

11.4 電気機器

一般的に水車発電機は、より大型の単機出力が経済的にスケール・メリットがあるが、水車発電機の最適単機出力は、電力システムに対する容量・輸送制限等により決定する。

検討結果から、系統規模が一番大きな要素と判明した。よって、単機出力は 63.5 MW、2 台案が妥当である。

(1) 水車

水車出力は、基準有効落差 112.5 m・100%開度で 65.1 MW とする。

一般に、水車形式は、落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

ランナー材質は、シルトに対する高耐摩耗材として 13Cr.4Ni.ステンレス・スチールを仕様する。ランナー補修取り替えのための予備ランナーを 1 台用意する。

比速度 (Ns: 208 m-kW) を基に定格回転数を求めると 300 r/min となる。

(2) 発電機

発電機容量は 74,700kVA、形式は立軸、3 相交流ブラシレス同期発電機、励磁装置 (AVR) 付で、発電機の回転子 (ローター) と固定子 (ステーター) の巻線は F 種エポキシ絶縁とする。通風冷却方式は、ファン通風方式で水冷熱交換器 (エアークーラー) とファンにより冷却する。

(3) 主要変圧器

地下発電所の変圧器室に 2 台の主要変圧器を設置する。

主要変圧器の容量は 74,700kVA で、形式は、単相・普通 3 相・特別 3 相式および分解輸送 3 相変圧器があり、輸送制限、効率、据付スペースを考慮して設計される。計画地点への輸送重量は最大 24.8 t (トレーラー重量を含む) のため、変圧器の主要部品単位に分割し輸送して、現地で再組立を行う分割輸送 3 相変圧器を採用すれば、総重量 100 t で分割最大重量 20 t となり輸送可能である。従って、本計画においては、分割輸送式 3 相変圧器を採用する。

(4) 屋外開閉所

アップパーセティ開閉所は屋外の EL 370 m に位置し、地下発電所に設置された主要変圧器の 2 次側は、220 kV の電力ケーブル約 700 m で結ばれ、電気機器制御室を含めた発電所管理事務所も設置する。

屋外開閉所は、ガス絶縁（GIS タイプ）、220 kV 一重母線方式でガス遮断器、断路器等の機器から構成される。屋外引出し線は 220 kV 送電線の第 1 鉄塔に結ばれ、2 回線送電線で新 Bharatpur 開閉所に送電される。

(5) 維持流量発電

維持流量発電所の諸元は、以下の通りである。

発電所出力	: 1,900 kW
有効落差	: 95 m（取水位 : EL 405 m、放水位 : EL 310 m）
使用水量	: 2.4 m ³ /s
送電電圧	: 11 kV または 33 kV

11.5 送電線

(1) 送電線ルート

アッパーセティ水力発電所での発生電力は、220 kV 送電線で、Bharatpur 地域まで送電し、新設が予定されている 220 kV Hetauda – Bardghat 送電線に連系する計画である。

本プロジェクトの送電線は、アッパーセティ水力発電所を始点とし、Bharatpur 地域における 220 kV Hetauda – Bardghat 送電線との連系点（開閉所）を終点とする。本送電線のルート測量は NEA により実施された。

送電線ルートは、設備の経済性、伐採量等から検討し、最終ルートは **Fig. 11.5-1** に示すとおりとなった。

(2) Bharatpur 連系について

本送電線を連系する 220 kV Hetauda – Bardghat 送電線は、既に円借款の要請があがっているものの、本送電線を接続する Bharatpur 地域の開閉所の計画は含まれていない。以上から、送電線の連系に関しては、開閉所を設置することが推奨される。

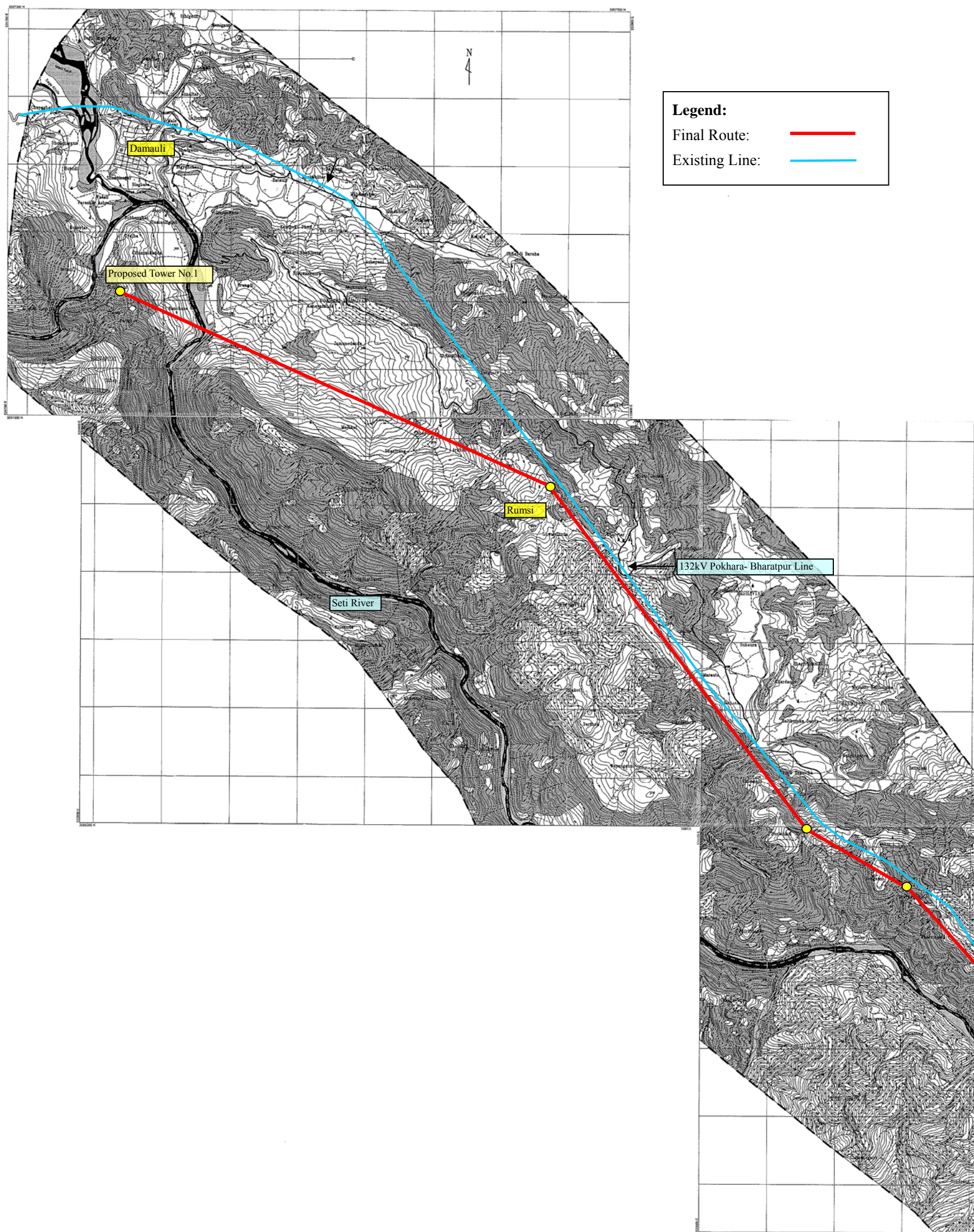


Fig. 11.5-1 (1) Final route-1

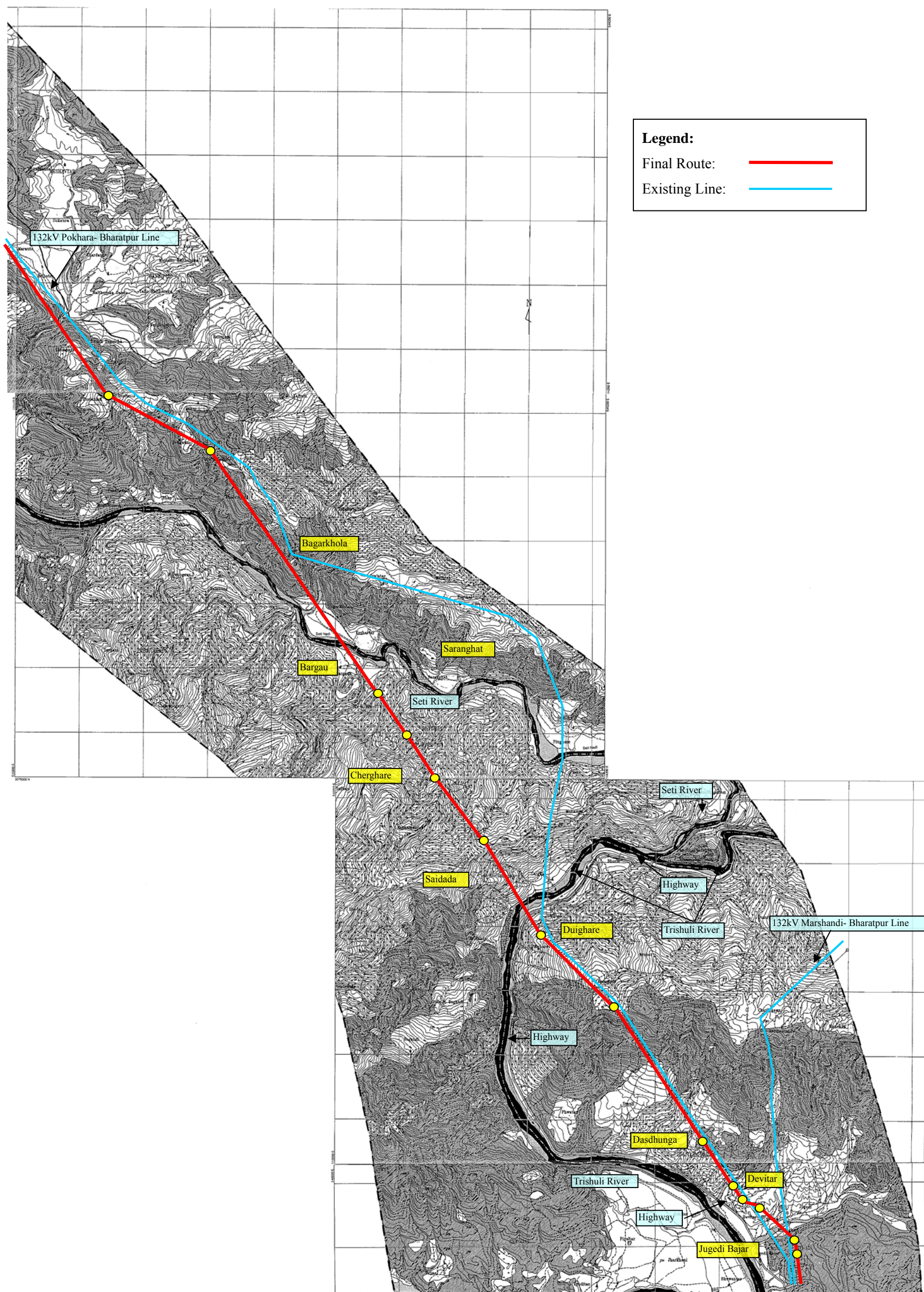


Fig. 11.5-1 (2) Final route-2

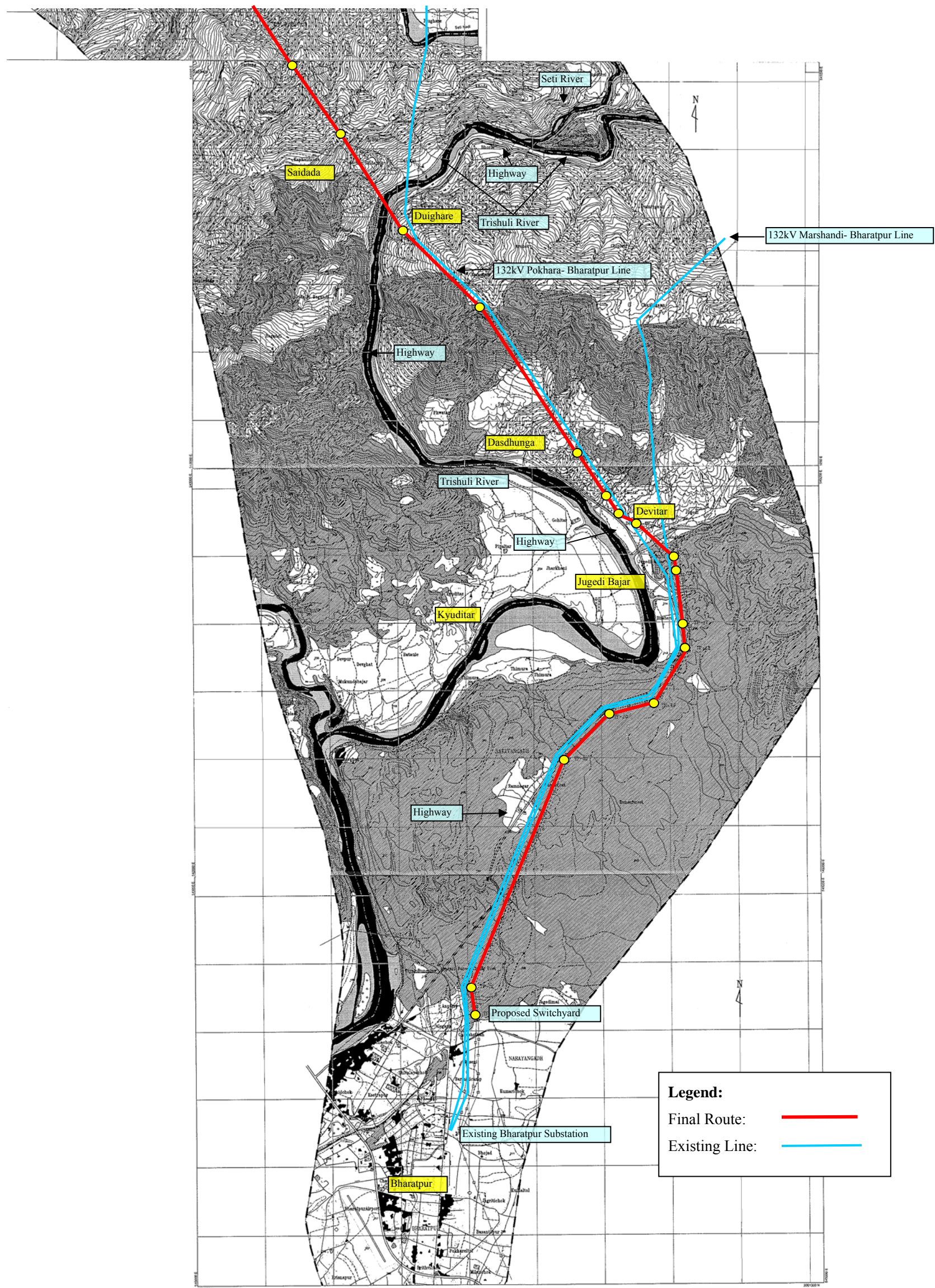


Fig. 11.5-1 (3) Final route-3

(3) 送電線設備の仕様

1) 基本諸元

区間	:	アッパーセティ水力発電所 - 新 Bharatpur 開閉所予定地
亘長	:	約 40 km
公称電圧	:	220 kV
電気方式	:	交流 3 相 3 線式
回線数	:	2
電力線条数	:	1 条/相
架空地線数	:	2 条
周波数	:	50Hz

2) 電線

電線サイズ、相条数は、送電線の熱容量、コロナの観点から検討した。この結果、電線サイズは送電線の熱容量面から Bison 単導体とした。

ACSR Bison 単導体 ;

導体許容電流 : 670A (at 80°C)

送電線の熱容量 : 1 回線あたり (連続) 240 MW

3) 架空地線

架空地線は 2 条設置することとし、架空地線の線種は、NEA の標準である EHS を採用することとした。

EHS	:	
より線構成	:	7/35
外径	:	10.05 mm

4) 絶縁設計の概要

碍子個数	:	250 mm ボールソケット型 標準懸垂がいし 17 個 連結長 146 mm
最小絶縁間隔	:	1,500 mm
標準絶縁間隔	:	2,300 mm

5) 碍子装置

碍子装置	:	
1 連懸垂装置	(70kN ボールソケット型 250 mm 標準懸垂碍子 17 個連)	
2 連懸垂装置	(70kN ボールソケット型 250 mm 標準懸垂碍子 17 × 2 個連)	
2 連耐張装置	(120kN ボールソケット型 250 mm 標準懸垂碍子 17 × 2 個連)	

なお、碍子装置にはアークホーンを設置する。

6) 鉄塔

鉄塔は、四角鉄塔を採用することとした。

7) 基礎

鉄塔基礎は、現地地盤の状況によるが、概ね下記の基礎型が想定される。

- 逆丁字基礎
- ロックアンカー基礎
- 杭基礎

11.6 年間発生電力量

11.3で決定した最適水経路、NEAの地質調査の途中結果による発電所位置の変更を考慮した設備出力は127 MWとなる。

この設備出力と排砂操作を考慮した電力量を計算すると以下のようになる。

アッパーセティ発電所	1次電力：	216.9 GWh
	2次電力：	252.5 GWh
維持流量発電（2次電力）：		15.0 GWh
	2次電力計	267.5 GWh
	計	484.4 GWh

12 工事計画および工事費

12.1 工事計画および工事工程

12.1.1 基本条件

この計画で建設される主要構造物は、高さ 140 mの重力式ダム、1 条の内径 7.8 mの導水路、水圧管路、放水路および地下発電所である。これらの構造物を建設するための掘削量は合計約 1,760,000 m³、コンクリート量はダム本体が約 890,000 m³、その他の構造物が 104,000 m³である。施工にあたっての土地利用計画をFig. 12.1.1-1 に示す。

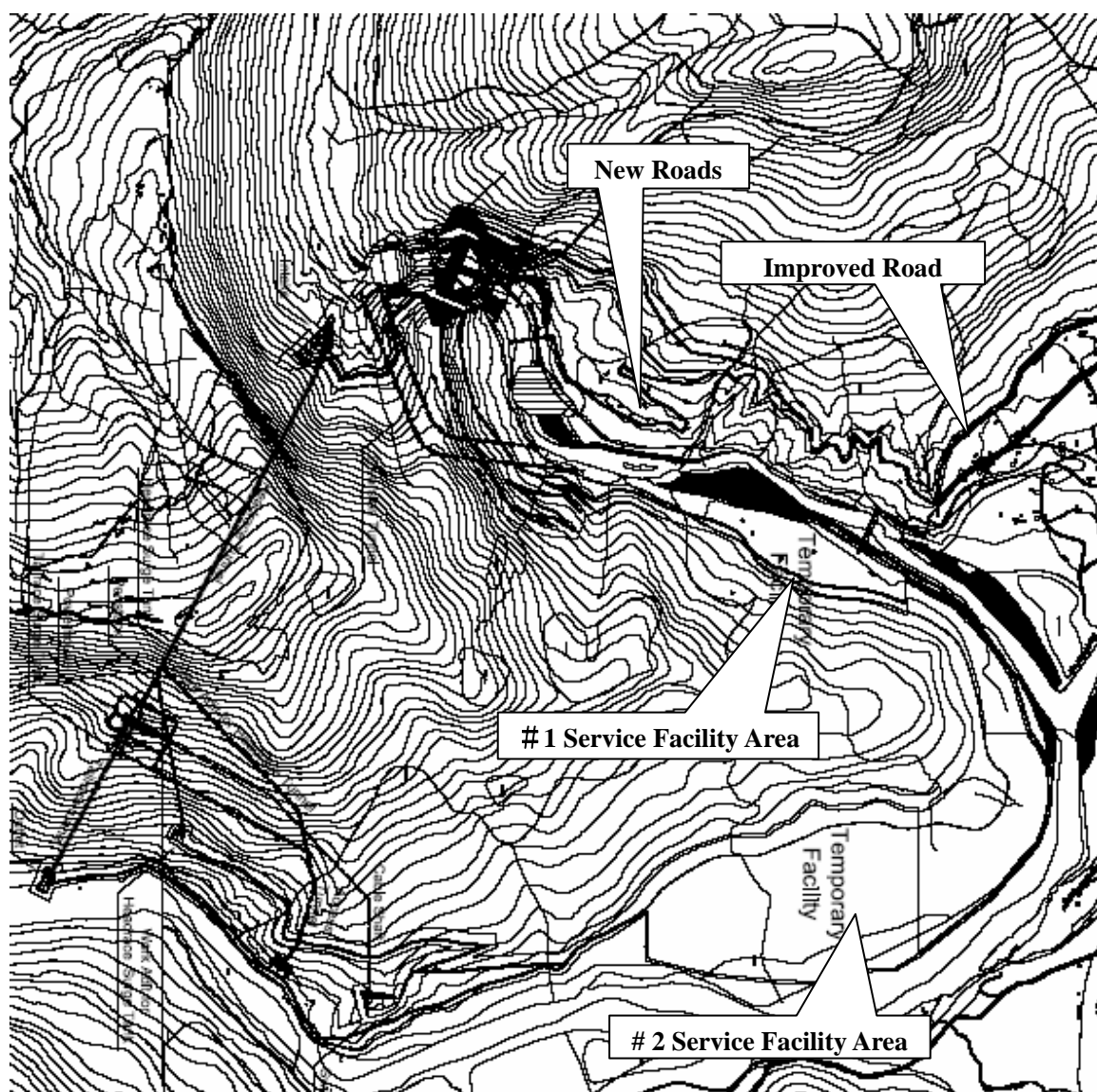


Fig. 12.1.1-1 Land Utilization Plan

(2) 建設資材

セメントはネパール国内に工場があり入手は可能であるが短期間に大量のセメントが必要となるため国内および国外の双方から調達する。鉄筋、鋼材等の建設資材は国外調達となる。

(3) コンクリート製造プラント

Fig. 12.1.1-2 に示す通り、ダム直下流右岸の1号仮設備用地にコンクリート製造プラントを設ける。

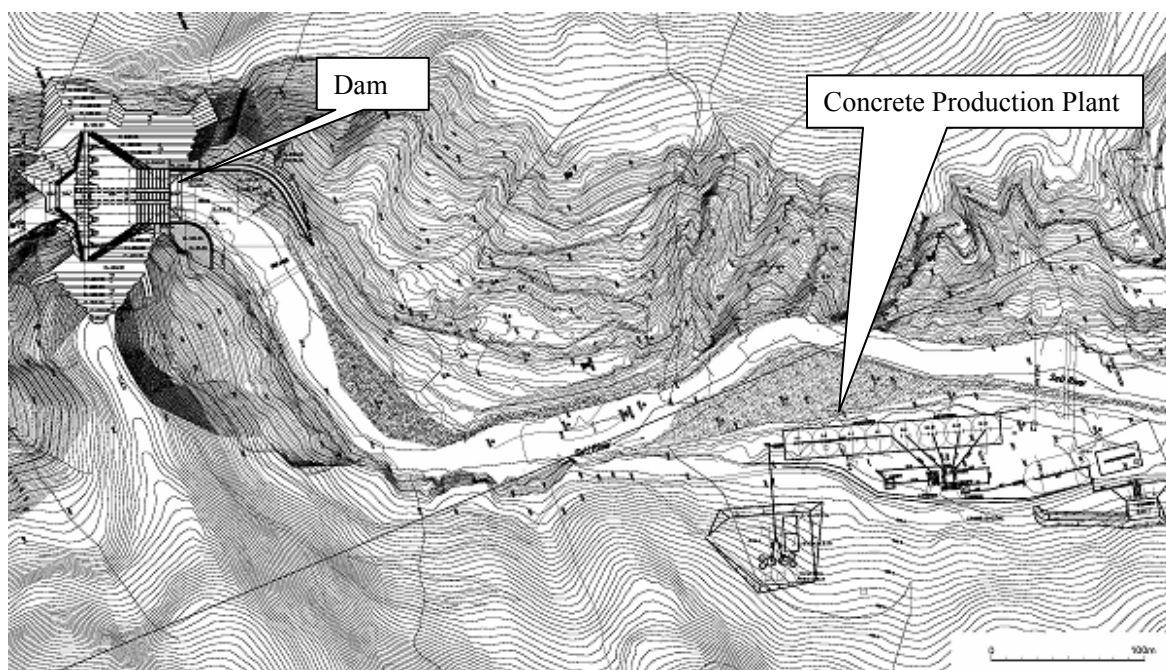


Fig. 12.1.1-2 Location of Concrete Production Plant

コンクリート製造能力は本地点と同規模程度のコンクリート重力式ダムの施工実績等を勘案し定めた。コンクリート用骨材は下流の2号仮設備用地にストックしたダムと発電所等の掘削ズリを適宜、1号仮設備用地に搬入し、骨材プラントで破碎し製造する。ここにはセメントサイロ、バッチャープラント、冷却装置等も隣接して設けられる。

12.1.2 工事計画および工事工程

NEA との協議に基づき、本プロジェクトの完成を2014年末と想定した。

設定した基本条件および工事数量を基に施工計画および工事工程を立案した。工事期間は準備工事を含め6年と見積もった。本プロジェクトのクリティカルパスはダムの建設工事である。プロジェクトの工事工程を **Fig. 12.1.2-1** に示した。

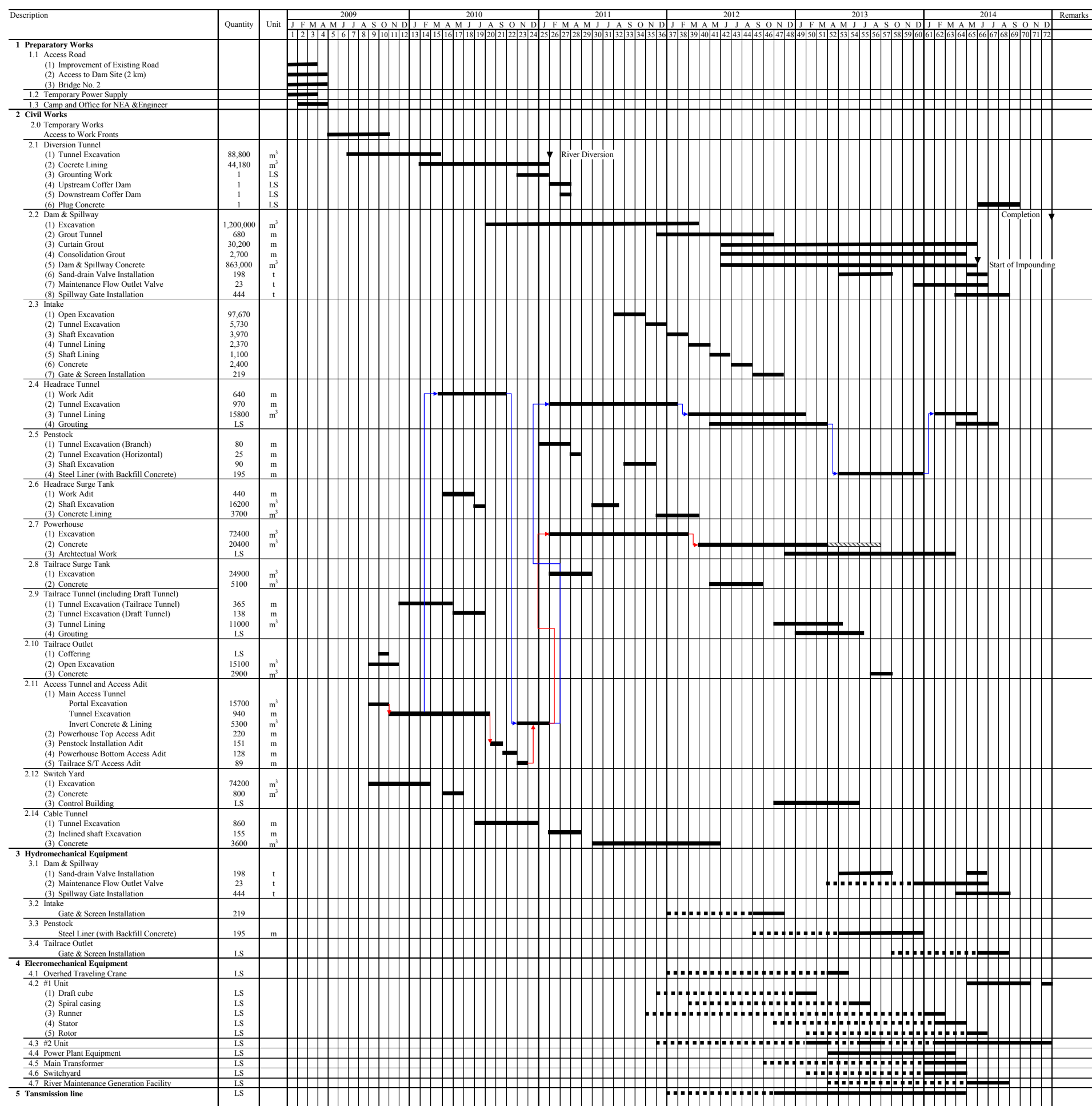


Fig. 12.1.2-1 Construction Schedule

Note: [Dotted line] Design, Manufacturing and Transportation
 [Solid line] Installation, Assembly

12.2 工事費

工事費は計画地点の気象、地質、地域条件および工事規模を考慮し、下記の条件のもとに積算した。

12.2.1 基本条件

プロジェクトの工事費はプロジェクト建設に必要な資金の算出および経済評価のために算出した。

- (1) 工事費の単価を構成する労務費、機械費、材料費の積算時点は2006年12月末である。通貨の換算レートは次の通りである。
 - 換算レート：US\$ 1 = NRs 70.71 = JPY 120.11（日経、2006年12月29日）
- (2) 管理費および技術経費は直接費の7%と見積もった。
- (3) 予備費は外貨・内貨について準備工事・土木工事の費用の10%を、水力機器・電気機器・送電線については5%を見積もった。
- (4) すべての費用は内貨、外貨に分けて算出し、US\$で示した。
- (5) 工事単価と工事費にはそれぞれの国に必要な税金を含み、輸入材料および機械に対するネパールにおける税金、輸入関税等は含まれていない。
- (6) 工事費には物価上昇による費用および建設工事中の利子は含まれていない。

ここに見積もったプロジェクトの費用は将来プロジェクトの実施機関がプロジェクトを実施する場合に必要な資金と同じではない。プロジェクトの実施機関が支払うべき費用は、ここで見積もったプロジェクトの費用の他に、物価上昇による費用および建設中の利子を考慮しなければならない。その他ネパール国内に必要な税金および請負業者が外国から建設機械、資材を輸入する場合に必要な関税等が必要となる。

12.2.2 工事費の構成

工事費は以下の積算項目で構成されている。

- 準備工事費 : 既設道路の改修、宿舍設備、事務所、取付道路、工事用電力設備
- 土木工事費 : 河流処理仮排水路トンネルおよび上・下流締切
ダム ダム本体、洪水吐
水路 取水口、導水路トンネル、調圧水槽、水圧管路、
放水路トンネル、放水口
発電所 発電所主機室、変圧器室、開閉所、付属トンネル
- 水力機器 : ゲート、水圧鉄管等

- 電気機械設備 : 水車、発電機、変圧器
- 送電線 : 220 kV 2回線、延長約 40 km の送電線
- 技術費 : 詳細設計費、施工管理費
- 管理費 : 工事に係わる計画、調整、管理運営費など
- 関税 : 関税は計上していない
- 土地取得費、補償費 : 発電所建設に必要な土地の取得費および補償費
- 数量に対する予備費 : 準備工事および土木工事費に対し 10%を、水力機器、電気機器および送電線と補償費については 5%を計上した
- 物価上昇に対する予備費 : 考慮していない
- 建設中の利子 : 考慮していない

直接工事費は、土木工事費、水力機器、電気機器および送電線の建設費で構成され、プロジェクトの工事費は、直接工事費の合計、技術費、管理費、土地の取得費、補償費および予備費で構成される。

12.2.3 プロジェクトの工事費

上記 12.2.1 および 12.2.2 で設定した条件で積算した建設工事費（Construction Cost）は準備工事、土木工事費、水力機器、電気機械設備および送電線の工事費の合計で構成される。

プロジェクトの工事費は建設工事費の合計、技術および管理費、土地取得費、補償費および数量に対する予備費で構成される。

プロジェクトの工事費は次の通りである。

工事費：

工事費の内訳を項目ごとに、内貨、外貨別に Table 12.2.3-1 に示した。

Table 12.2.3-1 Project Constructoion Cost

	Item	(Million US\$)
1	Preparatory Works	2.24
2	Civil Works	193.32
3	Hydromechanical Eq.	16.63
4	Electromechanical Eq.	47.18
5	Transmission Lines	9.00
6	Environmental Cost	29.10
7	Admin. & Engineering Fee	18.79
8	Contingency	24.64
9	Total	340.90

12.2.4 年度別所要資金

プロジェクトの年度別所要資金を **Table 12.2.4-1** に示した。

Table 12.2.4-1 Disbursement Schedule of Project Construction Cost

No.	Item	1st Year	2nd Year	3rd Year	4th Year	5th Year	6th Year	Total
1	Preparatory Works	2,240	0	0	0	0	0	2,240
	Foreign	0	0	0	0	0	0	0
	Local	2,240	0	0	0	0	0	2,240
2	Civil Works	12,167	28,488	24,770	65,045	60,667	2,180	193,317
	Foreign	7,540	19,483	16,287	39,351	37,025	694	120,380
	Local	4,627	9,005	8,483	25,694	23,642	1,486	72,937
3	Hydromechanical Equipment	0	0	3,160	3,326	6,676	3,469	16,631
	Foreign	0	0	2,715	2,858	5,716	3,001	14,290
	Local	0	0	445	468	960	468	2,341
4	Electromechanical Equipment	0	0	8,836	9,436	24,190	4,718	47,180
	Foreign	0	0	8,416	8,956	22,930	4,478	44,780
	Local	0	0	420	480	1,260	240	2,400
5	Transmission line	0	0	1,800	1,800	4,500	900	9,000
	Foreign	0	0	1,530	1,530	3,825	765	7,650
	Local	0	0	270	270	675	135	1,350
6	Environmental Cost	25,425	0	0	0	1,298	2,375	29,098
	Foreign	0	0	0	0	0	900	900
	Local	25,425	0	0	0	1,298	1,475	28,198
7	Administration and Engineering Fee	1,009	1,994	2,699	5,573	6,723	789	18,787
	Foreign	528	1,364	2,026	3,689	4,865	626	13,098
	Local	481	630	673	1,884	1,858	163	5,689
8	Contingency	2,712	2,849	3,167	7,232	7,900	790	24,650
	Foreign	754	1,948	2,262	4,602	5,326	527	18,800
	Local	1,958	901	905	2,630	2,574	263	10,947
9	Total	43,553	33,331	44,432	92,412	111,954	15,221	340,903
	Foreign	8,822	22,795	33,236	60,986	79,687	10,991	216,517
	Local	34,731	10,536	11,196	31,426	32,267	4,230	124,386

13 経済および財務評価

13.1 経済評価

13.1.1 評価手法

経済評価はある計画を実施することに伴う経済的インパクトを国家経済の観点から計測することを目的としている。本計画では通常使用されているキャッシュ割引フロー法により経済価格によって表わされた費用と便益の比較を行なう。

13.1.2 本計画の経済費用

各設備の初期投資額、運転維持費、設備更新費（技術管理費および予備費を含む）を本計画の費用とした。

13.1.3 本計画の経済便益

本計画では2つの便益を想定して評価を行なった。ひとつは代替火力として選定されたガスタービン発電設備の建設・運転費用であり、もうひとつは雨期の二次電力に相当する長期限界費用である。

13.1.4 経済評価

純現在価値（NPV: B - C）、便益費用比率（B/C）および経済的内部収益率（EIRR）の各指標をTable 13.1.4-1以下に示す。

Table 13.1.4-1 Result of Economic Evaluation

	便益	評価基準	割引率
NPV	US\$ 155,470,000	> 0	8%
	US\$ 64,487,000	> 0	10%
	US\$ 6,250,000	> 0	12%
B/C	1.53	> 1	8%
	1.24	> 1	10%
	1.02	> 1	12%
EIRR	12.3	> 資本の機会費用	

この結果、EIRR は資本の機会費用である 10%を上回っており、経済的にフィージブルであると評価できる。

13.2 財務評価

13.2.1 評価手法

財務評価はある計画が企業会計の立場から見て成立するかどうかを検討する。分析手法としてはキャッシュ割引フロー法を採用する。評価指標として資金調達形態にかかわらずプロジェクト本来の収益性を評価するための、総資本財務的内部収益率（FIRR on investment）を算出する。

13.2.2 本計画の財務費用および便益

(1) 財務費用

本計画の財務費用は市場価格による初期投資額、機器更新費用および O&M 費とする。

(2) 財務便益

本計画の財務便益は電力販売収入とする。ここでは発電開始が予定されている 2014 年の電力量単価（毎年 NEA の自動調整条項により 5% の値上げ）を想定し、年平均売電可能電力量 207,274 GWh（一次電力）および 255,628 GWh（二次電力）、ならびに平均売電単価 US\$ 111.9/MWh（ピーク）および、US\$ 97.30/MWh（オフピーク）をベースとして計算を行ない、年間収入を 48,066.6 千ドルとした。

13.2.3 財務評価

総資本に対する財務的内部収益率（FIRR on Investment）を財務収入に基づき計算した。財務評価の結果を以下に示す。本計画実施に当たっては政府からの転貸資金（金利 8%）を利用することが想定されている。従って、本計画は財務的にもフィージブルであることが判明した。

項 目	計算結果	評価基準
FIRR	10.3%	>借入金利

また、感度分析により、2014 年までに 3 回の料金改定（5% の値上げ）がなされた場合、FIRR は 8.0% となった。