

ネパール王国

コシ河流域水資源開発基本計画調査

調査報告書概要

昭和60年3月

国際協力事業団

開-11

85-044

ネパール王国

コシ河流域水資源開発基本計画調査

調査報告書概要

JICA LIBRARY



1031382[3]

昭和60年3月

国際協力事業団

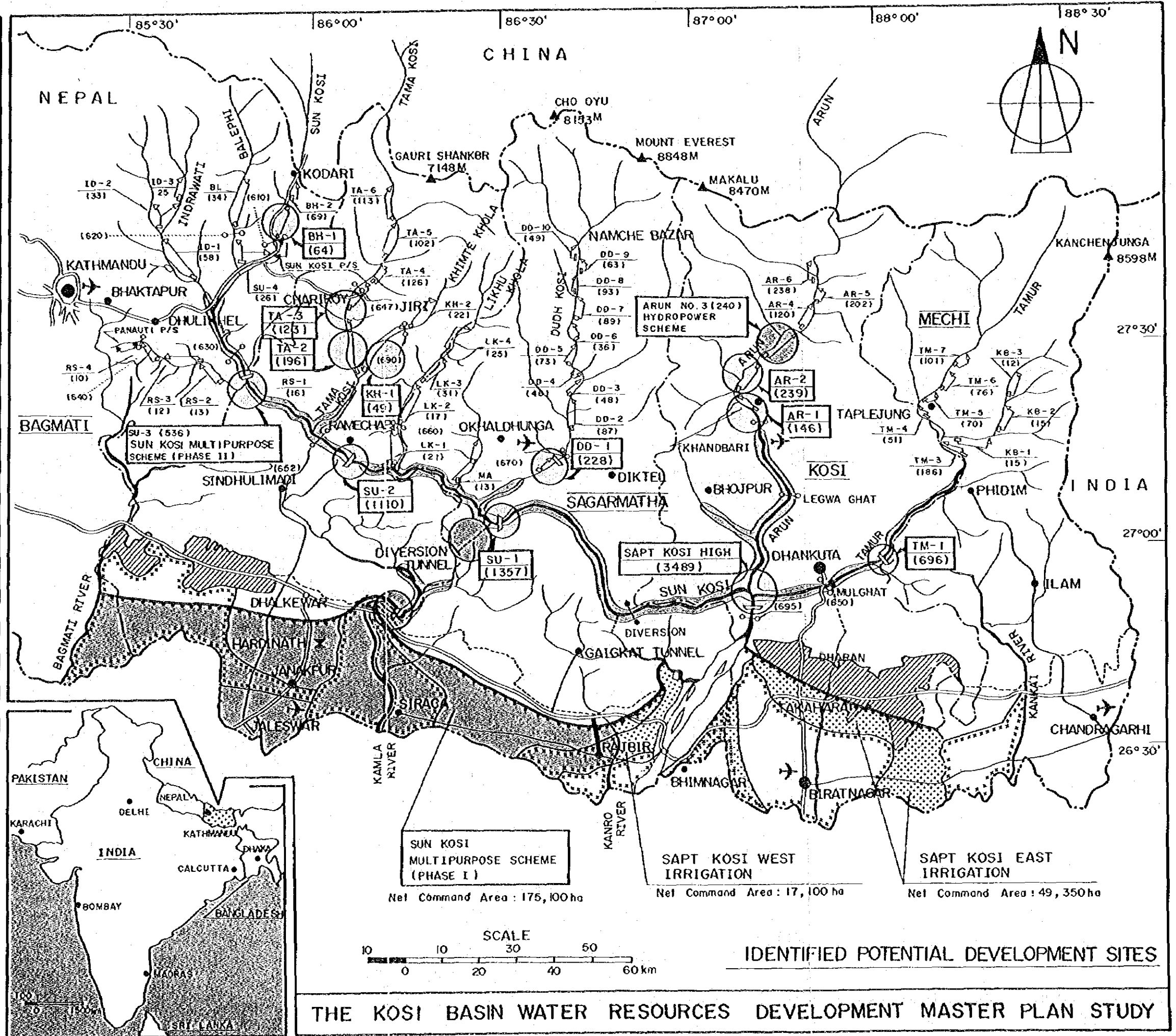
国際協力事業団	
受入 月日 '85. 5. 21	116
登録No. 11458	61.7
	SDS

LEGEND

- : INTERNATIONAL BOUNDARIES
- : DISTRICT BOUNDARIES
- ~~~~~ : RIVERS
- ==== : HIGHWAYS, ROADS
- (62) : GAUGING STATIONS (STATION NO.)
- ▲ : HIMALAYAN PEAKS
- ⊗ : METEOROLOGICAL STATIONS
- : CITIES, TOWNS
- ✈ : AIRPORT
- ▭ : PROPOSED DAMS
- ⤴ : HYDROPOWER SITES
- ⤵ : EXISTING HYDROPOWER STATIONS
- ▨ : FORESTS
- ▧ : EXISTING AND ON-GOING IRRIGATION
- ▩ : PROPOSED IRRIGATION AREA
- : FARM BOUNDARIES
- ==== : MAIN CANALS
- : PRIORITY SCHEMES FOR HYDROPOWER
- ◐ : TOP PRIORITY SCHEME FOR HYDROPOWER
- ◑ : TOP PRIORITY SCHEME FOR IRRIGATION (SUNKOSI MULTIPURPOSE SCHEME)

SU - 1 (1357)	SUN KOSI NO. 1 INSTALLED CAP. (MW)
------------------	---------------------------------------

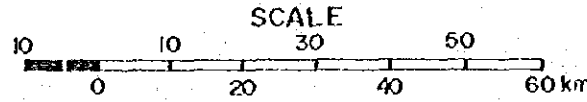
- DD : DUDH KOSI
- LK : LIKHU KHOLA
- MA : MAULUNG KHOLA
- TA : TAMA KOSI
- KH : KHIMTE KHOLA
- BH : BHOTE KOSI
- BL: BALEPHI, RS: ROSI KHOLA
- ID: INDRAWATI, TM: TAMUR
- KB: KABELI NADI, AR: ARUN



SUN KOSI MULTIPURPOSE SCHEME (PHASE I)
Net Command Area : 175,100 ha

SAPT KOSI WEST IRRIGATION
Net Command Area : 17,100 ha

SAPT KOSI EAST IRRIGATION
Net Command Area : 49,350 ha



IDENTIFIED POTENTIAL DEVELOPMENT SITES

THE KOSI BASIN WATER RESOURCES DEVELOPMENT MASTER PLAN STUDY

目 次

一般図

1.	序文	1
1.1	調査の背景	1
1.2	調査の目的	2
1.3	調査の内容	3
1.4	調査団及び作業監理委員会	4
1.5	報告書の提出	5
2.	調査地域	6
2.1	自然条件	6
2.2	社会・経済	6
2.3	社会基盤整備	6
3.	基本計画調査	7
3.1	開発戦略	7
3.2	開発潜在力調査結果	9
3.3	マスタープランにおける有力開発計画	14
3.4	マスタープランにおける最有力開発計画	17
3.5	流域保全の必要性	24
3.6	開発効果	24
4.	結論と勧告	25

序 文

日本国政府は、ネパール王国政府の要請に応え、コシ河流域水資源開発基本計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。

当事業団は、佐山実氏を団長とし中央開発株式会社、東電設計株式会社、及び国際航業株式会社の専門家から成る調査団を、昭和58年6月から昭和60年1月までの間、通算11ヶ月にわたり同国へ派遣した。

同調査団は、ネパール国政府関係者と意見交換を行うとともに、同国東部に位置しガンジス河の一支川であるコシ河流域を対象に現地調査を実施した。同調査団は本邦に帰国後現地調査結果を基に国内作業を進め、ここに最終報告書提出のはこびとなった。

本報告書がコシ河の水資源開発推進に寄与するとともに、日本・ネパール両国間の友好親善促進に役立つならばこれに勝る喜びはない。

最後に、本調査団に対し種々協力を惜しまれなかったネパール国政府関係者に対し、ここに深甚なる謝意を表する次第である。

昭和60年3月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

付 表

1. 作業監理委員会の構成	26
2. 調査団の構成	27
3. ネパール政府関係者リスト	28
4. コシ河流域における開発潜在力	29
5. 有力発電計画の諸元	33
6. Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase- I) の投資額	34
7. Arun No.3 水力発電計画の投資額	35
8. Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase- I) 年別投資額	36
9. Arun No.3 水力発電計画年別投資額	37
10. Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase- I) の各段階における経済分析結果	38

付 図

1. 調査の実施工程	39
2. かんがい調査対象地区 (既存通年かんがい地区及び森林を除く)	40
3. かんがい計画地域	41
4. 作付体系 (Sapt Kosi 西部)	42
5. " (Sapt Kosi 東部)	43
6. 段階開発計画	44
7. Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase- I) の実施工程	45
8. 有力発電計画の実施工程	46

1. 序文

1.1 調査の背景

今日のネパールは、経済の停滞と人口増のため食糧は輸入国に転じ、工業開発はエネルギー不足に悩まされ最貧国 (LDC) の一つに数えられている。しかし国内にはカルナリ、ガンダキ及びコシの重要河川が豊富な水資源を抱えたまま、その多くが未開発のままである。前二者については基礎的な水資源開発調査が既に成されているが、コシ河については東部ネパールのテライ平野の水利用も含めて未だ調査が成されていない。

ネパール全土の効率的な水資源開発計画策定のため、この残された未調査のコシ河の水資源の潜在的な開発の可能性を調査する必要があった。

ネパールは、1956年に国家開発計画を策定して以来、5年毎の国家開発計画を策定し、現在は第6次開発計画 (1980/81 ~ 1984/85) を進行中である。しかし、過去20年間の開発努力にもかかわらず、顕著な開発効果は出ていない。更に急激な人口増大、貧困な資源、狭い国土、貧弱なインフラ、交通網の未発達、厳しい自然環境、海から遠くはなれた内陸国など、多くの問題に直面している。

これらの多くの問題を解決する有力な手段として、ネパール政府は同国に存する豊富な水資源の開発に着目し、その開発推進のため懸命の努力をしているところである。特に現在の第6次開発計画においては、その開発予算の17.5%を電力開発に、14%をかんがい設備の充実に充てている。ちなみに第5次計画においては、それぞれ11.8%及び9.7%であった。最近の同国政府は、水資源の有効開発のため特に電力、かんがい、洪水調節等による河川総合開発に力をいれている。

今回の調査地域であるコシ河流域とその流域変更によって開発の期待されるテライ平野は、それぞれ大きな開発潜在力を有し、ネパールの将来の社会、経済開発にとって極めて重要な地域である。

このため、1960年代の始より FAO、UNDP、世銀、ADB 等による多くの調査が地域内の様々なプロジェクトにおいて実施されてきているが、全地域をカバーする整合性の

とれた総合的な開発計画については今まで実施されていない。

このため、ネパール政府は早急な基本計画のための調査を実施する必要に迫られ、本調査について昭和56年12月、正式に我が国政府に協力を要請した。

日本政府は本件の重要性を考慮し、この要請に応える為本格調査の実施に先立ち、本件の内容の検討及びネパール政府との協議のため、国際協力事業団を通じ 4名からなる事前調査団を昭和57年 9月22日から10月 9日まで、また 5名からなる事前調査団が昭和58年 1月26日から 2月 3日迄ネパールに派遣された。

事前調査団はネパール政府関係機関と協議を重ね、ネパール政府の日本政府に寄せる本件協力の真意を組み入れ、本調査について我が国の協力の方向と概要を策定した。

本調査業務はこの事前調査団が策定した基本線に沿って展開された。

1.2 調査の目的

調査はネパール王国の経済・社会発展に最も効率的なコシ川水系の水資源開発基本計画を策定することを目的とする。

コシ河は上流を中国領チベットに発し、ネパールの領内を流下し、インドのガンジス河に注ぐ国際河川であり、コシ河の水資源開発は下流のインド領内において洪水や流出土砂量の減少、河川水の利用の増大等の効果を生じることとなるが、本調査においては、ネパール王国及び国民の利益を最優先した開発計画を策定するものとする。

この水資源開発基本計画の策定にあたっては、水力発電、かんがい、洪水調節、船運等の開発について流域変更も含め総合的にその可能性を明らかにするものとする。

この目的のため、コシ河流域の水資源の経済的、技術開発の可能性調査とともに、開発の必要性についても併せ検討し、ネパール全域及びコシ河流域の将来の整合性とれた開発基本計画を策定する。

なお、開発目標年次としては20年後の2005年とする。

1.3 調査の内容

(1) 調査対象地域

調査対象地域はネパール東部に位置しており、コシ河流域及びバグマテ河とカンカイ河間のテライ平野に 2分される。コシ河流域はネパール領内 33,000 km²、テライ平野 7,500km²であり、合計 40,500 km²である。

(2) 調査期間

調査期間は1983年 6月より1985年 3月までの21ヶ月間であり、調査は国際協力事業団及びネパール電気局間で締結された S/Wに従い、次の 3つに区分し進められた。

- a. 基礎調査
- b. 現地調査及び計画分析
- c. 基本計画の策定

(3) 調査の内容

本件調査の実施に当たっては、ネパール政府が現在時点までに調査対象地域の水資源開発について国際機関または二国間援助等により種々の調査を実施してきており、これら調査結果をレビューしつつ取り込み、効果的・効率的に段階を追い進めていく必要がある。この観点から、1)基礎調査、2) 現地調査及び計画分析、3) 基本計画の策定、と 3 区分に分け調査を実施した。

1) 基礎調査

基礎調査は主に既存調査報告書及び既存資料を収集し、これとデスクスタディとして評価分析を行い、コシ河における水資源開発の潜在性のあるプロジェクトを確認するとともに、次に実施すべきプロジェクト候補地区の補助測量、河川測量、地形図の作成及び地質調査等の現地調査計画書の作成をした。

2) 現地調査及び計画分析

現地調査及び計画分析においては、基礎調査で作成した現地調査を実施するとともに、確認されたプロジェクトについてより質のたかい資料に基づきそれぞれの観点より解析分析を行い、ネパール政府の目標を満たすコシ河の水資源開発代替案を作成した。

3) 基本計画の策定

基本計画の策定は、作成されたコシ河の水資源開発代替案についてより詳細な比較検討を需要面、技術面、財務、経済及び社会環境面から実施して最適開発計画を策定し、最適な段階的開発案を求めることとした。

なお、上記の現地調査においては、基本調査で確認された各プロジェクトサイトの現地踏査のほか、計画分析の結果、有望プロジェクトと目された電力開発プロジェクトについて航測図化（1/10,000及び1/20,000）、地形測量（1/1,000）および物理探査とボーリングによる地質調査を実施した。

以上、調査の実施工程は、付図一1 に示す通りである。

1.4 調査団及び作業監理委員会

調査団とネパール政府のカウンターパートは、JICA作業監理委員の協力のもとに、本調査を実施した。

本調査に関係した作業監理委員、調査団およびネパール政府関係者のリストを付表1.2.3 に示す。

1.5 報告書の提出

調査団はファイナル・レポートを含め下記に示すレポートを調査期間中作成し、ネパール政府へ提出した。

— インセプション・レポート	1983年 7月
— プロGRESS・レポート	1983年 8月
— 現地実施調査（測量・ボーリング、物理探査等）計画書	1983年11月
— インテリム・レポート	1984年 7月
— ドラフト・ファイナル・レポート	1985年 2月
— ファイナル・レポート	1985年 3月

2. 調査地域

2.1 自然条件

調査地域は、ネパールの東部に位置しており、コシ河流域とバグマテ河～カンカイ河のテライ平野にまたがっている。地勢的にみて、山岳地帯 (3,000 ~8,000)、中部山岳及び丘陵地 (300 ~3,000)、及び南部のテライ平野の 3つの地域に分ける事ができる。

気候的には、一般に乾季と雨季に大別され、5月～11月が乾期、6月～10月が雨期となっている。調査地域における年間平均気温は約 5~25℃であり、地域による差が大きい。月平均湿度は雨季においては90%、乾季では約20%である。降雨量については地域的に異なるが、平均的にみた年間降雨量は2,500mmである。

2.2 社会・経済

計画地区は行政的にみて24の郡 (District) に区分され、50~90の村 (Panchayat s) に分けられる。その地区面積は、約 41,700 km²である。

調査地域の総人口は1981年では 590万人であり、その内 260万人がコシ流域、330万人がテライ平野に居住している。平均年間人口増加率は 2.78%であるが、山岳地帯では 1.37%、テライ地域では 4.08%と高い人口増加率を示している。この高い増加率は、主として山岳地帯、丘陵地よりの移民によるものである。

経済的にみて、調査地域は重要な農業生産地帯であり、本国の穀物消費量の 60%を供給している。また、じゃがいも、砂糖キビ、タバコ、ジュート等の換金作物の生産にも重要な位置を占めている。調査地域の経済的活動人口は、1981年において 270万人となっており、農村部では 85%、都市部においては 35%が農業部門に携わっている。

2.3 社会基盤整備

(1) 交通、通信

交通は、主として道路利用である。南部のテライ地区においては比較的道路網も

発達しているが、山岳地帯、丘陵地帯はスンコシ河上流に沿ったカトマンズとコダリ間の道路を除き整備されておらず、経済発展の大きな阻害要因となっている。従って、ネパール政府は、山岳地帯、丘陵地帯の道路網を改善すべく、クムール河とスンコシ河に沿った山岳部の東西ハイウェイを建設する予定である。電話通信網は、主要都市部を除いて殆ど普及していない。

(2) 電気及び水供給

電気は主要都市を除いて殆ど普及しておらず、ランプ利用である。水道も主要都市を除き普及しておらず、その殆どが井戸水にたよっている。

3. 基本計画調査

3.1 開発戦略

(1) 開発に対するネパール政府の方針

ネパール政府は1981/82より第6次5ヶ年計画を実施中であり、その主要目標として1)生産性の向上、2)就業機会の増強、3)国民の最低限の需要及び要求の充足、を挙げており、その開発戦略としては下記の事項を掲げている。

- a) 農村開発に優先度を与える。
- b) 農村工業及び小規模工業に重点を置く。
- c) 輸出貿易と観光開発に重点を置く。
- d) 天然資源の保護と水資源の開発に重点を置く。
- e) 既存のインフラの最大限の活用に努める。
- f) 経済の許容量を増大させる。

これら開発戦略に対し、ネパール政府は先ず豊富な水資源開発利用による水力発電、かんがい用水、上水・工業用水、洪水調節、舟運、内水面漁業、及び水源涵養、土壌流失防止による環境保全等、総合的な開発を重要な施策としている。

(2) マスタープラン開発戦略

1) 水力発電関係

豊富かつ低廉なエネルギーは国家の発展にとって不可欠である。このためネパール政府はヒマラヤ山脈の急峻な地形と豊富な河川水量による低廉な電力の開発に努力しているところであるが、同時に同国政府は、2001/02 までの電力需要想定を行っている。調査団はこの需要想定をもとに開発目標年次の2005/06 までの電力需要想定を行った。その結果は下表の通りである。

	Peak Load Demand (MW)	Energy Demand (GWh)	Load Factor (%)
1985/86	106.1	453.6	48.8
1995/96	397.1	1,788.0	51.4
2005/06	1,039.8	4,945.0	54.3

上表によると 2005/06のピーク需要は 1,040MWであるが、これに供給予備率と乾期の供給可能性を考慮すると 2005/06年の必要な設備能力は 1,250MWとなる。

現在の設備能力 153MWと現在進行中のプロジェクトであるクリカニ No.2 32MW、マルシャンディ 66MW、サプトガンダキ 225MWを考慮しても 2005/06までに新たに約 900MWの新規プロジェクトの開発が必要である。本調査においては、コシ河流域における発電潜在力を明らかにするとともに、需要予測に見合う有力開発計画を策定する。

2) かんがい開発

ネパールは農業国家であるが、現在食糧輸入国に転じようとしている。調査団はネパールの将来の食糧バランスを推計した。その結果は下表のとおりである。

	Estimated Gross Requirement (10 ³ ton)	Estimated Gross Production (10 ³ ton)	Food Balance (10 ³ ton)
1985	4,484	3,950	-536
1995	6,311	4,325	-1,988
2005	9,406	4,641	-4,765

上表は、ネパールの食糧増産が如何に急務であることを示している。

しかしながら、ネパールの国土は既に農地として開発し尽くされており、新たな農地拡大の余地は殆どない。食糧増産の唯一の道はかんがい開発である。ネパールのかんがい可能地 150万ヘクタールのうち 18.5 万ヘクタールがかんがい設備を持っているが、これら既かんがい計画の殆どが雨期のみのも補水かんがいである。亜熱帯気候に恵まれたネパールでは安定した通年かんがいにより二毛作、三毛作が可能となり、反当収量も増大させることができる。通年かんがいと近代農業技術の導入により農産物の飛躍的な増産が可能となる。このため大規模な通年かんがい計画の早急な実現が望まれている。

本調査においては、豊富なコン河の水源を利用し肥沃なテライ平野を技術的、経済的に可能な限り取り込む計画とし、最も経済性の高い開発計画を策定する。

3) 洪水調節、舟運、その他の開発

水資源の有効開発のため、洪水調節、舟運、内水面漁業及びその他の水利用計画を含めた総合開発することが望ましいが、今回の調査では関係資料の不足から具体的な開発計画を策定することが不可能であった。

しかしそれぞれの項目について開発可能性とその潜在能力を明らかにする。

3.2 開発潜在力の調査結果

(1) 多目的ダム

水資源の有効利用にとって最も効果的手法は多目的ダムの開発である。このため、コシ河流域全体について多目的ダム開発の初期的な調査を 1/50,000 地形図をもとに行った。

コシ河は各支流とも上・中流部は急峻であり、かつ、流出土砂量が多いことから、上・中流部には大規模貯水池の計画は困難であった。

コシ河各支流について 1/50,000 地形図のほか、既存調査資料、現地踏査、河川流量、堆砂量の推計等による調査の結果、表-4 に含まれる 5つの多目的ダム計画が技術的、経済的に可能であることを確認した。

このうち Sun Kosi No.3プロジェクトについては、後に述べる最有力開発計画の Sun Kosi 分水総合開発計画の Second phase として取り入れられている。

その他のプロジェクトについてはいずれも規模が大きいため相当将来の開発計画となろう。なお、Sun Kosi No.1 ~No.3の貯水池区域については、1/20,000航測図化を実施し、そのうちSun Kosi No.2 とNo.3については、1/1,000地形図の作成とボーリング及び物理探査による地質調査を実施した。Sapt Kosi High Dam及び Sun Kosi No.1 については、既存調査資料を利用して検討した。

(2) 水力発電

水力発電プロジェクトについてはコシ河全流域にわたり、地形、水文調査を既存資料に基づき実施し、設備出力 10MW 以上の計画地点を抽出した。

さらにこれら地点について現地踏査を行い、最終的に52ヶ地点、合計出力 10,909MW の発電計画を立案した。その結果を表-4 に示す。

これをコシ河を構成する三大支流及び本流についてみると次の通りである。

Sun Kosi 河	36 地点	5,013 MW
Arun 河	6	1,185 MW
Tamur 河	9	1,222 MW
Sapt Kosi 河	1	3,489 MW
合 計	52 地点	10,909 MW

(3) かんがい

調査対象地区は、S/W に示されているごとく西の Bagmati河から東のKankai河の間であり、その間に 620,000haの耕地がある。この耕地のうち、既存通年かんがいプロジェクトによる面積及び地形上、経済性に欠ける地域を除くと、将来通年かんがい計画可能な面積は 474,800haであり、そのうちかんがい対象面積は 356,200 haと推定できる。

その内訳はテライ平野の西から東に向かって次のとおりである。(図-2 参照)

		総面積 (ha)	かんがい対象面積 (ha)
Bagmati 河	Marha 河間	88,700	66,500
Marha 河	Kamla 河間	138,200	103,700
Kamla 河	Bhati Balou 間	99,000	74,300
Bhati Balou	Kamro 河間	44,200	33,200
Kamro 河	Sapt Kosi 河間	33,200	24,900
Sapt Kosi 河	Ratuwa 河間	71,500	53,600
	計	474,800	356,200

かんがい計画可能地区における水源は、Sapt Kosi 右岸においては、Sun Kosi河よりTerai 平野への分水とSapt Kosi 河からの取水が考えられる。またSapt Kosi 左岸においては、右岸同様 Sapt Kosi河からの取水とTamur 河からTerai 平野への分水が考えられる。これに基づき計画対象地区は東より次の 3つの計画にわけることができる。

- Sun Kosi 分水計画
- Sapt Kosi West かんがい計画
- Sapt Kosi East かんがい計画

上記計画のうち、Sun Kosi分水計画としては、Kamula 河からの取水を 400フィートと 450フィート取水位の二つの比較案を検討するとともに、地区を 3段階に分け、最も経済的な規模を策定した。また、Sapt Kosi West及びEastかんがい計画については、Sapt Kosi 河からの取水方法と、Sun Kosi河、Tamur 河からの分水方法

とを比較検討した。

検討の結果、次に示す 3つの計画が最も経済的に有利な計画となった。(図-3 参照)

— Sun Kosi 分水計画	取水位 400ft 対象地区 Bagmati 河～Kanro 河 175,100ha
— Sapt Kosi West かんがい計画 (Sun Kosi-Trijuga分水)	取水位 400ft 対象地区 Kanro 河～Sapt Kosi 河 17,000ha
— Sapt Kosi East かんがい計画 (Tamur-Terai 分水)	取水位 450ft 対象地区 Sapt Kosi 河～Retuwa河 49,350ha

(4) その他

その他の開発潜在項目として洪水調節、舟運、内水面漁業があげられる。これらの項目は大規模貯水式ダム計画の実施により実現されるものである。これらの開発潜在力とその効果の評価は、既存資料の不足等により現時点で見積もることは非常に困難である。本章においては、これらの項目について一般的な言及にとどめるものとする。

1) 洪水調節

本プロジェクトにおいて立案した大規模ダムは、Sapt Kosi High Dam、Sun Kosi No.1～3、Tamur No.1である。これらのダムによる貯水池計画は、下流に対する洪水調節の効果も大きいと考えられる。ネパール側のコシ河流域において洪水防御を必要とする地域は、Sapt Kosi 河のChatraからBimnagar Barrage間であるが、1963年、インドにより建設された堤防により現在まで洪水被害の起こった記録はない。しかしこの区域の河川は上流より流下する土砂が年間 5cmの割合で堆積しており、これが大きな問題となっている。本計画で立案した大規模貯水ダムは、ネパール側のみでなくインド側の洪水ピーク流量を減少せしめ、Sapt Kosi 流域の安全性を高めるものになる。同時にSapt Kosi の土砂堆積も軽減でき

るものと考えられる。また、Sun Kosi 分水総合開発計画におけるKamla ダム計画も、年間流出量の1/3 の貯水容量を有するものであり、下流の洪水防御効果は相当期待できる。

上記の各大規模貯水池計画については、実施の段階で洪水調節計画も合わせて検討する必要があると考える。

2) 舟運

大規模貯水式ダムは、下流域の乾期の流量を増大させる。例えば Sapt Kosi High Dam計画は、現在乾期に流れ出ている 340 m³/sを、年間調節することにより 750 m³/sまで増加させる効果を持っている。

これによりSapt Kosi High Dam下流部の舟運を年間通して可能にする効果が期待できる。

Sun Kosi 流域においては、Sapt Kosi High Dam及びSun Kosi No.1 ~3 のダムによる段階開発により、その貯水面を利用した舟運が可能となるであろう。

舟運開発のためには最低限、以下のような基本的情報を必要とするが、今回の調査では、これらの情報が得られなかった。

- 河川の縦・横断面
- 日流量及び有効水深
- 年間堆砂量
- 橋梁、取水堰等の河川構造物の状況
- 代替輸送路等の情報
- その他

3) 内水面漁業

内水面漁業は、低コストの蛋白源として、また有利な現金収入源としてネパールで最近脚光をあびている産業である。

内水面漁業は、ダム開発による洪水防御、乾期の流量増加がおこなわれると、その可能性が益々増大するものであるが、一方、発電計画の実施にあたってはこ

の貴重な魚資源の確保、維持を考慮しなくてはならない。

本件については今後コシ河の水資源開発の進展とあいまって、詳細な調査と開発計画の立案が必要となるであろう。

3.3 マスタープランにおける有力開発計画

(i) 計画条件

1) 水力発電

- a. コシ河流域のネパール領内の全流域を調査対象とした。
- b. 開発規模は 10MW 以上を対象とした。
- c. 各支流とも可能な限り階段状開発とし、水資源の有効開発を図った。
- d. 急流部には流込式を計画し、比較的緩勾配の河川にはできるだけ調整池式を計画することとした。
- e. 地形、地質上、許される限り、緩勾配の河川には大ダムによる貯水池式を計画した。
- f. 各発電計画地点間には、出来るだけ遊休落差がないように計画した。
- g. 水路式発電計画においては、施工条件を考えてトンネル延長を最大 10km を目途とした。
- h. 発電計画における最大使用水量の決定にあたっては、流込式においては設備利用率を50%、調整池及び貯水池式においては 6時間ピーク発電を目途として計画し、最適規模の決定は最大使用水量を適宜変動させ、B/Cにより行った。なお、流込式発電計画においては発電原価が最低となる計画とした。

2) かんがい

- a. かんがい計画地区はネパールの東南部に位置する Bagmati河よりKankai河までの約250km に及ぶTerai 平野である。
- b. かんがい計画地区は技術的、経済的に可能な限り面積を取り込む計画とし

- た。
- c. 地区内における既存プロジェクトは重力式にて通年かんがいが行われている地区を対象地区より除外した。
 - d. かんがい用水の水源としては S/Rに示されている如く、コシ河流域とするが、対象地区内を流れるKamla 河及びTrijuga 河の自流を考慮に入れて計画した。
 - e. かんがい方法は検討の結果、重力式かんがいが最も経済的に有利であるため、重力式かんがい方式を採用した。
 - f. 計画作付体系は、開発目標年次である2005年におけるかんがい地区の労働力の推定を行い、土壌及び農業適地等を考慮し、決定された。作付率は Sapt Kosi 右岸、左岸とも216%である。

(図 4 及び 5に計画作付体系を示す。)

(2) 有力開発計画

収集資料や現地調査に基づき、各分野毎に多くの開発計画が立案された。これらの計画は技術及び経済性の面から比較検討された。その結果、技術的にも経済的にも優れ、かつ、ネパール政府の開発政策に適合するものを有力開発計画地点として選定した。

その内訳は1つの総合開発計画と13の水力発電計画であり、その概要は次の通りである。(表-5参照)

1) 総合開発計画

名称: Sun Kosi 分水総合開発計画

目的: a. かんがい計画 175,100 ha
b. 水力発電計画 (2 発電所) 93,400 kW

経済性: B/C = 1.51

2) 水力発電計画

	地点名	設備出力(MW)	型式	B/C
1)	Sapt Kosi High Dam	3,489	貯水池式	2.97
2)	Sun Kosi No.1	1,357	"	2.49
3)	" No.2	1,110	"	2.28
4)	" No.3	536	"	1.83
5)	Tamur No.1	696	"	1.68
6)	Arun No.1	146	流込式	1.56
7)	" No.2	239	"	2.36
8)	" No.3	240	"	2.52
9)	Tama Kosi No.2	195	"	1.72
10)	" No.3	123	調整池式	1.35
11)	Dudh Kosi No.1	223	"	1.06
12)	Bhoto Kosi No.1	64	流込式	1.94
13)	Khimte Khola No.1	49	"	1.85
	計	8,472		

上記の有力地点は、他の流域の有力開発地点とともに組み合わせられて、将来のネパールの電力需要を満たすことになる。

(3) 電力輸出用の開発計画

上記の有力開発地点のうち 1,000MWを越える大規模開発地点は、ネパールの電力需要から規模が大き過ぎて相当将来において開発がなされる見込みなので、これら大プロジェクトは隣国への電力輸出プロジェクトと考えられる。これらは、Sapt Kosi High Dam 3,489MW、Sun Kosi No.1, 1,357MW、Sun Kosi No.2, 1,100MWであるが、いずれも大規模な貯水池を持つ計画であるので、年間を通じて安定した良質の電力が得られ、かつ、その経済性も $B/C=1.5$ を上まわる優良プロジェクトである。本マスタープラン調査においては、これら大プロジェクトは電力単独開発として計画されたが、前述のように将来洪水調節、舟運、内水面漁業等を合わせて検討する必要がある。

3.4 マスタープランにおける最有力開発計画

(1) 二つの最有力開発計画

ネパールの将来の食糧及び電力需要に適合し、かつ、社会経済的効果の大きいプロジェクトを各種比較検討の上、慎重に選定した。その結果、早急に計画の具体化が図られるべき計画としてSun Kosi 分水総合開発計画と Arun No.3水力発電計画が選定された。

(2) 最有力開発計画の概要

1) Sun Kosi 分水総合開発計画

このプロジェクトは、かんがいと水力発電を目的とする多目的開発計画である。この計画は 175,100 ha の広大な農地に通年かんがいを行い約 750,000トンの穀物の増産を行うとともに、Sun Kosi 河からの導水路による落差を利用した 61,

400KW と Kamla Dam による 32,000KW の水力発電を行うもので、ネパールの社会・経済発展に大きな貢献が見込まれている計画である。

かんがい用水はコシ河支流 Sun Kosi 河から取水され、16.6kmの分水トンネルにより Kamla河の上流に導水される。

この計画のためテライ平野と Sun Kosi 河とを結ぶアクセス道路 (約 70km)をつくる必要があるが、このアクセス道路は交通網のない Sun Kosi 河流域に一大輸送路を開くこととなるので、周辺の地域開発に大きな効果を及ぼすと期待される。

このプロジェクトは次の四大要素から成る。

- Sun Kosi No.3 ダム
- Sun Kosi-Kamla 分水トンネル
- Kamla ダム
- テライ平野のかんがい開発

その詳細は次のとおりである。

- ① Sun Kosi No.3 ダム
- a) ダム及び貯水池
 - 流域面積 5,520 km²
 - 満水位 標高 700m
 - 低水位 標高 674m
 - 総貯水量 1,220 百万 m³
 - 有効貯水量 550 百万 m³
 - 型式 コンクリート重力式ダム
 - ダム高 140m
 - b) 発電
 - 最大使用水量 570 m³/s
 - 有効落差 113m
 - 設備出力 536 MW
 - 年間発生電力量 2,070 GWh
 - c) コスト及びベネフィット
 - 建設コスト 622 百万ドル
 - 発電原価 5.07 セント/KWh
 - B/C 1.83
- ② Sun Kosi 分水計画
- a) Kuruleダム
 - 型式 コンクリート重力式ダム

b)	ダム高	48.9m
	分水用トンネル延長	16.6 km
	計画通水量	72 m ³ /s
c)	分水用発電施設	
	最大使用水量	72 m ³ /s
	有効落差	102.5m
	設備出力	61.4MW
	年間発生電力量	511 GWh
d)	アクセス道路	
	Chisapani 取水堰～分水用発電所	30km
	分水用発電所～Kuruleダム	40km
e)	建設コスト	228.2 百万ドル

③ Kamla ダム

a)	ダム及び貯水池	
	流域面積	1,450 km ²
	満水位	標高 178m
	低水位	標高 163m
	総貯水量	713 百万 m ³
	有効貯水量	493 百万 m ³
	型式	フィルタイプダム
	ダム高	51.0m
b)	Kamla ダム発電施設	
	最大使用水量	120 m ³ /s
	有効落差	32m
	設備出力	32MW
	年間発生電力量	121GWh
c)	建設コスト	90.0百万ドル

④ かんがい計画

a)	受益地 (計画地域)	175,100 ha
b)	Chisapani 取水堰	
	高さ	3m
	堤頂長	300m
c)	幹線水路	
	水路延長 右岸	78.4 km
	左岸	74.1 km
	最大計画通水量 右岸	135 m ³ /s
	左岸	84 m ³ /s
d)	建設コスト	232.5 百万ドル

2) Arun No.3 水力発電計画

① 背景

Arun No.3 はコシ河流域内で確認された52水力発電計画地点の中で最も発電原価の安いプロジェクトである。

Arun河は河川勾配が急でかつ、流出土砂量も多いことから、階段式の流込式開発が適しており、ここにNo. 1 からNo.6までの流込式水力発電が計画されている。

この河川の開発上の最大の問題は、工事及び将来の維持管理用のアクセス道路であるが、Arun No.3 の開発のための約100km のアクセス道路は、周辺地域の開発に大きく貢献するものと思われる。また、この道路の完成によりArun No.1, No.2, No.5, No.6 などの有力地点の開発も容易なものとなり、将来のネパール電源開発を促進するものと思われる。

② 計画概要

取水地点はArun河と Sun Kosi 河の合流点上流110km にあり、取水地点から発電所予定地点の間は河川が大きく迂回してループ状となっている。このため7.1kmの導水トンネルによって194mの総落差が得られる極めて地形条件に恵まれた地点である。更に流域面積が 32,500 km² (うち中国領チベット内85%)と大きく河川流量が豊富であり、安定している。取水地点は支流の Khokda 河の直上流に取水堰として計画されており、ダム地点直下左岸部の広い平地に沈砂池を設置する計画である。ダム地点の河幅は約70m 程度と狭く、兩岸に堅硬な岩盤が露出している。導水路が計画されている左岸には、堅硬な岩盤が連なり、崖が連続している。発電所は河幅が比較的広く崖が切れているMenkhuwa河直上流に計画された。

主な計画諸元は次のとおりである。

a)	発電型式	流込式
b)	流域面積	32,332km ²
c)	取水ダム	
	堤頂標高	El 810m
	堤頂長	120m
	ダム高	23m
d)	導水路トンネル 亘長	7,100m
e)	最大取水量	156 m ³ /s

f	総落差	194m
g	設備出力	240MW
h	年間発生電力量	1,965GWh
i	発電原価	2.65 セント/kWh

(3) 投資額

投資額は、1983年末の価格水準に基づき、1ドル 15.6 ネパールルピーにて見積もった。プロジェクトコストは仮設費、土木工事費、実施機関の施設及び諸経費、エンジニアリングサービス及び予備費より構成されており、国外より調達される資機材についての税金は見積もられていない。

最有力開発計画の総投資額は下記に示すとおりである。(詳細は表 6,7に示す)

Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase- I)	550.7 Million US\$
Arun No.3 水力発電計画	307.0 Million US\$

(4) 実施計画

1) Sun Kosi 分水総合開発計画

①計画の分轄

Sun Kosi 分水総合開発プロジェクトは下記に基づき第一期計画と第二期計画の 2つに分轄する事を提案する。

- a) コシ河流域における水利用協定は、ネパール、インド両国間により既に締結されている。この協定によると Sun Kosi 河より Kamla 河への分水計画はネパール政府が下流インド側の水利用に関係なくいつでも実施できることになっている。
- b) また、Sun Kosi No.3 ダム計画は分水による下流域への影響を和らげる目的で計画したが、このダム計画の発電計画は 536MWという大規模開発である。このような大規模な水力発電は近い将来のネパールにおける電力需要にも当

面必要とされない。

- c) 一方ネパールにおける食糧自給バランスは、高い人口増加率により増々苦境に追い込まれ、テライ平野における農業開発の緊急性が要求されている。
- d) このため、次のように Sun Kosi No.3 のダム計画を第二期計画として分離させることにした。

第一期計画

(a) Sun Kosi 分水計画	アクセス道路	70km
	分水用トンネル	16.6km
	Kurule取水ダム	ダム高 48.5m
(b)発電計画	分水発電所	61,400KW
	Kamla ダム発電所	32,000KW
(c)Kamla ダム	有効貯水量	493 百万 m^3
(d)かんがい施設	かんがい面積	175,100 ha

第二期計画

(e) Sun Kosi No.3ダム	ダム高	140m
	総貯水容量	1,220 百万 m^3
	有効貯水量	550 百万 m^3
	発電所	536MW

② 第一期計画における段階開発計画

第一期計画における投資金額は 5.5億ドルに及び、かんがい計画対象地区は Kamla河の両岸のテライ平野であり、東西 140kmに及ぶ広大な地域である。

本計画を短期間に実施する事は、資金、資材の調達、マンパワーの確保、更に農業の近代化の普及等、多くの問題が生じる。このため図-6、7 に示す如く 3ステージに分轄し実施する事が望ましい。

③ Arun No.3 水力発電計画

Arun No.3 水力発電計画はコシ河流域だけでなく、ネパール全土を通じて最も経済的な地点と考えられる。従って、1990年代の電力需要に適合させるべくできるだけ早く具体化されることが望ましいプロジェクトである。

Arun No.3 はマスタープラン調査によりその有利性が確認されたが、マスタープラン調査は初期的な調査であるため、より具体的な調査が必要であるので早急なフィージビリティ調査の実施が望まれる。

本計画の実施計画案はアクセス道路の建設が全体工期を支配するので、図-8 に示したように発電所建設工事に先だてアクセス道路の建設を行うよう計画した。

Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase-1) 及びArun No.3 水力発電計画のDisbursement Schedule を表-8 及び表-9 に示す。

(5) 経済分析

1) 経済評価の基準

マスタープラン調査における各プロジェクトの経済性は B/Cによって行った。B/Cに用いられた割引率は 12%である。

各プロジェクトの建設コストの積算は1983年価格で行った。また、各プロジェクトの経済的寿命は50年間とした。

2) 便益計算

水力発電計画の経済便益は、最小費用の代替電力をベースとして算出した。代替電力としては 100%の石炭火力を採用した。電力の経済便益は KW 価値とKWh 価値から成る。

かんがい計画の経済便益は、プロジェクトが“ある場合”と“ない場合”の将来の農業生産高をベースとして計算した。最有力開発計画の分析結果は表-10に示すとおりである。

3.5 流域保全の必要性

植林、土壌保全、山腹崩壊と地這り防止、渓谷浸食防止などからなる流域保全は、有効な水資源開発にとって不可欠である。なぜなら流域の荒廃は河川流況を悪化させるだけでなく、莫大な流出土砂は水資源開発施設に著しい被害を及ぼす。本報告書では、流域保全対策について種々提案している。

コシ河流域の荒廃はネパールの他の流域と同じく深刻なものがある。従ってその対策は長年月の実施期間と巨大な投資費用を必要とするであろう。

このためコシ河の恵まれた水資源の開発費用の一部は、人類の共通の財産でもあるこの天然資源の保護・育成に支出されるべきであると考えられる。

3.6 開発効果

コシ河の水資源開発は、地域開発と国家開発に大きな貢献を及ぼすと考えられる。特に下記の 3 項目の効果が大きい。

- a) 豊富、低廉な電力供給は、電化の促進、新しい産業の育成とともに現在、薪炭材の消費により荒廃が進行している流域内の森林の保護にも役立つことになる。
- b) テライ東部平野の安い電力供給による産業開発と大規模かんがいによる農業開発は、地域開発だけでなく、ネパール経済の発展に大きく寄与する。
- c) 水資源開発に伴うアクセス道路の開発は、交通網の無い山間地域に大きな流通路を開くことになり、同地域に新しい商工業を起こすとともに、在来の森林産業、農業にも新風を吹き込むこととなり、将来の産業発展の引き金になるであろう。

4 結論と勧告

調査の結果としてコシ河の恵まれた水資源の開発はネパールの電源開発とかんがい開発の必要性から早急に開発されるべきであるとの結論に達した。

その開発は短・中・長期的な国家のニーズに応えるだけでなく、その開発による余剰産物は輸出用として考慮される。コシ河水資源開発基本計画の中で確認された全ての計画の中で、Sun Kosi 分水総合開発計画と Arun No.3水力発電開発計画は極めて経済性に勝れ、その開発効果も大きいので、その実施を早めるため早急にフィージビリティ調査を行うことを提案する。

これら二つの有力開発計画が最も大きな効果もたらすため、下記事項に十分留意し、計画が進められる事を提案する。

- (1) 開発計画実施にあたっては、工事用道路、通信施設の建設及び農業協同組合の強化等、多岐にわたる分野が関係するため、各関係機関の調整の下で計画が遂行されるべきである。
- (2) 本開発計画実施にあたり、現在のネパールにおける人材は不足している。このため、早急に人材育成のためのトレーニングを実施する事が提案される。
- (3) テライの農業開発により、かなりの農産物の増大が期待できる。このため、本計画実施に先がけ、品種の改良、貯蔵設備及び輸送機関の拡充等が必要となる。

付 表

表一I 作業監理委員の構成

MEMBERS OF JICA ADVISORY COMMITTEE

Mr. T. Tanimoto	Chairman of Committee, MOC (June '83 thru March '84)
Mr. T. Tomaru	Chairman of Committee, MOC (April '84 thru March '85)
Mr. S. Ohno	Member, MOC (June '83 thru March '84)
Mr. T. Fukunari	Member, MOC (April '84 thru March '85)
Mr. B. Satoh	Member, MITI
Mr. T. Hashimoto	Member, MAFF

JICA

Mr. Y. Okazaki	Project Coordinator, JICA (June '83 thru March '84)
Mr. H. Ono	Project Coordinator, JICA (April '84 thru March '85)

Note: MOC = Ministry of Construction of Japan
MITI = Ministry of International Trade and Industry of Japan
MAFF = Ministry of Agriculture, Forestry
and Fishery of Japan

表--2 調査団の構成

MEMBERS OF JICA STUDY TEAM

Mr. M. Sayama	Team Leader, CKC
Mr. S. Matsushita	Dam Planning Engineer Senior Deputy Team Leader, TEPCO
Dr. T. Abe	Water Resources Development Engineer Deputy Team Leader, CKC
Mr. T. Kanokogi	Hydropower Planning Engineer, TEPCO
Mr. T. Izumi	Power Demand/ Transmission Planning Engineer, TEPCO
Mr. S. Kouda	River Engineer, TEPCO
Mr. T. Sugawara	Hydrologist, TEPCO
Mr. K. Hirata	Hydrologist (Home Office Work), TEPCO
Mr. M. Kawada	Agronomist (Part A), CKC
Mr. S. Akeda	" (Part B & Part C), CKC
Mr. S. Matsunaga	Irrigation Planning Engineer, CKC
Mr. T. Ozeki	Geotechnical Engineer (Part A), CKC
Mr. C. Itoh	" " (Part B & Part C), CKC
Mr. K. Kobayashi	Land Use Expert, CKC
Mr. Y. Zaitzu	Soil Expert, CKC
Mr. M. Arai	Survey and Design Expert, CKC
Mr. S. Masumura	Economist, CKC
Mr. S. Watanabe	Boring Supervisor, CKC
Mr. K. Mori	Boring Expert, CKC
Mr. A. Muranaga	Seismic Survey Specialist, CKC
Mr. T. Tsuji	" " " CKC
Mr. M. Imamura	" " " CKC
Mr. S. Shirahama	Survey Specialist, TEPCO
Mr. T. Onuma	" " TEPCO
Mr. K. Toyoda	Mapping Specialist, KKC
Mr. K. Tajiri	" " KKC

Note CKC: Chuo Kaihatsu Corporation, TEPCO: Tokyo Electric Power Services Co. Ltd., KKC: Kokusai Kogyo Co., Ltd.

表-3 ネパール政府関係者リスト

HMG SENIOR OFFICERS

ED:	Mr. H.M. Shrestha	Chief Engineer
	Mr. B.M. Singh	Deputy Chief Engineer
	Mr. S.N. Pradhan	Deputy Chief Engineer
	Mr. R.C. Chaudhary	Superintending Engineer
DIHM:	Mr. C.D. Bhatt	Director General
	Mr. N.A. Ansari	Deputy Director General
	Mr. N.K. Agrawal	Superintending Engineer
	Mr. J.R. Sharma	Acting Executive Engineer
	Mr. K.P. Timilsina	Project Manager
WEC:	Mr. B.K. Pradhan	Executive Secretary
	Mr. S.B. Upadhyaya	Executive Director
	Dr. H.M. Shrestha	Executive Director
	Dr. C.K. Sharma	Executive Director
DOA:	Mr. A.M. Pradhanang	Deputy Director General
	Mr. M.M. Shrestha	Chief Water Use Officer
DSCW:	Mr. K.P. Upadhyaya	Chief, Soil Conservation Office
MWR:	Dr. A.B. Thapa	Chief, Monitoring Unit
NPC:	Mr. S.P. Kayastha	Under Secretary

FULL-TIME COUNTERPART OFFICERS

Mr. G.S. Rajbanshi	Administrative Coordinator, ED
Dr. J.L. Karmacharya	Technical Coordinator, ED
Dr. M.R. Tuladhar	Power Engineer, ED
Dr. J.N. Jha	Dam and Power Engineer, ED
Mr. J.K. Maskay	Power Engineer, ED
Mr. D.B. Nepali	Hydrologist, ED
Mr. K.B. Bhalla	Geologist, ED
Mr. D.B. Thapa	Senior Geologist, ED
Mr. J.P. Thanju	Senior Irrigation Engineer, ED
Mr. U.K. Jha	Irrigation Engineer, DIHM
Mr. S. Lakoul	Power Engineer, ED
Dr. M.D. Joshi	Economist, ED
Mr. M.P. Pant	Agronomist, DOA
Mr. D.P. Sherchan	Soil Scientist, DOA

表一4 (1/4) Kosi河流域における発電潜在力

River	Name	Catchment Area (km ²)	Type	Intake Water Level EL (m)	Tail Water Level EL (m)	Dam Height (m)	Tunnel Length (km)	Maximum Discharge (m ³ /s)	Installed Capacity (MW)	Construction Cost (10 ⁶ US\$)	Generated Energy (GWh)	Cost per KW (US\$)	Energy Cost (cent/KWh)	Access Road (km)	D/C	1-2
Sun Kosi	Sun Kosi No. 1	16,200	Reservoir	424.6 (424.6)	304.8	117 V=2270x103	--	1,400	1,357	1,033	4,640	737	3.76	70	2.95	2.53
	Sun Kosi No. 2	10,396	"	555.3 (575.0)	424.6	166 V=3070x103	--	1,050	1,110	1027	4,760	925	3.65	107	2.41	2.44
	Sun Kosi No. 3	5,520	"	691.3 (700.0)	575.0	140 V=1930x103	--	570	536	582	2,070	1,086	4.75	20	1.95	93
	Sun Kosi No. 4	3,100	SRR	774.2	700.0	20	12.7	53	26	117	181	4,500	10.92	9	0.65	-7
Dudh Kosi	Dudh Kosi No. 1	4,100	PRR	521.2 (524.2)	424.6	104	2.60	300	228	449	978	1,969	7.76	177	1.13	12
	Dudh Kosi No. 2	3,625	SRR	746.7	524.2	18	9.50	50	87	166	690	1,908	4.07	197	1.65	13
	Dudh Kosi No. 3	3,200	"	683.9	746.7	20	5.80	45	48	129	381	2,688	5.72	203	1.17	4
	Dudh Kosi No. 4	2,300	"	1,066.8	883.9	20	5.80	32	46	123	367	2,674	5.66	209	1.18	4
	Dudh Kosi No. 5	2,200	"	1,371.6	1,066.8	20	7.50	30	73	140	580	1,918	4.08	220	1.65	15
	Dudh Kosi No. 6	2,150	"	1,524.0	1,371.6	20	5.80	30	36	119	286	3,306	7.03	226	0.95	-1
	Dudh Kosi No. 7	2,070	"	1,904.9	1,524.0	20	5.30	29	89	116	704	1,640	3.50	231	1.92	23
	Dudh Kosi No. 8	1,900	"	2,346.9	1,904.9	20	3.80	26	93	140	740	1,505	3.20	236	2.10	26
	Dudh Kosi No. 9	1,860	"	2,651.7	2,346.9	20	6.60	26	63	141	501	2,238	4.76	243	1.41	10
	Dudh Kosi No. 10	1,790	"	2,895.5	2,651.7	20	3.90	25	49	124	388	2,531	5.40	248	1.24	5

* The Construction Cost, Cost per kW and Energy Cost include the access roads cost planned independently.

表一4 (2/4) Kosi河流域における発電潜在力

River	Name	Catchment Area (km ²)	Type	Intake Water Level EL (m)	Tail Water Level EL (m)	Dam Height (m)	Tunnel Length (km)	Maximum Discharge (m ³ /s)	Installed Capacity (MW)	Construction Cost (10 ⁶ US\$)	Generated Energy (GWH)	Cost per KW (US\$)	Energy Cost (cent/KWH)	Access Road (km)	B/C	B-C
Likhu Khola	Likhu No. 1	823	SRR	542.5	424.6	20	7.90	23	21	84	145	4,000	9.79	126	0.72	-3.9
	Likhu No. 2	750	"	619.2	542.5	20	7.60	21	17	81	118	4,765	11.60	135	0.61	-5.4
	Likhu No. 3	670	"	853.4	649.2	20	7.70	19	31	80	213	2,839	6.98	143	1.02	0
	Likhu No. 4	620	"	1,036.3	853.4	20	3.80	17	25	75	176	3,000	7.20	147	0.98	0
Maulung Khola	Maulung Khola	330	SRR	609.6	424.6	20	9.30	9	13	79	92	6,077	14.60	154	0.48	-6.9
Tama Kosi	Tama No. 2	3,010	SRR	773.0	597.0	20	9.90	150	196	245	1,013	1,250	4.05	15	1.98	40
	Tama No. 3	2,753	PRR	880.9 (883.9)	773.0	60	7.00	150	123	206	603	1,675	5.77	6	1.42	15
	Tama No. 4	2,510	"	1,002.8 (1,005.8)	883.9	75	8.10	140	126	263	624	2,087	7.12	15	1.15	7
	Tama No. 5	1,950	SRR	1,219.2	1,005.8	20	7.30	60	102	114	615	1,118	3.13	30	2.39	27
	Tama No. 6	1,900	"	1,463.0	1,219.2	20	6.30	58	113	113	686	1,000	2.78	36	2.68	32
	Khimte Khola	Khimte Khola No. 1	360	SRR	1,200.00	597.0	20	7.40	10	49	66	344	1,347	3.26	25	2.14
Khimte Khola	Khimte Khola No. 2	313	"	1,524.0	1,219.2	20	3.90	9	22	33	154	1,500	3.62	30	1.94	5.2

* The Construction Cost, Cost per kW and Energy Cost include the access roads cost planned independently.

表一4 (3/4) Kosi河流域における発電潜在力

River	Name	Catchment Area (km ²)	Type	Intake Water Level EL (m)	Tail Water Level EL (m)	Dam Height (m)	Tunnel Length (km)	Maximum Discharge (m ³ /s)	Installed Capacity (MW)	Construction Cost (10 ⁶ US\$)	Generated Energy (GWH)	Cost per kW (US\$)	Energy Cost (cent/kWh)	Access Road (km)	B/C	B-C
Bhote Kosi	Bhote Kosi No. 1	2,320	SRR	1,066.8	827.0	24	10.9	34	64	89	444	1,388	3.38	0	2.09	1.6
	Bhote Kosi No. 2	2,170	"	1,341.1	1,066.8	20	10.8	32	69	93	480	1,348	3.27	0	2.16	1.8
Balephi	Balephi	490	SRR	1,066.8	808.3	20	11.9	17	34	69	233	2,029	5.00	24	1.42	4.9
Rosi Khola	Rosi Khola No. 1	490	SRR	734.6	575.0	20	8.10	13	16	42	97	2,625	7.32	6	1.02	0.1
	Rosi Khola No. 2	420	"	883.9	734.6	20	6.20	11	13	43	76	3,308	9.56	16	0.79	-1.5
	Rosi Khola No. 3	260	"	1,112.5	893.9	20	8.40	7	12	44	73	3,687	10.19	27	0.73	-2.0
	Rosi Khola No. 4	190	"	1,371.6	1,112.5	20	6.00	5	10	31	61	3,100	8.59	28	0.87	-0.7
Indrawati	Indrawati No. 1	980	PRR	771.2 (774.2)	700.0	45	6.50	110	58	161	249	2,776	10.93	20	0.80	-5.0
	Indrawati No. 2	750	SRR	960.1	774.2	20	12.6	23	33	74	234	2,242	5.34	43	1.31	4.0
	Indrawati No. 3	370	"	1,219.2	960.1	20	7.90	12	25	42	172	1,680	4.13	51	1.72	5.1
Tamur	Tamur No. 1	5,085	Reservoir	476.0 (487.6)	344.4	153	--	650	696	846	2,750	1,216	5.20	25	1.76	109

* The Construction Cost, Cost per kW and Energy Cost include the access roads cost planned independently.

表一4 (4/4) Kosi河流域における発電潜在力

River	Name	Catchment Area (km ²)	Type	Intake Water Level EL (m)	Tail Water Level EL (m)	Dam Height (m)	Tunnel Length (km)	Maximum Discharge (m ³ /s)	Installed Capacity (MW)	Construction Cost (10 ⁶ US\$)	Generated Energy (GWh)	Cost per KW (US\$)	Energy Cost (cent/KWh)	Access Road (km)	B/C	B-C
Tamur	Tamur No. 3	4,000	PRR	560.9 (563.9)	487.6	65	--	310	186	194	812	1,043	4.04	89	2.15	38
	Tamur No. 4	3,140	SRR	661.4	563.9	20	6.40	67	51	122	356	2,392	5.79	103	1.22	4.0
	Tamur No. 5	2,560	"	822.9	661.4	20	6.00	55	70	129	489	1,843	4.46	109	1.58	13
	Tamur No. 6	2,490	"	1,005.8	822.9	20	7.40	53	76	127	535	1,671	4.01	116	1.75	16
	Tamur No. 7	2,420	"	1,249.7	1,005.8	20	6.30	52	101	138	705	1,366	3.31	122	2.13	26
	Kabelli No. 1	500	SRR	731.5	563.9	20	10.4	12	15	71	109	4,733	11.01	105	0.63	-4.4
	Kabelli No. 2	320	"	1,005.8	731.5	20	10.0	7	15	68	105	4,533	10.94	115	0.64	-4.1
Arun	Kabelli No. 3	180	"	1,371.6	1,005.8	20	5.50	4	12	56	81	4,667	11.68	122	0.61	-3.7
	Arun No. 1	32,998	SRR	420.0	311.0	23	9.60	180	146	277	1,166	1,897	4.03	72	1.66	31
	Arun No. 2	32,881	"	616.0	420.0	18	10.4	160	239	292	1,967	1,222	2.49	85	2.65	81
	Arun No. 3	32,332	"	810.0	616.0	23	7.10	156	240	268	1,965	1,119	2.29	99	2.91	86
	Arun No. 4	32,023	"	914.4	810.0	20	8.70	154	120	244	982	2,033	4.18	115	1.59	24
	Arun No. 5	31,974	"	1,082.0	914.4	20	5.70	153	202	255	1,650	1,262	2.61	135	2.56	67
Arun No. 6	31,398	"	1,280.1	1,082.0	20	5.70	151	238	265	1,914	1,113	2.35	151	2.84	83	
Sept Kosi	61,000	Reservoir	289.8 (304.8)	119.3	239	--	2,500	3,489	2,721	16,810	780	2.74	0	3.03	932	

表-5 有力発電計画の諸元

Item		Unit	SAPT KOSI HIGH DAM	ARUN NO.3	ARUN NO.2	SUN KOSI NO.1	SUN KOSI NO.3	SUN KOSI NO.2	ARUN NO.1	BHOTE KOSI NO.1	TAMA KOSI NO.3	TAMUR NO.1	TAMA KOSI NO.2	KHINTE KHOLA NO.1	DUDH KOSI NO.1
Type of Scheme		-	Reservoir	SRR	SRR	Reservoir	Reservoir	Reservoir	SRR	SRR	PRR	Reservoir	SRR	SRR	PRR
River		-	Sapt Kosi	Arun	Arun	Sun Kosi	Sun Kosi	Sun Kosi	Arun	Bhote Kosi	Tama Kosi	Tamur	Tama Kosi	Khinte	Dudh Kosi
Reservoir	Catchment Area	Ka ²	61,000	32,332	32,881	16,200	5,520	10,396	32,998	2,320	2,753	5,085	3,010	360	4,100
	High Water Level	EL m	304.8	-	-	424.6	700.0	575.0	-	-	883.9	487.6	-	-	524.2
	Low Water Level	"	259.0	-	-	423.0	674.0	516.0	-	-	873.9	460.0	-	-	514.2
	Gross Storage Capacity	Mill.m ³	8,500	-	-	1,500	1,220	4,370	-	-	24	1,890	-	-	162
	Available Storage Capacity	"	4,420	-	-	40	550	3,040	-	-	-	760	-	-	-
	Average Runoff	m ³ /s	1,633	365	398	657	280	547	405	74	154	308	168	31	227
	90% Dependable Flow	"	750	114	122	143	100	298	123	16	25	115	25	5.4	39
Dam	Type	-	Concrete Gravity	Intake Weir	Intake Weir	Concrete Gravity	Concrete Gravity	Concrete Gravity	Intake Weir	Intake Weir	Concrete Gravity	Concrete Gravity	Intake Weir	Intake Weir	Concrete Gravity
	Height	m	239	23	18	147	140	166	20	24	60	153	20	20	104
	Length	"	640	120	100	500	470	530	150	80	200	600	150	90	300
	Volume	m ³	7,677x10 ³	74x10 ³	37x10 ³	2,269x10 ³	1,935x10 ³	3,067x10 ³	91x10 ³	53x10 ³	151x10 ³	2,950x10 ³	69x10 ³	41x10 ³	681x10 ³
	Design Flood Discharge	m ³ /s	42,400	-	-	22,500	11,600	17,300	-	-	7,600	11,100	-	-	9,800
Hydropower	Intake Water Level	ELm	289.8	810.0	616.0	424.6	691.3	555.3	420.0	1,066.8	880.9	476.0	773.0	1,200.0	521.2
	Tail Water Level	"	119.3	616.0	420.0	304.8	575.0	424.6	311.0	827.0	773.0	344.4	597.0	597.0	424.6
	Gross Head	m	170.5	194.0	196.0	119.8	116.3	130.7	109.0	239.8	107.9	131.6	176.0	603.0	96.6
	Design Discharge	m ³ /s	2,500	156	160	1,400	570	1,050	180	34	150	650	150	10	300
	Firm Discharge	"	2,500	114	122	572	400	1,050	123	15.8	99	460	99	5.4	38.5
	Installed Capacity	MW	3,489	240	239	1,357	536	1,110	146	64	123	696	196	49	228
	Firm Capacity	"	3,489	176	185	555	376	1,110	100	29	82	493	130	26	118
	Generated Energy	GWH	16,810	1,965	1,967	4,640	2,070	4,760	1,166	444	603	2,750	1,013	344	978
	Firm	"	9,064	1,526	1,612	1,206	820	2,761	870	257	179	1,078	295	227	259
	Seasonal	"	7,746	-	-	1,742	876	1,999	-	-	286	1,217	471	-	407
Secondary	"	0	439	355	1,692	374	0	296	187	138	455	248	117	312	
Capital Cost	Capital Cost	10 ⁶ US\$	2,773	307	326	1,093	622	1,085	294	97	219	890	278	77	478
	Hydropower Station	"	2,721	234	261	1,001	576	992	254	89	204	838	240	58	394
	Transmission/Substation	"	52	39	34	60	40	58	17	8	13	45	33	11	29
	Access Roads	"	- (-)	34 (99km)	31 (85km)	32 (70km)	6 (20km)	35 (107km)	21 (72km)	- (-)	2 (6km)	7 (25km)	5 (15km)	8 (25km)	55 (177km)
Cost per KW	US\$/KW	795	1,279	1,364	805	1,160	977	2,014	1,516	1,780	1,279	1,418	1,571	2,096	
Energy Cost	Cent/KWH	2.78	2.65	2.80	3.99	5.07	3.84	4.29	3.60	6.14	5.45	4.64	3.78	8.28	
Economic Evaluation	Annual Cost	10 ⁶ US\$	468	52	55	185	105	183	50	16	37	150	47	13	81
	I. Consideration of Potential Energy														
	Annual Benefit	10 ⁶ US\$	1,392	131	130	460	192	418	78	31	50	252	81	24	86
	Benefit/Cost Ratio	-	2.97	2.52	2.36	2.49	1.83	2.28	1.56	1.94	1.35	1.68	1.72	1.85	1.06
	Annual (Benefit-Cost)	10 ⁶ US\$	924	79	75	275	87	235	28	15	13	102	34	11	5
	II. Consideration of Firm and Secondary Energy														
	Annual Benefit	10 ⁶ US\$	1,276	111	115	254	142	388	65	22	35	188	59	18	54
	Benefit/Cost Ratio	-	2.73	2.13	2.09	1.37	1.35	2.12	1.30	1.38	0.95	1.25	1.26	1.38	0.67
Annual (Benefit-Cost)	10 ⁶ US\$	808	59	60	69	37	205	15	6	-2	38	12	5	-12	

表-6 Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase-1) の投資額

Discription	Unit	10 ⁶ US\$
1. Kurule Intake Dam ("Marha River - Khanro River")		51.19
2. Diversion Tunnel		105.80
- Length	16.6 km	
- Max. Discharge	72 m ³ /s	
- Diameter	5.25 m	
3. Diversion Power Station		31.96
- Effective Head	102.5 m	
- Design Discharge	72 m ³	
- Installation Capacity	61.4 MW	
4. Kamla Dam		66.60
- Dam Height	51.0 m	
5. Kamla Dam Power Station		23.36
- Effective Head	32.0 m	
- Design Discharge	120 m ³ /s	
- Installation Capacity	31.99 MW	
6. Transmission Line		7.32
- Length	32 km (132 kV)	
7. Irrigation Facilities		212.90
- Main Canal	152.5 km	
- Siphon	33 Nos.	
- Others	L.P.S	
- Net Command Area	175,100 ha	
8. Chisapani Barrage		19.64
9. Access Road ("Marha River - Khanro River")		31.93
Total		550.70

表一7 Arun No.3 水力発電計画の投資額

Unit : 10 ⁶ US\$		
Discription	Unit	Remarks
1. Compenition and Land Acquisition	6	
2. Power House	15	
3. Weir	13	Dam Concrete 74 x 10 ³ M ³
4. Intake Structure	20	
5. Waterway	62	
6. Penstock	7	
7. Micellaneous Works	9	
8. Electric Equipment	50	
9. Temporary Facilities	12	
10. Administrative and Engineering Cost	19	
11. Contingency	21	
12. Access Road	34	
T O T A L	268	

表--8 Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase- I) の年別投資額

Unit: 106 US\$

Item	Total	1988	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
1. Civil Work														
Temporary Work	69.2	-	-	-	6.5	6.5	7.9	7.0	13.9	23.3	-	3.2	-	-
Kurule Intake Dam	35.9	-	-	-	-	-	-	8.9	9.0	9.0	9.0	-	-	-
Diversion Tunnel	74.2	-	-	-	-	-	14.8	14.8	14.8	14.9	14.9	-	-	-
Kamla Dam	46.7	-	-	-	-	-	-	-	-	11.6	11.7	11.7	11.7	-
Hydropower	43.9	-	-	-	-	-	-	-	-	13.8	13.8	5.4	10.9	-
Irrigation	170.2	-	-	-	5.6	5.6	8.1	15.3	31.8	24.6	24.6	19.0	19.1	16.5
Access Road	23.4	-	-	-	7.8	7.8	7.8	-	-	-	-	-	-	-
2. O/M Facilities	14.0	-	2.5	2.6	4.0	1.5	1.7	1.7	-	-	-	-	-	-
3. Administration & Engineering	32.4	1.8	1.8	2.4	2.5	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	1.6	1.6	0.9
4. Physical Contengency	40.8	0.1	0.3	0.4	2.1	2.0	3.5	4.2	5.8	8.0	6.3	3.3	3.5	1.4
TOTAL	550.7	1.9	4.6	5.4	28.5	26.7	47.1	56.1	78.6	108.5	83.5	44.2	46.8	18.8

表一9 Arun No.3 水力発電計画の年別投資額

COST DISBURSEMENT OF ALTERNATIVES

Alternative	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	(Total)	
1																		
Arun No.3	14	14	16	41	62	73	51	16	10	10							307	
Arun No.2							12	35	64	78	52	20	17				278	
Arun No.1									25	52	52	76	81	25			259	
TA No.3										21	44	67	67	20			219	
(Total)	14	14	16	41	62	73	63	51	74	113	125	140	165	92	20		1,063	
2																		
Arun No.3	14	14	16	41	62	73	51	16	10	10							307	
Arun No.2							12	35	64	78	52	20	17				278	
TA No.3									21	51	72	72	20				236	
TA No.2										24	49	73	76	24			246	
(Total)	14	14	16	41	62	73	63	51	74	109	127	141	162	96	24		1,067	
3																		
Arun No.3	14	14	16	41	62	73	51	16	10	10							307	
TA No.3							10	31	62	72	51	10					236	
TA No.2								10	32	54	64	43	29	14			246	
Arun No.2										12	35	64	78	52	20	17	278	
(Total)	14	14	16	41	62	73	61	57	104	148	150	117	107	66	20	17	1,067	
4																		
Arun No.3	14	14	16	41	62	73	51	16	10	10							307	
SU No.3							25	88	140	166	114	34	15	15	15	9	621	
(Total)	14	14	16	41	62	73	76	104	150	176	114	34	15	14	15	9	928	

Note: 1) Cost includes access roads and Transmission/substations

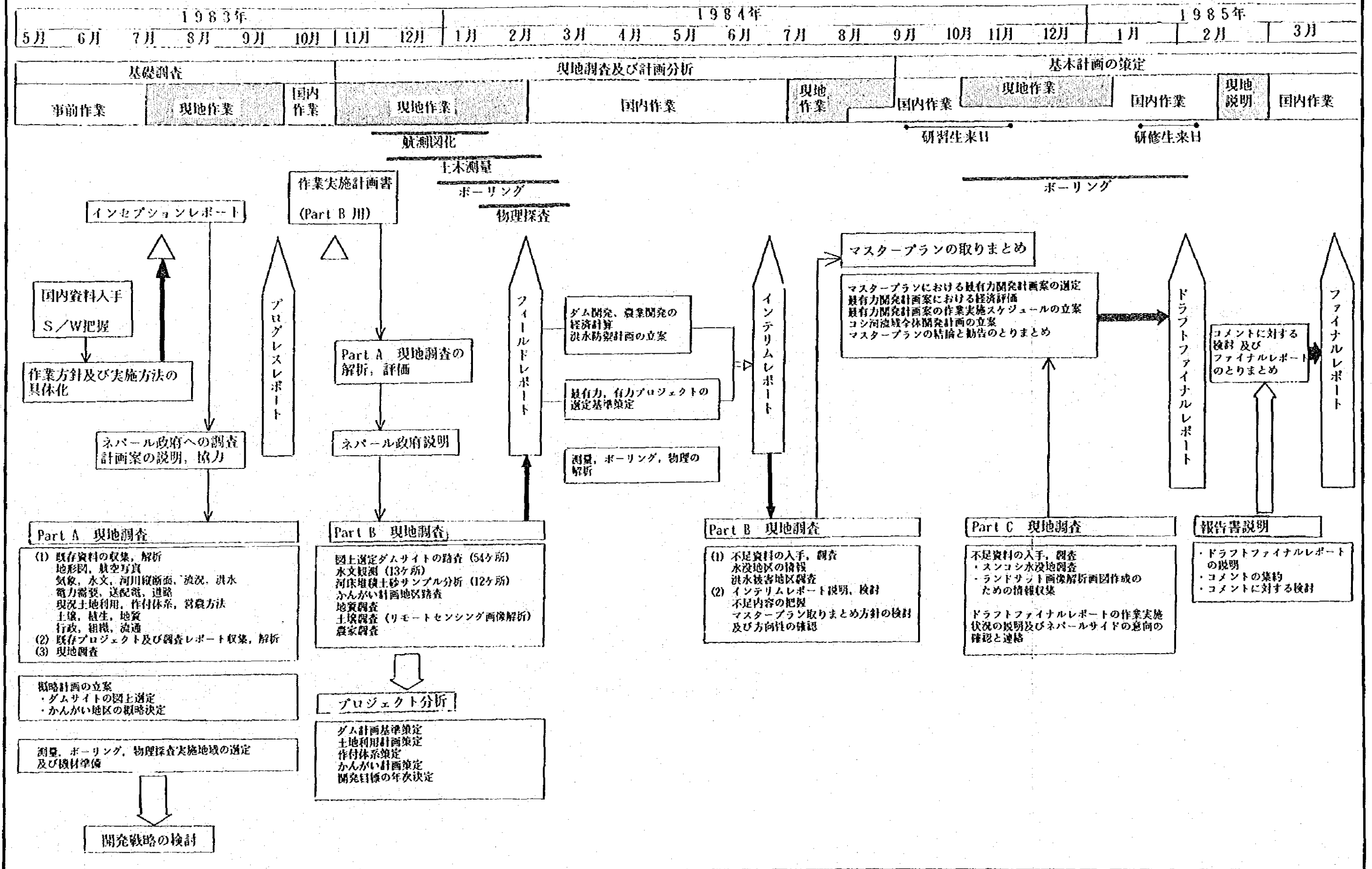
2) TA; Tama Kosi, SU; Sun Kosi

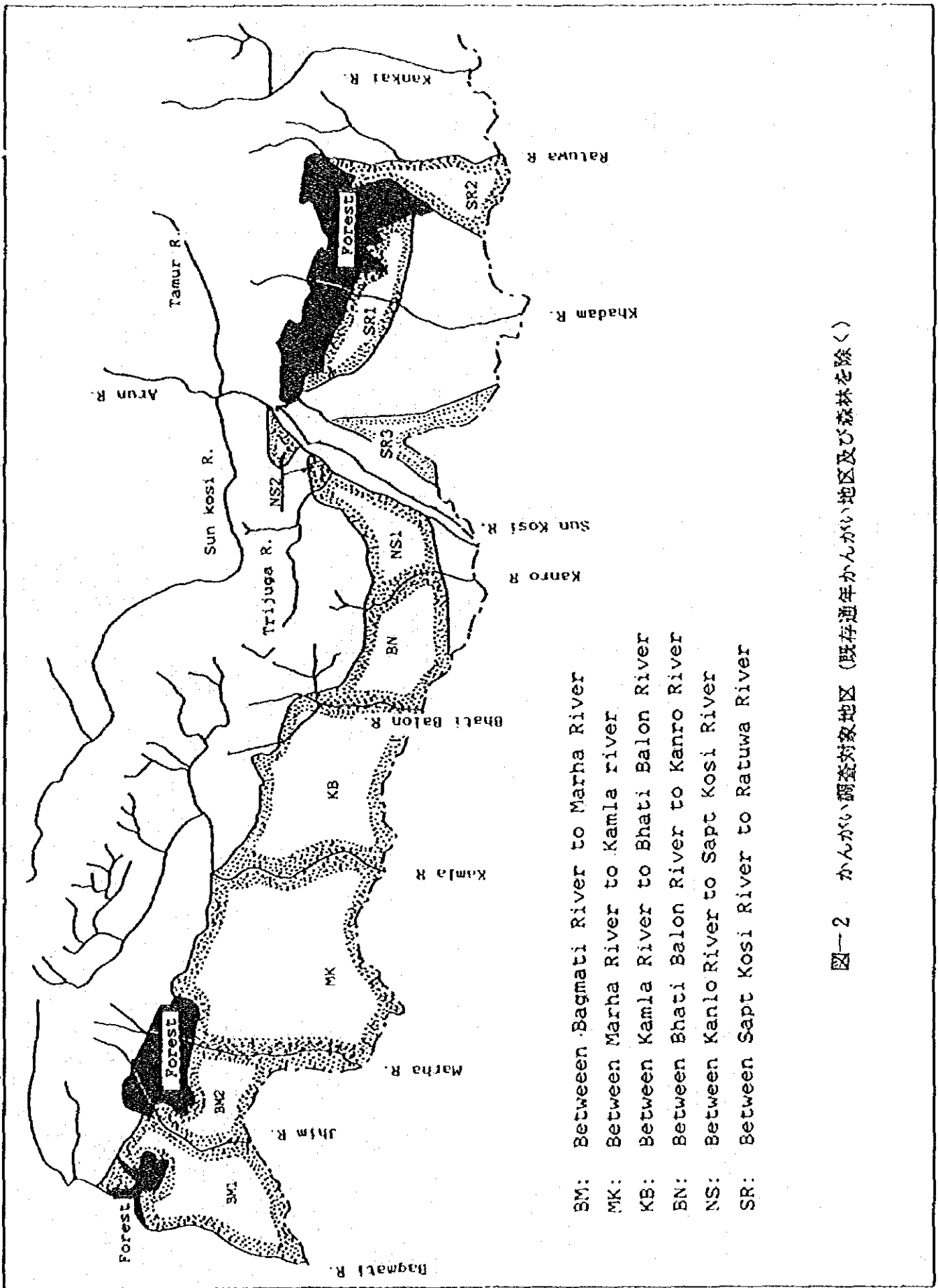
表-10 Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase-I) の各段階における経済分析結果

Constuction Scope	Stage-1	Stage-2	Stage-3
	①+③	②+④	⑤+⑥
Net Irrigation Area (ha)	55,500	24,200	95,400
Hydropower (kW)	61,400	32,000	-
Construction Cost			
Irrigation	162.48	72.01	135.20
Hydropower	138.51	42.50	0
Total	300.99	114.51	135.20
Discounted Benefit			
Irrigation	310.96	135.59	534.51
Hydropower	280.35	67.84	0
Total	591.31	203.43	534.51
Discounted Cost			
Irrigation	253.40	117.39	211.25
Hydropower	218.81	62.40	0
Total	472.21	179.79	211.25
B/C			
Irrigation	1.23	1.16	2.53
Hydropower	1.28	1.09	-
Total	1.25	1.13	2.53
B-C			
Irrigation	57.56	18.20	323.26
Hydropower	61.54	5.44	0
Total	119.10	23.64	323.26

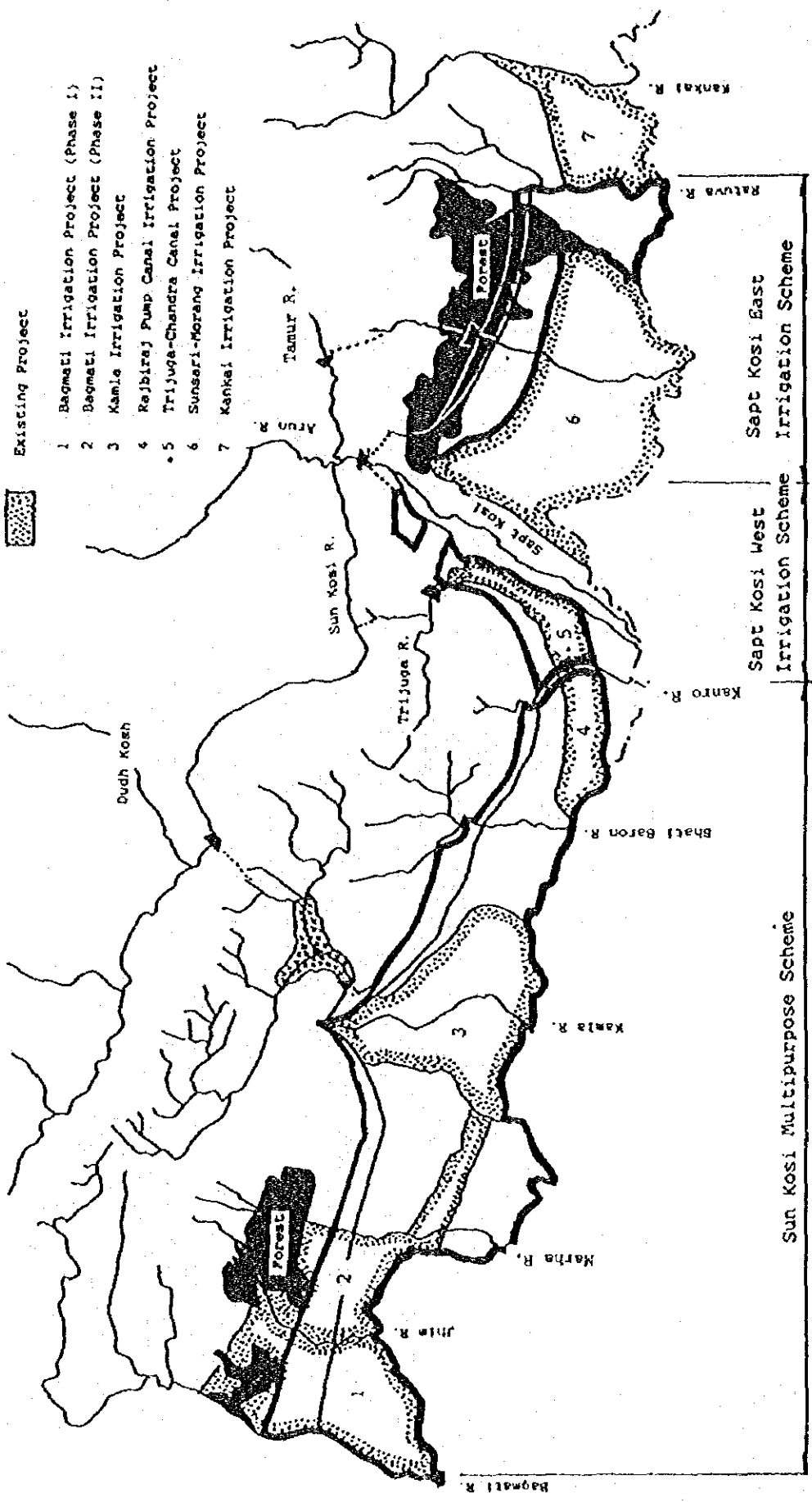
付 図

図 1 調査の実施工程

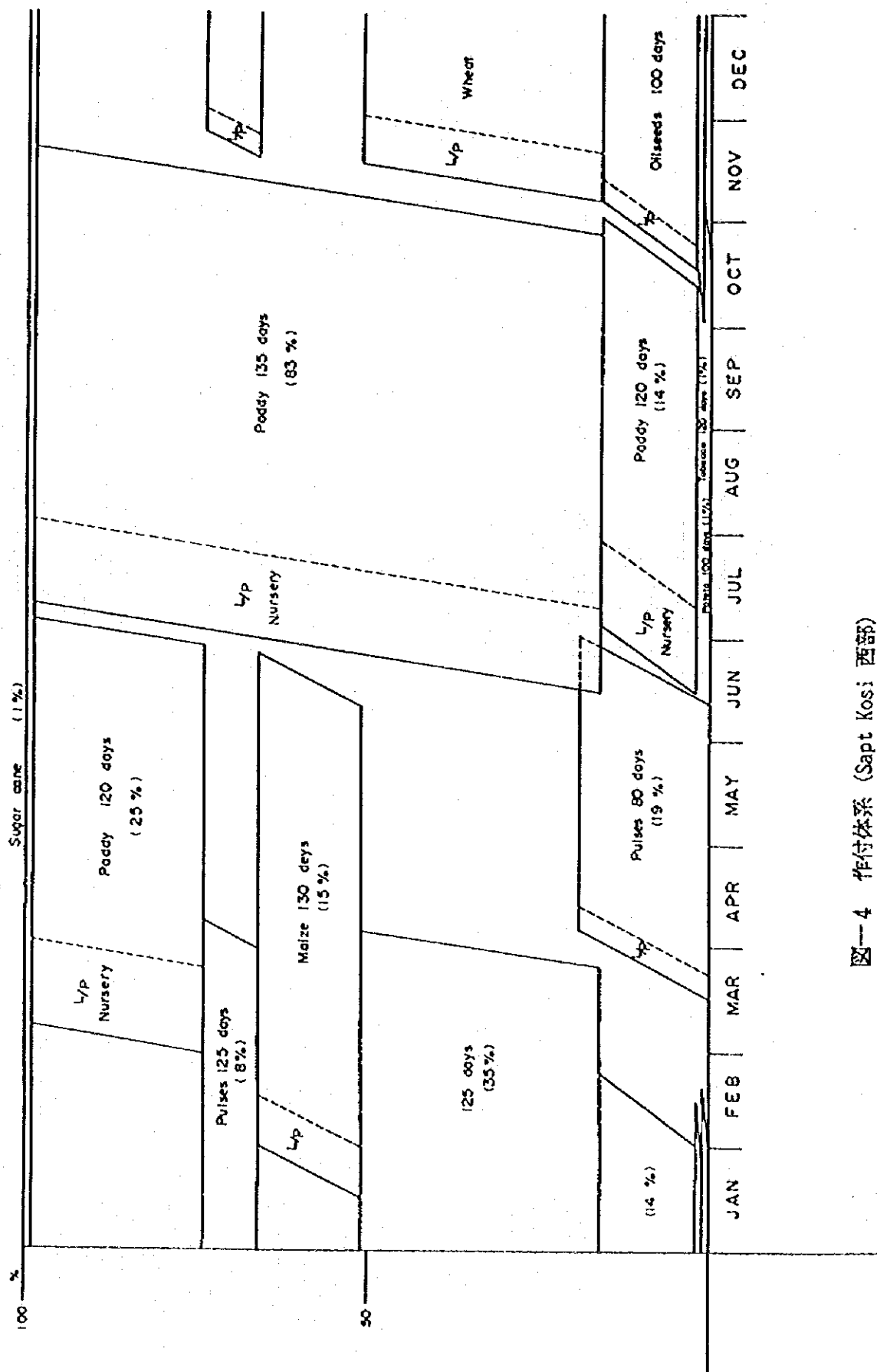




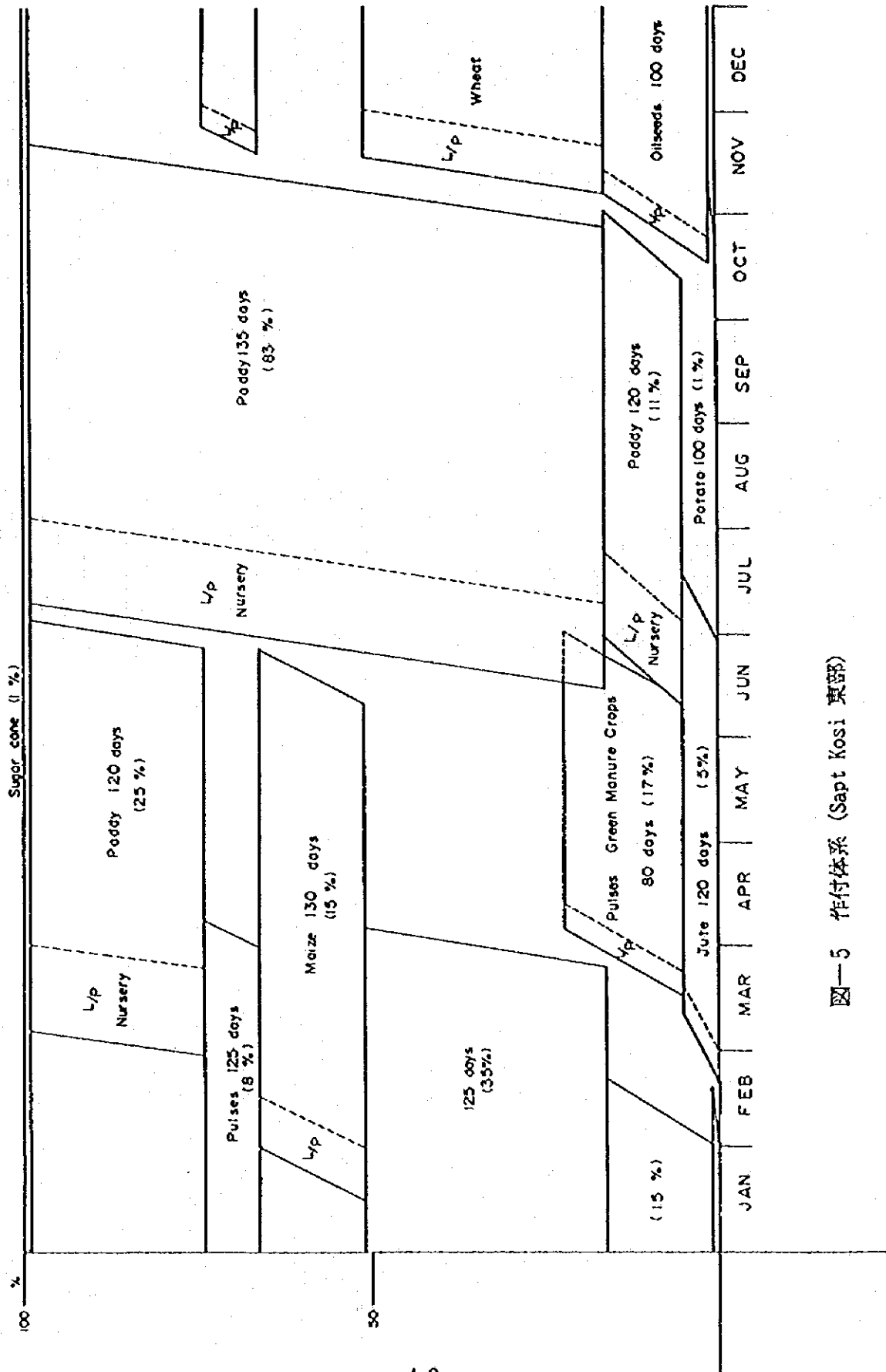
図一2 かんがい調査対象地区（既存通年かんがい地区及び森林を除く）



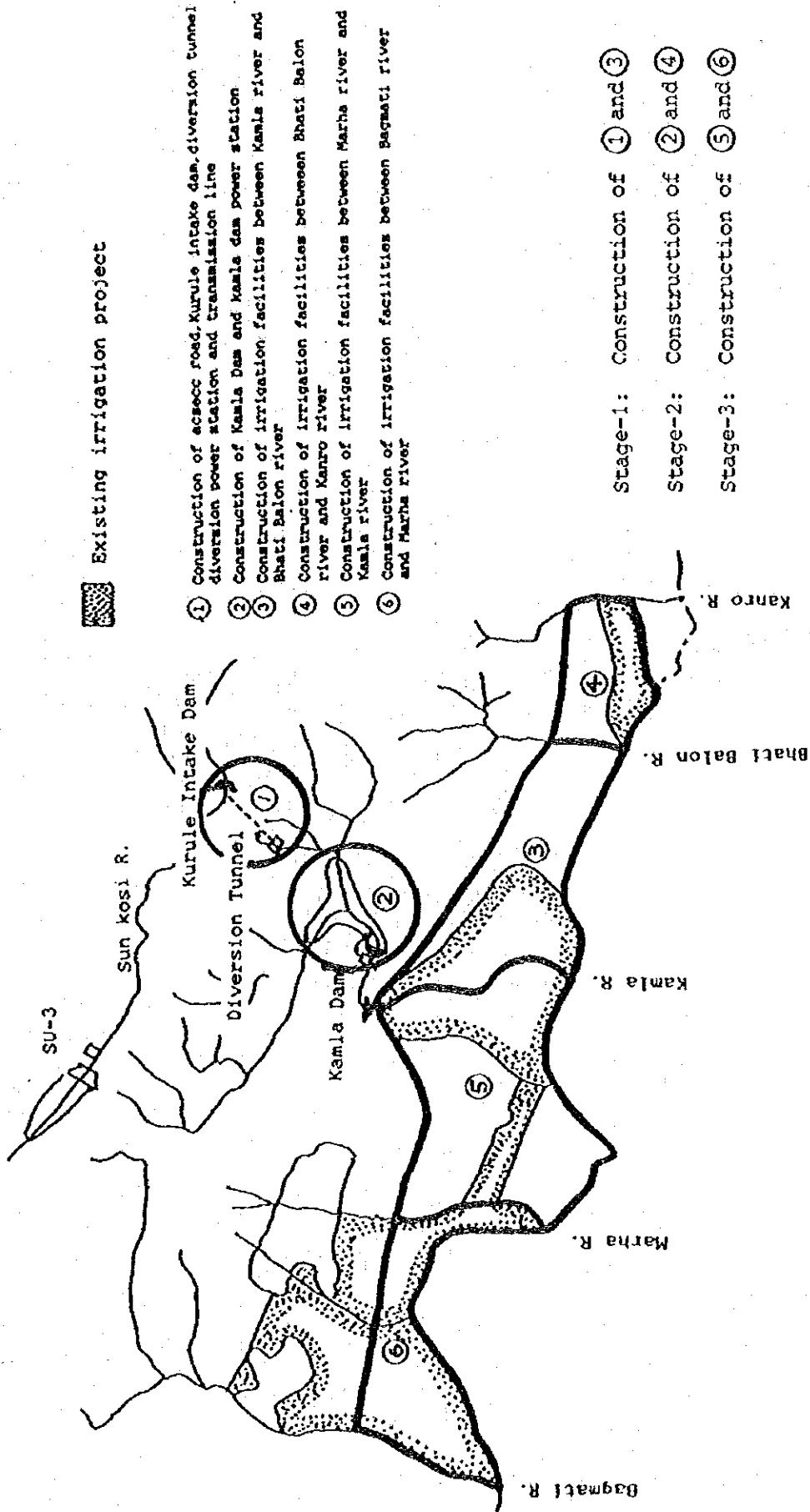
図—3 かんがい計画地域



图一4 作付体系 (Sapt Kosi 西部)

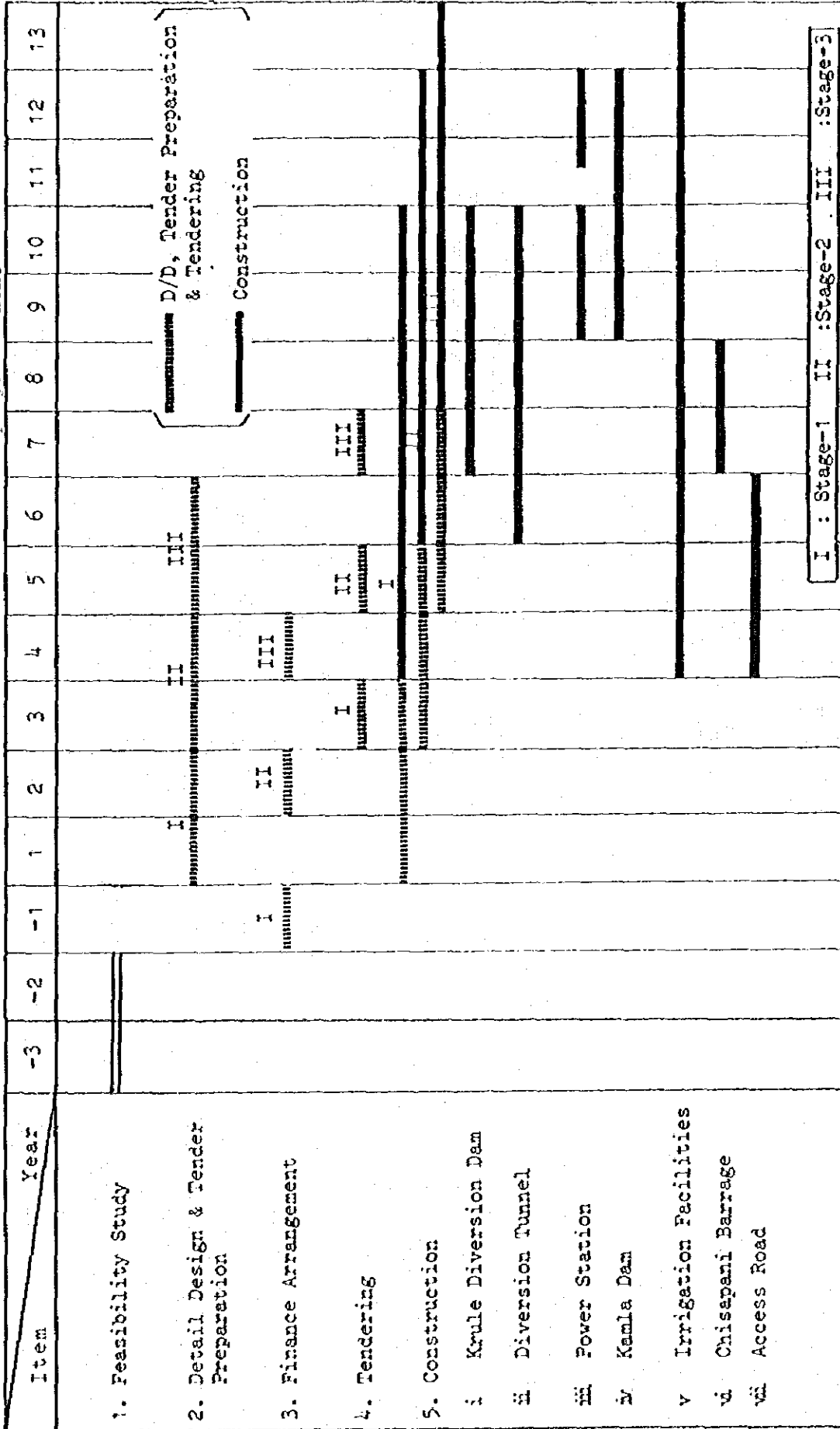


图一5 作付体系 (Sapt Kosi 东部)

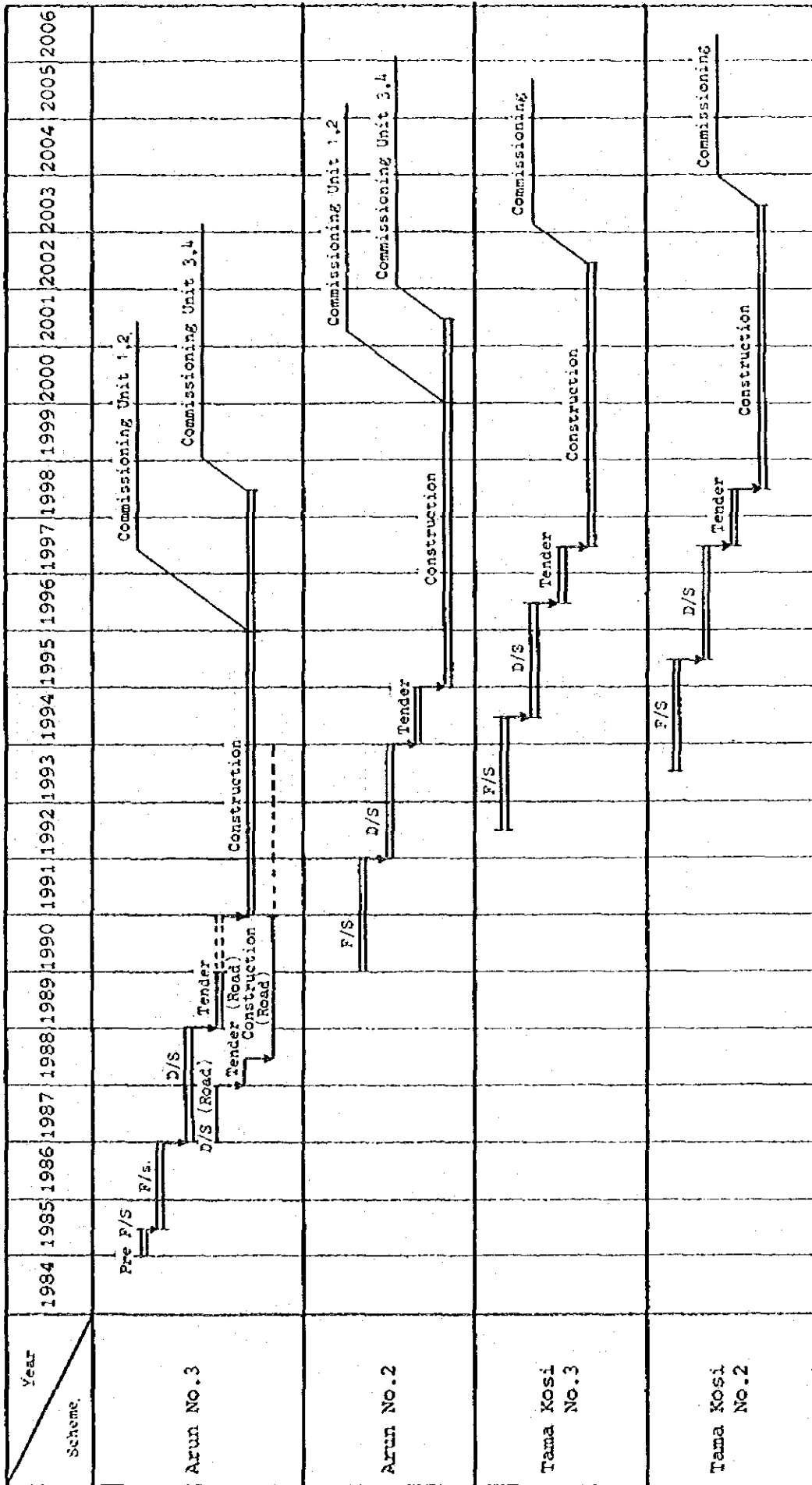


圖一6 段階開發計畫

Sun Kosi Multipurpose Scheme

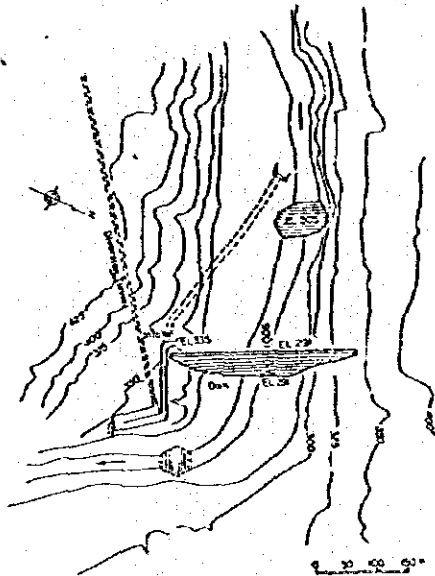


図一七 Sun Kosi 分水総合開発計画 (Phase- I) の実施工程

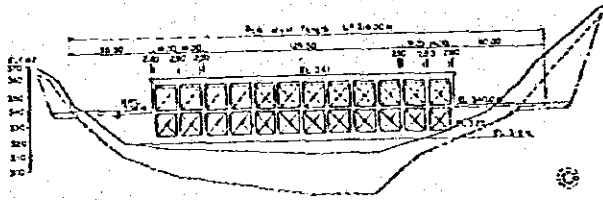


F/S : Feasibility Study D/S : Design Stage

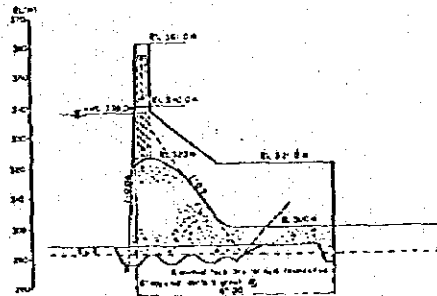
図一八 有力発電計画の実施工程



KURULE INTAKE DAM PLAN

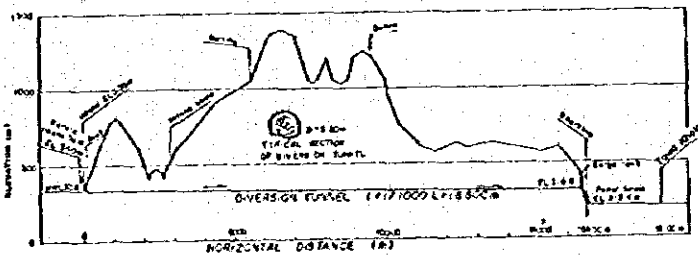


UPSTREAM VIEW OF DAM



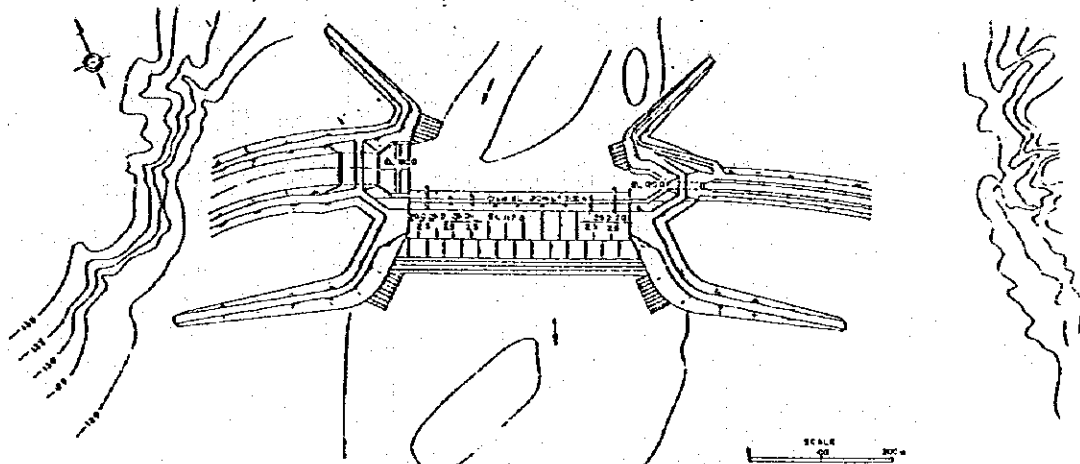
SECTION OF DAM

Figure 4

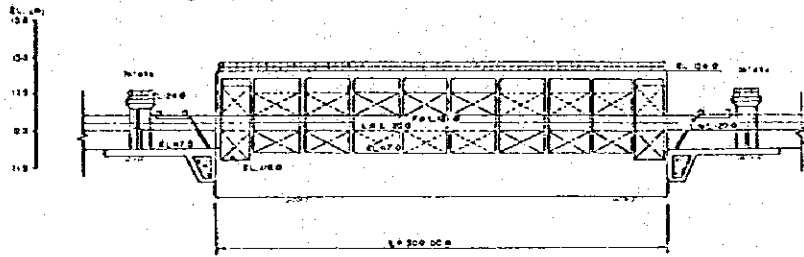


PROFILE OF DIVERSION TUNNEL

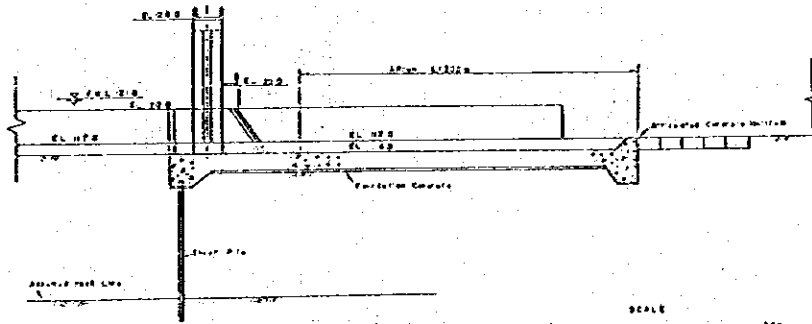
HIS MAJESTY'S GOVERNMENT OF NEPAL	
MINISTRY OF WATER RESOURCES	
KOSI RIVER WATER RESOURCES DEVELOPMENT	
MASTER PLAN STUDY	
SUN KOSI MULTIPURPOSE SCHEME	
KURULE INTAKE DAM	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
Date: March 1985	Sheet No.



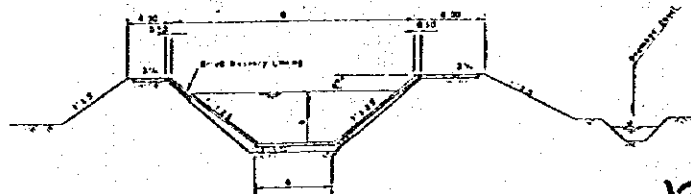
CHISAPANI BARRAGE PLAN



UPSTREAM VIEW OF BARRAGE



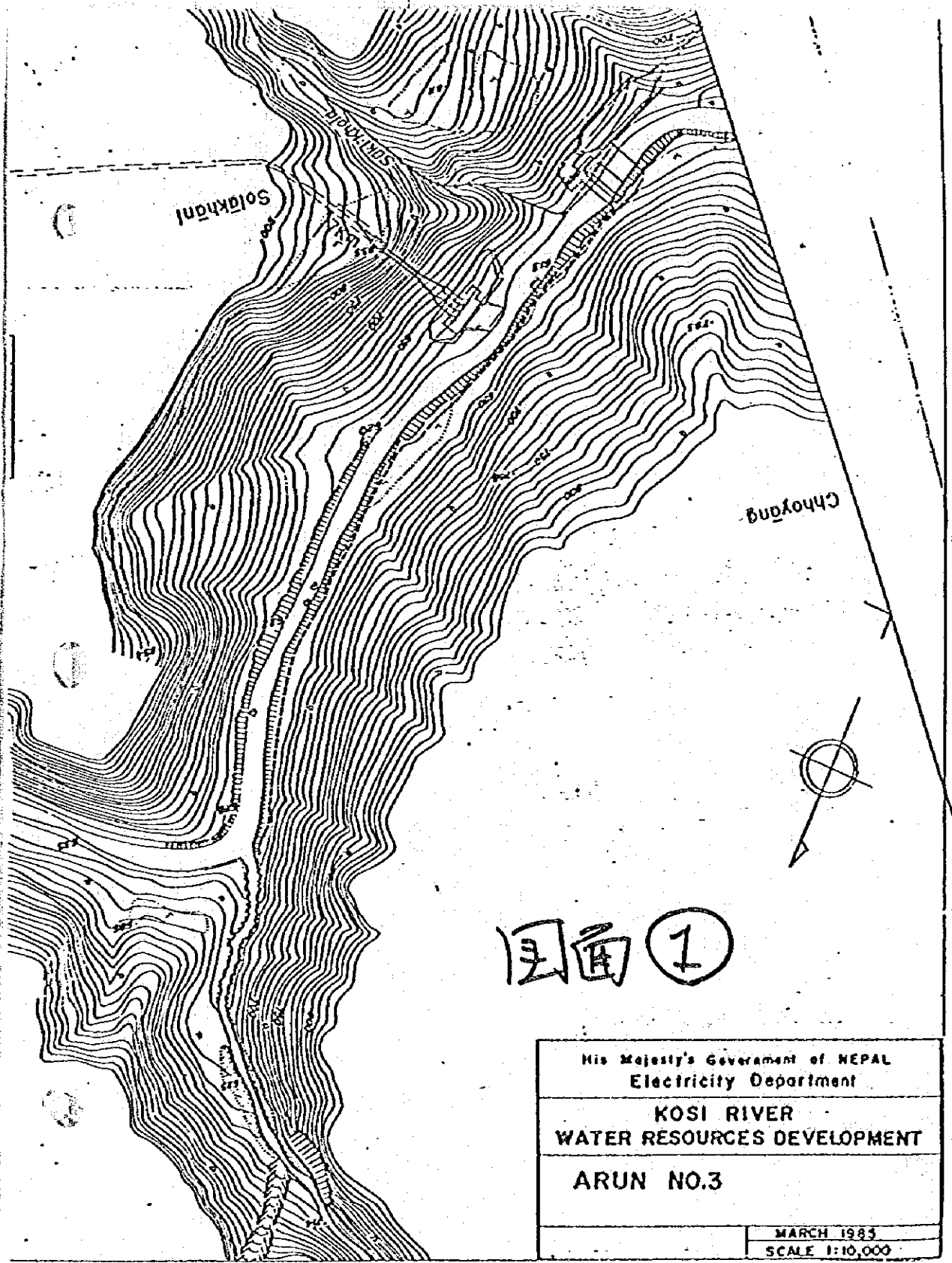
SECTION OF BARRAGE



TYPICAL SECTION OF MAIN CANAL

図面⑥

HIS MAJESTY'S GOVERNMENT OF NEPAL	
MINISTRY OF WATER RESOURCES	
KOSI RIVER WATER RESOURCES DEVELOPMENT	
MASTER PLAN STUDY	
SUN KOSI MULTIPURPOSE SCHEME	
CHISAPANI BARRAGE	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
Date: March 1985	Sheet No.



图面 ①

His Majesty's Government of NEPAL Electricity Department	
KOSI RIVER WATER RESOURCES DEVELOPMENT	
ARUN NO.3	
MARCH 1985	
SCALE 1:10,000	

JICA