

ネパール王国アレン3水力発電開発計画 事前調査報告書

1986年2月

国際協力事業団

ネパール王国アルン3水力発電開発計画 事前調査報告書

JICA LIBRARY

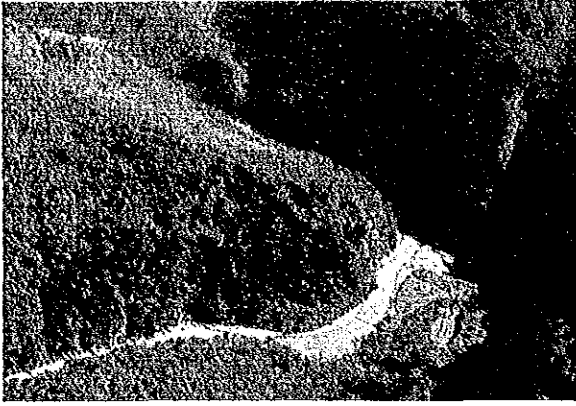


1060343[9]

1986年2月

国際協力事業団

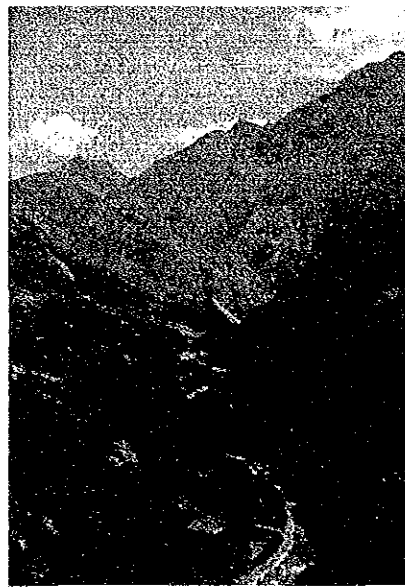
| 国際協力事業団 | |
|---------------------|-----|
| 受入 月日 '86. 6. 20 | 116 |
| 登録No. 12776 | 643 |
| | MPN |



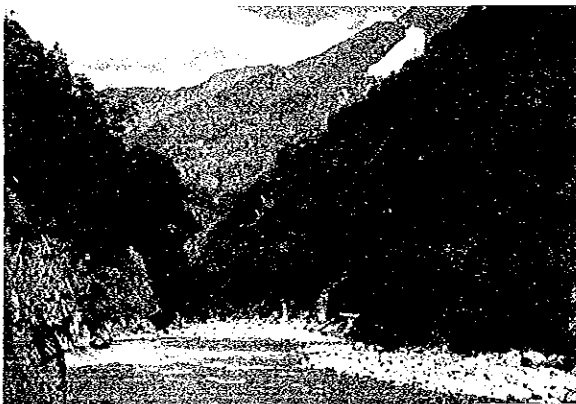
上・下流案ダムサイト（上空より望む）



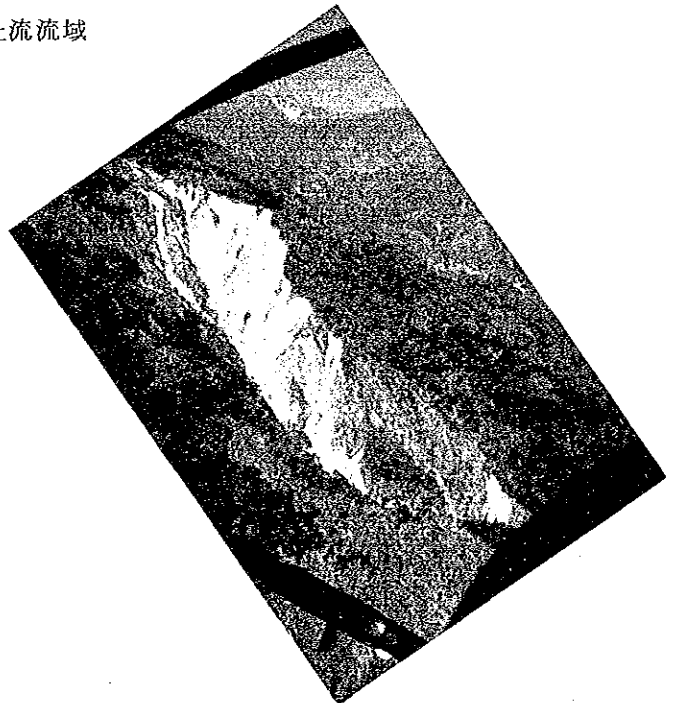
上流案ダムサイト（下流左岸より見る）



ダム上流流域



下流ダムサイト（上流左岸より見る）



上・下流ダムサイト間 左岸流入Num川上流部



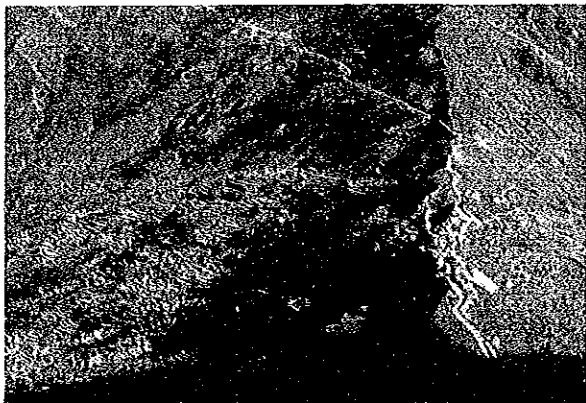
ダムサイトより約6Km上流 Gauging Station



上流発電所サイト(右岸上流より見る)



下流発電所サイト(上空より見る)



Access Road 東ルート始点付近



Scope of Work 及び Minutes of Meeting 署名
(左) Nepal Electricity Authority (NEA) (右) 鈴木調査団長
Managing Director Mr. H.M. Shrestha

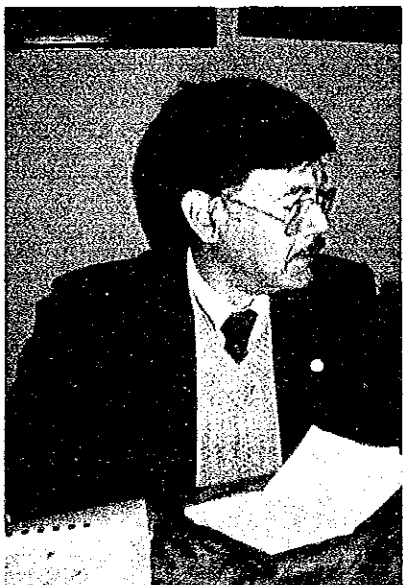


(左) NEA Director-in-chief, Engineering
Mr. R. C. Chaudhary



NEA Director, Project Preparation
Dr. J. L. Karmacharya

(右) NEA Director, System Planning
Mr. H. S. M. Pradhan

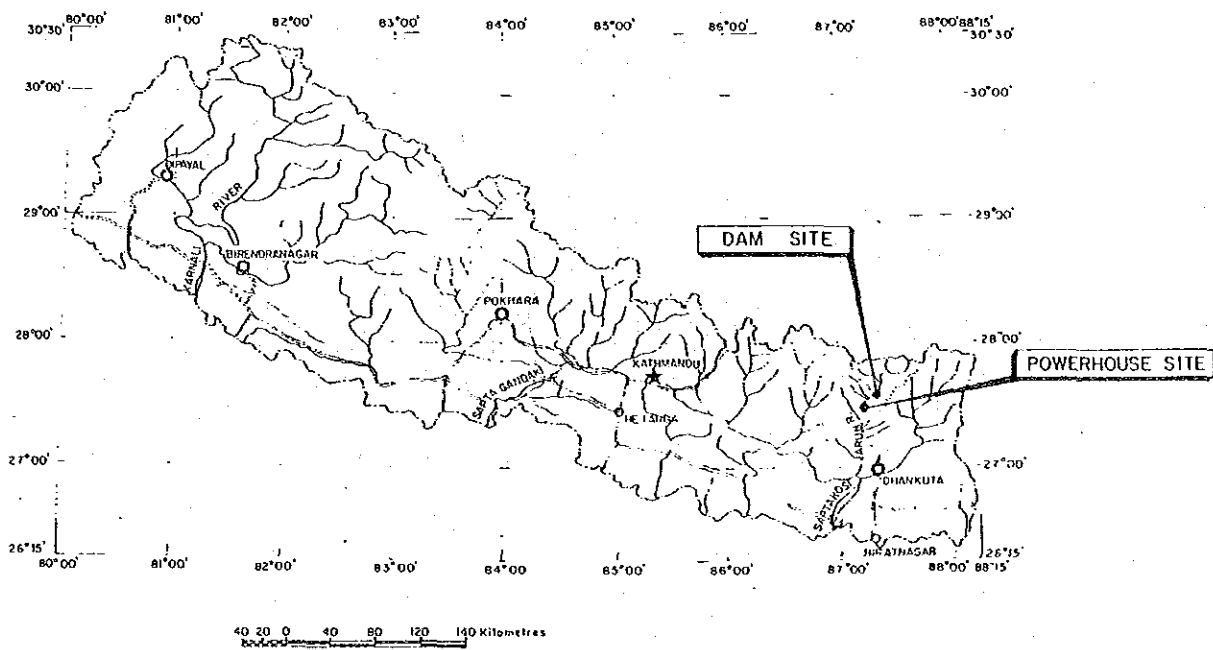
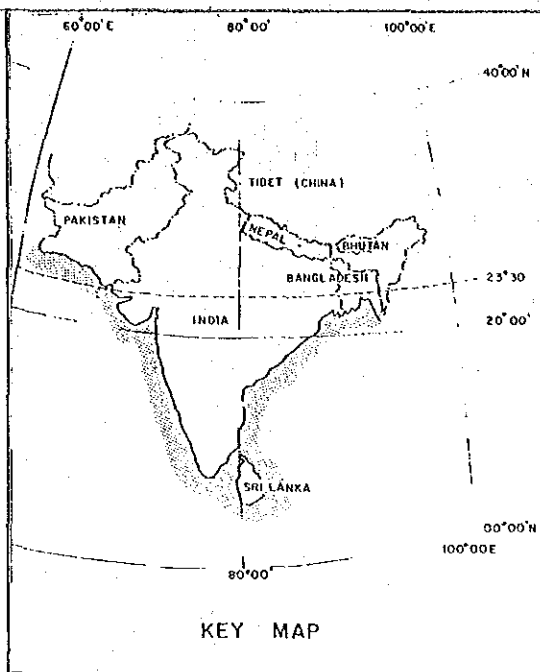



NEA Director, Investigation
Mr. O. P. Koirala



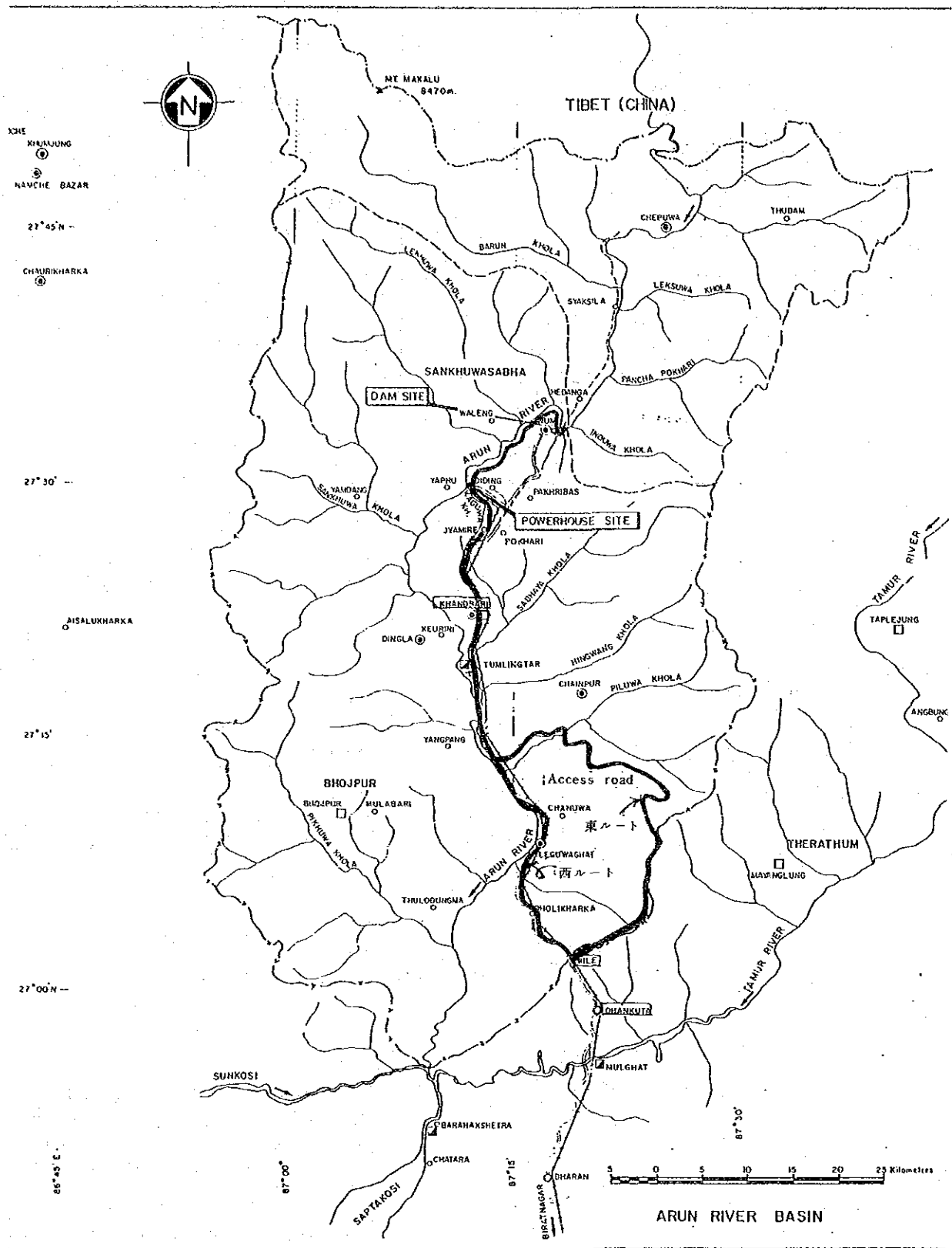
(左より) NEA Deputy Director, Project
Preparation Mr. J. K. Maskey
" Director, Project Design
Dr. B. K. Aryal
" Deputy Director,
Investigation Mr. S. N. Pradhan

- LEGEND**
- INTERNATIONAL BOUNDARY
 - PROJECT SITE
 - REGIONAL HEADQUARTER
 - DISTRICT HEADQUARTER
 - ○ TOWN / VILLAGE
 - == HIGHWAY
 - TRIBUTARY
 - - - ARUN-3 DRAINAGE BASIN (INSIDE NEPAL)
 - HYDROMETRIC STATION
 - ⊙ RAINFALL GAUGE STATION
 - ▭ DRAINAGE BASIN
 - - - PROPOSED ROAD ALIGNMENT (ACCESS)
 - - - PROPOSED TRANSMISSION ROUTE
 - ARUN RIVER BASIN
 - - - FOOT TRAIL
- OLANGCHANG GOLLA
●
- LUNGTHUNG
●
- TAPLETHOCK
●



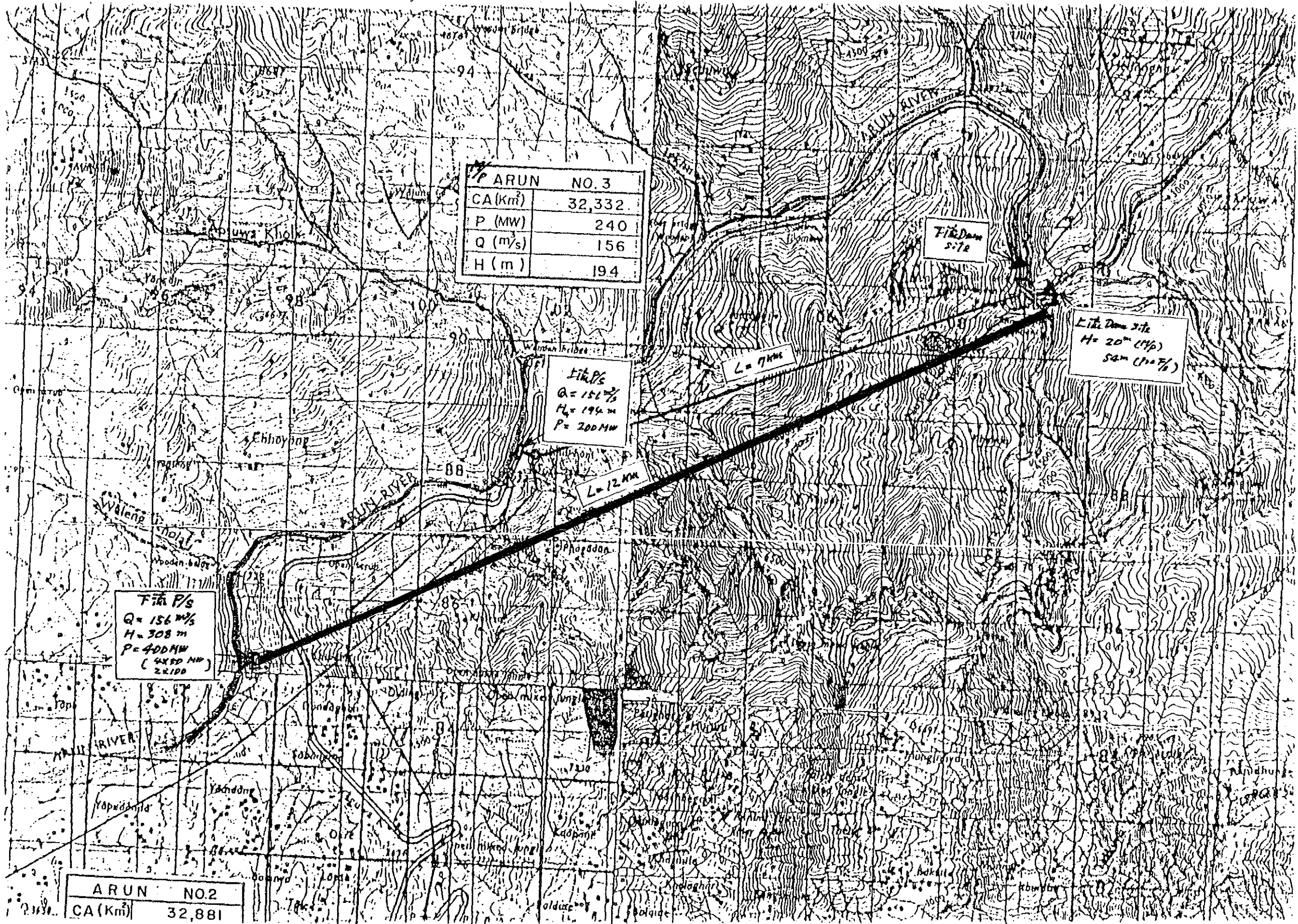
| | |
|--|--------------------|
|  Nepal Electricity Authority | |
| ARUN-3 HYDROELECTRIC PROJECT PREFEASIBILITY STUDY | |
| Title PROJECT LOCATION DRAINAGE BASIN, ROADS AND TRANSMISSION | |
| NEA | Date OCTOBER, 1985 |
| 89 | PLATE 1 |

87°55'E



ARUN RIVER BASIN

ARUN 3 Hydroelectric Project



目 次

位 置 図

写 真

| | |
|-------------------------|----|
| 1. 総 論 | 1 |
| (1) 調査の目的 | 1 |
| (2) 今回調査に至るまでの経緯 | 1 |
| (3) 調査団員及び調査期間 | 3 |
| (4) 調査地域の概要及び計画概要 | 4 |
| (5) 調査地域の電力事情 | 17 |
| (6) 現地での意見 | 23 |
| 2. S/Wの協議及び合意内容 | 24 |
| (1) S/W協議 | 24 |
| (2) S/W協議時の主要問題点 | 24 |
| (3) 合意したS/Wの内容 | 26 |
| 3. 地形図関係の調査 | 48 |
| (1) 現 況 | 48 |
| (2) F/S実施時の問題点 | 48 |
| 4. 水文関係の調査 | 51 |
| (1) 現 況 | 51 |
| (2) F/S実施時の問題点 | 52 |
| 5. 地質と地震関係の調査 | 61 |
| (1) 地質概況 | 61 |
| (2) F/S実施時の問題点 | 61 |
| (3) 地 震 | 62 |
| (4) ネパール側の調査能力 | 62 |
| (5) 文 献 | 63 |
| 6. 開発計画関係の調査 | 68 |
| (1) 対象地域の電力需要想定 | 68 |
| (2) F/S実施時の問題点 | 78 |
| 7. 環境関係の調査 | 82 |
| 8. アクセス道路関係の調査 | 83 |
| (1) ルート地域の概況 | 83 |
| (2) F/S実施時の問題点 | 83 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 9. F/S 関連参考事項 | 84 |
| (1) 現地へのアクセス | 84 |
| (2) 輸送道路, 港湾等 | 84 |
| (3) 資機材関係 | 84 |
| (4) 通貨, 言語 | 84 |
| (5) カウンターパートの組織 | 85 |
| 10. 収集リスト | 86 |
| 11. 質問調書 (Questionnaire) | 88 |
| 12. 現地訪問先リスト | 106 |
| (1) 面接者 | 106 |
| (2) 国家行政組織図 | 107 |

(1) 調査の目的

本調査ではフィージビリティ・スタディ（F/S）実施に先立つ事前調査を行なうことを目的とし、ネパール王国東部のコシ川を北から南に流れるアルン川のアルン3地点の水力発電開発計画に関し

- 1) ネパール王国の電源開発に対する同国の基本方針と、アルン3水力開発計画との関連
- 2) 現地踏査ならびに地形、地質、水文、社会、環境などについての概要調査、及び資料収集
- 3) ネパール側（ネパール電力庁—Nepal Electricity Authority：NEA）の本計画に対する熱意及び協力の程度

等を調査した上で

- 4) ネパール側と日本側の調査内容及び費用の分担、現地における便宜供与等について意見を交換し、SCOPE OF WORK（S/W）の協議を行なった後で、合意、署名する

ことを予定したものである。

(2) 今回調査に至るまでの経緯

ネパール国の経済的開発可能な包蔵水力は25,000MWであるが、現有設備容量はその0.45%に過ぎない。大きな開発可能性を残す同国ではあるが、電化率は4%、国民1人当りのエネルギー消費も世界最低水準である。本件計画はJICAが昭和58年から60年3月にかけて実施したコシ川流域水資源開発マスタープラン（M/P）調査においてプライオリティNo.1の水力地点として選定されたものであり、M/P調査と並行して59年から60年12月にかけてネパール電力庁（旧電気局＝DEとネパール電力公社＝NECとが60年8月統合されたもの）自身がプレF/Sを行なっている。

これらの調査を踏えて、ネパール政府は本計画の高い経済性を確認し、60年5月日本政府に対し、F/S実施にかかる技術協力を要請越した。

この要請に対し、日本側はプレF/Sレポートのドラフトを9月入手の上、事前調査取り組みぶりについて検討を行なった。そして関係各省会議を行ない、以下の対処方針を定めた。

— サプトガンダキ水力とアルン3水力との間でのネパール政府内における優先度について。

サプトガンダキは58年1月JICAによりF/Sが終了済である。一方アルン3は60年3月JICAによりコシ川流域水資源開発M/P調査の一環として計画が策定され、60年12月NEAによりプレF/Sが終了している。

これまでのネパール側の両プロジェクトの開発優先順位についての考えは以下の通り示されて来た。

- 60年 1月 シュレスタ電気局長（現NEA長官）のJICA本部訪問時発言「サブトガンダキをアルン3より先行させる」
- 6月 在ネパール日本国大使館よりの公電「大蔵次官によると電気局内ではアルン3をサブトガンダキより先行させたい意向」
- 8月 同じく公電「水資源大臣によると、アルン3をサブトガンダキより先行させる可能性が強まっているが、アルン3について道路もF/Sも出来ておらず、プライオリティ付けは難航している、との観測である」
- 11月 JICAカトマンドゥ事務所よりのテレックス「シュレスタ電力庁長官によると、すでにF/Sが終了していることから、サブトガンダキをアルン3よりも優先させる」

以上の経過はネパール政府内において、両プロジェクトがなお競合関係にあるとの見方を示すものであるが、調査団としては、出発前の最新情報である11月のシュレスタ電力庁長官の考え方を基本として事前調査に臨むものとする。

— 24万KWのM/P案と40万KWのプレF/S案の取り扱いぶりについて。

59年に作成されたTerms of Reference (T/R) では、設備出力24万KWとし、国内需要のみを対象とした流れ込み式のもの（JICAコシ川M/Pインテリムレポートをベースとしたもの）を想定している。

他方、60年7月のプレF/Sドラフトファイナルレポートにおいては、アルン3の計画域にその下流のアルン2の河川流域も合わせた形で導水路を延長し、かつ調整池式とした設備出力40万KWのものが結論として挙げられている。プレF/Sでの計画は40万KWを国内対象に一段階開発する場合と、最初20万KWネパール国内用に開発し、その後20万KWを増設し、インド売電用に開発する2段階方式との2種類が両論併記されている。

上述の通りM/P案とプレF/S案とでは計画の開発思想は大きく異なる。この両計画について「ネ」側にF/Sでの取扱いぶりを11月確認したところ、シュレスタ電力庁長官より「24万、40万に固執せず、F/Sとして最良の計画を立案して欲しい」との回答があった。これに沿って、F/Sでは、上記2つの計画を含めて、最適開発計画を作成することとする。

— アクセス道路について。

T/Rにおいてはアクセス道路について、「コスト積み上げに必要な概略設計（プレリミナリーデザイン）」を行なうことが要請されていた。この具体的な内容について、11月JICAカトマンドゥ事務所を通じて照会したところ、シュレスタ電力庁長官より「T/Rの通り協力して欲しい」とのことで調査項目の詳細についての「ネ」側案は出なかった。このため、日本側の判断として以下の通り扱うこととした。

すなわちS/W, III, 1(3)のTopographic Surveyにおいて1/10,000図を作成し、それ

に基づきⅢ, 2, Preliminary Designにおいてルートを選定を行ない, Ⅲ, 3, (2) Feasibility Designにおいて, 急峻部分, 橋りょうの長さ等を確定した上, Ⅲ, 3, (5) Economic and Financial Analysis of the Projectにおいて経済, 財務分析のコストに含めることとする。

また, Ⅲ, 1, (4) Geological Investigationにおいてはアクセス道路の調査は除くこととし要すればJICA社会開発協力部が通常行う道路のF/S(例えば, 3年間で2億円, エンジニア10人程度)レベルのものは行なわないこととする。これは水力発電開発計画での取付道路調査であることに鑑みたものである。

— 供与機材。

日本側S/W案ではF/Sの現地調査工事はプレF/Sが「ネ」側により実施されていることから, 相手方が機材を提供するとの見方をとっている。しかし, S/W協議においては, 「ネ」側より機材の不足など訴えられ, 供与を要請される可能性がある。

この場合は, 東京に請訓の上, M/Mに記載することとする。

(3) 調査団員及び調査期間

調査団員は表1-1の通りである。

現地調査期間は60年11月29日～12月14日の16日間である。詳細な調査日程は表1-2を参照。

表1-1 調査団員

| 氏名 | 担当 | 派遣期間 | 所 属 |
|--------|--------|---------------|--------------------------|
| 鈴木 治 夫 | 総 括 | 11月29日～12月14日 | 国際協力事業団 鉾工業計画調査部 資源調査課長 |
| 佐藤 文 三 | 水力発電行政 | 12月 7日～12月14日 | 通商産業省 資源エネルギー庁 公益事業部 発電課 |
| 白川 治 士 | 木 | 11月29日～12月14日 | (株)アイ・エヌ・エー 新土木研究所 技師長 |
| 森谷 虎彦 | 地 質 | 11月29日～12月14日 | (株)アイ・エヌ・エー 新土木研究所 嘱託 |
| 上島 篤志 | 業務調整 | 11月29日～12月14日 | 国際協力事業団 鉾工業計画調査部 資源調査課 |

表1-2

調査日程

| 日 順 | 月 日 | 曜 日 | 行 程 | 交 通 手 段 | 宿 泊 地 | 調 査 内 容 |
|-----|-------|-----|----------------------------------|---------|-------|----------------------------------|
| 1 | 11/29 | 金 | (鈴木, 上島, 白川, 森谷) 東京→バンコク(BKK) | 航空機 | BKK | (鈴木, 上島, 白川, 森谷) 移動 |
| 2 | 30 | 土 | BKK→カトマンドゥ(KTM) | " | KTM | 移 動 |
| 3 | 12/ 1 | 日 | | 車 | " | JICA, NEA(電力庁), 大蔵省外国 援助局長 表敬 |

| 日順 | 月 | 日 | 曜日 | 行 程 | 交 通 手 段 | 宿 泊 地 | 調 査 内 容 |
|----|----|----|----|-----------------|-----------------------------------|-----------------|--|
| 4 | 12 | 2 | 月 | | 車 | KTM | JICAの協力スキーム等説明, S/W案説明, 日本国大使館表敬 |
| 5 | | 3 | 火 | | " | " | S/W案説明, National Planning Commission表敬 |
| 6 | | 4 | 水 | | " | " | サイト踏査行程協議, 踏査準備, 公共事業省道路局長 表敬 |
| 7 | | 5 | 木 | KTM→アルン3サイト | " , ヘリコプター | アルン3サイト | 移動, サイト踏査(アクセス道路全域, 発電所及びダムサイト) |
| 8 | | 6 | 金 | | " | " | サイト踏査(ダムサイト, NEAの機材チェック) |
| 9 | | 7 | 土 | アルン3サイト →KTM | (佐藤) 東京→BKK ヘリコプター (佐藤) 航空機 | (佐藤) " (佐藤) BKK | " (ダム上流6kmの (佐藤) 水位観測所, 地上7地帯), 移動 |
| 10 | | 8 | 日 | BKK→KTM | 車 | KTM | 移動 踏査結果報告, S/W協議 |
| 11 | | 9 | 月 | | 車 | " | S/W協議, 水資源省表敬 左に同じ (以下12/14まで同じ) |
| 12 | | 10 | 火 | | " | " | S/W協議 |
| 13 | | 11 | 水 | | " | " | " |
| 14 | | 12 | 木 | | " | " | S/W署名, JICA, 大使館へ報告 |
| 15 | | 13 | 金 | KTM→香港 | 航空機 | 香港 | 移動 |
| 16 | | 14 | 土 | 香港→東京 | " | " | " |

(4) 調査地域の概要及び計画概要

1. 正式国名

ネパール王国 (The Kingdom of Nepal)

2. 歴 史

ネパールは1769年, 現在のシャー王朝初代プリトウビ大王による国家統一が達成されるまでは, 多数の土侯国に分裂, 群雄割拠していた。その後1845年からラナ将軍家による専制政治が行われていたが, 1951年インドの調停のもとに王制復古が実現した。ネパールはかつて外国の属国となったことはなく, 常に主権と独立を維持してきたアジアでも数少ない国の一つである。

3. 面 積

140,797 平方キロ (北海道の約 1.8 倍)

4. 地 理

ネパールは, 緯度 26°-15' から 30°-30' (沖縄と同じ緯度), 経度 80°-15' から 88°-15'

の間にある。従って東西に約 850 キロメートルと長く、南北に約 200 キロメートルの巾をもつほぼ長方形の国土である。

北辺はヒマラヤ山脈を境としてチベット（中国）に接し、東はシッキムと西ベンガル（インド）に境界をもち、そして南辺と西はインドのビハール州とウッタラプラデシュ州に接している。

南辺のインドに接する地方は、タライ平野と呼ばれ、巾 20～30 キロメートルに亘ってネパールの東から西まで広大な平地となっている。標高は約 200 メートルと低く、インド平原がそのままネパール領土になっているので、風物ともにすべてがインド的である。タライ平野の北部は、シワリク山脈と呼ばれる標高 600 メートルほどの礫層でできた丘陵地帯になる。これから更に北にかけて、サブ・ヒマラヤ山岳地帯となる。そこは標高 3,000 メートル前後の頂きを持つ山々が、見渡す限り波濤のように続き、それがやがて北辺のヒマラヤ山岳地帯へと高度を上げていく。首都のあるカトマンドゥ盆地、アンナプルナ連峰を間近に仰ぐポカラ盆地は、サブ・ヒマラヤの真ただ中にあり、標高はそれぞれ 1,350 メートルと 900 メートルである。

河川は、山と溪谷の国であれば当然のこと、複雑に組み入っているが、大きく分けて、東のコシ、中央のガンダキ、西のカルナリ川の 3 つの流域に分けられる。これ等はいずれもガンジス川に流れ込んでいる。

5. 人 口

1624.9 万人（1984 年：ネパール政府資料）

6. 人口増加率

2.65%（1984 年、「ネ」政府資料）

7. 識字率

23.3%（「ネ」政府資料）

8. 民 族

南のインド系と北のチベット、蒙古系とが交りあつた地帯にあるため、複雑な民族構成を持っている。リンブー、ライ、タマン、ネワール、グルン、マガール、タカリー及びその他の種族があり、多民族、多言語国家である。

9. 宗 教

ネパール憲法はヒンドゥー教を国教と規定しているが（第 3 条）、信仰の自由は認められている（第 14 条）。国民の大半はヒンドゥー教徒であり、次にチベット仏教徒及びごく少数の回教徒がいる。

10. 政 体 君主制

11. 元 首

ビレンドラ・ビール・ビグラム・シャー・デーヴ国王

12. 現在の政府

(1) 1983年7月13日成立

(2) 首相 ロケンドラ・バハドゥール・チャンド

(3) 政治的傾向

(イ) 政党なきパンチャーヤット制度による国王親政体制の強化

(ロ) 非同盟・中立主義, ネパール平和地帯提案を基軸とする善隣友好, 平和外交の推進による独立と安定の維持

(4) 主要政策

(イ) 政党なきパンチャーヤット制度と地方分権化の推進

(ロ) 経済成長率GDP 4.5%を目標とする第7次経済開発5カ年計画の推進

(ハ) ビレンドラ国王の「ネパール平和地帯構想」に対する支持獲得。

13. 立法機関

全国パンチャーヤット議会 (国会)

一院制: 議席数 140

民選議員 112

勅選 " 28

任期 5年

議長 マリチ・マン・シン

14. 選挙制度

(1) 選挙制

(イ) 普通成人選挙により選出される民選議員 112名

(ロ) 国王により任命される勅選議員 28名

(2) 選挙権・被選挙権

(イ) 選挙権 21歳以上の男女

(ロ) 被選挙権 25歳以上の男女

15. 司法

(1) 司法権は立法権・行政権とともに国王に帰属。

(2) 最高裁判所(1), 県裁判所(14), 地区裁判所(4)がある。

16. 地方制度

全国を14の県 (Zone) と75の地区 (District) に分け, 各県には県知事 (Zonal Commissioner) が1名ずつ国王の任命を受けて派遣されている。県知事は県内の治安維持, 開発事業の指導監督等行政の責任者である。

また, 14の県は5つの開発州 (Development Region) に分けられている。即ち東部 (Eastern), 中央部 (Central), 西部 (Western), 中西部 (Mid-Western), 極西部 (Far Western)

の各州である。

17. 国内総生産内訳 (百万ルビー)

| | 81/82 |
|---------------|--------|
| 1. 農 業 | 16,792 |
| 2. 鉱 業 | 68 |
| 3. 製 造 業 | 1,189 |
| 4. 電力・ガス・水道 | 90 |
| 5. 建 設 | 2,537 |
| 6. 商業・レストラン | 1,070 |
| 7. 運 輸 | 1,992 |
| 8. 金 融 | 2,351 |
| 9. 地域及び保健サービス | 2,174 |
| 計 (要素費用表示) | 28,263 |

(「ネ」政府資料)

18. 経済成長率

| | |
|-------------------|-------|
| 1978年 | 1.5% |
| 1979年 | 3.7% |
| 1980年 | -1.4% |
| 1973~82年 平均GNP | 3.0% |
| 同期間平均 1人当りGNP | 0.3% |
| 同期間人口 増 加 率 | 2.7% |

(ADB・世銀資料)

19. 1人当りの国民所得 (米ドル)

| | |
|--------|-----|
| 1978年度 | 120 |
| 1979 " | 130 |
| 1980 " | 140 |
| 1982 " | 170 |
| 1983 " | 170 |

(世銀資料)

20. 主要貿易相手国 (1982/83年度)

(1) 貿易相手先の構成 (単位：百万ルピー)

| | 輸 出 | 構成比 (%) | 輸 入 | 構成比 (%) |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| インド | 843.3 | 74.5 | 2,499.6 | 39.6 |
| その他の諸国 | 288.7 | 25.5 | 3,814.3 | 60.4 |
| 総 額 | 1,132.0 | 100 | 6,313.9 | 100 |

(2) インド以外の主要貿易相手国

| (A) 輸出相手国 | 金額 (百万ルピー) | インド以外の諸国への輸出に占めるシェア (%) |
|------------|------------|-------------------------|
| 1. 西 独 | 89.2 | 30.8 |
| 2. 英 国 | 56.2 | 19.4 |
| 3. イ タ リ ア | 38.8 | 13.4 |
| 4. ソ 連 | 26.2 | 9.0 |
| 5. 米 国 | 17.7 | 6.1 |
| 6. ス イ ス | 13.1 | 4.6 |
| 7. 日 本 | 11.4 | 3.9 |
| 8. シンガポール | 7.6 | 2.6 |

| (B) 輸入相手国 | 金額 (百万ルピー) | インド以外の諸国からの輸入に占めるシェア (%) |
|--------------|------------|--------------------------|
| 1. 日 本 | 726.6 | 20.4 |
| 2. 韓 国 | 466.9 | 13.1 |
| 3. 中 国 | 458.1 | 12.9 |
| 4. サウディ・アラビア | 428.9 | 12.0 |
| 5. ソ 連 | 273.5 | 7.7 |
| 6. シンガポール | 184.1 | 5.1 |
| 7. 米 国 | 133.5 | 3.7 |
| 8. 西 独 | 106.1 | 3.0 |

(ネパール貿易促進センター資料)

21. 主要貿易品 (1982/83年度)

輸出品目：カーペット (47.6%)，皮革及び革製品， (32.9%)，ジュート及びジュート製品 (4.7%)，既製服 (3.5%)，民芸品 (3.2%)，カーダマン (2.0%)

輸入品目：石油製品 (17.2%)，繊維品 (8.4%)，セメント (7.4%)，肥料 (5.8%)，機械機器及び部品 (5.3%)，運輸機器 (5.1%)，米穀 (3.6%)，建設資材 (3.5%)

(ネパール貿易促進センター資料)

22. 主要外国援助国実績 1982/83年度支出純額ベース 単位百万ルピー

| | |
|-------------|---------|
| (1) 日 本 | 3 4 6.4 |
| (2) イ ン ド | 2 9 9.8 |
| (3) 中 国 | 1 7 5.2 |
| (4) 米 国 | 1 4 1.4 |
| (5) 英 国 | 9 3.1 |
| (6) ス イ ス | 6 0.9 |
| (7) フ ラ ン ス | 5 3.4 |
| (8) 西 独 | 5 1.9 |
| (9) カ ナ ダ | 3 0.5 |
| (10) オーストリア | 0.2 |

(世銀資料)

23. 会計年度

7月16日～翌年7月15日

24. 時 差

日本より3時間15分遅れ

(インドとの間に15分間の時差あり。)

25. アルン3計画の位置するコシ県の概況

コシ県はネパールの東部開発州に属し、全国14県のうちでは東から2番目に位置する。県庁所在地はDhankuta(ダンクタ)、であり、県の最南部(インドとの国境近く)には工業都市Biratnagar(ビラトナガル)がある。

26. アルン3水力発電開発計画の概要

アルン3計画は、JICA社会開発協力部によって実施された、コシ川流域水資源開発マスタープラン(M/P)調査(58年5月～60年3月)のインテリムレポートにおいて、高いプライオリティが付けられた。これを受けて、ネパール側ではプレフィージビリティ調査(プレF/S)を59年から60年12月にかけて一部にカナダCIDAの援助を受けて、ネパール電力庁が行っている。

アルン川は同国東部を流れるコシ川水系(同国3大水系の1つ)にあり、上記M/PにおいてはアルンNo.1～6の6地点が計画されている。その中で中流域に位置するアルン3は最も高い優先度が付いている。

アルン3はネパール国内の需要に対処する発電単一目的の水力発電計画であり、その諸元は以下の通り。

| | JICAM/Pによる諸元 | NEAブレF/Sによる諸元 |
|-------------|------------------------|------------------------|
| 取水位 | 810 m | 840 m |
| 総落差 | 194 m | 308 m |
| 集水面積 | 32,332 km ² | 30,031 km ² |
| ダム・発電タイプ | コンクリート重力流込式 | 左に同じ |
| 最大取水量 | 156 m ³ /S | 156 m ³ /S |
| 設備出力 | 240 MW | 400 MW |
| 水路長 | 7.1 km | 12 km |
| 新設を要するアクセス路 | 約100 km | 左に同じ |

ブレF/Sでのプロジェクトの総論及びリコメンデーション、諸元及びダム・トンネルの設計図面は以下のとおり。(資料I-1, 2, 図1-1)。

1. CONCLUSIONS, RECOMMENDATIONS

The prefeasibility study has reached the following conclusions:

1.1 The Arun 3 development is economically attractive whether it be constructed in stages to suit domestic load growth alone, or whether it is constructed to its ultimate capacity in the first instance with the intention of exporting surplus energy in the first five years of project life.

1.2 On the basis of average energy costs, Arun 3 enjoys an advantage of 1.85 to 1 over Sapt Gandaki.

1.3 The most economic schemes are:

Case 1: All power sold from time of implementation

FSL 1470 m, single stage 12 km long tunnel 10 m dia, 400 MW installed.

Case 2: Power sales constrained by growth rate in Nepal

FSL 1470 m, two 12 km long tunnels 7 m dia constructed in two stages of 200 MW each.

The civil construction cost that can be deferred by adopting Case 2 is \$19 million.

The cost of energy for these two cases is:

Case 1 Average net cost of firm energy without capacity, 3.36 c/KWh.

Average cost of total energy plus capacity (including secondary energy), 3.24 c/KWh.

Case 2 Useful firm energy without capacity, 5.09 c/KWh

Average cost of total energy plus capacity, 3.5 c/KWh

In the case if the cost of the tunnel for second stage is included in the cost of first stage itself, the cost of average energy will be 3.63 c/KWh.

1.4 It is economic to construct the project in one stage even if a dedicated transmission line with a life of only five years is charged against Arun 3 as a cost of power export, assuming surplus power can be sold.

1.5 Most of the project is situated in strong and competent rock and no unusual geological problems are expected.

1.6 The generated flows are in conservative side, hence the energy generated may be considerably more than calculated in this study. More hydrological information is needed to confirm the dependable flow, especially from the part of the basin in Tibet. The flood discharge

may be in lower side, which should be verified in the next stage of study.

- 1.7 The design of the dam and the facilities provided to pass river bed load material and to remove suspended sediments from the power flow, is considered to be satisfactory at this stage, but comprehensive hydraulic model testing will be required to confirm this.
- 1.8 The design of the development from the power tunnel intake through to the tailrace, is conventional except that the sloping power tunnels are unlined.
- 1.9 The pondage that can be provided is adequate to support 400 MW of dependable generating capacity.
- 1.10 The timely construction of the access road is essential.
- 1.11 The only impact on the environment is likely to be that resulting from the construction of the road and transmission line and the fact that the dam will be a barrier to the upstream migration of fish. There are no resettlement problems. The road will have a positive socio-economic impact.

The prefeasibility study has led to the following recommendation.

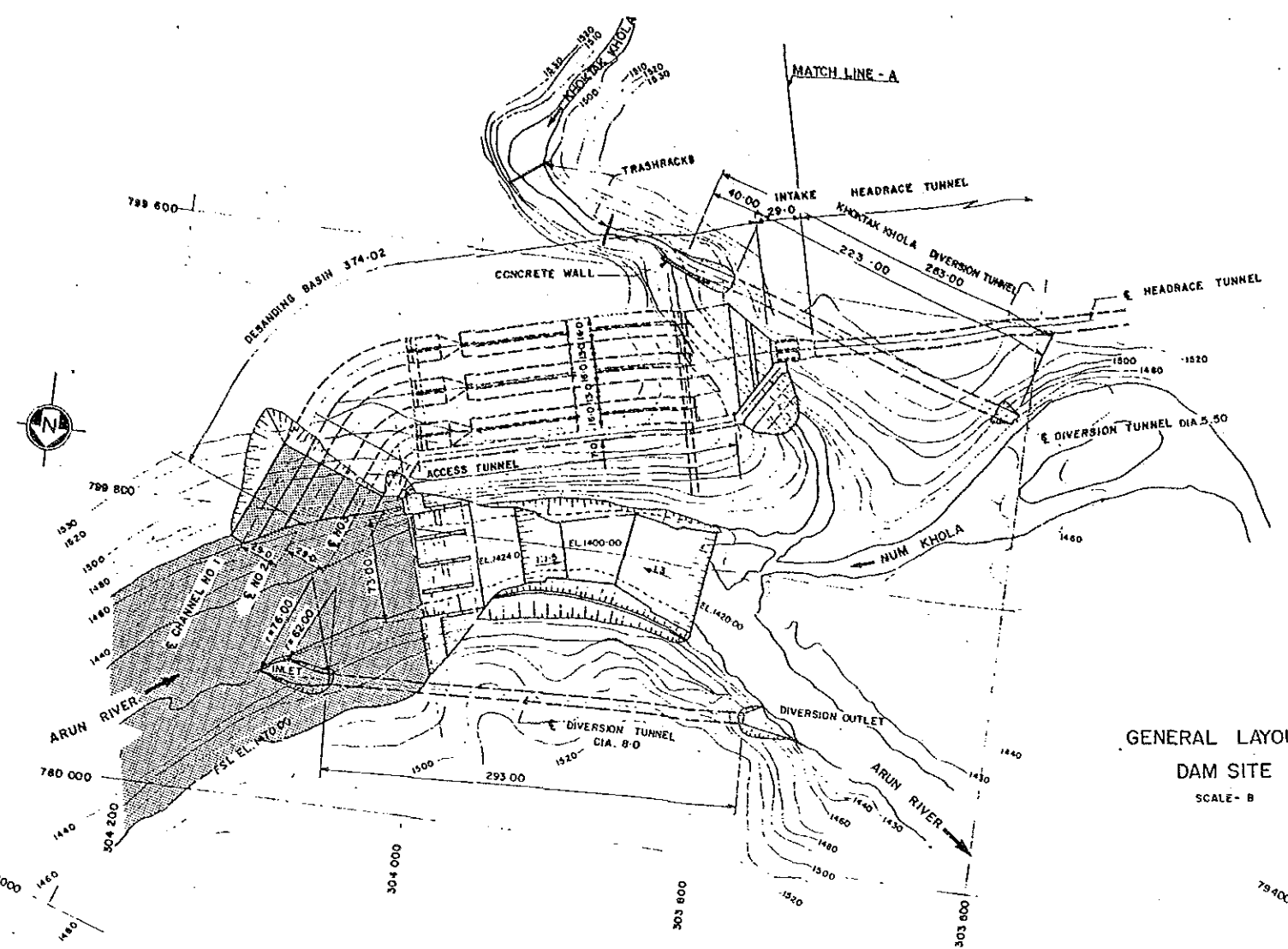
It is recommended that

- the Arun 3 project proceed to the feasibility study stage without delay
- the field investigations listed in Section 15 of the main report be planned for the 85/86 field season on the basis of the recommended project described in Section 8 of the same report.
- efforts be made to obtain hydrological and meteorological data associated with the Arun River drainage basin in Tibet from the responsible authorities.

2.3 PROJECT FEATURES 標高は海拔標高より約630m高いものを用いている)

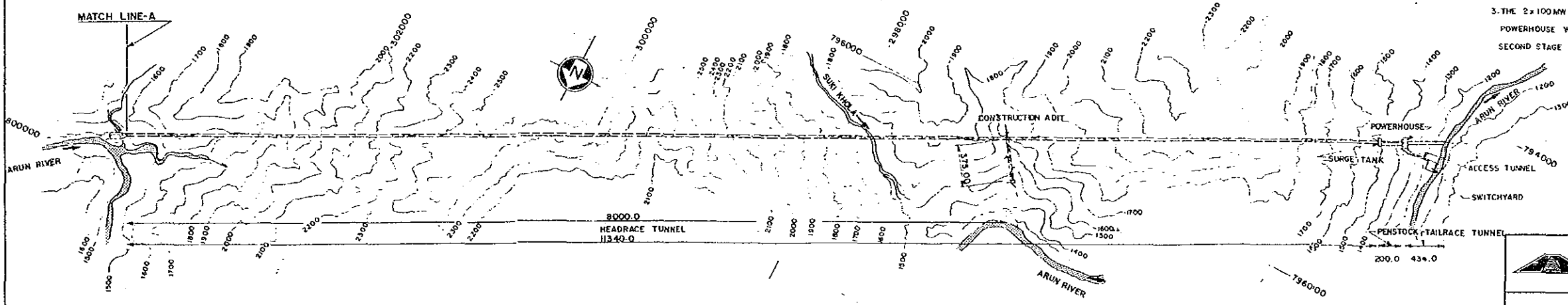
| | | |
|----------------------------------|--|------------------------|
| a) Drainage basin | | |
| Basin area | | |
| Total | | 30031 sq km |
| Inside Nepal | | 1381 sq km |
| Longterm average flow | | 286 m ³ /s |
| 1:10,000 year flood | | 9000 m ³ /s |
| Diversion design flood (May-Oct) | | 2100 m ³ /s |
| (Nov-Apr) | | 300 m ³ /s |
| b) Reservoir | | |
| Full supply level | | 1470 m |
| Drawdown | | 4 m |
| Daily Pondage | | 1.4 Mm ³ |
| c) Dam | | |
| Type | Concrete gravity | |
| Crest level | | 1472 m |
| Maximum high above bed rock | | 54 m |
| Crest length | | 125 m |
| d) Diversion during construction | | |
| Type | Concrete lined horseshoe type tunnel | |
| Number | | 1 |
| Diameter | | 8 m |
| Length | | 300 m |
| Cofferdam crest | | 1439 m |
| e) Spillway | | |
| Type | Chute spillway with ski jump flip bucket | |
| Number of gate | | 4 |
| Type and dimension of gate | Radial 16 x 11 m | |
| Crest elevation | | 1460 m |
| Sluice conduits | | 4 |
| Sluice conduits dimension | | 3 x 3 m |
| f) Desanding basin | | |
| Type | Bieri - Underground | |
| Capacity (Total) | | 156 m ³ /s |
| No of gallery | | 3 |
| Dimension of gallery | | 16 m wide x 150m long |
| g) Power tunnel | | |
| Type | Unlined horseshoe shaped | |
| Number | Single stage - one | |
| | Two stage - two | |
| Diameter | Single stage - 10 m | |
| | Two stage - 7 m | |
| Length | | 11300 m |

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| h) Surge tank | |
| Type | Simple surge tank |
| Diameter | 18 m |
| Height | 80 m |
| i) Powerhouse | |
| Type | Underground |
| Dimension | |
| Width | 30 m |
| Length | 146 m |
| Height | 48 m |
| j) Generating Equipment | |
| Number | 6 |
| Turbine type | Pelton |
| Rated power | 4 x 50 MW |
| | 2 x 100 MW |
| Generator capacity | 4 x 55 MVA |
| | 2 x 111 MVA |
| Gross head | 308 m |
| k) Transmission System | |
| Voltage | 220 KV |
| No of circuits | 2 double circuit to Biratnagar |
| | 1 double and one single circuit |
| | from Biratnagar to Hetauda |
| Lenght | 125 km up to Biratnagar |
| l) Cost (at May 1985 price) | |
| Single Stage | US \$ 519 million |
| Two stage (Total) | US \$ 526 million |
| First stage | US \$ 332 million |
| Second stage | US \$ 194 million |
| m) Energy generation | |
| Average | 2570 GWh |
| Prime | 1705 GWh |
| Secondary | 865 GWh |
| n) Energy Cost | |
| Single stage development | |
| Firm energy | 3.36 c/KWh |
| Average energy | 3.24 c/KWh |
| Two stage development | |
| Firm energy | 5.09 c/KWh |
| Average energy | 3.50 c/KWh |

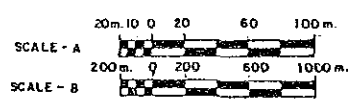



GENERAL LAYOUT PLAN
DAM SITE
SCALE - B

- NOTES:
1. DIMENSIONS ARE IN METRES.
 2. THE LAYOUT SHOWN ON THIS DRAWING IS FOR A SINGLE STAGE DEVELOPMENT. FOR A TWO STAGE DEVELOPMENT THE FOLLOWING CHANGES ARE NECESSARY:
 - a. THE INTAKE FROM HEADRACE TUNNEL CHANGES FROM A SINGLE TO DOUBLE INTAKE. SEE PLATE No.
 - b. THE HEADRACE TUNNEL CHANGES FROM ONE 100m DIA. TO TWO 7.0m DIA. TUNNELS, ARE PARALLEL AND ARE SPACED 50.0m APART.
 - c. ALL OTHER FEATURES REMAIN UNCHANGED.
 3. THE 2 x 100MW TURBINES / GENERATORS IN THE POWERHOUSE WOULD NOT BE INSTALLED UNTIL THE SECOND STAGE.



GENERAL LAYOUT PLAN
TUNNEL ROUTE/POWERHOUSE
SCALE - A



| | |
|---|-------------------------------|
|  Nepal Electricity Authority | |
| ARUN-3 HYDROELECTRIC PROJECT PREFEASIBILITY STUDY | |
| Title GENERAL ARRANGEMENT PLANS DAM, TUNNEL | |
| NEA <i>[Signature]</i> | Date OCTOBER, 1985 PLATE 1 |

(5) 調査地域の電力事情

ネパールの電力事業を総括監督している行政機関はネパール電力庁 (Nepal Electricity Authority : NEA) である。NEAは昭和60年8月16日、それまでの水資源省電気局 (Department of Electricity : DE) とネパール電力公社 (Nepal Electricity Corporation : NEC) とが統合されて出来た機関である。業務としては、電源開発の為の調査、発電所の建設・管理、給電、料金徴収まで一括して行なう。

NEAの組織表は本報告書終りに添付する。アルン3のF/Sにおいては、NEAに4部あるうちのEngineering部が関係し、この部にはProject Preparation, Design, 及びInvestigationの3課がある。

ネパール全体の発電設備は1983年現在で水力84%ディーゼル16%、トータルで132.98 MWである。ネパール国の第6次国家開発計画(1980-1985年)においては、水力開発について以下の如き扱いとなっている。

基本的な戦略として、農業開発を優先する、家内・小工業の開発強化、輸出の促進と観光開発、既存の社会資本の利用、各種資源の利用方法の行政強化、人口増加の抑制と並んで、天然資源の保存と水資源開発を挙げている。この水資源開発では発電用水資源の最大利用をうたっており、この戦略に沿って電力の具体的な開発施策では次の通りあげられている(資料1-3参照)

電 力

電力はネパールの経済開発の根本である電力開発の無尽蔵に近い潜在力と石炭、ガス、石油などの代替エネルギー資源が未だ発見されていないため、開発計画の当初から電力開発に重点を置いている。

第1次計画の開始前の1955/56年では、水力発電は2,077kW、ディーゼル発電は4,203kW、合計6,280kWの設備能力であった。

第4次計画の最終年度(1974/75)では、水力発電は36,368kW、ディーゼル発電は13,266kW、合計49,634kWに増加した。

第5次計画の最終年度(1979/80)では、水力発電は52,588kW、ディーゼル発電は15,758kW、合計68,346kWの設備能力に増加した。(18,712kWの純増)。

これに各工場の自家用発電11,568kWを加えると、現在の総設備能力は79,914kWとなる。

水力を中心とする電力生産は過去の開発計画中に加速的に増大しているが、それでもなお急増する国内需要を満足できず、電力不足は国家経済の開発の最大の障害の一つとなっている。

電力の計画需給

第5次計画中に、電力需要は年率15.8%増大したものと見られる。

しかし、供給が需要に追いつけないため、第5次計画の最終年度(1979/80)では電力不足は17,000kWに達した模様である。

第6次計画では、電力需要は年率16%増大すると推定している。

また、1985~1990年の間に、電力需要は年率12.8%増と推定される。

この計算根拠によれば、1989/90年度の電力需要は357,000kWの記録的数字に達する。第6次計画の水力発電事業は上記の計画を基に策定された。

第6次計画の目標

第6次計画の電力開発の主要目標は、各種の産業分野の電力需要の増加に対応して十分な電力を供給するほか、森林資源の枯渇を防止するため、電力の国内消費を拡大し、また輸送体系を電化して、石油消費を減らすことにある。

政 策

電力生産の基本政策の一つとして、国内の長期需要の充足と共に、余剰電力を輸出して外貨を獲得するための水力発電事業を立案する。これらの事業は可能な限りかんがいなど公共サービスを含む多目的事業とする。

小水力発電事業は山岳州で実施し、家内工業と小工場の開発と農業生産の増大を促進する。また、低コストの代替エネルギーの調査のため、研究調査事業に着手する。

運用方針

運用方針として、現在実施中の事業を予定通り完成させ、また電力の安定供給を確保する総合システムを開発拡大すると共に、水力発電の建設コストを低減する技術の開発とディーゼル発電の段階的縮小を図る。

具体的目標

第6次計画の目標は129,923kWの水力発電と15,000kWのディーゼル発電を建設し、合計144,923kWを新設する。

また、各種の電圧の送配電線1,324kmを新設する。

プログラム

第6次計画では次の事業を実施する。

1. 大規模水力発電；

第6次計画では、家庭用需要と共に農工業の需要を充足するため、6件の大規模水力発電事業を実施する。

このうち、クリカニ(60,000kW)、デビガト(14,100kW)とマルシャンディ(50,000kW)事業は第6次計画中に完成するが、カンカイ(38,000kW)、極西部州のギムルク(10,000kW)とデオガト・サプトガンダキ(150,000kW)は第6次計画中に着工する。

2. 小水力発電；

遠隔の山岳州では、中小河川を利用して発電する可能性は十分ある。

小水力発電は村落の家庭用需要と共に農工業の需要を充足する。

山岳州で着工された26件の事業のうち、第5次計画では僅か3件の事業が完成したに過ぎない。

第6次計画では残り13件の事業(3,341kW)の完成を予定している。

新規事業については、東部州で6事業、中央州で2件、西部州で4件、極西部州で3件、第5次開発州で3件、合計18事業(2,482kW)を完成する。

つまり、第6次計画中に完成する小水力発電事業は41件で、設備能力合計5,823kWである。

3. ディーゼル・センター；

大規模水力発電事業は懐胎期間が比較的長いので、応急措置を講じて供給ギャップを充足する。

このため、ディーゼル発電機をヘタウダ(10,000kW)とピラトナガル(5,000kW)にそれぞれ1基づつ設置し、合計出力15,000kWとなる。

第5次計画中に着工したヘタウダのディーゼル・センターは1980/81年に完成する。

4. 送電線の建設と拡大；

発電所から消費地まで送電するため、829 kmの送電線と33 kvの送電線495 km、合計1,324 kmを設置する。

132 kvの送電線については、デビガト～カトマンズ、マルシャンディ～バラトプル、バラトプル～ポカラ、ヘタウダ～ジャナカプール～ピラトナガル、バラトプル(ドムケバス)～プトワルの送電線網を完成するほか、プトワル～ネパールガンジ、ヘタウダ～カトマンズ、ヘタウダ～バラトプル間の送電線建設に着手する。

5. 電 化；

現在の配電線網の拡大と統合は、工業、商業、農業、一般家庭など全消費者に電力の安定供給するため、継続的な努力を必要とする。同じく工業、商業、農業の潜在力のある地域を電化することは、電化事業の重要な側面である。

第6次計画では、五つの開発州の電化事業を需要に応じて継続する。

6. 調査と事業化調査；

第6次計画では水力発電能力を組織的に開発するため、各種の調査と事業化調査を実施する。

コン流域水力発電に関するマスタープランの立案と共に、ムルガト(タムール河)の事業化調査を完了する。

150,000 kWのデオガト(サプトガンダキ)の最終事業化調査を完了するほか、バグマティ河多目的事業の技術的、経済的妥当性調査を開始する。

同じくラプティ河多目的事業(極西部州)の事業化調査に着手する。また、他の河川と流域の調査と妥当性調査を行う。

7. そ の 他

(a) カルナリ水力発電事業；

第5次計画では事業レポートが完成し、3.6百万kWの発電能力と想定される。

第6次計画では事業実施から生ずる他の便益(かんがいと洪水制御など)を評価し、事業着工のための準備作業を行う。

(b) 水資源電力庁；

この機構は水と電力の普及に関連する全ての政府機関を調整し、ガイドラインを与えるほか、電力、かんがい、水路、飲料水、養魚など水資源の利用に関する調査研究および土壌流失を点検する。

この機構は第6次計画でも上記業務を継続する。

支 出

第6次計画では電力開発のため3,800百万ルピーを支出する。

上記の第6次国家開発計画でのプログラムは多くのものが計画通りには実現していない(例えば、マルシャンディ水力は1985年にようやく建設のための契約にとりかかった状態であり、サブトガンダキ水力はF/Sが1983年に、追加ボーリング工事(Engineering Study)が1985年に終了した状態である)と思われる。

それ故、1985～1990年の第7次計画では、第6次のプログラムがずれ込むことが予想されるが、ネパール政府としての基本的な電力開発施策は第6次の思想に沿ったものとなると思われる。

(6) 現地での意見

(a) 日本側の意見

日本大使館及び、JICAカトマンドゥ事務所では、
一本計画についてはネパール側がプロジェクトの優良性に鑑み、M/Pに引き続いてF/Sの実施を日本側に求めていたものであり、調査団の来「ネ」を歓迎する。また事前調査に際しては、NEA以外に大蔵省、他の関係機関、及びNEAに対し技術的アドバイスをを行っているCIDAエンジニアのいるWEG(Water Energy Commission)への表敬訪問も行なわれたい。

(b) ネパール側の意見

NEAでは、
一日本からの援助としては、サブトガンダキ水力のF/Sを56年～58年にうけて以来のプロジェクトが本アルン3計画のF/Sとなる。

本計画についてはJICAのコシ川M/Pのインテリムレポートにおいて優良性が確認されて以来ネパール側は注目し、自身の資金で、CIDAの援助を受けながらプレF/S調査を行なっている。日本側が、本計画のプレF/Sの終了に合わせて迅速に対処し、60～61年の乾期中に事前調査団を送っていることを高く評価する。

アルン計画は現在、建設施工の契約段階に入っているマルシャンディ水力(66MW)、58年F/S終了しているサブトガンダキ水力に引き続く案件として考えている。言い換えれば実施(インプリメンテーション)のプライオリティ№1はサブトガンダキであり、調査(スタディ)のプライオリティ№1はアルン3である。

National Planning Commission(NPC)及び大蔵省外国援助局、水資源省では、
一サブトガンダキに引き続くプロジェクトとしてアルン3のF/S実施を強く期待している。
公共事業省道路局では、
一アルン3計画のアクセス道路は道路局としても、ネパールの全国的な自動車道路整備計画の一環として考えているダンクターカンドゥバリ間の自動車道(コシ・ハイウェイという)計画と重なるものである。アルン3のF/Sにより道路計画がより一層前進することを期待する。

2. S/Wの協議及び合意内容

(1) S/W協議

調査団は12月1日～4日及び、8日～11日S/Wについての協議を行ない、あらまし以下の通り交渉過程を経てS/W署名を行なった。

- 12/ 1 調査団より要請受取り以後の検討経緯とS/Wの構成につき説明
- 2 道路の調査についての取扱いぶり協議、NEAよりT/R・ブレド/Sのヒヤリング
- 3 S/W案の逐条説明、質疑応答、協議
- 4 3日の続き、最終的なNEAとしてのS/W変更希望部分の確認、東京への公電及びJICAテレックスによる請訓準備
- 8 東京からの対処方針を基にNEA側の変更希望部分について一項目ずつ協議
- 9 8日の続き、団内にてM/M案の作成
- 10 M/Mの協議、S/W・M/Mのタイピング (NEA)
- 11 シュレスタNEA長官からのS/W・M/Mに関する「特別の要請」及びそれに基づく一部文書修正、調査団側から「要望」開陳。
- 12 S/W・M/M署名

(2) S/W協議時の主要問題点

S/W案と署名正文との間での主な変更点は以下の通り。()内はS/Wの通しページ番号。

- * 1. (表紙) ネパール側署名機関名 (NEA) の下に入れていた「ネパール王国」の表現を削除する。
- * 2. (P.1) 案で(右側)UNDERTAKING内にあったNEAの位置付け項目をINTRODUCTION第3パラグラフに移す。12月4日段階では、NEA側がINTROの第2段落最終部分の“the authorities of HMG/N”の代わりに、“本アルン3プロジェクトの実施に責任を持つ、HMG/Nを代表するNEA”なる旨の表現を入れるよう希望していたことに対応するものである
NEAとしては、JICAの責任主体がINTROに明示されていることと合わせたい、HMG/Nではなく、NEAが本プロジェクトの「ネ」側代表者であり、国内他省庁との調整もNEAが責任を持って行なう、との意向から12月4日段階のカウンター案を示したものである。
- * 3. (P.3) III-1-(2)について案で「the Project area」となっていたものをブレイクダウンして「the Project area, access road and transmission line」とし、よりミスリーディングがないようにする。
- * 4. (P.4) III-1-(6)にて「氷河湖からの洪水 (GLOF) についての調査」を1項目あげる。

NEAはエベレストそばのナムチェに小水力を建設中であったが1984年にGLOFにより河が土砂で埋まり、建設を断念することを含め検討中の由である。この経験に基づき、アルン3においても調査することの重要性をNEAは述べ、日本側も「ネ」側も中国より資料入手した場合は、水文解析の1項目として考察することとしたもの。

- * 5. (P.4) III-1-(8)の「サイトへの輸送体系調査」を一項目あげる。発電機器など日本より輸入する場合、インドから陸揚げしてサイトへ運ぶこととなる。この輸送状況の調査はF/Sで当然含まれるもので、S/W案には明記していなかったものをNEAの希望により挿入したもの。
- * 6. (P.7) VII-1-(3)の「and out」を「or taken out」とする。12月11日NEAシュレスタ長官の“特別の要望”の一つとして挙げたもの。「ネ」側の説明によると「これまで“into and out”との表現の為に、外国から持込んで「ネ」で消費してしまう機材について免税措置が大蔵省より取付けられなかった」、のでアルン3では「brought into or taken out」として全てのネパールに持込み、持出す機材についての免税担保をとりつけることとしたものである。
- * 7. (P.13, 14) 地形調査中の地表調査(3-2)地質調査中のコアドリリング、弾性波(地震)探査、試掘横坑、現位置(現場での)岩盤試験(4-2~4-5)について案ではブレF/SをNEAが作成していることに鑑み、「ネ」側にて機材提供可能と考えていたところ、ブレF/SはCIDAなどが機材を持込み行なったもので、NEAに機材の無いことが判明した。この為、NEAで負担することが合理的と考えられるもの(爆薬の入手、取扱い作業、NEAドリリング技師の提供)について、NEA側負担とし、それ以外はJICAにて負担することとした。「ネ」側としては、サブトガンダキのF/SではJICA“まるがかえ”にて上記の調査工事を行っていた旨を強調している。
- * 8. (P.15) 6.のNEA側4.の水文観測所については、ダム上流6 km, ダムサイト, トゥムリントールの3ヶ所が利用可能との情報により案を作成していた。ところが、ダム上流6 kmの観測所は1984年設置後、1985年雨期の洪水にて流されてしまい、水文データの欠損が生じている。このデータのF/Sにおける重要性に鑑み、「ネ」側で水文観測所建設に必要な資機材の提供を行なうこととし、M/M(10.)では「ネ」側のJICAによる水文機器供与の希望を記載することとする。

以上のS/W本文の文言の変更併せて、M/Mにて、S/W内容についての両者間の意見の交換内容・合意内容をあらし以下の通り記載した。

1. SCOPE OF THE STUDY 中の phase -I study (1)の「review of “各種データ”」の意味、(reviewにて、アルン3の開発スキームを決め、現地調査工事の作業工程・内容を無理

無駄・むらのないものとする。)

2. アクセス道路についての調査内容、(一般道路のF/Sの如き作業内容は含まない、PreliminaryなデザインをFeasibility Designにては行なう)
3. 試掘横坑について。(絶対F/Sで行なわなければならぬものというものでなく、コアドリリングで充分となれば行なわないこともありうる。)
4. 氷河湖からの洪水について、(今後ネ側が中国に資料入手を交渉する状況にあり、データ入手の難しさが予想される。そこで、水文担当者が通常の水文解析の一環として、データが入手できれば行なうこととする。)
5. 経済分析について、(「ネ」側の特に強い希望として“the least cost generation expansion program”を考慮する。)
6. NEAの提供するものとして、S/W中HNQ/NのUNDERTAKINGの3-(3), (5), (6), にあがっている、事務室の設備、車両、ヘリコプター、通信手段、についての注釈。
7. APPENDIXII, TECHNICAL UNDERTAKING中の注釈。
 - a) 地形図作成に関して。(既存の地形図を修正して作成することもありうる。)
 - b) NEAの非所有機材についての持込み、及び作業終了時の持出し。
 - c) NEAがlabourersをアレンジする。JICAがその賃金を支払う。
 - d) c)と同様、コアドリリングに必要な燃費はJICA負担とする。
8. C/P研修についてのネ側の希望と、調査団の返答。
9. 水理構造物の堆砂に対する調査(事前調査団が、直ちに必要とは判断出来ないので、F/Sの現地調査終了後検討する。)
10. 水文観測機器についてのネ側の希望と、調査団の返答。

(3) 合意したS/Wの内容


NEAとの間で合意、署名したS/W及び同時に署名したM/Mについて、以下に示す。

SCOPE OF WORK FOR THE FEASIBILITY STUDY
ON ARUN-3 HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT
IN THE KINGDOM OF NEPAL

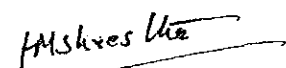
AGREED UPON BETWEEN
NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY
AND
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

KATHMANDU

12 DECEMBER 1985



HARUO SUZUKI
LEADER
PRELIMINARY STUDY TEAM
THE JAPAN INTERNATIONAL
COOPERATION AGENCY



H.M. SHRESTHA
MANAGING DIRECTOR
NEPAL ELECTRICITY
AUTHORITY

I. INTRODUCTION

In response to the request of His Majesty's Government of Nepal (hereinafter referred to as "HMG/N"), the Government of Japan has decided to implement the Feasibility Study (hereinafter referred to as "the Study") on Arun-3 Hydro-electric Power Development Project (hereinafter referred to as "the Project") in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan.

Accordingly the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programs of the Government of Japan, will undertake the Study in close cooperation with the authorities of HMG/N.

Nepal Electricity Authority (hereinafter referred to as "NEA") shall act as counterpart agency to the Japanese Study team and also coordinating body in relation with other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.

The present document sets forth the Scope of Work with regard to the Study.

TP

AMS

II. OBJECTIVE OF THE STUDY

The objective of the Study is to formulate the optimum project plan and assess technical, economic and financial feasibility of the Project.

III. SCOPE OF THE STUDY

The Study consists of the following three (3) phases:

1. Phase -I Study (Preliminary survey and field Investigation)
2. Phase -II Study (Preliminary design)
3. Phase -III Study (Feasibility design)

The detailed scope of work at the respective phases are itemized as follows:

1. Phase -I Study

- (1) Review of existing data, information, reports and the study results of the Master Plan Study on the Kosi River Water Resources Development and the Prefeasibility Study on the Project, as well as seismicity study.

Handwritten mark

Handwritten mark

(2) Reconnaissance of the Project area, access road and transmission line

(3) Topographic Survey

1) Aërophotographic survey

- Control point survey
- Aerial mapping

2) Ground Survey

- ⊕ Installation of survey posts and bench marks and control survey
- Ground survey and mapping

(4) Geological Investigation

- Surface geological survey
- Core drilling investigation including permeability test at the sites of dam, powerhouse, penstock and surge tank
- Seismic prospecting at the sites of dam, powerhouse, penstock and surge tank.
- Test adit excavation and in-situ rock loading test at the sites of dam and powerhouse.
- Geomorphological survey of the pondage rim for sedimentation
- Geological mapping

7/10

HM

(5) Construction Material Survey

Survey and pitting of river deposit for aggregate and survey of other materials

(6) Meteorological and Hydrological Investigation

- Collection and analysis of meteorological and hydrological records
- Measurement and analysis of river discharge including flood and drought at the gauging stations of dam site, 6 Km upstream from dam site and Tumlingtar.
- Investigation for sedimentation
- Quality analysis of river water
- Study of Glacier lake outburst flood

(7) Power Survey

- Survey of existing and future power plant, transmission line and substation
- Survey of present and future power demand and supply

(8) Construction Cost Survey

- Survey of unit price of labour and construction materials
- Survey of international market and domestic price of equipment
- Survey of transportation system to the site

ST

MY

(9) Economic and Social Survey

- Survey of national and regional economy
- Survey of social aspects

(10) Environmental Aspects Survey

2. Phase-II Study

Preliminary Design

- Comparative study to formulate the optimum development plan
- Selection of transmission line route, substation site and access road route

3. Phase- III Study

(1) Study and Review of Optimum Power Generating Scheme

- Determination of the timing, staging and phase of the Project with NEA's generation and transmission lines expansion plan.

HMS

(2) Feasibility Design

The design work shall include principal civil works, steel structures, electro-mechanical equipments, temporary and permanent facilities including access road, transmission line and substation.

(3) Construction Plan for Implementation of the Project

The schedule upto the commercial operation of the Project will be prepared with bar chart and critical path method.

(4) Cost Estimation

The cost estimation of the Project will be broken down into local and foreign currency costs. The schedule of yearly disbursements will be prepared.

(5) Economic and Financial Analysis of the Project

Economic analysis will include computation of capital cost and operation and maintenance costs, examination and economic analysis of alternative power sources, project analysis from the view point of national economy, cost-benefit analysis, calculation of economic internal rate of return and sensitivity analysis.

Financial analysis will include determination of financial capital cost, cash flow, evaluation of financial internal rate of return and sensitivity analysis.



- (6) Assessment of the ecological, environmental and sociological impact of the Project.

IV . STUDY SCHEDULE

The whole work will be conducted in accordance with the tentative time schedule as shown in Appendix I.

V. REPORT

JICA shall prepare and submit the following reports in English to NEA:

- 1) Inception report - 30 copies
- 2) Progress report - 30 copies
- 3) Interim report - 30 copies
- 4) Draft Final report - 30 copies. NEA shall submit comments on the Draft Final report within 1 month after receiving the report.
- 5) Final report - 50 copies within 2 months after receiving the comments on the Draft Final report from NEA.

hms



VI. TECHNICAL UNDERTAKING

The division of technical undertaking by JICA and NEA is detailed in Appendix II.

VII. UNDERTAKING OF HMG/N

1. To facilitate the smooth conduct of the Study, HMG/N shall take the following necessary measures:

- (1) To secure the safety of the Study team.
- (2) To permit the members of the Japanese Study team to enter, leave and sojourn in Nepal for the duration of their assignment therein, and exempt them from alien registration requirements and consular fees.
- (3) To exempt the members of the Japanese Study team from taxes, duties and any other charge on equipment, machinery and other materials brought into or taken out of Nepal for the conduct of the Study.
- (4) To exempt the members of the Japanese Study team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emolument or allowance paid to the member of the Japanese Study team for their services in connection with the implementation of the Study.
- (5) To provide the necessary facilities to the Japanese Study team for remittance as well as utilization of

141

the funds introduced into Nepal from Japan in connection with the implementation of the Study.

- (6) To secure permission for entry into private properties or restricted areas for the conduct of the Study.
- (7) To secure permission to take all data and documents (including photographs) related to the Study out of Nepal to Japan by the Study team.
- (8) To provide medical services as needed. Its expenses will be chargeable on the members of the Japanese Study team.

2. HMG/N shall bear claims, if any arises against the members of the Japanese study team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the Japanese Study team.

HA

40

3. NEA shall, at its own expense, provide the Japanese Study team with the followings, in cooperation with other relevant organizations.

- (1) Available data and information related to the Study.
- (2) Counterpart personnel.
- (3) Suitable office space with necessary equipment in Kathmandu.
- (4) Credentials or identification cards.
- (5) Adequate means of local transport including helicopter.
- (6) Any other necessary communication facilities during the course of the Study, such as telephone, telex and transceivers etc.
- (7) Clearing of paths for execution of field survey, geological survey and drilling work on the Project area.

VIII. UNDERTAKING OF JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures:

- (1) To despatch, at its own expense, Study teams to Nepal.
- (2) To pursue technology transfer to the Nepalese counterpart personnel in the course of the Study.

HMS




IX. CONSULTATION

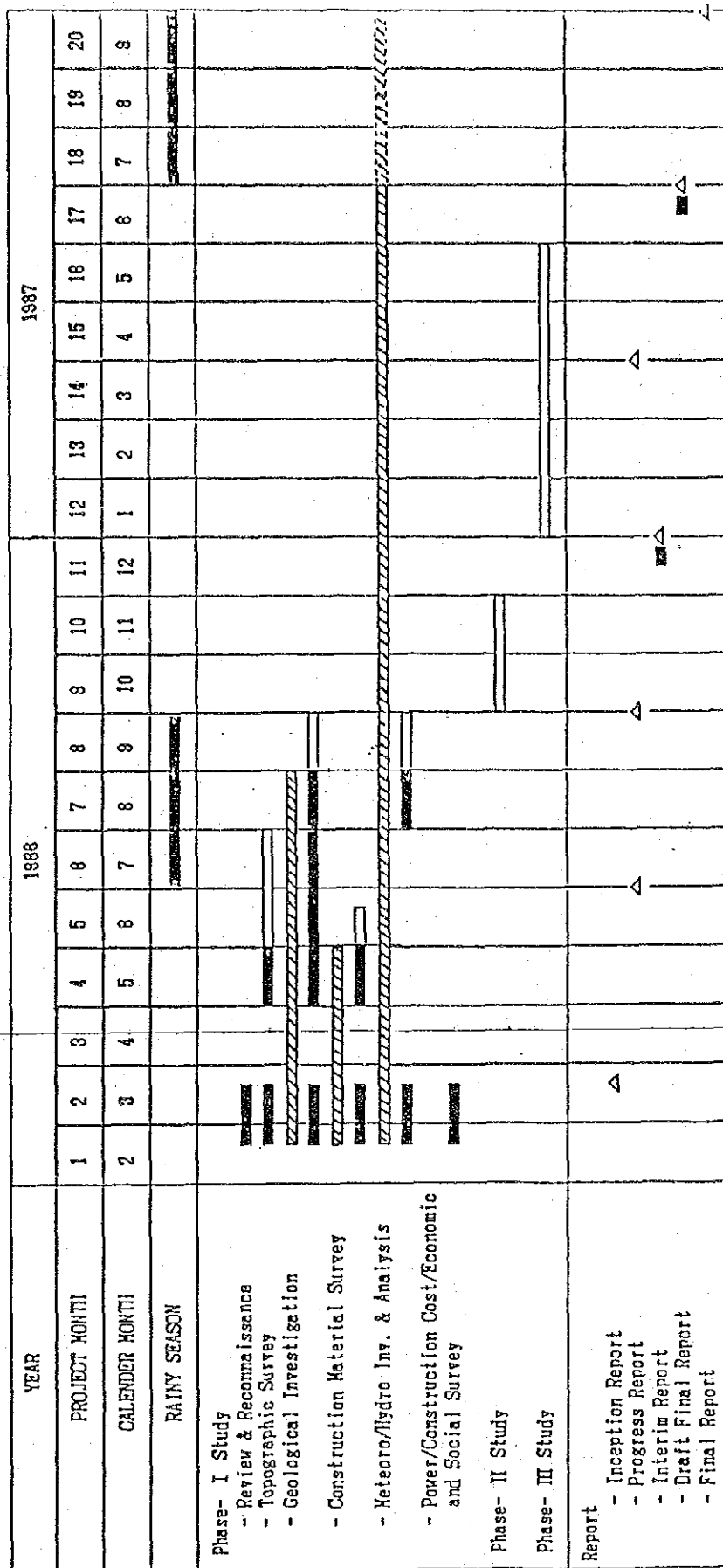
JICA and NEA shall consult with each other in respect of any matter that is not agreed upon in this document and may arise from or in connection with the Study.

Handwritten signature

Handwritten initials

Appendix I Tentative Time Schedule for Feasibility Study of Arun-3 Hydroelectric Power Development Project

 Work in Nepal by IIRG/N
  Work in Nepal by JICA
 Work in Japan



Handwritten notes:
 1-21 July

APPENDIX II

Technical Undertaking by JICA and NEA for Feasibility Study On Arun-3 Hydroelectric Power Development Project

| WORKING ITEM | UNDERTAKING BY JICA | UNDERTAKING BY NEA |
|-------------------------------|--|--|
| 1. Review Study | 1. Review of previous study, collected data and information | 1. Provision of required data |
| 2. Reconnaissance | 1. Reconnaissance of the Project area, access road and transmission line | 1. Provision of counterpart engineers |
| 3. Topographic survey | 1. Control point survey | 1. Provision of counterpart assistant surveyors and labourers for the control point survey |
| 3-1 Aerophotographic survey | 2. Aerophotographic mapping on the scale of 1/10,000 along the access road and transmission route, 1/5000 covering major structures and pondage from the existing aerial photo | 2. Provision of aerial photographs and films |
| 3-2 Ground survey | 1. Installation of survey posts and bench marks and control survey | 1. Provision of counterpart assistant surveyors, labourers and materials |
| | 2. Ground survey and mapping on the scale of 1/500 at the site of major structures. | |
| 4. Geological Investigation | | |
| 4-1 Surface geological survey | 1. Survey on the Project area | 1. Provision of counterpart engineers and labourers |
| 4-2 Core drilling | 1. Selection of drill hole sites | 1. Provision of operators and labourers for drilling works. |

APPENDIX II (CONTD.....)

| WORKING ITEM | UNDERTAKING BY JICA | UNDERTAKING BY NEA |
|-------------------------------|--|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 2. Core drilling works and permeability tests 3. Provision of spare parts 4. Geological assessment of drilled cores and analysis of the result of permeability tests | <ol style="list-style-type: none"> 2. Provision of necessary equipment and materials. |
| 4-3 Seismic prospecting | <ol style="list-style-type: none"> 1. Selection of site 2. Seismic prospecting and analysis of the results | <ol style="list-style-type: none"> 1. Blasting work associated with seismic prospecting 2. Provision of necessary materials for blasting |
| 4-4 Test Adit Excavation | <ol style="list-style-type: none"> 1. Selection of sites 2. Adit excavation | <ol style="list-style-type: none"> 1. Blasting work associated with adit excavation 2. Provision of necessary materials for blasting |
| 4-5 In-situ rock loading test | <ol style="list-style-type: none"> 1. Selection of locations 2. In-situ rock loading test 3. Analysis of the test results | <ol style="list-style-type: none"> 1. Provision of counterpart engineers and labourers 2. Provision of materials |
| 4-6 Geomorphological survey | <ol style="list-style-type: none"> 1. Geomorphological and geological survey on the pondage area 2. Analysis of the area for sedimentation | <ol style="list-style-type: none"> 1. Provision of counterpart engineers and labourers |
| 4-7 Geological mapping | <ol style="list-style-type: none"> 1. Geological assessment based on the results of field geological investigation | <ol style="list-style-type: none"> 1. Provision of existing available data on geology, particularly the data of the Prefeasibility Study. |

[Handwritten signature]
[Handwritten initials]

APPENDIX II (CONTD...)

| WORKING ITEM | UNDERTAKING BY JICA | UNDERTAKING BY NEA |
|---|--|---|
| 2. | Preparation of geological maps on the scale of 1/5,000 for tunnel route and pondage and 1/500 for the sites of major structures | |
| 5. Construction material survey | <ol style="list-style-type: none"> 1. Field reconnaissance survey 2. Preparation of specification for pitting 3. Analysis for the results of tests | <ol style="list-style-type: none"> 1. Provision of counterpart engineers for the field reconnaissance 2. Pitting and tests for aggregate materials 3. Provision for necessary materials |
| 6. Meteorological and Hydro logical investigation | <ol style="list-style-type: none"> 1. Analysis of meteorological, hydrological and glacier data 2. Supervision of measurement of river discharge, including flood at the existing gauging stations 3. Supervision of investigation for sedimentation 4. Preparation of specification for quality analysis of river water | <ol style="list-style-type: none"> 1. Provision of the existing data for meteorology, hydrology, sedimentation and glacier 2. Measurement of river discharge, flood and suspended sand 3. Chemical analysis for river water 4. Provision of necessary structure for gauging station |

Handwritten marks:
 A large handwritten 'H' or 'J' with a diagonal slash.
 A signature or scribble below it.

MINUTES OF MEETING BETWEEN NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY ON ARUN-3 HYDROPOWER
PROJECT FEASIBILITY STUDY

Nepal Electricity Authority (NEA) and JICA's Preliminary Study Team for Arun-3 Hydroelectric Power Development Project discussed the Draft Scope of Work (S/W) which was brought in by the latter from 30th November to 11th December 1985 in Kathmandu. Both parties exchanged views and gave comments on the principles, concepts and implications related to the content of the draft S/W as follows, and agreed that this Minutes of Meeting shall be read in conjunction with the scope of work and referred in carrying out the Study.

1. Regarding para III-1-(1), JICA team stated that through the "Review of data etc;" preliminary project formulation shall be made and thus the dam site, powerhouse site as well as type of power generation will be determined and described in the Inception report.
2. In connection with the access road, both parties agreed that the reconnaissance (Para III-1-(2)) will be made by means of helicopter and the preliminary design (Para III-2) will be made on the basis of 1:10,000 topographic map. It was further explained by JICA team that the inclusion of access road in Feasibility Design (Para III-3-(2)) does not therefore mean separate feasibility study of the road.

3. Concerning the test adit excavation which is followed by In-situ rock test(Para III-1(4), JICA team stated that, although it constitutes a part of required geological investigation, this work may not be essential if core drilling be done to follow up the previous investigation. NEA expressed the importance of the work. Therefore it was agreed that discussion will be made when needed.

4. As for the glacier lake outburst flood(GLOF) study(Para III-1(6) both parties agreed that, due to the difficulty in obtaining the relevant data and information, the technical undertaking of both sides in this regard shall be incorporated to the hydrological investigation (App. II-6)

5. In connection with the Economic analysis(Para III-3-(5), NEA requested to analyse the project in view of the least cost generation expansion program, the concept of which is much clearer than the "view point of national economy". Details will be discussed at the time of drafting the Inception report.

HL

70

6. With regard to the Para VII-3, both parties agreed as follows:

- a) "Necessary equipment" of 3-(3) means furniture and electric appliances.
- b) As for 3-(5), NEA may provide the team with vehicle only when it is available, JICA will therefore bear the cost to rent vehicles otherwise needed. Concerning the cost of helicopter transportation, NEA and JICA will share at the ratio of 50:50.
- c) As for 3-(6) "telex, transceivers etc" will not be available from NEA but NEA will be able to arrange necessary permission for these wireless communication.

7. Concerning the Appendix II, the technical undertaking of both side has partly been modified. Exchanged views and opinions on other parts are as follows:

- a) As for aerophotographic survey(3-1), JICA team stated that the material for mapping shall not be limited to the existing aerial photo though it is so described, NEA explained that the films may only be made available through negotiations with the concerned party.
- b) JICA team understood the explanation made by NEA in relation to the equipment having been utilized in pre-feasibility study and agreed to bring in such equipment/instruments needed.

for this feasibility study. The team also stated that such equipment is to be brought out upon completion of the study. Para VII-1-(3) will be applied in this regard, NEA confirmed.

c) NEA's undertaking of "Provision of Labourers" means necessary arrangement for employment as well as fixing the amount of salary/per diem etc, and the cost will be borne by JICA.

d) Regarding article (4- 2), the fuel for drilling work will be arranged by NEA and the cost of the fuel will be borne by JICA.

8. In connection with the Technology transfer (Para VIII-(2)

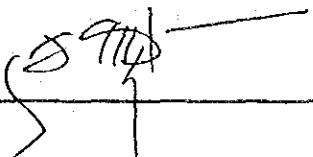
NEA requested JICA team to make available 6 ~~man~~-months training program for the engineers/members of counterpart group in Japan so that they can participate in F/S stage work. JICA team explained that they are not in a position to meet this request but efforts may be made in the coming fiscal year to include these engineers in the training opportunities quota for HMG/N.

9. NEA requested to include the study of hydraulic structures for sedimentation under identical physical condition in the Scope of Study mainly because one of the major problem of this project is sedimentation. JICA team stated that the inclusion of this study will be considered after the completion of the field work.

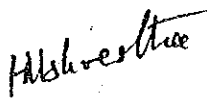
Handwritten signature

10. NEA also requested, concerning the equipment to be prepared by JICA, that at least a water gauging equipment may be donated to HMG/N so that washed-away upstream station could be restored. JICA team will bring back this request to Japan for further consideration.

Kathmandu, 12 December
1985



(H. SUZUKI, JICA)



(H.M. SHRESTHA, NEA)

3. 地形図関係の調査

(1) 現 況

アルン3水力発電プロジェクトに関連する地形図としては、現在までの調査で下記のものがあることがわかっている。

| | | | |
|-------------|-------------|---|------|
| ○ネパール国全域に対し | 1/63,360 | 1インチ=1マイル | 政府発行 |
| " | 1/50,000 | | " |
| " | 1/250,000 | Joint Operating Graphic | |
| " | 1/750,000 | Nepal Police Mountaineering & Adventure Foundation | |
| " | 1/1,000,000 | Joint Operating Graphic | |

1/50,000 地形図のインデックスマップは図3-1に示す。ネパール国全域の政府発行の地図は Topography Department の所管であり、NEA 経由で入手、持出可能である。

1/25万、1/75万、1/100万の地形図は Joint Operating Graphic または mountain Map としてカトマンドゥ市内の書店にて入手可能である。

○アルン川（河川より50m上まで） 1/10,000 1983/84年 JICA によるコシ河M/P
にて作成

（既存 1/50,000 航空写真より 1/10,000 図化した。）

○アルン3関係 NEA が Sintegra（フランス）会社に依頼して 1984年 Pre-F/S にて作成
（航空写真 1/20,000 を作成し下記図化を実施）

| | | | | |
|---------------|----------|----------|-------|----------------------|
| ダムサイト | 4 sheets | 1/200 | 上流、下流 | ダムサイト案含む |
| " | 2 sheets | 1/1,500 | | " |
| 発電所サイト | 3 sheets | 1/500 | | 発電所案2ヶ所含む |
| トンネルルート | 3 sheets | 1/20,000 | | トンネル 7 km, 12 km 案含む |
| ダムサイトおよび調整池地域 | 2 sheets | 1/2,000 | | |

但し標高は仮標高で実標高と約 630 m の差がある。なおこの写真は既存基準三角点と連結がなく、コントロールポイントがはっきりせず且つフィルムネガはフランスにある。

(2) F/S 実施時の問題点

今回の S/W では既存の 25 万分の 1 地形図を利用する他、アルン3のプレ F/S 実施時に作成した地形図があるためこれらの利用を考えるべきであるが、既存基準三角点と連結がなく、コントロールポイントもはっきりせず、且つフィルムネガはフランス本国にあり入手困難であるため、コシ河M/P時およびプレ F/S 時使用した 1/20,000~1/50,000 航空写真より 1/5,000 プロジェクト地形図の図化をすることが最良である。なおアクセス道路およ

び送電線に対しては1/20,000航空写真がなく既存1/50,000のものを利用して1/10,000の図化をする。図化にあたっては、既存地形図の基準三角点と既存航空写真を合わせ図化するが、調整池より発電所を含む1/5,000地形図に対しては、既設三角点より閉合するトラバース基準点を設けダム発電所間の水準測量により、精度を向上するものとする。

調整池および水路などのための1/5,000地形図はブレF/S時に使用したトンネルルート1/20,000、ダムサイトおよび調整池区域1/2,000地形図を拡大または縮小し、且つBMの差および基準三角点との関連を考え、図化することが可能であればこれで十分である。ただし別途実施する地上測量によるダム、発電所など構造物のための1/500地形図の結果を合わせ補正に用いるものとする。

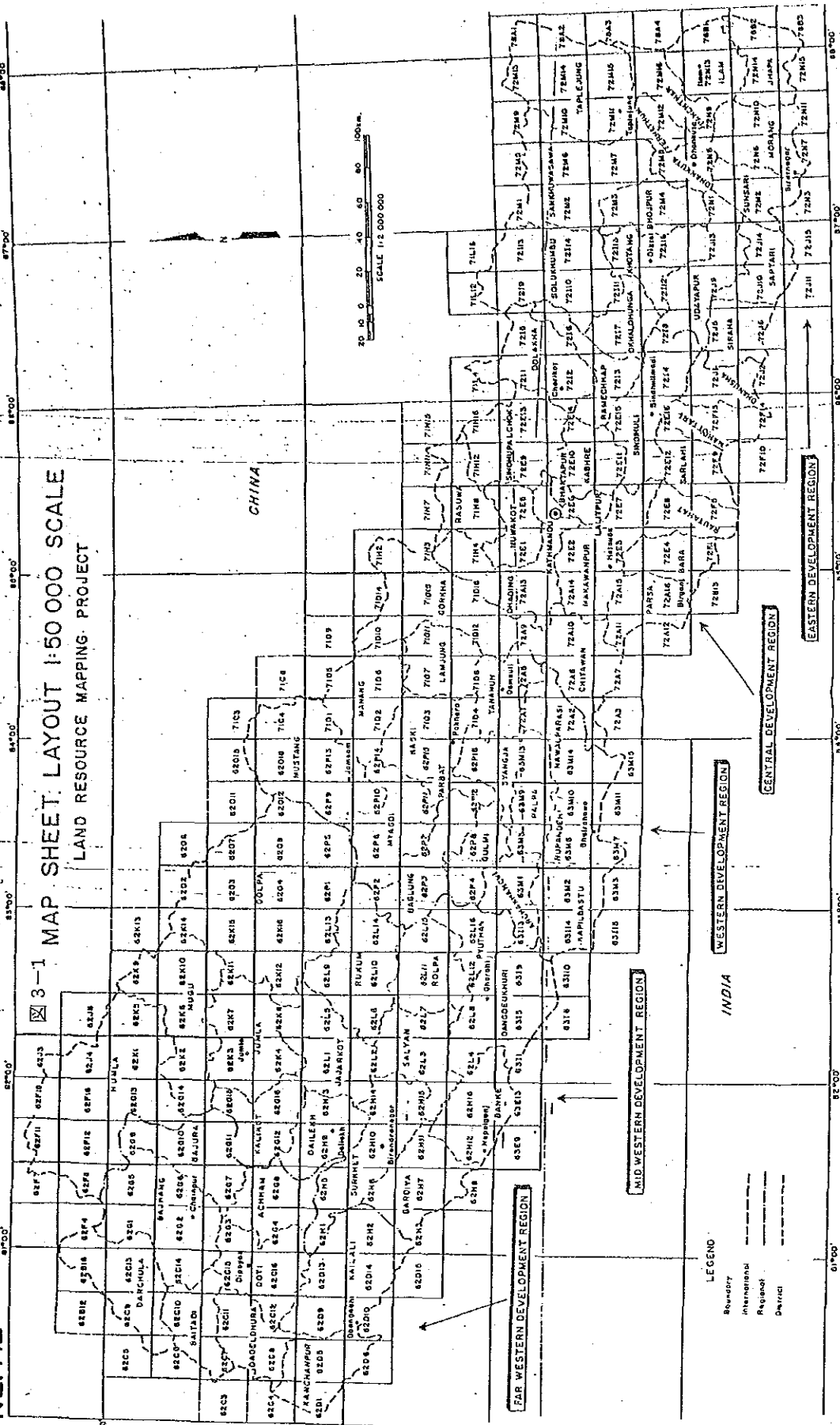
ブレF/S時にダムサイト、発電所サイトなど主要箇所の1/200~1/500の地形図を作成しているが、時間がなかったため全て航空写真1/20,000より図化したものである。F/Sに際しては主要構造物周辺の地上測量にて実測し1/500の地形図を作成することが必要である。

アルン3プロジェクトに関する地形図の作成にあたってNEAがアシスタント・サーベイヤー、労務者および測量杭などの一部雑材料と使用する航空写真などを提供することとなっている。すなわちこれら以外は全て日本側F/S調査団にて測量と図化を行うことが必要となる。

NEPAL

MAP SHEET LAYOUT 1:50 000 SCALE LAND RESOURCE MAPPING PROJECT

3-1



LEGEND

- Boundary
- International
- Regional
- District

Published by M.S. Survey Department, Topographical
:h, Kathmandu, 1994.

4. 水文関係の調査

(1) 現 況

本地点の位置するアルン川は、ネパール国東部のKOSI(コシ)県を南北に流れ、ネパール国東部よりインドに流れるサブトコシ川の主要支川の一つである。

アルン川はその源をヒマラヤ山脈のチベット側に発し、その流れは大ヒマラヤン周辺、チベット内陸部を通りネパール国に入り、北から南に流れる。そして、サブトコシで東よりタムール川、西よりスンコシ川、そしてアルン川が合流し、サブトコシ川となっている。アルン川の流域は、チベットの山々からマハーバーラト山脈へと拡がっているが、その流域の大半はチベットにあるという特質がある(図4-1参照)。アルン3のダム予定サイトの流域面積は約 $30,031\text{ km}^2$ でありそのうちチベット(中国全領)の約 $28,650\text{ km}^2$ (約95%)がヒマラヤ山脈の北側にある。北よりの地域は高度が約 $3,000\text{ m}$ ~ $4,500\text{ m}$ と高く、流量資料あるいは雨量資料は乏しい。ネパール側のヒマラヤ山脈南側の流域は約 $1,381\text{ km}^2$ にすぎず、加えてその75%が高度 $3,000\text{ m}$ 以上となっている。

アルン川ダムサイト周辺は急流が連続して続き、河川勾配は約 $1/30$ ~ $1/100$ である。

チベット域内の年間降雨量は、約 300 mm といどと云われているが(JICAコシ河M/Pによる)、ネパール領内の平均年間降雨量は約 $2,500\text{ mm}$ と考えられる(NEAプレF/Sによる)。

アルン川流域には明らかに二つの季節がある。NEAプレF/Sでは7月~9月を雨期としているが5月から9月にわたり年間降雨量の約75%をもたらすモンスーンがあり、10月より翌年4月までは雨量が少ない。

アルン3水力プロジェクトに関する流量観測所としては、ダムサイト予定地より 50 km 下流のTumlingtar(トゥムリントール) Gauging Station(G/S)があり、1975年より観測が開始され約10ケ年の記録がある。長期間の平均流量は約 $420\text{ m}^3/\text{s}$ 、平均年間降雨量は約 $2,500\text{ mm}$ である。流域面積は約 $30,762\text{ km}^2$ である。

ダムサイト付近にも水位観測所が2~3年前より設置され、現在に至っている。ダムサイト上流約 6 km にはDIHMにより1984年に自動記録計を有するG/Sが築造されたが、1985年の洪水により流失したため欠測となっている。早急に設置する必要がある。

なお、トゥムリントールG/S下流にLaguwghat G/Sがあつたが利用可能な観測記録は約4ケ年間であり、現在は観測されていない。

トゥムリントールG/Sにおける最近10ケ年間の流量概要は表4-1のとおりである。

アルン川流域に関連すると考えられる雨量観測所は表4-2の6ケ所と考えられる。内アルン3水力プロジェクトの流域内にあるものは1ケ所である。

水文関係、気象関係資料は全てDepartment of Irrigation, Hydrology & Meteorology(DIHM)の所管であり、NEA経由で入手することが可能である。

既設流量観測所位置図および雨量観測所位置図は図4-2, 3, および図4-4, 表4-3の通りである。

表4-1 トムリントール 月平均流量 (m³/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 | 年最大流量(m ³ /s) |
|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|------|------|------|--------------------------|
| 1975 | 1250 | 1250 | 1440 | 1870 | 2737 | 6092 | 9292 | 7996 | 9699 | 5187 | 2290 | 1475 | 1,474.0 |
| 1976 | 1115 | 1071 | 1135 | 1327 | 2364 | 7780 | 8698 | 9259 | 6730 | 3637 | 2287 | 1617 | 1,591.0 |
| 1977 | 1292 | 1294 | 1499 | 2107 | 2794 | 5428 | 9337 | 11,237 | 7061 | 4868 | 2817 | 1864 | 2,096.8 |
| 1978 | 1490 | 1452 | 1640 | 2150 | 3815 | 7731 | 9267 | 10,445 | 7613 | 4327 | 2476 | 1709 | 1,855.4 |
| 1979 | 1269 | 1205 | 1308 | 1830 | 2726 | 4135 | 10,119 | 9560 | 7488 | 4948 | 2393 | 1762 | 2,550.0 |
| 1980 | 1406 | 1441 | 1717 | 2189 | 2744 | 6069 | 9768 | 14,815 | 12,380 | 5200 | 2465 | 1587 | 2,382.6 |
| 1981 | 1213 | 1350 | 1509 | 2164 | 3227 | 6890 | 11,675 | 11,771 | 8106 | 3005 | 1780 | 1315 | 2,490.0 |
| 1982 | 1161 | 1180 | 1471 | 1899 | 2342 | 6107 | 9807 | 7622 | 5184 | 2151 | 1485 | 1169 | 2,778.0 |
| 1983 | 1028 | 1007 | 1195 | 1295 | 2346 | 4535 | 9913 | 7945 | 10,257 | 4366 | 1887 | 1413 | 2,278.0 |
| 1984 | 1199 | 1169 | 1340 | 1337 | 2755 | 5636 | 10,705 | 8865 | 8100 | 4060 | 2200 | 1555 | 1,663.0 |
| 平均 | 1242 | 1242 | 1425 | 1817 | 4913 | 6040 | 9858 | 9952 | 8262 | 4175 | 2208 | 1547 | 2,115.9 |

(Source : Department of Irrigation, Hydrology & Meteorology)

表4-2

| 観測所No. | 観測所名 | 位置 | | 標高m | 観測年数 | 年平均降雨量mm |
|---------|-------------|---------|---------|-------|------|----------|
| * 21317 | Chepuwa | 27°-46' | 87°-25' | 2,591 | 21 | 2,533.4 |
| 21301 | Num | 27°-33' | 87°-17' | 1,497 | 21 | 3,837.0 |
| 21201 | Nanchebazar | 27°-49' | 86°-43' | 3,540 | 32 | 947.6 |
| 21202 | Chaurikharu | 27°-42' | 86°-43' | 2,619 | 32 | 2,154.7 |
| 21325 | Dingla | 27°-22' | 87°-9' | 1,190 | 24 | 1,842.3 |
| 21303 | Chainpur | 27°-17' | 87°-20' | 1,329 | 33 | 1,373.6 |

*アルン3プロジェクト集水地域内

(2) F/S実施時の問題点

アルン3水力プロジェクトに利用可能な河川流量観測記録としては、トムリントールの約10ヶ年がある。最近設置されたダムサイトおよび上流6kmのG/Sの記録は、短期間であるため十分ではないが、トムリントールとダムサイトに於ける流量相関性を見るため、また直接ダムサ

イトにおける流量を知るため重要である。ダムサイト上流約6 kmのG/Sは、アルン川の連続する急流区間のうちでは比較的静流区間に設置されているため適当なG/S位置と考えられる。上流6 kmのG/Sには自記記録式水位計（フロート・タワー式）が設置されていたが1985年夏の洪水により流失され、流量測定のための河川横断ワイヤーと吊籠だけが残されている現況より、洪水に対して十分なる安全性を持った自記水位計を設置する必要がある。尚調査団が帰国した後JICAカトマンドゥ事務所経由で入った情報では、ネパール側はフロートタワー式を希望している。タイプについては本格調査団がNEA, DIHMと協議の上決定する必要がある。

トゥムリントールの観測記録は約10年間で、F/Sのための解析としては約20~30年間の資料が必要であるため、適当な雨量観測所よりの換算推定流量による補強が必要となる。

アルン川の流量に影響する特質として二つの条件が考えられる。すなわちダムサイトより下流部は、モンスーンの影響を大きく受け、夏期に出水が多く、冬期には少ない。そして冬期にはダムより上流の標高約3,000 m以上部とチベット内の流域よりの流入が多いことである。このことをトゥムリントールの流量で見ると、低水量はチベット域内の流域の影響が大きく、洪水はネパール側のヒマラヤ山脈南側流域のモンスーンによる降雨によるものである。

アルン3の流域の大部分を占めるチベット域の水文資料をどうやって正確に入手出来るかが重要なこととなる。加えて流出条件が氷河や積雪などの解け方に支配される。さらにGlacier Lake Outburst Flood (GLOF)による洪水の発生についても、F/S段階にて検討される必要がある。

ちなみに、チベット域の水文気象資料については、中国科学院大気物理研究所（北京）の下部組織として高原大気物理研究所及び氷河凍土研究所が蘭州にあり氷河凍土研究所では次の文献を出版している。

西藏高原気象学（1979年）科学出版社発行 278 ページ，中国語

チョモランマ峰科学考察研究（1975年）科学出版社発行，ページ数不明，中国語

またGLOFについては、日本国内の研究者間で余り知られていない問題と思われるが、名古屋大学水圏科学研究所に問い合わせることが1方法としてあろう。この研究所の樋口敬二教授はヒマラヤの氷河研究の第一人者である。

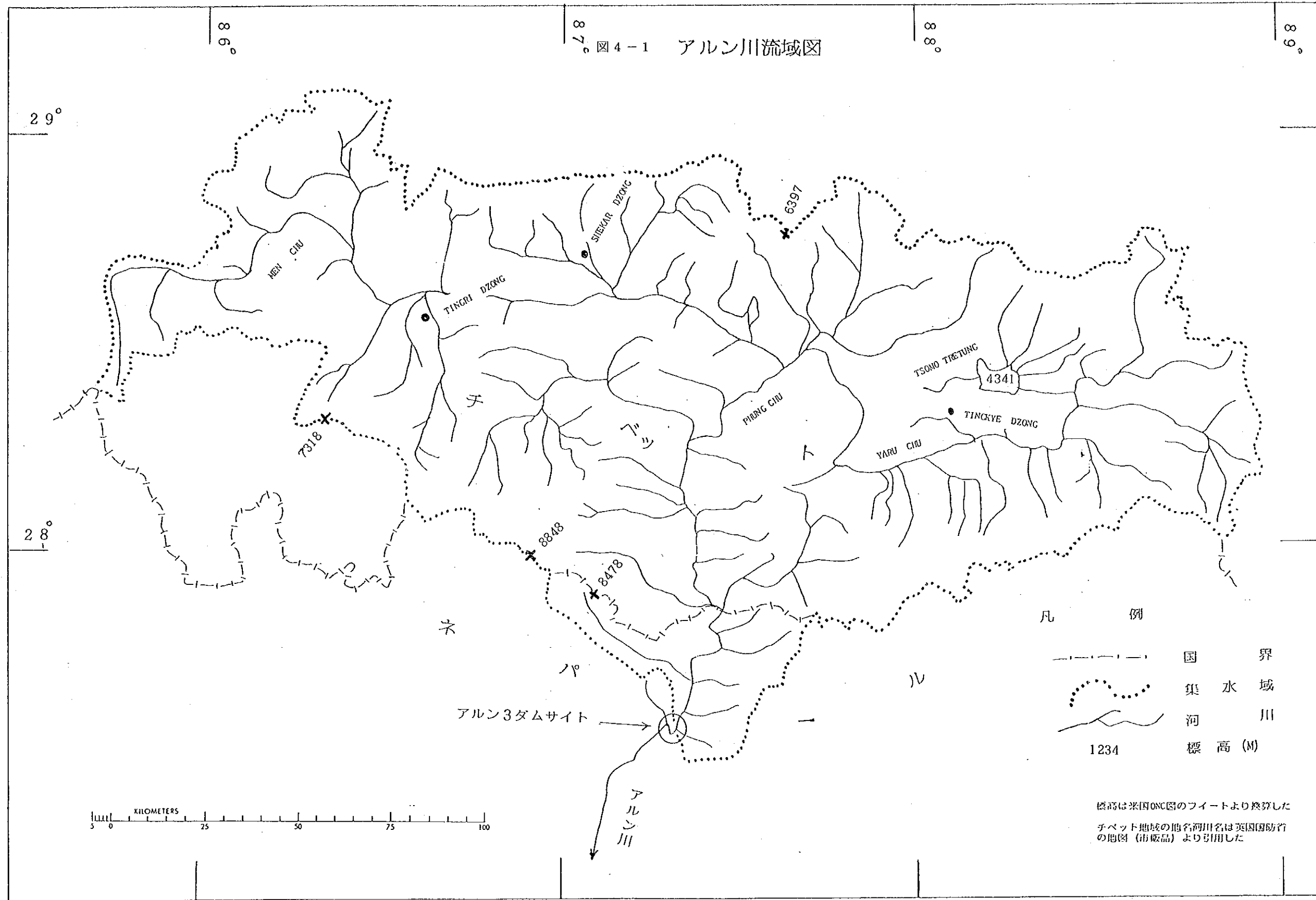
上記の問題解析の一助としてランドサットによる写真利用も考えられる。

ネパール国にて開発中のナムチェバザール小水力において、1985年夏GLOFによる増水により被害を受けているためNEAではとくに憂慮している。

さらにアルン3の河川流域の特性としてセジメンテーション関係つまり土砂の流入に対する取水口の配置と設計、および築造したダムの湛水池への堆砂、堆泥による所要調整容量の不足発生を排除するための構造物設計上の対策などに関連した調査が必要である。

ネパール側ではこれらの対策のためのテストを行なうよう要望しているが、水理モデルについては、F/S後の詳細設計時において、確証することが望まれる。

図4-1 アルン川流域図



標高は米岡ONC図のフイートより換算した
チベット地域の地名河川名は英国国防省
の地図(市販品)より引用した

| LEGEND | |
|----------------------|--|
| 1 MAJOR RIVERS | |
| 2 TRIBUTARIES | |
| 3 LAKES | |
| 4 TOWNS | |
| 5 BASIN BOUNDARY | |
| 6 SUBBASIN BOUNDARY | |
| 7 MOUNTAIN PEAKS | |
| HYDROLOGICAL STATION | |
| REGULAR | |
| PARTIAL | |

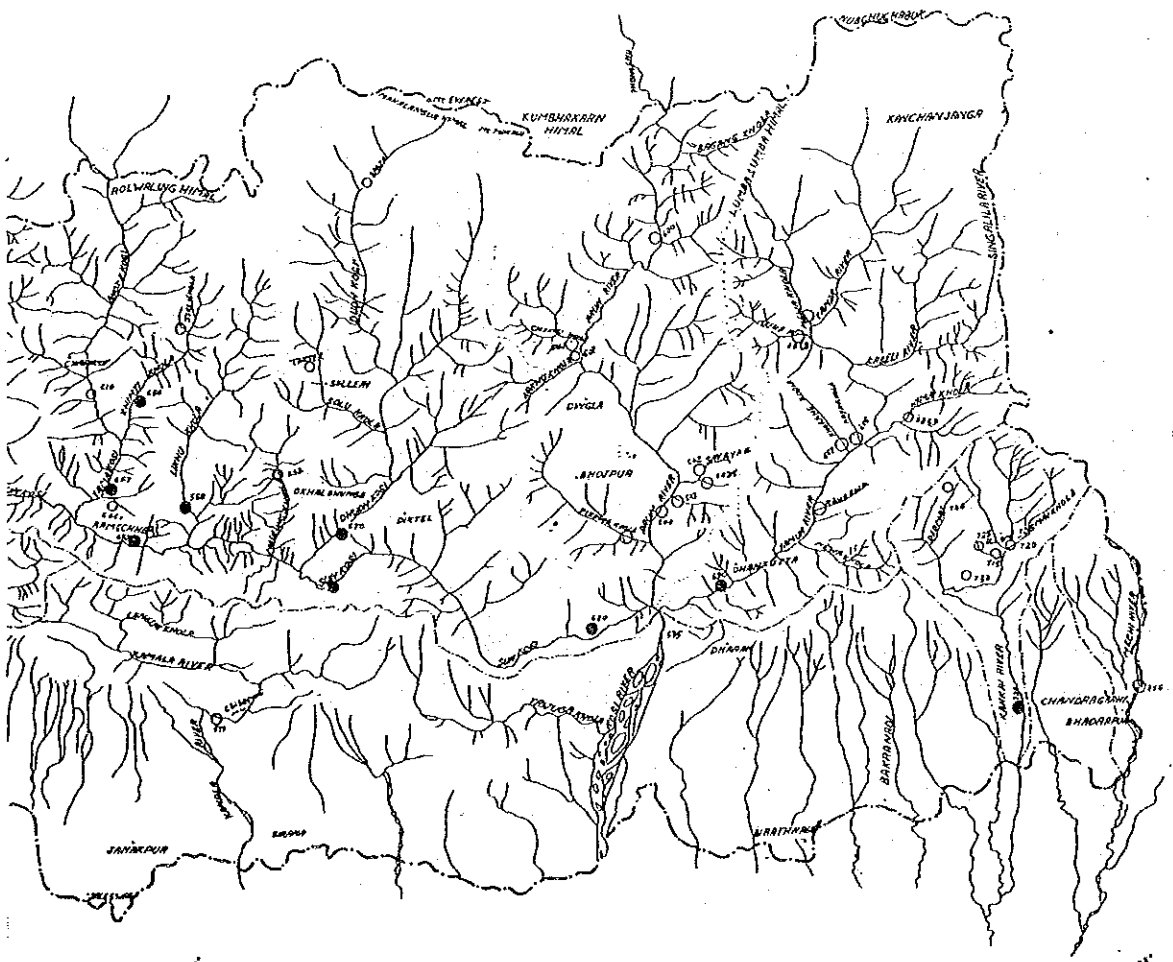
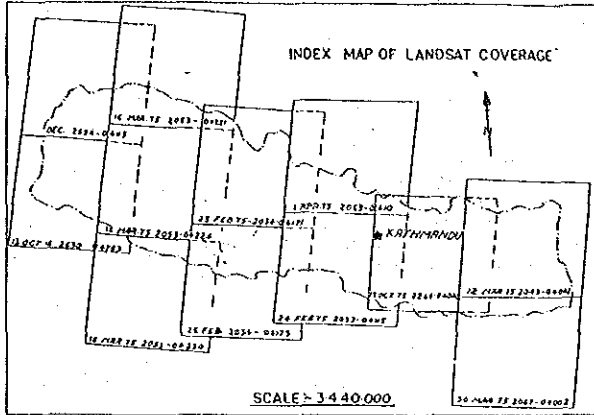
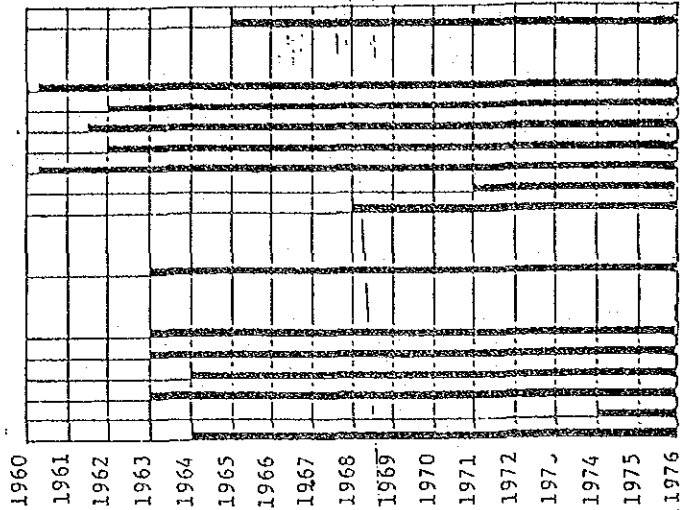


图 4 - 2 流量観測所位置図 (東部 Nepal)

图 4-3 流量观测所名, 观测期间

- Gauging Station
- SARDA RIVER BASIN**
 170. Surna Gad at Patan near Baitadi
- KARNALI RIVER BASIN**
 240. Karnali river at Asaro-Ghat near Sirkot
 250. Karnali river at Beni-Ghat near Belgaoon
 260. Seti river at Bangga near Belgaoon
 270. Bheri river at Jamu near Chaukle
 280. Karnali river at Chisapani near Dondujeri
 286. Sarada river at Daredhunga near Surkhet
 290. Babal river at Bargadha near Kunaraboon
- WEST RAPTI RIVER BASIN**
 360. Rapti river at Jalkendi
- NARAYANI RIVER BASIN**
 410. Kali Gandaki at Seti Beni near Dumrichaur
 415. Andhi khola at Dumrichaur near Tansing
 420. Kali Gandaki at Kotagaon near Shringa
 430. Seti Khola at Phoolbari near Pokhara
 439.8. Hareyangdi river at Gopling Chat
 440. Chepe khola at Palungtar near Gorkha

Period of Record

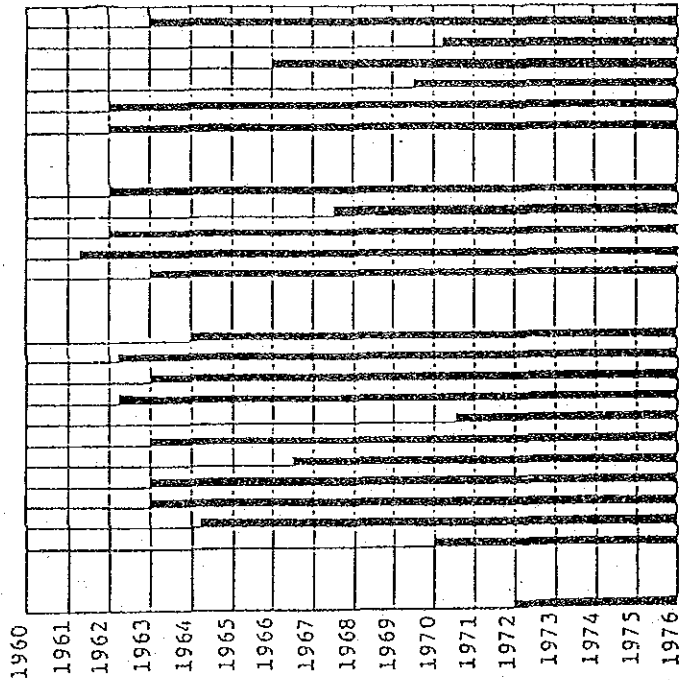


445. Buri Gandaki at Arughat Bazar near Gorkha
 446.8. Phalankhu khola at Berrabati near Trisuli Bazar
 447. Trisuli river at Berrabati near Trisuli Bazar
 448. Tadi khola at Pipaltar near Trisuli
 460. Rapti river at Rajajys near Hitauda
 470. Lothar river at Lothar near Debichaur

- BAGMATI RIVER BASIN**
 505. Bagmati river near Sundarjal
 536.2. Hishnumati khola at Budhanilkantha near Kathmandu
 540. Baktu khola at Jikabhairab near Patan
 550. Bagmati river at Chobhar near Kathmandu
 560. Thado khola at Darkot near Markhu

- SAPTA KOSI BASIN**
 610. bhote Kosi at Barhbise near Ghumtiang
 620. Botephi khola at Phalame Sangu near Chautara
 630. Sunkosi at Pachuvor Ghat near Chautara
 640. Kosi khola at Pannoti near Dhulikhel
 647. Tama Kosi at Busti near Chautara
 650. Khimti khola at Rasnaju village near Thosa
 652. Sunkosi at Khurkot near Ramechhap
 660. Likhu khola at Sangutar near Ramechhap
 670. Dudh Kosi at Rabuva Bazar near Ramechhap
 680. Sunkosi at Kamra Ghat near Udoypur
 690. Tamur river at Hol-Ghat near Dhankuta

- KANKAL RIVER BASIN**
 795. Kankal river at Hainochuli



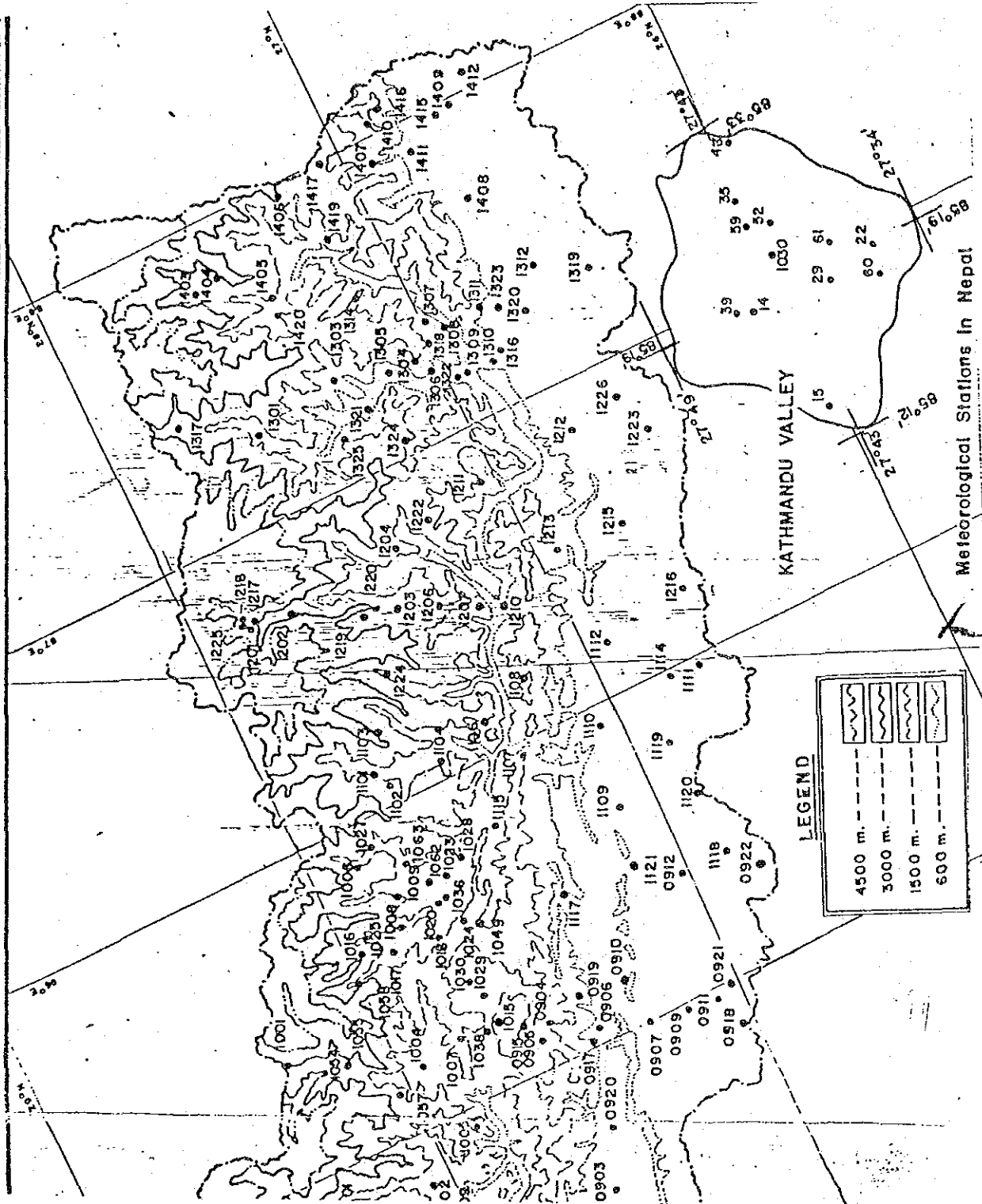


圖 4 - 4 雨量觀測所位置圖

表 4 - 3 雨量観測所名

| | | | |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 0606 TATOPANI | 0607 LETE | 0101 KAKERPADA | 0102 BAITADI |
| 0600 RANIPKHA (H.NATH) | 0609 BANI BAZAR | 0103 PATAY (WEST) | 0104 DAPLEDHURA |
| 0610 GAYI (MUSTANG) | 0612 MUSTANG (LONGMAYANG) | 0105 MASHENDRA NAGAR | 0106 BELAUJI BHAKTIPUR |
| 0613 KARKI META | 0614 KUSHA | 0107 DARCHULA | 0108 SATBANAH |
| 0615 BODHANG | 0616 BURA KHANI | | |
| 0619 GHORAPANI | | | |
| LUMBINI ZONE | | | |
| 0701 RIDI BAZAR | 0702 TANSEN | 0201 PITAKOT | 0202 CHAINPUR (WEST) |
| 0703 BUNAL | 0704 BELLUA (GILBARI) | 0203 SILEGADI DOTI | 0204 BAJURA |
| 0705 BHAKTIPURA AIRPORT | 0706 DUHKALI | 0205 KATAI | 0206 ASANA GHAT |
| 0707 BHAKTIPURA (AGRIC) | 0708 FARASI | 0207 TIKAPUR | 0208 SANDEPANI |
| 0709 BARA GHAT (CLOSED) | 0710 DUKHIBAS | 0209 DHANAKHANI | 0210 BYANGGA CAMP |
| 0711 TAMASTUR (CLOSED) | 0712 TRIBHUVAN TAR (CLOSED) | 0211 KHAPTAO | 0212 SITAPUR |
| 0713 RYMBAS (CLOSED) | 0714 KIRTIKUR CHALI (CLOSED) | 0214 KOLA BANI | 0215 BODHAKURI (WEST) |
| 0715 KHANCHIKOT | 0716 TALITHANA | 0216 TEGHARI | 0217 MANGALSEN |
| 0719 KOLUA (CLOSED) | 0720 KOLAPANI (CLOSED) | | |
| 0721 PATHARKOT (WEST) | 0722 MUSIKOT | | |
| 0723 BHAGWANPUR | 0724 PALIHLUA | | |
| 0725 TANGHOS | 0726 GARAKOT | | |
| 0727 LUMBINI | 0728 SEHARI | | |
| GANDAKI ZONE | | | |
| 0801 JAGAT (SETIBAS) X | 0802 KHUDI BAZAR ✓ | 0301 PRIGU | 0302 THIBRU |
| 0803 POKHARA (HOSPITAL) ✓ | 0804 POKHARA AIRPORT ✓ | 0303 JUMLA | 0304 GHATI CHAUR |
| 0805 SYANGJA ✓ | 0806 LARKE SADE ✓ | 0305 SHERI GHAT | 0306 GAI SHIKI NAGAR |
| 0807 KUCIWA ✓ | 0808 BAYOTIPLR ✓ | 0307 RARA | 0308 NAGA |
| 0809 BORKHI ✓ | 0810 CHYKOT ✓ | 0309 BILAYAPUR (KASKOT) | 0310 DIJAL GAIN |
| 0811 MALEPATAN (POKHARA) ✓ | 0813 BHADURE DEUNALI ✓ | 0311 SIMIKOT | 0312 DIJAL |
| 0814 LIMLE ✓ | 0815 KUNJIRINI TAR ✓ | | |
| 0816 CHANE ✓ | 0817 DANALI ✓ | | |
| 0818 LAYACHHUR ✓ | 0820 NYANG BIDI ✓ | | |
| 0821 GHANDUK ✓ | 0822 KHULDI ✓ | | |
| 0823 GHAREDRINGA X | 0824 SIKLASH ✓ | | |
| 0825 BEBAS TAL ✓ | | | |
| NARAYANI ZONE | | | |
| 0902 RAMPUR | 0903 JHAPANI | 0401 PUSA CAMP | 0402 DAILLEH |
| 0904 CHISAPANI GADHI | 0905 DYPAN | 0403 JAFU (TIKUA KINA) | 0404 JAJARKOT |
| 0906 METALINDA N.F.I. | 0907 ALEXNGANU | 0405 CHISAPANI (KAMALI) | 0406 SURKHET (BIRENDRA NAGAR) |
| 0909 SIHARA AIRPORT | 0910 NIJGADI | 0407 KUSHI | 0408 GULARIYA |
| 0911 PANDANIPUR | 0912 RAHOLI BARIYA | 0409 KHAJURA (NEPALGADJ) | 0410 BALE BUDHA |
| 0914 BHARATPUR (CLOSED) | 0915 MARCHU GAIN | 0411 RAJAPUR | 0412 NADEASTA |
| 0916 TIGER TOP | 0917 METALINDA (IND.DIS) | 0413 SHYAM SHREE | 0414 BALJAPUR |
| 0918 BIRGANJ | 0919 HANANPUR GADHI | 0415 DARGADHA | 0416 NEPALGANJ (REG. OFF.) |
| 0920 BELUA | 0921 KALAIYA | 0417 RYNI JARUA NURSERY | 0418 HAINA GAIN (D.BAS) |
| | | 0419 SIKTA | |
| KAWALI ZONE | | | |
| BIERI ZONE | | | |
| RAPTI ZONE | | | |
| DHARAGIRI ZONE | | | |

STATION INDEX NUMBERS

| | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1120 MALANSAA | 1121 KASHIYA |
| 1201 HACHE BAZAR | 1202 CHAKTIKARK |
| 1203 PAKARBAS | 1204 ALSEALUKHARK |
| 1206 DOKALHANDA | 1207 HANE BHUNJANG |
| 1208 DARPA (CLOSED) | 1210 KURULE GHAT |
| 1211 KHOTANG BAZAR | 1212 PIYATEPUR |
| 1213 UDAYAPUR GADHI | 1215 LAHAN |
| 1216 SIRHA | 1217 KHRUJUNG |
| 1218 TENGBOCHE | 1219 SALLERI |
| 1220 CHIALSA | 1221 AYATAI (CLOSED) |
| 1222 DIKTEL | 1223 RAJBIRAJ |
| 1224 SIRHA | 1225 SYANGBOCHE |
| 1226 BARMANZIYA | |
| KOSI ZONE | |
| 1301 KHI | 1303 CHAINPUR (EAST) |
| 1304 PANGRIBAS | 1305 LEBUA GHAT |
| 1306 MUNGA | 1307 DHANKUTA |
| 1308 HUL GHAT | 1309 TRIBENI |
| 1310 BARAMKSHETRA | 1311 DHARAN BAZAR |
| 1312 HARAINCHA | 1313 BIRATNAGAR (CITY) (CLOSED) |
| 1314 TERATHUM | 1315 KHARE LALANTAR (CLOSED) |
| 1316 CHATARA | 1317 CHEPANA |
| 1318 PARIPATLE (HORTI) | 1319 BIRATNAGAR AIRPORT |
| 1320 TARAHARA | 1321 TIKLEHSTAR |
| 1322 MACHUA GHAT | 1323 DHARAN BRITISH CAMP |
| 1324 BHOJPUR | 1325 DINGLA |
| MECHI ZONE | |
| 1401 DLANGCHAG GOLA (CLOSED) | 1402 PANGTHUNG DOMA (CLOSED) |
| 1403 LUNGTHANG | 1404 TAPLETHOK |
| 1405 TAPLEJUNG | 1406 MEHENG JAGAI |
| 1407 ILAM TEA ESTATE | 1408 DAPAK |
| 1409 ANARANI BIRJA | 1410 HIMPAI GAIN |
| 1411 SOKTIH TEA ESTATE | 1412 CHANDRA GADHI |
| 1413 KHYASHIN (CLOSED) | 1414 MIP (CLOSED) |
| 1415 SANSI CHARE | 1416 KANYAM TEA ESTATE |
| 1417 SAUBARI (CLOSED) | 1418 ANSELUNG (CLOSED) |
| 1419 PHIDIM (PANCHTHAR) | 1420 DOUWAN |

STATION INDEX NUMBERS

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 0922 GAR | 1002 ARU GHAT D.BAZAR |
| 1001 TIMURE | 1004 MUKHOT |
| 1003 TRISALI (CLOSED) | 1006 GUMTHANG |
| 1005 BHADING | 1008 NAKHALI |
| 1007 KAKANI | 1010 LALITPUR (PUNDDLE) (CLOSED) |
| 1009 CHAYARA | 1012 SINDARIJAL (FAR HOUSE) |
| 1011 KATHMANDU (USID) (CLOSED) | 1014 KATHMANDU (I.E.) |
| 1013 SURDARJAL (WATER RES.) (CLOSED) | 1016 SARAKHANG |
| 1015 THYAKOT | 1018 BAIKUNTI |
| 1017 BUBACHHUR | 1020 HARAN |
| 1019 BHADIPALAM (CLOSED) | 1022 GODAKARI |
| 1021 KIRTIKUR (BAGDANI) (CLOSED) | 1024 DHULIKHEL |
| 1023 DOLAL GHAT | 1026 BUDOL (BANEPA) (CLOSED) |
| 1025 DHAP | 1028 PACHALAR GHAT |
| 1027 BANDEISE | 1030 KATHMANDU AIRPORT |
| 1029 KHUMALTAR | 1032 KATHMANDU (LAZIMPAT) (CLOSED) |
| 1031 KYANGJIN (LANGTANG) (CLOSED) | 1035 SAKHU |
| 1034 GATLANG (CLOSED) | 1037 CHILANE GAIN (CLOSED) |
| 1036 PANCHKHAL | 1039 PARIPOKHARI (KATHMANDU) |
| 1038 DUMJEESI | 1041 GOKARNA (CLOSED) |
| 1040 TIKA BHARJA (CLOSED) | 1043 NAGARKOT |
| 1042 KHODKHU KHOLA (CLOSED) | 1045 KATHMANDU (LAL DARGAR) (CLOSED) |
| 1044 BIRDHARA (CLOSED) | 1047 PHARPING (CLOSED) |
| 1046 PHULUNG (CLOSED) | 1049 KHOPASI (PANCHATI) |
| 1048 PANCHANE (CLOSED) | 1051 BUDHANILKATHA (CLOSED) |
| 1050 PANDAV KHOLA (CLOSED) | 1054 THYASHITI |
| 1052 BHAKTAPUR | 1056 TOKHA (CLOSED) |
| 1055 DILNICHE | 1058 TARKE BRANG |
| 1057 PANSAYAKHOLA | 1060 CHAPA GAIN |
| 1059 CHANGU NARAYAN | 1062 SANGACHOK |
| 1061 LUENI | |
| 1063 THOKARPA | |
| JAJAKPUR ZONE | |
| 1101 MADHWA | 1102 CHARIKOT |
| 1103 JIRI | 1104 MELING |
| 1106 BANECHHAP | 1107 SINDHULI GADHI |
| 1108 BAHN TILPUNG | 1109 PATHARKOT (EAST) |
| 1110 TULSI | 1111 JAJAKPUR AIRPORT |
| 1112 CHISAPANI BAZAR | 1113 THOOKING (CLOSED) |
| 1114 HARDIMATH | 1115 NEPALTHOK |
| 1116 HAKTHARPUR GADHI (CLOSED) | 1117 HAKTHARPUR GADHI VALLEY |
| 1118 KHUSHARA | 1119 GALSALA |