No. 5

国際協力事業団

ブータン国

貿易産業省電力局

ブータン国
プナチャンチュ水力発電事業計画調査

最終報告書

Vol. II
環境影響評価書

JICA LIBRARY
J 1162299[0]

2001年2月

電源開発株式会社

鉱調資
J R
01－006

ブータン国 プナチャンチュ水力発電事業計画調査 最終報告書 Vol. II 環境影響評価書 2001年2月 国際協力事業団

MPN
LIBRARY
01－006

国際協力事業団

ブータン国

貿易産業省電力局

ブータン国
プナチャンチュ水力発電事業計画調査

最終報告書

Vol. Ⅱ
環境影響評価書

2001年2月

電源開発株式会社

1162299[0]

目　次

要　約
第１章・政策、法規及び行政構成 1-1
1.1　ブータン国政府の電源開発に関する政策 1-1
1.2　水力発電開発計画に対する環境配慮及び環境行政 1-1

第２章・プロジェクトの概要 2-1
2.1　プロジェクトの位置 2-1
2.2　プロジェクト関連施設のレイアウト 2-1
2.3　調査の主要目的 2-1
2.4　建設準備作業 2-1
2.5　建設作業 2-2
2.6　建設工程 2-2
2.7　建設及び運転に係る作業員及び作業員補助 2-2
2.8　施設及び業務 2-2

第３章・環境の現況 3-1
3.1　物理環境 3-1
3.1.1　地形、地質及び土壌 3-1
3.1.2　気象 3-2
3.1.3　水文 3-2
3.1.4　大気 3-3
3.1.5　水質 3-3
3.1.6　騒音 3-4
3.1.7　河床 3-4
3.2　生物環境 3-4
3.2.1　陸上動植物 3-5
3.2.2　水生動植物 3-6
3.2.3　計画地点周辺の貴重な動植物 3-7
3.3　社会環境 3-8
3.3.1　人口動態 3-8
3.3.2　職業・経済活動 3-8
3.3.3　土地利用 3-9
3.3.4　社会構造 3-9
3.3.5　雇用及び労働市場 3-10
3.3.6　レクリエーション 3-10
3.3.7　公衆衛生 3-10

3.3.8 教育 3-10
3.3.9 文化財 3-11
3.3.10 少数民族 3-11

第4章・予測される環境への影響 4-1
4.1 建設段階 4-1
4.1.1 物理環境 4-1
4.1.2 生物環境 4-3
4.1.3 社会環境 4-4
4.2 稼動段階 4-6
4.2.1 物理環境 4-6
4.2.2 生物環境 4-8
4.2.3 社会環境 4-9
4.3 建設段階及び稼動段階におけるその他の影響 4-10
4.3.1 送電線 4-10
4.3.2 住居及びアクセス道路 4-11
4.3.3 大洪水による仮想ダム崩壊又は氾濫 4-12

第5章・影響緩和対策 5-1
5.1 予測される物理環境影響に対する緩和対策 5-1
5.1.1 建設段階 5-1
5.1.2 稼動段階 5-2
5.2 予測される生物環境影響に対する緩和対策 5-3
5.2.1 建設段階 5-3
5.2.2 稼動段階 5-4
5.3 予測される社会環境影響に対する緩和対策 5-5
5.3.1 建設段階 5-5
5.3.2 稼動段階 5-13

第6章・環境モニタリング計画 6-1
6.1 建設段階 6-1
6.1.1 地盤安定 6-1
6.1.2 水質 6-1
6.1.3 騒音・振動、大気 6-1
6.1.4 車両運行 6-1
6.1.5 廃棄物 6-1
6.1.6 雇用 6-1
6.1.7 住民移転 6-1

6.2 稼動段階 6-1
6.2.1 水質 6-2
6.2.2 土壌 6-2
6.2.3 漁業 6-2
6.2.4 エコロジー 6-3
6.2.5 公衆衛生 6-3
6.2.6 住民移転 6-3

第7章・費用対効果分析 7-1
7.1 影響緩和対策実施費 7-1
7.1.1 環境管理室の維持 7-1
7.1.2 土捨場の安定化 7-1
7.1.3 道路建設対策 7-1
7.1.4 沈殿タンクの設置 7-1
7.1.5 作業員宿舎の衛生施設 7-2
7.1.6 大気汚染防止 7-2
7.1.7 廃棄物収集・処理システム 7-2
7.1.8 植林 7-2
7.1.9 野生生物保護 7-3
7.1.10 河川魚種の保全 7-3
7.1.11 住民移転・補償 7-3
7.1.12 疾病の予防 7-4
7.1.13 地域開発（ADA） 7-5
7.2 環境モニタリング計画実施費用 7-1
7.2.1 土壌 7-6
7.2.2 水質 7-6
7.2.3 エコロジー 7-7
7.2.4 河川漁業 7-7
7.2.5 公衆衛生 7-7
7.2.6 スカラーシップ 7-7

第8章・プロジェクト実施と非実施の比較 8-1

第9章・勧告・結論 9-1

第10章・参考文献 10-1

ANNEX 1 維持流量の設定について A-1
ANNEX 2 Public Consultation Proceedings on the Development of Punatsangchhu Hydropower Project A-2

ABBREVIATIONS

ADB	ASIAN DEVELOPMENT BANK
BOD	DIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND
℃	DEGREES CELSIUS
COD	CHEMICAL OXIGEN DEMAND
DOP	DIVISION OF POWER
EIA	ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT
GLOF	GLACIER LAKE OUTBUST FLOOD
ha	HECTARE
HWL	HIGH WATER LEVEL
IEE	INITIAL ENVIRONMENTAL EVALUATION
JICA	JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
kg	KILO GRAM
km	KILO METER
kV	KILO VOLT
m	METER
μ m	MICRO METER
MW	MEGA WATTS (1000 KILO WATTS)
NEC	NATIONAL ENVIRONMENT COMMITTEE
NOx	NITROGEN OXIDES
SOx	SULFUR DIOXIDES
SPM	SUSPENDED PARTICULATE MATTERS
TOR	TERMS OF REFERENCE
WAPCOS	WATER AND POWER CONSULTANCY SERVICES, LTD
WB	WORLD BANK

要　約：

環境影響評価書の作成

本プロジェクトの環境影響評価書は、ブータン国の電力局(DoP)及び国際協力事業団(JICA)で作成した。作成にあたっては、初期環境調査(IEE)の調査結果を基に、DoP及び国家環境委員会(NEC)と協議した結果決定した実施計画書(TOR)に沿って行った。

調査団は、プロジェクト実施に伴う環境への影響を調査し、環境影響評価書を作成するにあたり、1999年5月～2000年3月にかけて現地の自然および社会環境の詳細調査を実施した。現地調査を含めた環境影響調査は、インド国のコンサルタントであるWAPCOSに現地再委託し、社会環境調査を担当したブータン国のローカルコンサルタントを含めた調査体制で進められた。

環境影響現地調査は、2000年3月に終了し、この結果をドラフト報告書としてまとめてDoPに提出した。この後調査団は最終報告書(プナチャンチュ水力発電事業計画調査環境影響評価書)を2000年7月に提出した。DoPはこれに基づいて2000年7月20日、21日にわたって計画地域および周辺住民への説明(Public Consultation)を行った。Public Consultationにおける説明と計画地域および周辺住民の意見は添付ANNEX 2に収録されている。

プロジェクトの概要

ブータン国は、今後産業を活性化し、社会経済と国民の生活の向上を図る上で、豊富な水力エネルギー源の開発が不可欠となっている。同国政府は石油類に対する依存体質を減少させ、特に電力については水力開発を優先する政策をとることとなった。また、ブータン国にとって近隣国への電力輸出による外貨獲得は、重要な施策のひとつである。

本プロジェクトは、ピーク発電ができる流込み式発電のためのダム、導水路トンネル、水圧管路、地下発電所及び放水路等の発電設備をブータン国中西部のWangdue Phodrangを流れるPunatsangchhuの中流域に建設するものである。本開発計画は、最大出力870MW、年間4,330GWhの水力発電開発であり、本計画の実施がブータン国の社会経済及び国民生活の向上に大きく貢献するものと考えられる。

本計画におけるダム高さは河床から80 mのコンクリート重力式であり、流込み式発電計画であるために満水時の湛水面積は53 haである。この水を導水路トンネルによって約8 km下流に送水し、地下発電所に設置される6台の水車発電機により発電する。

本計画で発電される電力は輸出用であるため、環境への影響が少ないルートで設置される400kvの送電線によりインド国へ送電される。

環境の現況

発電所計画地点は、Punatsangchhuの中流域であり、Wangdue Phodrangにある Wangdue Phodrang町から南約10～18 kmの範囲である。

計画されるダムサイトの標高は約1,120 m、発電所の放水口計画位置の標高は約800 mであり、その間の距離は約8 kmである。本計画地点及びその周辺は、比較的高い山に囲まれた急峻な地形となっている。気候は年間降雨量550～800 mm程度、月平均気温が6～28℃前後の地域となっている。

環境影響評価のための調査範囲は、自然環境項目については、ダム計画地点から上流10 km及び発電所計画地点から下流20 kmまでの範囲とし、Punatsangchhuの両岸それぞれ2.5 kmの幅とした。調査結果によれば、計画地点周辺の大気や河川の水質の状況は、大きな汚染の発生源もなく清浄であった。また、植物については、河川両岸に沿って河床に近い場所では広葉樹林が、山の中腹から上に向かって松林が支配的になっていることが確認された。陸上動物では、多様かつ固有な動物の生息が報告されており、現地での目視調査、足跡調査及び聞き取り調査等の結果、計画地点周辺には絶滅危惧種や保護動物種等として指定されている動物が数種生息するものと思われる。河川に生息する魚類は、3種確認されており、コイ科の一種であるAsalaがその大半を占めた。

社会環境の調査範囲については、Wangdue橋の南約2 kmの地点から約38 km南下したPinsa村付近までの河川に沿った両岸各2.5kmの幅とした。調査範囲内には35の村落があり、その人口は約4,200人である。住民のほとんどがDzongkha語を話すブータン人であり、多くの人が農業に従事している。

予測される環境への影響

(1)　物理環境

発電所及び関連施設の建設に当たり砂利の採取や整地作業による土壌侵食や斜面の崩壊が考えられるが、斜面の覆土及び緑化により安定化を図る。

建設段階においては、工事作業からの埃の発生による影響が考えられるが、この影響を極力低減するために、サイクロン・フィルターの取り付けや散水を行う対策を講ずる。稼動後の発電所は、大気汚染物質を発生するものはない。

工事に伴い濁水が発生するが、沈砂池等を設置する対策を講じることにより、影響を低減する。発電所稼動後には約8 kmの減水区間が出現するが、適切な維持流量を流すことにより影響を低減する。また、計画される貯水池は水の交換が比較的早いため、水質の悪化につながる可能性は低いと考えられる。

工事に伴う騒音については、極力低騒音型の機器を利用すると共に、基準適合車両の利用や交通量の規制等の対策を講じることにより、影響を低減する。また、夜間の工事は極力行わないこととする。

(2)　生物環境

発電所建設及び貯水池の出現に伴い必要となる樹木の伐採又は水没については、その範囲を可能な限り小さくなるよう設計した。土捨場及びその他建設用地で工事終了後に裸地に戻される土地については、周囲と同種の植物により再緑化する計画である。

建設工事に伴う騒音が周辺に生息する動物に影響をあたえることも考えられるが、一時的なものである。種の保存を脅かすものではないと考えられるが、貴重な動物の報告もあるため慎重に工事を進めることが望まれる。

発電所稼動後には約8 kmの減水区間が出現するが、適切な維持流量を流すことにより影響を低減する。

(3) 社会環境

発電所建設に伴い、住民の移住及び用地取得が必要となる。移転が必要となる住民の数は6世帯であり、私有地である27.1haが用地取得の対象である。建設に対する住民の理解を得るために、移住及び用地取得に当たっては適切な補償を行うと共に充分に計画された移住計画に基づき実施するものとする。

影響緩和対策

本プロジェクトが環境に与える影響を削除、削減又は減少させるための主な影響緩和対策を以下に示す。

項　目	影響緩和対策
地形、地質及び土壌	斜面を覆土及び緑化し安定化する。
大気質	工事作業から発生する埃は、サイクロン・フィルターの取り付けや頻繁な散水により削減する。
水質	沈砂池等の適切な方法により水質処理対策を実施する。
騒音	発生する騒音を軽減するため、極力低騒音型の機器を利用すると共に、基準適合車両の利用や交通量の規制等を行う。夜間における工事作業を制限する。
生物	工事終了後の裸地は周囲と同種の植物により再緑化する。減水区間には適切な維持流量を確保する。不法な樹木の伐採や密猟等を防止するために、監視所を設置する。
社会環境	適切な補償を行うと同時に充分に計画された移住計画に基づき実施する。

環境対策費用

環境対策に関連する費用としては、影響緩和対策実施費用及び環境モニタリング計画実施費用がある。

影響緩和対策実施費用には、動植物、大気、水質、土壌、衛生の保全対策や住民移転に伴い発生する対策費用等が含まれ、総額Nu 211.56 million (約US$ 5.04 mil) が予定されている。

環境モニタリング計画実施費用には、水質や生態系、公衆衛生等をモニタリングする費用として、年間Nu 1.92million (約US$ 0.046 mil.) が予定されている。

結　論

プロジェクトを実施する場合には、ブータン国が目指している国内産業の活性化による社会経済及び国民生活の向上に不可欠な、豊富な水力によるエネルギー源の開発を行うことが可能である。本計画を実施することにより、年間4,330Gwhの電力を創出し、約6,900,000,000 Nu／年（1.5 Nu/kwh計算）の電力収入がみこまれることとなる。また、雇用の創出や道路整備、工業等の他のセクターの成長を刺激することなど、地元経済に貢献するものである。

プロジェクト実施による環境への影響は、極力低減された設計となっており、最新の技術により緩和される。建設段階における影響は最小であると予測され、また、必要な影響緩和対策は全て実施される計画である。

一方、本プロジェクトを実施しない場合は、ブータン国にとって重要な施策のひとつである、インド国への電力輸出による外貨獲得のひとつの機会が失われることになるだろう。

第1章　政策、法規及び行政構成

第１章： 政策、法規及び行政構成

1.1 ブータン国政府の電源開発に関する政策

現在、エネルギー源の開発とその利用は、ブータン国にとって重要な課題となっている。これまで同国は豊富な森林資源から得られる薪を主なエネルギー源として利用してきた。石油や天然ガスは家庭用及び車両交通用に普及してきたが、このエネルギー源はすべて輸入に頼り、社会経済の大きな負担となっている。 今後、同国が産業を活性化し、社会経済と国民の生活の向上を図る上で、同国が有する豊富な水力によるエネルギー源の開発が不可欠である。このような状況を鑑み、同国政府は石油類に対する依存を減少させ、特に電力については水力の開発を優先とする政策をとることになった。

同国の国内電力設備容量は 1995 年時点で約 360MW である。1988 年運開した Chhuka 水力発電所の出力は 336 MW で、全設備容量の約 93%を占めている。一方、同国の電力需要は、1996 年ピーク時点で約 70.4MW であり、国内の需要は全設備容量の約 5 分に 1 に過ぎない。Chhuka 水力から得られる電力の大半はインドに輸出されている。種々の農産物や生活用品を輸入に頼らざるを得ない現状では、電力の輸出による外貨獲得が同国にとって重要な施策の一つになっている。同国には Amochhu, Wangchhu, Sankoshchhu, Manachhu と称する 4 つの主要な河川が流れている。その全包蔵水力容量は約 20,000MW と推定されている。したがって、水力発電の開発が同国の社会経済の発展に重要な位置を占めていることが理解される。

同国のエネルギー及び電力の開発は通商産業省（Ministry of Trade and Industry）内にある電力局（Division of Power, DoP）が担当している。 Table 1.1 に 1998 年時点の DoP の電力開発計画を示す。

1.2 水力発電開発計画に対する環境配慮及び環境行政

ブータン国は、手付かずの自然環境が多く残されている意味で現在の開発途上国の中でもユニークな国といえる。1988 年、同国は Norman Myers により地球上 10 大生物多様性を持つ重要な地区（biodiversity hot spot）の一つであると位置付けされた。また、同国は地球上 221 ヶ所の地域的固有種の鳥類の中心地点に位置するとされた。同国には、770 種の鳥類と 50 種を越えるシャクナゲ（rhododendron）が生息し、山岳地帯にはブルーポピーや貴重な薬草類が存在する。珍獣ターキン（takin）、雪豹（snow leopard）、金糸ラングー（golden langur）、トラや象等が生息している。1992 年、リオデジャネイロで開催された国連環境会議において、同国は国連の生物多様性と気象変化に係る協定に署名し、1995 年それらは同国の国会で承認されている。同国は、開発は自然環境の保全と伝統文化との調和の中で進めるものと位置づけした。

1992 年、国の持続的な開発を可能にし、国全体の環境管理の責務を持つ環境委員会（National Environment Committee, NEC）が設立された。その後、NEC が中心になって、アジア開発銀行（ADB）や諸外国の技術援助のもとで、同国における環境行政に必要な行政機構

や環境規則類の整備が行われた。その中で、水力、送電線、林業、道路、鉱業、各種産業等に関するセクター別の環境指針案が作成され、1999年2月にそれらの最終版が完成された。それらの内容は、世界銀行、ADBを 初め、インド、ネパール、タイ、ノルウェー及びカナダ諸国の関連指針類を参考に作成されている。この指針類は、同時に作成された"Institutionalization and Strengthening of the Environmental Assessment Process in Bhutan - Reference Document (NEC,1999)"と一緒に使用するものとなっている。この Reference Document 以外に水力発電開発に関連する法規や指針等を以下に列記する。

1） "Strategic Environmental Assessment" (NEC, February 1999)
2） "Environmental Assessment Process Manual" (NEC, February 1999)
3） "Hydropower, Sectoral Guidelines" (NEC, February 1999)
4） "Power Transmission Lines, Sectoral Guidelines" (NEC, February 1999)
5） "Forestry, Sectoral Guideline" (NEC, February 1999)
6） "Ambient/Discharge Standards and Environmental Sampling Manual" (NEC, February 1999)
7） "Land Act" ,Volume "KA", (1991), Royal Government of Bhutan
8） "Bhutan Fishing Rules, 1992, Royal Government of Bhutan
9） "Biodiversity Action Plan for Bhutan",1998, Ministry of Agriculture

上記2）項 "Environmental Assessment Process Manual" では、開発プロジェクトを環境への影響度合に従って4つのカテゴリに分類している。

- カテゴリA ： 全範囲の環境アセスメントを必要とするもので、潜在的インパクトが大きい開発プロジェクトをいう。（主要な水力プロジェクトがこれに属する）
- カテゴリB ： 大きいインパクトが考えられるが、その環境管理の在り方が理解されており、またそれらの措置対策も確立されている開発プロジェクト（産業施設の排気や廃水設備等）
- カテゴリC ： インパクトが中程度の開発プロジェクト（道路建設等）
- カテゴリD ： インパクトが中程度でその管理が簡単である開発プロジェクト（廃棄物や衛生設備、自動車工場等）

カテゴリA、B及びCに属する開発プロジェクトはNECによる環境審査を必要とされる。カテゴリDの開発プロジェクトはNECによる環境審査なしで、所管官庁の認可で開発の承認が得られることになっている。上記 "Reference Documnt"の中に"Procedures for Project Review"として各種開発プロジェクトの審査手順が示されている（Fig. 1.1）。この手順書から、水力開発計画には環境アセスメントが必要であることが明示されている。

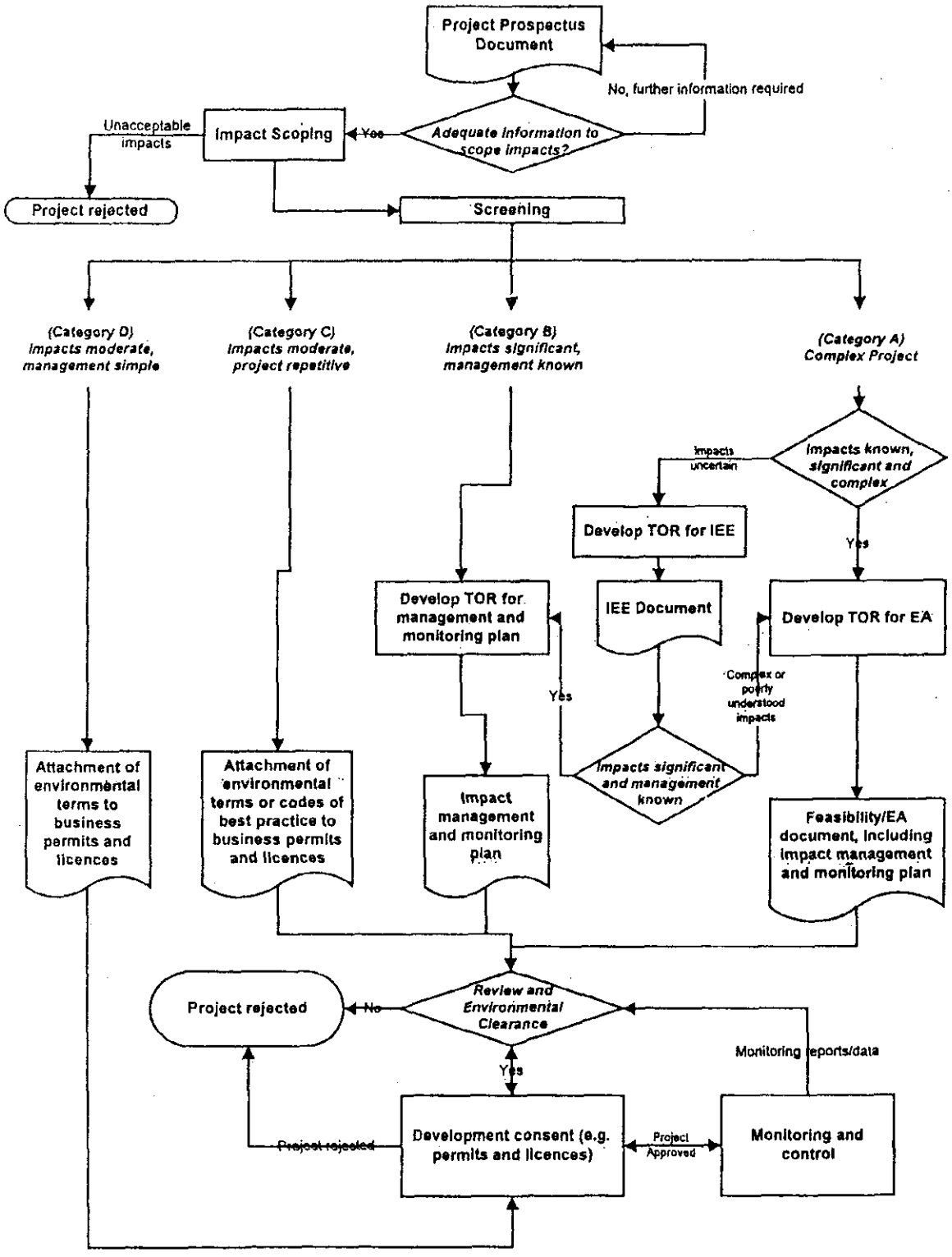
本プナチャンチュ水力発電開発計画に係る上記諸法規や指針の細部については、以下の環境影響評価の中の関連する部分で随時言及することにした。

Table 1.1 Power Development Plan of DoP

Status	Project Name	District	Description	Scheme type
Under Construction	Basochu	Wangdue Phodrang	Installed Capacity: 61 MW Firm Capacity: 12 MW Energy: 291 GWh Completion: 2000/01	Run of River
	Kurichu	Mongar	Installed Capacity: 60 MW Firm Capacity: 24 MW Energy: 322/400 GWh Completion: 2001/02	Run of River
	Tala	Chhukha	Installed Capacity: 1,020 MW Firm Capacity: 168 MW Energy: 3,962 GWh Completion: 2006/07	Run of River
Planned and Studied	Bunakha Reservoir	Chhukha	Installed Capacity: 180 MW Firm Capacity: - MW Energy: 688 GWh Completion: 9FYP	Storage
	Mangdechhu	Trongsa	Installed Capacity: 425 MW Firm Capacity: - MW Energy: 1,800 GWh	Run of River
	Punatsangchhu	Wangdue Phodrang	Installed Capacity: 760 MW Firm Capacity: 125 MW Energy: 3,305 GWh	Run of River

Source: Division of Power, 1998

Procedures for Project Review



Source: Institutionalizing and Strengthening of the Environmental Assessment Process in Bhutan, Reference Document

Fig. 1.1 Procedures for Project Review

第2章　プロジェクトの概要

第２章： プロジェクトの概要

2.1 プロジェクトの位置

本プロジェクトは、ヒマラヤ山脈に源を発し、ブータン国の中西部を北から南に流れ、インド国において Brahmaputra 川に合流する Punatsangchhu (Sankosh 川) の中流域に計画している。計画地点は、Wangdue Phodrang 地方にある Wangdue Phodrang 町の南に位置する。環境影響評価の調査範囲は、ダム計画地点から上流 10 km 及び発電所計画地点から下流 20 km までの範囲とし、Punatsangchhu の両岸それぞれ 2.5 km の幅とした。計画地点及び調査範囲を Fig. 2.1～2.3 に示す。

プロジェクトが計画されている地点へのアクセス・ルートは、Phuentsholing-Chhukha-Simtokha-Wangdue- Phodrang ルート及び Geylephug-Damphu ルートがある。

2.2 プロジェクト関連施設のレイアウト

本プロジェクトは、ピーク発電ができる流込み方式の発電所を Punatsangchhu にかかる Wangdue 橋の南方約 10～18 km の地点に建設するものであり、最大出力 874 MW、年間 4,343 GWh の発電能力を計画している。

ダム高さは河床から 80 m のコンクリート重力式が予定され、満水時の貯水池面積は 53 ha である。貯水池の水は地下トンネルによって約 8 km 下流に運ばれ、地下に設置される 6 機の発電器によって発電が行われる。プロジェクトの諸元を Table 2.1 に、また施設の配置状況を Fig. 2.4 に示す。

2.3 プロジェクトの主要目的

プロジェクトの目的は、プナチャンチュ水力発電事業計画の Feasibility Study(F/S)を国際金融機関の審査資料となりうる国際基準で実施し、さらに資金調達方法および返済方法に関する調査を行い、ブータン国政府の事業化に向けての行動をサポートするものである。

2.4 建設準備作業

建設準備作業の内容の詳細については、詳細設計（D/D）の段階で決定される。最も早い段階で着手される作業項目は、既設道路の改良、ダム地点の既設道路バイパストンネル、仮設橋梁、左岸地域の新設道路、職員キャンプ整地と建物建設、公共建物、通信設備の整備、工事用電力設備等があげられる。これらの作業に次いで、モータープール整地と修理工場、給油ステーション、労務者キャンプ整地と宿舎建設、緊急医療センター、給水・排水設備、汚水処理設備、火薬貯蔵所、その他工事用設備等が建設される予定である。

2.5 建設作業

主な建造物としては、ダム、トンネル、調圧水槽、水圧管路、発電所等があげられる。これら構造物のレイアウトを Fig.2.4 に示す。これらを建設するにあたって、約 72 ヶ月を要し、約 5,000 人の技術者及び労働者が必要となる予定である。

建設資材の搬入・輸送は、Phuntsholing から Thimphu を通る経路を主な搬入路として利用する予定である。重量物及び大型部品は大型輸送車により運搬されるため、必要に応じて既存道路の補強を行う予定である。

建設工事に際して必要となる骨材は、Hesothangkha の Borrow Area とダム掘削及びトンネル掘削で発生するズリを使用する予定である。Borrow Area はダム計画地点の上流に位置する河川敷にあり、この地点の河床堆積物は厚さ 50～60 m に達すると見られている。

2.6 建設工程

建設工程については、Fig2.5 に示すとおりである。

2.7 建設及び運転に係る作業員及び作業員補助

施設工事には、一年あたり約 5,000 人の技術者及び一般労働者が雇用される予定である。また、完成後の施設の運転段階では、技術者 150 人程度が想定される。

2.8 施設及び業務

建設及び運転に係る作業員が必要とする主な施設として、建設事務所、キャンプ、診療所等の病院施設等があげられる。建設事務所については、適切な排水処理装置や廃棄物処理施設が設置される予定であり、建設が終了した後には解体される。キャンプは、計画地点の 3 箇所に分散して建設する予定であり、建設終了後の一部使用等については今後検討すべき問題である。診療所については、作業員の定期的な健康診断や突発的な事故に対処できる適切な施設の建設を予定している。

なお、詳細については今後の詳細設計の段階で決定される。

Table 2.1 Salient features of Punatsangchhu Hydro-Power Development Project

Reservoir	
Catchment Area, km^2	5796
High Water Level, ELm	1161.5
Low Water Level, ELm	1147.0
Available drawdown depth hd, m	14.5
Sedimentation level SWL, ELm	1142.0
Gross storage capacity, 10^6m^3	12.49
Effective storage capacity Vg, 10^6m^3	4.39
Dam	
Type	Concrete gravity
Crest length, m	265
Dam height from river bed hdam, m	81
Dam height from foundation Hdam, m	141
Dam volume Vdam, 10^3m^3	830
Headrace	
Type	Circular/pressure
Inner diameter D(v=4m/s), m	7.4
Tunnel length L, m	7053 / 6989
Penstock (main part)	
Type	shaft
Inner diameter D(v=7m/s), m	5.6
Penstock length L, m	2x438
Powerhouse	
Type	Underground
Number of unit	6
Size, m	20Wide, 38High, 114Long
Tailrace (main part)	
Type	Circular/pressure
Inner diameter D(v=4m/s), m	7.4
Tunnel length L, m	360 / 320
Development plan	
NWL, ELm	1154.3
TWL, ELm	845.0
Gross head Hg, m	309.3
Effective head hl, m	286.3
Loss of head hl, m	23.0
Peaking time Tp, hr	4
Maximum discharge Qmax, m^3/s	348
Installed capacity Pmax, MW	870
Turbine type	Fransis
Firm output Pf, MW	859
Firm energy Ef, GWh	1268
Secondary energy Es, GWh	3062
Total energy Etotal, GWh	4330
Economic evaluation	
Project cost (price in 2000 year), 10^6\$	813
Unit construction cost per kW (*1), \$/kW	934
Nu/kW	41754
Unit construction cost per kWh (*2), \$/kW	0.188
Nu/kW	8.4
B/C	1.35
B-C, 10^6\$	1.98

*1: Unit construction cost per kW = Project cost/Pmax

*2: Unit construction cost per kWh

= Project cost x Annual cost ratio / (Effective annual average energy)

=Project cost x 12% / (Annual average energy x(1-0.02)x(1-0.003)x(1-0.003)x(1-0.02))

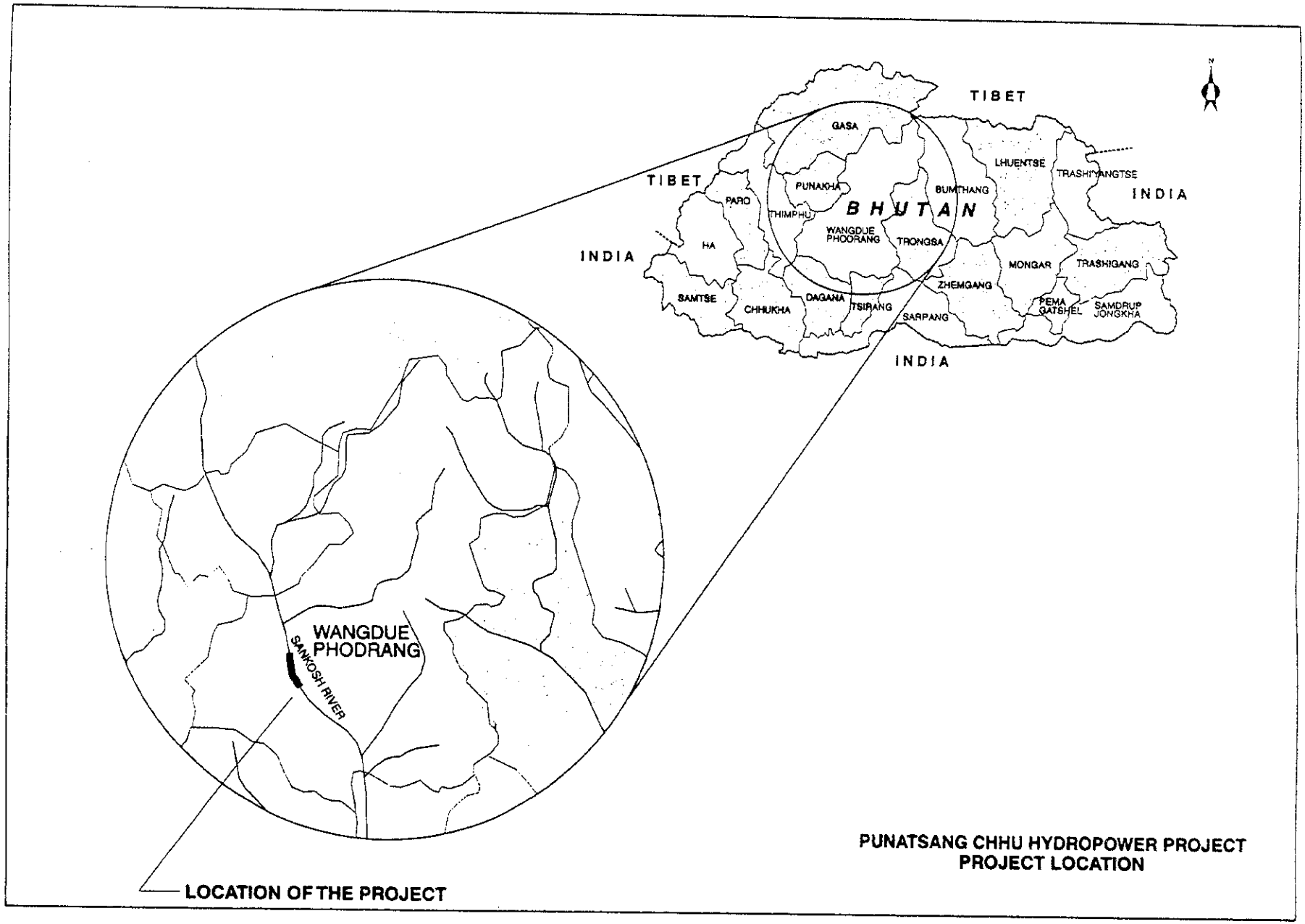
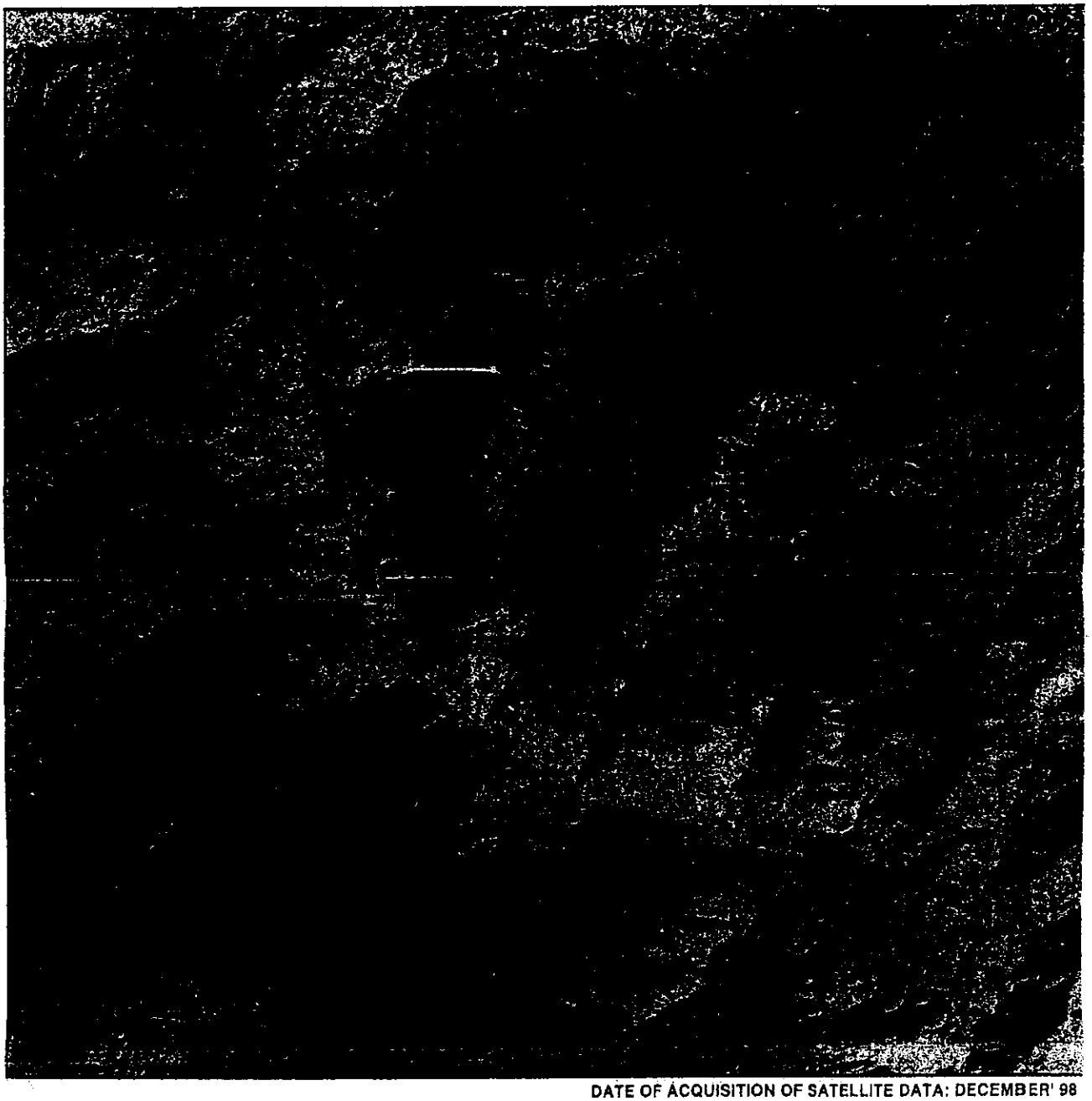


Fig. 2.1 Location of the Project Area

SATELLITE IMAGERY OF THE STUDY AREA AS SEEN BY IRS-1C (LISS III SENSOR)



DATE OF ACQUISITION OF SATELLITE DATA: DECEMBER' 98

Fig. 2.2 Satellite Imagery of the Study Area as Seen by IRS-1C (LISS III SENSOR)

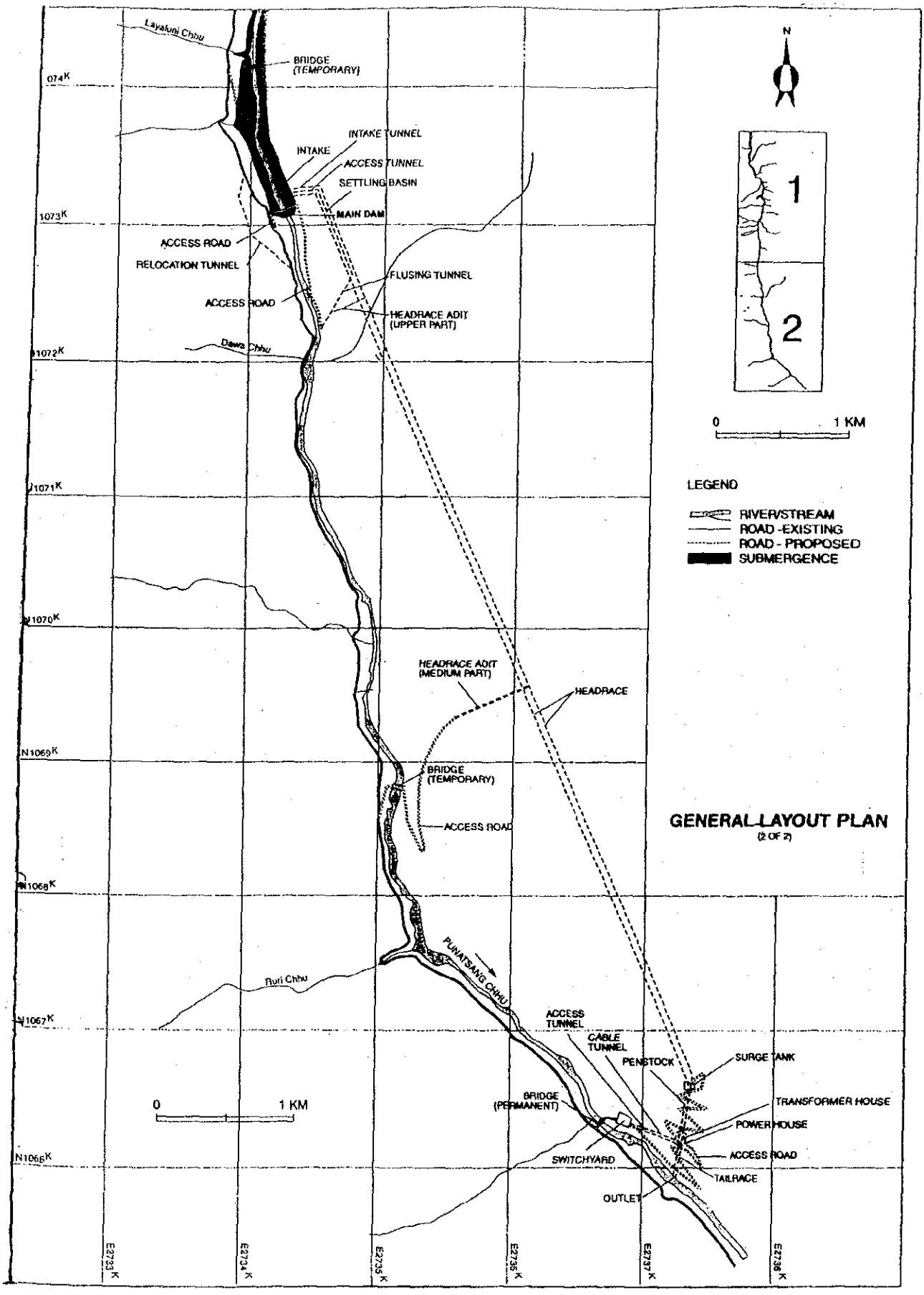


Fig. 2.3 (1) General Layout Plan

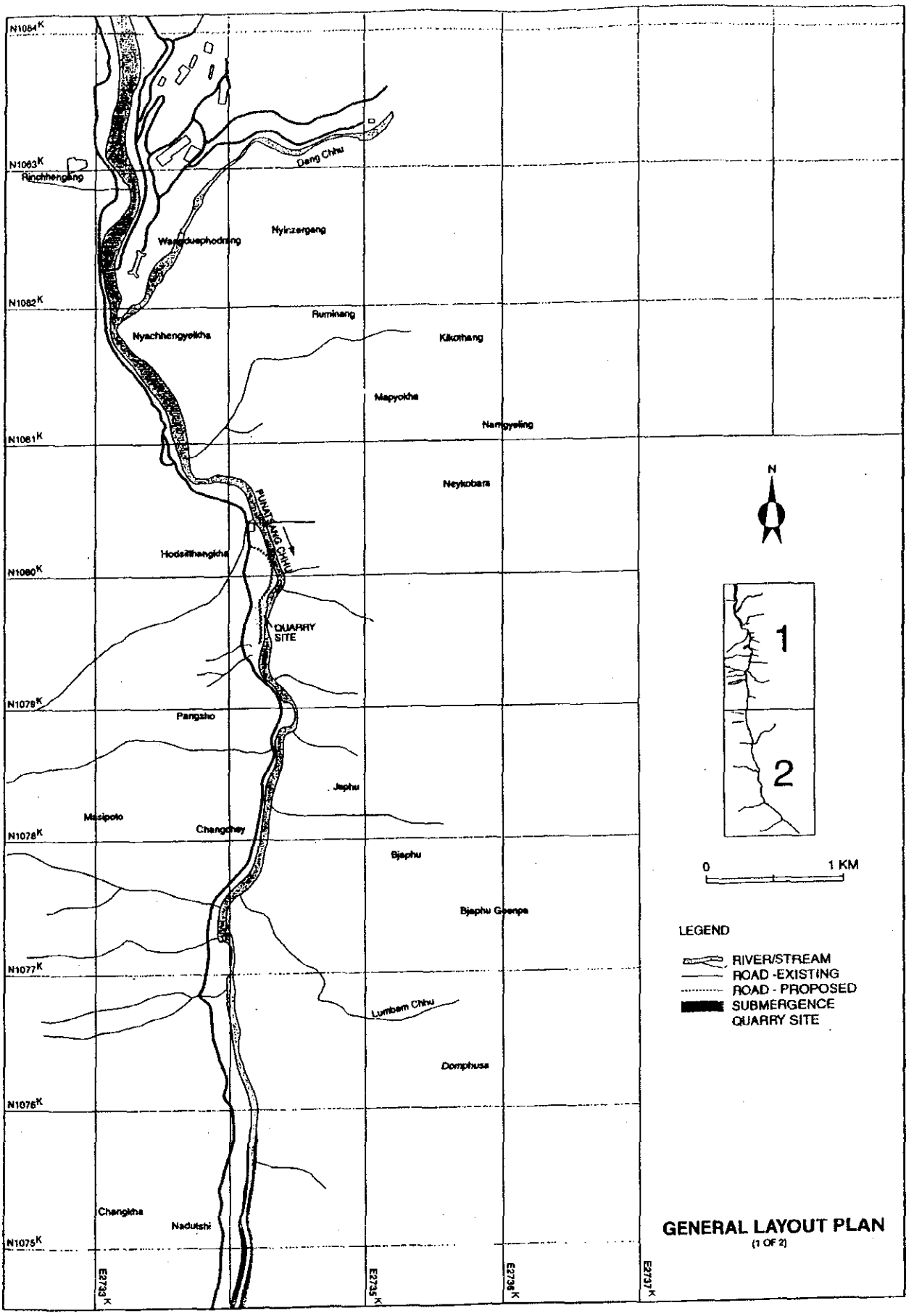
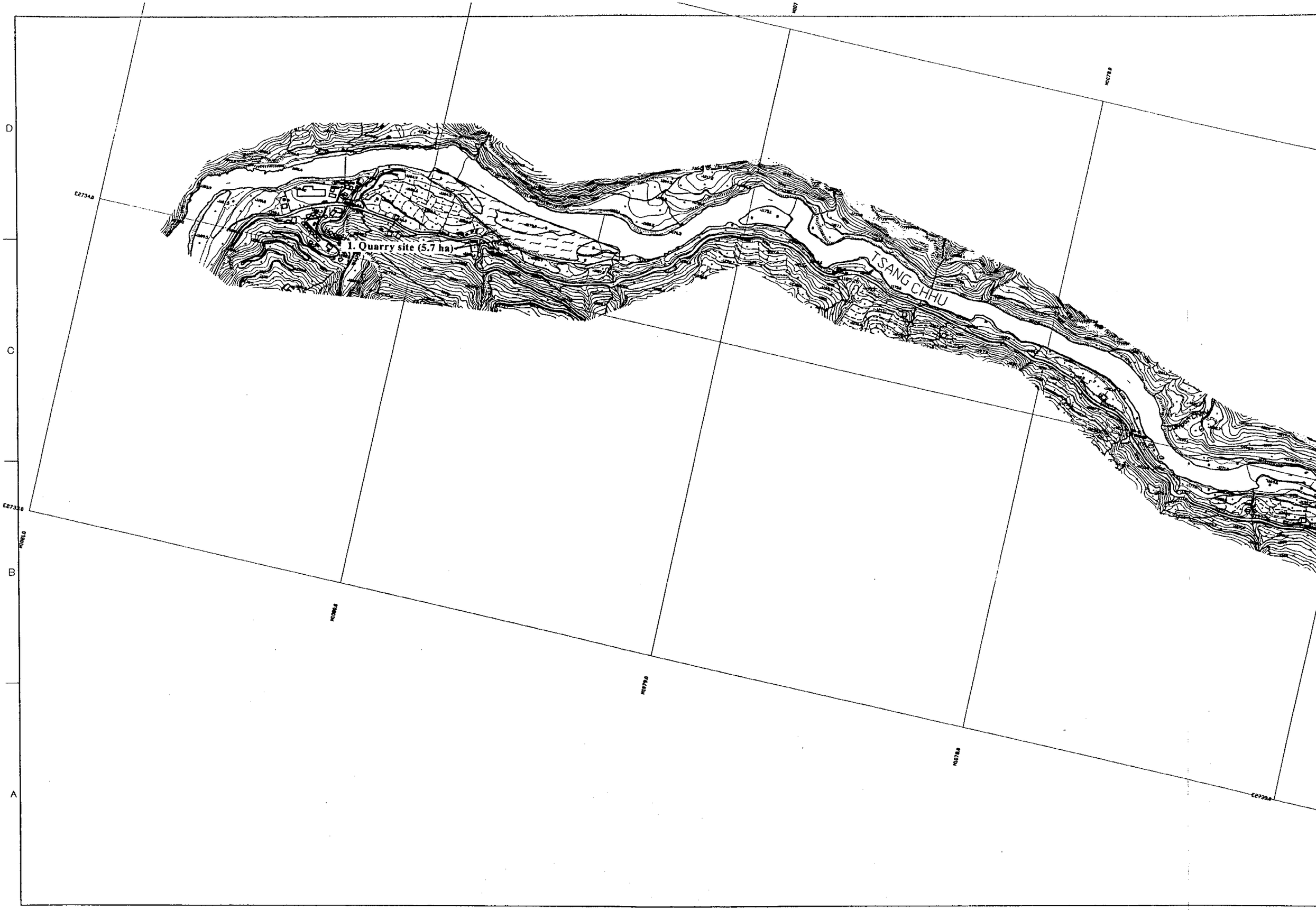
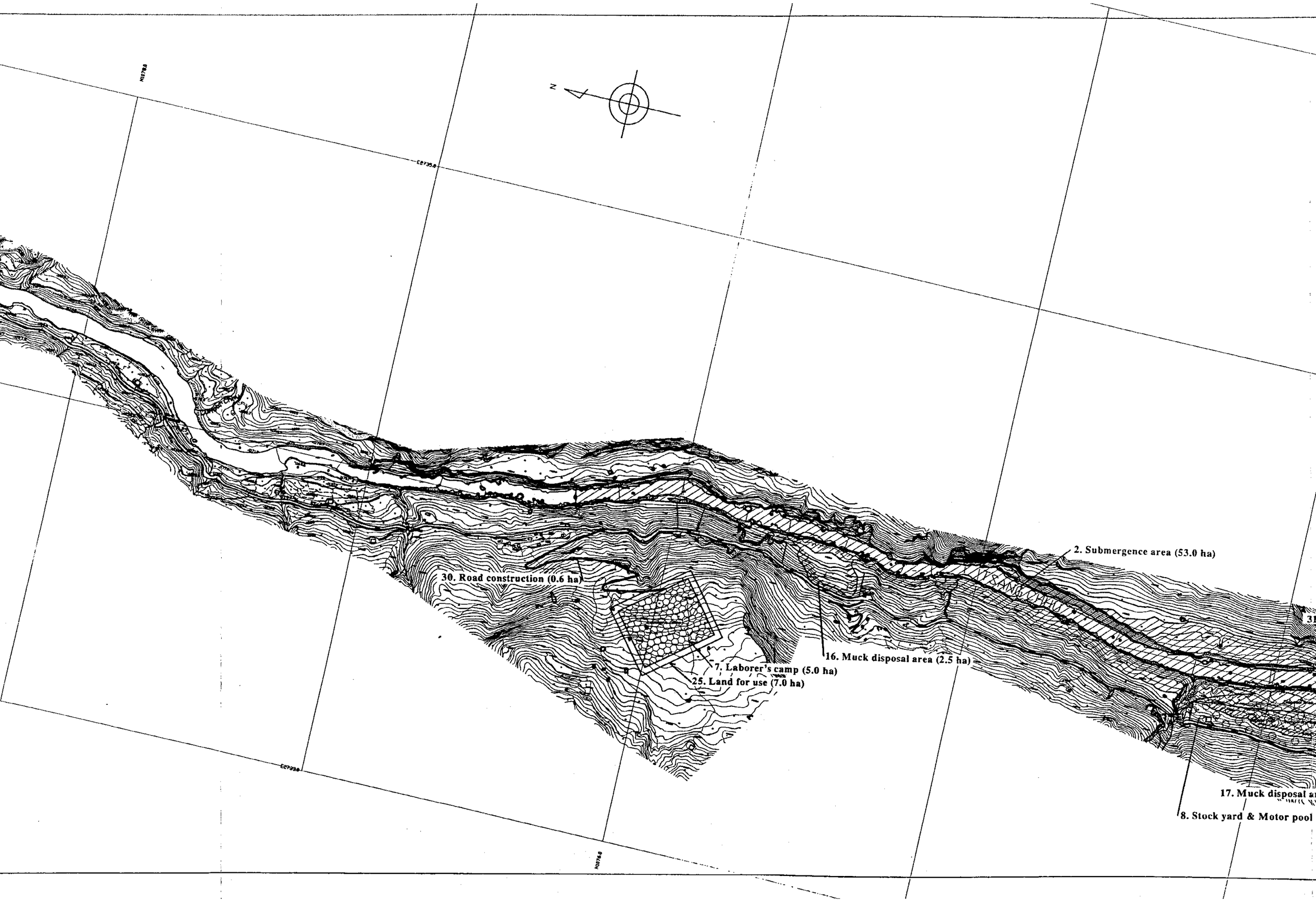
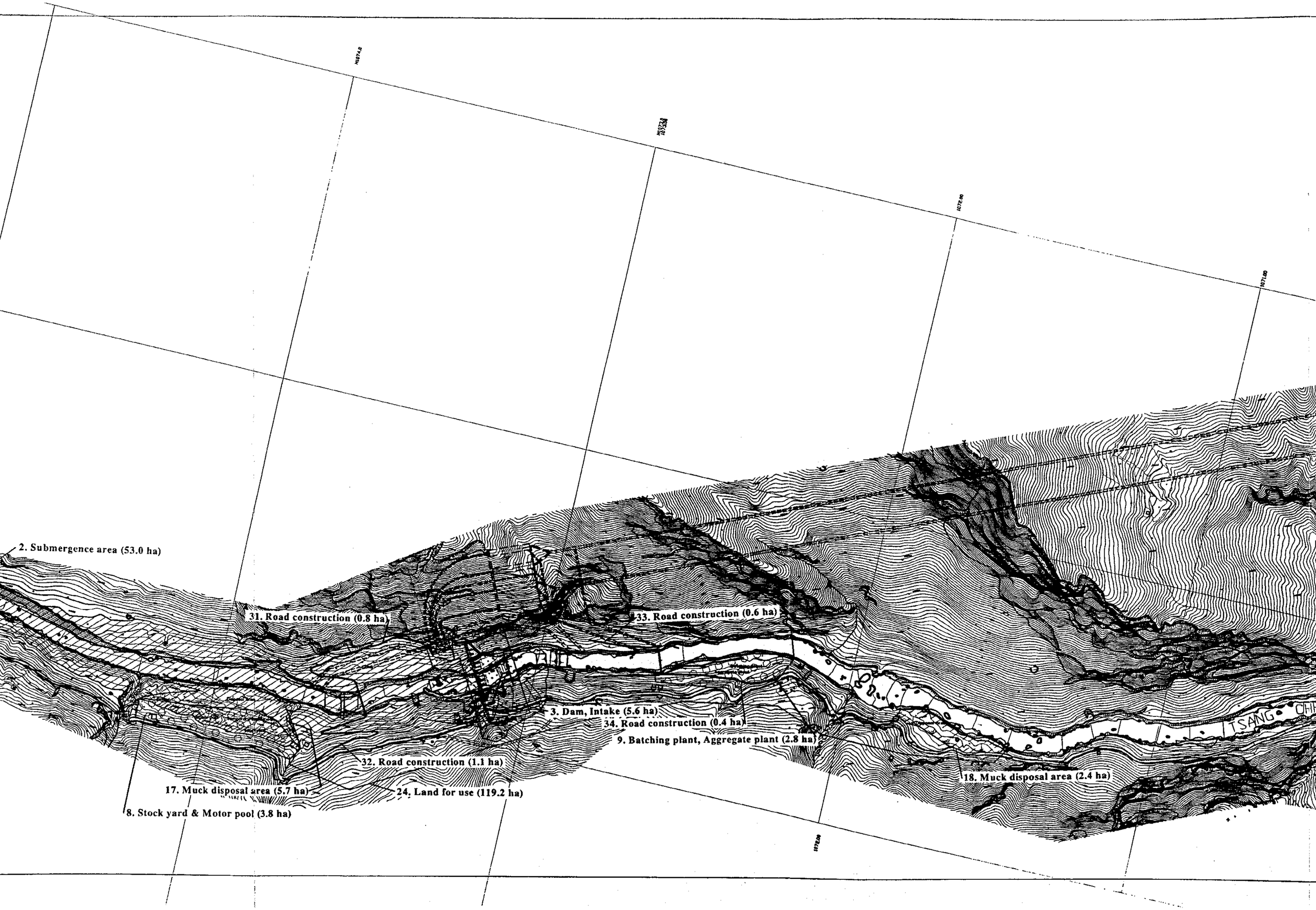
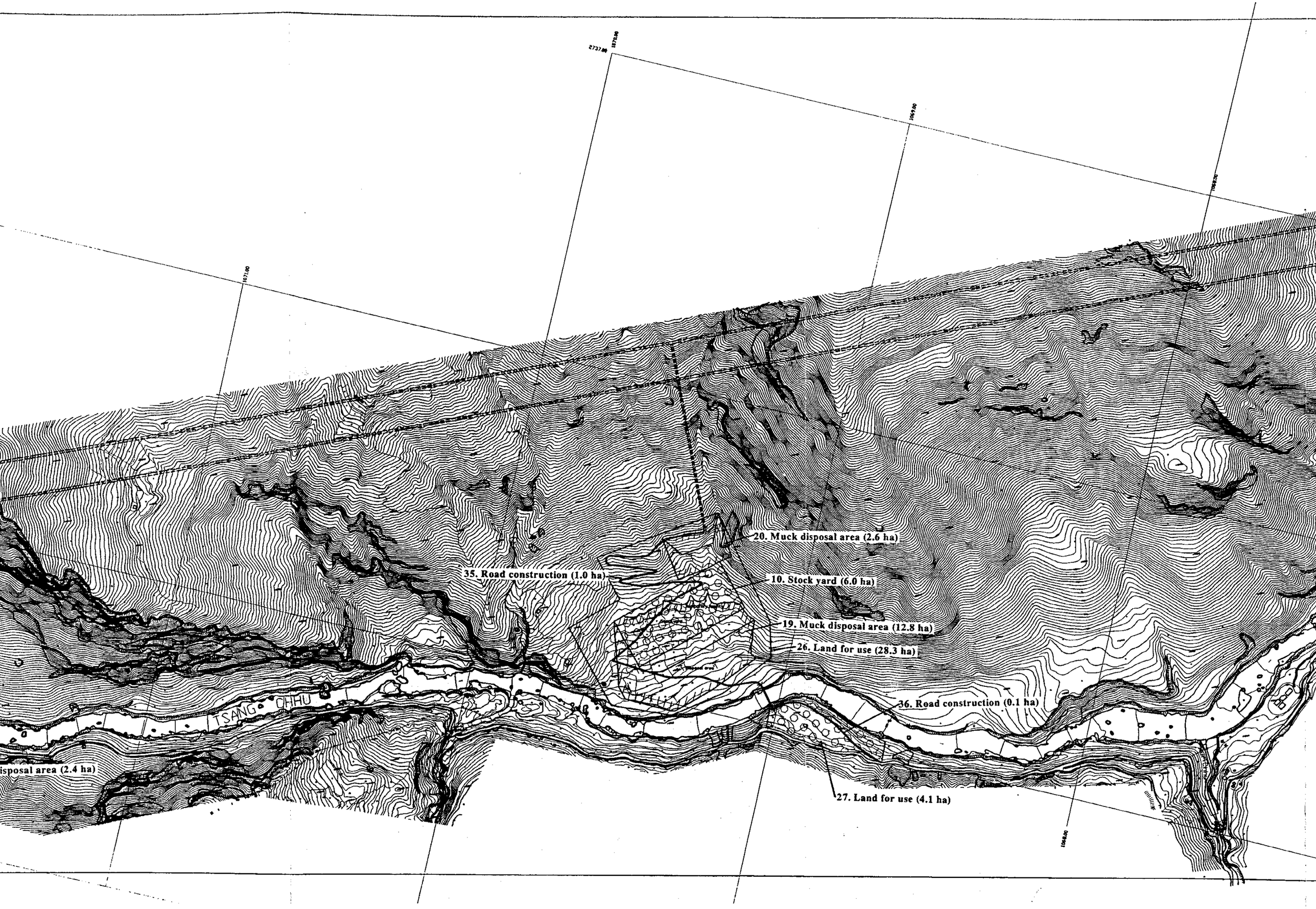


Fig. 2.3 (2) General Layout Plan


1. Quarry site (5.7 ha)
TSANG CHHU
D
C
B
A


N
2. Submergence area (53.0 ha)
30. Road construction (0.6 ha)
16. Muck disposal area (2.5 ha)
7. Laborer's camp (5.0 ha)
25. Land for use (7.0 ha)
17. Muck disposal a
8. Stock yard & Motor pool


2. Submergence area (53.0 ha)
31. Road construction (0.8 ha)
33. Road construction (0.6 ha)
3. Dam, Intake (5.6 ha)
34. Road construction (0.4 ha)
9. Batching plant, Aggregate plant (2.8 ha)
32. Road construction (1.1 ha)
17. Muck disposal area (5.7 ha)
24. Land for use (119.2 ha)
8. Stock yard & Motor pool (3.8 ha)
18. Muck disposal area (2.4 ha)
TSANG


2737.00
1070.00
1069.00
1068.00
1067.00
1066.00
20. Muck disposal area (2.6 ha)
35. Road construction (1.0 ha)
10. Stock yard (6.0 ha)
19. Muck disposal area (12.8 ha)
26. Land for use (28.3 ha)
36. Road construction (0.1 ha)
TSANGO CHHU
isposal area (2.4 ha)
27. Land for use (4.1 ha)

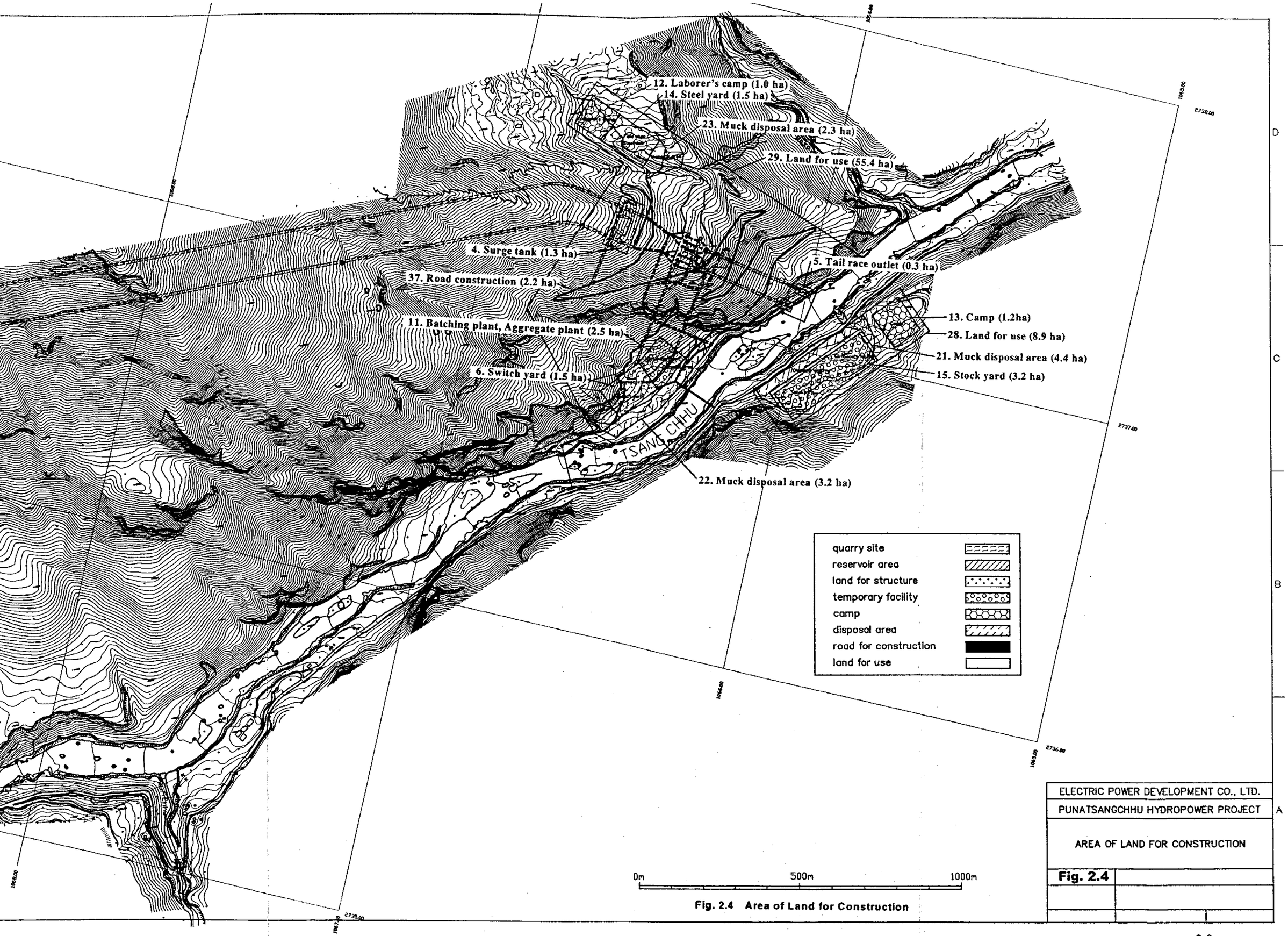
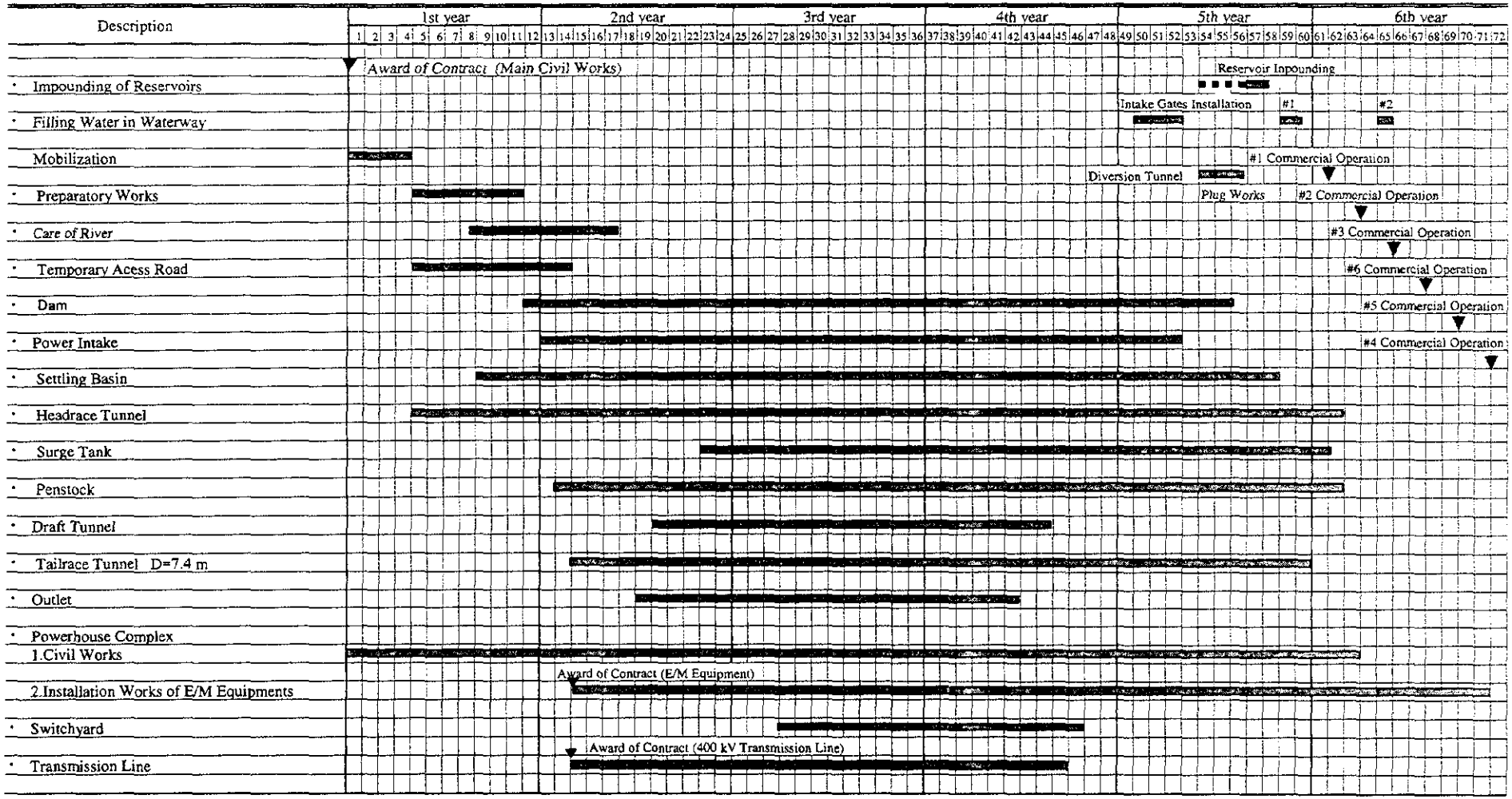


Fig. 2.4 Area of Land for Construction

Fig. 2.5 CONSTRUCTION SCHEDULE, DAM AND WATERWAY, PUNATSANGCHHU PROJECT



第3章　環境の現況

第３章： 環境の現況

3.1 物理環境

3.1.1 地形、地質及び土壌

3.1.1.1 地形

ブータン国は、インド、チベット及びネパールの間に位置し、北はヒマラヤ山脈、南は標高数百メートル程度のインド・アッサムと西ベンガル地区とに接している。従って、ブータンの国全体が北の 5,000 m 以上の山脈高地から南北約 150 km の距離を経て数百メートルの標高まで下がる地形をなしている。その間に４つの主要河川（Amochhu, Wangchhu, Sankoshchhu 及び Manaschhu）が流れており、いずれも比較的急な勾配を有す河川である。本プナチャンチュ水力発電開発計画地点は Punatsangchhu 中流域の、Wangdue Phograng 町から約 10 km 下流地点に位置する。計画されるダムサイトの標高は約 1,120 m、発電所の放水口計画位置の標高は約 880 m であり、その間の距離は 約 8 km である。本計画地点及びその周辺は、Fig. 2.1～2.3 に示すとおり急峻な地形となっている。

3.1.1.2 地質

ヒマラヤ山脈は、世界でも最も若い造山地帯の一つといわれている。ブータンヒマラヤは、下記 4 つの造山区域に細分される。

- Sub Himalayas
- Lower Himalayas
- Higher Himalayas
- Tethys Himalayas

本計画は、Lower- Himalayas 区域に位置する。ヒマラヤ山脈地帯の地質構造は複雑で、多くの断層とスラストが縦横に交差している。本計画地点一帯は、インドの耐震クラス（IS:1893 (1984), Bureau of Indian Standards）で Zone-V に分類されている。本計画のダムサイトは、Wangdue 橋から約 10 km 下流に位置する。この一帯は多くの古い地滑りの痕跡が見られ、巨礫が河床に沿って点在する。ダムサイトの両側には多くの岩石が露出している。ダムサイトの下流の河床には旧い堆積物が見られる。その厚さは 50～60 m に達すると見られる。この堆積物は互いに結合の弱い礫岩が大半を占める。地下発電所はダム地点の下流の約 8 km 地点に想定されているが、硬くしかも褶曲した火成岩に覆われ、その表層は風化している。

3.1.1.3 土壌

計画地点である河川周辺の土壌は岩錐（talus）及び砂礫が主で、それらは両側の絶壁から落下したものである。河川沿いの土壌は河流の作用によってできた砂礫、礫及び円礫が多く見られる。また、崩積層の土壌堆積物（丸みをなした沖積物と岩石の破片の混合物）もこの一帯に見られる。これらの堆積層は 50～60 m の厚さがあると見られ、長年の河川の土壌侵食によって形成されている。

この河川沿いの農耕地では化学肥料や殺虫剤がほとんど使われておらず、化学物質による土壌汚染はないと思われる。

現地調査では、Fig. 3.1 で示す 4 地点で土壌を採取し、それらの土質や粒度組成を調べた。その分析結果を、Table 3.1 及び 3.3 に示す。土壌は中性からアルカリ性で、有機物含量は極めて小さい。重金属は平均的な濃度である。

3.1.2 気象

3.1.2.1 気象

計画地点は、北緯 27°20'～27°23'、東経 89°55'に位置し、標高約 880～1,120 m の地域となっている。緯度的には熱帯から亜熱帯の地域であるが、標高が 1,000 m 前後ある上、冬期にはチベットから寒気がヒマラヤを越えて吹き降ろすため、冬には零下となる気候が形成されている。

3.1.2.2 気温

計画地点より最も近い測候所である Wangdue 測候所で観測された 1990～1998 年のデータ（Table 3.4）によれば、この地域の月別平均気温の最高は 8 月の 28.1℃で、最低は 12 月及び 1 月に観測された 5.7℃であった。

3.1.2.3 降水量

計画地点周辺の降水量については、計画地点に最も近い Wangdue 測候所で観測された 1990～1998 年の記録を Table 3.5 に示す。年間降水量は、約 550～800 mm 程度となっている。10 月から 5 月までが乾期、6 月から 9 月までが雨期となっている。

3.1.3 水文

3.1.3.1 河川形態

Punatsangchhu は、北部 Luna La 地域にある多くの氷河湖を源流とし、ブータン国を北から南に向かってほぼ一直線に流れ、インドのアッサム地区を経てバングラデシュを流れる Brahmaputra 川に合流する。Mochhu と Phochhu の両河川が計画地点上流約 30 km に位置する Punakha 町付近で合流し、その下流約 20 km にある Wangdue Phodrang 町付近で Tangchhu が東方から合流している。Wangdue Phodrang 町から約 10 km 下流に下った地点がダム建設計画地点となり、さらに下流約 8 km が発電所計画地点となるが、その間に Dawachhu、Basochhu、Rurichhu の 3 つの支川が合流している。ダム計画地点の標高は約 1,120 m、発電所放水口地点の標高は約 880 m で、その標高差は約 240 m となっている。計画地点の河川勾配は約 1/30 であり、両岸とも急峻な渓谷となっている。

3.1.3.2 流量

計画地点から最も近い測水所は、ダム地点より約 10km 上流の Wangdue 測水所である。この測水所で観測された流量よりダム計画地点の流量が算定されている。

1991～1999 年における流量記録を、Table 3.6 に示す。年間平均流量は、約 222～386 m^3/s の範囲にあり、最小流量は 62.3 m^3/s である。月別の平均流量では、最大流量が 8 月の 791.3 m^3/sec、最小が 2 月の 65.7 m^3/sec である。

支流である Basochhu の流量観測記録（1990～1998 年）を Table 3.7 に示す。これによれば、夏季に多く冬季に少ない特徴はあるものの、1994 年に見られるように年度によってこのパターンからはずれる場合もある。

Wangdue 測水所（1992～1997 年）でのデータを用いて行った洪水発生の確率に関する試算の結果を Table 3.8 に示す。

3.1.3.3 流域面積

Punatsangchhu の全流域面積は 12,061 km^2 であり、ダム計画地点における流域面積は 5,796 km^2 である。

3.1.3.4 河川利用

計画地点周辺は人口が極めて少ない地域であり、ダム計画地点より上流約 10 km にある Wangdue Phodrang 町が最も近い人口集中地域である。ダム計画地点から発電所計画地点の間にはごく少数の農家が散在するだけで、それら農家の生活用水は山側から流れてくる湧き水を利用している。山の斜面を利用した主に自給のための小規模な農業が営まれているが、潅漑用水は湧き水や支川の水を利用しており、大規模な Punatsangchhu の水利用はしていない。また、計画地点の河川における漁業や魚の養殖は認められない。さらに、この一帯では大きな工場や事業所はなく、交通手段としての船舶等の航行も認められない。

3.1.4 大気

計画地点周辺には大きな工場や事業所といった大規模な大気汚染発生源がなく、車両の修理工場が 1 ヶ所あるのみである。また、Punatsangchhu 沿いには国道があり、この地域の主要幹線となっているが、車両の通過頻度は低く、汚染源としては比較的小さいものである。したがって、計画地点周辺の大気状況は良好である。

現地調査により得た 1999 年 12 月と 2000 年 1 月の測定結果を Table 3.9 に示す。SOx、NOx 及び SPM ともに清浄な値であった。

3.1.5 水質

計画地点の上流に Punakha 町と Wangdue Phodrang 町があり、住民の生活排水は無処理で Punatsangchhu に排出されている。しかし、河川の水量は多く、生活排水は河川の自然浄化能力を超えるほどのものではない。計画地点周辺は人口が極めて少なく、また、大きな水質汚染源となる工場等は認められないため、河川の水質は良好である。

現地調査では、Fig. 3.1 に示す 3 地点で河川水を採取し水質の分析を行った。1999 年 8 月（雨期）に採取した河川水の分析結果は、Table 3.10 に示すとおりである。調査結果によれば、pH はほぼ中性で BOD,COD ともに低く極めて清浄な水質である。

3.1.6 騒音

計画地点周辺は人口が極めて少なく、また、大きな騒音発生源となる工場等は認められないため、騒音レベルは極めて低い。また、Punatsangchhu 沿いを走る国道の交通量は少ないため、継続的に騒音が発生している状況ではない。

現地調査にて、計画地点周辺の騒音測定を行った。調査結果によれば、その騒音レベルは 37～48 dBA と極めて低い範囲であった（Table 3.11）。

3.1.7 河床

ダム計画地点から発電所計画地点までの区間における河床堆積物は、主に結合の弱い礫岩からなっており、層厚は 50～60m に達するものと見られる。

また、河床部には随所に直径 1～2 m の転石が認められるため、洪水時は多量の土砂や巨礫が移動するものと考えられる。

さらに、河川勾配が急（平均勾配約 1/30）であるため、流水に含まれる浮遊物が沈殿することなく下流に流れるものと思われる。

現地調査では、Fig. 3.1 で示す 2 地点で河床堆積物を採取し、それらの土質や粒度組成を調べた。その分析結果を、Table 3.2 及び 3.3 に示す。河床堆積物は中性からアルカリ性で、有機物含量は極めて小さい。重金属は平均的な濃度である。

3.2 生物環境

ブータンの国土は、生物多様性から見て地球上にある 10 大ホットスポットの 1 つとされており、旧北亜区（Paleartic）とインド-マラヤ区（Indo-Malayan）の 2 つの生物地理学的地区の両方の特徴を有している。地形としては、北から南に向かって約 150 km の距離で標高 5,000 m 以上のヒマラヤ山岳地から数百 m の低地に地形が変化し、その間ヒマラヤ山岳地帯を源流とした数々の河川が深い谷を形成し流れている。したがって、気候は緯度と高度、さらにチベットからの季節風の影響を受け多様なものとなっている。このような変化の大きい地形と気候により、多様かつ固有な動植物を育む環境となっている。また、自然と共存してきたこれまでの同国民の生活様式等により、これら多様な動植物が保全されてきた。

3.2.1 陸上動植物

3.2.1.1 陸上植物

ブータン国は、亜熱帯気候、温暖なモンスーン気候及び高山季節風気候の3つの気候域で構成されている。気候の多様性と標高の大きな違いから国土全体が複雑な植生をなしている。稲作地、バナナや柑橘類の生産地帯（1,300 m あたりまで）から、落葉樹林帯、高山森林帯へと変化する。シャクナゲ（R*hododendrons*）、杜松（*Junipers*）、マンゴ、食虫植物、ブルーポピー、エーデルワイス、リンドウ、ジンチョウゲ、ダイオウ（*Rhubarb*）、熱帯植物、松、オーク等多様かつ変化に富んだ植物が存在する。計画地点周辺は、河川両岸に沿って河床に近い場所では広葉樹林が見られる。山の中腹から上に向かって松林（Chir pine ; *pinus roxburghii*）が支配的になっている。

1999年8月及び2000年1月の2回にわたり現地調査により計画地点上流にあるWangdue橋から貯水池のテールエンドまでの範囲で植生を確認した。その結果によれば、この範囲で確認された主な樹木は *Pinus roxburghii*、*Sapium insignii*、*Zizyphus incurva* 等であった。また、貯水池及びダム計画地点周辺で行った調査では、*Pinus roxburghii*、及び *Dalbergia sericea* 等16種の樹木が確認された（Table 3.12）。さらに、ダム計画地点から発電所計各地点周辺の範囲では *Grewia sapida*、*Pterospermum acerifolium*、*Maccaranga palustris* 等28種が確認された（Table 3.13）。発電所計画地点より下流の範囲ではTable 3.14に示すとおり、樹木が38種、潅木が28種、その他ハーブ30種及び草類17種等が確認された。

計画地点における樹木の分布密度については、混成林では200本／ha以上であった。また、計画地点全域に広く広がっている松林では100～200本／haであったが、住民の居住域に隣接する松林では、100本／ha以下と疎らな場所も存在した。

分布指標は、次表のとおりである。

Location of the study area	Diversity Index
Up to the tailend of submergence area	1.20
Submergence area	2.40
Dam site to power house	1.52
Power house to end of study area	2.77

3.2.1.2 陸上動物

ブータン国の森林局が計画地点周辺に生息する陸上動物のリストを報告している（Table 3.15）。この報告書によると、哺乳類ではシカの一種（Barking deer）、イノシシ（Wild boar）、ジャッカル（Jackal）等15種、は虫類ではニシキヘビ（Python）等3種、鳥類では白頭ジョウビタキ（White capped redstart）、ツグミの一種（Whistling thrust）、河鵜の一種（Brown dipper）

等 30 種が報告されている。このリストに記載される動物のうち、Forest and Nature Conservation Act(1995)の第８条で絶滅危惧種とされる種は、シカの一種（Barking deer）であり、その他に保護動物としてシカの一種（Serow）、ヒマラヤクロクマ（Himalayan Black Bear）、ヒョウの一種（Leopard Cat）及びヒョウ（Leopard）があげられている。ただし、このリストは作成から年月がたっており、その後国道が建設されたため、必ずしも現状を反映していない可能性がある。

現地において、目視調査、足跡調査、聞き取り調査等により計画地点周辺に生息する動物の確認を行った。その結果、シカの一種（Barking Deer）、黒口ラングー（Black mouth langoor）、ジャッカル（Jackal）、イノシシ（Wild boar）等及び Table 3.16 に示す鳥類が確認された。文献等では、ヒョウ（Leopard）や Himalayan Black Bear なども生息するとされているが調査では確認されなかった。また、は虫類では、ニシキヘビ（Python）やコブラ（Cobra）、キングコブラ（King cobra）が生息すると報告されている。キングコブラ（King cobra）は稀少種である。Table 3.17 にブータン国の渡り鳥のリストを示す。

なお、Wangdue 町の自然保護官によると、Punatsangchhu の計画地点周辺で Spoted deer（*Axis axis*）を人為的に放したことがあるということである。また、計画地点の下流側にある Dhikchhu 国立公園では、Table 3.15 に示した動物全ての生息が報告されている。

3.2.2 水生動植物

3.2.2.1 水生植物

計画地点の河川は急流をなしており、河床はほとんどが砂、砂礫や岩石である。河床にある石や岩石の表面は急流に削られ、岩肌を現している。現地踏査時に行った目視調査では、藻類や他の水生植物はほとんど見られなかった。

3.2.2.2 水生動物

現在まで Punatsangchhu に生息する水生生物についての詳細な調査は行われていない模様である。

(1) 底生生物相

Punatsangchhu のプランクトンやベントスの情報はないが、インドの東ヒマラヤに生息する生物群集と同種の生物が生息するものと考えられる。この知見を基にすると、Punatsangchhu には Plecoptera、Odonata、Ephemeroptera、Trichoptera、Diptera、Coleoptera、Hemiptera、Lepidoptera など 8 目のベントスが生息するものと思われる。

現地調査で採取した１回のみのサンプルからは、*Epeorus*、*Baetis*、*Rithrogena*、*Psephenus* 属を含む様々な種のベントスが確認された。

(2) 魚類

Punatsangchhu に生息する魚類に関する完全な調査は行われていない。1976 年に国連食糧農業機関（FAO）の Dr. G. P. Dubey がブータン国を流れる幾つかの河川について魚類に関する予備的な調査を行い、内陸漁業の可能性について研究を行っている。1993 年にまとめられたこの報告書によると、Punatsangchhu で確認された魚類は Table 3.18 に示すとおりである。コイ科の *Tor putitora*、*Schizothorax progastus* やブラウントラウト（*Salmo trutta fario*）等 10 種の魚類があげられている。

現地調査では、ブータン国の特別許可を得て、計画地点周辺計 18 地点で捕捉網を用いた魚類の採取を行った。1999 年 10 月の調査地点及び調査結果を Fig. 3.2 及び Table 3.19 に示す。採取されたのは、ブラウントラウト（brown trout ; *Salmo trutta fario*）及びコイ科の一種である Asala（*Schizothorax progastus*）の 2 種であり、Asala が 90%を占めた。現地住民への聞き取り調査結果では、現地語で Kabray / Badbala と呼ばれる 1 魚種も生息する様であるが、現地調査では確認できなかった。

ブータン国では、漁業が禁止されており、スポーツフィッシングのみが限られた場所で許可されている。ダム計画地点から約 23km 下流の Kamechhu と Dhikchuu の合流地点は、Dhikchhu 国立公園であり釣りは禁止されている。ただし、ブータン国王家だけはこの地域を釣り場として利用できることになっている。この地域ではコイ科の一種である Mahseer（*Tor putitora*）が 2 月中旬から 9 月中旬にかけて現れるということである。この魚種は水温が低い時期には南下し、暖かくなるとこの地域に現れる移動性の魚であるが、現地調査では確認されなかった。Mahseer の産卵と遡上の限界線は、放水口からはるかに下流にあると考えられる。

3.2.3 計画地点周辺の貴重な動植物

ブータン国農業省が 1998 年に同国の「生物多様性行動計画」（Biodiversity Action Plan）を発表した。その中で、同国における保護動植物を指定している（Table 3.20）。また、Forest & Nature Conservation Act（1995 年）により絶滅危惧種及び保護動物が指定されている。目視調査、足跡調査及び聞き取り調査等により行った現地での調査では、計画地点周辺には絶滅危惧種や保護動物種等として指定されている動物が数種生息するものと思われる。

また、1994 年に Rebecca Pradhan & Tandin Wangdi らによって、同国における鳥類の絶滅危惧種が報告されている。これら鳥類の絶滅危惧種を Table 3.21 に、分布域を Fig. 3.3 に示す。これら絶滅危惧種である鳥類の分布図を見ると、計画地点周辺にこれらの鳥類は分布していないことが確認された。

なお、同分布図によると、ダム計画地点より約 10 km 上流の地域から北西の範囲、及び発電所計画地点から約 20 km 下流の地域より東の範囲に、鳥類の絶滅危惧種に指定されている Palla's Fishing Eagle（*Haliacectus*、ワシの一種）や White-bellied Heron（*Ardea insignis*、白腹サギの一種）、Satyr tragopan（*Tragopan Satyra*）等が生息しているとみられる。また、計画されている送電線ルート付近での生息状況は、インドとの国境付近にある野生生物保護区 Phipsoo Wildlife Sanctury より東方約 25 km にわたって Rufous-necked Hornbill（*Aceros*

nipalensis、サイチョウの一種）や Yellow Rumped Honey Guide（*Indicator xanthonotus*）が生息しているとみられる。

さらに、1999 年にブータン国の WWF が同国の国立公園や野生生物保護区の間を結ぶ野生生物回廊（biological corridors）を提示した（Fig. 3.4）。この図によると、計画地点周辺は国立公園や野生生物保護区及びその野生生物回廊には指定されていないが、これらにより囲まれた状況である。

3.3 社会環境

ブータン国の社会環境の概要を Table 3.22 に示す。

計画地点である Wangdue Phodrang 地方及び計画地点周辺の村落に関する社会環境は、以下のとおりである。計画地点周辺の社会環境調査については、調査範囲を Wangdue 橋の南約 2 km の地点から約 38 km 南下した Pinsa 村付近までの河川に沿った両岸各 2.5 km 以内の計 5 km の幅とした。この範囲には、35 の村落（以下「関係村落」という。）が含まれている。これら関係村落のリストを Table 3.23 に示す。調査は、関係村落を網羅する 164 世帯に対してアンケート調査等を実施した。

3.3.1 人口動態

Wangdue Phodrang 地方の人口動態を Table 3.24、3.25 に示す。1998 年の人口は約 28、792 人であり、男女別にみると男性が 14,387 人（49.97%）、女性が 14,405 人（50.03%）となっている。世帯数にして約 2,793 世帯であり、一世帯あたり 10 人程度となる。関係村落 35 村の人口動態を、Table 3.26 に示す。人口は約 4,241 人であり、世帯数にして約 379 世帯、一世帯あたり 11 人程度となっている。このうち 163 世帯を対象に行ったアンケート調査の結果を基に作成した関係村落の人口動態を、Table 3.27 に示す。この調査結果によると、162 世帯の総人数は 1,352 人で男性が 665 人、女性が 687 人であった。1 世帯あたりの構成人数は約 8 人であった。

この地域に生活するほとんどの人が Dzongkha 語を話すブータン人である。この民族は仏教を信仰している。調査範囲のうち、1 世帯のみが東ブータンよりこの地に来た家族であり、南ブータンから来た家族は 1 世帯もいなかった。

3.3.2 職業・経済活動

Wangdue Phodrang 地方の住民の約 90 %が農業に従事しており、米や小麦、とうもろこし、ソバ、大麦、キビ、ジャガイモ、リンゴ、オレンジ、マスタードを生産している。耕作面積及び生産高を Table 3.28 に示す。これらの多くの農家が牛やブタ、家禽類をも飼育している。

また、この地方には工業用免許所有者が 30 人、商業用免許所有者が 180 人いる。10 社の建設業者があり、その外に木工業、製紙業等が存在する。

関係村落の住民の多くも農業に従事しており、主な作物は米、小麦である。ほとんどの世帯で小さな菜園を有しており、自家消費及び収入源となっている。また、オレンジ、バナナ、西洋ナシ、リンゴ、モモ、グァバ、ウォールナッツ等を栽培している家庭もある。

Punatsangchhu では、漁業や魚の養殖業は営まれていない。また、この地域には大きな工場や事業所は存在しないが、ダム地点の上流約 5 km の地点に道路工事のための車両修理工場が存在する。

3.3.3 土地利用

農業省の土地利用計画部が作成した Thimphu - Wangdue Phodrong Dzongkhags 地方の土地利用図（Fig. 3.5）によれば、この地方の 92 %は森林に覆われており、その面積は 63,206 ha で、もみ（Fir）、混合針葉樹（Mixed conifer）、松（Blue pine）等で構成されている。森林を除く残りの 8 %は、放牧地（2 %）、農地（5 %）、荒地（1 %）であり、住民の住居地はわずか 103 ha、また、リンゴやミカン類が採れる果樹園の面積は 5 ha と極めて小さい。

農地の構成別では、灌漑農地が 2,085 ha で、これは上述した農地全体の 65 %を占めている。

計画地点は広く広葉樹林に覆われているが、対象河川の渓谷に沿って針葉樹林が部分的に分布している。

農地は渓谷の斜面に存在している。このうち、灌漑農地は支川の Laya lume chan が Punatsangchhu に合流する地点の支川側の斜面に集中してみられ、合流点から下流には小規模の灌漑農地が渓谷の比較的上部に分布しているのみである。

なお、Hdochhu が本流に合流する地点の河岸には小規模なリンゴ園が存在する。

一方、ダム計画地点から上流の Wangdue Phodrang 町から約 3 km 下流の右岸側斜面はプランテーションに利用されている。関係村落におけるアンケート調査結果によると、この地域のほとんどの住民が自宅を持ち、小さな家庭菜園と数本の果樹を所有している。1 世帯が所有する土地の平均値は 3.15 エーカー（約 12,600 m^2）であり、水田用地か畑、牧場、果樹園等となっている。

3.3.4 社会構造

ブータン国は 4 つの大きな民族集団から構成されていると一般に考えられている。まず、低地に住むネパール系ブータン人はネパール語を話し、このネパール系が、総人口の約 25 %を占めると言われている。また、中高度地域に住むチベット系ブータン人は、更に大きく 3 つの集団に分けられ、このチベット系が、総人口の約 60 %を占めている。

関係村落における交通手段は非常に限られており、バスが運行しているがその頻度は非常に低い。ほとんどの村落が主要道路から離れた所にあり、中には 3～4 時間歩く必要がある村落もある。関係各村落から外部との交流に必要となる郵便局やバス停留所等までの距離を Table 3.29 に示す。

辺境部の村落は Gweog へと組織されるが、ここで各世帯を代表するのは一般に女性である。村落内の社会的な結びつきは強く、収入や職業による差別は見られない。犯罪の発生率は低く、人々は安全と感じている。

伝統的に家督の相続は母系で行われ、家や農地、家畜といった財産の大部分を長女が相続する。長女には、両親の家に残り、自らの家族を育てるとともに年老いた親の面倒を見るこ

とが期待されている。成年男子がいても、しばしば長女（妻）が世帯主とみなされる。家庭内で決定権を持つのは通常女性であり、夫よりも有能と見られている。

一般的に女性は男性と同じ地位･権利を有すると考えられており、調査した更に辺境の地域においてのみ、女性の社会的地位は低く見られていた。村落から中央政府までの様々なレベルにおいて女性の参加は十分に行われているが、法的･社会的な障害はないものの、家庭内での責任を重視する女性達の地方･中央政界への進出は低い。

3.3.5 雇用及び労働市場

関係村落の雇用状況を Table 3.30 に示す。調査対象者の約 38 %が農業に従事している。その他の職業として、商業、政府職員等がある。農耕地の所有内訳は、Table 3.31 に示すとおりである。

これらの職業から得られる収入は、月あたり Nu. 400～Nu.30,000 程度である。全体の約 40 %の世帯が月 Nu. 2,000 以下の収入で生活している。ブータン国では正式な貧困レベルを定めていないが、ADB が定めた貧困レベルは一人あたり Nu. 504（1998 年 12 月時点）となっている。関係村落における一人あたりの平均月収は Nu. 526.5 であり、貧困レベルをかろうじて超えている状況である。調査対象者の平均月収及び平均支出に関するデータを Table 3.32 に示す。

3.3.6 レクリエーション

計画地点周辺にレクリエーション施設の存在は認められない。

3.3.7 公衆衛生

Wangdue Phodrang 地方には 1 つの病院と、9 つの Basic Health Units、20 の Outreach clinics が設置されており、61 人の教育を受けた Village health worker が働いている。また、この地方では、全世帯の約 63 %にあたる 1,746 世帯で上水道が引かれている。

関係村落には非常に限られた数の医療施設しかなく、最寄りの Basic Health Units (BSU)にも数時間歩かなければならない住民がほとんどである。各村落から最寄りの医療機関までの距離を Table 3.33 に示す。調査範囲の全世帯のうち約 63 %の家庭に上水道が引かれており、その他の家庭でも徒歩 10 分圏内に水源がある。飲料水へのアクセス状況等を Table 3.33 に示す。

3.3.8 教育

ブータン国の就学人口は約 7 万人と言われており、これは 6～18 歳人口の 4 割強にあたる。

Wangdue Phodrang 地方には、教育施設として 1 つの高校、3 つの中学校、9 つの小学校及び 4 つの Community School がある。また、Wangdue Phodrang 町から約 9 km 離れた場所に Natural Resource Training Institute が存在する。

関係村落における教育レベルを示すデータを Table 3.34 に示す。調査対象とした 1,352 人のうち、約 80 %にあたる 1,079 人が文盲であった。全体の約 17 %にあたる人が VII クラスレ

ベル以上の教育を終了したか、受けている最中である。調査範囲にはCommunity Schoolと小学校があるのみであり、それ以上の教育を受けるにはWangdue町等に出なくてはならない。これらCommunity Schoolや小学校に通うにあたっても45分以上歩かなければならない状況である。各村落から最寄りの教育施設までの距離をTable 3.33に示す

3.3.9 文化財

計画に必要となる土地に文化財の存在は認められない。

3.3.10 少数民族

ブータン国には独自の文化をもつ民族集団が複数存在するが、その全体像は明らかになっていない。

関係村落の住民は、そのほとんどがDzongkha語を話すブータン人であり、東ブータン出身の家族が1世帯のみ確認された。