、主要水力395.2MW、小水力19.0MW、ディーゼル56.7MW、太陽光0.1MW、民間水力113.6MWから構成されている。

	電源	設備容量 (MW)	電力供給量 (GWh)
1.	主要水力	395.2	} 1,117
2.	小水力	19.0	
3.	民間水力	113.6	
	小計	527.8 (流込み式 435.5)	2,070
4.	ディーゼル	56.7	18
5.	太陽光	0.1	
6.	インドからの輸入		238
	合計	584.6	2,326

出典: NEA "FY2001/02 A Year in Review" in August 2002

過去10年間のNEAの発生電力量と最大電力は、各々年率7.71%、7.99%で伸張しており、今後年率8%程度の伸びが見込まれている。FY2001/02実績消費電力の一般家庭需要家・工業・その他の分類別内訳は、各々37%、38%、25%である。現在のネパール全国の電化率は15%である。FY2001/02年次報告書によれば2005年と2010年の電力需要は、電力量2,598GWh及3,855GWh、ピーク電力570MW及846MWと予測されている。

年	電力量(GWh)	ピーク電力(MW)
2002	2,088	426
2005	2,598	570
2007	3,094	679
2010	3,855	846
2015	5,456	1,198
2020	7,668	1,683

出典: NEA "FY2001/02 A Year in Review" in August 2002

ネパール国の理論包蔵水力は 83,600MW、開発可能水力は 43,000MW である。ネパール政府は、豊富な水力資源を利用し、長期的に電力の自給を目指し、インドへの電力輸出を積極的に図るため、主に水力発電所開発による電源開発計画を策定している。ネパール電力公社 (NEA) は、2007 年まで水力発電所を 383MW 開発する計画であり、その内 Kaligandaki-A (144MW) は 2002 年 3 月運転開始した。また 2001 年 6 月建設を開始した Middle Marsyandi (70MW) は 2005 年完成予定である。

1.1 節で説明したように、ネパール国は流込み式発電所の出力が乾期減少し、そのため乾期にピーク電力が不足する。ネパール国内のピーク電力は、季節調整容量を持つクリカニ第 1 及び第 2 水力発電所 (合計出力 92MW) と小規模ディーゼル発電所のみであり、需要を満たすまでには至っておらず、河川流量の減少する乾期は 50MW から 100MW 迄の計画停電を余儀なくされている。

乾期に不足するピーク電力に対応するため、NEA はクリカニ第 3 水力発電所をクリカニダムの季節調整された流量を利用し、乾期夕方 5 時から 9 時までのピーク負荷に対しピーク電力を供給するピーク発電所として位置付けている。NEA の実施した "Kulekhani III Hydroelectric Project, Updated Feasibility Study for 42MW in September 1999" では、本計画を 42MW の調整池を持つ流れ込み式発電所を提案している。

ネパール政府は、クリカニ第 3 水力発電所を乾期に不足する電力に対応するため、本事業をピーク発電所として電力系統に早期投入することを目指し、2000 年 10 月日本政府に対し、本計画に係わるフィージビリティ調査 (F/S) と詳細設計 (D/D) の実施を要請した。これに対し、2001 年 3 月に予備調査団を、2001 年 5 月に事前調査団が派遣され、2001 年 5 月 17 日 NEA との間で F/S 実施に係わる S/W が締結された。本計画の "Upgrading Feasibility Study" は 2001 年 9 月に開始した。

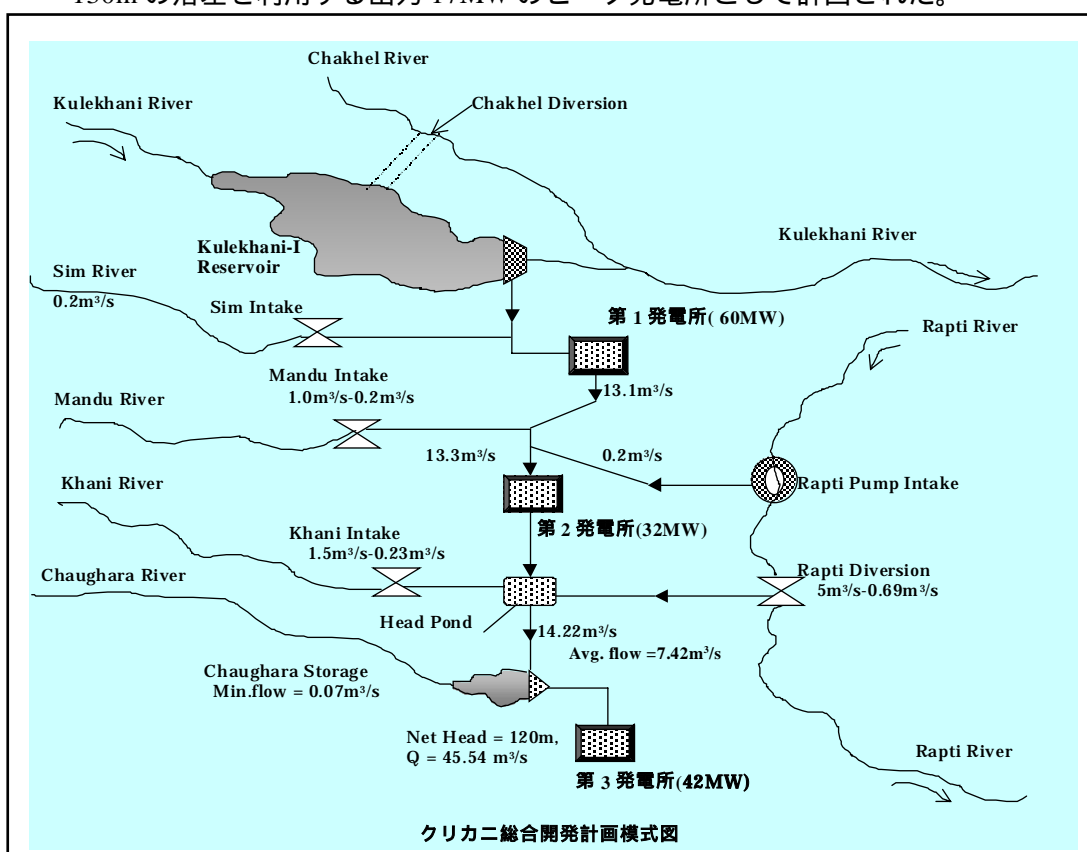
### 1.3 クリカニ第 3 水力発電所開発計画

クリカニ川の電源開発は、1956 年にスイス・ネパール両国の合同調査隊によって提案された。クリカニ総合開発計画は、ネパール国内の電力需要を満たす発電事業として取り上げられ、OTCA(現 JICA) が 1963 年に予備設計調査を実施し、1965-67 年に OTCA 専門家による調査として継続され、1973-74 年に JICA によりフィージビリティ調査が実施されている。

1974 年に実施したクリカニ総合開発計画調査は、クリカニ川に 114m 高さのロックフィルダムを建設し、クリカニ貯水池により季節調整した水をラブティ川上流に転流する計画を提案している。クリカニ計画は、カトマンドゥより南西 30km に位置す

る。クリカニ総合計画は、クリカニ川とラプティ川上流間の落差 1,040m を利用する段階開発計画であり、3つの水力発電計画からなる。

- クリカニ第1水力発電所は、ラプティ川支流のマンドゥ川左岸の尾根に位置し、600mの落差を利用し出力 60MW、年間発生電力量 162GWh を発電し、1977年から1983年に建設された。
- クリカニ第2水力発電所は、ラプティ川支流のカニ川左岸に位置し、310mの落差を利用し出力 32MW、年間発生電力量 105GWh を発電し、1982年から1986年に建設された。
- クリカニ第3水力発電所は、ラプティ川支流のケサディ左岸の尾根に位置し、130mの落差を利用する出力 17MW のピーク発電所として計画された。



クリカニダム及び第1水力発電所は、1977年から1983年にIDA、OECD、UNDP、EEC、KFの協調融資により完成し1983年に発電を開始した。第2水力発電所は、1977-78年のJICAフェージビリティ調査実施後、OECDの融資により1982年から1986年建設され1987年に運転を開始した。その後1992年より2000年迄1993年7月の大洪水による被災をさみ、JBIC融資によりクリカニ砂防事業が実施された。

1999年のNEAのUpdate F/Sにより、クリカニ第3水力発電所は、ピーク電力の不足に対応して、第2水力発電所の放流水を50万 $m^3$ の容量を持つ調整池に貯留し、42MWを4時間ピーク発電するように計画されている。第3水力発電所の設備容量は42MW、年間発生電力量は49GWhである。

## 1.4 調査の目的

本調査は、ネパール国において乾期不足するピーク電力に対応するためクリカニ第3水力発電所計画の電力系統への投入に焦点を当て、

ネパール国電力公社によって実施された本計画に係る最新のF/S報告書をレビューするとともに、

これを補足する地質調査・環境調査を実施し、最適な開発計画を策定し、技術面、経済・財務面かつ環境面から実施可能性を検討すること

を目的とする。また、本調査に関連する技術移転及び技術者の育成を行う。

## 1.5 調査の範囲

本調査は、平成13年9月から平成14年12月まで3ステージ(予備調査、詳細調査、設計・経済調査)に分け、現地予備調査、国内準備作業、5回の現地調査と3回の国内作業を18ヶ月間に渡り実施した。全体調査スケジュールを以下に示す。

調査ステージとフェーズ	調査期間	提出報告書
<b>予備調査</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>現地予備調査</li> <li>国内準備作業</li> <li>第1次現地調査</li> <li>第1次国内作業</li> </ul>	平成13年9月から10月 平成13年10月 平成13年11月から12月 平成14年1月	着手報告書 進捗報告書
<b>詳細調査</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>第2次現地調査</li> <li>第3次現地調査</li> <li>第2次国内作業</li> </ul>	平成14年2月から3月 平成14年6月から7月 平成14年7月	中間報告書
<b>設計と経済・財務評価</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>第4次現地調査</li> <li>第3次国内作業</li> <li>第5次現地調査</li> </ul>	平成14年8月から11月 平成14年12月 平成14年12月 平成15年2月	最終報告書(案) 最終報告書

## 1.6 最終報告書の概要

最終報告書は、これまで実施した全ての調査、現地予備調査、国内準備作業、第1次から第5次現地調査(平成13年11月から平成14年12月)と第1次から第3次国内作業(平成14年1月から平成14年11月)を纏めたものである。最終報告書は、以下に示す構成となっている。

第1章：結論と提言、本調査の背景、目的及び検討内容

第2章：ネパール国の現在の社会・経済、5ヵ年開発計画

第3章：計画地点の地形・地質、気象・水文、地質の状況

第4章：自然環境影響調査及び社会環境影響調査

第5章：ネパール国の電力系統状況及び電力需要予測

第6章：本計画の最適開発計画の検討



- 第7章：クリカニ最適貯水池運用の検討
- 第8章：主要構造物及び主要発電機器の設計
- 第9章：施工計画及び工事費算定
- 第10章：プロジェクトの経済及び財務評価
- 第11章：技術移転
- 第12章：実施計画、本計画実施上のリスクと対策、詳細設計時の提言

## 1.7 謝辞

本調査の実施に当っては、NEA 本庁及びそのカウンターパートから多くの協力・助言を得ることができた。調査団は、詳細調査に際し、2002 年の雨期の厳しい気象条件のもとで、カウンターパートおよび現場作業に従事した関係者が行った最大限の努力を高く評価する。また、NEA 並びに調査に協力してくれた関係諸機関の、本調査に対する惜しみない協力に対し、ここに感謝の意を表する。

## 第2章

## 第2章 社会経済の状況

### 2.1 地形

ネパール王国は陸地に囲まれた内陸国であり、インドの広大な平野とチベットの荒涼とした高原の間に位置する。国土は幅 90km～230km の範囲で北西から東北約 800km に広がり、北を中国（チベット）、東西と南をインドに囲まれている。国土面積は 147,181 km<sup>2</sup> である。

国土は東西に細長く、生態学的に山岳地域、丘陵地域、テライ（平野）地域の3つの地域に区分される。

#### 山岳地域

山岳地域は、大ヒマラヤ山脈の山岳部とヒマラヤの奥地に渡る標高 4,877m～8,848m 一帯である。その面積は国土の 35% を占めるものの、農業適地は全体の 2% に限られる。この地形と気候条件のため人口密度も低く、1991 年の国勢調査によると、その住民数も全国民の 7.3% に過ぎない。

#### 丘陵地域

丘陵地域は、山岳地域とテライ地域の上に位置し、標高が 610m～4,877m の地帯である。ヒマラヤとマハバラット山脈に挟まれた豊穡で比較的人口密度の高いカトマンドゥ盆地やポカラ盆地などの盆地部のほか、山岳地域も含んでいる。この地域は国土の 42% を占め、人口数も国民全体の 46% を擁す。耕作適地は全面積の 1 割である。

この地域の高地の住民は、主として放牧や家内工業に従事し、高地に適した穀類を耕作している。また低地の住民は、低地に適した穀類と換金作物を耕作している。

#### テライ地域

平坦な低地で国土の南部に位置するのが、インドのガンジス平野の延長にあるテライ地域（平野）である。同地域は国土の 23% を占め、全人口の 47% を擁する（1991 年国勢調査時）。国内に存する沃土と深い森林のほとんどがこの地域にあり、耕作可能地の面積割合は 40% である。ここでは、米、とうもろこし、麦、サトウキビ、野菜、タバコ等、多岐にわたる作物が耕作されている。人口の流入もあり、この地域の人口増加率は、他の 2 地域よりも高くなっている。

### 2.2 政府・行政の状況

ネパールはギャネンドラ国王を国家元首とする立憲君主制をとっている。政党への規制は特に無く、立法府は上院と下院の 2 院制で、下院より選出された首相が内閣の首班となる。1999 年 5 月より、ネパール国会党が単独政権を形成している。中央政府は、18 省からなる。

国は 5 つの州にあたる開発地方（Development Region）に分けられ、その下の県レベ

ルは75の行政地区（Administrative District）からなる。開発地方（州）の名前とその県の数は、東部開発地方（16県）、中央開発地方（19県）、西部開発地方（16県）、中西部開発地方（15県）、極西開発地方（9県）である。

県（行政地区）は更に、村レベルの村落開発委員会（Village Development Committees: VDC）と市（Municipality）の地方行政単位に分けられる。村落開発委員会の総数は3,914、市の総数は58あり、その中には首都圏と4つの副首都圏が含まれる。村と市は区（Ward）によって構成され、村は9区、市は10～35区からなる。県（行政地区）の首長は、県長（Chief District Officer :CDO）であり、当該県内の法秩序の維持に責任を持ち、中央省庁や地方政府機関の県レベルでの開発行爲の調整を行う。

### 2.3 人口

2001年の国勢調査の単純積算結果によると、ネパールの総人口は22.737百万人である。この結果によると前回の1991年国勢調査の18.491百万人から、年率2.1%で増加しており、その前の10年間の人口増加率2.1%と同等である。しかし第10次5カ年計画による政府発表は2.27%となっている。

地形と同様にネパールの国民構成は、次ページの表にあるように民族性と社会階級面で多様性に富み非常に複雑である。

ネパールの国民構成は基本的に、インド方面からのインド・アリア系とヒマラヤ方面のチベット・ビルマ系から成っている。山岳地域からテライ地域までの多様な地形の中で、それぞれの民族が独自の文化の上に、住む土地の自然環境とその制約の中に適応し、それぞれの民族が独自の文化を形成している。

貧困な山岳地域から、カトマンドゥ盆地やテライへの人口流出は継続しており、都市は人口流入による問題を抱え、テライ地域の人口増加率は他地域より高くなっている。これに加え、インドからの人口流入もあり、新たな国民構成の多様性が生み出されつつある。

以下の表は、1991年国勢調査時の民族構成を示すものである。このうちマデシ（テライ民）の大部分とパーパティヤ、ネワールについては、民族が社会階級によりさらに細分化されて小社会を構成しているが、ここでは省略する。

大区分	民族	比率
(1) パーパティヤ (丘陵民、ヒンズー階級)		(40.3)
(2) ネワール		(5.6)
(3) 他の山岳・丘陵民族		(20.1)
	マガール	7.2
	タマン	5.5
	ライ	2.8
	グルン	2.4
	リンブ	1.6
	シェルパ	0.6
	チェバン	0.2
	スヌワール	0.2
	ボティヤ	0.1
	タミ	0.1
(4) マデシ (テライ民)		(32.0)
(a) 社会階級民		[16.1]
(b) 諸民族		[9.0]
内部テライ :	クマル	0.4
	マジ	0.3
	ダヌワール	0.3
	ダライ	0.1
本テライ :	タール	6.5
	ダヌク	0.7
	ラジバンシ	0.4
	ガンガイ	0.1
	ディマル	0.1
(c) イスラム教徒		[3.5]
(d) マルワリ		[0.2]
(e) シーク		[0.1]
(5) その他	(テライ系並びに 0.1%未満)	(4.7)

出典：国勢調査 (1991 年)

## 2.4 マクロ経済分析

### (1) 経済の現況

ネパールは最貧国の一つで、総人口の 85%以上が地方村落部に住み、その多くが食糧自給のための農業に依存している。2000/01 年度の推定 1 人当り GDP は US\$ 243 である。1990/01 年度から 10 年間の年平均の 1 人当り GDP 増加率は 2.91%である (参照表 2.4.1)。

以下の表に示されるように、農林水産業は、2000/01 年度で国内総生産の 38.4% を占め、1984/85 年度の比率 51.2%から大きく落ち込んでいるが、一番大きい産業部門となっている。これに続くのは、それぞれ 1 割前後を占めている社会サービス、通商・ホテル・レストラン、金融・不動産、建設、工業、並びに運輸・通信・倉庫部門である。この中での成長分野は、90 年代前半に伸びた工業、90 年代全般に渡って伸びてきている通商・ホテル・レストラン、並びに近年伸びの著しい社会サービス部門である。

国内総生産部門別貢献割合	
農林水産業	38.38%
社会サービス	11.29%
通称・レストラン・ホテル	10.96%
金融・不動産	10.05%
建設	9.71%
工業	9.61%
運輸・通信・倉庫	8.59%
電気・ガス・水道	0.94%
工業・採石	0.47%
合計	100.00%

出典：Central Bureau of Statistics（中央統計局）

以下の表のように、1999/2000年度と2000/01年度の年間の経済成長の伸びは、前年比6%近く（それぞれ5.73%と5.87%）となっている。しかし、2000/01年度までの第9次5カ年計画期間（1997 - 2002年度）中の年平均伸び率は、4.87%と第8次5カ年計画期間（1997 - 2002年度）年平均伸び率4.89%と同程度のものとなっている。

年平均成長率		年間成長率	
FY92-97	FY97-01	FY99/00	FY00/01
4.89%	4.87%	5.73%	5.87%

ネパール経済は、貯蓄と投資のレベルが大変低いという構造的問題を抱えている。90年代の投資/GDP比率は基本的に20-25%程度であった。1990/91年度の国内総貯蓄は、生産者価格で見ても9.6%しかない。その後徐々に増加して、2000/01年度の国内総貯蓄は依然として16.8%に達したが、2001/02年には13.2%に減少した。（参照：表2.4.2 - 2.4.6）

1992年に経済構造改革が制度化されたとはいえ、改革の進捗は遅く、依然として非効率な国営企業が非農業部門において大きな比率を占めている。国家財政は、赤字を広げ続けてきており、財政赤字の補填のため、国外からの無償資金援助と借款が割り当てられている。（参照：表2.4.7）

1999/2000年度から2000/01年度の消費者物価の上昇率は年間2.37%であったが、1995/96年度から2000/01年度の年平均物価上昇率6.31%であった（参照：表2.4.8）。1998年より年率20%程度で増加していたマネーサプライ（M2）の伸びは、2001年には前年度比15.3%に減少した。（参照：表2.4.9）

## (2) 対外貿易並びに外貨準備

ネパールは内陸国であり、主たる通商路は、インドと通じている。これに険しい地形条件が加わり、対外通商を発展させることが難しくなっている。ネパール経済は、資本財は輸入に頼り、国際競争力のある輸出品目が限られていることから、対外貿易収支は赤字基調にある。経済の自由化に伴い、輸出産業の成長力を超える輸入の

伸びがあり、1996/97年度まで貿易収支の赤字は広がり続けた。(参照：表 2.4.10)

1989/90年度に起きた貿易問題によるインドの国境経済封鎖以降は、ネパール経済とインド経済の結びつきは強まってきており、両国の同時に進行している経済自由化の流れの中、2000/01年度の対インド貿易は対外貿易全体の41.6%を占めている。(参照：表 2.4.11)

1998/99年度、ネパールの対外収支は経常収支でわずかながら黒字を記録し、翌年も以前よりもかなりの減少した額の赤字となった。この経常収支の構造は、2000/01年度も同様と見られる。この経常収支の黒字は、輸出と海外からの民間送金の急激な伸びにより実現したが、翌年にはその他の受取金が大幅に減少したため、再び赤字に転じた。(参照：表 2.4.10)

ネパールの対外収支は、経常収支が赤字であるにもかかわらず、総合収支は全般的に黒字となってきた。外国政府や国際機関からの無償資金援助と援助借款が、この赤字の補填財源となっている。1994/95年度から、デット・サービスレシオは改善されてきているが、借款/GNP比率は増加し続けている。1999/2000年度は借款/GNP比率が61.5%、デット・サービスレシオが4.7%となっている。(参照：表 2.4.12) 50%以上の借款/GNP比率と15%以下のデット・サービスレシオより、政府借款は多いが、国全体として対外債務は少なく、債務返済能力を有していることを示している。

この10年間の外貨準備高は年率12%の増加基調にあり、2001年の額は1,400百万ドル以上である。(参照：表 2.4.13)

ネパールの対外貿易決済は、主に米ドルとインドルピーが使われている。1983年よりネパールルピーは、米ドルと介在通貨とする通貨バスケット制を原則としてとっている。しかしながら近年は実質的にインドルピーとリンクしており、1993年以降は、ネパールルピー対インドルピーは1.6:1.0で固定されている。これは、インド経済とネパール経済の統合度が非常に高いことの表れでもある。このため、対米ドルの交換レートはインドルピーと同様低落傾向にあり、2002年1月末現在のネパールルピー対米ドルは76.30:1.00である。(参照表 2.4.13)

## 2.5 国家開発計画

### (1) 第9次5ヶ年計画

ネパールは1956年の第1次5カ年計画(1956-1961年度)開始以来、9回にわたる5カ年計画を終了し、第10次5カ年計画(2003-2007年度)が2002年7月16日より開始した。社会経済基盤の整備にある程度の進捗はあったものの、全般的にこれらの計画の達成度は良くない。

前5ヶ年計画となった第9次5カ年計画(1997-2002年度)は、貧困の緩和を最優先事項とし、経済成長、自立的農林業部門の発展、並びに地域・社会間での不均衡の低減に焦点を当てていた。この目的を実現していくための戦略としては、「地方組織のリーダーシップを生かすための地方分権化」、「国外からの援助への依存度の低

下、「自立的・高度経済成長のための人的資源の育成」、「教育と家族計画プログラムを通じた人口増加の抑制」、「組織化の進んだ近代的産業部門と後進的で組織化の進んでいない地方部門の発展過程における調和」などを挙げている。

次ページの表に示されているように、第9次5カ年計画期間中の国内総生産の目標値は、年平均6.00%の成長となっていた。

第9次5ヶ年計画期間中の部門別国内総生産目標値  
(1984/85)年度基準価格)

部門	1996/97 修正済 基準値	2001/02 修正済 目標値	2000/01 成果 当初4年	2001/02 成果 全5年	年平均成長率		
					目標	成果 当初4年	成果 全5年
農業	32,529	39,577	36,853	37,632	4.0%	3.17%	2.96%
非農業	46,859	66,727	58,822	60,295	7.3%	5.85%	5.17%
工業	7,437	11,495	9,677	8,922	9.1%	6.80%	3.71%
電気・ガス・水道	646	1,059	906	1,055	10.4%	8.82%	10.31%
建設	7,929	10,561	9,327	9,798	5.9%	4.14%	4.32%
通商・レストラン・ホテル	8,755	12,511	10,522	10,602	7.4%	4.70%	3.90%
運輸・通信・倉庫	6,266	9,509	8,251	8,509	8.7%	7.12%	6.31%
銀行・不動産	7,869	10,432	9,653	10,117	5.8%	5.24%	5.15%
社会サービス	7,957	11,160	10,844	11,292	7.0%	8.05%	7.25%
銀行手数料差引前 部門別国内総生産	79,388	106,304	96,033	97,927	6.0%	4.87%	4.29%

出典：第9次5カ年計画、中央統計局ほか（調査団により修正）（単位：100万ルピー）

同計画では、農業部門には年平均4.00%という着実な成長率を期待している半面、非農業部門により高い成長率を期待している。しかしながら、これまでの実績は全体的に伸び悩んでおり、第9次5ヶ年計画期間の当初4年間の国内総生産は年平均成長率4.87%となっていた。これに加え、同計画最終年の予備的見積り値による年間成長率は、国内外の異常環境（同時多発テロ、アフガン戦争、国王の殺害とマオイストの活発化等）の深刻な影響により、2.0%にとどまっている。この景気の停滞により、概算値による第9次5カ年計画の年平均成長率は、4.29%に低下した。

## (2) 第10次5カ年計画

第10次5カ年計画においても、貧困の軽減は主目標となっており、貧困層にある国民を現在の38%から30%に減少させることが目標値となっている。この計画では、経済成長に重きを置いてはいるものの、貧困の低減に向けては経済成長とその成果の公平な分配だけではなく、人事育成、社会の一体化、分権化と健全な統治、総合的取組みなどといった、総合的に取り組もうとしている。

同計画は、1) 幅広い基礎に立つ経済活動の復活による、自立的で全体的な高度経済成長、2) 自立的方法による人的資源と地域社会強化のための社会部門と社会基



盤の発展、3) 軽視、搾取、無視の対象となっている者、あるいは僻地居住者、弱者や疎外されている共同社会を対象とした持続・自立的手法による向上プログラム、4) 国家開発を行っていくうえでの透明性、多面的意思決定過程並びに分権化を基礎とする、持続性のある健全な統治を確立するための健全な行政をその戦略としている。

その戦略上、強調されている点は以下のとおり：

- 人口抑制と健全な統治、持続可能で幅広い経済の高度成長による経済機会の促進、並びに多様な部門と階級にそれらの機会を配分する適切な基盤の創造、
- 社会サービスへの投資拡大を通じ、虐げられ遅れている共同社会や女性の参加機会を確保することによる、それらの共同社会の能力増強・主流化と女性の権利向上の強化、
- 地方や国家レベルで実施される貧困の軽減策を含む多様なプログラムの意思決定過程における上記の人々の権限付与、
- 貧困ライン以下の生活をしている人々だけでなく、経済的・地域的・社会的に遅れている社会階級と民族、盲人、身体障害者、弱く無力な人々が直接の受益者となる、自営・現金収入生成・安全保障強化に重点を置いたプログラム。

以下の表にあるように、同計画のマクロ経済成長率は、長期計画との整合性を保つため、第9次5カ年計画とほぼ同じものとなっている。ただし、同計画では基準となる2001/02年度の推定実績値については、当該年度に生じた国内外の異常環境による特に低い実績値に対応するため、3年間の移動平均値を採用している。このため、当該計画期間中の平均年間経済成長率は、実際にはこれらの数字よりも大きくなっている。

**第10次5カ年計画国内総生産と部門別付加価値額  
(2001/02 基準価格)**

部門	2001/02 年度推定 国内総生産 *		2006/07 年度予測 国内総生産		第10次5カ 年計画中年平 均成長率 (%)
	生産額	パーセント		Per cent	
農業・灌漑・林業	154,232	36.1	188,551	32.7	4.1
非農業	272,955	63.9	388,505	67.3	7.3
鉱工業	414,94	9.7	60,406	10.5	7.8
電気・ガス・水道	84,072	2.0	13,706	2.3	10.1
建設	83,815	10.3	62,028	10.7	7.2
通商・ホテル・レスト ラン	50,331	11.7	71,587	12.4	7.3
運輸・通信	36,798	8.6	52,583	9.1	7.4
銀行・不動産	47,282	11.1	61,504	10.7	5.4
社会サービス	44,763	10.5	66,691	11.6	8.3
国内総生産(部門費 用)	427,187	100.0	577,056	100.0	6.2

\* 3年間の移動平均による推計

(単位：百万ルピー)

出典：第10次5カ年計画

第10次計画では、投資・開発のための海外からの借入金負担を減らすことに、特に注意が払われている。国内貯蓄による資本投資は、第9次5カ年計画の実績値73.9%より4.9ポイント高い78.8%（535,080百万ルピー）が見込まれている。残りの21.2%（143,590百万ルピー）については、国外からの援助を見込んでいる。

この10年間の年平均人口増加率を、前5カ年計画期間よりも0.1%低い2.27%に減少させたという好実績を受け継ぎ、以下の表にあるように、第10次開発計画では人口増加率を2.1%としている。総失業者並びに完全失業者に就いては、それぞれ現況の15.4%と3.0%から10.5%と1.8%に引き下げること目標としている。

	年平均人口成長率	全失業者人口	完全失業者人口
目標	2.1%	10.5%	1.8%
現在の実績	2.27%	15.4%	3.0%

出典：第10次5カ年計画

第10次5カ年計画は、電力部門を国家の経済発展と国全体の衡平な発展を実現するための重要な部門として位置づけている。同計画では、水力発電と地方村落部の経済活動との統合化と電力の輸出の面から、国全体での手ごろな価格での信頼性のある高品質な電力の供給の必要性を指摘している。また、情報技術・工業・商業の発展のための社会基盤整備面でも、信頼性のある高品質な電力の供給は重要な部門としている。

この点から、1) 発電・送電・配電の拡大と強化、2) 消費者の購買能力を配慮した上でのより現実的な料金設定、電力の需要・供給バランスをとるための長期発電計画の策定、3) 電力損失の抑制、4) 国内外投資家の電力分野への誘引、などを重点活動として挙げている。

この結果、同部門の本5カ年計画での年平均成長率は、前5カ年計画の年平均10.31%という成長率を踏まえ、非農業部門全体の成長率7.3%より高い10.1%となっている。投資面から見ても、国内総生産の2.3%を占める同部門に対し、本5カ年計画の期間全体として、資本投資の11.9%、開発支出全体の15.4%という高い配分をしている。

## 2.6 電力需要予測に対するマクロフレーム解析

本調査のマクロフレームワークは、NEAが最近実施した電力需要調査と1998年に作成されたADBのマスタープラン“Power System Master Plan for Nepal, Load Forecast Final Report, August 1998”を基にした。NEAは最新の電力需要予測として、FY2001からFY2020年までの年間電力量とピーク電力の予測を2002年8月に作成している。この電力需要予測は、1998年のADBのマスタープランの電力需要予測の手法を適用し、NEAによりUpdateされた社会経済指標を使用し作成されている。本計画における電力需要予測は2002年8月のNEA電力需要予測をレビューしその妥当性を検討の上、使用することが適切であると考えられる。従って、NEA予測で使用された指標類（人口の伸び率、GDPの伸び率、電力料金の伸び率）の適切性を検証することにより、本調査のマクロフレームワークの設定作業とする。

NEAの予測は、1998年のADBのマスタープランに則っており、それぞれに使用された社会経済指標は下表のとおりである。

指標	年平均成長率	
	ADB 予測	NEA 予測
人口	2.1%	2.1%
国内総生産	5.5%	<b>6.0%</b>
1人当り国内総生産		
産	3.3%	<b>3.8%</b>
工業	7.3%	7.3%
商業	6.5%	6.5%
他部門	5.5%	5.5%

人口増加率に関しては、両予測とも同じ年平均増加率を使用しており、この2.1%という数字は、ここ10年間の年平均増加率の政府発表値2.27%並びに表2.4.1にある単純積算結果2.1%と人口増加抑制に関する政府の努力と重点の置き方を考慮すると妥当である。

一方国民総生産の伸び率に関しNEA予測では、ADB予測よりも高い国内総生産の年平均成長率を適用しており、結果として1人当り国内総生産の年平均成長率も高くなっている。2.5節で述べ、表2.4.3及び2.4.6並びに以下の表に示されているように、国内総生産成長率の実績は第9次5カ年計画、第8次5カ年計画とも6%を下回って

いる。しかし 1)第10次5カ年計画において、電力部門は国の経済発展の基礎を成すものとして重要部門とされていること、更に 2)下表に示される将来の5カ年計画の経済成長を鑑みると、需要予測の際に国内総生産の年平均成長率を高くすることは妥当と判断される。ここ3年は、異常であった最後の1年間を除き、比較的良好な経済成長だったことも、成長率6.0%の適用を肯定する材料となっている。

部門	年平均成長率			年平均成長率		
	9次 計画 Target	成果. 当初 4年	成果. 全 5年	5カ年計画		
				10次	11次	12次
農業・灌漑・林業	4.0%	3.17%	2.96%	4.1%	5.0%	5.0%
非農業	7.4%	5.85%	5.17%	7.3%	8.8%	9.7%
工業	9.1%	4.79%	3.71%	7.8%		
電気・ガス・水道	10.4%	6.50%	10.31%	10.1%		
建設	5.9%	4.53%	4.32%	7.2%		
通商・レストラン・ホテル	7.4%	4.80%	3.90%	7.3%		
運輸・通信・倉庫	8.7%	6.82%	6.31%	7.4%		
銀行・不動産	5.8%	5.32%	5.15%	5.4%		
社会サービス	7.0%	8.81%	7.25%	8.3%		
銀行手数料差引前部門別国内総生産	6.0%	4.78%	4.29%	7.2%	7.5%	8.3%

他の成長率に就いても、上述と同様の理由から妥当であると判断される。

電力料金に関して、ADB 予測、NEA 予測ともに 2003 年度までは料金を実質的に年平均 4.5%の割合で値上げする事を見込んでいる。これは、ADB の借款付帯条件並びに勧告、及び NEA 自身の価格政策に則ったものであり、確実なものである。

以上の検討により、電力需要予測に使用する指標（人口の伸び率、GDP の伸び率、電力料金の伸び率等）については、2002 年 8 月の NEA 電力需要予測で使用している値を使用することを推奨する。

# *TABLES*

## 第 2 章

表 2.4.1 主要経済指標 1990/91年度～2000/01年度

摘要	1990/91 (2047/48)	1991/92 (2048/49)	1992/93 (2049/50)	1993/94 (2050/51)	1994/95 (2051/52)	1995/96 (2052/53)	1996/97 (2053/54)	1997/98 (2054/55)	1998/99 (2055/56)	1999/00R (2056/57)	2000/01P (2057/58)
消費/GDP (%)	90.43	89.16	86.49	85.34	85.19	86.17	86.04	86.23	86.40	84.09	82.90
投資/GDP (%)	20.83	21.15	23.12	22.40	25.20	27.21	25.34	24.84	20.47	24.09	25.34
国内総貯蓄/GDP (%)	9.57	10.84	13.51	14.66	14.81	13.83	13.96	13.77	13.60	15.91	17.10
輸出/GDP (%)	11.82	15.99	18.05	24.01	24.22	22.26	26.33	22.82	22.85	23.51	23.13
輸入/GDP (%)	23.08	26.30	27.66	31.60	34.61	35.75	37.71	33.89	29.72	31.68	31.36
輸出/輸入	0.51	0.61	0.65	0.76	0.70	0.62	0.70	0.67	0.77	0.74	0.74
総合GDPデフレーター	194.30	231.78	256.01	274.93	292.25	315.11	338.05	351.93	383.15	406.28	210.68
総人口(百万人)	18.30	18.68	19.13	19.59	20.05	20.53	21.02	21.53	22.04	22.57	23.11
1人当りGDP(NRs.)	6577.24	8001.80	8964.46	10174.55	10929.55	12122.75	13342.86	13975.95	15515.98	16996.08	17937.31
1人当りGNP(NRs.)	6694.56	8147.13	9133.38	10371.78	11169.76	12296.43	13564.52	14255.82	16009.65	17577.66	18677.10
平均外国為替レート(Rs./US\$)	36.00	42.75	42.95	49.30	49.94	55.05	56.98	61.44	68.30	68.98	73.70
1人当りGDP(US \$)	182.70	187.18	208.72	206.40	218.85	220.21	234.17	227.47	227.17	246.39	243.38
1人当りGNP(US \$)	185.96	190.58	212.65	210.40	223.66	223.37	238.06	232.03	234.40	254.82	253.42

P: Preliminary estimates

R: Revised estimates

Source: Central Bureau of Statistics

表 2.4.2 国内総生産概要1990/91年度～2001/02年度  
(名目価格)

	(In Rs. Millions)											
摘要	1990/91 (2047/48)	1991/92 (2048/49)	1992/93 (2049/50)	1993/94 (2050/51)	1994/95 (2051/52)	1995/96 (2052/53)	1996/97 (2053/54)	1997/98 (2054/55)	1998/99 (2055/56)	1999/00 (2056/57)	2000/01R (2057/58)	2001/02P (2058/59)
生産者価格GDP	120370	149487	171474	199272	219175	248913	280513	300845	342036	379521	410194	428033
輸入品並に部門外サービス	27785	39321	47429	62972	75850	88996	105775	101949	101648	123055	131403	123143
利用可能総資源	148155	188808	218903	262244	295025	337909	386288	402794	443684	502576	541597	551176
総消費	108856	133280	148302	170052	186710	214487	241351	259407	295473	322526	350080	371495
民間消費	97771	121372	133402	154065	166443	191469	216364	231392	264944	287947	309107	326108
公共消費	11085	11908	14900	15987	20267	23018	24987	28015	30529	34579	40973	45387
総投資	25074	31619	39653	44344	55231	68017	71084	74728	70061	91690	99696	101885
総固定資産投資	22780	29277	37278	42032	48370	56081	60794	65375	65269	73314	78017	84165
公共部門	8683	10331	11769	13380	15070	17624	19392	22573	23888	26436	31290	31709
民間部門	14097	18945	25509	28652	33300	38457	41402	42802	41381	46878	46727	52456
投資残高変化	2294	2342	2375	2612	6861	11636	10290	9353	4734	18376	21679	17720
輸出品並に部門外サービス	14226	23909	30948	47848	53084	55405	73853	68659	78150	88360	91821	77796
特記事項:												
国内総貯蓄	11514	16207	23172	29220	32465	34426	39162	41438	46563	56995	69114	56538
差引要素収入	2147	2715	3231	3863	4817	3566	4660	6025	10881	13125	16171	18186
差引現金移転	218	482	581	495	819	900	1009	1158	1205	1319	1456	1664
国民総貯蓄	13879	19404	26984	33578	38101	38892	44831	48620	58648	70120	76285	74724
名目価格GNP	122517	152202	174705	203135	223992	252479	285173	306870	352917	392646	426365	446219

Note: Change in stock onwards 1994/95 is derived residually

P: Preliminary estimates

R: Revised estimates

Source: Central Bureau of Statistics

表 2.4.3 部門別GDP構成 1990/91年度～2000/01年度（実質価格）  
（1984/85年度 = 100）

S. No.	摘要											(In Rs. Millions)		
		1990/91 (2047/48)	1991/92 (2048/49)	1992/93 (2049/50)	1993/94 (2050/51)	1994/95 (2051/52)	1995/96 (2052/53)	1996/97 (2053/54)	1997/98 (2054/55)	1998/99 (2055/56)	1999/00R (2056/57)	2000/01P (2057/58)	Av. Annl. Growth FY92-97	Growth FY97-01
1	農林業・漁業部門	28371.9	28070.2	27896.0	30017.0	29917.0	31239.0	32529.0	32867.3	33761.3	35438.5	36852.5	2.99%	3.17%
2	鉱業部門	271.4	293.4	299.8	318.0	329.0	371.8	397.0	402.0	417.0	436.0	453.0	6.23%	3.35%
3	工業部門	3756.3	4957.8	5266.5	5915.0	6031.0	6576.0	7040.0	7281.0	7666.0	8663.0	9224.0	7.26%	6.99%
4	電気・ガス・水道部門	461.3	492.6	447.4	475.0	532.0	635.0	646.0	619.0	659.0	761.0	906.0	5.57%	8.82%
5	建設部門	5532.3	5961.9	6250.0	6662.0	7008.0	7471.0	7929.0	8080.0	8621.0	9089.0	9327.0	5.87%	4.14%
6	通商・レストラン・ホテル部門	6288.5	6657.9	7085.3	7685.2	8104.0	8446.0	8755.0	9233.0	9605.0	10184.0	10522.0	5.63%	4.70%
7	運輸・通信・倉庫部門	3916.0	4256.1	4615.4	4986.0	5515.0	5816.0	6266.0	6736.0	7187.0	7726.0	8251.4	8.04%	7.12%
8	金融・不動産部門	5654.2	5951.1	6298.0	6696.8	6985.0	7515.0	7869.0	8334.0	8752.0	9204.0	9653.0	5.75%	5.24%
9	社会サービス部門	5516.4	5890.4	6427.5	6931.0	7264.0	7703.0	7957.0	8564.0	9121.0	9205.0	10844.0	6.20%	8.05%
	銀行手数料控除前要素価格GDP	59768.3	62531.4	64585.9	69686.1	71685.0	75772.8	79388.0	82116.3	85789.3	90706.5	96032.9	4.89%	4.87%
	銀行手数料	1178.0	1265.0	1399.0	1624.0	1818.9	2019.0	2050.0	2222.0	2376.0	2599.0	2815.0	10.14%	8.25%
	要素価格総GDP	58590.3	61266.4	63186.9	68062.1	69866.1	73753.8	77338.0	79894.3	83413.3	88107.5	93217.9	4.77%	4.78%
	間接税	3362.0	3230.0	3792.0	4420.0	5130.0	5238.0	5642.0	5589.0	5841.8	6298.0	6788.7	11.80%	4.73%
	生産者価格GDP	61952.3	64496.4	66978.9	72482.1	74996.1	78991.8	82980.0	85483.3	89255.1	94405.5	100006.6	5.17%	4.78%

P: Preliminary estimates

R: Revised estimates

Source: Central Bureau of Statistics



表 2.4.4 GDP価格デフレーター1990/91年度～2000/01年度  
(1984/85 = 100)

S. No.	摘要	1990/91 (2047/48)	1991/92 (2048/49)	1992/93 (2049/50)	1993/94 (2050/51)	1994/95 (2051/52)	1995/96 (2052/53)	1996/97 (2053/54)	1997/98 (2054/55)	1998/99 (2055/56)	1999/00R (2056/57)	2000/01P (2057/58)	Change %
1	農林業・漁業部門	195.15	232.12	251.25	268.48	286.02	310.18	334.42	342.27	392.09	403.26	391.89	-2.82
2	鉱業部門	211.66	270.87	307.17	311.33	339.51	360.98	376.57	386.32	404.08	416.28	437.31	5.05
3	工業部門	210.15	258.62	277.57	301.96	324.24	341.64	352.50	370.65	395.73	408.48	419.71	2.75
4	電気・ガス・水道部門	176.67	251.95	340.85	455.37	537.97	566.61	689.94	708.08	694.08	774.64	851.55	9.93
5	建設部門	200.25	247.73	277.09	294.52	329.52	349.26	369.06	377.26	385.83	397.48	421.69	6.09
6	通商・レストラン・ホテル部門	205.17	248.78	271.83	292.73	300.17	335.27	348.95	364.85	409.30	423.30	435.87	2.97
7	運輸・通信・倉庫部門	167.52	201.07	234.41	253.21	253.76	273.35	308.25	335.48	342.72	378.99	403.83	6.55
8	金融・不動産部門	193.56	222.49	249.03	270.61	293.96	312.99	345.11	357.31	379.38	401.12	419.63	4.62
9	社会サービス部門	181.12	200.12	235.16	247.12	260.52	275.96	298.24	325.01	335.29	411.97	423.24	2.73
	総合GDPデフレーター	194.30	231.78	256.01	274.93	292.25	315.11	338.05	351.93	383.15	406.28	414.18	1.94

P: Preliminary estimates

R: Revised estimates

Source: Central Bureau of Statistics

表 2.4.5 部門別GDP構成比率1990/91年度～2000/01年度

S. 摘要 No.	1990/91 (2047/48)	1991/92 (2048/49)	1992/93 (2049/50)	1993/94 (2050/51)	1994/95 (2051/52)	1995/96 (2052/53)	1996/97 (2053/54)	1997/98 (2054/55)	1998/99 (2055/56)	1999/00R (2056/57)	2000/01P (2057/58)
1 農林業・漁業部門	47.47	44.89	43.19	43.07	41.74	41.23	40.98	40.03	39.35	39.07	38.38
2 鉱業部門	0.45	0.47	0.46	0.46	0.46	0.49	0.50	0.49	0.49	0.48	0.47
3 工業部門	6.29	7.93	8.16	8.49	8.41	8.68	8.87	8.87	8.93	9.55	9.61
4 電気・ガス・水道部門	0.77	0.79	0.69	0.68	0.74	0.84	0.81	0.75	0.77	0.84	0.94
5 建設部門	9.26	9.53	9.68	9.56	9.78	9.86	9.99	9.84	10.05	10.02	9.71
6 通商・レストラン・ホテル部門	10.52	10.65	10.97	11.03	11.31	11.15	11.03	11.24	11.20	11.23	10.96
7 運輸・通信・倉庫部門	6.55	6.80	7.15	7.15	7.69	7.67	7.89	8.20	8.38	8.52	8.59
8 金融・不動産部門	9.46	9.52	9.75	9.61	9.74	9.92	9.91	10.15	10.20	10.14	10.05
9 社会サービス部門	9.23	9.42	9.95	9.95	10.13	10.16	10.02	10.43	10.63	10.15	11.29
銀行手数料控除前要素価格GDP	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

P: Preliminary estimates

R: Revised estimates

Source: Central Bureau of Statistics

表 2.4.6 主要部門別年平均GDP成長率1990/91年度～2000/01年度

		(In percentage)										
S. 摘要		1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00R	2000/01P
No.		(2047/48)	(2048/49)	(2049/50)	(2050/51)	(2051/52)	(2052/53)	(2053/54)	(2054/55)	(2055/56)	(2056/57)	(2057/58)
1	農林業・漁業部門	2.15	-1.06	-0.62	7.60	-0.33	4.42	4.13	1.04	2.72	4.97	3.99
2	鉱業部門	8.92	8.11	2.18	6.07	3.46	13.01	6.78	1.26	3.73	4.56	3.90
3	工業部門	17.68	31.99	6.23	12.31	1.96	9.04	7.06	3.42	5.29	13.01	6.48
4	電気・ガス・水道部門	34.44	6.79	-9.18	6.17	12.00	19.36	1.73	-4.18	6.46	15.48	19.05
5	建設部門	8.05	7.77	4.83	6.59	5.19	6.61	6.13	1.90	6.70	5.43	2.62
6	通商・レストラン・ホテル部門	11.48	5.87	6.42	8.47	5.45	4.22	3.66	5.46	4.03	6.03	3.32
7	運輸・通信・倉庫部門	13.18	8.68	8.44	8.03	10.61	5.46	7.74	7.50	6.70	7.50	6.80
8	金融・不動産部門	10.07	5.25	5.83	6.33	4.30	7.59	4.71	5.91	5.02	5.16	4.88
9	社会サービス部門	5.36	6.78	9.12	7.83	4.80	6.04	3.30	7.63	6.50	0.92	17.81
	全産業	6.44	4.62	3.29	7.90	2.87	5.70	4.77	3.44	4.47	5.73	5.87

P: Preliminary estimates

R: Revised estimates

Source: Central Bureau of Statistics

表 2.4.7 ネパール王国政府予算実績1990/91年度～2000/01年度

	Rs. in Million										
摘要	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01
<b>支出</b>	<b>23549.8</b>	<b>26418.2</b>	<b>30897.7</b>	<b>33597.4</b>	<b>39060.0</b>	<b>46542.4</b>	<b>50723.7</b>	<b>56118.3</b>	<b>59579.0</b>	<b>66272.5</b>	<b>79835.1</b>
經常	7570.3	9905.4	11484.1	12409.2	19265.1	21561.9	24181.1	27174.4	31047.7	34523.3	42769.2
開発	15979.5	16512.8	19413.6	21188.2	19794.9	24980.5	26542.6	28943.9	28531.3	31749.2	37065.9
<b>資金調達</b>	<b>12894.7</b>	<b>15156.5</b>	<b>18941.7</b>	<b>21974.4</b>	<b>28512.3</b>	<b>32718.2</b>	<b>36361.8</b>	<b>38340.5</b>	<b>41587.6</b>	<b>48605.5</b>	<b>55647.0</b>
歳入	10729.9	13512.7	15148.4	19580.8	24575.1	27893.1	30373.5	32937.9	37251.0	42893.8	48893.6
国外援助	2164.8	1643.8	3793.3	2393.6	3937.2	4825.1	5988.3	5402.6	4336.6	5711.7	6753.4
<b>収支</b>	<b>-10655.1</b>	<b>-11261.7</b>	<b>-11956.0</b>	<b>-11623.0</b>	<b>-10547.7</b>	<b>-13824.2</b>	<b>-14361.9</b>	<b>-17777.8</b>	<b>-17991.4</b>	<b>-17667.0</b>	<b>-24188.1</b>
<b>国外借入</b>	<b>6256.7</b>	<b>6816.9</b>	<b>6920.9</b>	<b>9163.6</b>	<b>7312.3</b>	<b>9463.9</b>	<b>9043.6</b>	<b>11054.5</b>	<b>11852.4</b>	<b>11812.2</b>	<b>12044.0</b>
<b>国内借入</b>	<b>4552.7</b>	<b>2078.8</b>	<b>1620.0</b>	<b>1820.0</b>	<b>1900.0</b>	<b>2200.0</b>	<b>3000.0</b>	<b>3400.0</b>	<b>4710.0</b>	<b>5500.0</b>	<b>7000.0</b>
現金収支	-154.3	2366.0	3415.1	639.4	1335.4	2160.3	2318.3	3323.3	1429.0	354.8	5144.1

Note: The Change in Foreign Exchange Rate is adjusted in Direct Payments.

Sources: Financial Comptroller General Office

表 2.4.8 項目別都市部消費者物価指数1996/97年度～2000/2001年度  
(基準年度：1995/96年度 = 100)

全国

摘要	1996/97	1997/98P	1998/99	1999/00	2000/01
<b>全体</b>	<b>108.1</b>	<b>117.1</b>	<b>130.4</b>	<b>134.9</b>	<b>138.1</b>
<b>食料品・飲料品</b>	<b>108.2</b>	<b>116.6</b>	<b>135.5</b>	<b>136.1</b>	<b>133.0</b>
穀物並びに穀物食品	109.1	112.5	133.5	145.0	125.1
米穀	106.5	110.1	132.9	145.8	124.4
豆類	106.1	103.6	123.6	118.7	121.6
野菜	103.7	121.0	145.1	120.6	125.6
香辛料	105.7	113.8	139.3	141.2	153.0
肉、魚、卵	111.1	120.6	128.5	134.0	137.8
牛乳並びに乳製品	112.0	120.6	132.1	136.9	144.7
油脂並びに透明バター	102.5	110.0	143.2	110.9	105.7
砂糖並びに関連製品	104.2	112.8	118.0	113.4	126.4
飲料品	109.2	125.3	136.2	141.2	144.0
スナック	111.0	124.0	139.8	150.8	162.9
<b>その他の商品並びにサービス</b>	<b>108.0</b>	<b>117.8</b>	<b>124.6</b>	<b>133.4</b>	<b>144.2</b>
衣類・既製服	107.8	115.2	221.1	127.8	130.6
布類	104.9	107.6	112.5	120.2	123.4
既製服	108.6	116.7	123.4	127.7	130.3
履物	108.3	119.3	124.9	127.1	129.1
住宅用品	107.8	114.5	119.1	127.5	142.5
燃料・光熱費・飲料水	111.2	119.6	122.9	139.2	170.2
運輸・通信	111.8	124.7	130.2	146.5	158.4
医療・介護	107.5	119.9	131.0	139.4	147.4
教育・出版・娯楽	107.6	120.4	128.9	141.6	161.4
タバコ	106.8	124.6	130.2	137.4	139.9

Source: Price Division, Nepal Rastra Bank

表 2.4.9 金融調査

<i>Description</i>	1997	1998	1999	2000	2001
1. 純海外資産	40191.1	55572.8	65027.6	80467.5	87798.0
2. 国内債権	100916.7	115812.1	134832.7	158001.2	187337.9
3. 政府純債務	29229.4	31753.1	34918.2	38242.6	48657.6
4. 国営企業債務	7028.6	7228.9	9114.0	10310.9	11922.4
(a) 金融債務	(5431.6)	(6170.4)	(7547.3)	(8502.8)	(9699.4)
(b) 金融外債務	(1597.0)	(1058.5)	(1566.7)	(1808.1)	(2223.0)
5. 民間部門債務	65658.7	76830.1	90800.5	109447.6	126757.9
6. 固定預金	65260.3	81298.8	101737.7	125141.1	143877.2
7. 純資産並びにその他	37387.2	44922.3	47060.1	52347.8	60481.8
<b>マネーサプライ (M1)</b>	<b>38460.3</b>	<b>45163.8</b>	<b>51062.4</b>	<b>60979.8</b>	<b>70776.9</b>
(a) 貨幣	(27333.7)	(30893.2)	(34984.3)	(42143.0)	(48495.1)
(b) 流動性預金	(11126.6)	(14270.6)	(16078.1)	(18836.8)	(22281.8)
<b>マネーサプライ (M2)</b>	<b>103720.6</b>	<b>126462.6</b>	<b>152800.2</b>	<b>186120.9</b>	<b>214654.1</b>
マネーサプライ (M1)	(38460.3)	(45163.8)	(51062.5)	(60979.8)	(70776.9)
固定預金	(65260.3)	(81298.8)	(101737.7)	(125141.1)	(143877.2)
純国内資産	63529.5	70889.8	87772.6	105653.4	111971.2
<b>マネーサプライの変動 (%)</b>					
<b>M1</b>	<b>5.4</b>	<b>17.4</b>	<b>13.1</b>	<b>19.4</b>	<b>16.1</b>
<b>M2</b>	<b>11.9</b>	<b>21.9</b>	<b>20.8</b>	<b>21.8</b>	<b>15.3</b>

0.21926213 0.20826395 0.21806712 0.153304653

*Compiled by Research and Information Division of Foundation of Nepalese Chambers of Commerce and Industry (FNCCI) from Economic Survey.*

表 2.4.10 国際収支

	Rs. in Million									
摘要	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01*
輸出 (F.O.B.)	13725.6	17286.4	19316.0	17680.3	19912.7	22663.1	27540.2	35692.7	51645.0	28767.5
輸入 (C.I.F.)	31987.0	39259.9	51628.7	63740.4	74570.8	93661.9	89153.8	87695.0	107086.3	56167.4
<b>輸出入収支</b>	<b>-18261.4</b>	<b>-21973.5</b>	<b>-32312.7</b>	<b>-46060.1</b>	<b>-54658.1</b>	<b>-70998.8</b>	<b>-61613.6</b>	<b>-52002.3</b>	<b>-55441.3</b>	<b>-27399.9</b>
<b>サービス純受取</b>	<b>3893.1</b>	<b>5064.4</b>	<b>17476.5</b>	<b>23565.2</b>	<b>20922.7</b>	<b>39360.7</b>	<b>29127.5</b>	<b>30201.3</b>	<b>26445.7</b>	<b>11081.1</b>
受取	11756.7	14942.7	30000.1	37478.5	37178.5	53180.5	43495.8	45967.2	43084.9	19631.7
旅行	5016.9	5966.0	8251.7	8973.2	9521.2	8523.0	9881.6	12167.8	12073.9	5308.1
投資収益	1123.3	1518.9	1768.6	2075.1	1685.8	1990.3	2377.2	3510.4	4569.3	2262.1
その他	5616.5	7457.8	19979.8	26430.2	25971.5	42667.2	31237.0	30289.0	26441.7	12061.5
支払	7863.6	9878.3	12523.6	13913.3	16255.8	13819.8	14368.3	15765.9	16639.2	8550.6
<b>送金純受取</b>	<b>4294.3</b>	<b>6937.3</b>	<b>6809.0</b>	<b>10708.8</b>	<b>12193.2</b>	<b>15130.1</b>	<b>17297.9</b>	<b>22036.1</b>	<b>23368.2</b>	<b>11565.5</b>
受取	4489.9	7075.5	7003.9	11227.2	12766.3	16347.3	19065.3	23167.5	25267.3	12175.5
民間送金	2316.5	2994.3	3469.1	5063.6	4283.6	5595.0	6987.8	10314.6	12662.3	7307.5
無償援助	1689.5	3498.5	3039.9	5339.1	7582.8	9743.2	10919.7	11648.3	11286.1	4347.5
インドからの還付金	422.0	561.8	494.2	819.0	899.9	1009.1	1157.8	1204.6	1318.9	520.5
その他	61.9	20.9	0.7	5.5	--	--	--	--	--	--
支払	195.6	138.2	194.9	518.4	573.1	1217.2	1767.4	1131.4	1899.1	610.0
<b>経常収支</b>	<b>-10074.0</b>	<b>-9971.8</b>	<b>-8027.2</b>	<b>-11786.1</b>	<b>-21542.2</b>	<b>-16508.0</b>	<b>-15188.2</b>	<b>235.1</b>	<b>-5627.4</b>	<b>-4753.3</b>
<b>純政府資金</b>	<b>7326.0</b>	<b>5474.2</b>	<b>10723.3</b>	<b>8804.7</b>	<b>7401.0</b>	<b>8390.2</b>	<b>10369.6</b>	<b>9100.7</b>	<b>8878.4</b>	<b>3803.1</b>
借款	8710.3	6960.1	12974.7	11395.9	10284.7	11232.9	14236.1	13264.2	13453.5	6237.3
負債消却	-1384.3	-1485.9	-2251.4	-2591.2	-2883.7	-2842.7	-3866.5	-4163.5	-4575.1	-2434.2
<b>国外よりの直接投資</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>387.8</b>	<b>1620.7</b>	<b>684.6</b>	<b>577.7</b>	<b>232.6</b>	<b>-33.0</b>
<b>その他資金</b>	<b>6142.4</b>	<b>12237.8</b>	<b>3587.2</b>	<b>2667.5</b>	<b>12672.9</b>	<b>9699.2</b>	<b>15099.9</b>	<b>-74.0</b>	<b>10950.6</b>	<b>4494.1</b>
<b>純資金残</b>	<b>3394.4</b>	<b>7740.2</b>	<b>6283.3</b>	<b>-313.9</b>	<b>-1080.5</b>	<b>3202.1</b>	<b>10965.9</b>	<b>9839.5</b>	<b>14434.2</b>	<b>3510.9</b>

Note: \* Provisional, Figures for 2000/2001 are for First six month only.

Compiled by Research and Information Division of Foundation of Nepalese Chambers of Commerce and Industry (FNCCI) from Economic Survey.

表 2.4.11 国際貿易相手先

Value in Million Rs.

摘要	1960/61	1965/66	1970/71	1975/76	1980/81	1985/86	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/2000	2000/2001
<b>輸出(F.O.B.)</b>	<b>209.7</b>	<b>375.1</b>	<b>400.6</b>	<b>1185.8</b>	<b>1608.7</b>	<b>3078.0</b>	<b>7387.5</b>	<b>13706.5</b>	<b>17266.5</b>	<b>19293.4</b>	<b>17639.2</b>	<b>19881.1</b>	<b>22636.5</b>	<b>27513.5</b>	<b>35676.3</b>	<b>49822.7</b>	<b>55654.1</b>
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)
インド	209.2	370.5	395.2	893.7	992.4	1241.1	1552.2	1450.0	1621.7	2408.9	3124.3	3682.3	5226.2	8794.4	12530.7	21220.7	26030.2
	(99.8)	(98.8)	(98.7)	(75.4)	(61.7)	(40.3)	(21.0)	(10.6)	(9.4)	(12.5)	(17.7)	(18.5)	(23.1)	(32.0)	(35.1)	(42.6)	(46.8)
その他	0.5	4.6	5.4	292.1	616.3	1836.9	5835.3	12256.5	15644.8	16884.5	14514.9	16198.5	17410.3	18719.1	23145.6	28602.0	29623.9
	(0.2)	(1.2)	(1.3)	(24.6)	(38.3)	(59.7)	(79.0)	(89.4)	(90.6)	(87.5)	(82.3)	(81.5)	(76.9)	(68.0)	(64.9)	(57.4)	(53.2)
<b>輸入(C.I.F.)</b>	<b>398.0</b>	<b>782.0</b>	<b>699.1</b>	<b>1981.7</b>	<b>4428.2</b>	<b>9341.2</b>	<b>23226.5</b>	<b>31940.0</b>	<b>39205.6</b>	<b>51570.8</b>	<b>63679.5</b>	<b>74454.5</b>	<b>93553.4</b>	<b>89002.0</b>	<b>87525.3</b>	<b>108504.9</b>	<b>115687.2</b>
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)
インド	375.1	763.5	616.8	1227.1	2179.2	3970.9	7323.1	11245.5	12542.1	17035.4	19615.9	24398.6	24853.3	27331.0	32119.7	39660.1	45211.0
	(94.2)	(97.6)	(88.2)	(61.9)	(49.2)	(42.5)	(31.5)	(35.2)	(32.0)	(33.0)	(30.8)	(32.8)	(26.6)	(30.7)	(36.7)	(36.6)	(39.1)
その他	22.9	18.5	82.3	754.6	2249.0	5370.3	15903.4	20694.5	26663.5	34535.4	44063.6	50055.9	68700.1	61671.0	55405.6	68844.8	70476.2
	(5.8)	(2.4)	(11.8)	(38.1)	(50.8)	(57.5)	(68.5)	(64.8)	(68.0)	(67.0)	(69.2)	(67.2)	(73.4)	(69.3)	(63.3)	(63.4)	(60.9)
<b>貿易収支</b>	<b>-188.3</b>	<b>-406.9</b>	<b>-298.5</b>	<b>-795.9</b>	<b>-2819.5</b>	<b>-6263.2</b>	<b>-15839.0</b>	<b>-18233.5</b>	<b>-21939.1</b>	<b>-32277.4</b>	<b>-46040.3</b>	<b>-54573.4</b>	<b>-70916.9</b>	<b>-61488.5</b>	<b>-51849.0</b>	<b>-58682.2</b>	<b>-60033.1</b>
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)
インド	-165.9	-393.0	-221.6	-333.4	-1186.8	-2729.8	-5770.9	-9795.5	-10920.4	-14626.5	-16491.6	-20716.0	-19627.1	-18536.6	-19589.0	-18439.4	-19180.8
	(88.1)	(96.6)	(74.2)	(41.9)	(42.1)	(43.6)	(36.4)	(53.7)	(49.8)	(45.3)	(35.8)	(38.0)	(27.7)	(30.1)	(37.8)	(31.4)	(32.0)
その他	-22.4	-13.9	-76.9	-462.5	-1632.7	-3533.4	-10068.1	-8438.0	-11018.7	-17650.9	-29548.7	-33857.4	-51289.8	-42951.9	-32260.0	-40242.8	-40852.3
	(11.9)	(3.4)	(25.8)	(58.1)	(57.9)	(56.4)	(63.6)	(46.3)	(50.2)	(54.7)	(64.2)	(62.0)	(72.3)	(69.9)	(62.2)	(68.6)	(68.0)
<b>貿易総額</b>	<b>607.7</b>	<b>1157.1</b>	<b>1099.7</b>	<b>3167.5</b>	<b>6036.9</b>	<b>12419.2</b>	<b>30614.0</b>	<b>45646.5</b>	<b>56472.1</b>	<b>70864.2</b>	<b>81318.7</b>	<b>94335.6</b>	<b>116189.9</b>	<b>116515.5</b>	<b>123201.6</b>	<b>158327.6</b>	<b>171341.3</b>
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)
インド	584.3	1134.0	1012.0	2120.8	3171.6	5212.0	8875.3	12695.5	14163.8	19444.3	22740.2	28081.2	30079.5	36125.4	44650.4	60880.8	71241.2
	(96.1)	(98.0)	(92.0)	(67.0)	(52.5)	(42.0)	(29.0)	(27.8)	(25.1)	(27.4)	(28.0)	(29.8)	(25.9)	(31.0)	(36.2)	(38.5)	(41.6)
その他	23.4	23.1	87.7	1046.7	2865.3	7207.2	21738.7	32951.0	42308.3	51419.9	58578.5	66254.4	86110.4	80391.1	78551.2	97446.8	100100.1
	(3.9)	(2.0)	(8.0)	(33.0)	(47.5)	(58.0)	(71.0)	(72.2)	(74.9)	(72.6)	(72.0)	(70.2)	(74.1)	(69.0)	(63.8)	(61.5)	(58.4)

Note: figures in the Paranthesis are percentage of the total.

Compiled by Sesearch and Information Division of FNCCI from Nepali's Foreign Trade and Economic Development 1956/57 to 1979/80 by Pushkar R. Reejal, a CEDA Publication and Various publications of Nepal Rastra Bank.



表 2.4.12 対外債務 1994/95年度～1999/2000年度

	(In millions of US. dollars)					
	1994/95 (2051/52)	1995/96 (2052/53)	1996/97 (2053/54)	1997/98 (2054/55)	1998/99 (2055/56)	1999/00 (2056/57)
<b>対外債務総額 1/</b>	<b>2,295</b>	<b>2,370</b>	<b>2,483</b>	<b>2,612</b>	<b>2,729</b>	<b>3381</b>
<b>中長期借入</b>	<b>2,295</b>	<b>2,320</b>	<b>2,362</b>	<b>2,415</b>	<b>2,532</b>	<b>3,112</b>
<b>国際機関・多国間</b>	<b>1,842</b>	<b>1,940</b>	<b>1,983</b>	<b>2,090</b>	<b>2,169</b>	<b>2642</b>
AsDB	698	757	802	910	948	1216
EEC	10	9	8	8	7	8
IDA	1,002	1,052	1,059	1,080	1,107	1297
IFAD	58	57	57	44	58	68
IMF 2/	55	43	34	25	21	15
NDF	8	11	16	18	20	23
OPEC	12	10	7	6	9	15
<b>外国政府</b>	<b>453</b>	<b>380</b>	<b>378</b>	<b>325</b>	<b>363</b>	<b>470</b>
Australia	0	0	0	0	0	6
Austria	0	6	5	5	4	5
Belgium	9	8	7	6	6	10
Finland	0	0	6	6	6	7
France	51	53	51	52	48	53
Korea	0	0	0	2	10	9
Kuwait	16	15	13	12	11	10
OECF	370	291	296	229	264	344
Saudi Fund	8	7	10	13	14	26
<b>短期借入 3/</b>	<b>...</b>	<b>50</b>	<b>121</b>	<b>197</b>	<b>197</b>	<b>269</b>
<b>総合デットサービス</b>	<b>82</b>	<b>84</b>	<b>83</b>	<b>87</b>	<b>84</b>	<b>83</b>
元本返済 4/	59	60	55	62	59	57
うちIMF分 2/	7	8	7	7	5	5
利息 4/	23	24	28	24	25	26
うちIMF分	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
	(in percent)					
<b>デットサービスレシオ 5/</b>	<b>6.3</b>	<b>6.8</b>	<b>5.0</b>	<b>6.7</b>	<b>5.9</b>	<b>4.7</b>
うちIMF分	0.6	0.7	0.5	0.6	0.4	0.3
<b>総対外債務/GDP</b>	<b>52.1</b>	<b>52.4</b>	<b>50.5</b>	<b>53.8</b>	<b>54.2</b>	<b>61.5</b>
うちIMF分	1.3	1.0	0.7	0.5	0.4	0.3

1/ Consortium primarily of medium- and long-term public and publicly guaranteed debt excluding foreign liabilities of the banking system other than liabilities to the IMF.

2/ Excluding IMF Trust Fund.

3/ Outstanding trade credits.

4/ Includes principal and interest repayments of public enterprises and some private entities, as well as The central government.

5/ In relation to exports of goods and services and private transfers

Source: IMF.

表 2.4.13 外貨準備高

Year/ Month	外国為替	IMF特別引出権		外貨		合計		
	レート IUS\$=NR	Million Rs.	Million\$	Million Rs.	Million\$	Million Rs.	Million\$	
1989 July	27.40	380.2	13.9	8310.8	303.3	8691.0	317.2	0.1332088
1990 July	29.10	424.6	14.6	11589.8	398.3	12014.4	412.9	0.1190179
1991 July	42.70	613.4	14.4	18656.6	436.9	19270.0	451.3	0.1216534
1992 July	42.60	630.9	14.8	24251.4	569.3	24882.3	584.1	0.1039558
1993 July	49.00	714.6	14.6	33510.4	683.9	34225.0	698.5	0.0929763
1994 July	49.11	732.6	14.9	42015.7	855.5	42748.3	870.4	0.0726949
1995 July	50.45	778.2	15.4	43084.9	854.0	43863.1	869.4	0.0855224
1996 July	56.25	832.1	14.8	44438.3	790.0	45270.4	804.8	0.1206574
1997 July	56.75	825.1	14.5	48541.4	855.4	49366.5	869.9	0.1308259
1998 July	67.60	956.3	14.1	65157.7	963.9	66114.0	978.0	0.1330206
1999 July	68.15	960.3	14.1	76650.8	1124.7	77611.1	1138.8	0.1176412
2000 July*	70.40	997.7	14.2	93858.1	1333.2	94855.8	1347.4	0.055737
2001 July*	74.65	1018.2	13.6	105172.5	1408.9	106190.7	1422.5	
2002 Jan.*	76.30	1049.6	13.8	103692.1	1359.0	104741.7	1372.8	0.0221031

Compiled by Research and Information Division of FNCCI from Economic Survey.

\*: Compiled by the Study Team with Source from Quarterly Economic Bulletin, Mid-January 2002,  
by Nepal Rastra Bank

## 第 3 章

## 第3章 地域の概況

### 3.1 位置及び地形

クリカニ第3水力発電所開発計画はマクワンプル地区のバイセドバンからヘタウダにかけて約6 kmのラプティ川流域に位置する。ラプティ川はバイセドバンでカニ川と合流し、北東方向から南西方向に流れる。プロジェクト範囲の河川勾配はキセリ川に平行に走る主境界衝上断層の上流域は1/50から1/100の急勾配となっており、ヘタウダまでの下流域はシワリクの地質条件により緩やかになっている。

主要な山尾根の方向は東北方向から南西方向に向かっており、起伏の激しい急峻な地形になっている。最も高い位置で海拔約1,300mとなり、ヘタウダの近郊のもっとも低い位置で海拔500mとなる。

ラプティ川両岸では、古い河川段丘堆積物が現在の河川の標高より高い位置まで堆積しており農地として用いられている。

本調査で収集した地形図及び航空写真は下表のとおりである。

	作成年	スケール	範囲	枚数
地形図	-	500	Kulekhani III HPP Area	36
	1978-79	5,000	Area along Rapti River ( Bhimphedi- Khani- Bhainse Dobhan- Hetauda)	9
	-	5,000	Kulakhani III Reguratiog Pond Area- P/H Area - Sanutar - Tailrace Area	1
	1992	25,000	Kathmandu- Kulekhani Reservoir Area- Bhainse Dobhan- Hetauda Area along Bagmati River (Hariharpur Ghadi)	18
航空写真	1970	46,000	Kulekhani Reservoir Area - Bhainse Dobhan	13
	1978	46,000	Near to Kulekhani Dam Site	2
	1992	50,000	Kulekhani Reservoir Area - Bhainse Dobhan - Hetauda	17
	1992	50,000	Bhainse Dobhan - Hetauda	4
	1994	20,000	Kulekhani Reservoir Area - Bhainse Dobhan	79

## 3.2 水文調査

### 3.2.1 概要

本計画における水文調査の主要な目的は以下の通りである。

- 水文気象資料の評価
- クリカニ貯水池流入量及びラプティ水系の溪流取水地点流量に係る低水解析
- 主要構造物の設計流量に係る洪水解析
- 調整池計画流域の堆砂量の検討

水文調査では近傍観測所(測候所、測水所)の観測記録が基本資料となる。本計画に関連する観測所の一覧及び位置をそれぞれ表 3.2.1 及び図 3.2.1 に示す。

### 3.2.2 気象条件

ネパールの気象は雨期の南西モンスーン及び乾期の北西モンスーンの影響に支配される。経年的な傾向では雨期は6~9月、乾期は11~4月であり、5及び10月は両者の遷移期間に相当する。雨期は高温、高湿度、乾期は低温、低湿度であり、また南西モンスーンの影響をうけて年間降雨量の80~90%は雨期に集中する。

計画地域は、標高600~1,100mに位置するため、テライ平原及びマハバラート高山地帯と比較すると相対的に中庸な気象特性を有する。

計画地域内には、気温及び湿度を観測する測候所は存在しないが、ダマン(標高2,314m)及びヘタウダ Nepal Forest Institute(同474m)測候所が近傍に位置する。計画地域は、位置及び標高の関係より両測候所の平均的な気象特性を有すると推測される。

表 3.2.2<sup>1)</sup>は両測候所での1985~2000年の月別平均、最高及び最低気温を示す。

高標高地域の気象特性を有するダマン測候所では、年平均気温は14°C、最高気温は10月に29°C、最低気温は11~3月に氷点下に達する。一方、亜熱帯地域の気象特性を有するヘタウダ N.F.I.測候所では、年平均気温は23°C、最高気温は5月に41°Cに達し、最低気温は1月に2°Cが観測されている。

蒸発散量は、計画地域の上流部に位置するチサパニガディ測候所で、1963~1965年に亘り観測されている。表 3.2.3<sup>2)</sup>に示す月別値では、最小値は12月の約70 mm(2.3 mm/日)、最大値は5月の約360 mm(11.7 mm/日)、年間値は約1,800 mmと記録されている。

### 3.2.3 降雨量

表 3.2.4<sup>3)4)</sup>は計画地域周辺に位置する8測候所の月別平均降雨量を示す。表より、年間降雨量の約90%が5~10月の雨期に集中し、亜熱帯地域特有の気象特性が伺える。また、全般的に7月及び11月に雨期及び乾期の降雨特性が顕著に表れている。

上記の測候所のうちチサパニガディ及びヘタウダ N.F.I.測候所は、計画地域近傍に位置するため、同地域での降雨特性を示す代表的な測候所と考えられる。

表 3.2.5<sup>3)</sup>は各年の日最大降雨量を示すが、チサパニガディ及びヘタウダ N.F.I.測候所で、それぞれ1965年7月に300 mm、1990年8月に453 mmが観測されている。前者については他測候所での観測記録の不足より詳細が不明であるが、後者については、

マクワンプルガディ測候所での 248 mm の観測値<sup>3)</sup>を含めて、計画地域の南部で高い降雨量が記録されている。

1993 年 7 月にネパール中南部山岳地域を襲った集中豪雨では、計画地域内においても地すべりを伴う大量の土砂流出が発生して河川沿いに堆積、またクリカニ貯水池へ流入した。

計画地域内では表 3.2.6<sup>5)</sup>に示す近傍 6 測候所の平均降雨量より、19 及び 20 両日に各々 212mm の降雨量が想定される。また、計画地域内に位置するチュリバガイチャ測候所では 64 mm/hr、貯水池流域のチストン測候所では 70 mm/hr の降雨強度が観測されている<sup>5)</sup>。

本豪雨は計画地域での既往最大規模の豪雨に匹敵すると考えられるため、後述の洪水解析及び堆砂量の節において検討対象とする。

本調査期間中の 2002 年 7 月に計画地域周辺を襲った豪雨は、ロタール川、マナハリ川及びラブティ川上流域で土石流の発生を伴い甚大な被害をもたらした。本豪雨においてはクリカニ川流域に比べて、ラブティ川流域で激しい被害状況が確認されている。

計画地域内では、表 3.2.7 に示す近傍 5 測候所の平均降雨量より、22、23 日に各々 294、353 mm の降雨量が想定される。クリカニ川流域に位置するチストン測候所では、32mm/hr の降雨強度が観測されている。

### 3.2.4 クリカニ貯水池堆砂状況

クリカニ貯水池は、標高 1,427.0m の原河床に満水位 1,530.0m、総容量  $85.3 \times 10^6 \text{m}^3$ 、死水容量  $12.0 \times 10^6 \text{m}^3$ 、有効容量  $73.3 \times 10^6 \text{m}^3$  をもつ貯水池として 1981 年に建設された。

建設後、流域管理及び流入土砂管理を目的として土壤保全局(DSC)及びネパール電力公社(NEA)による貯水池堆砂測量が継続実施されている。表 3.2.8 は測量結果<sup>6)7)8)</sup>より得られた貯水池堆砂状況を示す。

	総容量 ( $10^6 \text{m}^3$ )	死水容量 ( $10^6 \text{m}^3$ )	有効容量 ( $10^6 \text{m}^3$ )	最低運転水位 (m)
1981 (原設計時)	85.30	12.00	73.30	1,476.0
1995/11	63.50	4.60	58.90	1,476.0
2001/11	62.36	6.79	55.57	1,483.5

上流域からの土砂流入に伴い、貯水池容量は建設後 20 年を経た 2001 年 11 月時点で、総容量  $62.36 \times 10^6 \text{m}^3$ 、死水容量  $6.79 \times 10^6 \text{m}^3$ 、有効容量  $55.57 \times 10^6 \text{m}^3$  となり、原設計時と比較して総容量及び有効容量ベースで、それぞれ 73% 及び 76% まで減少している。

また、1997 年の傾斜型取水口の導入により、取水口最低標高は原設計時の 1,471.0m から 1,480m に変更された。これに伴い、最低運転水位は原設計時の 1,476.0m から 1,483.5m に上昇された。

貯水池運用計画の検討では、近年の堆砂状況をふまえて既存の貯水池容量曲線を修正する必要がある。図 3.2.2 は、原設計時の容量曲線及び 1995 年時に Area-Increment

法により推定された容量曲線<sup>6)</sup>を示す。両曲線は、多項式近似により下式で表現される。

$$Y = a_0 + a_1 \times (EL) + a_2 \times (EL)^2 + a_3 \times (EL)^3$$

Y : 貯水池容量(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)

EL : 貯水位(EL.m)

近似式係数;

原設計時:  $a_0 = -226,544.6$ ,  $a_1 = 471.98683$ ,  $a_2 = -0.3280187$ ,  $a_3 = 0.76041656 \times 10^{-4}$

1995年時:  $a_0 = -146,779.0$ ,  $a_1 = 312.42454$ ,  $a_2 = -0.2214828$ ,  $a_3 = 0.52295988 \times 10^{-4}$

### 3.2.5 低水解析

本節では、低水解析により 1963～1995年に亘るクリカニ貯水池の流入量及びラプティ川水系の渓流取水地点流量を検討する。

#### (1) 流量記録

近傍測水所での流量記録の収集状況は、表3.2.1に示す通りである。本検討では、クリカニ及びラジャヤ測水所の流量記録を主要資料とし、周辺流域に位置するマナハリ及びロータル測水所の流量記録を補足資料とする。なお、1996年以降の流量記録は水文気象局(DHM)により解析中であるため収集されていない。

##### 1) クリカニ測水所の流量記録

クリカニ測水所(流域面積 126km<sup>2</sup>)は、シム川合流地点より 0.4km 上流のクリカニ川に設置されていたが、クリカニダム建設に先立ち閉鎖された。同測水所では表 3.2.9 に示す通り 1963～1977年の流量記録を収集済みである。

##### 2) ラジャヤ測水所の流量記録

ラジャヤ測水所(同 579km<sup>2</sup>)は、ヘタウダより 14km 下流のラプティ川に位置し、表 3.2.10 に示す通り 1963～1995年の流量記録を収集済みである。観測期間中の一部の欠測は、マナハリ測水所の流量記録との相関より補間されている。なお、1983年以降の流量記録はクリカニ水力発電所群からの発電放流量を含んでいる点につき考慮する必要がある。

##### 3) 他測水所の流量記録

マナハリ(同 427km<sup>2</sup>)及びロータル(同 169km<sup>2</sup>)測水所は、いずれもラプティ川支川であるマナハリ及びロータル川に設置されており、ラジャヤ測水所よりそれぞれ約 15km 及び 25km 下流のラプティ川との合流地点近傍に位置する。両測水所では、いずれも 1964～1995年の流量記録を収集済みである。

上記測水所以外には、クリカニ川支川のチャッケル川、シム川及びサド川、ならびにラプティ川上流域の支川での流量記録が存在する。しかし、いずれもごく短期間の記録であるため検討対象とはしていない。なお、クリカニ川支川の流量とクリカニ測水所の流量記録との間には以下の関係式が得られている<sup>2)</sup>。

チャッケル川流量 :  $Q_c = 0.18 Q_k$

シム川流量 :  $Q_s = 0.0745 Q_k^{1.128}$

$Q_k$ : クリカニ測水所の流量記録

## (2) 流量記録の検証

クリカニ測水所の流量記録の信頼性は検証済み<sup>2)</sup>であるので、ラジャヤ測水所の流量記録の信頼性を検証するため以下の検討を行う。

- ダブルマスカーブによる流量記録の継続性の検証
- 近傍流域の流出率及び流出特性値との比較

### a) 流量記録の継続性

マナハリ及びロータル測水所の流量記録を比較対象として流量記録の継続性を検証する。ラジャヤ測水所の位置するラプティ川上流域との位置関係より、両測水所の流域は地形、地質及び水文学的に類似した流域特性を有すると考えられる。

図 3.2.3 は年間流出量の累積値をラジャヤ測水所と上記両測水所で比較した結果を示す。第1水力発電所の運転開始以前である1982年までの関係は、図の通り直線近似されており流量記録の継続性を確認することができる。

### b) 流出率及び流出特性値

ラジャヤ測水所地点の流出率の算定に際しては、それぞれ流域上下流に位置するチサパニガディ及びヘタウダ N.F.I. 測候所の降雨量の平均値を用いる。降雨記録の存在する1967年以降、第1水力発電所の運転開始以前である1982年までの流出率及び流出特性値を表 3.2.11 及び下表に示す。

年間降雨量 (mm)	年間流出量 (mm)	流出率	流出特性値 ( $m^3/s/100 km^2$ )
2,189	1,451	0.67	4.60

(1967～1982年平均、降雨記録の欠測年を除く)

ラジャヤ測水所地点の流出率 0.67 は、クリカニ川流域の流出率 0.56<sup>2)</sup>を上回るが、マハバラート高山地帯の南斜面の降雨特性及び山岳地形を考慮すれば妥当な値であると考えられる。

表 3.2.12 及び図 3.2.4 は、ラジャヤ測水所地点の流出特性値  $4.60 m^3/s/100 km^2$  と近傍流域の測水所地点の値<sup>9)</sup>との比較を示す。ラジャヤ測水所地点の流出特性値は、ラプティ川流域内で同程度の流域面積 ( $427 km^2$ ) を有するマナハリ測水所地点の値  $4.31 m^3/s/100 km^2$  と同程度である。

上記の検証によりラジャヤ測水所の流量記録の信頼性が確認されたことから今後の検討資料として採用する。



## (3) クリカニ貯水池流入量

クリカニ貯水池流入量は、クリカニ川(流域面積 126 km<sup>2</sup>)の流量に支配される。同河川の他には、いずれも支川であるチャッケル川(同 22.8 km<sup>2</sup>)から貯水池へ最大 4.1 m<sup>3</sup>/s の渓流取水が、シム川(同 7.1 km<sup>2</sup>)から貯水池を経ず圧力トンネルへ最大 3.3 m<sup>3</sup>/s の直接導水が行われている。

クリカニ測水所の流量記録は 1963～1977 年のみであるため、下表の通りタンクモデル及び貯水池運転記録より 1978～1995 年の流入量を推定する。

期間	貯水池流入量	推定流入量
1) 1963～1977 年 (15 年間)	クリカニ測水所の流量記録より算定	日平均流量
2) 1978～1982 年 (5 年間)	タンクモデルより推定	日平均流量
3) 1983～1995 年 (13 年間)	貯水池運転記録より推定(渓流取水量含む)	5 日平均流量

## 1) クリカニ測水所の流量記録より算定される流入量(1963～1977 年)

1963～1977 年の流入量は、クリカニ測水所の流量記録をもとにチャッケル川及びシム川からの渓流取水量を考慮した上で算定される。

## 2) タンクモデルより推定される流入量(1978～1982 年)

1978～1982 年の流入量は、図3.2.5に示す 4 段直列構造タンクモデルと以下の計算条件より推定する。

降雨量 : ダマン及びマルクガウン測候所での日降雨量  
(ティーセン分割された流域面積比(0.3:0.7)による加重平均値)

蒸発散量 : 測候所と貯水池流域の標高差を考慮して  
チサパニガディ測候所の日蒸発散量の 70%値

単位: mm/day

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
日蒸発散量	2.46	3.89	6.31	10.62	11.71	8.17	2.74	2.71	2.67	3.33	2.96	2.15	4.97
70%値	1.72	2.18	4.42	7.43	8.20	5.72	1.92	1.90	1.87	2.33	2.07	1.51	3.48

降雨記録の存在する 1972～1977 年の 6 年間に亘り、相関係数、流出率及び流出特性値について、クリカニ測水所の流量記録と比較することによりモデル構造の同定を行う。

同定結果は表 3.2.13 及び図 3.2.6 に示す通り流出率 0.56、流出特性値 3.20 m<sup>3</sup>/s/100 km<sup>2</sup> となる。文献<sup>2)</sup>中において 1963～1972 年の降雨量及び流量記録より算定された流出率は 0.56、流出特性値は 3.10 m<sup>3</sup>/s/100 km<sup>2</sup> でありほぼ一致する。また、相関係数は 0.86、年間流出量は推定値と観測値との比率が 1.00 であり、欠測期間の流量を推定する上で妥当な結果が得られていると判断される。

1978～1982 年の流入量は、タンクモデルより推定されるクリカニ測水所地点流量に

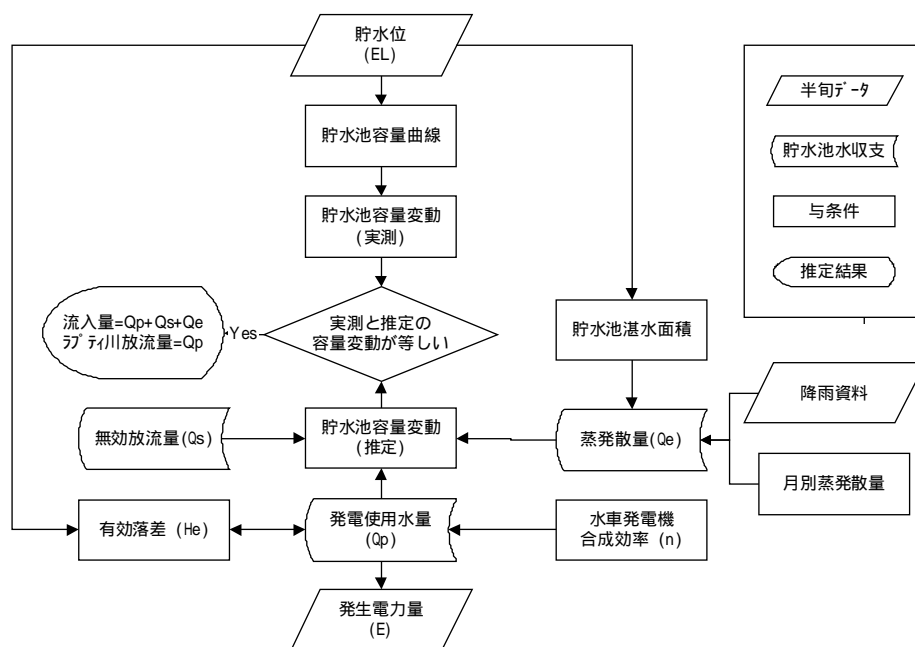
チャッケル川及びシム川からの渓流取水量を加えて算定する。

3) 貯水池運転記録より推定される流入量(1983～1995年)

1983～1995年の流入量は、貯水池運転記録より以下の手法で推定する。推定手法の詳細については、Supporting Report (1) Appendix A に示す通りである。

なお、日単位の貯水池運転記録より推定される流入量は、記録精度上の問題より日変動が大きいいため、半旬(5日平均)単位の推定値をもって流入量とする。

- i) 実測の貯水池容量変動を貯水位記録より算定
- ii) 貯水位、発生電力量及び無効放流量記録より、貯水池流入量、放流量及び蒸発散量で構成される貯水池の水収支関係を推測
- iii) 先の水収支関係に基づき貯水池容量変動を推定
- iv) 実測及び推定の貯水池容量変動が一致すれば貯水池流入量、放流量を算定



4) 貯水池流入量の評価

表 3.2.14 は推定された月別貯水池流入量、表 3.2.15 及び下表は推定流入量の比較結果を示す。なお、年間降雨量はダマン及びマルクガウン測候所の日降雨の加重平均値であり、1963～1971年は降雨記録に欠測を含むため検討対象としていない。

貯水池流入量	年間降雨量 (mm)	年間流出量 (mm)	流出率	流出特性値 ( $\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ )
1) 流量記録算定値 (1972～1977年) <sup>注)</sup>	1,801	997	0.55	3.16
2) タンクモデル推定値 (1978～1982年)	1,375	735	0.53	2.33
3) 運転記録推定値 (1983～1995年)	1,527	846	0.55	2.68
平均値	1,564	860	0.55	2.73

注) 1963～1971年は降雨記録に欠測を含むため評価対象外

各推定手法別の流出特性値は期間毎の降雨量を反映して 2.33～3.16  $\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$  とばらつくが、流出率は 0.53～0.55 でありほぼ一定値を示す。また、文献<sup>2)</sup>中で算定された 1963～1972年の流出率 0.56、流出特性値 3.10  $\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$  と比較しても同程度である。よって、流入量は良好に推定されたと評価されるため以降の検討で採用するものとする。

#### (4) ラプティ川水系の溪流取水地点流量

ラプティ川水系の溪流取水地点の流況は、文献<sup>11)</sup>中で適用可能性が検証された通り、ラジャヤ測水所の流量記録を各地点の流域面積比で換算して作成する。

なお、1983年以降のラジャヤ測水所の流量記録は、第1及び第2水力発電所からの発電放流量を含んでいるため、同放流量を減じた上で自然流量を算定する。流量記録は、量水標を用いた水位測定に基づくため、昼間の河川流量を反映していると考えられるが、発電放流量はピーク運転を行う夕方から夜間に増加する。したがって、文献<sup>10)</sup>に基づき日平均放流量を昼間のベース運転時の放流量に換算した上で、流量記録より減じることで自然流量を推定する。

##### 1) 第2水力発電所の溪流取水地点流況

第2水力発電所は、第1水力発電所の発電放流及びラプティ川水系からの溪流取水を利用したピーク需要対応の流れ込み式発電所である。ラプティ川水系からは、支川マンドウ川に浸透式取水施設(流域面積 20.0  $\text{km}^2$ )及び本川にポンプ取水施設(同 28.5  $\text{km}^2$ )を建設して取水が行われている。設計取水量に関しては、前者はマンドウ川の河川流況の 90%信頼性流量より通年 0.2  $\text{m}^3/\text{s}$  に、後者はラプティ川の乾期の利用可能水量より 10～4月で 0.2  $\text{m}^3/\text{s}$  に設定されている。なお、前者では 1998年1～4月の試験運転時に最大 1.0  $\text{m}^3/\text{s}$  までの取水実績が確認されている<sup>12)</sup>。

##### 2) 第3水力発電所の溪流取水地点流況

第3水力発電所では、乾期の発電使用水量の増強を目的として、支川カニ川の頭首工(流域面積 21.2  $\text{km}^2$ )より溪流取水を、またヤンラン川に調整池(同 8.1  $\text{km}^2$ )を建設する計画である。

貯水池流入量及び溪流取水地点の年間、ならびに雨期/乾期別の半旬単位の流況は図 3.2.7 に示す通りである。

ラプティ川水系の溪流取水地点での平均流量 (1963～1995) 単位: m<sup>3</sup>/s

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
マンドゥ取水施設	0.27	0.23	0.19	0.20	0.26	0.72	2.06	2.54	2.20	1.04	0.52	0.35	0.88
ラプティ取水施設	0.39	0.32	0.28	0.28	0.36	1.02	2.94	3.62	3.14	1.48	0.74	0.50	1.26
カニ頭首工	0.29	0.24	0.21	0.21	0.27	0.76	2.19	2.69	2.34	1.10	0.55	0.37	0.93
ヤンラン調整池	0.11	0.09	0.08	0.08	0.10	0.29	0.83	1.01	0.88	0.41	0.21	0.14	0.35

### 3.2.6 洪水解析

本節では、まず清水流量を対象として近傍測水所地点の確率洪水をもとにクリーガー式により主要構造物の設計流量を算定する。そして、近傍の洪水記録及び既往最大洪水記録との比較より設計流量の評価を行う。

#### (1) 確率洪水

##### 1) 洪水記録

主要構造物の設計流量の算定に際しては、近傍に位置するラジャヤ(流域面積 579 km<sup>2</sup>)及びクリカニ(同 126km<sup>2</sup>)測水所の洪水記録を用いる。

両測水所の他にクリカニ川支川であるサド川のダルコット測水所(同 13.8 km<sup>2</sup>)の洪水記録が存在するが、同記録の信憑性に疑問が呈されている<sup>13)</sup>ことをふまえて検討対象から除外する。

ラジャヤ及びクリカニ測水所の年最大洪水記録<sup>14)</sup>は表 3.2.16 示す通りである。

##### 2) 近傍測水所地点の確率洪水

###### a) ラジャヤ測水所地点

ラジャヤ測水所地点の確率洪水は、年最大洪水記録をもとにガンベル、岩井及び対数ピアソン 型分布により表 3.2.17 及び図 3.2.8 の通り算定される。岩井及び対数ピアソン 型分布はほぼ同等な値を示すが、低頻度域では前者が後者を上回る結果を示す。よって、同測水所地点の確率洪水としては、設計上の安全をふまえて岩井分布の結果を採用する。

###### b) クリカニ測水所地点

クリカニ測水所地点の流量記録は 1963～1977 年のみであり、既往最大洪水と考えられる 1993 年 7 月の洪水記録が含まれていないため、既往の検討結果<sup>5)</sup>に基づき同地点の確率洪水を算定する。

##### ● 1994M/P<sup>5)</sup>での検討結果

1994M/P では同地点の確率洪水が単位図法に基づき検討されている。図 3.2.9 に示す単位図は 1993 年 7 月豪雨時のチストン測候所での時間降雨及び貯水池運転記録より作成されており、ピーク流量ならびに実績堆砂量を除いた清水容量で良好な再現性が確認されている<sup>5)</sup>。確率洪水の算定に際しては、ダマン測候所の 1968～1993 年に亘る年最大降雨量から得られる確率降雨を使用しており、確率降雨に応じて 1993 年 7 月豪雨時の時間降雨を一率に引伸ばした上で、先の単位図よりピーク流量が算定されている。算定された確率洪水は、水文気象局 (DHM)が近傍河川の流域面積と

流出特性値との関係に基づき検討した洪水頻度解析結果との整合性も確認されている<sup>5)</sup>。

本検討では、Supporting Report (1) Appendix A に示す通り貯水池流域全体の降雨特性を考慮して、流域内で比較的長期の記録を有するダマン及びマルクガウン測候所の降雨記録からティーセン分割された面積比 (0.3:0.7) をもとに流域内の平均降雨量を算定する。貯水池流域の確率降雨を流域平均降雨量に基づき算定すると表 3.2.18 及び図 3.2.10 の通りである。クリカニ測候所地点の確率洪水は、確率降雨に応じて 1993 年 7 月豪雨時の時間降雨を一率に引伸ばした上で先の単位図より表 3.2.19 の通り算定される。

確率年	確率洪水 (m <sup>3</sup> /s)			
	ラジャヤ測水所 (579km <sup>2</sup> )	クリカニ測水所 <sup>5)</sup> (126km <sup>2</sup> )		
5	793	562	548	440
10	947	717	700	600
20	1,201	890	872	-
50	1,475	1,151	1,139	1,025
100	1,690	1,374	1,379	1,240
200	1,912	1,624	1,653	1,470
1,000	2,460	2,331	2,471	2,100
算定方法	流量記録 (1963-1995)	ダマン測候所降雨量 単位図法 (1968-1993)	流域平均降雨量 単位図法 (1972-2002)	流出特性値

### 3) 主要構造物計画地点の確率洪水

主要構造物計画地点の確率洪水は、近傍測水所地点の確率洪水を以下のクリーガー式に則り計画地点の値に換算することで算定される。

$$Q = 46 C A^n$$

$$n = 0.894 A^{-0.048}$$

Q: 洪水ピーク流量(ft.<sup>3</sup>/s, 1 ft.<sup>3</sup>/s = 0.02832 m<sup>3</sup>/s)

A: 流域面積(mile<sup>2</sup>, 1 mile<sup>2</sup> = 2.590 km<sup>2</sup>)

C: 流域特性係数

単位: m<sup>3</sup>/s

確率年	カニ頭首工地点 (21.2km <sup>2</sup> )		ヤンラン調整ダム地点 (8.1km <sup>2</sup> )		放水工地点 (168.8km <sup>2</sup> )	
	ラジャヤ	クリカニ	ラジャヤ	クリカニ	ラジャヤ	クリカニ
50	194	353	93	169	745	1,355
100	222	427	107	205	854	1,641
200	251	512	121	246	966	1,968
1,000	323	766	155	368	1,242	2,941

ラジャヤ測水所地点の換算値がクリカニ測水所地点の換算値を大きく下回るが、原因としては以下の相違点が考えられる。

#### a) 算定方法の相違

前者は長期の流量資料をもとに算定されているのに対して、後者は流量資料の不足

から年最大降雨量をもとに算定されている。

#### b) 流出特性の相違

前者は測水所地点で流域面積 579km<sup>2</sup> を有し、バインセドバン上流域(95km<sup>2</sup>)に限っては平均河床勾配 1/5、山地面積率 78%と山地急流河川であるが、下流域では平均河床勾配 1/50 以下、山地面積率も低く緩勾配河川の様相を呈する。一方、後者は全流域で平均河床勾配 1/7、山地面積率も 87%と高い山地急流河川である。

両換算値の差異は上記の相違点に起因すると考えられるが、主要構造物は流域面積 200km<sup>2</sup> 以下の山地急流河川に計画されている。よって、計画地点の確率洪水としては流出特性の類似するクリカニ測水所地点の換算値を採用する。

単位：m<sup>3</sup>/s

確率年	流域特性係数	カニ頭首工 (21.2 km <sup>2</sup> )	ヤンラン調整ダム (8.1 km <sup>2</sup> )	放水工 (168.8 km <sup>2</sup> )
50	49.3	353	169	1,355
100	59.7	427	205	1,641
200	71.6	512	246	1,968
1,000	107.0	766	368	2,941

### (2) 主要構造物の設計流量

#### 1) 計画地域近傍の洪水資料

計画地域近傍では数度の大洪水が経験されているが、信頼性の高い洪水資料は後述の通り限られている。

##### a) 1970年7月洪水

1970年7月洪水は、ラプティ川上流域で1927年以降1987年までで第5番目の規模に相当すると考えられ、バインセドバン橋梁地点(流域面積 95.1 km<sup>2</sup>)のピーク流量は 908 m<sup>3</sup>/s と推定されている<sup>13)</sup>。

##### b) 1993年7月洪水

1993年7月洪水は、クリカニ川及びラプティ川上流域での既往最大洪水と考えられ、各種関係機関により調査及び検証が行われている。クリカニダム地点のピーク流量は、貯水池運転記録により 1,340 m<sup>3</sup>/s と推定されており<sup>5)</sup>、他の資料と比較して信頼性が高いと考えられる。また、ラプティ川のカニ川合流地点(同 114km<sup>2</sup>)及びバインセドバン地点(同 92km<sup>2</sup>)でのピーク流量は、洪水痕跡にもとづき Slope-Area 法を含む各種推定手法により 1,929 m<sup>3</sup>/s<sup>15)</sup>及び 2,600 m<sup>3</sup>/s<sup>16)</sup>と推定されている。

洪水記録	流域面積 (km <sup>2</sup> )	ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)	流域特性 係数	確率年 <sup>注)</sup> (年)
<u>1970年7月洪水</u>				
バインセドバン橋梁地点	95.1	908	46.4	40
<u>1993年7月洪水</u>				
・クリカニダム地点	126	1,340	57.6	90
・カニ川合流地点	114	1,929	88.3	500
・バインセドバン地点	92	2,600	135.7	>1,000

注) クリカニ測水所地点の確率洪水から求まる概算値

クリカニダム地点のピーク流量は、貯水池運転記録に基づく推定値であり、流入土砂を除いた清水の洪水容量で検証されている。一方、他地点でのピーク流量は、洪水痕跡等に基づく推定値であるため、大量の土砂を含む土石流ピーク流量として推定されていると考えられる。

## 2) 国内の既往最大洪水記録

図 3.2.11 は国内測水所の既往最大洪水記録<sup>14)</sup>を示す。国内 75 箇所の測水所での記録期間は、最長 34 年、平均 19 年と短く、小流域での記録は不足している。

## 3) 設計流量の評価

- 主要構造物の設計流量は、計画地域近傍の洪水記録及び国内の既往最大洪水記録より以下の通り評価される。
- 図 3.2.11 には、設計流量を評価するために 2 種の曲線が併記されている。曲線 1 は、1970 年 7 月洪水に適合するクリーガー曲線であり、流域特性係数  $C=45$  に相当する。一方、曲線 2 は、国内測水所の既往最大洪水記録を包絡する曲線であり、流域特性係数  $C=90$  に相当する。クリカニ測水所地点の確率洪水と比較すると、前者は 40 年、後者は 500 年以上の確率洪水に相当する。
- 曲線 2 は流域面積  $1,000\text{km}^2$  以上の流域での洪水記録により支配されるが、曲線 1 は流域面積  $1,000\text{ km}^2$  以下の流域での洪水記録に支配されている。
- 主要構造物の位置する流域面積  $200\text{ km}^2$  程度以下の流域では洪水記録が不足しているため、計画地域近傍の洪水資料を参考とする。
- 計画地域近傍の洪水資料の中、クリカニダム地点で推定された 1993 年 7 月洪水のピーク流量以外は土石流ピーク流量として過大評価されていると考えられる。
- クリカニダム地点で推定された 1993 年 7 月洪水のピーク流量のみが流域面積  $200\text{ km}^2$  程度以下の流域での信頼性の高い清水の洪水流量として評価される。
- 同ピーク流量はクリカニ測水所地点の確率洪水との比較より 90 年確率洪水に相当するため、幾分の余裕を見込み 100 年確率洪水をもってカニ頭首工及び放水工の設計流量として採用する。なお、ヤンラン調整ダムの設計流量は構造物の重要性を考慮して 200 年確率洪水を採用する。
- さらに、土石流を伴わない場合においても洪水流中の高い土砂含有率が想定されるため、土砂含有率を 10%と仮定した上で設計流量の割増しを行う。

上記の検討により主要構造物の設計流量は下表の通り得られる。

評価項目	流域特性係数	カニ頭首工 (21.2 km <sup>2</sup> )	ヤンラン調整ダム (8.1 km <sup>2</sup> )	放水工 (168.8 km <sup>2</sup> )
1970年7月洪水	46.4	330	159	1,286
1993年7月洪水				
・クリカニダム地点	57.6	410	198	1,597
・カニ川合流地点	88.3	629	304	2,447
・バインセドバン地点	135.7	966	467	3,761
曲線1 推定洪水流量	45	322	155	1,237
曲線2 推定洪水流量	90	644	310	2,474
設計確率年	-	100	200	100
設計洪水流量 (清水流量)	59.7	427	246	1,641
設計洪水流量 (土砂含有)	-	470	280	1,810

### 3.2.7 堆砂量

本節では、クリカニ貯水池の堆砂実績より同貯水池流域の年平均堆砂量を推定する。そして、同流域と調整池流域との流域特性の相違に着目した上で調整池流域の堆砂量を推定する。

#### (1) クリカニ貯水池流域の堆砂量

貯水池堆砂測量の結果より得られた堆砂実績は表 3.2.8 に示す通りである。

年平均堆砂量として「累計堆砂量 ÷ 経過期間(水文年)」の算術平均値を採用した場合、経過期間に発生した洪水の規模に応じて平均値の評価が異なることになる。本調査では、1993年7月洪水に伴う堆砂量を設計に反映させるため、同洪水を含めた洪水の規模ならびに発生頻度を確率処理することにより年平均堆砂量を推定する。

#### 1) 年間堆砂量と年最大降雨量との関連性

堆砂量の影響因子は多岐に渡るが、土砂生産・運搬に係る要因となる洪水流量との関連性が一般に知られている。しかし、貯水池流域では湛水後の洪水記録が存在しないため、両者の関連性を検証することができない。よって、洪水流量と降雨量との相関性をふまえて、年間堆砂量と年最大降雨量との関連性を検証する。

年最大降雨量としては、3.2.6 節と同様にダマン地点とマルクガウン地点の降雨記録より算定された貯水池流域の平均降雨量を用いる。なお、1994年及び1995年の年間堆砂量は、1993年7月豪雨に起因する堆砂量と考えられるため1993年の年間堆砂量として考慮する。

年間堆砂量と年最大降雨量との関連性について、図 3.2.12 の資料をもとに検証した結果より以下に示す堆砂量に係る推定式が得られる。

$$SV = 0.0265 e^{0.0168R} \quad (\text{相関係数 } 0.96)$$

SV : クリカニ貯水池年間堆砂量 (10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)

R : 年最大降雨量 (mm)

表 3.2.20 に示す通り、貯水池湛水開始から 2000 年までの累積堆砂量は上式より 19.98x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> と算定されるため、実績値 22.92x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> との差異をもとに同推定式を以



下の通り補正する。

$$SV = 0.0304 e^{0.0168R}$$

## 2) 年平均堆砂量の推定

貯水池流域の年平均堆砂量は、前述の推定式ならびに貯水池流域の確率降雨より表 3.2.21 の通り推定される。なお、調整ダムの堆砂容量は通常、建設後 100 年間の堆砂量として設計されるため、100 年確率を越える範囲については 100 年確率降雨量で頭打ちとしている。

年平均堆砂量 : 540,000 m<sup>3</sup>/年

年平均比堆砂量 : 4,300 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年

貯水池流域の年平均堆砂量に関する既往検討値との比較は下表の通りである。

	1994 M/P	1997 JICA Study	本検討
年平均堆砂量 (m <sup>3</sup> /yr.)	355,000	1,180,000	540,000
土壌侵食率 (mm/km <sup>2</sup> /yr.)	2.8	9.37	4.29
検討資料	-	4 (1993 ~ 1995)	8 (1993 ~ 2000)

1994M/P<sup>5)</sup>の検討値は、1993 年 7 月洪水後の地滑りを発生源とする将来的な流出土砂量を考慮して、地滑り活動が盛んなペワ渓谷(Phewa Valley)での調査(Ramsey, 1985)より得られた土壌侵食率を参考に 355,000 m<sup>3</sup>/年(2.8mm/km<sup>2</sup>/年)とされている。1997JICA 調査<sup>17)</sup>の検討値は、1993 年を含む 4 度の測量結果の算術平均より 1,180,000m<sup>3</sup>/年とされている。本検討値 540,000 m<sup>3</sup>/年は、1993 年以降に実施された 8 度の測量結果を確率処理した上で推定されている。

表 3.2.8 に示す貯水池堆砂実績より明らかな通り、各年の堆砂量の変動が大きいいため、年平均堆砂量は年間洪水の規模・頻度を考慮して推定する必要があると考えられる。本事象の上記のような特性を考慮すれば、本検討で採用した確率論的手法の適用は有用であると考えられる。

## (2) 調整池流域の堆砂量

調整池流域の堆砂量は、前述で得られた貯水池流域の堆砂量より、同流域と調整池流域との流域特性の相違を考慮して推定される。

堆砂量の影響因子となる流域特性は、流域面積、地質条件、地形条件、植生、気象条件、河川の水利特性、人工的諸作用等と様々であるが、ここでは崩壊特性ならびに流出特性の差異をもって補正する。崩壊特性の指標としては崩壊地面積率及び平均崩壊深、流出特性の指標としては土砂流出率が考えられる。

### 1) 崩壊地面積率

貯水池流域の崩壊地面積は、1993 年洪水後の現地測量及び洪水前後の空中写真判読より 6.81 km<sup>2</sup>と算定されている<sup>5)</sup>。一方、調整池流域の崩壊地面積は、1994 年に作

成された 1/25,000 地形図の判読結果より 0.16 km<sup>2</sup> と算定される。よって、両流域の崩壊地面積率は、それぞれ 5.4%、2.0% と算定される。

#### 2) 平均崩壊深

貯水池流域の平均崩壊深は、1993 年洪水後の現地調査より流域構成地質別に以下の通り推定されており、流域平均で 2.7m となる<sup>5)</sup>。一方、調整池流域での実測資料は得られていないが、片岩及び千枚岩を主体に構成される流域地質状況より貯水池流域の片岩・硬質砂岩に相当する 2.0m と想定される。

構成地質	花崗岩	片岩	片岩・硬質砂岩
平均崩壊深 (m)	3.0	4.0	2.0

#### 3) 降雨強度

1993 年 7 月洪水時の両流域の崩壊特性には、降雨強度特性の差異が反映されていると考えられるため、貯水池流域内のチストン測候所と調整池流域近傍のチュリバガイチャ測候所での最大降雨強度 70mm/hr、64mm/hr<sup>5)</sup>の比により補正する。

#### 4) 土砂流出率

土砂流出率は流出土砂量に関する以下のカキ式より算定される。

$$a = I^{0.4} / A^{0.2} \quad (A > 1.0 \text{ km}^2)$$

$$a = I^{0.4} / A^{0.3} \quad (A \leq 1.0 \text{ km}^2)$$

a: 土砂流出率、I: 河床勾配、A: 流域面積(km<sup>2</sup>)

貯水池流域での土砂流出率は 18% と算定されている<sup>5)</sup>。一方、調整池流域の土砂流出率は、上流部を含めた流域の平均河床勾配 1/18、流域面積 8.1 km<sup>2</sup> より 33% と算定される。

調整池流域の比堆砂量は、貯水池流域の比堆砂量を両流域の流域特性により補正することで以下の通り推定される。

(比堆砂量) = (貯水池流域比堆砂量)

× (崩壊地面積率比)

× (平均崩壊深比)

× (降雨強度比)

× (土砂流出率比)

$$= 4,300 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年} \times \frac{2.0\%}{5.4\%} \times \frac{2.0 \text{ m}}{2.7 \text{ m}} \times \frac{70 \text{ mm/hr}}{64 \text{ mm/hr}} \times \frac{33\%}{18\%}$$

$$= 2,300 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$$

ラジャヤ測水所地点の下流 25km でラプティ川に合流するロータル川流域では、ロータル測水所地点(169 km<sup>2</sup>)で短期間ながら浮遊砂測定が実施されている。1975 ~ 1977 年雨期(6 ~ 10 月)の測定記録の平均値に 15%の掃流砂量を加えることで、年間

流出土砂量は4,200ton /年と推定されており<sup>18)</sup>、通常の土砂単位体積重量1.4 ton/m<sup>3</sup>にて換算することで1,770m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年の比堆砂量が得られる。同測水所地点での測定期間は短いものの、調整池流域との位置関係より流域条件が類似していると想定され、調整池流域の比堆砂量を評価する上での一指標と考えられる。

		貯水池流域	調整池流域	ロタル川流域
流域面積	km <sup>2</sup>	126.0	8.0	169.0
崩壊面積	km <sup>2</sup>	6.81	0.16	-
崩壊地面積率	%	5.4	2.0	-
平均崩壊深	M	2.7	2.0	-
最大降雨強度	mm/hr	70	64	-
土砂流出率	%	18	33	-
補正割合	-	1.00	0.55	-
100年間の平均比堆砂量	m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年	4,300	2,300	1,770

上記の検討より、調整池流域の年平均堆砂量19,000 m<sup>3</sup>/年が得られる。

## 参考文献

- 1) Climatological Records of Nepal, 1985-1986, 1987-1990, DHM and Data from DHM
- 2) Feasibility Report on Kulekhani Hydroelectric Project, 1974, JICA
- 3) Daily Precipitation Records of Gandaki & Narayani Zone Through 1996, 1999, DHM
- 4) Daily Precipitation Records of Bagmati Zone Through 1996, 1999, DHM
- 5) Master Plan Study on Sediment Control for Kulekhani Watershed, 1994, Nippon Koei Co., Ltd.
- 6) Report on Sedimentation Survey of Kulekhani Reservoir, 1995, NEA
- 7) Report on Kulekhani Reservoir Sedimentation Study, Mar., 1998, NEA
- 8) Report on Kulekhani Reservoir Sedimentation Study, Feb., 2001, NEA
- 9) The Study on Nationwide Hydrometeorological Data Management Project, 1993, JICA
- 11) Kulekhani No.2 Hydroelectric Project Feasibility Report, 1979, JICA
- 10) Kulekhani Hydroelectric Project, Operation and Maintenance Manual, Vol.1, Nippon Koei, 1982
- 12) Kulekhani Disaster Prevention Project (II), Lot No.1: Civil Engineering Construction Works, Project Completion Report, 1999, Nippon Koei Co., Ltd.
- 13) Second Kulekhani Hydroelectric Project, Project Completion Report, 1987, Nippon Koei Co., Ltd.
- 14) Hydrological Records of Nepal, Stream Flow Summary, 1998, DHM
- 15) Preliminary Study of Debris Flows and Landslides Induced by the Disaster of July 1993 in the Watersheds of Lothar Khola, East Rapti River and Marin Khola, 1995, MWR
- 16) Emergency Flood Damage Assessment, Assessment of July 1993 Floods and Flood Estimation
- 17) The Study on the Disaster Prevention Plan for Severely Affected Areas by 1993 Disaster in the Central Development Region of Nepal, Final Report, Vol. III, 1997, JICA
- 18) Third Kulekhani Hydroelectric Project, Feasibility Study Report, Main Report, May, 1988, NEA

### 3.3 地質

#### 3.3.1 はじめに

##### (1) 既存報告書のレビュー

今次"Upgrading Feasibility Study"における地質調査は、NEA が 1992 年に実施した既存報告書のレビュー結果に基づき計画し、実施した。既存報告書のレビューの結果は以下の通りである。

既存地質調査のレビューおよび現地踏査の結果に基づいて追加地質調査計画を立案し、現地再委託業務として追加地質調査を実施した。レビューの結果をまとめると以下の通りである。

発電所に関する地質調査結果によると、カニ川とラプティ川の合流部に計画されている半地下式の発電所計画地点は良好な基礎岩盤に到達するまで 30 m 以上の掘削が必要となる。そのため地下式発電所についても、今後詳細に調査する必要がある。

調整ダムの地質調査では、一箇所のダム軸でのみボーリングが実施されている。水文資料の検討結果や貯水池内の不安定斜面への対応によっては、ダム軸が下流側に移動する可能性があり、それに対応した地質調査が必要である。

地質工学的調査によって岩盤の物性値を把握する必要がある。

調整ダムから地下発電所までの導水路トンネルや地下式発電所が計画されている硅質ドロマイト層の地質状況を確認するために調査横抗が掘削されている。掘削は 3 ヶ年に渡って実施されていて調査団が現地に入った時点では、坑口部付近では岩盤の緩みがすすみ、トンネル支保が変形しているところが見られた。

##### (2) 今回実施した地質調査

当該プロジェクトにおける地質に関する資料のレビュー結果に基づき、追加の地質調査を計画して実施した。それらの調査項目は以下の通りである。

- 1) 本計画の最適プロジェクトレイアウト(主要構造物の位置、タイプ、規模など)を決定するための地質性状の把握
- 2) 本計画地域における地震記録を収集・解析および構造物の安定上重要な地震係数の決定

本報告書では、現地調査において実施した調査項目の結果に基づき主要構造物予定地点の地質状況を検討した。

### 3.3.2 広域の地形・地質

#### (1) 地形・地質概要

##### 1) 地形

ネパール国は、インドプレートが北進してユーラシアプレートの下に沈み込む、地殻運動の活発な地域に位置するために、特徴的な地形を示す。ネパール国土は、西北西～東南東方向に走る大規模な衝上断層によって特徴的な地形をもつ4つの地域に分けられる。北部には8,000m級の高標高のヒマラヤ山脈(Higher Himalaya)がそびえ、中央部にはそれより低標高の山脈(Lower Himalaya 及び Sub Himalaya)が分布する。またネパール国の南端には平原(Lowland Plain)が広がる。Higher Himalaya は、主中央衝上断層(Main Central Thrust)によって Lower Himalaya と区分され、Lower Himalaya は主境界衝上断層(Main Boundary Thrust)によって Sub Himalaya と区分されている。また上記した3つのヒマラヤの山脈群と Lowland Plain の間にはヒマラヤ前縁衝上断層(Himalayan Frontal Thrust)が見られる。(図 3.3.1 参照)

##### 2) 地質

Higher Himalaya は、主に先カンブリア～古生代の変成岩から構成される。Lower Himalaya は、主に先カンブリア代～古生代の準変成岩及び堆積岩から成り、一部に Higher Himalaya を構成する岩石をナップ状に取り込む。主に新生代第三紀のシワリク砂岩と呼ばれる岩石から構成される Sub Himalaya は、主境界断層(MBT)の南側に位置し、ヒマラヤ山脈群の南側の一部を形成する。

#### (2) プレートテクトニクス

ネパール国は、アジアプレートとユーラシアプレートが衝突する地殻運動の活発な地域に位置する。この地殻運動のために大規模な衝上断層が発達し、それらは北部より、主中央衝上断層(Main Central Thrust)、マハラバット衝上断層(Mahabharat Thrust)、主境界衝上断層(Main Boundary Thrust)およびヒマラヤ前縁衝上断層(Himalayan Frontal Thrust)と呼ばれる。主中央衝上断層(MCT)とマハラバット衝上断層(MT)は一部では重なる。また、上記した4つの衝上断層のすべてが直線的な分布をすることはない。これらの衝上断層で区分される地域では、北部から南部に向かって地層の年代が古くなるのが一般的である。

### 3.3.3 調査地の地形・地質

#### (1) 地形

本計画の調査地域は、カトマンドウの南西約30kmの Lower Himalaya と Sub Himalaya が接するラプティ川流域に位置する。ラプティ川は、ビンペディの東約4kmのところにあるマハラバット山地を源として、南西から南方向へ流下する。ラプティ川の河床標高はビンペディ付近で1,100m、パイセドハンで600m、ヘタウダで500mである。調査地域の山々は分布する地質を反映して、西北西から東南東に並ぶ。調査地域において最も高い山は標高1,373mである。ラプティ川は、調査地域では大略南北方向に南に向かって流れ、上記した山々を侵食しながら流下している。

## (2) 地質

### 1) 層序

調査対象域は先カンブリア代の Bhimphedi 層である Redua 層、Bhainsedobhan 大理石、Kalitar 層、古生代の上部 Nawakot 層群の Benighat 粘板岩、Makekhu 石灰岩、Robang 層および Siwalik 層群、またそれらを被覆して分布する第四紀の石灰質礫岩、段丘堆積物、河床堆積物、崖錐性堆積物より構成される。地層の方向は一般に西北西～東南東である。上部 Nawakot 層群と Bhimphedi 層群の境界は Mahabharat 衝状断層と呼ばれ、上部 Nawakot 層群と Siwalik 層群の境界は主境界衝状断層 (MTB) と呼ばれている。調査対象域の地質層序は以下に示す。また、地質平面図は図 3.3.2 および図 3.3.3 に、水路沿いの地質断面は図 3.3.4 に示す。

各地層の特徴は以下の通りである。

#### Raduwa 層

粗粒の一部が柘榴石化した雲母を有する片岩および片麻岩化した片岩から成る。この層においては硅岩も見られる。

#### Bhaise Dobhan 層

片岩の薄層を挟在する、粗粒の結晶からなる大理石や石灰岩から構成される。大理石や石灰岩は密実で地層も乱されていない。

#### Kalitar 層

主に硅岩、柘榴石や角閃石を含む、暗緑色から灰色の黒雲母片岩から成る。

#### Berighat 層

暗色から灰色の粘板岩や千枚岩および黒色の粘板岩から成る。Malekhu 石灰岩 (硅質ドロマイトや石灰岩) を一部挟在する場合もある。

#### Malekhu 層

主に白灰から暗灰および帯緑灰色の硅質ドロマイトから構成される。細粒結晶の石灰岩や石灰質の千枚岩の薄層を挟在する。

#### Robang 層

Robang 層群の上位層と下部層および Dunga 硅岩から構成される。Robang 千枚岩は青緑色の千枚岩から構成され、千枚岩の一部は緑泥石化している。Dunga 硅岩は主に硅岩からなり、所々に千枚岩の薄層を挟在する。

#### Siwalik 層

砂岩、泥岩および礫岩より構成される。

#### 現世堆積物

段丘堆積物、河床堆積物、崖錐性堆積物および石灰岩礫が再堆積した層などから構成される。石灰岩礫が再堆積した層は、調査地の 800m 以上の高標高部にも分布し、一部では平坦面を形成している。

時代	層群	地層	記号	岩石名ほか	地質状況
新生代	現世堆積物		Rd	現河床堆積物	砂および砂礫を主体とする未固結層。大小の転石類が点在する。
			Ta	崖錐性堆積物	砂および砂礫を主体とする未固結層や石灰岩礫が再堆積した層などから構成される。
		(Uncomformity)			
	Siwalik 層群		Sw	礫岩、砂岩、泥岩	砂岩、泥岩および礫岩より構成される。
		(Main Boundary Thrust)			
古生代	上部 Nawarkot 層群		Phy (2)	千枚岩 (2)	Robang層群の上位層Robang千枚岩は青緑色の千枚岩から構成され、千枚岩の一部は緑泥石化している。
		Robang 層	Qz	Quartzite	Robang層群のDunga硅岩は主に硅岩からなり、所々に千枚岩の薄層を挟在する。
			Phy (1)	千枚岩 (1)	Robang層群の下位層Robang千枚岩は青緑色の千枚岩から構成され、千枚岩の一部は緑泥石化している。
		Malekhu 層	Di	硅質ドロマイト	主に白灰から暗灰および帯緑灰色の硅質ドロマイトから構成される。細粒結晶の石灰岩や石灰質の千枚岩の薄層を挟在する。
		Berighat 層	Sl	粘板岩	暗色から灰色の粘板岩や千枚岩および黒色の粘板岩から成る。Malekhu石灰岩(硅質ドロマイトや石灰岩)を一部挟在する場合もある。
		(Mahabharat Thrust)			
先カンブリア代	Bhimphedi 層群	Kalitar 層	Sq	片岩、硅岩	主に硅岩、柘榴石や角閃石を含む、暗緑色から灰色の黒雲母片岩から成る
		Bhaise Dohan 層	Mb	石灰岩	片岩の薄層を挟在する、粗粒の結晶からなる大理石や石灰岩から構成される。大理石や石灰岩は密実で地層も乱されていない。
		Roduwa 層	Sch	片岩	粗粒の一部が柘榴石化した雲母を有する片岩および片麻岩化した片岩から成る。この層においては硅岩も見られる。

### (3) 地質構造

調査対象域の地質は、先カンブリア界のカトマンドゥナップと呼ばれるピンペディ層群と古生代の上部ナワルクット層群から構成される。調査対象地域には、カトマンドゥナップの底面を形成するマハバラット衝上断層(MT)と主境界衝上断層(MBT)が分布する。

#### 1) 主境界衝上断層(MBT)

主境界衝上断層は Lower Himalaya と Sub Himalaya の境界部を形成している。主境界衝上断層の南側には褶曲や断層が発達した第三紀のシワリク砂岩が分布する。

## 2) マハバラット衝上断層(MT)

マハバラット衝上断層は主中央衝上断層の一部と考えられている。主中央衝上断層は新生代にユーラシア大陸とインド大陸が衝突することによって形成された。主中央衝上断層の衝上運動は 5000 年前に始まり、今日まで継続していると推定される。現在のインド大陸が北上する速度は年間 5cm 程度と考えられる。

## 3) 不連続面について

当該プロジェクト地域においては、岩盤中に節理や亀裂などの不連続面が発達している。一般的に硅岩、硅質ドロマイトおよび砂岩の不連続面の表面は新鮮であり、地表部では粗くて開口したものが見られる。一方、粘板岩や千枚岩の不連続面は比較的滑らかで閉じているものが多く、風化しているものが多い。マハバラット衝上断層や主境界衝上断層に伴う不連続面では鏡肌が見られたり、粘土化したものが一般的である。また、これら衝上断層に伴う不連続面では、再結晶したり方解石脈や石英脈が見られるものもある。



### 3.3.4 地質調査

本調査において実施した地質調査は、構造物基礎及び材料調査のためのボーリング(26孔、1,287m)、弾性波探査(6測線、1,245m)、二次元比抵抗探査(3測線、1,750m)、原位置岩盤試験(平板載荷試験3箇所、せん断試験3箇所)、室内試験から構成される。横坑調査の結果および現地踏査結果から、当初の作業工程及び調査項目に検討を加えて、以下に示す要領で実施した。調査位置図および調査数量については、図 3.3.5 に示す通りである。なお、調査結果の詳細は Volume II, Supporting Report(1), Appendix B に示す。

#### (1) ボーリング

ボーリングは、発電所、コネクシオントンネル、放水路トンネル、調整ダム、その他構造物において合計 1,287m を実施した。調査結果の概要は 3.3.5 節に示す。

#### (2) 標準貫入試験

第四紀完新世の未固結層および基盤の風化帯において標準貫入試験を実施した。そのらの結果は Volume II, Supporting Report(1), Appendix B, B3.3 節に示す。

#### (3) 透水試験

調整ダム、地下発電所および放水路トンネルの岩盤の透水性を確認するために透水試験(ルジオン試験)を実施した。それらの結果は Volume II, Supporting Report(1), Appendix B, B3.4 節に示す。

#### (4) 弾性波探査

弾性波探査は、コネクシオントンネル(3測線 830m)及び放水路トンネル(2測線 415m)で実施した(合計 5 測線 1,245m)。これらのトンネルの一部では NEA により既に探査が行なわれており、それらの結果は岩盤状況の推定に活用した。今回追加した地質調査においても、岩盤の劣化が想定される地層境界の把握を主な目的として実施した。

弾性波探査は地質工学的状況を把握する目的で実施された。観測は 5 測線で、総延長 1,245m 実施した。発破地点及び感震器の配置は 1 つの測線上に配置した。各測線上では、弾性波速度の観測に先立って発破地点及び感震器を設置する地点を測量によって選定し、そこに木杭を打設した。

弾性波の到達時間は、記録紙から千分の一秒単位で正確に読み、走時曲線を作成した。走時曲線は萩原の方法によって作成され、それに基づいて速度層区分図が作成された。走時曲線および速度層区分図以下に示す。速度層区分図を作成する際には、地表踏査やボーリングを通して得られた資料も考慮した。速度層区分や走時曲線は Volume II, Supporting Report(1), Appendix B, B3.5 節に示す。

#### 1) コネクシオントンネル

##### コネクシオントンネル坑口付近 (BCT-1 ~ BCT-2 区間)

コネクシオントンネルの上流部にある BCT-1 ~ BCT-2 の区間において SCT-1 測線(測線長 600m)が実施された。その結果、速度層は大きく 5 つに分けられ、最も大きな速度を示すゾーンは 5.5 km/sec であり、最も速度が小さい表層部へ向か

って次のように区分されている。

第1速度層	0.3 km/s	
第2速度層	0.6 km/s	～ 0.8 km/s
第3速度層	1.2 km/s	～ 1.4 km/s
第4速度層	2.2 km/s	～ 2.4 km/s
第5速度層	5.5 km/s	

1.5 ～ 2.5 km/sec をしめす低速度帯が測線 SCT-1 に見られる。低速度帯には、基盤岩における破砕帯やその他の特異な地質状況が想定される。コネクショントネル坑口付近線形上のこの測線においては、いくつかの低速度層が分布している。沢部に見られる低速度帯は、亀裂が発達したゾーンもしくは断層を示すものと考えられる。

#### コネクショントネルの坑口（下流側）

コネクショントネル下流側坑口においては、SO-1 測線（測線長 150m）と SO-2 測線（測線長 100m）が実施されている。速度層は大きく3つに分けられ、最も大きな速度を示すゾーンは 3.0 ～ 3.3 km/sec であり、最も速度が小さい表層部へ向かって次のように区分されている。

第1速度層	0.3 km/s	～ 0.4 km/s
第2速度層	1.5 km/s	～ 1.7 km/s
第3速度層	3.0 km/s	～ 3.2 km/s
第4速度層	5.8 km/s	～ 6.0 km/s

これらの測線では低速度帯は見られない

#### 2) 放水路の坑口

放水路トンネル坑口においては STO-1 測線（測線長 300 m）と STO-2 測線（測線長 150 m）が実施された。その結果、速度層は大きく2つに分けられ、大きな速度を示すゾーンは 2.5 km/sec であり、表層部は 0.4 km/s 以下となっている。

第1速度層	0.4 km/s	～ 0.5 km/s
第2速度層	1.2 km/s	～ 1.4 km/s
第3速度層	2.7 km/s	～ 2.8 km/s

これらの測線では低速度帯は見られない。

#### (5) 比抵抗電気探査

比抵抗電気探査は地下式発電所予定地（2 測線 1,400m）および放水路トンネル（1 測線 350m）などの重要な構造物の計画位置で実施した（合計 3 測線 1,750m）。比抵抗電気探査によって判明した地質状況は以下の通りである。（参照：図 3.3.6）

地盤の比抵抗値を測定して作成された断面図を、図 3.3.7 から図 3.3.9 に示す。

#### 1) 地下発電所および付帯構造物

地下発電所の計画されている地山の表層部で各 700m の 2 測線を実施した。電気探査の結果、ドロマイトの分布が明瞭に確認され、ドロマイトと接して分布する粘板岩と

千枚岩の地質状況も判明した。岩盤状況はドロマイトが最もマッシブで、千枚岩が粘板岩より良好であると推察される。これは地表部の露頭からも確認される。

## 2) 放水路トンネル

放水路トンネルに沿って 350m の測線を実施した。探査の結果、断面図に示すようにシワリク層の砂岩とベリガット層の粘板岩の境界が明瞭に判明した。主境界衝上断層 (MBT) によってシワリク層の砂岩は幅 130m の範囲で破碎されている。MBT 付近では粘板岩も同様に破碎されていることが推定される。

## (6) 原位置岩盤試験

原位置岩盤セン断試験及び載荷試験は、地下発電所上位の調査横抗で実施した。特に原位置セン断試験及び載荷試験については、構造物の重要性に鑑み、地下構造物計画地点と類似した地質環境で実施すべきと判断した。原位置岩盤試験を実施するにあたっては、調査横抗の切羽近くに枝坑を掘削して、実施した。なお、せん断試験結果は原位置試験地点近傍のボーリング孔 (BPV-1) コアを利用した室内岩石試験結果とは異なるものとなった。調査地点の岩盤と類似した地質状況の地点で実施されている原位置岩盤試験結果と比較すると今回の試験結果は小さく、試験地点の岩盤の緩み領域が完全に除去されずに試験が実施されたために、このような結果となったと考えられる。また、試験地点は調査横抗の坑口から 400m 以上入った地点であり、湿度も高く試験条件が良くなかったことや、ネパール国ではあまりこのような試験はなされてなくて不慣れであったことも原因と考えられる。

以下に、試験結果を述べる。

### 1) 平板載荷試験

平板載荷試験は、試掘横抗の切羽から 10m の地点の 3 箇所を実施した。

径 50cm の載荷盤を使用した。試験装置および鉛直荷重の載荷パターンなどは Volume II, Supporting Report (1), Appendix B, B3.7 節に示す。

岩盤自体は均一でもなければ、すべての岩盤が弾性挙動をしめすわけでもない。しかし、ひずみと応力との関係は一般的に相関するという基本理念に基づいて変形係数を算出している。変形係数と弾性係数は同じ式によって算出される。それは以下の通りである。

$$E \text{ or } D = (1 - \mu^2) \times d F / d S \times 0.5 a$$

E: 弾性係数	(kgf/cm <sup>2</sup> )
D: 変形係数	(kgf/cm <sup>2</sup> )
A: 載荷盤の半径	(cm)
μ: ポアソン比	(硬岩 0.2、軟岩 0.25 to 0.3)
dF: 載荷荷重の増加分	(kgf = ton/1000)
dS: 変形量の増加分	(cm)

試験地点の地質は硅質ドロマイトであり、5 cm ~ 15 cm 間隔の節理が見られ、一部で

は葉片上のところもあった。試験地点のスケッチ図などは Volume II, Supporting Report(1), Appendix B, B3.7 節に示す。平板載荷試験結果を図 3.3.10 から 3.3.12 に示す。

また試験結果は以下の通りであった。

#### 試験結果

試験地点	変形係数 D (MPa)	弾性係数 E (MPa)
PL-1	3,183.9	14,650.3
PL-2	9,366.9	25,340.5
PL-3	1,869.5	8,392.9

#### 2) せん断試験

岩盤せん断試験は 3 箇所を実施した。試験地点の岩盤は整形して 70cm x 70cm x 30cm のコンクリートブロックを打設した。油圧ジャッキによって一定の鉛直荷重をかけた状態で、ほぼ水平（水平面から 15° の傾斜で）方向からジャッキによって、せん断荷重をかける。水平荷重はブロックが完全にせん断するまで徐々に上げた。試験装置および載荷と変位の関係を示す曲線及び、試験面の試験前と試験後のスケッチや等高線図なども Volume II, Supporting Report(1), Appendix B, B3.7 節に示す。

原位置せん断試験は ISRM(1974)などに示される試験要領で実施した。岩盤のせん断強度は節理などの不連続面や岩盤の含水率、せん断のための載荷の割合などによって異なる。せん断応力および鉛直応力は次式によって算出した。

$$\text{せん断応力} = \tau = P_s / A = P_s a \cos \theta / A \quad (1)$$

$$\text{鉛直応力} = \sigma_n = P_n / A = (P_{na} + P_n \sin \theta) / A \quad (2)$$

ここで、  
 $P_s$  = 全せん断応力  
 $P_{na}$  = 全鉛直応力  
 $P_{sa}$  = 有効せん断応力  
 $P$  = 有効鉛直応力  
 $\theta$  = せん断力とせん断面との傾斜角  
 $A$  = せん断面積

#### 試験結果

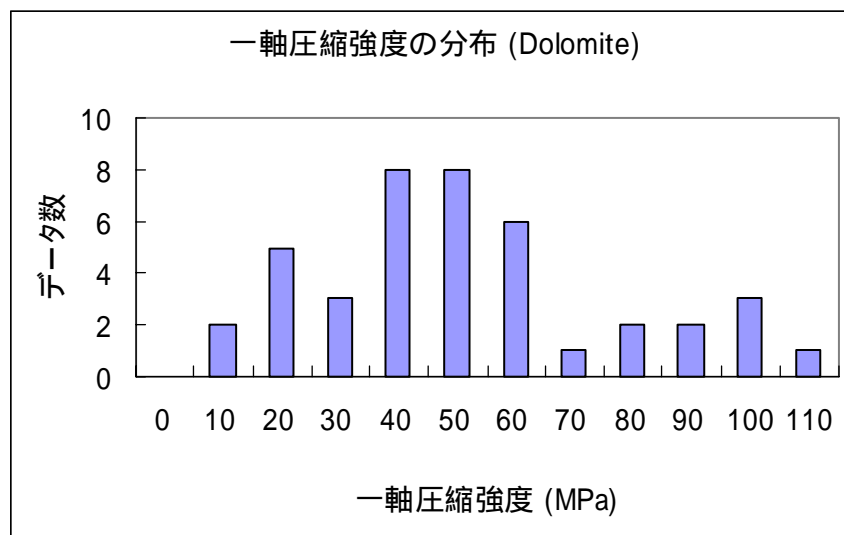
試験結果を図 3.3.13 に示す。せん断荷重（ ）は 0.3 ~ 0.5 MPa、摩擦角は 35 ~ 45 度と推定された。しかし、この値はほぼ同じ地点で実施した平板載荷試験の結果と比較すると、小さい値であった。平板載荷試験結果から想定される試験地点の岩盤は良好で、硬質な岩盤を示すが、せん断試験の結果から想定される試験地点のせん断強度は軟岩の値であった。そのため、原位置試験を行った地点の近傍で実施したボーリング孔の BPV-1 と BPH-1 で採取したコアの室内試験結果を考慮して岩盤のせん断強度を決定することとが望ましいと判断した。

## (7) 室内試験

室内試験は、182個の試料を用いた。これらの試料には、調査ボーリングコアを使用し、単位体積試験、含水率、一軸圧縮試験、超音波測定、引張試験などを行なった。岩石試験の結果から岩石の物性値を得る。現在の調査段階では室内岩石試験をなるべく多く実施することにより、地層毎の岩石の物性値を把握することが必要と判断した。なお、試験結果の詳細は Volume II, Supporting Report(1), Appendix B, B3.8 節に示す。

なお、原位置平板載荷試験とせん断試験の結果が整合性がとれないために、特に原位置試験を実施した地点の近傍でのボーリング孔で採取された硅質ドロマイトの一軸圧縮試験結果について試験結果の頻度分布を調べた。その結果を以下に示す。

この室内試験結果および試験地点岩盤の観察結果から、硅質ドロマイトの一軸圧縮強度は 50MPa 以上はあるものと判断される。



## (8) 調査横坑

調査横坑の掘削は、総延長 461m(平成 14 年 3 月 8 日)が完了した。調査横坑は、地下式発電所が計画されている硅質ドロマイト層の地質状況を確認する目的で実施された。

坑口から追加距離 237m までは断面 3.0m×3.0m で掘削されている。追加距離 237m 以深は、縦 2.0m×幅 1.7m で掘削されている。トンネルの掘削は NEA の当初計画により遅れて完了した。地質状況は以下の通りである。

追加距離 380m で粘板岩とドロマイト層の境界が確認された。境界付近では、掘削断面で方解石や石英脈を伴った粘板岩と硅質ドロマイトが確認され、粘板岩から硅質ドロマイトへ漸移していた。

調査横坑の観察結果によるとトンネルの追加距離 70～90m 区間の岩盤状況は悪いが、その他の区間は良好もしくは比較的良好的な岩盤である。ただし、粘板岩と硅質ドロマイトの境界部は全体として岩盤が劣化しており、粘板岩は一部土砂状を呈する箇所もある。また硅質ドロマイトもサイコロ状に破碎された箇所も認められた。

トンネルの追加距離 310～315m 区間では、9月28日時点では、約 150～200 l/min の湧水が観察されたが、2002年7月始めには 50 l/min 以下と減少している。

なお、岩盤試験のために枝坑を調査横抗切羽から 10m 手前の地点において高さ 2.5m × 幅 2.0m × 奥行き 10m で掘削した。この枝坑はドロマイト層から成り、岩質も良好であった。調査横抗の観察結果は Volume II, Supporting Report(1), Appendix B, B3.9 節に示す。

### 3.3.5 地質工学的考察

#### (1) 岩盤等級分類

##### 1) 試験結果の考察

##### 原位置岩盤試験結果

原位置岩盤試験は、調査横抗の切羽付近に枝坑を掘削して実施した。PL-1,2,3 地点で実施した平板載荷試験結果から変形係数は 1,869.5 MPa ~ 9,366.9 MPa が得られた。1,869.5 MPa を示した PL - 3 地点は、節理が発達して葉片状を呈するところもあり、試験を実施した横抗では岩盤状況があまり良くない。そのため変形係数 1,869.5 MPa は試験地点の平均的な岩盤より低い値であると考えられ、PL-1、PL-2 地点の値( 3,183.9 ~ 9,366.9 MPa ) が試験地点の変形係数を表していると考えられる。また、原位置せん断試験の結果からは、試験地点のせん断強度は 0.3 ~ 0.5MPa と推定された。せん断試験結果は、平板試験結果に対比すると小さすぎると考えられる。

##### 室内岩石試験結果

原位置試験の実施地点近傍のボーリング孔コアを利用して行った一軸圧縮試験の結果から、試験地点の岩盤の強度は 50 MPa 以上あるものと推定された。一軸圧縮試験結果と変形係数およびせん断強度との関係については、以下の関係が応用地質学会誌 (1983 年) において提案されている。それは以下の通りである。

一軸圧縮試験	変形係数	せん断強度
50 MPa	2,000 ~ 3,500 MPa	2 ~ 3 MPa

##### 試験地点の岩盤強度

上記のように、原位置での平板載荷試験結果と一軸圧縮試験結果から求められる変形係数は、ほぼ同様の値が得られた。原位置試験を実施した地点の地質状況の観察結果からも、原位置平板載荷試験結果は試験地点の性状を表していると考えられる。そのため、原位置試験を実施した地点のせん断強度は、原位置せん断試験結果ではなく、ボーリングコアの一軸圧縮試験結果から推定される以下の値が妥当と考えられる。

##### 原位置試験の実施地点の岩盤強度

変形係数	せん断強度	摩擦角
3,000 ~ 5,000 MPa	2 ~ 3 MPa	45 ~ 50 °

##### 2) Q 値を基準とした岩盤分類

NEA の Updated Feasibility Study では、岩盤分類には Q 値を基準とした岩盤分類を採用している。この Q 値を基準とした分類は、 Barton、リエン、ルンデなどによって考案されたトンネル支保工設計基準である Q システムによる岩盤分類をもとに決められている。Q システムによる Q 値は以下の式によって算出される。

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

RQD: 長さ 10cm 以上のコアの総延長 ( 1 mあたり )

J<sub>n</sub>: 節理群の数

J<sub>r</sub>: 節理面の粗さ係数

J<sub>a</sub>: 節理変質係数

J<sub>w</sub>: 節理間の水による低減係数

SRF: 応力低減係数

Q 値の算出のためのパラメーターは表 3.3.1 に示す通りである。

### 3) 電力中央研究所 ( 電中研- CRIEPI)方式による分類

日本における電力業界の技術研究の中心である電力中央研究所 ( 電中研 ) において岩盤分類の手法を提案しており、日本において広く活用されている。これは大規模構造物 ( ダムなど ) の基礎岩盤の判定をするために考案され、その後トンネルなどの多くの分野で活用されている。

当該プロジェクトでは、調整池ダムの基礎岩盤の判定において、この電中研式の岩盤分類を採用した。

NEAの Updated Feasibility Study において採用されている「Q 値を基準とした岩盤分類」と「電中研方式による岩盤分類」の関係について、それらをもとに判定されるトンネル支保工の種類に基づき検討すると図 3.3.14 に示すようになる。

#### (2) 岩盤の物性値

今回実施した原位置岩盤試験および室内岩石試験の結果、および既存の類似岩盤での試験結果に基づき、各岩盤等級毎の物性値を提案する。

原位置岩盤試験の結果と室内岩石試験結果から総合的に判断して、試験地点のせん断強度は 2 ~ 3MPa であり変形係数は 3,000MPa 以上と推定される。試験地点の岩盤等級は Q2 もしくは CH 程度と判断され、それらに基づく以下のような物性値が提案される。

岩盤等級	変形係数 ( MPa )	せん断強度 ( MPa )	摩擦角 ( ° )	Q 値に基づく 岩盤等級	電中研式岩盤 等級 ( 参考 )
Q1	> 3,000	> 2.5	> 50	> 40	B
Q2	3,000	2.5	50	10 ~ 40	CH
Q3	1,000	1.2	45	4 ~ 10	CM
Q4	500	0.6	40	1 ~ 4	CL
Q5	250	0.1	35	1 >	D

Q 値に基づく岩盤分類は、主にトンネル掘削に基づいて提案されているものである。一方、電中研式はトンネル支保工を含む多くの目的のために活用されているが、当初は大型構造物基礎の判定をおこなうことを目的に提案された。そのような観点でみると「Q 値に基づく岩盤分類」と「電中研式の岩盤分類」は直接比較されたことはあま



りなく、現在のところは、あくまでも参考値として比較するべきであろう。

### (3) 地質状況

各サイトの地質状況について、今回行った各種の調査結果に基づいて述べると以下のとおりである。

#### 1) 発電所および付帯構造物

発電所は、比較検討案として地下式と半地下式が考えられている。半地下式発電所はラプティ川右岸のケサディ川との合流部付近に計画されている。半地下式発電所の基礎岩盤の深さと地質状況を把握するため、BS-1孔のボーリング(掘進長110m)を実施した。このボーリング結果と以前にNEAが実施した調査結果から、この発電所の基礎には風化した粘板岩が分布し、それを被覆して河床堆積物や崖錐性堆積物の未固結層が厚さ33.5m(標高416.9m)で分布することが判明した。

地下発電所の調査のために、5本のボーリング(BPV-1、2、3、4、BPH-1孔)を実施した。調査横坑内は狭いため、坑内でのボーリング作業には予想以上の時間を要することが想定され、3孔は地表部からボーリングを実施した。調査横坑からのボーリング結果から地下発電所計画予定地より上位のドロマイトの岩盤状況は良好であることが確認された。また他のボーリング孔の結果から、ドロマイトの層厚は150m程度であることが確認された。

地下式発電所を含む地下構造物は、ラプティ川右岸に広がる層厚150m(BPV-2、3及び4孔で確認)の硅質ドロマイトの分布域に計画されている。硅質ドロマイトの走向は一般にN60°W、傾斜は56°Nである。調査横坑から実施したボーリング孔BPV-1の結果から、硅質ドロマイトは硬質で、発電所が計画されている標高460m付近まで良好な岩質であり、殆ど溶蝕はないことが確認された。BPV-1のボーリングコアで見られる硅質ドロマイトの岩盤の一部では、10~30cm幅の板状節理も見られるが、透水性は一般に5ルジオン以下と低く、難透水性を示す。

硅質ドロマイトの物性を正確に把握する目的で、原位置岩盤試験を実施した。試験地点の岩盤試験やボーリングコアの岩石試験結果から、変形係数3,000MPa、せん断強度2~3MPa、内部摩擦角45~50°という数値が得られている。地下発電所は試験地点より115m岩盤深部に計画されている。地下発電所の岩盤の物性値は、これらの数値以上は示すものと推定される。

なお、地下発電所を含む地下構造物が計画されている硅質ドロマイト層と隣り合う粘板岩との境界部は、調査横坑では劣化が進んでいる。地下発電所計画地点は、調査横坑より標高で100m以上低いところであり、地層境界の劣化はあまりないと考えられるが、建設にあたっては充分留意すべきと考えられる。また、地下発電所の標高は、ラプティ川やケサディ川の河床標高より低いことから、湧水についても留意する必要がある。(図3.3.15、3.3.16参照)

#### 2) 調整池ダム

本調査において、調整ダムサイトとして比較検討される上流ダムサイト及び下流ダムサイトについて、地質及び地質工学的観点から精査した。

今回の調査結果から提案するダムサイトの基盤岩は、千枚岩より構成されている。千枚岩は概して新鮮で表層から3～5m以深は堅硬であり、計画されているダムの基礎として十分な地耐力を有すると判断される。今回の調査結果および既存データから判断すると、千枚岩はダム基礎として良好な岩盤であるといえる。また、透水試験の結果は5ルジオン以下のところが多く水密性は高いと言える。また基盤岩の表層部でも5～10ルジオンと比較的低い透水性を示す。

なお、ダム軸は既往調査や今回の調査結果に基づいて新規に選定されたものであり、ダム軸沿いのボーリングは実施されていない。また、既往調査におけるボーリングでは、千枚岩でのコア回収率が50%以下と低い箇所もある。そのため、建設にあたってはダム軸上でのコア回収率に留意したコアボーリングを含む基礎岩盤の性状を確認する地質調査が必要である。(図3.3.17、3.3.18、3.3.19、3.3.20 参照)

### 3) 調整池

計画されているダム軸案の調整池最上流部には、中央の沢で二分された幅150m、奥行150mで勾配15°の斜面が見られる。この斜面は地形的特徴から、以前の調査においても地滑りの可能性があると考えられていたため、ボーリング調査(LS-1およびLS-2の2孔各30m合計60m)を実施した。ボーリングの結果、移動土塊は2つからなり、表土(約1m程度)を除くと、主に岩屑や緩んだ岩盤から成る。この斜面の最低標高部は最大貯水位では水没する。また毎日の水位変動は10m程度に達するとされるため、斜面の分布域では地滑りの可能性について検討して、対策工を策定した。検討結果は3.4節において述べる。

また、調整池の上流(右岸)に比較的規模の大きな崩壊地形が認められる。これが崩壊した場合には調整池の容量に影響を与えることが考えられるため、今後それについて詳細な調査を行い、対策を立案する必要がある。(図3.3.17 参照)

### 4) コネクショントンネル

コネクショントンネルは延長約3.5kmあり、ラブティ川の右岸に計画されている。上流側坑口ではBI-2孔、下流側坑口ではBO-1孔を、そしてその間のトンネルルートでは上流側よりBCT-1、BMT-1、BCT-2を実施した。なおトンネルの土被りが大きいためにボーリング孔はコネクショントンネルの底盤標高までは達していない。

ボーリングの結果、トンネル沿いの地質は概ね良好であった。トンネル沿いには、上流より石灰岩(一部、大理石)、片岩、千枚岩(2)、硅岩、千枚岩(1)が分布する。トンネルに出現する岩盤は、一般に良好で、トンネル掘削断面の岩盤は安定しており、掘削作業はあまり問題ないと考えられる。しかし、マハバラット衝上断層(MT)を含む地層境界部は破碎され、一部は粘土状に劣化しているところもあると想定されるため、掘削時には十分な注意を要する。特に、マハバラット衝上断層沿いの片岩は幅5～20mの破碎帯が雁行状に発達しているため、掘削にあたっては地山の安定に充分留意する必要がある。それらの地層境界や地下水面が高い硅岩の分布域では湧水があると考えられるので、それについても留意することが肝要である。(図3.3.4、3.3.21 参照)

### 5) 導水路トンネル

導水路トンネルは約0.4kmの延長であり、ラブティ川の右岸に計画されている。トン

ネルルートには、千枚岩及び硅質ドロマイトが出現すると想定される。これらの地層境界は、調査横抗や河川沿いの露頭から判断すると、やや破碎され劣化していると推定される。そのため、掘削には充分留意する必要がある。導水路トンネルは調査横抗の掘削標高と殆ど同じであり、トンネル掘削中の湧水は掘削作業を妨げるほどはないと考えられる。(図 3.3.4 参照)

#### 6) 放水路トンネル

ラプティ川右岸において、主境界衝上断層(MBT)を横断する放水路トンネル(延長約 2.1km)が計画されている。トンネル断面には、古生代の粘板岩、第三紀のシワリク砂岩の出現が想定される。そのため MBT の分布と性状および坑口付近の地質状況を把握する目的でボーリング(DHT-4、DHT-6、BTO-1)を実施した。ボーリングの結果、全ての孔でシワリクの砂岩が確認された。ケサディ川河床部で実施した DHT-4 孔ではトンネル標高付近の地質状況は概して良くなかったが、DHT-6、BTO-1 孔では比較的良好な岩盤が確認された。また、半地下式発電所の基礎岩盤を調査する目的で BS-1 孔を実施しており、BS-1 孔では深度 33.5m 以深で粘板岩が確認された。

電探の結果から、粘板岩およびシワリク砂岩は主境界衝上断層(MBT)により破碎されており、幅約 200m の範囲で、かなり乱されていて岩盤状況は良好ではない。放水路の計画標高は河床標高より 10~20m 以深である。開削も含めた工事案が検討されている。河床区間では、トンネル掘削時にかなりの出水も予想される。そのため、排水には充分な対応を行うことが必要である。

トンネルが主境界衝上断層(MBT)及び未固結の河床堆積物を通過する計画であるため、掘削作業時の地山安定には十分に留意する必要がある。(図 3.3.4、3.3.22 参照)

#### 7) 頭首工

クリカニ第2水力発電所の放水工付近のカニ川に頭首工が計画されている。コネクショントンネルの取水口予定地点においてボーリング孔 BI-2 が実施された。河床堆積物の下位には比較的高硬な石灰岩が確認されている。当地の基盤岩は石灰岩(一部大理石)であり、比較的良好な岩盤が確認されている。頭首工の基礎は、石灰岩とすることが妥当と判断される。

#### 8) 橋梁

ケサディ川のラプティ川との合流部のラプティ川直上流地点に、工事のための橋梁が建設予定である。橋梁基礎は、BA-1、BP-1、BA-2 の3本のボーリングによって調査された。当地の基盤岩は粘板岩であり、比較的高硬しているが橋梁基礎として十分な地耐力を有する。ラプティ川左岸においては基盤岩を被覆して未固結層が分布する。この未固結層の一部は橋梁基礎としての地耐力を有する。橋梁アバット部の基礎は一部が斜面となるために地耐力だけでなく、水平方向の強度も必要である。橋梁の基礎としては水平方向の強度も期待できる基盤岩(粘板岩)とするほうが良いと判断される。

#### (4) 地下構造物およびトンネル沿いの岩盤分類について

コネクショントンネル、導水路トンネル、地下発電所構造物、放水路トンネル沿いの地質断面図および岩盤等級は図 3.3.23 に示す通りである。トンネル沿いに出

現する岩盤の岩盤等級は次の表に示す通りである。

岩盤等級は NEA の Updating Feasibility Study において採用されている岩盤等級区分の基準によって判定した。なお、コネクシオントンネルの一部区間では岩盤等級が Q1 の区間も出現すると想定されるが、そのような区間は Q3 や Q4 の区間を伴うと想定されるため、このような区間は Q2 として表現した。(図 3.3.21 および 3.3.23 参照。)

なお各トンネルの地質状況については(2)地質状況に記述しているように、コネクシオントンネルの地質状況は良好と想定され、Q2～Q3 が大部分(90%以上)を占める。導水路トンネルの岩盤状況も概ね良好(Q2～Q3 が 90%程度を占める)と想定されるが、ドロマイト層との境界付近では劣化した岩盤が出現すると想定される。地下発電所は良好な岩盤(Q2)に収まるように計画されている。放水路トンネル(一部は開削される計画であるが)は Q3 が 40%程度であり、Q4 と Q5 を合わせると 60%程度を占め、岩盤状況は概して良くない。

各岩盤等級ごとの物性値は、Q 値を参考とされたい。岩盤等級ごとの物性値については、室内試験などの結果でも確認されている。なお、日本における判定基準も参考資料として示した。

各サイトの岩盤等級 (単位: m)

サイト	追加距離	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
コネクシオントンネル	3,475	-	1,685	1,495	220	75
導水路トンネル	389	-	54	315	20	-
地下発電所周辺構造物	132	-	132	-	-	-
放水路トンネル	2,149	-	79	1,245	520	305
合計	6,145	-	1,950	3,055	760	380

なお地下発電所周辺構造物については、ボーリング孔 BPV-1 の調査結果からも想定されるように、掘削面の一部に Q2 以下の岩盤が出現する可能性がある。そのため、建設着手にあたっては、地質状況確認のための地質調査を実施するなど、その点に充分配慮した準備が必要であろう。

### 3.3.6 地震及び地震係数

ネパールにおいては多くの地震が発生しており、それらの多くが記録されている。地震計が開発される19世紀後期以前の地震については、信頼性の高い記録は限られている。その後、地震計は徐々に設置箇所が増加して、多くの地震が記録されるようになった。ネパールやインド北部の地震については多くの研究があり、地震の発生と断層の関係についても研究されている。その研究結果の多くは、ネパールやインド北部で発生した地震の多くは地表で明瞭に確認される断層に関係して発生したとは考えにくく、地下深部に存在すると推定される断層によって発生しているとしている。

地震の評価については、米国地質調査所の観測データから調査地から半径300km以内で発生したマグニチュード1.0以上の地震を選んで実施した。調査地から半径300km以内で発生したマグニチュード1.0以上の地震は、1973年から2001年の間で153であった。(図3.3.24参照)

算出にあたっては、コーネルの式を用いた。また参考値として河角の式を用いた値も示した。

コーネルの式は以下のとおりである。

(Cornell, C.A., 1968, Engineering seismic analysis, Bull. Seism. Soc. Am. Vol.58, pp.1583-1606)

$$I = 8.0 + 1.5 M - 2.5 \ln r$$

ここで、

- I : 調査地で感じる地震強度 (Modified Mercalli Scale)
- M : マグニチュード (Richter Scale)
- R : 地震との距離 (km)  $r = (d^2 + h^2 + 400)^{0.5}$
- D : 震央距離 (km)
- H : 地震間距離 (km)

$$\log A = 0.014 + 0.30 I \quad *$$

ここで、

- A : 最大水平加速度 (cm/sec<sup>2</sup> or gal)
- (\* Trifunac, M.D. and Brady, A.G., 1975, On the correlation of seismic intensity scales with the peak of recorded strong ground motion, Bull. Seism. Soc. Am. Vol.65, pp.139-162)

河角の式は以下の通りである。

(Kawasumi, H., 1951, Measures of earthquake danger and expectancy of maximum intensity throughout Japan as inferred from the seismic activity in historical times, Bull. Earthq. Res. Inst., 21, pp 469 - 482.)

$$I_j = 2 M - 4.6052 \log d - 0.00183 d - 0.307 \quad (d > 100 \text{ km の場合})$$

$$I_j = 2 (M - \log r) - 0.01668 r - 3.9916 \quad (d < 100 \text{ km の場合})$$

$$A = 0.45 \times 10^{(I_j/2)} \quad (I_j < 5.5 \text{ 場合})$$

$$A = 20 \times 10^{(I_j/5)} \quad (5.5 < I_j < 7.0 \text{ 場合})$$

ここで、

- I<sub>j</sub> : 気象庁による地震強度 (JMA)
- M : マグニチュード (Richter Scale)
- D : 震央距離 (km)
- R : 地震間の距離(km)
- A : 最大水平加速度 (cm/sec<sup>2</sup> or gal)

1973 年から 2001 年の 28 年間に発生した地震を各地震強度毎に区分する。ある任意の地震強度を超える地震が 28 年間でどれだけあるかを、それらを加算することによって求める。それによって、ある任意の強度の地震が 1 年間に発生する頻度を求める。グーテンベルクによると、地震の強度と発生数の間には以下の相関があると謂われる。

$$\text{Log}N_c = p + qI$$

ここで、p および q は常数である。I の値と N<sub>c</sub> の対数値をグラフにプロットして、I - log N<sub>c</sub> の線が N<sub>c</sub> の 0.01 と重なる点を 100 年周期( N<sub>c</sub> の 0.005 と重なる点は 200 年周期)として算出する。(図 3.3.25 参照)

	最大震度 in MM Scale	最大震度 in JMA Scale	最大加速度
コーネルの式	7.3	-	160 gal
河角の式 (参考値)	-	3.3	20 gal

河角の式は地震の多い日本などの地域でよく用いられるもので、規模の大きな地震があまり発生しない地域では、やや小さめな値が得られる場合が多い。

地震についての解析は、1988 年のフィージビリティ調査により行われている。1913 年から 1987 年までの 281 の地震データに基づき解析が行われ、百年周期の最大震度は 8.4、最大加速度は 0.21 g が求められ、地震係数は 0.15 ~ 0.20 を用いることが提案されている。その数値の算出過程を詳細に検討すると、最大加速度 0.21g 以上の値は少し過大な値とも考えられる。

一方、調査地から 10km の距離にある主マントル衝上断層 (MMT) で、マグニチュード 7.0 の地震が深度約 40km のところで発生した場合は、調査地における震度は 9.0 で、最大加速度は 500gal になると想定される。しかし、最大加速度は数秒間続くだけであり、構造物に大きなダメージを与えるものではない。ある程度の期間続き、実際に構造物にダメージを与える加速度は、最大加速度の 3 分の 1 と言われる。このような見方をすると、最大加速度が 500gal の場合は、実際に構造物にダメージを及ぼす最大加速度は 170gal 程度と想定される。またこのような最大加速度をとるような地震は極めてまれにしか発生しないと言える。

従い、設計に用いる地震加速度は 0.15g とすることを提案する。

### 3.3.7 今後の地質調査計画

プロジェクトの主要なサイトにおいて、追加地質調査が実施された。今回の調査結果から、今後の詳細設計時にさらなる地質調査が必要となると想定される。その時に留意すべき点は以下の通りである。

#### (1) 発電所

発電所を含む地下構造物は硅質ドロマイトの分布域に建設する。ドロマイトと接して分布する粘板岩や千枚岩の境界は電気探査の結果からも劣化していることが確認された。発電所は良好な岩盤であるドロマイトの分布域に設けることが必要である。今回の調査でドロマイトの分布域はかなり正確に把握出来た。しかし、横抗の観察結果からは、硅質ドロマイトは大小の褶曲が発達していて、5～10cm幅の板状節理が発達する個所があり、すべての岩盤が密実で一体化した岩盤とは言えない。発電所の掘削にあたっては掘削面の安定に留意する必要がある。より詳細に岩盤状況を把握するため、ボーリング調査や一軸圧縮試験などの岩石試験を実施することが必要と考えられる。発電所計画地点はマハバラット衝上断層(MT)と主境界衝上断層(MBT)に挟まれた区間にあり、かなりの応力を受けていることが想定され、発電所空洞の安定解析のためにも岩盤の初期応力の測定は特に重要であろう。また、調査横抗では湧水が見られる。地下発電所の標高は、調査横抗より100m以上低く、ラプティ川やケサディ川の河床標高より低いことを考えると、湧水に充分留意する必要がある。そのため、地下発電所計画地点での湧水試験などの地下水調査を実施する必要がある。

#### (2) 調整池ダム

ダムの設計が確定した段階で、構造物の配置を考慮して地質調査を実施する必要がある。なお、ダム軸で実施された既存のボーリングではコア採取率が悪い。今後のボーリングではコア採取率を上げるため、日本のボーリング専門家の派遣による技術移転も必要となろう。

#### (3) 調整池

地滑りの可能性のある斜面が調整池の右岸に2つ分布し、今回の調査ではそのうちの一つの斜面で実施した。この斜面に隣接してもう一つの土塊が分布する。この末端部も最大貯水位では水面下に没するため、本斜面の安定には十分留意する必要がある。地滑り対策を検討するために追加の地質調査を実施する必要がある。

#### (4) コネクショントンネル

トンネル掘削にあたっては、大きな問題はないと想定される。しかしマハバラット衝上断層(MT)を含む地表境界をトンネルが通過する際は、湧水も含めて十分に対応することが必要である。地下水位と湧水圧を測定するためのボーリング調査および湧水圧試験を行う必要がある。今までのボーリングではトンネル標高に達したものがないため、トンネル標高に達するボーリングを実施する必要がある。また、それらのボーリング孔を利用して湧水試験を行い、湧水量の推定を行うことも重要であろう。

#### (5) 導水路トンネル

掘削にあたっては大きな問題はないと考えられるが、トンネルが硅質ドロマイトと千

枚岩の境界（地形に谷が形成され、弱線の存在が想定される。）を通過するときは留意する必要がある。そのため導水路沿いのドロマイトの境界の分布と性状を的確に把握する必要がある。

#### （6）放水路トンネル

放水路は、主境界衝上断層(MBT)を含む劣化帯を通過するため、掘削作業時には十分に留意する必要がある。特に粘板岩は MBT により破碎され風化も進んでいる。粘板岩の分布域では、岩盤状況をより詳細に調べるために地上部よりトンネル標高までのボーリング調査を行う必要がある。また既存のボーリングでは粘板岩のコアの採取率が特に悪いため、このサイトにおいてもボーリング専門家による技術指導が必要であろう。

砂岩層の分布域でも主境界衝上断層(MBT)から 130m 程度は劣化していると想定されるため、掘削時には十分に留意する必要がある。



### 3.4 プロジェクト地域内の地すべりと土砂堆積

#### 3.4.1 はじめに

本調査の第1次現地調査において調整池が計画されているヤンラン川右岸に地すべり地形（幅 150m、奥行き 150m）が確認された。また、ヤンラン川河床には大きなボルダーと砂礫の堆積が認められ、雨期中上流から供給された砂礫により調整池が堆砂することが推定された。第3次現地調査において、防災専門家により、現地踏査をしヤンラン川流域の地すべり地形、斜面崩壊、堆砂状況を調査した。調整池内の地すべり地形については、地すべりの可能性につき検討し地すべり対策工を提案した。また調整池の堆砂に関しては、斜面崩壊の性状を検討し、堆砂対策工を提案した。

#### 3.4.2 調整池内の地すべり

本計画の調整池が位置するヤンラン川流域には、地すべり地形を呈する箇所が3カ所、比較的大きな崩壊箇所が6カ所存在する（参照図 3.4.1, 3.4.2）。地すべり地形を呈する箇所は、2カ所は調整池のバックウォーター付近の右岸と左岸にあり（R-1、L-1）、もう一カ所はその上流 1.5 km 付近の右岸にある（R-2）。この付近の地質は、上部 NAWAKOT 層群（上部古生代）の Dunga 珪質岩（珪岩）層と Robang 層が分布している。Robang 上位層（粘板岩）はヤンラン川上流域に、Dunga 層（珪岩）は中流域に分布し、下流域は Robang 上位層（千枚岩）で構成されている。

ヤンラン川の上・中流域は急峻な斜面を呈しており、小規模の崩壊が発生している。一方、下流域の右岸側斜面は緩斜面となっている。地すべりおよび崩壊については、この千枚岩の分布域に多く発生する傾向にある。また、調整池ダム直上流左岸側に崩壊が発生している。

地すべりおよび崩壊の分布を図 3.4.2 に示す。これらの地すべりおよび崩壊は、2002年7月の予想以上の豪雨によって発生したものである。

##### (1) 地すべり R1 ブロック

R-1 ブロックの規模は、幅約 150m、奥行き約 200m である。R-1 ブロックは、真ん中に沢があり、下流ブロックと上流ブロックに分かれている。地形形状から下流ブロックは、動きの方向がやや下流側に向いているが、上流ブロックは河川に直交する方向に動いていると推定される。この動きの方向の違いにより両ブロック間に沢が形成されたものと推定される。中央の沢は、2002年7月の豪雨によって激しく浸食を受けている。両ブロック共に、末端部分で崩壊が発生している。上流ブロックは、下流ブ



調整池右岸の地すべり地形

ロックよりもやや大きく、末端部で崩壊が発生しており、この崩壊面で河床より 1.5 m 位上部には、緑灰色の粘土が見られ、この部分から湧水しており、地すべりのすべり面の可能性が高い。下流ブロックは、風化著しい千枚岩によって構成されている。

R-1 ブロックの模式図を図 3.4.3 に示す。

R-1 ブロックでは、湛水の影響が大きい下流ブロックで 2 本のボーリング(LS-1,LS-2 各々30m)を実施した。斜面上方の LS-1 では、表土は 1 m 程度であり、その下位には深度 23.8mまで粘土を挟在した岩塊が分布している。基盤となるのは深度 23.8m以深で、崩積土類は極めて厚い。斜面下方の LS-2 では、表土は 1 m 程度で、粘土を挟在した岩塊は深度 13.5mまで分布しており、やはり崩積土類は極めて厚い。

これらの状況を断面図に示すと図 3.4.4 のようになる。また、下流ブロックのボーリング結果と崩壊斜面下部に認められたすべり面から地すべりの断面を推定すると、図 3.4.4 のようになる。

上流ブロックと下流ブロックについて地質調査の結果想定した地すべり断面に基づき、調整池の水位変動を考慮し地すべり安定計算をした。その結果下流ブロックは、調整池の日々の水位変動(10m)を受けるため、その安定を維持するために、地すべり頭部の排土および末端部の盛土によって、計画安全率  $F_s=1.10$  を確保することを提案する。さらに、R-1 ブロックの表面水については、水路を設けることで、地すべり土塊への表流水の流入および土塊の浸食を防ぐものとする。また上流ブロックは、調整池水位変動が 5mと小さいため、その安定を保つための対策工をする必要がないことが分かった。但し、つま先の崩壊斜面は保護工(リップラップの設置)により保護する必要がある。

地質調査、安定計算結果ともに 2002 年 7 月の豪雨以前の状況に基づいているため、詳細設計に際しては、同豪雨後の状況変化を考慮した上で詳細な検討が必要である。

## (2) 地滑り R2 ブロック

3.4.2 に示すように、R-2 ブロックは、R-1 ブロックの上流約 1.5km に位置している。R-2 ブロックの模式図を図 3.4.5 に示す。

R-2 ブロックも千枚岩で構成されている。その斜面末端部では、幅約 400m にわたって大小 4 つの崩壊が発生している。最下流の崩壊が最も大きく、幅約 150m、奥行き約 150m 程度の規模を有している。この最下流の崩壊では、下部崩壊面に比較的堅硬な千枚岩の露頭が認められるが、上流側の 3 つの崩壊については、その崩壊面は風化著しく土砂化している。



地滑りブロック R-2

今回の調査により、この R-2 ブロックについては、その崩壊の背後に大規模な地す

べりの可能性が明らかになった。よって、この R-2 ブロックについては、詳細な測量および地質調査を実施してその規模を明らかにするとともに、適切な対策工の検討が必要と判断される。

### (3) 地滑り L1 ブロック

図 3.4.2 に示すように、L-1 ブロックは調整池左岸側に位置している。現在のところ、この L-1 ブロックは顕著な活動はしていないものと判断できる。

### (4) 調整池ダム左岸直上流の崩壊

調整池ダムの左岸上流約 0.5km の地点に、幅約 30m、奥行き約 30m の崩壊が発生している。発生した崩壊の背後に、直高約 3m の二次滑落崖が発生しており、側部の亀裂も非常に明瞭である。

仮に 2002 年 7 月と同様の豪雨があった場合には、この二次滑落崖を境界として、崩壊が発生する可能性が高い。この二次崩壊による土砂量は約 200m<sup>3</sup> である。

よって、この崩壊土砂を除去し、調整池への崩落を防止することを提案する。崩壊土砂の除去後は、背後の滑落崖にモルタル吹付、あるいは鉄筋挿入工などの風化防止工が必要と判断する。

## 3.4.3 調整池堆砂対策

ヤンラン川流域内（流域面積約 8km<sup>2</sup>）の斜面崩壊地は、1993 年の洪水後の空中写真から判読しても、大規模なものはそれほど多くなく花崗岩地域の崩壊密度と比較しても半分以下である。河川に堆積している礫の状況は、右の写真に示される。

ヤンラン川流域上流には、極めて大きな巨礫はほとんど認められないが、河床には砂礫が比較的多く堆積していることや、河床勾配が急であること、調整池の容量がさほど大きくないことから、調整池の上流に砂防ダムを 2 基設置して、調整池の堆砂を防ぐ必要がある（参照写真下）。



ヤンラン川上流河床堆砂状況

現地の地形形状と地質状況から砂防ダムの位置は図 3.4.1 に示すところが適当であろう。



ヤンラン川下流砂防ダムサイト



ヤンラン川上流砂防ダムサイト

### 3.5 クリカニダム流域の砂防計画

クリカニダム流域とラプティ川流域では、1993年に未曾有の大雨があり、多くの斜面崩壊や土石流が発生した。このため、クリカニ貯水池に大量の土砂が流入したり、マンドゥ川の取水堰が破壊されたり、発電設備に多大な被害が発生した。

このため、1994年にクリカニダム流域の砂防計画マスタープランが作成され、その後、その計画に沿って3基の砂防ダムが建設された。建設された砂防ダムは、クリカニ貯水池バックウオータ付近のNo.1砂防ダム、その上流域のパルング川のNo.5砂防ダムと、クリカニ川右支ダルクット川のD1砂防ダムである。3箇所の既存砂防ダムの位置を図3.5.1に示す。

1993年の大洪水の後は、日雨量150mm程度の降雨しか発生しておらず、大きな土砂災害は生じていない。このためか、上記3砂防ダム以外の砂防施設の建設は現在計画されておらず、今後大規模な洪水が発生すると、クリカニダムの貯水容量に深刻な影響を与える可能性があり、流域全体の現況を把握するために現地調査を実施した。

現地調査の結果判明したことは以下に説明する。

ダルクット川は、河床堆積物の移動は激しく、D1砂防ダムは既に満砂になっており、ダム下流部に土砂が移動している。また、砂防ダムの上流部には多量の土砂が堆積しており、大雨で下流に移動する可能性が高い。土砂の構成も花崗岩の巨礫が多く含まれている状況にある（参照写真右）。

チャルケル川には不安定土砂の体積は少ない。

No.1砂防ダムから上流で、キテニ川までの右岸の小河川では、1993年の洪水で発生した土石流堆積物が堆積しており、その多くが花崗岩の巨礫から構成されている（参照写真右）。

キテニ川、カイツィ川、ガルティ川及びその右支河川の状況は、と同様である。特に目立つのは河川の溪岸に2次堆積の花崗岩の巨礫を含んだ堆積物が露出しており、1993年の洪水ではこの溪岸浸食が多く起こり土砂が供給された可能性が高い。

クリカニ貯水池の左岸川の河川は、斜面崩壊が少なく、河床部に堆積している土砂も少ない。

チトラン川、ピシンケル川、チュリプラン川は、山腹から降りてきて本川には



ダルクット川 D1 砂防ダム堆砂状況



砂防ダム No.1 上流堆砂状況

いるまでの間に、緩やかな勾配の平地を長く通るようになっており、河川は穏やかな様相を呈しており、大規模な土石流が発生した痕跡は認められない。パルング上流のフェディガオン川上部では、1993年に大規模な斜面崩壊が発生し、パルングの近くまで土石流となって流下したのが残っている。この土石流は、千枚岩の破碎したものが、山腹に堆積したものが崩壊したもので、巨石はほとんど無い。

クリカニ貯水池内の堆積物の状況は、下部に砂礫が堆積しており、その上部に砂が堆積している。さらにその上部には、厚さ15~20cmで暗褐色のシルト、粘土が堆積しており、その上に草が茂って草原のようになっている（参照写真右）。



以上の調査結果と、1994年撮影の空中写真を元に、崩壊地を判読し、その結果と地質の状況を重ね合わすと、図3.5.1の様になる。

クリカニダム貯水池内堆砂状況

この結果から、ダマン峠を中心とする地域には、花崗岩が分布し、その周りにプレカンブリア紀のビンペディ層群、古生代のブルチャウキ層群、ナワルコット層群が取り囲むように分布している。1993年の豪雨で発生した崩壊や土石流は、この花崗岩の分布域やその周りの花崗岩の2次堆積物が分布する地域で発生しており、現地踏査の観察結果とも一致している。

今回のプロジェクト地域であるヤンラン川流域では、マンドゥ川で多量の土石流が発生したが、マンドゥ川上部流域はやはり花崗岩が分布しており、土石流の要因として地質的な因子が強く作用したものと考えられる。

これらの結果から、クリカニダム貯水池の貯水容量を確保する為には、ダルコット川のD1砂防ダム（満砂状態）上部に砂防ダムを1基、本川のNo.1砂防ダムの上部でチツング川合流点下流部に1基、合計2基の砂防ダムを建設する必要がある。

### 3.6 建設材料調査

建設材料調査として本計画地域周辺の河床材料を対象に 2m×2m 試験ピット掘り、コンクリート骨材材料として採取可能な量を調査した。さらに、粒度分布を確認するために試験ピットより採取した試料を用いてふるい試験を行った。

コンクリート骨材材料調査に関しては、クリカニ第1・第2水力発電所計画及びクリカニ防災計画の設計・工事時に本計画地域周辺において調査がなされている。上記の過去のプロジェクトにおける調査結果及び本調査における踏査結果により定めた骨材採取候補地及び試験ピットの位置を図3.6.1に示す。

#### (1) ラプティ川クリカニ第1水力発電所サイト

ラプティ川クリカニ第1水力発電所サイトは過去にクリカニ第1水力発電所及び第2水力発電所の建設工事においてコンクリート骨材として用いられた。クリカニ第2水力発電所建設時にはこの採取地の骨材からロッドミルを用いて細骨材が生産された。クリカニ第3水力発電所のバッチャープラントの建設が予定されているグマニ村まで10kmほどの離れている。

本調査において試験ピットは2箇所作成され、深さ約1mの位置からふるい試験試料を採取した。試験結果より5mm以上40mm以下の粗骨材は50%～60%程度含まれると考えられる。粗骨材及び細骨材の粒度分布は土木学会の標準値を満たさず、直接、コンクリート骨材として使うことは不可能と考えられる。

ピットの観察より堆積厚は少なくとも2m以上あり、使用可能な骨材は200,000m<sup>3</sup>以上であると想定される。

#### (2) ラプティ川ビンペジサイト

ラプティ川ビンペジサイトはクリカニ防災第2期工事計画(KDDP-II)の建設時に粗骨材として用いられた。クリカニ第3水力発電所のバッチャープラントの建設が予定されているグマニ村まで13kmほど離れている。

ふるい試験の結果より5mm以上40mm以下の粗骨材は65%程度含まれると想定される。粗骨材及び細骨材の粒度分布は土木学会の標準値を満たさず、直接、コンクリート骨材として使用することは不可能と考えられる。

ピットの観察より堆積厚は少なくとも1.5m以上はあり、使用可能な骨材は100,000m<sup>3</sup>以上であると想定される。

#### (3) ラプティ川ラトマテサイト

ラプティ川ラトマテサイトはクリカニ第3水力発電所のバッチャープラントの建設が予定されているグマニ村まで最も近く、約2kmの距離である。

ふるい試験の結果より5mm以上40mm以下の粗骨材は40%程度含まれると想定される。粗骨材及び細骨材の粒度分布は土木学会の標準値を満たさず、直接コンクリート骨材として使用することは不可能と考えられる。

ピットの観察より堆積厚は少なくとも1m以上はあり、使用可能な骨材は40,000m<sup>3</sup>程度と想定される。

#### (4) チュリヤサイト

チュリヤサイトはラブティ川の支流であるチュウレ川沿いあり、クリカニ第3水力発電所のバッチャープラントの建設が予定されているグマニ村まで10kmほどの距離がある。クリカニ第2水力発電所建設において細骨材の生産量が不足した折に、仮設構造物等の比較的重要でない構造物のコンクリート用細骨材として一部用いられた。

現在においても多く現地業者がこのサイトより粗骨材・細骨材を採取しており、この地域の建設工事におけるコンクリート材料として用いられている。

ふるい試験の結果より5mm以上40mm以下の粗骨材については40%程度、5mm以下の細骨材については25%程度含まれると考えられる。細骨材の粒度分布は土木学会の標準値を満たしており粒度を調整する必要がない。

ピットの観察より堆積厚は1m程度であり、使用可能な粗骨材は160,000m<sup>3</sup>程度、細骨材は100,000m<sup>3</sup>程度と考えられる。試験結果からみる限り採取可能な骨材の量は十分と考えられるが、既に地元の業者がこのサイトより骨材を長期にわたり採取しており、良質な骨材が必要量確保できるかについては更なる詳細な調査が必要である。

# *TABLES*

## 第 3 章





表 3.2.2 ダマン及びヘタウダ N.F.I. 測候所の月別気温 (1985 ~ 2000 年値)  
(単位: °C)

月	ダマン					ヘタウダ N.F.I.				
	平均 気温	最高気温		最低気温		平均 気温	最高気温		最低気温	
		平均	極値	平均	極値		平均	極値	平均	極値
1月	6.8	12.6	19.0	1.0	-5.0	15.0	22.4	27.6	7.4	2.0
2月	7.9	13.3	24.5	2.4	-5.0	17.0	25.0	31.5	9.1	2.6
3月	11.6	17.0	23.9	6.0	-0.3	21.5	29.9	37.5	13.0	6.0
4月	14.9	20.3	27.3	9.5	2.4	25.6	33.9	39.8	17.3	9.2
5月	16.4	21.6	26.6	11.3	5.0	27.5	33.9	40.6	21.1	12.2
6月	17.6	22.0	26.8	13.3	6.9	28.4	33.0	39.4	23.7	16.0
7月	17.9	21.7	25.2	14.1	8.1	27.8	31.6	36.0	23.9	12.0
8月	17.9	21.9	28.0	14.0	8.1	27.9	31.9	37.6	23.7	16.2
9月	17.3	21.9	25.3	13.0	7.5	27.0	31.4	36.6	22.5	16.0
10月	15.0	20.9	28.6	9.5	1.5	24.2	30.2	36.2	18.1	10.6
11月	10.9	17.4	23.0	4.7	-2.1	19.9	27.4	34.0	12.4	7.5
12月	7.8	14.2	19.3	1.8	-4.0	16.6	24.4	32.5	8.8	3.6
平均	13.5	18.7	-	8.5	-	23.2	29.6	-	16.8	-
極値	-	-	28.6	-	-5.0	-	-	40.6	-	2.0

参照: 文献 1)

表 3.2.3 チサパニガディ 測候所の月別蒸発散量  
(単位: mm)

月	1963	1964	1965	平均
1月	-	63.5	89.1	76.3
2月	48.4	96.7	121.2	109.0
3月	169.1	214.7	203.1	195.6
4月	326.5	310.9	-	318.7
5月	392.7	333.2	-	363.0
6月	198.6	291.8	-	245.2
7月	87.0	82.5	-	84.8
8月	48.3	119.6	-	84.0
9月	69.3	90.6	-	80.0
10月	81.9	124.3	-	103.1
11月	68.8	108.6	-	88.7
12月	59.0	74.6	-	66.8
年間	-	-	-	1815.2

参照: 文献 2)

表 3.2.4 月別平均降雨量

(単位: mm)

月	ヲハニガテイ	ダマン	ハタウダ N.F.I.	マルカウ	ハタウダ Ind. Dis.	マクワソール ガテイ	テユニハシ	ハニホカ (カトマス)
1月	20.8	17.7	16.1	19.7	6.7	16.9	13.1	12.6
2月	20.3	25.0	18.6	25.6	11.8	11.8	15.0	16.0
3月	43.9	33.6	28.0	35.2	21.6	21.0	27.6	29.6
4月	77.9	79.4	57.2	60.8	56.6	53.4	44.9	73.5
5月	159.8	155.8	167.3	131.8	135.0	157.1	131.1	114.9
6月	368.6	319.6	380.3	247.9	344.9	337.0	266.9	266.3
7月	587.1	455.9	617.3	376.0	572.2	610.2	422.3	375.7
8月	493.9	358.9	536.5	288.4	476.1	529.3	378.7	357.1
9月	288.8	229.2	367.1	212.5	411.5	337.2	217.0	186.1
10月	73.6	61.5	88.4	55.3	75.1	80.9	57.7	61.5
11月	8.3	10.5	11.7	11.3	4.6	15.2	9.4	8.7
12月	16.3	14.8	15.1	24.5	14.0	20.2	15.1	12.6
年間	2159.3	1762.0	2303.5	1489.1	2130.1	2190.0	1598.5	1514.7
5~10月 降雨量	1971.8 (91%)	1580.9 (90%)	2156.9 (94%)	1312.0 (88%)	2014.8 (95%)	2051.6 (94%)	1473.6 (92%)	1361.6 (90%)
注記	44年間平均 1957 - 2000	34年間平均 1967 - 2000	35年間平均 1966 - 2000	29年間平均 1972 - 2000	17年間平均 1974 - 1990	26年間平均 1975 - 2000	30年間平均 1971 - 2000	28年間平均 1971 - 2000

参照: 文献 3),4)

表 3.2.5 日最大降雨量

(単位: mm)

年	チサパニガディ	ヘタウダ N.F.I.	年	チサパニガディ	ヘタウダ N.F.I.
1958	83.3	07/31	-	1980	84.1 05/11 157.5 06/19
1959	90.8	07/22	-	1981	154.0 09/29 260.6 07/31
1960	80.8	05/21	-	1982	133.0 08/27 148.2 09/18
1961	76.4	07/28	-	1983	131.5 07/17 98.2 07/06
1962	233.0	06/28	-	1984	228.3 09/17 116.9 09/17
1963	65.0	08/20	-	1985	131.0 09/05 158.7 09/05
1964	49.0	08/17	-	1986	157.0 08/27 190.3 09/15
1965	300.0	07/07	-	1987	126.0 07/24 223.0 07/24
1966	223.0	08/28	196.0 08/24	1988	106.8 09/08 103.5 07/06
1967	256.4	07/10	172.0 07/10	1989	84.0 07/06 152.0 09/06
1968	145.0	07/23	262.0 08/27	1990	137.0 08/27 453.2 08/27
1969	70.3	08/21	80.6 08/20	1991	106.0 07/07 94.4 07/11
1970	280.2	07/16	- -	1992	58.0 05/15 115.2 08/25
1971	134.3	06/11	153.2 06/13	1993	295.0 07/20 257.0 07/21
1972	162.2	07/27	105.6 07/27	1994	96.4 09/10 124.0 09/10
1973	125.2	06/18	171.6 06/28	1995	116.0 08/13 170.0 06/29
1974	218.0	09/02	279.2 08/31	1996	150.2 07/14 115.4 09/24
1975	210.0	07/28	200.1 07/28	1997	146.0 07/01 189.2 08/13
1976	162.0	06/10	220.2 07/11	1998	98.3 07/25 181.2 07/21
1977	77.0	06/20	107.4 06/22	1999	262.1 07/03 197.8 06/28
1978	173.0	07/16	247.6 07/16	2000	162.0 08/03 142.4 07/10
1979	198.9	08/19	145.2 08/21	最大	300.0 - 453.2 -

参照: 文献 3)

表 3.2.6 1993 年 7 月豪雨時の日降雨量

No.	測候所	日降雨量 (mm)					計 (mm)		
		7/18	7/19	7/20	7/21	7/22	1 日	3 日	5 日
904	チハ°ニガ°テイ	58	295	65	45	29	295	418	492
905	ダ°マン	56	373	8	5	4	373	437	446
906	ハタダ° N.F.I.	38	4	257	14	51	257	322	364
919	マクワソ°-ルガ°テイ	40	78	205	30	25	205	323	378
HZM	チュリハ°ガ°イヤ	29	289	376	172	63	376	837	929
NEA	ニ°ワタル	38	234	362	106	46	362	702	786
	計画地域平均	43	212	212	62	36	311	507	566
915	マルカ°ウ	5	386	44	38	33	386	468	506
DSC	チスト	4	540	40	66	30	540	646	680

出典: 文献 5)

表 3.2.7 2002 年 7 月豪雨時の日降雨量

No.	測候所	日降雨量 (mm)				計 (mm)	
		7/21	7/22	7/23	7/24	1 日	4 日
904	チハ°ニガ°テイ	22	148	443	210	443	823
905	ダ°マン	102	403	255	101	403	861
906	ハタダ° N.F.I.	31	218	302	95	302	646
919	マクワソ°-ルガ°テイ	27	210	311	123	311	671
NEA	ニ°ワタル	169	490	455	111	490	1225
	計画地域平均	70	294	353	128	390	845
915	マルカ°ウ	79	284	145	34	284	542
DSC	チスト	81	288	143	67	288	579

出典:DHM

表 3.2.8 クリカニ貯水池堆砂状況

調査年	水文年	死水位 (EL.m)	死水容量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	有効容量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	総容量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	年間堆砂 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	累積堆砂 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	堆砂率 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
1981	0	1,471.0	12.00	73.30	85.30	0.00	0.00	-
1993/03	11	1,471.0	10.80	72.30	83.10	2.20	2.20	1,588
1993/12	12	1,471.0	7.60	70.70	78.30	4.80	7.00	4,630
1994/09	13	1,471.0	6.50	61.30	67.80	10.50	17.50	10,684
1995/11	14	1,471.0	4.60	58.90	63.50	4.30	21.80	12,358
1996/12	15	1,471.0	2.80	60.60	63.40	0.10	21.90	11,587
1997/11	16	1,480.0	7.60	55.59	63.19	0.21	22.11	10,967
1998/11	17	1,480.0	7.42	55.87	63.30	-0.11 <sup>/*1</sup>	22.00	10,271
1999/11	18	1,480.0	6.98	55.66	62.64	0.66	22.66	9,992
2000/11	19	1,480.0	6.80	55.58	62.38	0.26	22.92	9,574
2001/11	20	1,480.0	6.79	55.57 <sup>/*2</sup>	62.36	0.02	22.94	9,103
年平均	-	-	-	-	-	1.15	-	-

参照: 文献 6), 7), 8)

/\*1 推定手法の違いにより-0.11x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>と推定されている。 /\*2 最低運転水位上の有効容量は 55.51 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

- 注記:
- 1) 水文年: 貯水池湛水後の雨期の回数
  - 2) 死水位: 堆砂位の上限值
  - 3) 死水容量: 死水位以下の貯水容量
  - 4) 有効容量: 満水位(EL.1,530.0 m)と死水位との間の容量
  - 5) 1993 年 7 月: ネパール中南部山岳地帯を中心に豪雨及び洪水が発生
  - 6) 1997 年: 傾斜型取水口完成

表 3.2.9 クリカニ測水所流量記録

(単位: m<sup>3</sup>/s)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
1963	1.17	1.06	1.13	1.15	1.64	1.13	6.60	7.64	5.75	3.53	2.16	1.75	2.89
1964	1.47	1.39	1.16	0.91	1.26	2.21	7.24	11.87	15.23	4.48	1.84	1.50	4.21
1965	1.32	1.29	1.22	1.76	1.47	3.74	19.54	18.36	5.71	3.10	2.86	1.75	5.18
1966	1.55	1.41	1.14	0.75	1.12	1.14	10.38	20.78	10.29	3.33	2.20	1.70	4.65
1967	1.08	0.94	0.86	1.01	0.65	4.52	11.80	6.92	5.67	3.36	2.32	1.68	3.40
1968	1.66	1.46	1.63	1.21	1.10	2.52	5.72	6.33	2.62	7.12	2.25	1.47	2.92
1969	1.18	0.89	0.87	0.92	0.95	0.88	3.10	6.89	4.18	1.91	1.10	0.83	1.98
1970	0.82	0.72	0.64	0.61	0.64	3.42	21.29	8.98	5.26	3.30	2.18	1.47	4.11
1971	1.15	1.11	1.10	1.98	2.13	21.64	5.08	7.68	4.27	3.82	2.22	1.86	4.50
1972	1.72	1.78	1.62	1.41	1.38	4.54	28.27	6.15	8.36	2.49	1.85	1.58	5.10
1973	1.38	1.24	1.58	0.96	1.29	10.24	7.34	7.97	9.51	9.51	5.14	2.75	4.91
1974	1.59	1.33	1.13	1.16	1.26	1.66	7.15	15.61	20.65	3.50	1.96	1.50	4.88
1975	1.28	1.18	0.88	0.76	1.07	2.11	14.76	10.99	11.69	4.70	2.35	1.67	4.45
1976	1.46	1.25	1.02	1.09	1.44	7.96	6.04	4.75	3.94	2.30	1.75	1.45	2.87
1977	1.28	1.22	1.07	1.40	1.64	1.57	3.16	3.47	2.31	1.80	1.60	1.63	1.85
平均	1.34	1.22	1.14	1.14	1.27	4.62	10.50	9.63	7.70	3.88	2.25	1.64	3.86

参照: DHM 保管の日流量記録電子ファイルより作成

表 3.2.10 ラジャヤ測水所流量記録

(単位: m<sup>3</sup>/s)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
1963	7.86	6.77	5.63	5.10	6.07	21.36	65.55	91.79	70.86	33.15	16.30	9.58	28.34
1964	7.59	6.43	5.29	4.97	5.64	11.16	74.35	55.53	69.10	44.55	13.35	8.06	25.50
1965	7.16	6.63	6.74	4.45	3.82	17.49	84.26	170.49	73.43	28.93	20.62	10.88	36.24
1966	8.26	6.88	5.91	5.09	6.83	11.90	51.83	157.51	92.62	20.29	12.53	9.42	32.42
1967	7.55	6.27	6.69	6.72	6.32	14.40	93.67	74.28	72.04	21.12	10.01	6.69	27.15
1968	5.77	4.56	3.90	3.26	3.59	33.37	89.38	135.89	44.91	42.16	19.07	12.34	33.18
1969	10.17	7.68	6.91	6.11	7.29	13.88	44.82	81.47	64.28	28.03	14.81	10.25	24.64
1970	7.99	6.98	5.34	5.04	4.76	22.45	132.41	95.46	68.10	44.74	18.18	11.10	35.21
1971	7.33	5.62	4.66	7.86	22.21	90.28	67.89	89.87	59.29	34.72	17.11	11.39	34.85
1972	8.69	7.93	6.47	4.88	5.11	16.13	66.96	63.76	61.53	29.56	15.83	10.33	24.77
1973	8.61	6.69	5.80	3.13	6.25	43.72	45.30	64.43	77.47	55.33	24.50	15.10	29.69
1974	11.74	8.81	7.15	6.40	7.59	14.88	64.09	110.96	120.43	34.23	15.69	13.30	34.61
1975	9.81	7.94	5.92	5.48	6.76	18.13	109.72	54.49	45.43	23.58	12.56	9.37	25.77
1976	8.01	6.69	5.39	5.43	8.80	19.32	53.33	52.39	48.77	24.11	13.38	9.37	21.25
1977	7.38	6.18	4.87	7.49	8.65	14.43	48.04	63.02	45.50	29.85	20.62	13.05	22.42
1978	9.93	8.08	7.45	14.54	12.19	48.47	<u>106.17</u>	<u>65.81</u>	<u>52.00</u>	<u>33.10</u>	<u>19.07</u>	<u>12.60</u>	32.45
1979	8.08	8.10	5.86	5.25	4.56	11.79	76.45	81.28	35.72	25.17	14.38	11.10	23.98
1980	8.38	7.23	6.29	4.70	6.88	24.28	47.28	66.13	60.19	29.75	16.52	11.49	24.09
1981	9.57	6.98	5.55	6.71	9.67	14.84	61.90	82.83	73.99	40.86	19.53	13.32	28.81
1982	10.72	9.34	9.75	11.78	<u>9.24</u>	<u>10.65</u>	<u>43.50</u>	59.54	88.76	30.70	16.70	12.45	26.09
1983	11.49	10.41	9.25	9.09	11.63	10.76	47.16	46.05	46.16	17.70	10.62	9.33	19.97
1984	8.88	8.08	7.20	6.82	7.03	17.15	34.37	35.75	80.26	18.19	12.53	9.65	20.49
1985	8.66	7.81	6.73	6.98	8.74	16.44	44.91	42.35	72.34	30.75	14.83	11.02	22.63
1986	9.20	8.68	7.85	7.25	7.60	15.74	40.69	67.15	65.53	20.76	12.56	10.28	22.77
1987	10.38	8.07	7.11	7.28	6.98	8.16	46.10	79.19	65.29	38.64	17.72	11.22	25.51
1988	8.27	6.10	5.96	5.97	9.67	26.11	45.39	74.12	74.46	25.19	14.53	13.98	25.81
1989	13.62	10.82	7.47	9.13	8.20	20.51	90.10	64.34	129.99	43.48	17.19	13.35	35.68
1990	12.02	13.03	9.46	-	-	-	83.53	129.69	67.87	49.44	16.02	11.97	43.67
1991	12.55	10.36	8.98	7.69	7.79	15.49	38.92	43.24	57.20	18.11	13.91	12.10	20.53
1992	11.78	10.55	8.66	7.67	8.58	13.41	27.19	38.35	31.64	16.55	10.26	8.09	16.06
1993	7.45	7.10	6.61	7.27	6.93	9.73	44.46	43.66	34.85	21.15	13.00	8.50	17.56
1994	12.60	8.14	5.27	5.82	4.60	18.62	15.86	33.07	31.71	14.69	12.26	11.31	14.50
1995	10.28	9.60	6.44	6.19	10.07	23.76	19.42	48.97	47.18	25.60	17.98	11.58	19.76
平均	9.33	7.90	6.62	6.61	7.81	20.90	60.76	74.63	64.51	30.13	15.58	11.02	26.32

参照: DHM 保管の日流量記録電子ファイルより作成

マナハリ測水所流量記録による補間値

$$(Q_{ラジャヤ} = 2.0296 \times Q_{マナハリ}^{0.8927}, R = 0.885)$$

表 3.2.11 ラジャヤ測水所地点の流出率及び流出特性値

年 <sup>注)</sup>	年間降雨量 (mm)	年間流出量		流出率	流出特性値 (m <sup>3</sup> /s/100 km <sup>2</sup> )
		(m <sup>3</sup> /s)	(mm)		
1967	2,335	27.15	1,479	0.63	4.69
1968	2,231	33.18	1,807	0.81	5.73
1972	2,056	24.77	1,349	0.66	4.28
1973	2,623	29.69	1,617	0.62	5.13
1975	2,693	25.77	1,404	0.52	4.45
1976	2,237	21.25	1,157	0.52	3.67
1977	1,964	22.42	1,221	0.62	3.87
1978	2,489	32.45	1,767	0.71	5.60
1979	1,853	23.98	1,306	0.70	4.14
1980	1,756	24.09	1,312	0.75	4.16
1981	2,142	28.81	1,569	0.73	4.98
1982	1,889	26.09	1,421	0.75	4.51
平均	2,189	26.64	1,451	0.67	4.60

注) 降雨量記録の欠測年を除く

表3.2.12 近傍流域の流出特性値

No.	測水所	流域	流域面積 (km <sup>2</sup> )	平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	流出特性値 (m <sup>3</sup> /s/100 km <sup>2</sup> )	検討期間
420	Kali Gandaki at Kota Gaon	Narayani	11,400	470.8	4.13	1964-85
446.8	Phalandu Khola at Betrawati	Narayani	162	13.2	8.12	1971-85
447	Trisuli River at Betrawati	Narayani	4,110	183.8	4.47	1967-85
448	Tadi Khola at Tadi Pool, Belkot	Narayani	653	39.9	6.10	1969-85
450	Narayani River at Narayan Ghat	Narayani	31,100	1,583.1	5.09	1963-87
460	Rapti River at Rajaya	Rapti	579	26.6	4.60	1967-82
465	Manahari River at Manahari	Rapti	427	18.4	4.31	1963-85
470	Lothar Khola at Lothar	Rapti	169	9.6	5.65	1964-85
505	Bagmati River at Sundarikal	Bagmati	17	1.1	6.28	1963-85
536.2	Bishnumati Khola at Budhanilkantha	Bagmati	4	0.3	7.95	1969-85
550	Bagmati River at Chovar	Bagmati	585	15.5	2.65	1963-80
590	Bagmati River at Karmaiya, Mangalpur	Bagmati	2,720	159.9	5.88	1965-79
589	Bagmati River at Pandhera Dovan	Bagmati	2,700	120.8	4.48	1979-85

参照: 文献 9)

表3.2.13 タンクモデル同定結果

比較項目	1972	1973	1974	1975	1976	1977	平均
降雨量 (mm)	1,657	2,034	1,974	1,954	1,774	1,419	1,802
推定流出量 (mm)	983	1,044	1,131	1,160	1,073	667	1,010
観測流出量 (mm)	1,286	1,232	1,223	1,122	720	464	1,008
相関係数 (R 値)	0.90	0.91	0.89	0.53	0.95	0.91	0.86
流出率	0.59	0.51	0.57	0.59	0.60	0.47	0.56
流出特性値 (m <sup>3</sup> /s/100 km <sup>2</sup> )	3.12	3.31	3.59	3.68	3.40	2.11	3.20



表 3.2.14 クリカニ貯水池月別流入量

(単位: m<sup>3</sup>/s)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
1963	1.46	1.33	1.42	1.44	2.07	1.42	8.45	9.77	7.33	4.47	2.73	2.21	3.68
1964	1.85	1.75	1.46	1.14	1.59	2.79	9.19	15.57	19.41	5.70	2.32	1.90	5.39
1965	1.66	1.63	1.54	2.22	1.85	4.72	21.91	22.61	7.27	4.01	3.62	2.21	6.27
1966	1.95	1.78	1.43	0.94	1.41	1.44	12.49	24.33	12.88	4.22	2.77	2.14	5.65
1967	1.36	1.18	1.08	1.27	0.82	5.56	14.06	8.82	7.22	4.26	2.93	2.12	4.22
1968	2.10	1.84	2.05	1.52	1.39	3.19	7.24	8.07	3.31	8.66	2.84	1.85	3.67
1969	1.49	1.12	1.09	1.16	1.19	1.10	3.94	8.81	5.31	2.41	1.39	1.05	2.51
1970	1.03	0.90	0.80	0.76	0.80	4.36	24.11	11.49	6.69	4.18	2.75	1.85	4.98
1971	1.45	1.40	1.38	2.50	2.69	24.40	6.47	9.82	5.42	4.81	2.81	2.34	5.46
1972	2.17	2.25	2.04	1.78	1.74	5.59	31.70	7.84	10.50	3.14	2.33	1.99	6.09
1973	1.73	1.56	2.28	1.21	1.62	12.22	9.38	10.19	11.92	11.98	6.55	3.48	6.18
1974	2.00	1.67	1.42	1.46	1.58	2.10	9.14	18.21	23.97	4.44	2.47	1.88	5.86
1975	1.62	1.49	1.11	0.95	1.35	2.68	17.15	13.94	14.71	5.97	2.96	2.10	5.50
1976	1.83	1.58	1.28	1.37	1.81	9.79	7.70	6.05	5.00	2.90	2.21	1.82	3.61
1977	1.62	1.53	1.35	1.76	2.06	1.98	4.00	4.40	2.91	2.26	2.02	2.06	2.33
1978	2.12	1.96	2.00	2.16	2.71	5.78	18.50	10.65	6.31	6.64	2.78	2.54	5.35
1979	2.37	2.30	2.00	1.74	1.59	4.11	13.01	9.11	3.61	2.27	1.89	2.15	3.85
1980	1.71	1.57	1.44	1.25	1.14	9.44	8.78	6.57	6.97	2.21	1.80	1.63	3.71
1981	1.52	1.40	1.19	1.80	1.14	1.32	2.78	4.41	11.41	2.81	1.43	1.30	2.71
1982	1.16	1.11	1.05	0.84	0.83	2.81	2.17	7.38	8.73	1.91	1.28	1.15	2.54
1983	0.76	0.99	0.76	0.93	1.86	1.48	10.24	6.20	9.56	5.53	3.70	1.98	3.67
1984	1.48	1.34	1.05	0.67	0.71	2.34	7.80	6.73	12.72	5.75	2.47	2.19	3.77
1985	1.43	0.97	1.47	0.47	2.97	1.81	6.84	7.39	17.54	9.96	3.32	2.96	4.76
1986	2.23	1.85	1.34	1.96	3.50	6.30	7.28	13.12	11.36	7.00	2.95	2.46	5.11
1987	1.93	1.67	1.75	1.21	1.07	0.73	16.10	12.31	6.69	7.85	3.28	2.04	4.72
1988	1.84	1.46	1.78	1.04	1.68	4.60	7.15	12.50	9.04	3.42	2.14	2.41	4.09
1989	2.65	1.52	1.08	0.82	2.15	2.35	12.67	6.69	6.32	4.27	2.55	1.50	3.71
1990	1.29	1.35	1.50	1.23	2.17	2.18	12.80	12.35	10.15	4.24	2.42	2.00	4.47
1991	1.98	1.33	1.27	1.56	1.10	2.57	4.96	9.69	7.57	2.35	1.73	1.68	3.15
1992	1.45	1.00	0.62	0.58	1.77	1.23	3.68	4.68	3.31	1.98	1.35	1.19	1.90
1993	0.99	0.72	0.86	1.27	1.69	4.35	30.98	12.24	4.01	3.16	2.01	1.42	5.31
1994	2.41	2.08	1.59	2.16	2.00	2.71	3.01	5.00	8.05	2.36	1.70	2.09	2.93
1995	1.91	1.81	1.35	1.14	1.23	7.87	10.38	8.48	5.93	3.18	26.65	11.42	6.78
平均	1.71	1.50	1.39	1.34	1.68	4.46	11.09	10.16	8.88	4.55	3.28	2.28	4.36

1963～1977; 測水所流量記録より算定  
 1978～1982; タンクモデルより推定  
 1983～1995; 貯水池運転記録より推定

表 3.2.15 クリカニ貯水池流入量評価

年	降雨量 (mm)		流入量 (mm)		流出率 (%)		流出特性値 (m <sup>3</sup> /s/100km <sup>2</sup> )	
	年間	区間平均	年間	区間平均	年間	区間平均	年間	区間平均
1972	1,657		1,232		0.75		3.91	
1973	2,034		1,250		0.62		3.96	
1974	1,973		1,185		0.60		3.76	
1975	1,954		1,113		0.57		3.53	
1976	1,773		730		0.41		2.32	
1977	1,418	1,801	471	997	0.33	0.55	1.49	3.16
1978	1,865		1,082		0.58		3.43	
1979	1,320		779		0.59		2.47	
1980	1,388		750		0.54		2.38	
1981	1,145		548		0.48		1.74	
1982	1,159	1,375	514	735	0.44	0.53	1.63	2.33
1983	1,516		742		0.49		2.35	
1984	1,545		763		0.49		2.42	
1985	1,989		963		0.48		3.05	
1986	1,889		1,034		0.55		3.28	
1987	1,606		955		0.59		3.03	
1988	1,451		827		0.57		2.62	
1989	1,210		750		0.62		2.38	
1990	1,643		904		0.55		2.87	
1991	1,140		637		0.56		2.02	
1992	1,075		384		0.36		1.22	
1993	1,936		1,074		0.55		3.41	
1994	1,147		593		0.52		1.88	
1995	1,700	1,527	1,371	846	0.81	0.55	4.35	2.68
平均	-	1,564	-	860	-	0.55	-	2.73

1963～1971; 降雨量記録に欠測を含むため評価対象外

1972～1977; 測水所流量記録より算定

1978～1982; タンクモデルより推定

1983～1995; 貯水池運転記録より推定

表 3.2.16 ラジャヤ及びクリカニ測水所の年最大洪水記録

(単位: m<sup>3</sup>/s)

年	ラジャヤ測水所			クリカニ測水所		
	月日	測水深 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	月日	測水深 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)
1963	09/16	3.77	691	09/29	1.60	40.0
1964	09/02	2.68	368	07/15	2.71	148
1965	07/07	4.64	971	07/07	4.20	304
1966	08/27	4.62	964	08/24	3.25	202
1967	07/10	4.10	798	07/10	3.95	277
1968	08/26	4.91	1,050	10/04	2.63	141
1969	08/19	2.47	310	08/21	1.31	32.6
1970	07/17	3.48	604	07/16	5.35	571
1971	06/13	2.50	318	06/13	5.24	305
1972	07/27	2.64	357	07/24	4.56	251
1973	09/26	2.72	356	06/17	2.67	99.6
1974	09/01	4.24	933	08/30	4.38	236
1975	07/28	3.30	547	07/27	3.21	143
1976	07/02	2.88	343	06/10	3.28	148
1977	08/18	2.15	179	08/17	0.98	8.64
1978	07/15	3.30	540	-	-	-
1979	07/24	3.90	780	-	-	-
1980	06/19	3.08	463	-	-	-
1981	07/31	3.70	700	-	-	-
1982	09/21	3.10	470	-	-	-
1983	07/16	2.20	210	-	-	-
1984	09/17	4.51	1,070	-	-	-
1985	09/05	4.94	1,290	-	-	-
1986	09/14	3.40	580	-	-	-
1987	09/02	2.49	277	-	-	-
1988	07/06	2.40	250	-	-	-
1989	09/06	3.30	540	-	-	-
1990	08/27	3.99	821	-	-	-
1991	07/08	2.00	180	-	-	-
1992	08/28	2.10	205	-	-	-
1993	07/21	3.70	660	<b>07/19</b>	-	<b>1,340-</b>
1994	09/10	2.60	220	-	-	-
1995	??	4.06	714	-	-	-

参照; 1963～1990年: 文献 14)  
 1991～1995年: DHM より電子ファイルにて入手  
 '94M/P 中の検討値 5)

表 3.2.17 ラジャヤ測水所地点の確率洪水

確率年	確率洪水 (m <sup>3</sup> /s)		
	ガンベル法	岩井法	対数 <sup>レ</sup> アソ III 型
1.01	24	105	117
2	523	503	501
5	822	793	798
10	1,019	997	1,004
20	1,209	1,201	1,207
30	1,318	1,321	1,325
40	1,395	1,408	1,409
50	1,454	1,475	1,474
100	1,638	1,690	1,678
200	1,821	1,912	1,885
1000	2,246	2,460	2,374
10000	2,852	3,338	3,103

表 3.2.18 貯水池流域の確率降雨

確率年	確率降雨 (対数 <sup>レ</sup> アソ III 型, mm)		
	ダマン測候所	ダマン測候所	流域平均
1.01	42	46	49
2	108	113	107
5	166	179	162
10	212	237	207
20	263	304	258
30	296	349	291
40	320	383	317
50	340	412	337
100	407	510	408
200	481	626	489
1000	694	985	731
10000	1120	1,812	1,253
解析期間	1968-1993	1968-2000, 2002	1972-2000, 2002

表 3.2.19 クリカニ測水所地点の確率洪水

起確率	確率洪水 (m <sup>3</sup> /s)	流域特性係数
1.01	166	7.2
2	362	15.7
5	548	23.7
10	700	30.3
20	872	37.8
30	984	42.6
40	1,071	46.4
50	1,139	49.3
100	1,379	59.7
200	1,653	71.6
1000	2,471	107.0
10000	4,235	183.5

表 3.2.20 貯水池流域の推定堆砂量

年	実績 年間堆砂量 ( $10^6 \text{ m}^3$ )	年最大降雨量 (mm)	推定堆砂量( $10^6 \text{ m}^3$ )		推定堆砂量( $10^6 \text{ m}^3$ ) (係数補正後)	
			年間	累計	年間	累計
1981	-	169.3	0.46	0.46	0.52	0.52
1982	-	70.6	0.09	0.54	0.10	0.62
1983	-	133.7	0.25	0.79	0.29	0.91
1984	-	102.1	0.15	0.94	0.17	1.08
1985	-	113.9	0.18	1.12	0.21	1.29
1986	-	107.6	0.16	1.28	0.19	1.47
1987	-	114.4	0.18	1.46	0.21	1.68
1988	-	90.6	0.12	1.58	0.14	1.82
1989	-	76.1	0.10	1.68	0.11	1.93
1990	-	90.1	0.12	1.80	0.14	2.06
1991	-	55.3	0.07	1.87	0.08	2.14
1992	-	44.6	0.06	1.92	0.06	2.21
1993	4.80	381.9	16.21	18.13	18.59	20.80
1994	10.50	75.2	0.09	18.22	0.11	20.91
1995	4.30	127.3	0.23	18.45	0.26	21.16
1996	0.10	90.2	0.12	18.57	0.14	21.30
1997	0.21	91.4	0.12	18.69	0.14	21.44
1998	-0.11	119.0	0.20	18.89	0.22	21.67
1999	0.66	172.6	0.48	19.37	0.55	22.22
2000	0.26	186.7	0.61	19.98	0.70	22.92
	22.92 <sup>/*</sup>			19.98		22.92

<sup>/\*</sup> 1992 以前は実績堆砂量資料が無いため 2000 年時点の累計堆砂量を示す。

表 3.2.21 貯水池流域の年平均堆砂量

確率年	各確率年に 対する年最 大降雨量 (mm)	確率降雨量 に対する堆 砂量 ( $10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ )	年平均超過 回数 (超過確率)	単位区間の 年平均生起 確率 (頻度)	単位区間堆 砂量の平均 ( $10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ )	単位区間の 年平均堆砂 量 ( $10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ )	単位区間の 年平均堆砂 量の累計値 ( $10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ )
2	107	0.18	0.5000	-	-	-	-
5	162	0.46	0.2000	0.3000	0.32	0.10	0.10
10	207	0.98	0.1000	0.1000	0.72	0.07	0.17
20	258	2.32	0.0500	0.0500	1.65	0.08	0.25
30	291	4.04	0.0333	0.0167	3.18	0.05	0.31
40	317	6.25	0.0250	0.0083	5.14	0.04	0.35
50	337	8.74	0.0200	0.0050	7.50	0.04	0.39
60	355	11.83	0.0167	0.0033	10.29	0.03	0.42
70	370	15.22	0.0143	0.0024	13.53	0.03	0.45
80	384	19.26	0.0125	0.0018	17.24	0.03	0.48
90	396	23.56	0.0111	0.0014	21.41	0.03	0.51
100	408	28.82	0.0100	0.0011	26.19	0.03	0.54

表 3.3.1 Qシステムのパラメーター

1. Rock Quality Designation		RQD
A	Very poor	0 - 25
B	Poor	25 - 50
C	Fair	50 - 75
D	Good	75 - 90
E	Excellent	90 - 100

Note: (i) Where RQD is reported or measured as  $\leq 10$  (including 0), a nominal value of 10 is used to evaluate Q.  
(ii) RQD intervals of 5, i.e. 100, 95, 90 etc. are sufficiently accurate.

2. Joint Set Number		$J_n$
A	Massive, no or few joints	0.5 - 1.0
B	One joint set	2
C	One joint set plus random joints	3
D	Two joint sets	4
E	Two joint sets plus random joints	6
F	Three joint sets	9
G	Three joint sets plus random joints	12
H	Four or more joint sets, random, heavily jointed, "sugar cube", etc.	15
J	Cracked rock, ashlike	20

Note: (i) For instance, use (3.0 x 14)  
(ii) For porphy, use (2.0 x 14)

3. Joint Roughness Number		$J_r$
a) Rock wall contact, and b) Rock wall contact below 10 cm shear		
A	Discontinuous joints	4
B	Rough or irregular, undulating	3
C	Smooth, undulating	2
D	Slickensided, undulating	1.5
E	Rough or irregular, planar	1.5
F	Smooth, planar	1.0
G	Slickensided, planar	0.5
c) No rock-wall contact when sheared		
Note: (i) Descriptions refer to small scale features and intermediate scale features, in that order.		
H	Zones containing clay minerals thick enough to prevent rock wall contact	1.0
J	Sandy, gravelly or crushed zone thick enough to prevent rock wall contact	1.0

Note: (i) Add 1.0 if the mean spacing of the relevant joint set is greater than 3m.  
(ii)  $J_r = 0.5$  can be used for planar slickensided joints having lineations, provided the lineations are orientated for minimum strength.

4. Joint Alteration Number		$J_a$ (approx.)	$J_a$
(a) Rock wall contact (no mineral fillings, only coatings)			
A	Tightly healed, hard, non-softening, impervious filling, i.e. quartz or epidote		0.75
B	Unaltered joint walls, surface staining only	25 to 35°	1.0
C	Slightly altered joint walls. Non-softening mineral coatings, sandy particles, clay-free disintegrated rock etc.	25 to 30°	2.0
D	Silty, or sandy-clay coatings, small clay fractions (non-softening)	20 to 25°	3.0
E	Softening or low friction clay mineral coatings, i.e. kaolinite, mica. Also chlorite, talc, gypsum and graphite etc., and graphite etc., and small quantities of swelling clays. (Discontinuous coatings, 1-2 mm or less in thickness)	8 to 15°	4.0
(b) Rock wall contact below 10 cm shear (thin mineral fillings)			
F	Sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	25 to 30°	4.0
G	Strongly over-consolidated, non-softening clay mineral fillings (continuous, but <5mm in thickness)	16 to 24°	6.0
H	Medium or low over-consolidation, softening, clay mineral fillings (continuous, but <5mm in thickness)	12 to 16°	8.0
J	Swelling-clay filling, i.e. montmorillonite (continuous, but <5mm in thickness). Value of $J_a$ depends on percent of swelling clay-size particles, and access to water etc.	6 to 12°	8.0 to 12.0
(c) No rock wall contact when sheared (thickness mineral fillings)			
KL	Zones of bands of disintegrated or crushed rock and clay (see G.H. I for description of clay condition)	5 to 24°	6.0, 8.0 or 8.0 to 12.0
N	Zones of bands of silty or sandy clay, small clay fractions (non-softening)	-	5.0
OP	Thick, continuous zones or bands of clay (see G,H,I for description of clay condition)	8 to 24°	10.0, 13.0 or 15.0 to 20.0

Note (i) Values of  $(\phi)^\gamma$  are intended as an approximate guide to the mineralogical properties of the alteration products, if present.

5. Joint Water Reduction Factor		Approx. Water pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	$J_w$
A	Dry excavation or minor inflow, i.e. 5l/min locally	<1.0	1.0
B	Medium inflow or seepage, occasional outwash of joint fillings	1.0 to 2.5	0.66
C	Large inflow or high pressure in competent rock with unfilled joints	2.5 to 10.0	0.5
D	Large inflow or high pressure, considerable outwash of joint fillings	2.5 to 10.0	0.33
E	Exceptionally high inflow or water pressure at blasting, decaying with time	>10.0	0.2 to 0.1
F	Exceptionally high inflow or water pressure continuing without noticeable decay	>10.0	0.1 to 0.05

Note: (i) Factors C to F are crude estimates. Increase  $J_w$  if drainages measures are installed.  
(ii) Special problems caused by ice formation are not considered.

6. Stress Reduction Factor				SRF
a) Weakness zones intersecting excavation, which may cause loosening of rock mass when tunnel is excavated.				
A	Multiple occurrences of weakness zones containing clay or chemically disintegrated rock, very loose surrounding rock. (any depth)			10.0
B	Single weakness zones containing clay or chemically disintegrated rock (depth of excavation $\leq 50m$ )			5.0
C	Single weakness zones containing clay or chemically disintegrated rock (depth of excavation > 50m)			2.5
D	Multiple shear zones in competent rock (clay-free) loose surrounding rock (any depth)			7.5
E	Single shear zones in competent rock (clay-free), (depth of excavation $\leq 50m$ )			5.0
F	Single shear zones in competent rock (clay-free), (depth of excavation > 50m)			2.5
G	Loose, open joints, heavily jointed or "sugar cube", etc. (any depth)			5.0

Note: (i) Reduce these values of SRF by 25-50% if the relevant shear zones only influence but do not intersect the excavation.

b) Competent rock, rock stress problems		$\sigma_1/\sigma_3$	$\sigma_2/\sigma_3$	SRF
H	Low stress, near surface, open joints	>300	>13	2.5
J	Medium stress, favorable stress conditions	100 to 10	13 to 0.66	1.0
K	High stress, very tight structure. Usually favorable to stability, may be unfavorable for wall stability.	10 to 5	0.66 to 0.33	0.5 to 2.0
L	Moderately shattering after > 1 hour in massive rock	5 to 2.5	0.33 to 0.16	5.0 to 10.0
M	Heavy rock burst (strain-burst) and immediate dynamic deformation in massive rock	<2.5	<0.16	10.0 to 20.0

Note: (i) For strongly anisotropic virgin stress field (if measured): when  $5 \leq \sigma_1/\sigma_3 \leq 10$  reduce  $\sigma_1$  to  $0.8\sigma_1$  and  $\sigma_2$  to  $0.8\sigma_2$ . When  $\sigma_1/\sigma_3 > 10$  reduce  $\sigma_1$  to  $0.6\sigma_1$ ,  $0.6\sigma_2$ , respectively. Where:  $\sigma_3 =$  unconfined compression strength,  $\sigma_1 =$  tensile strength (point load),  $\sigma_2$  and  $\sigma_3 =$  major and minor principal stress (obtained from elastic theory).  
(ii) Few case records available where depth of crown below surface is less than span width. Suggest SRF increase from 2.5 to 3 for such cases (see H).

c) Squeezing rock: plastic flow of incompetent rock under the influence of high rock pressure		SRF
N	Mild squeezing rock pressure	5.0 to 10.0
O	Heavy squeezing rock pressure	10.0 to 20.0

Note: (iv) Cases of squeezing rock may occur for depth  $H > 1000^{0.1}$  (Singh et al., 1992). Rock mass compressive strength can be estimated from  $Q = 0.77 \gamma Q^{0.5}$  (MPa) where  $\gamma =$  rock density in  $kN/m^3$  (Singh, 1993).

d) Swelling rock: chemical swelling activity depending on presence of water		SRF
P	Mild swelling rock pressure	5.0 to 10.0
R	Heavy swelling rock pressure	10.0 to 15.0

$$Q = \frac{RQD}{J_r} \times \frac{J_n}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

表 3.6.1 骨材ふるい試験結果

粗骨材														
Sieve Mesh (m/m)	Site	100	80	60	50	40	30	25	20	15	10	5	PAN	
Accumulation Retained (%)	Churiya A	7.7	14.2	20.2	23.6	33.5	42.0	49.8	55.9	59.2	66.5	73.5	100.0	
	Churiya B	8.0	9.1	28.1	29.2	38.4	44.9	51.0	55.6	58.8	66.0	75.1	100.0	
	KL-I Power House A	16.2	18.2	19.9	26.2	31.7	37.4	43.6	52.2	61.5	73.8	85.8	100.0	
	KL-I Power House B	8.5	18.7	20.0	27.6	33.9	40.2	47.8	60.3	67.5	81.4	91.4	100.0	
	Ratomate	0.0	15.0	17.8	23.3	28.8	32.2	37.0	44.5	49.9	69.0	85.1	100.0	
	Bhimphedi	0.0	6.4	12.7	23.1	26.9	29.9	36.9	45.0	50.5	61.0	70.8	100.0	

細骨材										
Sieve Mesh (m/m)	Site	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	PAN	
Accumulation Retained (%)	Churiya A	-	4.2	21.0	40.2	58.0	73.4	99.0	100	
	Churiya B	-	5.4	19.2	35.8	54.6	72.0	91.0	100	
	KL-I Power House A	-	3.2	24.2	38.6	42.4	44.0	50.0	100	
	KL-I Power House B	-	10.4	54.6	67.6	72.4	74.6	77.4	100	
	Ratomate	-	11.0	21.0	35.0	59.0	80.8	94.6	100	
	Bhimphedi	-	4.0	27.4	58.4	72.0	77.6	84.4	100	