

付属資料

1. カリガンダキ A 水力発電所建設現場 踏査報告書
2. 収集資料リスト
3. 略語表
4. 質問表（解答）

カリガンダキ A 水力発電所建設現場 - 踏査報告書 -

1. 踏査の概要

期 間： 2001 年 5 月 11 日から 5 月 13 日

調査項目： ・カリガンダキ A 水力発電計画概要の把握
・工事の進捗状況の確認
・建設現場の地形・地質状況の確認
・環境管理状況の確認
・関係者からの情報収集

主な踏査場所：ダム建設現場、発電所建設現場、カリガンダキ工事現場宿泊施設

踏査団員： 梅津 径 JICA
井上和則 水力発電計画
川原 恵 地質/地盤工学
渡辺幹治 環境

同行 CP： Mr. Shyam Sunder Shrestha, Kulikhani III Hydroelectric Project, Deputy Director

主な面談者： Mr. Bahadur Shing Shah (Asst. Administrative Officer, Kali Gandaki A Project NEA)
Dr. Mohan Deo Joshi (Manager, Kali Gandaki Environmental Management Unit
(KGEMU))
Mr. Jim McLean (Morrison Knudsen International, INC.)
Salil Devkota (KGEMU, Morrison Knudsen International, INC.)
Rajendra Prasad Thanju (KGEMU, Morrison Knudsen International, INC.)

カリガンダキ A へは、クリカニ第 3 発電所計画で有用となる情報を収集するため建設現場を訪れることとした。その結果、現地調査不足による工事工程への影響、堆砂に対する工夫、環境対策等、今後のクリカニ 3 の調査・計画・設計に生かせる教訓をいくつか得ることができた。

カリガンダキ A 発電所へは、ポカラから車で 100km、3.5 時間の行程である。道路はインド国境に向かう幹線道路である。途中工事区間があったが、比較的状态の良い道路である。工事現場へは、この道から西へ分岐した工事のために 4 年前に建設された道路に行く。

初日の午後および2日目の午前中で、カトマンズからポカラへ、ポカラから建設現場へと移動した。ゲストハウスに到着後、米国のコンサルタントに面会し工事の進捗、問題点等をインタビューした。この後、現場を案内してもらった。3日目は、NEAの事務所で、契約図書、図面等を閲覧し、NEAの技術者から工事の状況等を聞いた。

カリガンダキAプロジェクトの位置および計画のレイアウトを図1および図2に示す。

2. 発電所諸元

カリガンダキAは、6時間ピークに対応できる調整池を持った流れ込み式の水力発電所である。発電所のあるカリガンダキ川は、チベットに源流があり、ネパールを横断するように南に流れた後、インドとの国境手前50kmのところ東に流路を替え、再び南に曲がりそのままインド内へ流れ込む3国を跨ぐ河川である。発電計画は、最初に東へ曲がるその湾曲を利用しショートカットし水路を配置している。約40km区間のカリガンダキ川を6kmでショートカットし、115mのヘッドを得ているのでこの区間の川の勾配は1/350となる。送電線は132kV1回線で、ポカラとプトウワル(Butwal)の変電所へ行く2系統ある。

踏査に際しカトマンズのNEA本店で入手した発電所のパンフレットによると、主な諸元は次の通りである。

諸元項目	単位	諸元
流域面積	km ²	7,618
平均河川流量	m ³ /s	288
90%保証流量	m ³ /s	48
可能最大洪水量 (PMF)	m ³ /s	12,000
洪水吐設計洪水量(1/1,000)	m ³ /s	6,400
貯水池総容量	m ³	7,700,000
貯水池有効容量	m ³	3,100,000
貯水池水面積(HWL時)	ha	65
HWL	EL. m	524.00
LWL	EL. m	518.00
取水口呑口水位	EL. m	514.00
洪水吐クレスト標高	EL. m	505.00
最大使用水量	m ³ /s	133.8
相対落差	m	115
最大設備出力	MW	144
年間発生電力量	MWh	842
ユニット数	ユニット	3
水車タイプ		縦軸フランシス

3. 踏査結果

3.1 工事の進捗状況

土木工事は80%以上が終了し、電気機械関係では、第1ユニットの発電機を除き3ユニットの水車・発電機の据付けが終了したところである。最新の工程表によれば、送電線の用地買収にまだ問題のあるものの、このまま順調に進めば、第3、2、1ユニットの順番で、2002年の1、2、3月に運開の予定である。

前項で述べたように、約1年の遅れが生じた結果、当初の計画ではトンネル工事がクリティカルパスに乗っていたが、現在は、取水口・desander basin工事がクリティカルパスとなっているとのことである。desander basinの斜面掘削の遅れが全体工程に大きく影響を与えたのであろう。

3.2 工事遅延の原因

約一年の工事の遅れについて、工事を管理している米国のコンサルタントである Morrion Knudsen Centennial の Mr. Jim McClain に原因について聞いた。主な原因は、以下のように、予期しなかった地質の悪さにあったということである。しかし、翌日、NEA 事務所で見た建設に入る前の地質調査計画図によると、地質調査の量が十分でなかったのではないと思われる。複雑な地質構造は、現地での情報、地表踏査等で予見できたのではないかと考えてしまいが、当時何か事情があったのであろうか。

以下は、コンサルタントに聞いた話である。

サージタンク地点の地質の悪さ：サージタンクは大きさが直径26m、高さが70mであるが、掘削中断層に遭遇して上流山側部の EL.543~508m間が崩壊、工事は難航した。この工事で10ヶ月遅れたそうである。

トンネル部の地質の悪さ：トンネルは直径7m、長さ約6kmであるが、全般に岩質が予想外に悪く、予定していたロードヘッダーによる掘削ができなかった。また上流側の坑口に近い所では大きな崩壊があり、その対応に手間取った。

Desander Basin 山側斜面（左岸）の地質の悪さ：斜面の川側（表面）にドロマイト層が存在し、その背後に劣化した千枚岩が分布する想定で掘削を行ったところ、両層の境界部に幅10m近く土状化した劣化帯が存在し、それが斜面の脚部に現れたため、斜面の不安定化を招いた。これにより斜面の掘削は1:1.15から1:1.5へ、さらに1:1.75へと3度も切りなおしを行うこととなった。

中でも最も問題であったのは Desander Basin (大型沈砂池) 山側斜面の掘削と法面安定化であったようである。これは地質調査不足というより、複雑な地質帯での流れ盤斜面における掘削の恐ろしさに対する認識不足と経験不足からくる楽観があったように思われる。というのは、ボーリング調査はもとより長さ 300m 以上もある試掘横坑 (1 坑) が斜面に直交方向に掘られており、当然劣化帯の存在を確認していたはずだからである。残念ながら劣化帯が斜面掘削にどのような意味を持つか判断を誤ったと言うしかない。大きな掘削によって現状の地形を変える場合、地質構造によっては山体がどのような安定状態にあるかどうかの判断が大切で、それは綿密な地表地質調査から得られるのものである。

3.3 堆砂対策

カリガンダキ A プロジェクトでは、堆砂に対し大きく 2 つの工夫がなされていると感じた。一つは、HWL (EL.524) と LWL (EL.518) を調整池の高い位置に設定し死水域のボリュームを大きくし、堆砂の影響を小さくしようという工夫である。河床高が約 EL.500 であるので調整池の深さ 24m に対し、利用水深は 6m で上部の 1/4 を使うだけである。また、洪水吐のクレスト標高が EL.505 であるので洪水期のゲート操作によるフラッシングも狙っているようである。

第二は、取水に際し、砂利、砂、粘土、シルトの混入を避ける工夫である。カリガンダキ A の土木構造物でひときわ目に付くのが大型の沈砂池である desander basin とその前後の構造物である。これら一連の構造物は、その工夫のために設けたものである。取水は、河床より約 15m の高さにある堰を越えフォアベイと呼ばれる底版が沈砂池より低くなった箇所運ばれる。ここで砂利、砂を沈殿させる。底部側面には 6 門のフラッシングゲートが設けられている。次に取水された水は desander basin に入る。basin は幅 80、長さ約 150m の大きな構造物である。ここで、粘土、シルトの細粒分を沈殿させる。沈殿物は basin 下流端の取水口下の底版位置に設けられた 8 門のフラッシングゲートにより河川に戻される。

二つの工夫は、カリガンダキ川の流砂量の大きいことを予期しての工夫である。流域が異なれば当然性状が変わるが、クリカニ第 3 にもクリカニに適合した堆砂に対する対策が必要であることを暗示していると考えられる。

3.4 環境管理

カリガンダキ A プロジェクトは、乾期でも十分な水量を持つカリガンダキ川本流にダムを建設するものであり、また、工事前には車両が走れる道路が存在していなかった遠隔地域がプロジェクトサイトであることから、自然環境および社会環境に対して潜在的に大きな影響を持つプロジェクトといえる。そのため環境管理には数多くの努力が払われている。主な環境影響ミチゲーションは以下の通り。

環境管理のタスク・フォースとして NEA 職員、コンサルタント、水産局職員などから構成される Kali Gandaki Environmental Management Unit (KGEMU) を設置している。影響を受ける住民に対する適切な補償し、定期的にモニタリングを実施している。地元住民を積極的に工事に雇用しており、現在、作業員の 50% が地元住民である。ダムにより回遊できなくなった魚を人力で捕獲し、ダムの反対側へ放流している。また、ふ化場を発電所横に建設し、水産資源の保護を行う計画である。魚類のモニタリングは毎日、実施されている。

建設廃棄物は種類別に仕分けし、一ヶ所に集められている。材木やセメント袋など利用可能な廃棄物は地元住民に販売している。

乾期の維持流量として 4m³/s が設定されている。

道路沿いやダムサイト法面の緑化を積極的に進めている。苗床が発電所近くに作られ、草本、樹木合わせて約 7 万株の苗が生育されている。

カトマンズと建設現場にインフォメーション・センターを設置し、カリガンダキ A プロジェクトに係る情報を一般住民に公開している。

水質や振動、騒音、不法な樹木の伐採などをモニタリングしている。

これまで発生した環境問題の殆どは地元住民が関係するもので、作業員としての採用を望む声が一番多かった。学校や水道の建設といったプロジェクトとは直接関係ない要求も多く出された。さらに、周辺村落の住民からも同様な要求が寄せられた。

環境管理面で特に気付いた点は以下の 3 点である。

残土処理：工事により発生した残土はダムサイトおよび発電所ともに河川に捨てられ、洪水時に流して処分している。担当者の話によると、この地域の洪水時の流土砂量は膨大であり、セメントやオイルなどを含んでいない残土を河川に捨てても自然環境に大きな影響を与えない、とのことである。残土を処分できるような平地が殆どなく、傾斜地に放置した際の災害の発生を考えると、妥当な処分方法であると思われる。

魚類保護対策：現在は人力による魚の回遊の補助と人工ふ化による対策がとられている。人力による魚類の移動については、その効果に疑問が残る。また、人工ふ化により一部の魚種だけが増えてしまい、逆に生態系にマイナスの影響を及ぼすことも考えられる。

維持流量：乾期の維持流量として 4m³/s が設定されている。これは乾期の平均流量の約 10% に相当する。これだけで十分なのか疑問が残る。年間平均流量の 10% を維持流量として採用するケースは世界各国で比較的多く見受けられる。

カリガンダキ川の概要

流域面積	平均流量	最低月平均流量(2月)	最大月平均流量(8月)	計画維持流量
7,618 km ²	288 m ³ /s	48 m ³ /s	906 m ³ /s	4 m ³ /s

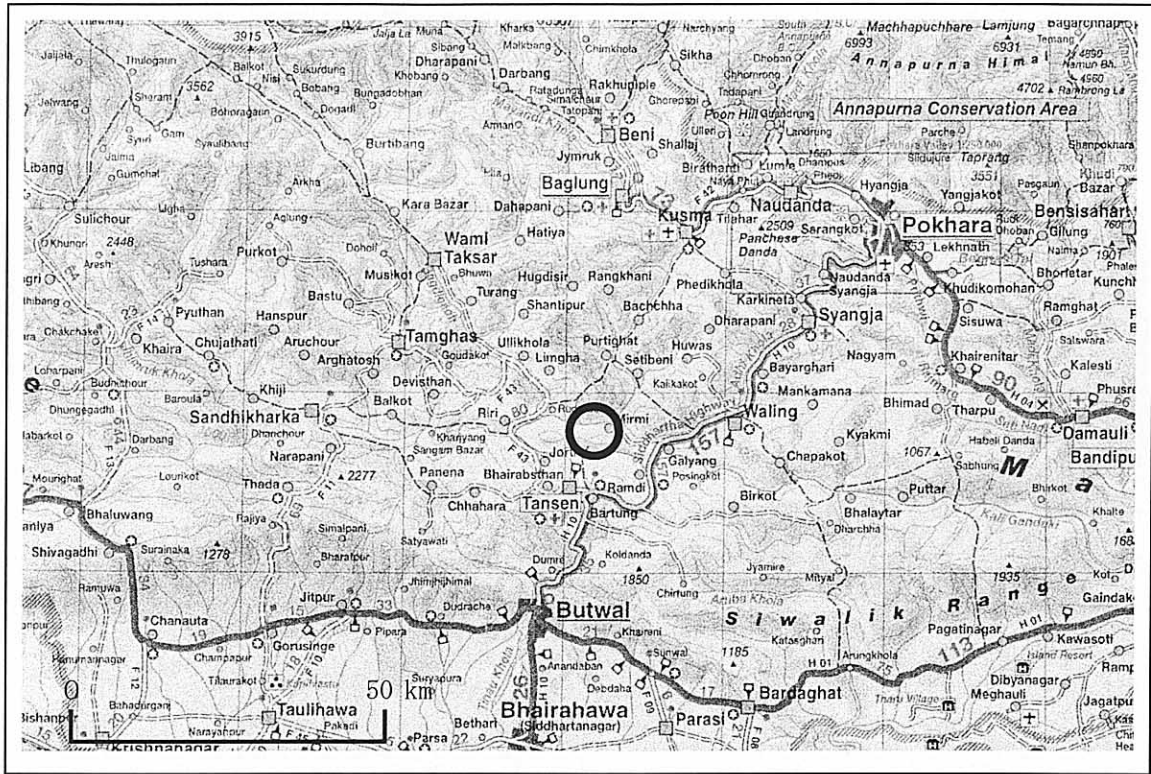


図1 カリガンダキAプロジェクト位置図

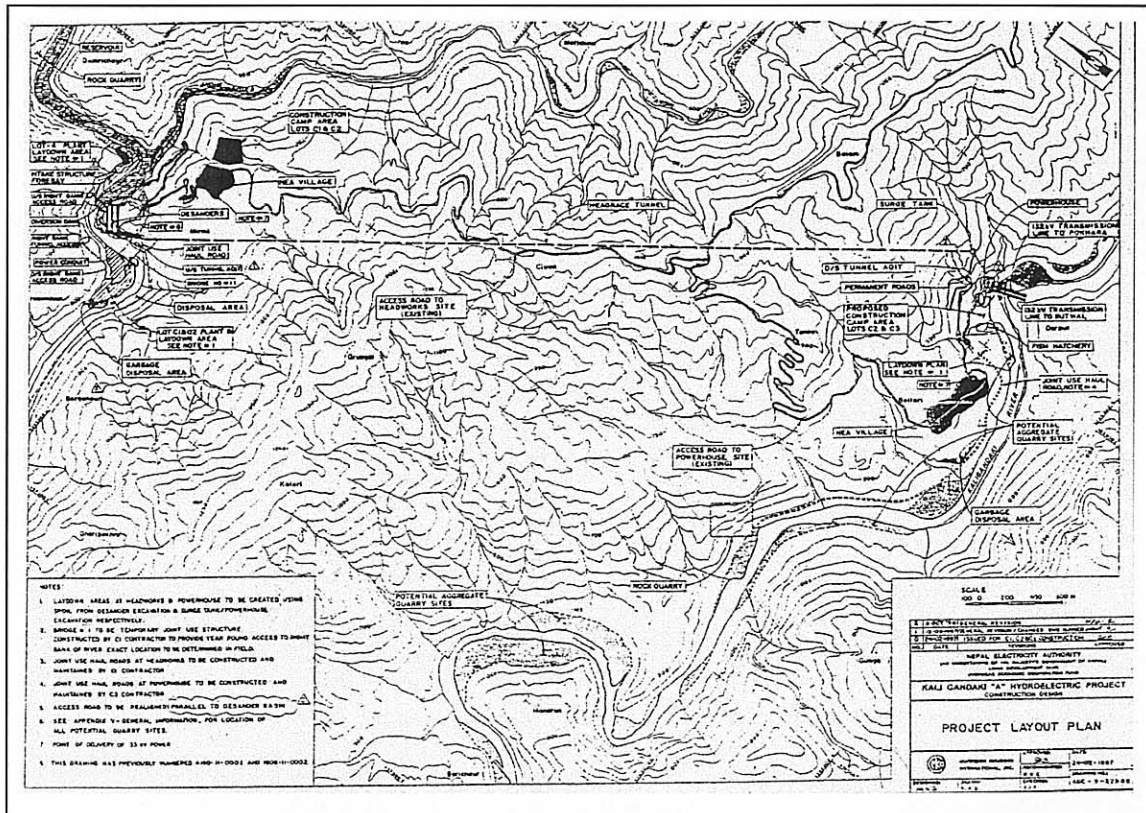


図2 プロジェクトのレイアウト

収集資料リスト

1/2

区分	資料名	入手先	様式	ページ数
I. 電力一般				
1	STANDARD DONER DISTRIBUTION LIST FOR ENERGY POWER SECTOR	?	コピー	74
2	日負荷曲線 (Jan 12, 1998)	NEA	コピー	1
3	日負荷曲線 (Jan 12, 1999)	NEA	コピー	1
4	Power System Master Plan For Nepal, Load Forecast Final Report, Dec. 1997, Norconsult	NEA	抄本コピー	11
5	Annual Report FY1999/00, Nepal Electricity Authority	NEA	オリジナル	1 冊
6	Corporate Development Plan FY2000/01-FY2004/05、 Dec. 2000	NEA	コピー	29
II. クリカニ貯水池				
7	Rule Curves (Fig.3)	NEA	コピー	1
8	Elevation- Reservoir Capacity Curve (Fig.4)	NEA	コピー	1
9	Discharge-Head Loss Curve (Fig.5)	NEA	コピー	1
10	Capacity and Area Curves of Reservoir (Fig.1.4.2)	NEA	コピー	1
III. クリカニ No.1 発電所				
11	Kulekhani No.1 P/S-DAILY SUMMARY LOG SHEET (March 6, 2001)	NEA	コピー	1
12	Kulekhani No.1 P/S-DAILY SUMMARY LOG SHEET (March 7, 2001)	NEA	コピー	1
13	Kulekhani No.1 P/S-DAILY SUMMARY LOG SHEET (March 8, 2001)	NEA	コピー	1
14	Kulekhani No.1 P/S-DAILY SUMMARY LOG SHEET (March 12, 2001)	NEA	コピー	1
15	Kulekhani No.1 P/S-DAILY SUMMARY LOG SHEET (March 13, 2001)	NEA	コピー	1
IV. 既設発電所と工事中発電所				
16	NEA パンフレット「Kulekhani-I Hydel Power Station」	NEA	オリジナル	1
17	NEA パンフレット 「Second Kulekhani Hydel Power Station at a Glance」	NEA	オリジナル	1
18	NEA パンフレット「Kali Gandaki "A" Hydroelectric Project」	NEA	オリジナル	1
V. 計画				
19	Conceptual Design of Kulekhani - III Hydroelectric Project	NEA	コピー	8
20	KULEKHANI-III HYDROELECTRIC PROJECT DETAILED DESIGN REPORT Main Report VOLUME-1	NEA	コピー	68
21	Nepal Electricity Authority Load Dispatch Center Reasons for Load Shedding	NEA	コピー	27
22	Generation Expansion Plan (till 2006/2007)	NEA	コピー	17
VI. 地形図				
23	市販地形図 1/25,000 (クリカニ第 1 貯水池～クリカニ第 3 発電所) 2785 09B, 2785 05A, 2785 09A, 2785 05B, 2785 05D, 2785 09A	購入	オリジナル	6
24	市販道路マップ 1/125,000 (ボカラ南部：カリガンダキ A プロジェクト含む)	購入	オリジナル	1
25	1/5,000 地形図 (クリカニ第 3 取水口～放水口)	NEA	コピー	1
VII. 水文資料				
26	Kulekhani -III Hydroelectric Project (42MWoption) Annex-3 (September 1999), Hydrological Data	NEA	コピー	14

収集資料リスト

2/2

区分	資料名	入手先	様式	ページ数
VIII. 環境				
27	EIA Guidelines for Industry Sector 1995	IUCN	オリジナル	32
28	Working with NGO	IUCN		106
29	Strategic Environmental Assessment	IUCN		66
30	Environmental and Social Activities (Status Summary), April 2001	KGEMU	コピー	6
31	Mitigation Management and Monitoring Plan, February 1996	KGEMU	コピー	78
IX. 報告書				
32	Kulekhani-III Hydroelectric Project, Updated Feasibility Study for 42MW Option, Volume -1 Main Report, September 1999	NEA	コピー	
33	Kulekhani-III Hydroelectric Project, Detailed Feasibility Study (42MW Option), Main Report Volume -1, July 2000	NEA	コピー	
34	Kulekhani-III Hydroelectric Project, Detailed Feasibility Study (42MW Option), Annexes Volume -3, July 2000	NEA	コピー	
35	Kulekhani-III Hydroelectric Project, Detailed Feasibility Study (42MW Option), Drawings Volume -4, July 2000	NEA	コピー	47
36	Sedimentation Monitoring of Kulekhani Reservoir, Nepal-UK Forest Research Project, September 1996	NEA	コピー	
37	Report on Kulekhani Reservoir Sedimentation Study, march 1998	NEA	コピー	
38	Report on Kulekhani Reservoir Sedimentation Study, march 1999	NEA	コピー	
39	Report on Kulekhani Reservoir Sedimentation Study, march 2001	NEA	コピー	

略語表

NEA	Nepal Electricity Authority
MoWR	Ministry of Water Resources
MoPE	Ministry of Population and Environment
NPC	National Planning Commission
ADB	Asian Development Bank
WB	World Bank
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources
KGEMU	Kali Gandaki Environmental Management Unit
EIA	Environmental Impact Assessment

Q u e s t i o n n a i r e
o n
the Development of
Kulekhani-III Hydroelectric Project

March 2001

Preparatory Study Team of JICA

Note: If available, please mark "A", and if not available, mark "NA" in the column for Availability*. If the item is available, please note down sources of information in the column Remarks**.

II TOPOGRAPHICAL MAP ON PROJECT AREA (Please answer the availability of following items & if they are available easily, please provide them to JICA team)

Item	Description	Availability	Remarks
1	Topographical Map		
(1)	Scale - 1: 250,000	O	Covering project area, vicinity & catchment area
(2)	Scale - 1: 50,000	O	Covering project area, vicinity & catchment area
(3)	Scale - 1: 25,000	O	Covering project area, vicinity & catchment area
(4)	Scale - 1: 10,000	O	Covering project area and vicinity
(5)	Scale - 1: 5,000	X	Covering project area and vicinity
(6)	Scale - larger than 1: 5,000	OX	Dam&P/H available
2	Topographical Map - Regulating pond area		
(1)	Scale - 1: 5,000	O	
(2)	Scale - larger than 1: 5,000	O	S=1:500
3	Topographical Map - Major structure site		
(1)	Scale - 1: 1,000		
(2)	Scale - 1: 500	X	
(3)	Scale - larger than 1: 500	OX	Dam & P/H available
4	Longitudinal / cross sectional survey		
(1)	Intake site	X	
(2)	Regulating pond	X	
(3)	Tailrace	X	
5	Aerophotograph		
(1)	Scale - 1: 25,000	O	S=1:40,000 available
(2)	Scale - 1: 20,000	X	
(3)	Scale - larger than 1: 20,000	X	
6	Local contractor		
(1)	Aero-photo mapping	O	
(2)	Ground survey	O	
7	Current prices		
(1)	Aero-photo mapping	OX	Depends on area
(2)	Ground survey	X	Not yet

Note: If available, please mark "A", and if not available, mark "NA" in the column for Availability*. If the item is available, please note down sources of information in the column Remarks**.

III GEOLOGICAL DATA (Please answer the availability of following items & if they are available easily, please provide them to JICA team)

Item	Description	Availability*	Remarks**
1	Published information on geology		
(1)	Nepal & Project area	X	The largest 1:250,000
2	Relevant published information		
(1)	Earthquake	O	KL-3 F/S Report 1988
(2)	Soil classification	X	
3	Geological investigation program and study report		
(1)	Headwork site	O	
(2)	Connecting tunnel	O	
(3)	Dam and reservoir area	O	
(4)	Headrace & tailrace tunnel	O	
(5)	Powerhouse	O	
(6)	Candidate aggregate quarry site	X	
4	Drilling data		
(1)	Core log	O	Study Report
(2)	Photographs	X	
5	Geophysical investigation report		
(1)		O	Study Report
6	Seismic data and information		
(1)		O	F/S Report 1988
7	Geological Information on MBT, MCT, HFT & relevant thrusts		
(1)	Location	O	Regional Geo Map
(2)	Activities	X	
(3)	Experience of construction for civil structures & affects	X	
8	Construction report		
(1)	Kulekhani - 1 & 2	O	
9	Local geological investigation companies		
(1)	Name list, ability, scale, etc.	O	SRCL
10	Unit price		
(1)	Drilling	O	
(2)	Lugeon test	O	
(3)	Seismic prospecting	O	
(4)	Rock property test	O	
(5)	In-situ rock test	X	
(6)	Test audit	O	

Note: If available, please mark "A", and if not available, mark "NA" in the column for Availability*. If the item is available, please note down sources of information in the column Remarks**.

