

# 研修員受入事業特別案件調査

## —小水力発電—

1999年11月

LIBRARY

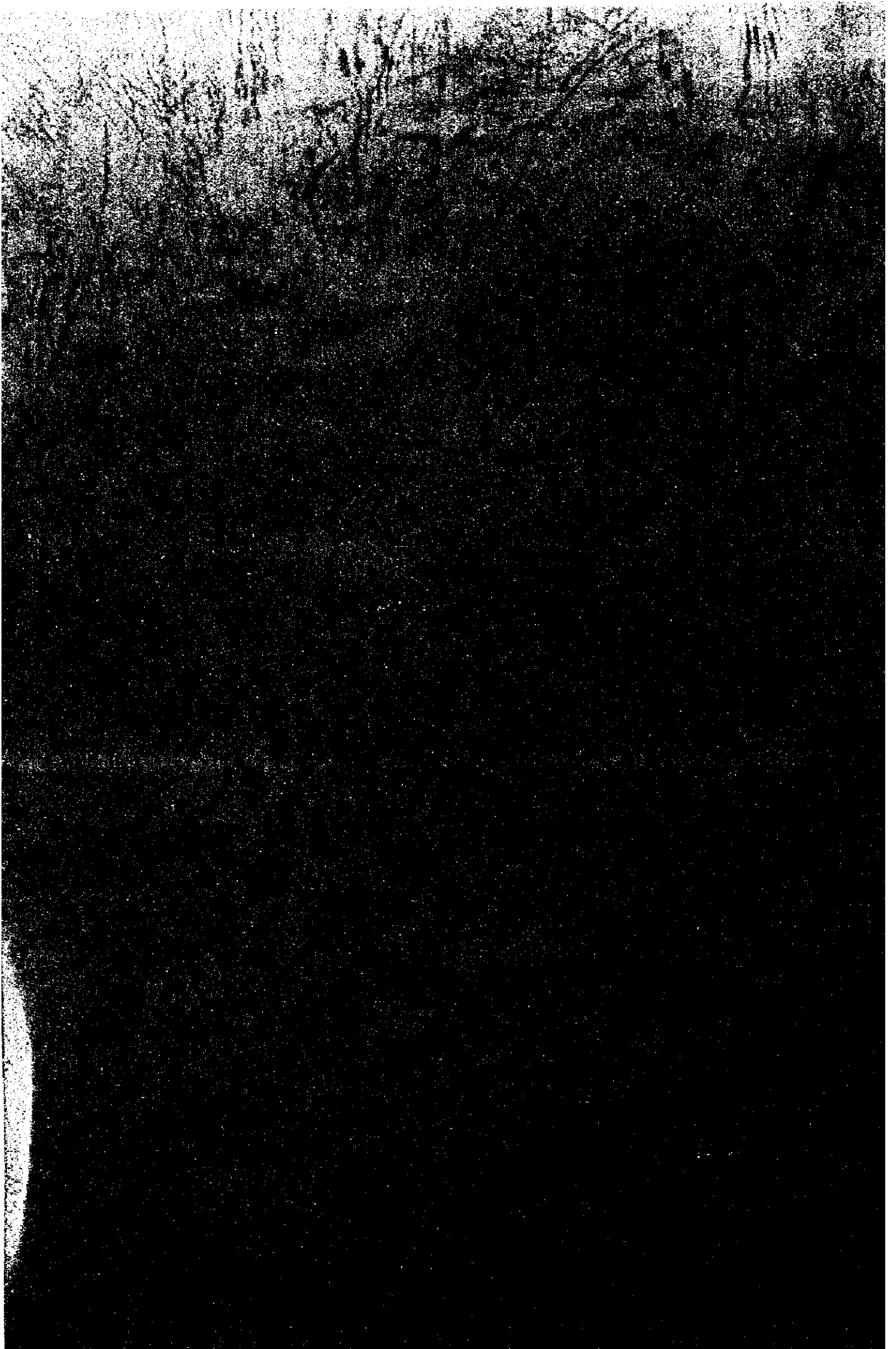


J1157527(1)

国際協力事業団

名古屋国際研修センター

名古屋
JR
99-03



## 序文

この報告書は、平成11年度から名古屋国際研修センターが実施する一般特設研修コース「小水力発電」の内容についてネパール・ラオス両国における現状を視察し、より効果的・効率的な研修コースの実施に向けて、同分野における研修ニーズ、及びコースの内容に関する両国政府の要望を調査した結果をまとめたものです。

この報告書が、本研修コースの実施のみならず、今後一層の拡充が望まれるエネルギー分野における研修コースの改善にお役に立てれば幸いです。

現地での調査、及び報告書の取りまとめにあられた中部電力株式会社土木建築部水力グループ副長細見浩氏及び工務部発電電グループ主任上原博志氏をはじめ、多くの関係者の方々に謝意を表わすと共に、本研修コースの実施にあたって一層のご支援、ご協力をお願い申し上げます。

平成11年11月

国際協力事業団  
名古屋国際研修センター  
所長 中島行男



1157527 (1)



ネパール電力庁 Bholan Chalise Managing Director  
(ネパール電力庁総裁)との面談

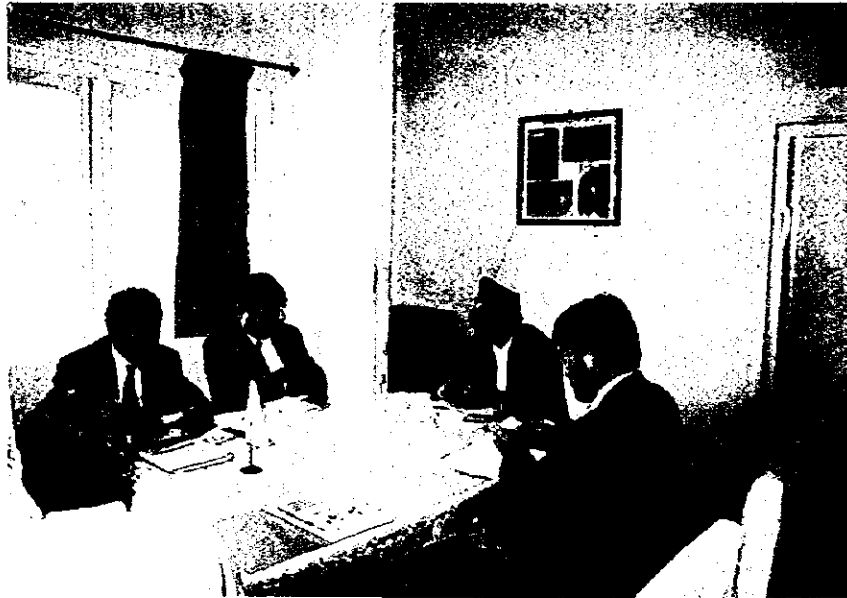


ネパール電力庁 BB.Dhungana Deputy Managing Director of Distribution  
and Consumer Service ほか関係者(地方電化部門)との面談

(ネパール)



ネパール電力庁 Thakur Rai Pandey Director of Human Resource Development ほか関係者（人的資源開発担当部署）との面談

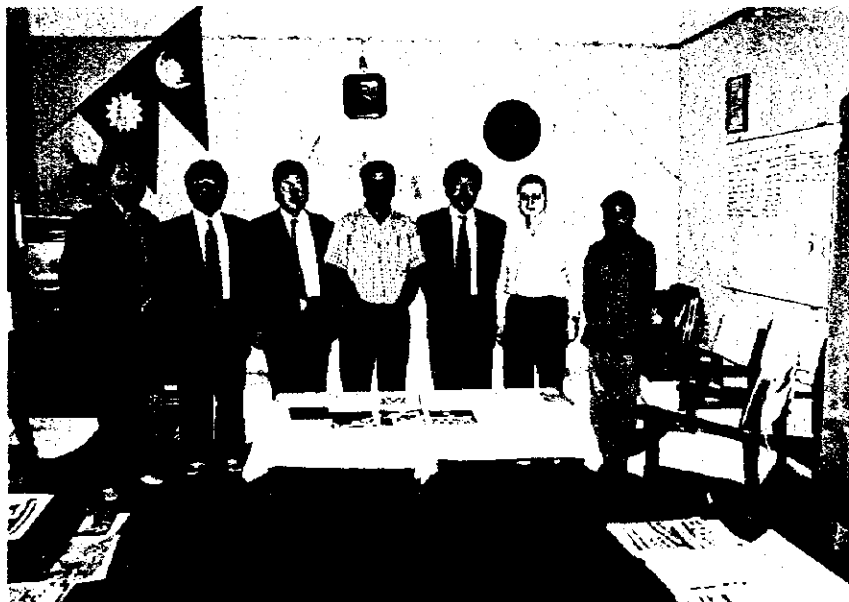


水資源省 Y.L.Vaidya Special Secretary との面談

(ネパール)



ドイツ援助機関G T Z Peter Rhode Director との面談



J I C A 帰国研修員同窓会 代表 Mr.Dilli Ratna Sakya ほか関係者

(ネパール)



JICAネパール事務所 打合せ  
奥からJICAの藤井電力担当、長谷川所長、矢部次長



NEA Baglung 支社 裏の資材置き場  
Pokhala から約 100km 西、車移動で約 3 時間の位置  
Baglung 周辺を管轄

(ネパール)





Baglung 発電所  
Baglung 支社より歩いて約 30 分の位置  
保守・運転員 5 名程で管理

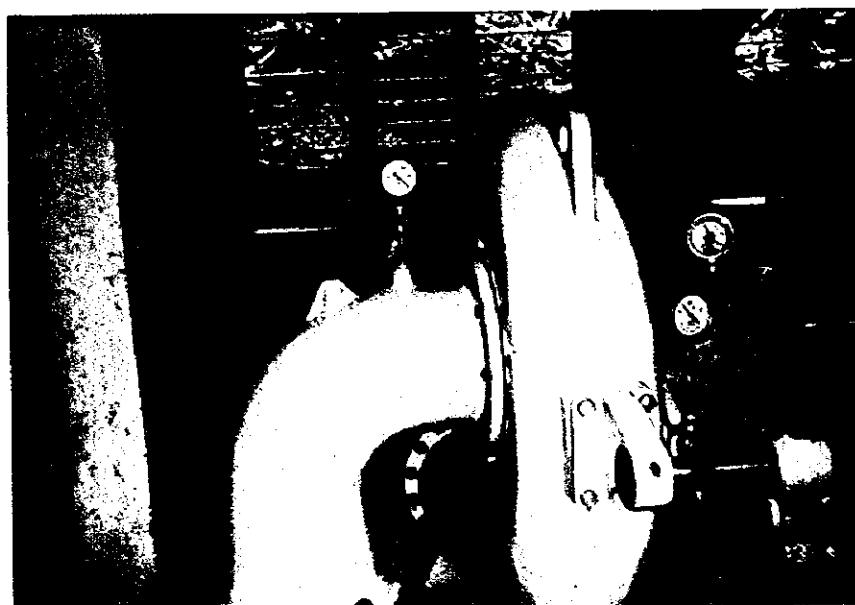


Baglung 小規模水力発電所 視察  
Mr. Purna Tuladhar に事情を聞く細見、上原両団員

(ネパール)



Baglung 発電所 取水口（灌漑用設備）  
発電所より上流に歩いて約 1 時間の位置  
自然の地形を生かし自然に導水路に水が入っている。

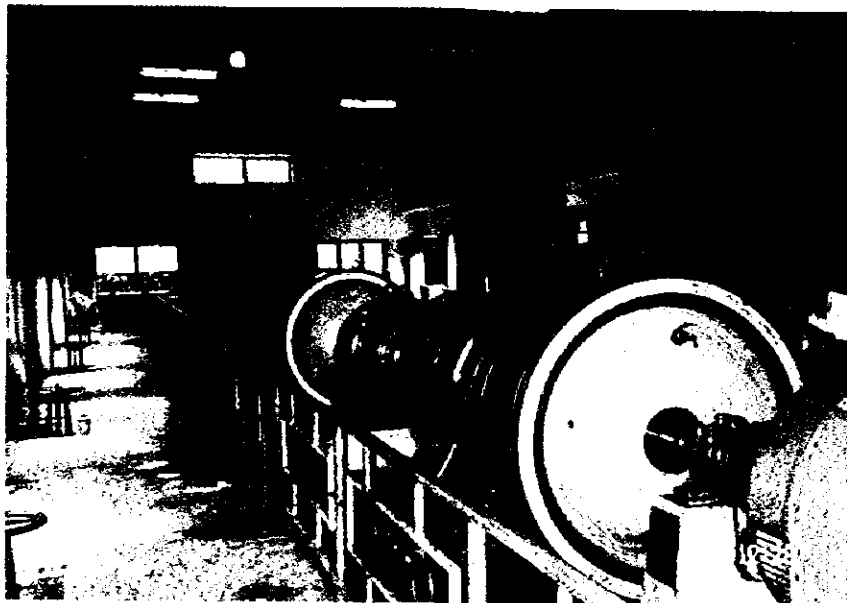


Baglung 発電所 水車  
出力 200kW、中国製フランス水車、1994 年製

(ネパール)



Fewa 発電所  
出力 1152kW (288kW×3 台)  
灌漑用から水を分岐し発電を実施



Fewa 発電所 水車発電機  
ドイツ製フランス水車、同期発電機、1969 年製  
全体的に老朽化

(ネパール)



Seti 発電所

Seti 川から取水。Seti とはネパール語で「白い」と意味する。  
白い川の水は土砂を含んでいるため、水車の摩耗で苦勞していた。



Seti 発電所 水車発電機

1500kW(500kW×3 台)、中国製フランス水車、同期発電機  
1997 年に設備改修を実施

(ネパール)

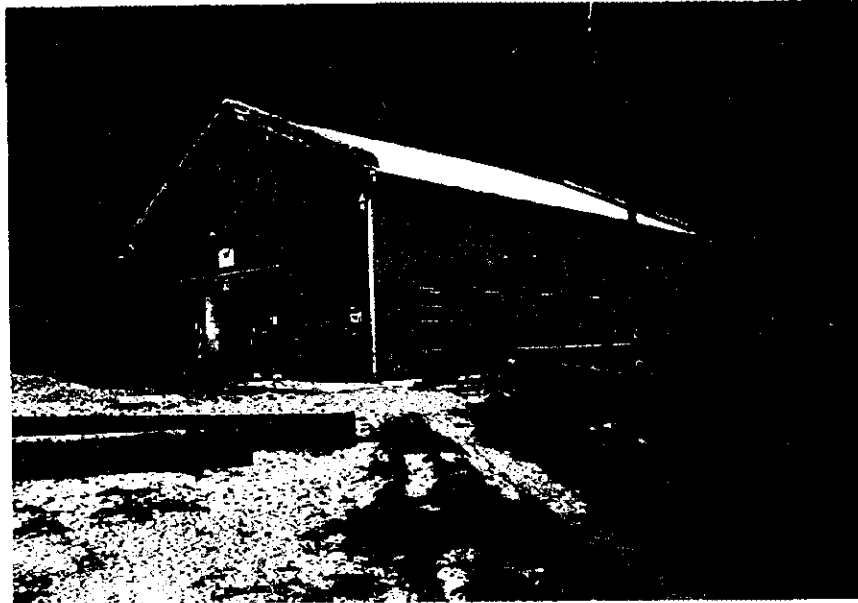


Modhi Kokla 発電所（建設中）取水口



Modhi Kokla 発電所（建設中）発電所建屋  
中国の土木会社にて建設、主機は韓国製  
14000kW (7000kW×2台)

(ネパール)



Sundarijal 発電所  
稼働中のものでネパール最古の発電所、1934 年製



Sundarijal 発電所 水車発電機  
600kW (300kW×2 台)、イギリス製横軸ベルトン水車、同期発電機  
1966 年部分改修を実施

(ネパール)



ラオス日本大使館 長野一等書記官との面談

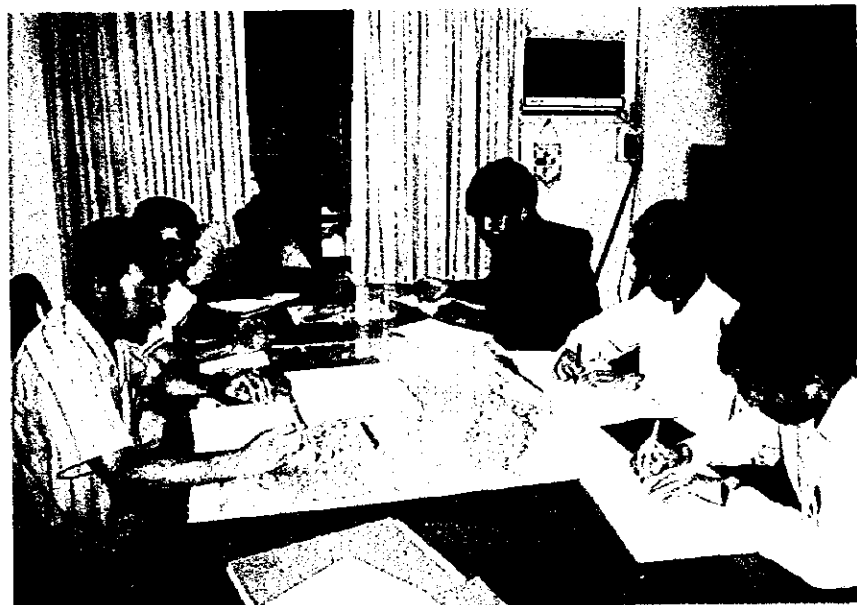


ラオス電力公社との面談

(ラオス)



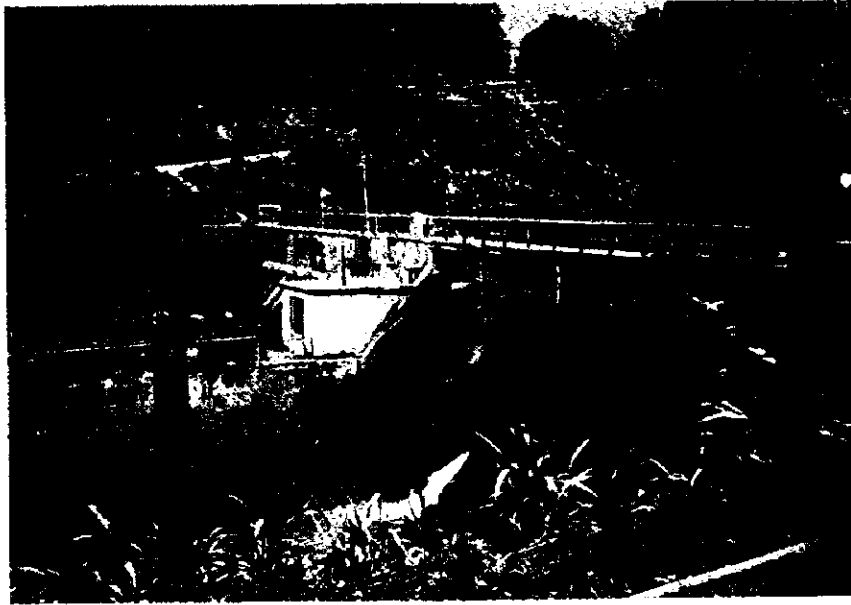
ラオス中央投資委員会との面談



ラオスJICA事務所への報告状況

(ラオス)





Nam Dong 発電所用ダム

ラオス最初の水力発電所用ダム、1967年フランスの援助にて建設



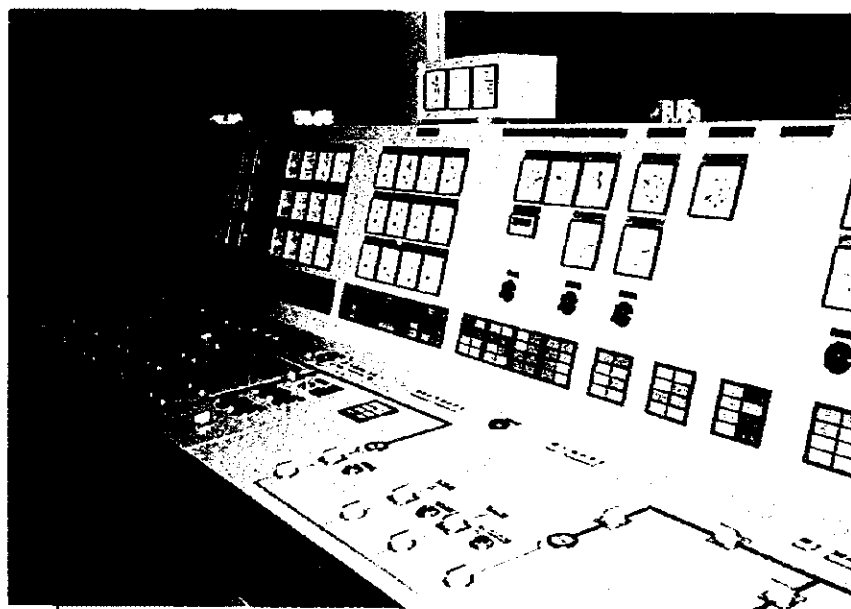
Nam Dong 発電所

ラオス最初の水力発電所、1967年フランスの援助にて建設

(ラオス)



Nam Dong 発電所 水車発電機  
1008kW (336kW×3台)、フランス製横軸ベルトン水車、同期発電機  
1995年設備改修を実施

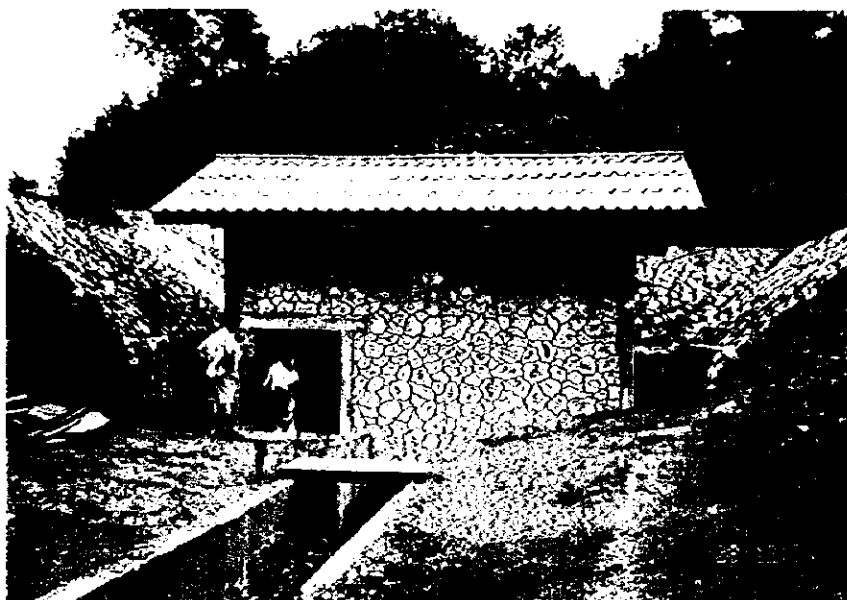


Nam Dong 発電所 制御装置  
1995年設備改修に合わせ取替

(ラオス)



Nam Pa 発電所用ダム  
灌漑用と合わせて取水、写真左側が取水口



Nam Pa 発電所  
出力 16kW、1997 年製

(ラオス)



EDL Luang Prabang office  
需要家 54000 軒、最大需要電力 4000kW  
職員 117 名 (内テクニシャン 38 名、エンジニア 18 名)



Luang Prabang ディーゼル発電所  
1000kW (4 台) フランス、インド製

(ラオス)



Nam Mong 発電所（建設中）鉄管路作業風景  
75kW（1台）、日本製機器が入る予定。  
土木工事は大日本土木が担当



Nam Mong 発電所（建設中）資材置き場  
土木工事は人海戦術にて実施する。

（ラオス）



ラオス Luang Prabang 村  
村全体が世界遺産となっており、電化されている。



ネパール Kathmandu 風景  
茶色のレンガ造り建屋が目立つ。電化されている。

(ラオス)

# 目次

## 序文

### 1. 調査団派遣の概要

1) 派遣の経緯と目的	1
2) 調査団の構成	1
3) 調査日程	2
4) 主要面会者	3

### 2. 調査報告

#### 1) ネパール王国

ア. 概要	5
イ. ネパールでの訪問先	5
ウ. 訪問先より得た内容	
(ア) NEA	6
(イ) MWR	8
(ウ) Baglung Hydropower Station	9
(エ) Fewa Hydropower Station	10
(オ) Seti Hydropower Station	11
(カ) Modhi Kohla Hydropower Station	11
(キ) Sundarijal Hydropower Station	12
(ク) ドイツ援助機関	12

#### 2) ラオス人民民主共和国

ア. 概要	13
イ. ラオスでの訪問先	13
ウ. 訪問先内容	
(ア) MIH	14
(イ) EDL	15
(ウ) Nam Dong Hydropower Station	17
(エ) EDL Luang Prabang Office	17
(オ) Nam Pa Hydropower Station	18
(カ) Nam Mong Hydropower Station	19

### 3. 現状の課題と研修ニーズ

ア. 課題	20
イ. 研修ニーズ	20





## 1. 調査団派遣の概要

### 1) 派遣経緯と目的

開発途上国においては、都市部での電化が進む一方で、山間部や島嶼地域などでは、電化が進展しない地域の問題が指摘されている。この現状の中、生活水準の向上と地域振興のために、河川の水力などを利用して発電を行う小水力発電が注目されている。小水力発電は環境保全の観点からも必要性が指摘されており、今後開発途上国において小水力発電に携わる技術者を育成するために、平成11年度より本研修コースが実施されることとなった。

本研修コースは主に以下の内容に関し、実施する予定である。

- (a)小水力発電の計画手法
- (b)保守・操作管理技術
- (c)再生可能エネルギー（太陽光、風力）
- (d)施設見学

そこで本調査団は、名古屋国際研修センターが平成11年度より実施する一般特設コース「小水力発電」の第1回目の実施に先立ち、より効果的・効率的な研修の実施に向けて、同国の小水力発電に係る現状と研修ニーズを把握するため、平成11年7月18日から8月1日までネパール及びラオス両国に派遣された。調査団は、技術協力窓口機関、関連省庁、関連企業、小水力発電サイト等を訪問し、調査を実施した。

- ・対象コース名  
一般特設研修コース「小水力発電」
- ・派遣国  
ネパール、ラオス
- ・派遣期間  
平成11年7月18日～平成11年8月1日

### 2) 調査団の構成

吉村 稔（総括）  
国際協力事業団 名古屋国際研修センター 研修課 課長代理

細見 浩（技術総括）  
中部電力株式会社 土木建築部 水力グループ 副長

上原 博志（施設計画）  
中部電力株式会社 工務部発電電グループ（水力開発） 主任

大久保晶光（調査企画）  
国際協力事業団 名古屋国際研修センター 研修課

3) 調査日程

日順	月日	曜日	訪問機関、面会者等	調査すべき事項 収集すべき資料等
1	7/18	日	名古屋10:30 (TG645) →バンコク14:30	
2	7/19	月	10:30 バンコク (TG319) →12:35カトマンズ 14:30 JICAネパール事務所 16:00 日本大使館	調査打ち合わせ 表敬・調査
3	7/20	火	10:15 ネパール電力庁 (NEA) 11:45 水資源庁 (MWR)	調査・研修員受入手続き 確認
4	7/21	水	8:10 カトマンズ (3Z103) →8:40 ポカラ 9:30 Baglung 小水力発電所	現地調査
5	7/22	木	9:00 Fewa小水力発電所 11:00 Seti小水力発電所 14:05 ポカラ (3Z122) →14:05 カトマンズ	現地調査 "
6	7/23	金	8:30 Surdarijal 水力発電所 15:30 JICAネパール事務所報告	現地調査 調査結果報告
7	7/24	土	13:00 カトマンズ (TG320) →18:10バンコク	
8	7/25	日	8:20 バンコク (TG690) → 9:30 ヴィエンチャン	
9	7/26	月	8:30 JICAラオス事務所 9:30 日本大使館 10:30 工業手工芸省 (MIH) 15:00 ラオス電力公社 (EDL)	調査打ち合わせ 表敬・調査 調査・研修員受入手続き "
10	7/27	火	12:00 ヴィエンチャン→ルアンプラバーン 15:00 Nam Dong発電所	現場調査
11	7/28	水	8:00 EDLルアンプラバーン支社 10:30 Nam Pa, Nam Dong 発電所	調査 現地調査
12	7/29	木	フライト変更によりルアンプラバーンにて待機	現地調査とりまとめ 資料収集
13	7/30	金	14:00 ルアンプラバーン→ヴィエンチャン 16:00 JICAラオス事務所	調査報告
14	7/31	土	10:30 ヴィエンチャン (TG691) →バンコク 22:30 バンコク (TG644) →	
15	8/1	日	8:30 →名古屋着	

4) 主要面接者

(1) ネパール

JICAネパール事務所

長谷川 謙  
矢部 哲雄  
藤井 智

所長  
次長  
担当職員 (電力セクター担当)

日本大使館

石塚 忠範

一等書記官

ネパール電力庁 (NEA)

Mr. Bholu N. Chalise  
Mr. B.B. Dhungana

Managing Director  
Deputy Managing Director of Distribution and Consumer Service

Mr. Shyam Baghadur Shrestha  
Mr. Mohan B. Kayastha  
Mr. Bhuwan Chand Thakuri  
Mr. Thakur Rai Pandey  
Mr. Dwarika Bhattaral  
Mr. Shanti Laxmi Shakya

Director of Distribution and Consumer Service  
Director of SHP/Rural Electrification Department  
Director in Chief, Rural Electrification Directorate  
Director of Human Resource Development  
Training Chief of Human Resource Development  
Chief of Personnel Administration Section

Ministry of Water Resources (水資源庁)

Mr. Y. L. Vaidya

Special Secretary of MWR

帰国研修員同窓会

Mr. Dilli Ratna Sakya

Nepal-japan Students & Trainees Club

Baglung 小規模水力発電所

Mr. Purna Tuladhar

Manager of Baglung Small HydroElectric Centre

Fewa 水力発電所

Mr. Rishi Ram Ashikari  
Mr. Min Bahadur Adhikari

Engineer of Fewa Power House  
Helper of Fewa Power House

Seti 発電所

Mr. Prem Raf Thapa  
Mr. Davi Prasad

Engineer of Seti Power House  
Heper of Seti Power House

Sundarijal 水力発電所

Mr. Basanta K. C.

Engineer of Sundarijal Power House

GTZ

Mr. Peter Rhode

Director of GTZ Office Kathmandu

(2) ラオス

JICAラオス事務所

宮田 伸昭  
正木 幹生  
村重 宏  
小藪 仁

次長  
調査員  
JICA専門家 (海外電力調査会)  
JICA専門家 (東京電力)

日本大使館

長野 誠司

一等書記官

Ministry of Industry & Handicraft (工業手工芸省)

Mr. Somboune Manlom  
村重 宏

Deputy Director General of Hydro Power Office  
JICA専門家 Advisor of Hydro Power Development

Central Investment Committee (中央投資委員会)

Mr. Soulasith Oupravanh  
Mr. Latsamy Keomany

Officer  
Officer

Electricite du Laos ラオス電力公社

Mr. Komonchanh Phet Asa  
Mr. Sisavath Thiravong

Deputy Director of EDL Training Centre  
Deputy Director of Electrical Construction & Installation Branch

Mr. Bounchieng Keovilayvanh  
Mr. Bounnong Bouttavong  
Mr. Thong Planh Thongsa

Assistant Manager of System Planning Department  
Assistant Manager of System Planning Department  
Plant Manager of Namdong H.P.P

小藪 仁

JICA専門家 Advisor of System Planning Department

Ministry of Industry & Handicraft, Luang Prabang

Mr. Thongpane Bounsarith

Electricite du Laos Luang Prabang Office

Mr. Bountham Senephansiri

Manager of Luang Prabang Office, EDL

Nam Mong 発電所

日下 清

大日本土木株式会社 海外事業部  
工事部 土木課 係長

## 2. 調査報告

### 1) ネパール王国 (Kingdom of Nepal)

#### ア. 概要

##### (ア) 地理

インド北部の北緯 25 度を中心に中国チベット、インドに挟まれた東西に細長い国である。国土面積約 14 万 km<sup>2</sup> (北海道の約 1.8 倍) の内陸小国であり、その地形の北部は山岳地帯 (ヒマラヤ山脈)、中部は丘陵地、南部は平野と変化に富んでいる。

##### (イ) 気候

乾季 (10 月～5 月)、雨季 (6 月～9 月：モンスーンの影響) があり、降雨量は雨期を中心に西部地方で年間約 2500mm、北部地方で年間約 300mm である。夏季は東部で、冬季は西部で降雨量が多い。雨期には雷も多く発生する。

北部は山岳地帯のため、高山気候、南部の平野部は亜熱帯気候であるが、四季のある気候である。首都である Kathmandu は平均気温が夏季 19～27℃ (最高は 40℃)、冬季 2～12℃で年間を通して多湿である。

##### (ウ) 人工、経済ほか

ヒンドゥー教 (簡単なカースト制度有り) の非同盟中立国で、人口は約 2100 万人、人口増加率 2.5% である。国民一人当たりの GDP (国内総生産：GNP－国外投資の利益) は約 210 米ドルで最貧困国の状況であり、主な産業は農業 (GDP の 40%)、観光 (GDP の 12%) である。言語はネパール語であるが、インドの影響もあり、英語も通じる。トレッキングロード沿いの村は、観光客からの収入により豊かであり、電気代をまかなえるため、地方電化も進んでいる。

##### (エ) エネルギー事情

電化率は平均して 15% である。国内電源設備の合計は 317MW で、内訳は水力 85%、火力 (ディーゼル) 15% である。

水資源はヒマラヤ山脈が原水となる 4 大河川 (Koshi, Gandaki, Karnali, Mahakali) が南北に流れ、水資源の豊かな国である。下表にその容量を示す。

内 容	容 量	備 考
理論包蔵水力	83000MW	
技術的開発可能水力	43600MW	
経済的開発可能水力	41860MW	Karnali 川 24000MW、Koshi 川 10480MW

#### イ. ネパールでの訪問先

以下に示す省庁、発電所などを訪問した。

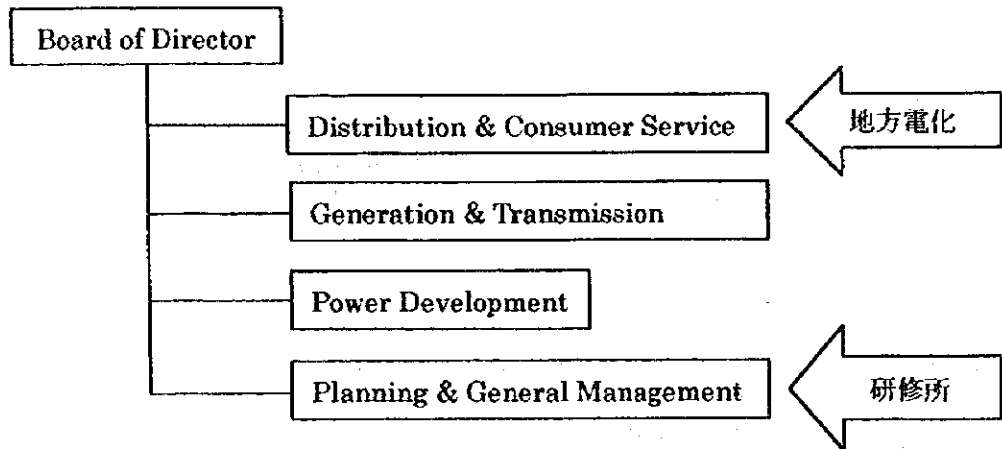
- ・水資源省 (Ministry of Water Resources : MWR)
- ・ネパール電力庁 (Nepal Electricity Authority : NEA)

- Distribution & Consumer Service Dept
- Baglung Hydropower Station
- Fewa Hydropower Station
- Seti Hydropower Station
- Modhi Kohla Hydropower Station (建設中)
- Sundarijal Hydropower Station
- ・ドイツ援助機関 (G T Z)

ウ. 訪問先より得た内容

(ア) NEA (ネパール電力庁 : Nepal Electricity Authority)

<組 織>



<概 要>

1985 設立、発電から配電まで一括して管理しており、従業員約 9000 名、うち技術系約 6000 名である。

<需 給>

最大需要電力は 317MW (1998)、2017 年では、1355MW を予想している。

	需要家数の割合	販売電力量の割合	備考
一般家庭用	約 95%	約 37%	照明が主
産業用	約 2%	約 39%	
その他	約 3%	約 24%	産業、非産業、街路灯が主

ピーク需要時間帯は主な負荷が照明のため、夜となっている。電源設備の7割は水力にてまかなっている。停電は週一回、数時間程度である。

<設 備>

水力設備はトータル 262MW うち小水力分は 11.5MW、火力 (ディーゼル) 57MW、太陽光 0.13MW (3 箇所) である。現在、水力発電所は全て有人で、運転・保守員が駐在しているが、無人化に向け、中央制御所を建設中であり、将来、遠隔監視制御する予定である。

代表的な発電所を下記する。

代表的な水力発電所		代表的な火力発電所 (ディーゼル含む)	
発電所名	出力	発電所名	出力
Marshagndi	75000kW	Duhabimultifuel-1	26000kW
Kulekhani No1	60000kW	Duhabimultifuel-2	13000kW
Kulekhani No2	32000kW	Hetauda	12750kW
Trisuli	24000kW	Marshangdi	2250kW

送電設備の合計長は 2901km である。電圧別の設備量を下記する。

電 圧	1 回線の送電線距離	2 回線の送電線距離
132kV	1178km	43km
66kV	179km	153km
33kV	1348km	-----

変電設備の合計容量は 648.3MVA である。電圧別の設備量を下記する。

電圧	容量	電圧	容量
132/11kV	28.5MVA	132/33kV	175.5MVA
132/66kV	149MVA	66/11kV	273.3MVA
66/33kV	12.5MVA	132/33/11kV	10MVA

配電設備は、特別高圧 66kV 以下、中圧 11,33kV、低圧 400V,230V と分かれている。全国に 15 の配電営業所があり、保守している。

#### <ネパール電力庁総裁表敬訪問結果>

85%の村落地域が未電化の現状にある。電化の重要性は認識しており、送配電網の配備を重点に推進している。その中でも効率的なマネジメント、新技術、メンテナンスの必要性を重要視し、電化を整備、推進している。

電化の例として、ロンジョン地方（西ネパール：5,000 世帯程度）に、ライスミル等の需要が期待できるため、配電網の整備を考えている。また、電化の難しい地点もある。南部のテライ地域（小村落がまばらに点在しておく穀倉地帯）は電化のニーズがあるものの、水力に適した地点が無く送電線も近くにない。分散型電源（地方電化）は基本的に地方・民間セクターに任せる方向で考えているため、独立した地域の電化は難しい。

送電、配電技術については、新しいエンジニアを訓練する計画をしている。

#### <ネパール電力庁地方電化部門との打合せ>

水車、発電機の製作国は、中国、旧ユーゴスラビア等が多い。エンジニアとしてはフランスも協力している。国内の機器製作能力（実績）は、32kW クロスフロー水車一つのみである。建設に当たっては、国際援助および IPP が主であり、小水力の建設コストは 2000～3000 米\$/kW であった。

小水力発電コースに対するニーズは、ほぼ同じ考えを持っていたが、メンテナンスに関する要望が強いと感じた。

#### <ネパール電力庁人的資源開発担当部署との打合せ>

現在まで年間 550 名の訓練をしている。新訓練センター（世銀融資で進捗 60% の施設）が 2000 年 3 月に完成する予定であり、その講師は、技術面ではネパール人、経営

面では外国人講師を迎えるつもりである。現在の訓練センターの生徒は、新訓練センターの講師になるべき人材を教育している。新訓練センターができれば、将来的には民間からも受講生を集め有料で教育を行う予定。

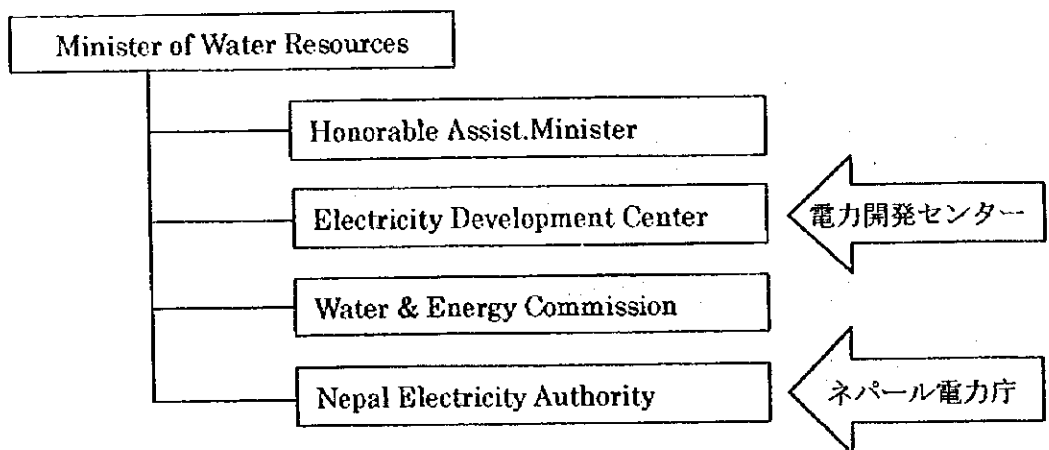
<その他>

ネパール電力庁と組織的に同等な電力開発センター (Electricity Development Center : EDC) がある。この組織との面談は行わなかったが、環境に関するライセンス業務を行っている。実施中の代表的なプロジェクトを下記する。

プロジェクト名	出力	方式	運開年
Iram 水力発電	6.2MW	流れ込み式	2000年運開予定
Modi Khola 水力発電所	14MW	流れ込み式	同上
Kali Gandaki 水力発電所 A	144MW	貯水池式	同上
Chilime 水力発電所 A	20MW	流れ込み式	同上

(イ) MWR (水資源省 : Ministry of Water Resources) との打合せ

<組織>



<概要>

飲料水、灌漑、生活用水、水力発電ほかを管理している。

<内容>

ネパールにおいて大規模水力 (300MW 以上) はインドへの輸出、中規模水力 (10~300MW) は国内需要向け、小規模水力 (100~10000kW(10MW)) は地方電化向けとなっている。しかし実質の地方電化向けは、小規模で数百 kW が主であった。

水資源の考え方として優先順位がある。1 番目に飲料水であり、次に灌漑、家庭用水、電力と順位づけている。ライフラインが未発達のため、電力は最下位であったが、今後、飲料水、灌漑などが整備されてくれば自ずと電力に力を注いでくると思われる。

水力建設時には水利権があるため、地元組織交渉が必要である。また、環境アセスも必



要である。これはEDCにて検討審議され、環境ライセンスを与える。水力発電所で5MW以下は、IEE（簡易アセス）を行い、EDCでライセンスを出す。それ以上の出力を持つ水力発電所は、EIA（環境アセス）を実施し、環境省（Ministry of Environment）へ提出する。

水力開発のドナーは、ADB（アジア開発銀行）、JICA、DANIDA（デンマーク）、FIDA（フィンランド）GTZ（ドイツ）などがある。

#### (ウ) Baglung Hydropower Station 設備見学

位 置：Baglung（Pokhala から約100km 西）

##### <概 要>

出力 (kW)	200	水車	横軸フランシス 中国製 1000rpm
最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.4		
有効落差 (m)	68		
導水路形式、長さ	灌漑水路改修 2km 程度	発電機	横軸同期発電機 中国製 415V,50Hz 力率0.8
水圧管路 (m)	70		
流域河川	ガンダキ川流域 Kathe Khola	運開年	1979 インド製機器
流域面積 (km <sup>2</sup> )	30	改修年	1994 中国製機器

NEA, Baglung 事務所の案内で訪問。この地方では、2,500 世帯に供給し、1MW の変電所から配電線にて供給。Baglung 発電所では、容量不足のため、ポカラータトパニ系統 (33kV) に連系し、供給されている。

取水設備は、自然河川の分岐から自然水路に導流しているが、乾季には、本流に竹垣を築き導流する。この竹垣は、雨季になると水量増により自然に流されるため、毎年メンテナンスする。訪問時は、雨季であり、目測で 2~3m<sup>3</sup>/s をヘッドタンクまで導流していたが、送電線断線故障により、ほとんどが余水路に流されている状況であった。

水圧鉄管と水槽とのジョイント部の漏水が見られたが、気にしていないようであった。また、旧水車のガイドベーンを見たが、約 15 年の運転では多めの土砂摩耗跡が付いていた。取水口は河川の上流部であったが、川自体が濁っていること、および素堀水路であったため、水に相当量の土砂が混ざっていたためと考えられる。

発電所配電盤内の周波数計（デジタル）は 48.3Hz で、電気は送ることに意味があり、次に品質がある状況であった。照明が主な負荷であるため、問題はなさそうである。

(エ) Fewa Hydropower Station

位 置 : Pokhala

<概 要>

出力 (kW)	1152 (288kW×4台)	水車 (4台)	横軸フランシス ドイツ製 1000rpm
最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	2.0		
有効落差 (m)	71.5		
導水路形式、長さ	灌漑水路より分岐 1km 程度	発電機 (4台)	横軸同期発電機 ドイツ製 400V,50Hz 力率0.8
流域河川	セティ川流域 Seti River	運開年	1969
流域ほか	Fewa 湖より取水	その他	設備全体が 老朽化

ネパールでは3番目に古い発電所(稼働中のものでは2番目に古い発電所)でインドの協力により建設された。

訪問時(昼間)は運転を行っていなかったが、機器の外見上の状況からは相当痛んでいる雰囲気であった。訪問時は雨季であり、灌漑用水を優先にする考えと、地元住民の意向および需要がないことから、昼間は停止していた。運転時間は夕方から夜で19:00~22:00であり、一般家庭の照明が主な負荷となる。ポカラ(観光地)のホテルは自家発電設備を持っているため、需要にあまり関係していないように感じた。

Fewa 湖から取水するため、水質は清澄なものとなっている。よって、土砂摩耗などがないため、機器寿命が長いことが考えられる。

(オ) Seti Hydropower Station

位 置 : Pokhala

<概 要>

出力 (kW)	1500 (500kW×3 台)	水車	横軸フランシス 中国製 500rpm
最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	9.0		
有効落差 (m)	22.5		
導水路形式、長さ	灌漑水路兼用蓋渠 3km 程度	発電機	横軸同期発電機 中国製 6300V,50Hz 力率 0.8
流域河川	セティ川流域 Seti River	運開年	1982 中国製機器
流域ほか	鉄管への土砂流入 が多い	改 修	1997 頃 部品取替

Fewa と同様に、昼間は休止していた。運転時間は 19:00~7:00 の夜である。

水路、鉄管への土砂流入が多いため、運開後 3 年 (1985 年) で沈砂池を増設した。訪問時、沈砂池は貯まった土砂をフラッシュしていたため、導水路内部を見ることができた。水路の摩耗はそれ程見られなかったが、砂は水路敷の至る所で見られた。

数年前に水車ランナ取替を実施し、有水試験を行ったところ振動が激しかったため、再度、摩耗している旧品のランナを据え付け使用していた。

(カ) Modhi Kohla Hydropower Station (建設中)

位 置 : Pokhala より約 60km 西

<概 要>

出力 (MW)	14 (7MW×2 台)	水車 (2 台)	立軸フランシス 韓国製
最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	9.0		
有効落差 (m)	170		
導水路形式、長さ	発電専用暗渠 2km 程度	発電機 (2 台)	立軸同期発電機 韓国製
流域河川	Modhi Kohla 川流域	運開年	2000 予定

現場見学で見た各進捗率は、ダム設備 90%、発電所建て屋 50%、導水路 40%程度であった。中国の土木会社が工事を行っており、作業員は地元民を使用していた。

水車および発電機は韓国製であり、今年秋には立ち会い試験を行う予定であった。

土砂対策のため、立派な沈砂池 (たいへん大きい) を建設していた。

(キ) Sundarijal Hydropower Station

位 置 : Kathmandu

<概 要>

出力 (kW)	600 (300kW×2台)	水車	横軸ベルトン イギリス製 750rpm
最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.3		
有効落差 (m)	213		
導水路形式	飲料水用鉄管から 分岐	発電機	横軸同期発電機 イギリス製 3300V,50Hz 力率 0.8
流域面積	20 程度	運開年	1934 インド製機器
流域ほか	Kathmandu 東部	改 修	1966 頃 部品取替

稼働中のものではネパール最古の水力発電所である。王宮、官公庁へ電力供給目的で建設された発電所のため、Kathmandu 郊外の環状送電系統には接続せずに直接市内の配電線に接続されていた。

訪問時、保守員・運転員は6名、警備員1名(銃器保持)駐在していた。運転員は保守員を兼ねており、1日22時間体制で電力供給を行っていた。1日の残り2時間は運転員交代のため停止しているとのことであった。使用している水は Kathmandu への飲料水を途中で使用しているため、旧品水車に土砂摩耗などが見られなかった。ネパール国内で見学した発電所の中で、負荷運転中の機器はここだけであり、古いわりには運転状態(振動、騒音、漏水)は良かった。しかし、軸受潤滑油は黒化しており、メンテナンスの必要性を会話したが、現地保守員は「いつもこの状態で大丈夫である」との回答であった。

(ク) ドイツ援助機関 (GTZ)

1990年から小水力発電に関する調査を行っている。7年をかけ各地点のポテンシャルを調査し、ネパール電力庁と協力して実現性の検討を終了していた。

小水力の民営化を推し進めている中でプライベートセクターを支援するために世界銀行と協調して基金を創設し、2000年からその運用を行う予定であった。

## 2) ラオス人民民主共和国 (Lao People's Democratic Republic)

### ア. 概要

#### (ア) 地理

インドシナ半島の中央に位置し、北緯 14~22 度の範囲で中国、ベトナム、カンボジア、タイ、ミャンマーに挟まれた南北に長い内陸国である。国土面積は 23.7 万 km<sup>2</sup> (本州とほぼ同じ) であり、国土の 80% が高地 (山岳、丘陵、高原) で、平野は西部を流れるメコン川とその支流周辺である。

#### (イ) 気候

熱帯モンスーン気候であり、温度の変化は少ない。乾季 (11 月~4 月)、雨季 (5 月~10 月) が有り、雨期は雷も多い。雨期を中心に南北関係なく年間約 2500mm で毎月ほぼ 200~300mm の降雨量がある。ただし、年度ごとの降雨量が安定せず、南部パクセーでは過去 10 年で 1500~3000mm の変化が有ることが報告されている。また、雨の振り方は激しい局所性である。首都である Vientiane の平均気温は月平均気温 22~29℃、年平均 26℃である。

#### (ウ) 人口、経済ほか

仏教国で社会主義国、人口約 473 万人 (都市部に人口の 17% で約 80 万人) である。国民一人当たりの GDP (国内総生産 = GNP - 国外投資の利益) は約 350 ドルで最貧困国に位置づけされる。主な産業は農林業。言語はラオ語であるが、歴史的背景からロシア語、フランス語も通用する。

タイのバーツ暴落の影響を受け、インフレが進んでいる。(2 年で 1 ドル 2300 キップ→9000 キップ)

#### (エ) エネルギー事情

電化率は全国平均 20% (都市部 80%、地方 14%) 負荷は照明が主である。

電源設備はトータル 425MW で内訳は水力 31 箇所 415MW(97%)、ディーゼル 8 箇所 10MW である。

水資源はメコン川およびその支流からなる河川が南北に流れる水資源が豊かな国である。下記表に示すが、メコン川本流は国際河川のため含まれない。

内 容	容 量	備 考
理論包蔵水力	26500MW	
技術的開発可能水力	18000MW	うち 12500MW はメコン川支流

水力設備は 413MW で技術的開発可能水力の 2% 程度である。

### イ. ラオスでの訪問先

以下の以下に示すと省庁、発電所などを訪問した。

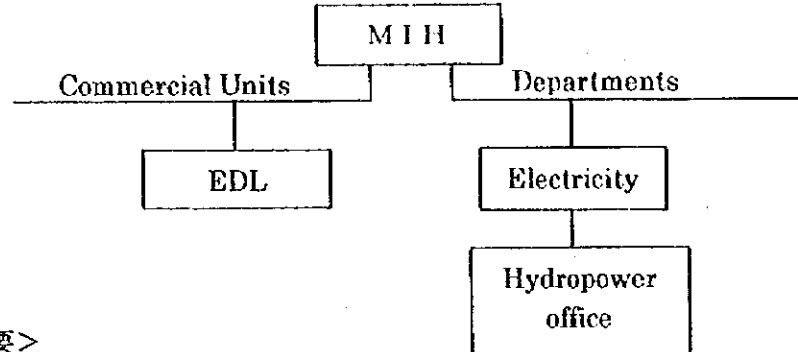
- ・工業手工芸省 (Ministry of Industry & Handicrafts : M I H)
- ・ラオス電力公社 (Electricite du Laos : E D L)
  - EDL Luang Prabang Office とディーゼル発電所

- Nam Dong Hydropower Station
- Nam Pa Hydropower Station
- Nam Mong Hydropower Station

ウ. 訪問先内容

(ア) MIH (工業工業省 : Ministry of Industry & Handicrafts)

<組織> 水力関係部門



<概要>

水力設備の計画業務を行っている。  
Hydropower office の職員は 24 名である。

<需要>

最大電力量は 446GWh (1997)伸び率年平均 10%、最大需要電力 100MW 程度であり、  
需要時間帯は夕方～夜である。負荷は照明用が主である。  
販売電力量の割合は一般家庭用が約 63%、産業用が約 20%、その他約 17%である。

<設備>

・電源設備 427MW 発電所 (水力 31 箇所 415kW、ディーゼル 8 箇所 10MW)

代表的な水力発電所		代表的なディーゼル発電所	
発電所名	出力	発電所名	出力
Nam theun Hinboun(IPP)	210000kW	Sokpaluang	8000kW
Nam Ngum1	150000kW	Luangprabang	1000kW
Xeset1	45000kW	Luangnamtha	545kW

・送変配電設備

4 系統 (それぞれ独立) にて構成。

主な系統はピエンチャン～ルアングラパン (中央 1) 115kV 503km

系統名	230kV	115kV	22kV	400V	変電設備(MVA)
中央 1	----	503	1182	1379	209.6
中央 2	2*86	0.5	883	477	84.5
北部	----	----	245	221	8.5
南部	----	115	507	380	38.7
合計	172	618.5	2817	2457	428.3

メコン川流域 6ヶ国 (タイ、ラオス、カンボジア、ベトナム、ミャンマー、中国雲南省) において国際連系線の計画 (2020 年) もある。

<Hydropower Office 副大臣との訪問結果>

水力発電は、国策により開発を進めており、大規模は輸出向け、小水力は国内向けである。小水力に関する課題は、効率化と料金の問題がある。小水力の機器は、中国、インド、オーストラリア、ドイツ製など様々であるが、特に中国製は多く、約 70%を占める。それぞれ開発してくれた国および製作国の基準の仕様で機器は作成されている。

Province (地方) のオペレーション アンド メインテナンス (O&M) のテクニシャンはEDLの支援で教育が行なわれることになっている。しかし、国内に 70 近くの言語および識字率は 60%であるため、教育を行うにもコミュニケーションの問題ある。

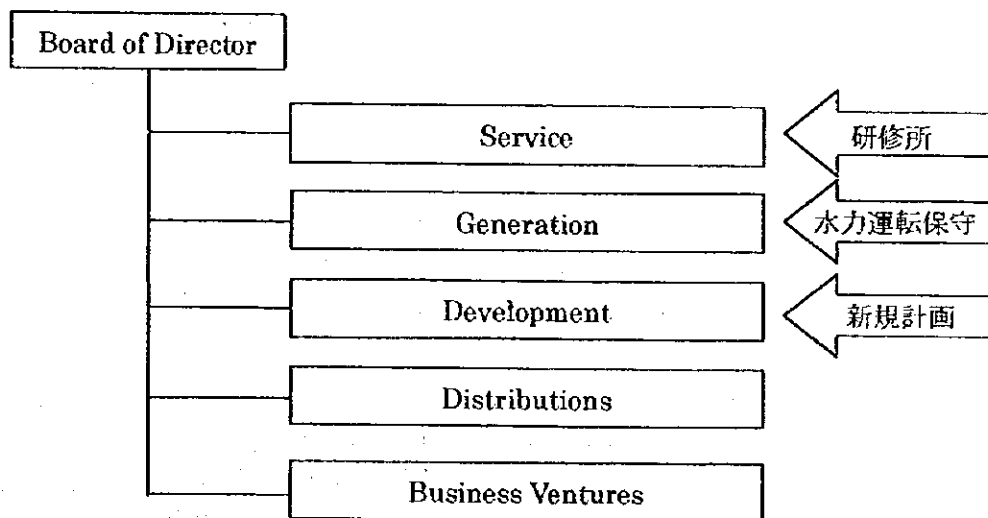
エンジニアはMIH, EDLのオフィスにいるが (Province (県) にはいない) 人数が少ない。ラオスの研修・教育施設は整っておらず、また研修資金も無いので、是非日本国内で訓練してもらいたいとの意向であった。

電力法 (1997 年施行) では、2MW 以下には中央政府の許可が不要で、すべて Province に運用を任せている。2MW 以上の連系している発電所は、昼間タイに売電し、夜間は国内で使用している。

社会主義の国のため、電気料金は全国統一である。国策のため、一般への料金は低めに設定されており、海外への売電によりその赤字を埋めている。政府機関は全需要の 11%あるが無料であり、外国法人などは一般の約 10 倍の電気料金となっていた。

(イ) EDL (ラオス電力公社 : Electricite du Laos)

<組 織>



<概 要>

発電から配電まで一貫して管理している。ただし 1997 年以降の 2 MW 以下発電所で特別なものを除き、地方により運営・管理されている。従業員約 2900 名、うち技術系 800 名である。

## <EDLとの打合せ>

ラオスにおいて大規模水力(50MW以上)はタイ、ベトナムへの輸出、中規模水力(5~50MW)、小規模水力(2001~5000kW)、ミニ水力(101~2000kW)、マイクロ水力100kW以下は国内向けで、特にミニ、マイクロは地方電化向けとなっている。

タイとの売電格差是正および国内系統充実のため、Vientianeから南のPakse間の送電系統建設が、OECDローンにより実施される。付近のNam Luek Hydropower Station(60MW)も完成するので、南北需給の不均衡が随分改善される。

環境に関する最近の例として、Nam Theum2 Hydropower Stationの工事が世界銀行の援助により動いているが、NGOの反対で進んでいない。理由は、洪水予定地に有数の熱帯雨林があるためである。また、Nam Nhip Hydropower StationはOECDとアジア開発銀行の援助で順調に開発が進んでいる。現在、地元説明も終わっているが、地元、NGOの反対はない。

EDLでは研修センターを1972年から運営しており、現在8名のインストラクターが従事し、年間400名程度を教育している。(1999年は317名を予定)特にProvinceでは運転員・保守員の人為的な些細なミスで機器を故障させていることが多いため、Provinceに行く研修およびその講師となるエンジニアの育成が急務であると感じた。

ネパールと違い、水利権に関することはあまり考える必要が無く、発電所を作るなら流域変更してもかまわない雰囲気であった。これは土着しない民族(焼き畑農業)性が現れていると感じた。ただし、現在、水資源法などの法整備が進められており、施行されれば制約がかかると思われる。これはダムに関しても同じで、今までは発電専用のダム建設が行われていたが、水資源法などが施行されればネパールのように多目的ダムの建設が進むと思われる。

外国の援助による水力発電所建設および地方電化は、受入る体制が出来上がっていた。

小水力発電建設中プロジェクトを下記する。

プロジェクト	最大出力	完成予定
Nam Sat	100kW	1999
Nam La	100kW	1999
Nam Mong	70kW	2004

外貨獲得および周辺国との関係からラオス政府は1996年、タイ政府に対し、2006年までに3000MWの電力供給を行う協定を結んでいる。またベトナムとも、2010年までに1500~2000MWの電力供給を行う協定を結び、民間デベロッパーの積極的参加による電源開発を行う体勢をとっている。しかし、タイ経済の低迷により見直される模様。



(ウ) Nam Dong Hydropower Station 設備見学

位 置 : Luang Prabang から約 4km 南

< 概 要 >

出力 (kW)	1008kW (336kW×3 台)	水車	横軸ペルトン フランス製 650rpm
最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.9		
有効落差 (m)	135		
導水路形式、長さ	ダム中層取水暗渠 0.4km 程度	発電機	横軸同期発電機 フランス製 420kVA, 50Hz
水圧管路 (m)	400m 程度		
流域河川	メコン川流域 Nam Dong 川	運開年	1967 フランス製機器
流域面積 (km <sup>2</sup> )	20 程度	改修年	1995 フランス製機器

ラオスで最初の発電所であり、モニュメント的な位置づけも加わり、今回訪問した発電所では、最も良好な設備で稼働していた。保守、運転員は全員で 13 名、現地訪問時は 4 名程度であった。この発電所は運開から 1995 年までの約 30 年間改修実績はなく、順調に運転を続けていたが、経年劣化との判断により改修を行っていた。訪問当日も入口弁の取替（手動から油圧化）をフランス人技術者の指導で行っていた。

22kV 送電線に接続されており、訪問時（昼間）も運転を行っていたが、系統周波数が現地配電盤で 53Hz であり、同期発電機のため回転数高めで運転していた。

取水設備は、ダム堤体（重力タイプ、H15m×L60m 目測）に取り付けられており、流入土砂の問題もほとんど無い。ただし、ダム堤体下流面にはコケが付着しており、ダムの保守がなされていなかった。利用水深 1.5m で有効容量が 2 万 m<sup>3</sup> である。また、この水は灌漑にも使用されていた。

(エ) EDL Luang Prabang Office 訪問とディーゼル設備見学

< EDL Luang Prabang Office 打合せ >

位 置 : Luang Prabang 市内

受電規模 4MW で需要家数は 5.4 万件で一軒当たり 100W 以下となる。Vientiane～Luang Prabang 間は 116kV 送電線が 1994 年に完備されたため、系統は強くなった。

Luang Prabang のオフィスは 117 名の人員が配置され、そのうち、エンジニア 18 名、テクニシャン 38 名の構成となっている。

電気料金は、全国統一で従量制を採用しており 100kWh 刻みで単価が上昇する。

<ディーゼル設備見学>

1000kW 出力のディーゼル発電機基地であり、計 4 台で構成。訪問時、1 台は修理中で工場に送られていた。不使用である旧発電機はロシア製、営業設備はフランス、インド製であった。建て屋の内部に据え付けてあったが、壁はなく、ほこりと油にまみれており、メンテナンス状態は良くなかった。

(オ) Nam Pa Hydropower Station

位 置 : Luang Prabang より 13km 北東

<概 要>

出力 (kW)	16kW	水車	横軸フランシス 中国製 1000rpm
最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.5		
有効落差 (m)	5.2		
導水路形式、長さ	素掘り開水路 1km 程度	発電機	横軸同期発電機 中国製 230V,50Hz 力率 0.8
水圧管路 (m)	7 m 程度		
流域河川	メコン川流域 Nam Pa 川	運開年	1997 中国製機器
流域面積 (km <sup>2</sup> )	20 程度	その他	地方電化を実施 127 軒

1997 年運開であるが、水車発電機は中古品に見えた。建設コストは 10 万円/kW 程度であり、EU (欧州連合) のファンドで建設した中国製プラントである。

Province の管理下で、127 戸の家に供給。料金は 1 軒あたり 200Kip/kWh。1 戸当たり、1500~1700Kip/月で月に 220,000Kip を得るが、オペレータ 3 人と管理人の給料が 260,000Kip/月で原価割れの状態であったため、基本料金を設け、オペレータと管理人の給料を確保していた。

(カ) Nam Mong Hydropower Station (建設中)

位 置 : Luang Prabang より 80km 北

<概 要>

出力 (kW)	75kW	水車	逆転ポンプ 日本製
最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.5		
有効落差 (m)	10		
導水路形式、長さ	発電専用暗渠 1km 程度	発電機	横軸誘導発電機 日本製
水圧管路 (m)	1km 程度 ダムより全て鉄管使用		
流域河川	メコン川流域 Nam Mong 川	運開年	2000 年予定
流域面積 (km <sup>2</sup> )	20 程度	その他	地方電化を 実施予定

NEF (新エネルギー財団) が通産省からの委託により実証試験を行うプラントであり、設計は、開発土木コンサル (電発)、施工は大日本土木が担当で水車発電機はクボタが納入する。

作業員は、地元から 100 人 (1\$ / 日・1 人) 程度集めて実施中。重機の使用料金が約 200\$ のため、200 人までは現地の雇用を考え、人海戦術にて建設を実施する。訪問時は鉄管水路部の土木工事および仮設小屋関係に従事していた。公務員の給与が月 \$ 20 であるため、現地住民にとっては高給となる。作業員には子供も多かった。

22kV の送電線も含み、総工事費 1 億円。(100 万円 / kW 程度)

### 3.現状の課題と研修ニーズ

#### ア. 課題

2ヶ国を訪問し、まず必要であると感じたものが技術者不足である。安易な人為的ミスにより、国際援助にて建設された発電機器を、壊している例を多く耳にした。一端、壊れてしまえば、その復旧に多くの資金と時間が必要になる。特に両国とも国内にメンテナンスできる工場が無く、再度外国に頼らなければならないことや、電気料金にて徴収したお金が保守・運転員の人件費に消えているため、資金問題も起こる。これからは研修センターの整備、研修指導員の教育など保守に関する支援が必要と考える。

次に電源設備および送配電網の効率的な設置、運用があげられる。海外支援により、建設される場合が多いため、個別の開発計画はしっかりしているものの、全体的な将来構想に関する話が多くなかったイメージを受ける。水力においても送電線建設費、設備利用率を考えたトータル経済性を検討し、建設地点の選定が必要になってくる。また、運用においても設備利用率を上げる手段が必要になってくるため、日本にない小水力の民営化（ネパール）を計画的に導入しながら、低負荷時間帯の需要拡大を図る必要がある。

#### イ. 研修ニーズ

課題の対策となるが、機器保守の必要性から、具体的点検項目、その理由について教える必要がある。ただし、日本的な保守の在り方では、ランニングコストが多くかかるため、各国にあったものを共に考え、最適な保守の考えが出来るようにしたい。あわせて、受講者が各国の技術指導者として役立つような、設備見学、資料などを充実させたい。

また、機器故障時の時間短縮、コスト低減および昼間の需要の拡大を考慮すると、機器の自国生産、自国メンテナンスについても訴えていきたいと思う。

#### 4. 資料

- 1) ネパール電力庁 (NEA) 組織図
- 2) ラオス電力公社 (EDL) 組織図
- 3) GTZ (ドイツ援助機関) の小水力発電プロジェクト
- 4) ネパール王国地図
- 5) ラオス人民民主共和国





2) Laos電力公社 (EDL) 組織図

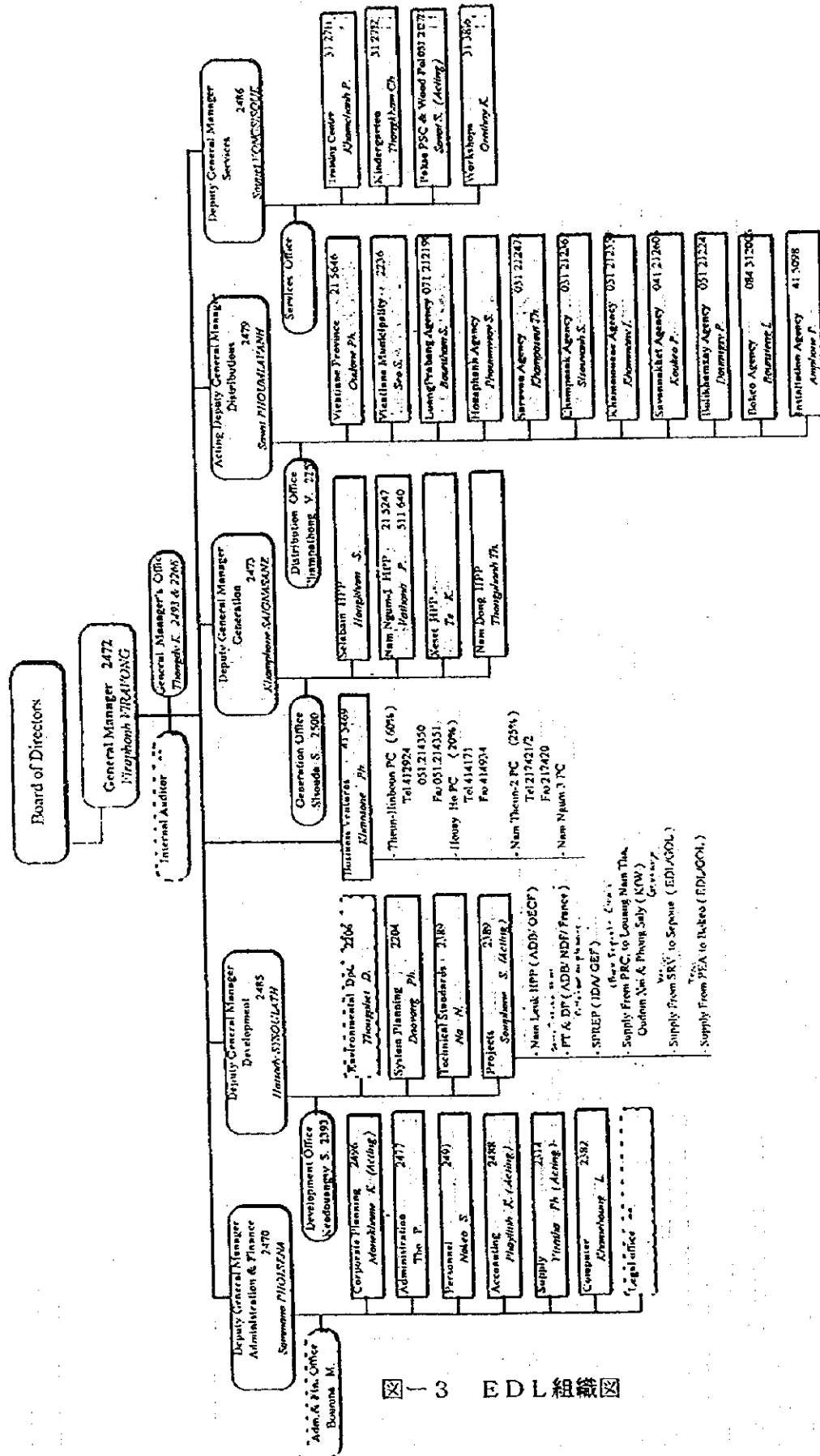


図 3 EDL 組織図

[ \*\* ] Dots which will be established later



### 3) GTZ (ドイツ援助機関) の小水力発電プロジェクト



#### Small Hydropower Project



---

<b>Project Title:</b>	Small Hydropower Project
<b>Executing Agency:</b>	Nepal Electricity Authority (NEA)
<b>Personnel Contribution:</b>	Short - term expertise
<b>Project Location:</b>	Kathmandu
<b>Time Frame:</b>	Phase1: 1990 - 1997, Phase2: under preparation

---

#### Background

GTZ has assisted the small hydropower sector in Nepal with a Small Hydropower Master Plan Project (1990 to 1993 and 1996 to 1997) implemented in co-operation with NEA's Small Hydropower Department. While the first phase had identified potential sites and prepared feasibility studies, the second phase assisted the NEA in preparing the ground for private sector participation in small hydropower development and operation under the new legislation. Despite these efforts in improving the frame conditions and the provision of incentives (exemptions from income tax and royalty payments, reductions in customs duties, etc.) the private sector has been reluctant to engage in small hydropower development.



#### Achievements

GTZ in co-operation with NEA's Small Hydropower Department (SHPD) has established an SHP Masterplan currently consisting of over 40 potential sites. The most attractive projects for the private sector are selected through a screening and ranking process and presented in the form of project briefs/fact sheets inserted into an SHP information folder.

#### Future Plans

A number of obstacles still inhibit private sector participation in harnessing Nepal's small hydropower resources. For example in order to perform all the necessary investigation, studies and negotiations during the planning process, an investor requires short-term or pre-investment financing which is always high-risk capital as it might be lost altogether if the studies end in a no-go decision. GTZ plans to establish a Small Hydropower Fund in cooperation with NEA to assist potential private investors in financing bankable documents for Small Hydropower Projects. This Fund should be available from 2000 onwards.

4) ネパール王国地図

