

ネパール国
ネパール電力公社

ネパール国
全国貯水式水力発電所マスタープラン調査

ファイナルレポート
Appendix (1/2)

平成 26 年 2 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

電源開発株式会社

Appendix

Appendix 1 **Final Long List of the Potential Sites of Storage Projects**

Appendix 2 選定された有望プロジェクト

Appendix 3 **Strategic Environmental Assessment Report**

Appendix 4 NEA によって提案された候補プロジェクトを考慮した
電源開発計画と貯水式水力発電開発計画

Appendix 5 **Annex of SEA Report**

Appendix-1 Final Long List of the Potential Sites of Storage Projects

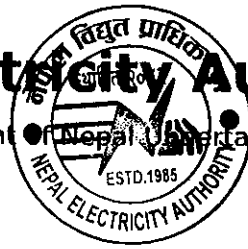
1.1 Final long list of potential sites of storage projects

1.2 Final long list of the potential sites of storage projects (additional)



Nepal Electricity Authority

(Government of Nepal Undertaking)



Phone: 4153054
4153055
4153007

Fax : 00977-1- 4153013
E-mail: neamd@mos.com.np
webpage: www.nea.org.np

Head Office
Durbar Marg
Kathmandu, Nepal
PB No.: 10020

Our Ref. No.: 066/067 mds/D.N. 414

Date : December 17, 2009

To,

Mr. Yusuke TSUMORI
Representative
JICA Nepal Office
P.O.Box. 459, Kathmandu, Nepal
Karmachari Sanchaya Kosh Building
Hariharbhawan, Lalitpur, Nepal.

Subject : Final long list of the potential sites of storage projects.

Dear Mr. TSUMORI,

With reference to your letter No. JICA (NP)//-24001 dated November 23rd, 2009 and as per clause 2 of the Minutes of Meeting signed on November 19th, 2009, please find attached the summary of final long list of the potential sites with location maps. The list is based on the previous study reports for the different basins as mentioned below and as suggested by JICA expert in Nepal for your needful action.

1. Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA.
2. Master Plan of Hydroelectric Development in Nepal, 1974, JICA.
3. Gandaki River basin Power Study, Basin Study, Basin Master Plan, 1979, UNDP;
4. Master Plan Study on the Kosi River Water Resources Development, 1985, JICA;
5. Master Plan Study for Water Resources Development of the Upper Karnali River and Mahakali River Basins, 1993, JICA;
6. Medium Hydropower Study Project, Power Sector Efficiency Project, 1997, World Bank; CIWEC; and
7. Identification and feasibility Study of Storage Project, 2000-2004, NEA.

Your cooperation in this regard is highly appreciated.

Thanking you

Yours Sincerely

Dr. Jivendra Jha
Managing Director

CC:

Engineering Services, NEA.
Mr. Y. Ozaki, JICA Expert NEA.

NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

Details of Storage Project in Eastern River Basin

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Environ menatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
1	Dudh Koshi	Okhaaldhunga / Khotang dist. Dudh koshi to Baikhu Khola	300	1806	180	Augen Gneiss, Phyllite and quartzite	EIA Report Available	(0)	92 km (Lahan sub station),132KV	FS by CIWEC 1998			
2	Dudh Kosi-2	Solukhumbu / Dudh Koshi	456.6	2113	212	Phyllite, Quartzite	No. of Families: 75 Ag. Land: 2.8 km ² Forest Cover:2.19Km ²	(0)	92 km (Lahan sub station),132KV	Desk study			
3	Dudh Koshi-3	Solukhumbu / Dudhkoshi	1048.6	6006	357	Phyllite, Quartzite	No. of Families: 65 Ag. Land: 1.4 km ² Forest Cover:5.5Km ²	(0)	94 km (Lahan Sub Station),132kV	Desk study			
4	Dudh Koshi-4	Solukhumbu / Dudhkoshi	1603	4664	425	Phyllite, Quartzite	No. of Families: 60 Ag. Land: 2.16 km ² , Forest Cover:6.05Km ²	(0)	100 km (Lahan Sub Station),132kV	Desk study			
5	Khimti	Ramechhap, Dolakha / Khimti	128.1	621.5	194	Schist , Gneiss	No. of Families: 25 Ag. Land: 0.38 km ² , Forest Cover:1.32Km ²	(0)	13.5 km (Khimti Sub Station),132kV	Desk study			

Note:

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index

Description

(0)

No information available

(1)

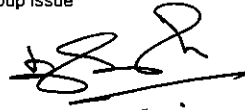
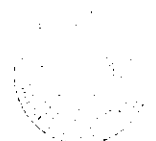
The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area

(2)

The impounding of the reservoir will involve large resettlements

(3)

The construction of project will involve ethnic minority group issue

NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Environ menatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
6	Kokhajor - 1	Sinchuli. Sindhupalchowk/Kokhajor	11.5	322.7	107	Sandstone with conglomerate	No. of Families: 25 Ag. Land: 0.53km ² , Forest Cover:3.17Km ²	(0)	69 km (Dhalkebar Sub Station),132kV	Desk study			
7	Likhu - 1	Ramechhap / Likhu	91.2	425.7	139	Phyllite, Schist	No. of Families: 172 Ag. Land: 3.36km ² , Forest Cover:0.65Km ²	(0)	55 km (Dhalkebar Sub Station),132kV	Desk study			
8	Mulghat	Dhankuta / Tamor	2647.7	7638	292	Sandstone, Mudstone, Shale	No. of Families: 227 Ag. Land: 17.15km ² , Forest Cover:24.04Km ²	(0)	45 km (Duhabi Sub Station),132kV	Desk study			
9	Piluwa - 2	Sankhuwasabha/ Piluwa	107.3	312.6	119	Quartzite, Phyllite, Augen gneiss and schist	No. of Families: 20 Ag. Land: 2.03km ² , Forest Cover:2.54Km ²	(0)	90 km (Duhabi Sub Station),132kV	Desk study			
10	Rosi - 2	Kavrepalanchowk / Roshi	106.5	399.9	124	Phyllite and Quartzite	No. of Families: 130 Ag. Land: 0.29km ² , Forest Cover:0.39Km ²	(0)	32 km (Panchkhal Sub Station),132kV	Desk study			

Note:

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue



NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
11	Sankhuwa - 1	Sankhuwasabha/ Sankhuwa	176	667.6	156	Biotite schist with quartzite	No. of Families: 32 Ag. Land: 0.68km ² , Forest Cover:0.63Km ²	(1)	114 km (Duhabi Sub Station),132kV	Desk study			
12	Tama Kosi -3	Dolakha/ Tamakosi	330		160	Gneiss and Schist		(0)	85 km	FS by NEA in 2002			
13	Tamor No. 1	Dhankuta / Tamor	696		153	Phyllite, Quartzite, Schist		(0)		Desk Study			
14	Tamor (Terahathum)	Terathum / Tamor	380		170	Phyllite, Quartzite, Schist		(0)		Desk Study			
15	Sunkosi No 1	Khotang, Udayapur/ Sun Kosi	1357		147	Phyllite, Quartzite, Schist		(0)		Desk Study			

Note:

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

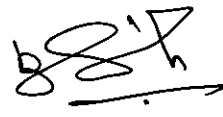
Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue



NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
16	Sunkosi No 2	Ramechhap, Sindhuli/ Sun Kosi	1110		166			(0)		Desk Study in Master Plan			
17	Sunkosi No 3, Kosi M/P (Multipurpose)	Ramechhap / Sunkosi	536		140			(0)		Desk Study in Master Plan			
18	Sunkosi No 3, Kosi M/P	Ramechhap / Sunkosi	432		110.5			(0)		Desk Study in Master Plan			
19	Sunkosi No 3	Ramechhap / Sunkosi	190		144			(0)		Desk Study in Master Plan			
20	Indrawati	Sindhupalchowk / Indrawati	91.2		111	Lesser Himalaya greenish grey phyllite and quartzite	Settlement Agricultural Land 455, 810 Km2	(0)	29 km	Desk study			
21	Kankai	Ilam / Kankai	90		90		11700 families to be relocated	(2)	5 km	Feasibility Study by NEA			

Note:

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue




NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

Details of Storage Project in Central River Basin

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Envirom enatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
1	Kaligandaki-Modi	Baglung,Parbar/Kaligandaki, Modi Confluence	816.4	3097	189	Quartzite, Phyllite	No. of Families: 235 Ag. Land: 16.73km ² , Forest Cover:13Km ²	(0)	12 km (Modi Khola Sub Station),132kV	Desk study			
2	Lower Badigad	Gulmi / Badigad	380.3	1559	191	Phyllite, Schist, Quartzite	No. of Families: 240 Ag. Land: 10.22km ² , Forest Cover:2.92Km ²	(0)	12 km (Kali Gandaki ASub Station),132kV	Desk study			
3	Lower Daraudi	Gorkha / Daraudi	120.2	347.9	111	Phyllite Quartzite and Gritty Phyllite	No. of Families: 500 Ag. Land: 9km ² , Forest Cover:3.27Km ²	(0)	9 km (Marsyangdi Sub Station),132kV	Desk study			
4	Seti -Trisuli	Tanahun / Seti	128			Phyllite and Slaty Phyllite		(0)	10 km (Marsyangdi Sub Station),132kV	Feasibility			
5	Upper Daraudi	Gorkha / Daraudi	111.4	325.6	153	Phyllite Quartzite and Gritty Phyllite, Schist	No. of Families: 50 Ag. Land: 1.88km ² , Forest Cover:1.61Km ²	(0)	29 km (Marsyangdi Sub Station),132kV	Desk study			

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue

[Handwritten Signature]



NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
6	Kaligandaki-2	Tanahun. Nawalparasi/ Kaligandaki	660		177	Phyllite Quartzite	Relocation of 7000 houses	(0)	40 km	Pre FS by NEA (1985)			
7	Burhi Gandaki	Dhading / Burhi Gandaki	600		225	Dolomitic Quartzite, Slate, Lime Stone		(0)		Pre FS by ED, MOWR, Technical assistance from CIDA			
8	Andhi Khola	Syangja / Andhi Khola	180	693	157	Lime Stone, Slate, Quartzite		(0)	44 km	FS study by NEA in 1998/1999			
9	Langtang Khola	Rasuwa / Langtang Khola	218		93	Gneiss and Quartzitic Schist	Relocate 33 families	(0)	27 km	Phase II Fine Screening and Ranking Study by NEA 2000			
10	Uttar Ganga	Baglung / Uttar Ganga	300		200	Phyllite, Schist, Dolomite, Quartzite	Relocation of 625 families	(0)	90 km upto Butwal	Desk and Reconaissance Study			

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue

[Handwritten signature]

NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
11	Madi- Ishaneshor	Kaski, Lamjung	86(120)		138	Phyllite, Quartzite		(0)	26 km	Feasibility			Licence with Private Sector
12	Kali Gandaki No. 1	Kali Gandaki	1600		260			(0)		Desk Study in Master Plan			
13	Marsyangdi	Marsyangdi	510	3190	140			(0)		Desk Study in Master Plan			
14	Seti (Gandaki)	Seti	230	1340	140			(0)		Desk Study in Master Plan			
15	Dev Ghat	Narayani Chitawan	150	1193	40			(0)		Desk Study in Master Plan			

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

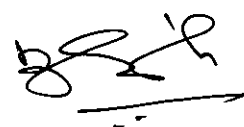
Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue



NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Envirom enatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
16	Bhomichok	Buri Gandaki	200	956	80			(0)		Desk Study in Master Plan			
17	Trishulganga Storage (Alternative to Marsyangdi Storage, Burhi Gandaki and Mugling Schemes)		1500					(0)		Desk Study in Master Plan			

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

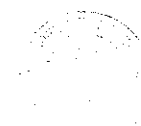
Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue

NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

Details of Storage Project in Western River Basin

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Envirom enatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
1	Barbung Khola	Dolpa / Barbung	122.9	484.3	66	Himalayan Crystalline Roc, Granitic gneiss, Gneiss and Schist	No. of Families: 0 Ag. Land: 0.1km2, Forest Cover:0.02Km2	(0)	170km (kholapur s/s) 132 kv	Desk study			
2	Chera - 1	Jajarkot / Chera	148.7	606.4	186	Phyllite Quartzite and Slate	No. of Families: 80 Ag. Land: 1.23km2, Forest Cover:1.93Km2	(0)	70.4km (kholapur) 132 kv	Desk study			
3	Chera - 2	Jajarkot / Chera	104.3	425.8	153	Phyllite Quartzite and Slate	No. of Families: 140 Ag. Land: 0.94km2, Forest Cover:4.4Km2	(0)	68.2km (kholapur), 132 kv	Desk study			
4	Humla-Karnali	Humla / Huma-Karnali	467.1	1841	271	Gneiss and Granitic Gneiss	No. of Families: 0 Ag. Land: 0.62km2, Forest Cover:3.4Km2	(0)	168km (lumki SS), 132 kv	Desk study			
5	Lower Jhimruk	Arghakachi, Pyuthan / Jhimruk	142.5	460.1	167	Lime Stone, Shale, Quartzite and Schist	No. of Families: 225 Ag. Land: 3.61km2, Forest Cover:2.88Km2	(0)	52km nearest point, 132 kv	Desk study			

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

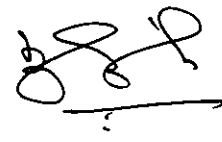
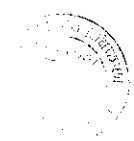
Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue

NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Envirom enatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
6	Madi	Rolpa/Madi	199.8	585.1	190	Phyllite Limestone and Quartzite	No. of Families: 79 Ag. Land: 1.79km2, Forest Cover:3.29Km2	(0)	55km from lamahi SS & 40 km from Jhimruk, 132 kv	Desk study			
7	Mugu Kamali	Bajura, Mugu, Humla / Mugu Karnali	3843.8	11193	694	Phyllite, Schist, Dolomite and Limestone	No. of Families: 150 Ag. Land: 6.38km2, Forest Cover:22.32Km2	(0)	132km from lamki, 132 kv	Desk study			
8	Sani Bhari - 1	Rukum / Sani Bheri	763.5	2185	417	Phyllite, Limestone, Dolomite and Quartzite	No. of Families: 170 Ag. Land: 2.63km2, Forest Cover:5.25Km2	(0)	126km from kholpur, 132 kv	Desk study			
9	Sani Bhari - 2	Rukum / Sani Bheri	646.9	1851	330	Phyllite, Limestone, Dolomite and Quatzite	No. of Families: 400 Ag. Land: 7.2km2, Forest Cover:3.6Km2	(0)	92km from kholpur ss, 132 kv	Desk study			
10	Sharada - 2	Salyan / Sharada	96.8	282.7	118	Sandstone, Mudstone., Siltstone	No. of Families: 173 Ag. Land: 3.49km2, Forest Cover:2.58Km2	(0)	27.5km from kholpur SS, 132 kv	Desk study			

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

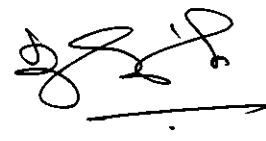
Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue




NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
11	Thuligi Gad - 2	Doti / Thuligad	119.7	435.4	115	Sandstone, Mudstone, Dolomite, Shale and Limestone	No. of Families: 220 Ag. Land: 2.21km ² , Forest Cover: 1.11Km ²	(0)	39 km , 132 kv	Desk study			
12	Tila - 1	Kalikot / Tila	617.2	2451	269	Gneiss, Schist, Phyllite		(0)	92 km from Lamki, 132 kv	Desk study			
13	Tila - 3	Kalikot / Tila	481.9	2135	338			(0)	76km from lamki, 132 kv	Desk study			
14	Thuli Gad	Doti / Thuligad	120		115	Sandstone, Mudstone, Shale, Dolomite, Limestone		(0)	39 km	Desk study			
15	LR-1	Surkhet / Lohore	98					(0)		Desk Study in Master Plan			

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

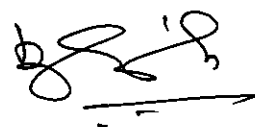
Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue



NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
16	BR3B	Bheri	801					(0)		Desk Study in Master Plan			
17	BR 4	Bheri	667					(0)		Desk Study in Master Plan			
18	Surkhet	Bheri	600	3570				(0)		Desk Study in Master Plan			
19	Lakarpata	Karnali	1200	7110	197			(0)		Desk Study in Master Plan			
20	Bhanakot	Karnali	810	4800	200			(0)		Desk Study in Master Plan			

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

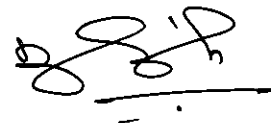
Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue



NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Long List for Inventory of Potential Sites

No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
21	Thapna	Bheri	500	2980				(0)		Desk Study in Master Plan			
22	SR6	Seti (West)	642					(0)		Desk Study in Master Plan			
23	Nalsyagu Gad	Jajarkot Nalsyagu	400		189	Dolomite, Slate and Phyllite	150 house to be relocated	(0)		Feasibility on Progress			Tentaive Plans for application to the Chinese Government

Note

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

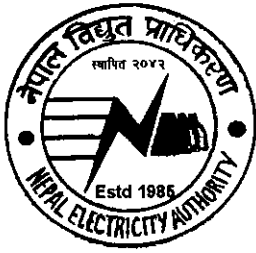
Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index	Description
(0)	No information available
(1)	The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area
(2)	The impounding of the reservoir will involve large resettlements
(3)	The construction of project will involve ethnic minority group issue



Nepal Electricity Authority

Appendix 1.2

(Nepal Government Undertaking)

Engineering Services

Ref No. : 2066/67 Cha No 259

Date:- December 23, 2009

To,

Mr. Yusuke TSUMORI
Representative
JICA Nepal Office
P.O.Box. 459, Kathmandu, Nepal
Karmachari Sanchaya Kosh Building
Hariharbhawan, Lalitpur, Nepal.

Subject : Final long list of the potential sites of storage projects.

Dear Mr. TSUMORI,

With reference to our letter No 066/067 MOS/D.N. 414 dated December 17, 2009, we request you to incorporate the following additional projects in the long list for your needful action as suggested by JICA Expert in Nepal.

- Ridhi Khola 97 MW, Central River Basin
- Sarada Babai 75 MW Western River Basin
- Naumure (W.Rapti) 245 MW, Western River Basin
- Lohare Khola 67 MW, Western River Basin

Your cooperation in this regard will be highly appreciated.

Thanking you

Yours Sincerely

S. C. Jha
General Manager

CC :

Mr. Y. Ozaki, JICA Expert NEA.

NEPAL ELECTRICITY AUTHORITY

Additional Project to Long List for Inventory of Potential Sites

In Central River Basin													
No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
1	Ridi Khola	Palpa, Arghakhanchi/Ridi	97					(0)					
In Western River Basin													
No.	Project Name	Location/ River	MW	GWh	Dam Height (m)	Geology information	Enviromenatal information	Enviromenatal Index	Grid connection	Study level	Donor Agency	Program year of commision	Remarks
1	Sarada Babai	Salyan	75	484.3	90	Sandstone, Siltstone, Mudstone, Shale		(0)	40 km	Desk Study in MHSP			
2	Naumure(W. Rapti)	Argakhanchi, Puythan/ Rapti	245	979	190	Sandstone, Mudstone, Shale		(0)		Pre FS by NEA in 1990			Interest shown by Indian Government
3	Lohare Khola	Dailekh/Lohare	67		120	Phyllite, Gneiss, Quartzite		(0)					

Note:

a) Geological Information

The basis for the level of the geological information is as follows:

Desk Study: Based on regional maps and other relevant information without a site visit.

Prefeasibility Study: Geological mapping with site visit.

Feasibility Study: With drilling and Seismic and Construction material survey.

b) Environmental Information

Index Description

(0) No information available

(1) The project area/reservoir area lies within the boundaries of a National Park or protected area

(2) The impounding of the reservoir will involve large resettlements

(3) The construction of project will involve ethnic minority group issue

Appendix 2 選定された有望プロジェクト

- 2.1 Dudh Koshi (E-01)**
- 2.2 Kokhajor-1 (E-06)**
- 2.3 Sun Koshi No.3 (E-17)**
- 2.4 Lower Badigad (C-02)**
- 2.5 Andhi Khola (C-08)**
- 2.6 Chera-1 (W-02)**
- 2.7 Lower Jhimruk (W-05)**
- 2.8 Madi (W-06)**
- 2.9 Nalsyau Gad (W-23)**
- 2.10 Naumure (W.Rapti) (W-25)**

A.2 選定された有望プロジェクト

有望プロジェクトとして選択された 10 プロジェクトは以下のとおりである。なお、参考にネパールの全 75 郡中、各プロジェクトがある郡の開発ランキングを括弧内に示す。

Table A.2-1 Promising Projects

No.	Project Name	(MW)	District (Ranking)*	River (Major River Basin)
E-01	Dudh Koshi	300.0	Okhaldhunga (50/75), Khotang (48/75), Solukhumbu (44/75)	Dudh Koshi to Baiku Khola (Koshi)
E-06	Kokhajor-1	111.5	Sinduli (51/75), Kabhrepalanchok (6/75)	Kokhajor to Bagmati (Bagmati)
E-17	Sun Koshi No.3	536.0	Ramechhap (56/75), Kabhrepalanchok (6/75), Sindhupalchok (43/75)	Sun Koshi (Koshi)
C-02	Lower Badigad	380.3	Gulmi (33/75)	Badigad (Gandaki)
C-08	Andhi Khola	180.0	Syangja (9/75)	Andhi Khola to Kali Gandaki (Gandaki)
W-02	Chera-1	148.7	Jajarkot (62/75)	Chera (Karnali)
W-05	Lower Jhimruk	142.5	Arghakhanchi (27/75), Pyuthan (54/75)	Jhimruk (Karnali)
W-06	Madi	199.8	Rolpa (66/75)	Madi (Karnali)
W-23	Nalsyau Gad	410.0	Jajarkot (62/75)	Nalsyau Gad (Karnali)
W-25	Naumure (W. Rapti)	245.0	Arghakhanchi (27/75), Pyuthan (54/75)	West Rapti (Karnali)

*) Development ranking based on Composite Index (Source: Central Bureau of Statistics. 2003. District level indicators of Nepal for monitoring overall development. Kathmandu, Nepal.)

各プロジェクトの位置図を以下に示す。

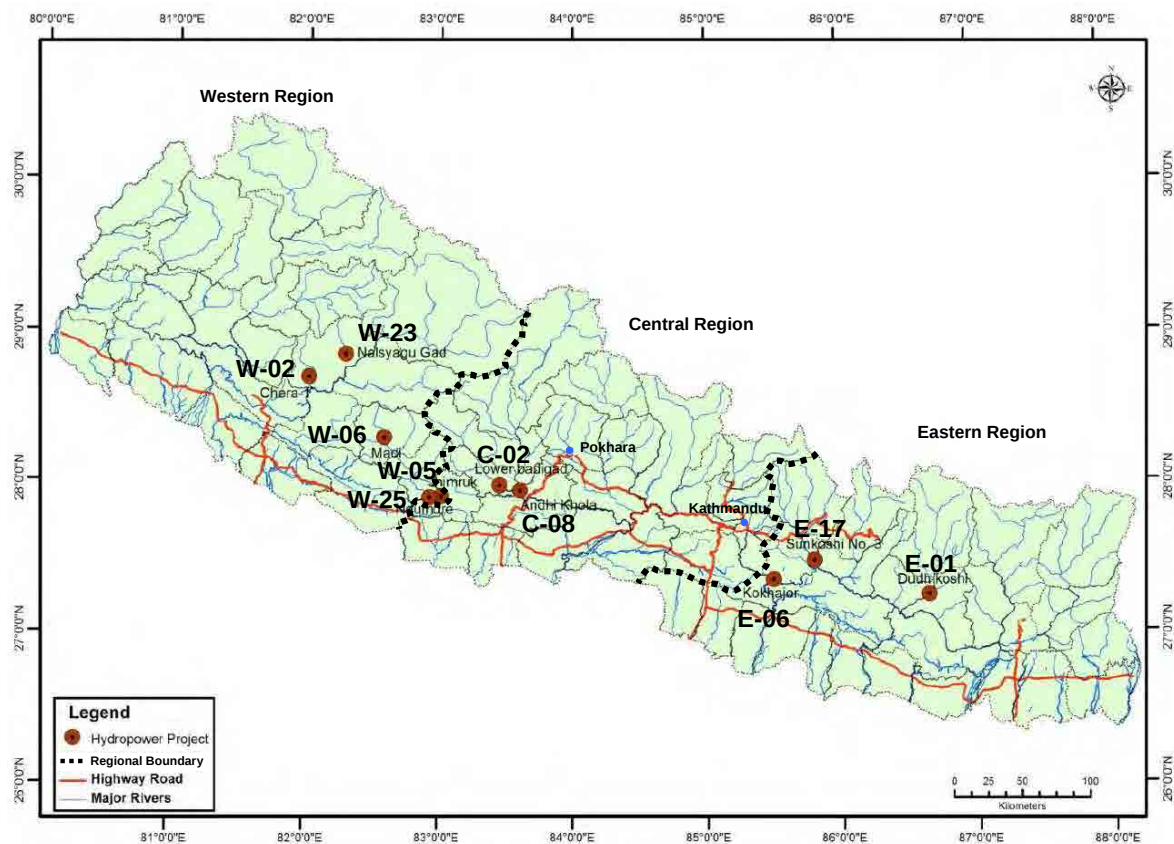


Figure A.2-1 Locations of Promising Projects

各プロジェクトの主要諸元を以下に示す。

Table A.2-2 Salient Features of Promising Projects

No.	Unit	E-01	E-06	E-17	C-02	C-08	W-02	W-05	W-06	W-23	W-25
Project Name		Dudh Koshi	Kokhajor-1	Sun Koshi No.3	Lower Badigad	Andhi Khola	Chera-1	Lower Jhimruk	Madi	Nalsau Gad	Naumure (W. Rapti)
Installed Capacity	MW	300.0	111.5	536.0	380.3	180.0	148.7	142.5	199.8	410.0	245.0
Catchment Area	km ²	4,100.0	281.0	5,520.0	2,050.0	475.0	809.0	995.0	674.0	571.5	3,430.0
Dam Height	m	180.0	107.0	140.0	191.0	157.0	186.0	167.0	190.0	200.0	190.0
Total Storage Volume	MCM	687.4	218.7	1,220.0	995.9	336.5	254.9	386.0	359.5	419.6	1,021.0
Effective Storage Volume	MCM	442.1	166.1	555.0	505.5	238.7	141.1	211.6	235.1	296.3	580.0
Reservoir Area	km ²	11.1	4.6	30.1	13.7	5.5	4.0	6.0	7.7	6.3	19.8
Full Supply Level	m	580.0	437.0	700.0	688.0	675.0	866.0	597.0	1,090.0	1,570.0	517.0
Minimum Operating Level	m	530.0	390.0	674.0	654.0	626.7	814.0	557.0	1,030.0	1,498.0	474.2
Tail Water Level	m	303.4	200.0	575.0	475.0	368.5	640.0	390.0	800.0	872.0	358.0
Rated Gross Head	m	275.0	226.3	116.3	196.0	307.0	220.0	194.6	280.8	649.3	162.6
Rated Net Head	m	249.3	205.6	109.3	192.5	286.3	217.6	190.4	277.0	635.5	154.5
Rated Power Discharge	m ³ /sec	136.0	63.9	570.0	232.6	81.4	80.5	88.1	84.9	75.0	185.6
Total Energy	GWh	1,909.6	278.9	1,883.6	1,366.0	648.7	563.2	454.7	621.1	1,406.1	1,157.5
Dry Energy	GWh	523.3	94.1	335.9	354.7	137.1	120.6	94.4	170.7	581.8	309.9
Length of Access Road	km	65.0	22.0	20.0	0	8.0	5.5	18.0	15.0	25.0	34.0
Length of Transmission Line	km	43.0	62.0	35.0	49.0	49.0	66.0	75.0	62.0	112.0	79.0
Project Cost	MUS\$	1,144.0	476.5	1,690.5	1,209.8	665.8	576.9	520.9	637.3	966.9	954.5
Unit Generation Cost	¢ /kWh	6.0	17.1	9.0	8.9	10.3	10.2	11.5	10.3	6.9	8.2
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	17.6	7.6	13.1	13.2	13.0	12.6	10.9	12.3	15.6	15.2
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	30.0	n.a.	19.4	19.8	19.1	17.8	11.5	16.8	25.8	25.3
Forest Land to be submerged	km ²	4.1	2.9	8.2	3.3	1.5	1.5	1.9	1.6	0.8	7.9
Downstream Protected Area	nos	2	1	2	3	3	3	2	2	3	2
Protected Species in the Project Area	nos	20	11	18	17	15	16	19	15	8	20
Dewatering Area	km	60	21	1	4	60	7	8	10	11	1
Reported Fish species	nos	24	7	21	12	6	11	11	8	8	16
Resettlement (Household)	nos	63	92	1,599	1,606	542	566	229	336	263	456
Cultivated land to be submerged	km ²	3.3	1.7	9.4	5.9	1.7	1.1	2.0	1.9	2.5	6.1
Fishermen	nos	154	-	712	217	156	25	254	100	115	43
Road to be submerged	km	5	-	39	26	3	4	3	11	-	2
Ranking	-	2	7	9	10	4	2	5	5	1	8

各プロジェクトの出典レポートを以下に示す。

Table A.2-3 Source Reports of Promising Projects

No.	Project Name	Source Report
E-01	Dudh Koshi	Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC (Canadian International Water and Energy Consultants)
E-06	Kokhajor-1	Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA
E-17	Sun Koshi No.3	Master Plan Study on the Koshi River Water Resources Development, 1985, JICA
C-02	Lower Badigad	Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA
C-08	Andhi Khola	Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 1998, NEA
W-02	Chera-1	Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA
W-05	Lower Jhimruk	Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA
W-06	Madi	Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA
W-23	Nalsyau Gad	Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study, Executive Summary, 2012, NEA
W-25	Naumure (W.Rapti)	Naumure (W.Rapti) Hydroelectric Project Pre-Feasibility Study, 1990, NEA

Appendix 2 では、選定された有望プロジェクト毎に以下の項目に関する情報がまとめられている。

- 1) プロジェクト概要
- 2) 気象・水文
- 3) 地形・地質
- 4) 発電計画
- 5) 電気機器・送電線

なお、自然・社会環境に関する情報については、Appendix 3 の Strategic Environmental Assessment Report にまとめられている。

2.1 Dudh Koshi プロジェクト (E-01)

目 次

(1) プロジェクト概要	1
(2) 気象・水文	5
(3) 地形・地質	9
(4) 発電計画	12
(5) 電気機器・送電線	19

List of Tables

Table A.2.1-1 Project Description	3
Table A.2.1-4 Flow Data of Dudh the Koshi Project.....	6
Table A.2.1-5 List of Potentially Critical Glacial Lakes in Nepal as of 2007	6
Table A.2.1-6 List of Potentially Critical Glacial Lakes in the Dudh Koshi Bain as of 2010	7
Table A.2.1-7 List of Potentially Critical Glacial Lakes for the Dudh Koshi Project	7
Table A.2.1-8 Life of Reservoir.....	9
Table A.2.1-9 Salient Features of Project.....	12

List of Figures

Figure A.2.1-1 Location of the Dudh Koshi Project (E-01)	2
Figure A.2.1-2 General Layout of the Dudh Koshi Project (E-01)	2
Figure A.2.1-4 Location of Potentially Critical Glacial Lakes in the Dudh Koshi Project	8
Figure A.2.1-5 Geological map of the project area	10
Figure A.2.1-6 Geological section of dam site	11
Figure A.2.1-7 Geological profile along headrace tunnel	11
Figure A.2.1-8 General Layout.....	13
Figure A.2.1-9 Dam Plan.....	14
Figure A.2.1-10 Dam Section.....	15
Figure A.2.1-11 Powerhouse Plan	16
Figure A.2.1-12 Powerhouse Section	17

A.2.1 Dudh Koshi プロジェクト (E-01)

(1) プロジェクト概要

Dudh Koshi プロジェクトは東部 Okhaldhunga、Khotang および Solukhumbu District に位置し、Dudh Koshi 川より取水し、Sun Koshi 川に近い支流の Baiku Khola 川へ放流する出力 300MW の貯水式水力プロジェクトである。本プロジェクトは、JICA が実施した “Master Plan Study on the Koshi River Water Resources Development, 1985” において見いだされたプロジェクトである。最新の検討としては、Feasibility Study および EIA が International Development Association (IDA) のローンにより Canadian International Water and Energy Consultants (CIWEC) をコンサルタントとして実施され、1998 年にレポートが取りまとめられている。また、調査団は Dudh Koshi プロジェクト地点の現地踏査を 2012 年 6 月に実施している。現地踏査によって得られた所見もここに取りまとめられている。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Okhaldhunga 観測所での年間降雨量は 1,774 mm、ダム地点の平均流量は 224 m³/s と豊富である。流域面積は 4,100 km²、比堆砂量は 2,540 t/km²/year と NEA が東部地域の平均堆砂量として採用している 3,300 t/km²/year よりも小さい。流域内には GLOF の危険度の高い氷河湖が 3 つ確認されており、留意する必要がある。

地質的な側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し主に千枚岩、クォーツァイト、片岩および片麻岩が分布している。貯水池地域は主に千枚岩からなり、保水性や周辺斜面の安定性に問題は無い。ダム地点はクォーツァイトと千枚岩からなり透水性がやや高い。導水路トンネルは千枚岩、クォーツァイト、片岩、片麻岩と 3 つの断層を通過する。断層付近と約 1,000 m 以上の被りのある区間では剛な支保が必要となる。地下発電所地点の岩盤は堅硬な片麻岩からなっている。地震加速度マップにおける加速度は 240 mgal と大きい、大規模構造線から 26 km とかなり離れており、M4 以上の震源から 10 km 以上とやや離れている。

自然・社会環境面では、自然面への影響は比較的大きいが、社会面への影響は中程度である。Koshi 流域に位置し、湛水面積は 11.1 km² である。記録のある植物の種数は 67 種と Madi プロジェクトに次いで多い。記録のある動物は、哺乳類 24 種、鳥類 51 種、両生・爬虫類 17 種と種数が比較的多く、魚類も 24 種と最も多い。減水区間は 60 km と Andhi Khola プロジェクトと共に最も長い。送電線の距離は 43 km と比較的短い。移転戸数は 63 戸と最も少なく、単位電力量あたりの移転戸数も 0.21 戸/MW と最も少ない。影響を受ける灌漑施設は 1 つである。湛水エリアでラフティングが行われている。湛水域内に大きな開発計画はない。湛水域内の先住民民族は、Newar (Advanced), Magar (Disadvantaged), Tamang (Disadvantaged), Majhi (Marginalised)。

発電計画の面から見ると、FS では、ダム形式としてロックフィルを採用し、ダムから 13.3 km の水路トンネルで発電所まで導水し、127.35 m の落差を得るレイアウトと、コンクリートダムを採用し、ダム直下左岸に発電所を設けるレイアウトが比較検討され、前者がより経済的であると結論づけている。採用されたレイアウトでは、Sun Koshi 総合開発 (Phase I) において、Sun Koshi 川から取水し Kamala 川へ分水する灌漑および発電事業のための Kurule ダムが Dudh Koshi プロジェクトの放水口よりも上流に位置するため、Dudh Koshi プロジェクトの実施により、Kurule ダムへの流入量が減少するが、同事業に必要な流量は確保されるため、影響は無いと結論づけている。さらに、仮に GLOF が起こった場合、FS では、GLOF の流量は PMF (可能最大洪水) よりも小さく、さらに洪水吐ゲートが動かなくなった場合を想定し、予備の洪水吐を設置することにより、GLOF による洪水を安全に流下させることが出来ると結論づけている。しかしながら、Dudh Koshi プロジェクトの上流には GLOF の危険度が大きい複数の氷河湖が存在することから それによってもたらされる堆砂を排出し得る Tanahu プロジェクトの排砂ゲートのような設備の設置およびそれを可能とするダム形式も検討される必要がある。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

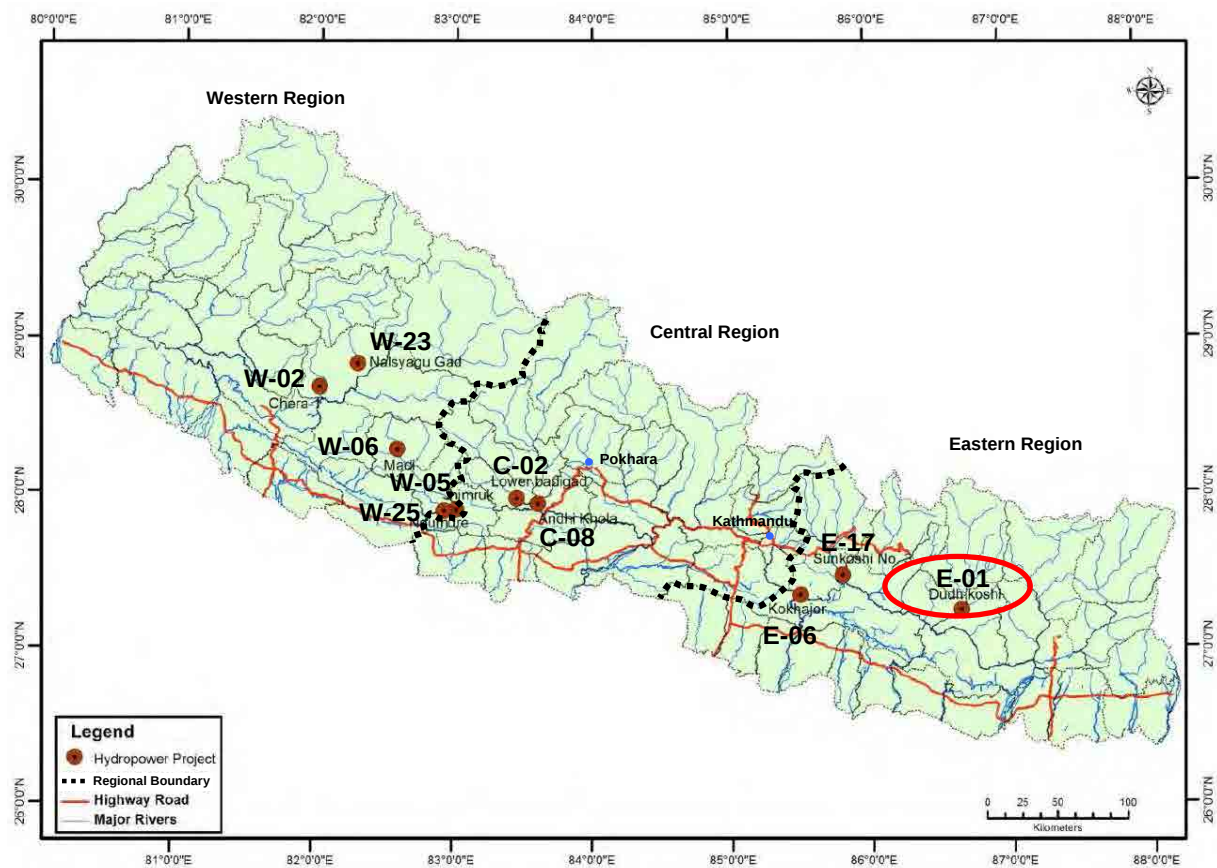


Figure A.2.1-1 Location of the Dudh Koshi Project (E-01)

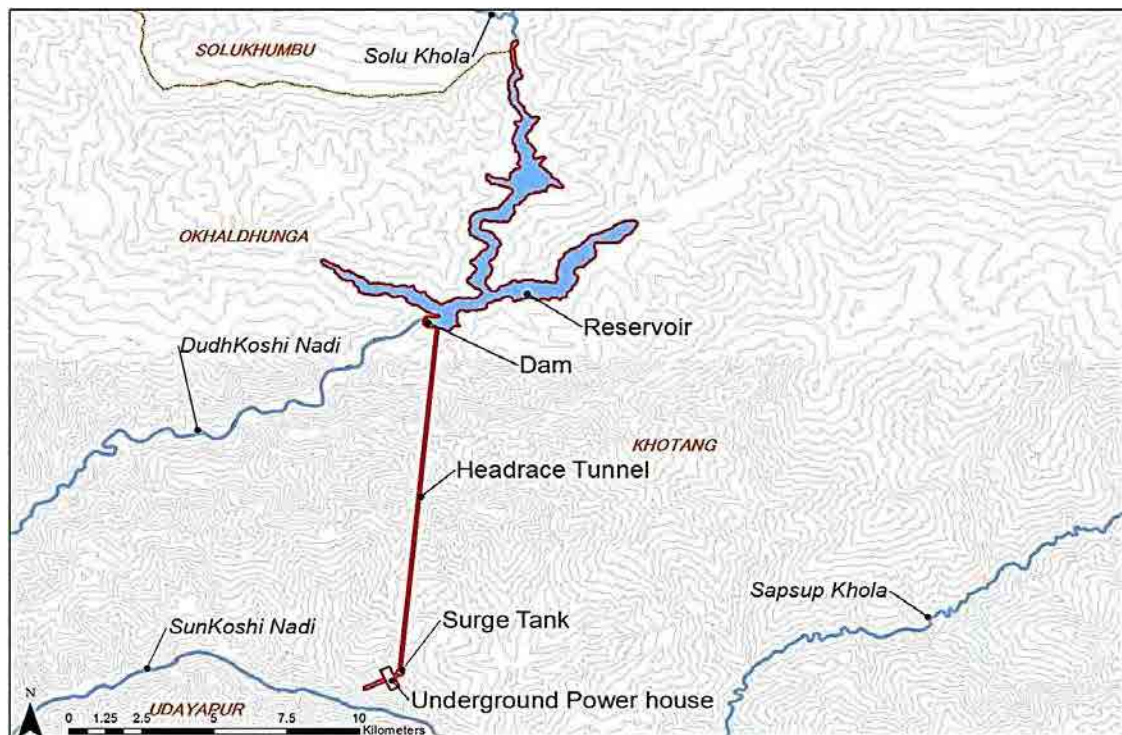


Figure A.2.1-2 General Layout of the Dudh Koshi Project (E-01)

Table A.2.1-1 Project Description

Item	Unit	Dudh Koshi	Remarks
Location	(District)	Okhaldhunga, Khotang, Solukhumbu	
Name of the River	(River)	Dudh Koshi to Baiku Khola	
Installed Capacity	MW	300	
Catchment Area	km ²	4,100	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	86° 39' 17.3" 27° 15' 47.2"	
Dam Height	m	180	
Total Storage Volume	MCM	687.4	
Effective Storage Volume	MCM	442.1	
Regulating Capability Factor	%	6.3	
Reservoir Area at FSL	km ²	11.1	
Full Supply Level	m	580.0	
Minimum Operation Level	m	530.0	
Tail Water Level	m	303.4	
Rated Gross Head	m	275.0	
Rated Net Head	m	249.3	
Rated Power Discharge	m ³ /s	136.0	
Total Energy	GWh	1,909.6	Estimated by the Study Team.
Dry Energy (December-April)	GWh	523.3	Estimated by the Study Team.
Length of Access Road	km	65	
Length of Transmission Line	km	43	Estimated by the Study Team.
Number of Household	nos	63	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	1,144.0	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	6.0	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	17.6	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	30.0	Estimated by the Study Team

Source: Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

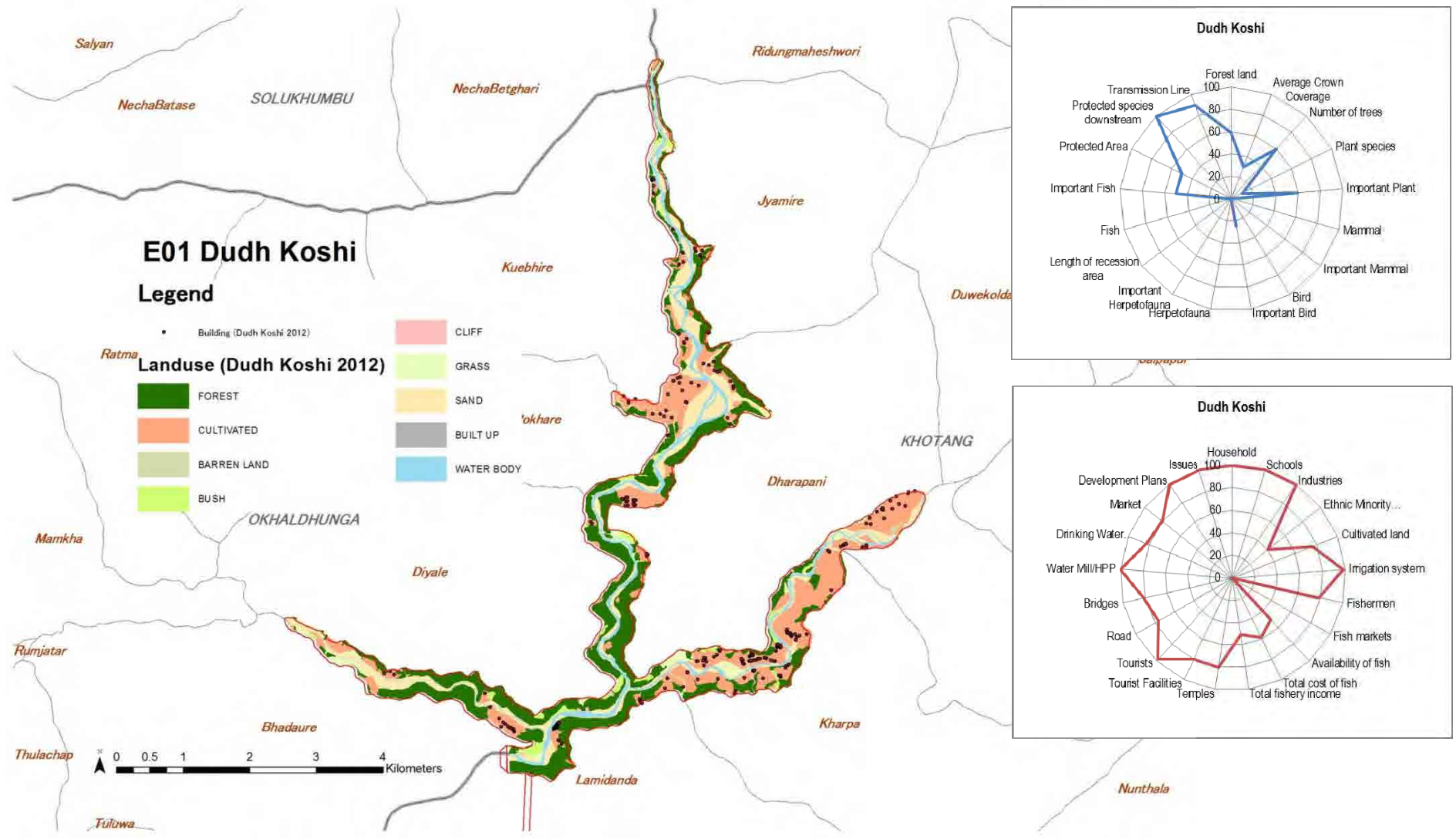


Figure A.2.1-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Dudh Koshi Project

(2) 気象・水文

Dudh Koshi プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である流量データの信頼性、GLOF の危険性および堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Dudh Koshi プロジェクトは、Dudh Koshi 川から Baiku 川に位置し、行政区（District）Okhaldhunga、Khotang、Solukhumbu に位置する。

Okhaldhunga に日照観測所(1206)が、Khotang に降水量観測所(1211)がある。Okhaldhunga の月別降水量を Table A.2.1-2 に、Khotang の月別降水量を Table A.2.1-3 に示す。

Table A.2.1-2 Monthly Rainfall at the Okhaldhunga Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
OKHALDHUNGA	1206	Okhaldhunga	SYNOPTIC	Jan, 56	27.32	86.50	1,720

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
14.2	14.4	27.9	59.8	145.8	316.2	461.1	402.4	241.1	71.4	10.2	9.9	1,774.4

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

Table A.2.1-3 Monthly Rainfall at the Khotang Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
KHOTANG BAZAR	1211	Khotang	PRECIPITATION	Jan, 59	27.03	86.83	1,295

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
16.6	12.3	29.1	42.6	111.6	201.8	332.2	237.6	159.3	49.4	6.4	9.1	1,208.0

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Dudh Koshi プロジェクトは、ダム軸から上流 1.5 km に測水所(670)があり、流量データの信頼性が比較的高いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Dudh Koshi プロジェクトの流量データを Table A.2.1-4 に示す。

Table A.2.1-4 Flow Data of Dudh the Koshi Project

Year													(m ³ /s)
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1997	51.00	47.10	45.20	48.40	66.30	167.00	423.00	598.00	393.00	148.00	72.50	55.30	176.23
1998	41.30	33.10	33.60	50.10	103.00	273.00	602.00	882.00	1370.00	254.00	100.00	63.70	317.15
1999	44.20	37.60	33.90	47.40	97.20	129.00	286.00	301.00	315.00	193.00	94.70	61.00	136.67
2000	46.90	35.30	28.30	43.00	74.00	192.00	383.00	455.00	423.00	171.00	96.60	58.20	167.19
2001	39.30	31.40	29.00	31.70	75.20	329.00	572.00	955.00	518.00	247.00	81.90	43.40	246.08
2002	31.10	24.70	17.30	20.20	56.90	303.00	1060.00	879.00	437.00	202.00	69.10	49.80	262.51
2003	36.00	28.00	28.90	66.20	60.70	467.00	1040.00	639.00	567.00	256.00	123.00	72.30	282.01
2004	55.10	38.50	37.70	53.20	136.00	357.00	978.00	736.00	585.00	163.00	117.00	87.30	278.65
2005	71.50	53.60	51.40	54.00	96.60	215.00	739.00	714.00	237.00	133.00	75.90	61.70	208.56
2006	39.70	28.50	32.70	42.80	74.40	393.00	433.00	364.00	350.00	120.00	64.20	46.70	165.75
Ave.	45.61	35.78	33.80	45.70	84.03	282.50	651.60	652.30	519.50	188.70	89.49	59.94	224.08

3) GLOF の危険性

Dudh Koshi 流域は、ネパールで最大の氷河流域である。Dudh Koshi 流域には 278 個の氷河があり、面積は 482 km²、体積は 51 km³である。これら氷河は高山に位置し、氷河面積の 70% にあたる 40 個の氷河が谷間に広がっている。Dudh Koshi 流域の主要な氷河は、Ngojumba 氷河、Khumbu 氷河、Bhote Koshi 氷河、Hunhu 氷河である。

Dudh Koshi 流域のほぼ全ての氷河は平均で年間 10 m～59 m の速度で後退している。Imja Glacier はヒマラヤで最も速い速度で後退しており、1962 年～2000 年の間に年間 34 m、2000 年～2007 年の間には年間 74 m 後退している。この氷河の後退に伴い、氷河湖が新たに形成されている。

Dudh Koshi 流域には、標高 3,500 m 以上に位置する面積が 1,000 m²以上の氷河湖が 243 個存在する。最も重要な氷河湖は、Lumding Tsho、Dig Tsho、Imja Tsho、Tam Pokhari、Dudh Pokhari、Hungu、Chamiang である。

ICIMOD は、2007 年時点での Dudh Koshi 流域の GLOF の危険性の高い氷河湖を 12 個挙げている。それらの氷河湖の諸元を Table A.2.1-5 に示す。

Table A.2.1-5 List of Potentially Critical Glacial Lakes in Nepal as of 2007

Lake No.	Name	Location	Altitude m.a.s.l.	Average length in year			Average area in year			Remarks
				1960s 2000 2007			1960s 2000 2007			
				m	m	m	m ²	m ²	m ²	
28	Lumding Tsho	27°46.51' N, 86°37.53' E	4846	625	1952	2180	104944	836765	940077	Growing
55	Dig Tsho	27°52.41' N, 86°36.61' E	4364	605	1262	1263	143250	375681	403044	GLOF on 4 Aug. 1985, no danger
350	Imja Tsho	27°54.00' N, 86°55.40' E	5023	410	1822	2027	48811	848742	945662	Rapidly growing
399	Tam Pokhari	27°44.33' N, 86°50.76' E	4431	515	925	898	138846	265386	255495	GLOF on 3 Sep. 1998
422	Dudh Pokhari	27°41.21' N, 86°51.68' E	4760	1120	1095	1159	274297	297574	316767	No change in area
442	Unnamed	27°47.70' N, 86°54.81' E	5266	840	1082	1075	133753	194966	188559	No change in area
444	Unnamed	27°48.23' N, 86°56.61' E	5056	420	0	235	112398	0	25376	Dried/reappeared, no danger
449	Hungu	27°50.17' N, 86°56.26' E	5181	875	1054	1327	198905	232842	267720	Merged with lake 532
459	East Hungu 1	27°47.92' N, 86°57.95' E	5379	465	982	1105	78761	296886	222102	Merged with lake 460
462	East Hungu 2	27°48.30' N, 86°58.65' E	5483	640	448	459	211877	178317	164098	Area decreasing
464	Unnamed	27°46.86' N, 86°57.22' E	5205	1100	1918	2251	349397	783553	835131	Growing in size
466	W. Chamiang	27°45.24' N, 86°57.33' E	4983	125	1699	1698	6446	831427	852858	465-469 merged into one

Source: Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods in Nepal, March 2011, ICIMOD

Table 2.4.2-2 に示したように、ICIMOD は 2010 年時点の研究成果として、ネパールにおける GLOF の危険性のある氷河湖を 21 個示している。そのうち、Dudh Koshi 流域に位置する氷河湖は 9 個である。その諸元を Table A.2.1-6 に示す。Dudh Koshi 流域には、危険度の最も高い分類 I の氷河湖が 3 個あることがわかる。

Table A.2.1-6 List of Potentially Critical Glacial Lakes in the Dudh Koshi Basin as of 2010

Lake number	Lake name	Latitude	Longitude	Altitude (masl)	Length (m)	Area (m2)	Class	Category
kodud_gl_0184	Imja Tsho	27°53.9198'	86°55.3102'	5,012	1,879	873,000	M(e)	I
kodud_gl_0036	Lumding Tsho	27°46.7344'	86°36.8792'	4,833	2,357	943,000	M(e)	I
kodud_gl_0242	Chamlang Cho	27°45.3010'	86°57.5321'	4,985	1,695	791,000	M(e)	I
kodud_gl_0241	Hungu 2	27°46.9912'	86°57.4409'	5,204	1,982	743,000	M(e)	II
kodud_gl_0193	Tam Pokhari	27°44.5713'	86°50.6821'	4,423	827	229,000	M(e)	II
kodud_gl_0229	Hungu 1	27°50.2717'	86°56.1550'	5,206	1,075	224,000	M(e)	II
kodud_gl_0238	East Hungu 1	27°47.9575'	86°57.9895'	5,410	996	227,000	M(lg)	III
kodud_gl_0220	Mera	27°47.6672'	86°54.6675'	5,274	1,009	171,000	M(lg)	III
kodud_gl_0239	East Hungu 2	27°48.3344'	86°58.4511'	5,511	491	162,000	M(e)	III

Source: Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods in Nepal, March 2011, ICIMOD 等より作成

Table A.2.1-5 に含まれている Dudh Pokhari は Table A.2.1-6 には含まれていないが、Dudh Koshi プロジェクト位置に近いことから、Dudh Koshi プロジェクトに対する GLOF の危険性の高い氷河湖として検討対象に含めることとする。検討対象の氷河湖を Table A.2.1-6 に、それら氷河湖の位置を Figure A.2.1-2 に示す。

Table A.2.1-7 に示すとおり、Dudh Koshi プロジェクトの上流には GLOF の危険性のある氷河湖が 10 個が存在する。その中には危険度の最も高い分類 I の氷河湖が 3 個含まれており、Dudh Koshi プロジェクトは GLOF の危険性は高いプロジェクトと考えられる。GLOF の危険性が最も高い氷河湖は、Imja Tsho である。

Table A.2.1-7 List of Potentially Critical Glacial Lakes for the Dudh Koshi Project

Lake number	Lake name	Latitude	Longitude	Altitude (masl)	Length (m)	Area (m2)	Class	Category	Distance from GL to site (km)	Remarks
kodud_gl_0184	Imja Tsho	27°53.9198'	86°55.3102'	5,012	1,879	873,000	M(e)	I	89	S. No. 3
kodud_gl_0036	Lumding Tsho	27°46.7344'	86°36.8792'	4,833	2,357	943,000	M(e)	I	66	S. No. 4
kodud_gl_0242	Chamlang Cho	27°45.3010'	86°57.5321'	4,985	1,695	791,000	M(e)	I	70	S. No. 5
kodud_gl_0241	Hungu 2	27°46.9912'	86°57.4409'	5,204	1,982	743,000	M(e)	II	71	S. No. 8
kodud_gl_0193	Tam Pokhari	27°44.5713'	86°50.6821'	4,423	827	229,000	M(e)	II	58	S. No. 9
kodud_gl_0229	Hungu 1	27°50.2717'	86°56.1550'	5,206	1,075	224,000	M(e)	II	78	S. No. 10
kodud_gl_0238	East Hungu 1	27°47.9575'	86°57.9895'	5,410	996	227,000	M(lg)	III	75	S. No. 14
kodud_gl_0220	Mera	27°47.6672'	86°54.6675'	5,274	1,009	171,000	M(lg)	III	74	S. No. 16
kodud_gl_0239	East Hungu 2	27°48.3344'	86°58.4511'	5,511	491	162,000	M(e)	III	76	S. No. 20
kodud_gl_0205	Dudh Pokhari	27°41.2474'	86°51.5263'	4,764	1,125	298,000	M(e)	II	54	

Source: Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods in Nepal, March 2011, ICIMOD

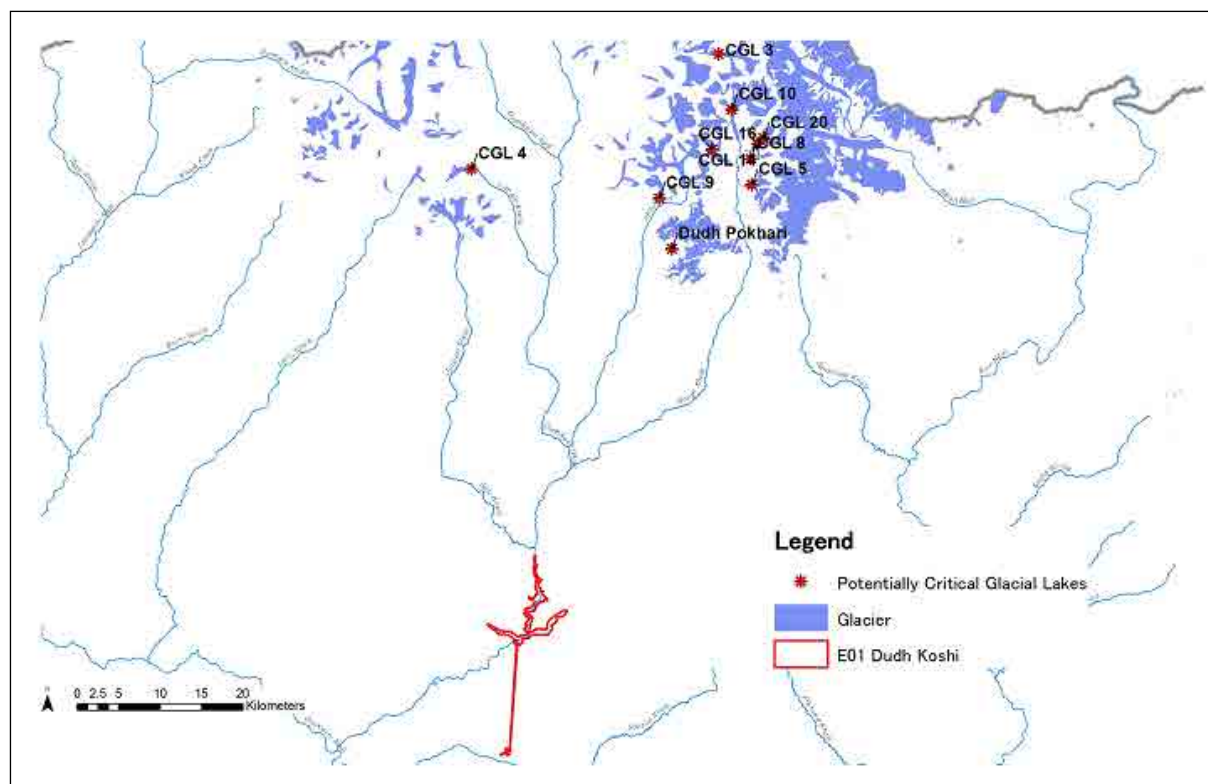


Figure A.2.1-4 Location of Potentially Critical Glacial Lakes in the Dudh Koshi Project

1998 年に NEA において Dudh Koshi プロジェクトのフィージビリティスタディが行われており、GLOF の危険性が最も高い Imja Tsho について、GLOF が発生した場合の Dudh Koshi プロジェクトへのインパクトについて評価をしている。

Imja Tsho の容量を氷河湖面積より $31.05 \times 10^6 \text{ m}^3$ と想定し、Imja Tsho でモレーンダムが決壊した場合のダムサイトにおけるピーク流量を算出している。解析の結果、GLOF の流量は PMF（可能最大洪水）よりも小さく、さらに洪水吐ゲートが動かなくなった場合を想定し、予備の洪水吐を設置することにより、GLOF による洪水を安全に流下させることが出来ると結論づけている。

一方、ICIMOD の最新の研究成果では、Imja Tsho の容量は $35.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ となっている。今後 Dudh Koshi プロジェクトのフィージビリティスタディを行う際には、GLOF によるプロジェクトへの影響を定量的に把握するため、最新の情報を考慮した検討が必要である。

4) 堆砂の影響

FS レポートによると、比堆砂量は $2,540 \text{ t/km}^2/\text{year}$ と算定されている。この比堆砂量を用いて貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.1-8 に示す。貯水池寿命は 100 年と計算される。ただし、Dudh Koshi プロジェクトの上流には GLOF の危険度が大きい複数の氷河湖が存在することか

ら それによってもたらされる堆砂を排出し得る Tanahu プロジェクトの排砂ゲートのような設備の設置およびそれを可能とするダム形式も検討される必要がある。

Table A.2.1-8 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	2,540 t/km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield / Sediment Density)	6.9 × 10 ⁶ m ³ /yr (4,100 km ² × 2,540 t/km ² /yr / 1.5 t/m ³)
c) Total Storage Volume	687.4 × 10 ⁶ m ³
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	100 years (687.4 × 10 ⁶ m ³ / 6.9 × 10 ⁶ m ³ /yr)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Dudh Koshi プロジェクトは、ネパール東部、Okhaldhunga 行政区と Khotang 行政区に位置する。ダム地点は Dudh Koshi 川に位置し、発電所地点は Sun Koshi 川左岸に位置する。FS 報告書（1998 年）によると計画地域の地質および応用地質は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.1-5 に示す。計画地域は、Lesser Himalaya 地区に属し、千枚岩、クオーツァイト、石灰岩、片岩、片麻岩などが分布している。

貯水池とその周辺地域には千枚岩とクオーツァイトが分布し、前者の分布が広い。石灰質岩石がないことから貯水池の保水性は心配ないと判断されている。貯水池地域のダムに近い位置を Thotane 断層（Figure A.2.1-5 の Vichalo 断層）が通過している。貯水池地域には大きな地すべりは見られない。

ダム地点には左岸にクオーツァイト、右岸に千枚岩が分布する。地層面は西または北西すなわち下流側ないし右岸側に 10～30 度傾斜している。ダム地点の地質断面図を Figure A.2.1-6 に示す。岩盤の透水性は高く 10 Lu 以上を示す区間が多い。クオーツァイトは割れ目が多く千枚岩より透水性が高い。左岸の地下水位は河川水位より少しだけ高い。深さが増すとともに割れ目が少なくなり透水性が低くなると予想される。河床堆積物の厚さはボーリングで 19.2 m が確認されている。

導水路トンネルは Dudh Koshi 川と Sun Koshi 川の間山体を通過し Sun Koshi 川左岸斜面に達する。トンネルの全長は約 13 km である。トンネルルート of 地質断面図を Figure A.2.1-7 に示す。そのルートは貯水池側から順に、千枚岩とクオーツァイトからなる区間、石灰岩と千枚岩からなる区間、片岩と片麻岩からなる区間を通過する。また、3 箇所規模の大きな断層を通過する。地層面の走行は北東－南西でトンネルルートと約 60 度で交差する。傾斜は取水口から約 3 km の位置にある Dudh koshi 断層までは取水口側に傾斜し、その断層より調圧水槽側で調圧水槽側に傾斜している。トンネルの被りは最大約 1,250 m である。

発電所は Sun Koshi 川左岸の支流である Baiku Khola 川の左岸の地下に位置し、そこには片

岩質片麻岩と花崗片麻岩が分布する。これらの岩石はともに堅硬である。片岩質片麻岩で RQD72% が得られている。片理面は北西に 20～50 度傾斜している。

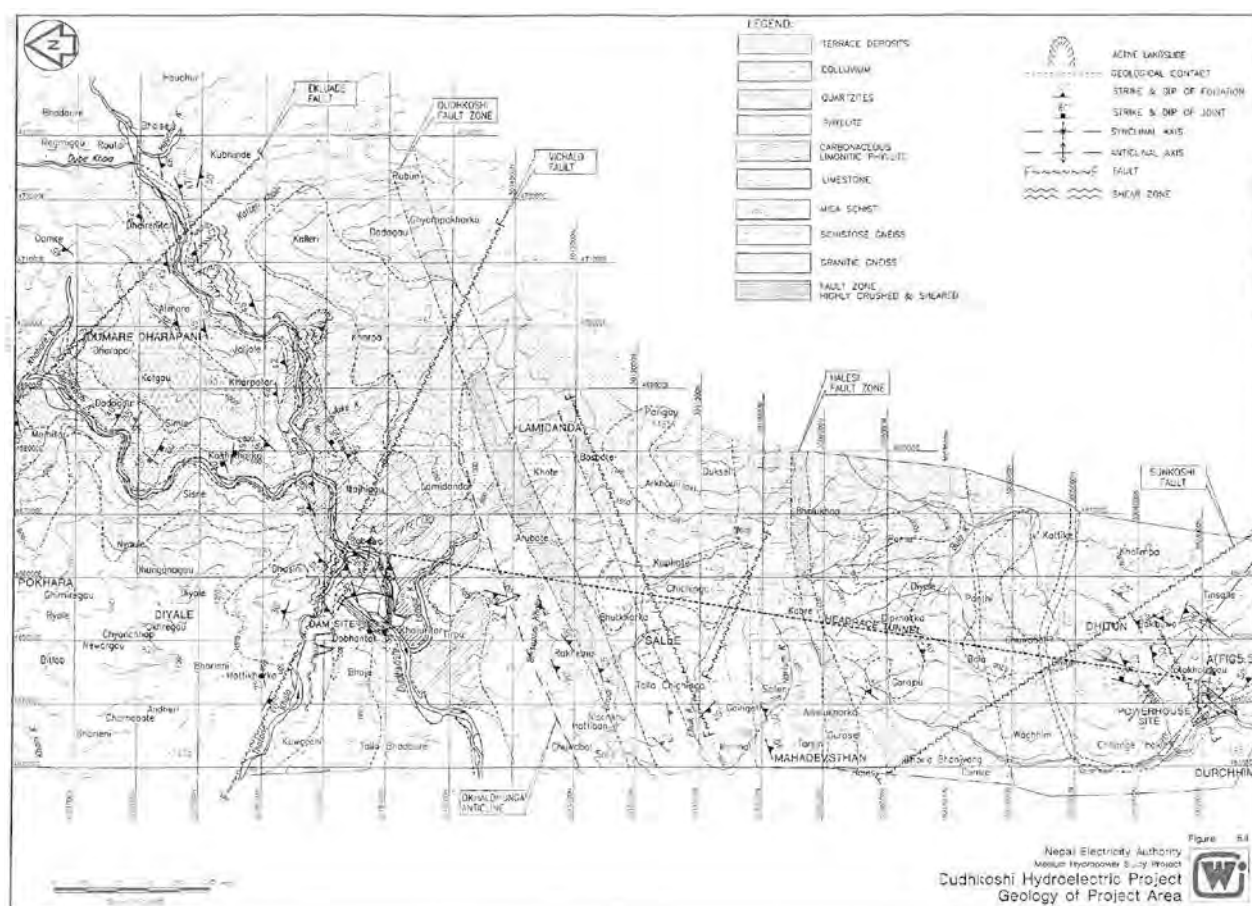
建設材料のうち粗骨材、細骨材としてダム地点付近の河床砂礫は安定性 (soundness) に問題がある。しかし、ダム地点付近のクォーツァイトは骨材に使えることが確認されている。このクォーツァイトはロック材にも使える。土質材料はダム地点付近で十分な量が得られることが確認されている。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 26 km 北西に MCT が、約 32 km 南西に MBT ある。ダム地点の約 500 m 西方に大きな断層 (Thotane 断層) がある。

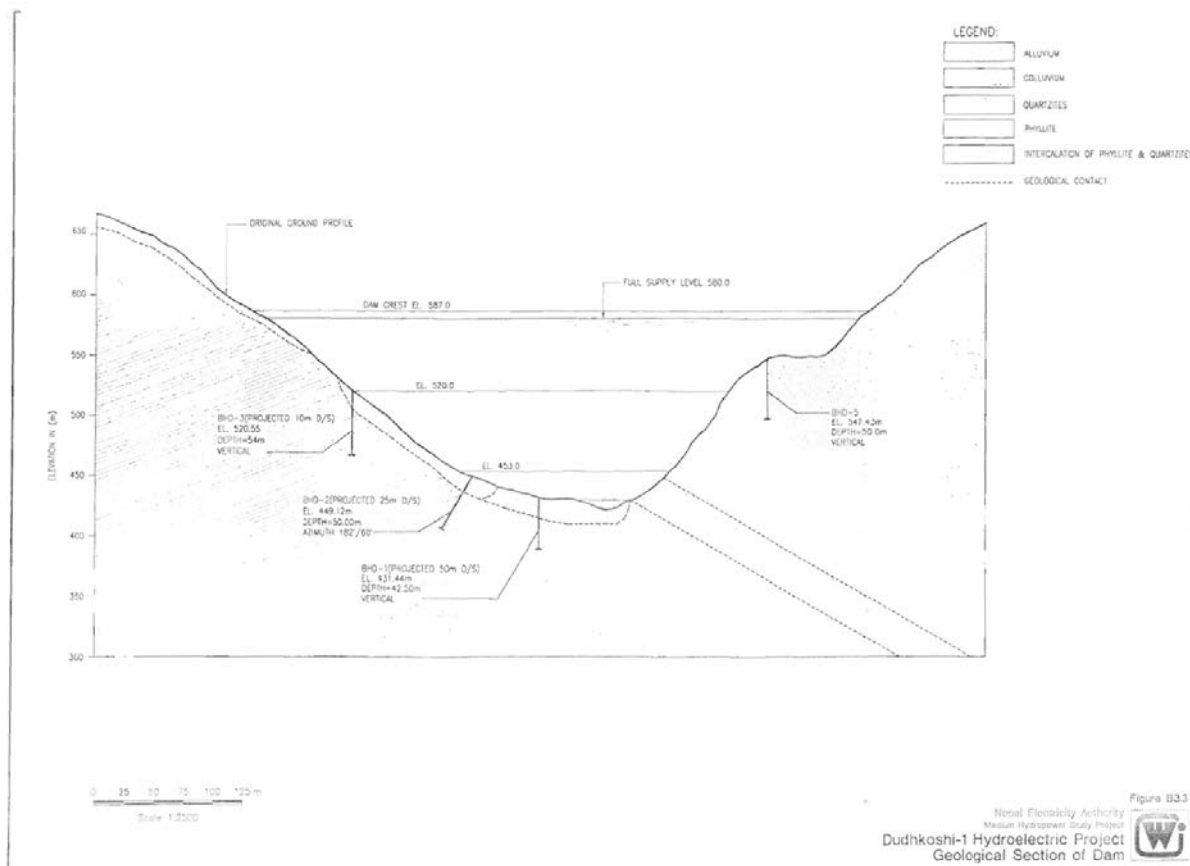
3) 地震活動度

計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 240 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 10 km 北東に位置する。



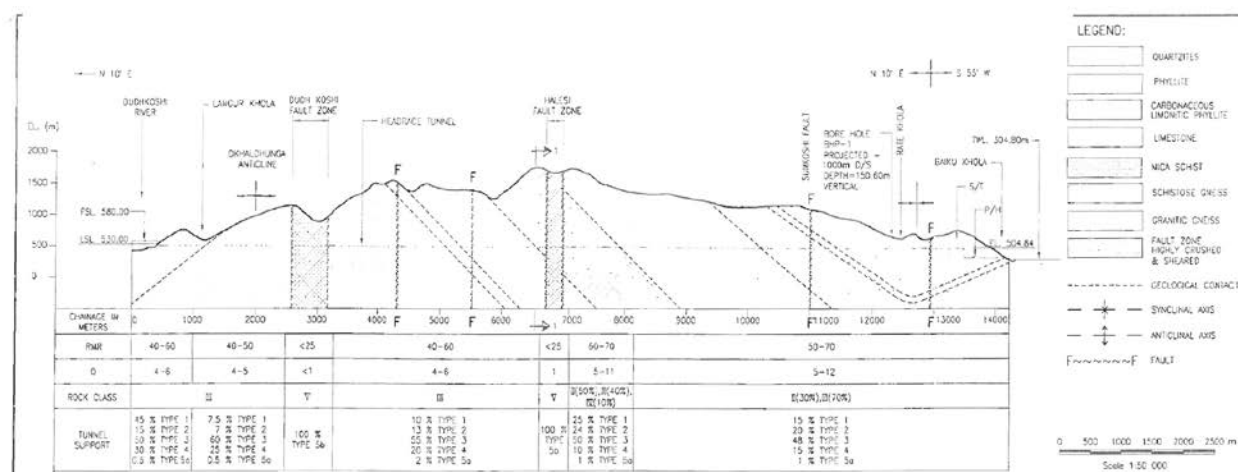
Source: Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC

Figure A.2.1-5 Geological map of the project area



Source: Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC

Figure A.2.1-6 Geological section of dam site



Source: Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC

Figure A.2.1-7 Geological profile along headrace tunnel

(4) 発電計画

Dudh Koshi プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは FS まで完了した段階であるため、構造物の基本的な設計図面が揃っている。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.1-9 Salient Features of Project

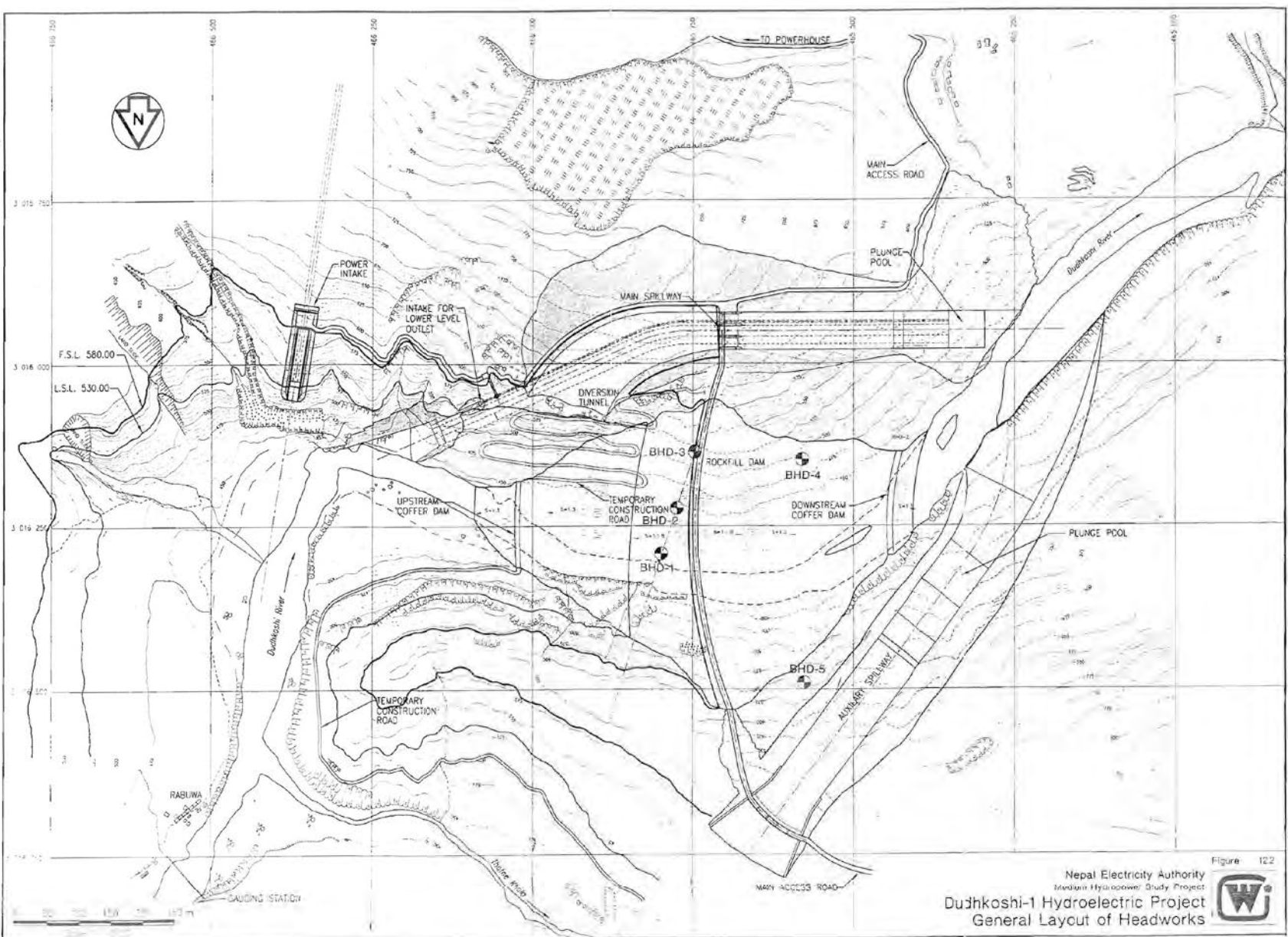
Item	Unit	Dudh Koshi	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	11.1	
Total Storage Capacity	MCM	687.4	
Effective Storage Capacity	MCM	442.1	
Full Supply Level (FSL)	m	580.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	530.0	
Dam			
Type of Dam	-	Rockfill	
Dam Volume	MCM	9.2	
Total Dam Height	m	180	
River Bed Level at Dam Axis	m	430	
Spillway Type	-	Gated Spillway	Service Spillway
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Normal Pressure Intake	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	13,260	
Modified Horseshoe Tunnel Diameter	m	9.0 / 7.3	(Shotcrete / Concrete)
Penstock Length	m	153	Drop Shaft
Type of Powerhouse	-	Underground	
Turbine Type	-	Vertical Francis	
Installed Capacity	MW	300	(6 x 50 MW)
Design Discharge	m ³ /s	136.0	
Rated Net Head	m	249.3	
Tail Water Level	m	303.4	
Tailrace Length	m	370	
Tailrace Tunnel Diameter	m	9	(Shotcrete)

Source: Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC



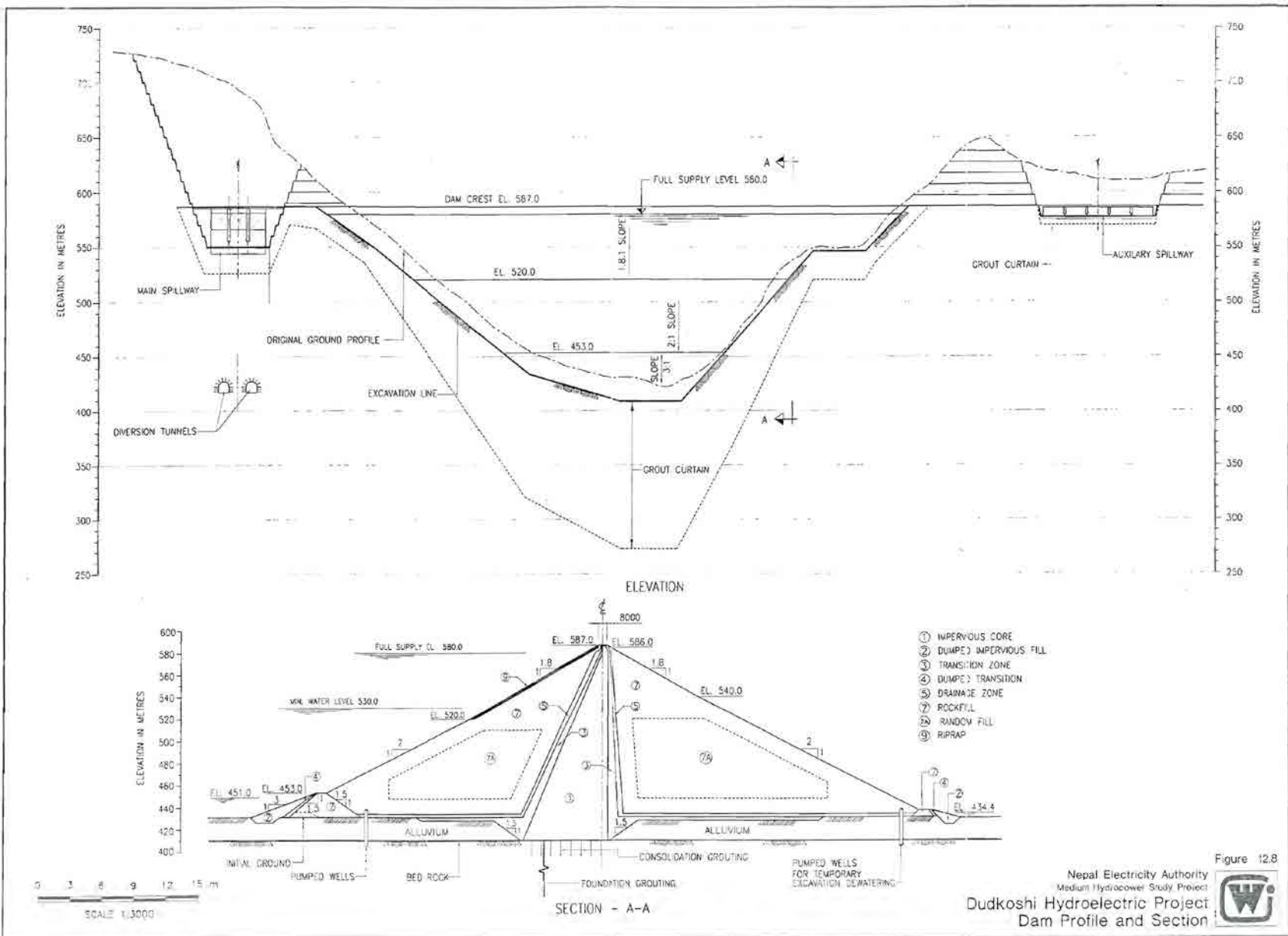
Source: Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC

Figure A.2.1-8 General Layout



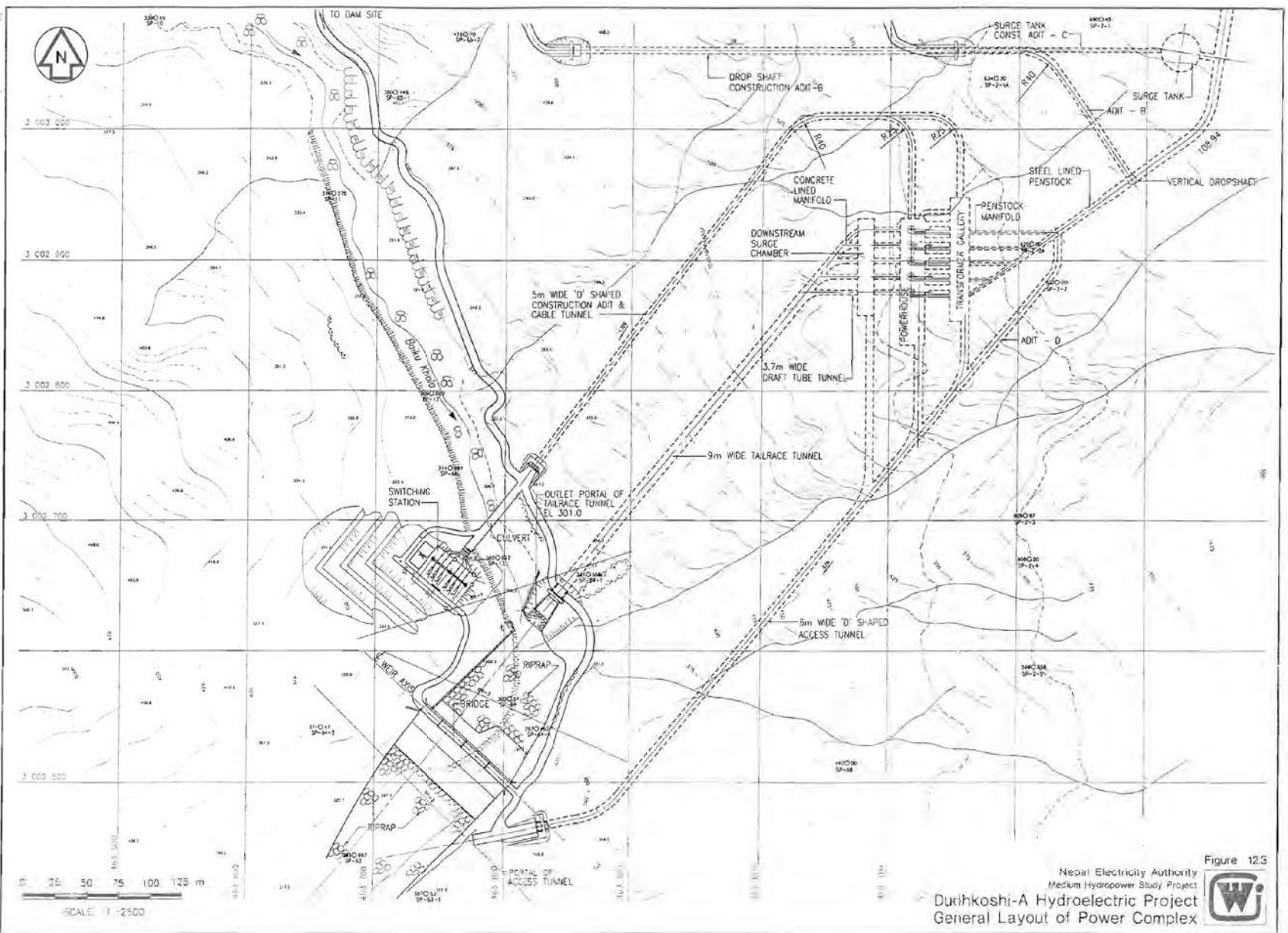
Source: Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC.

Figure A.2.1-9 Dam Plan



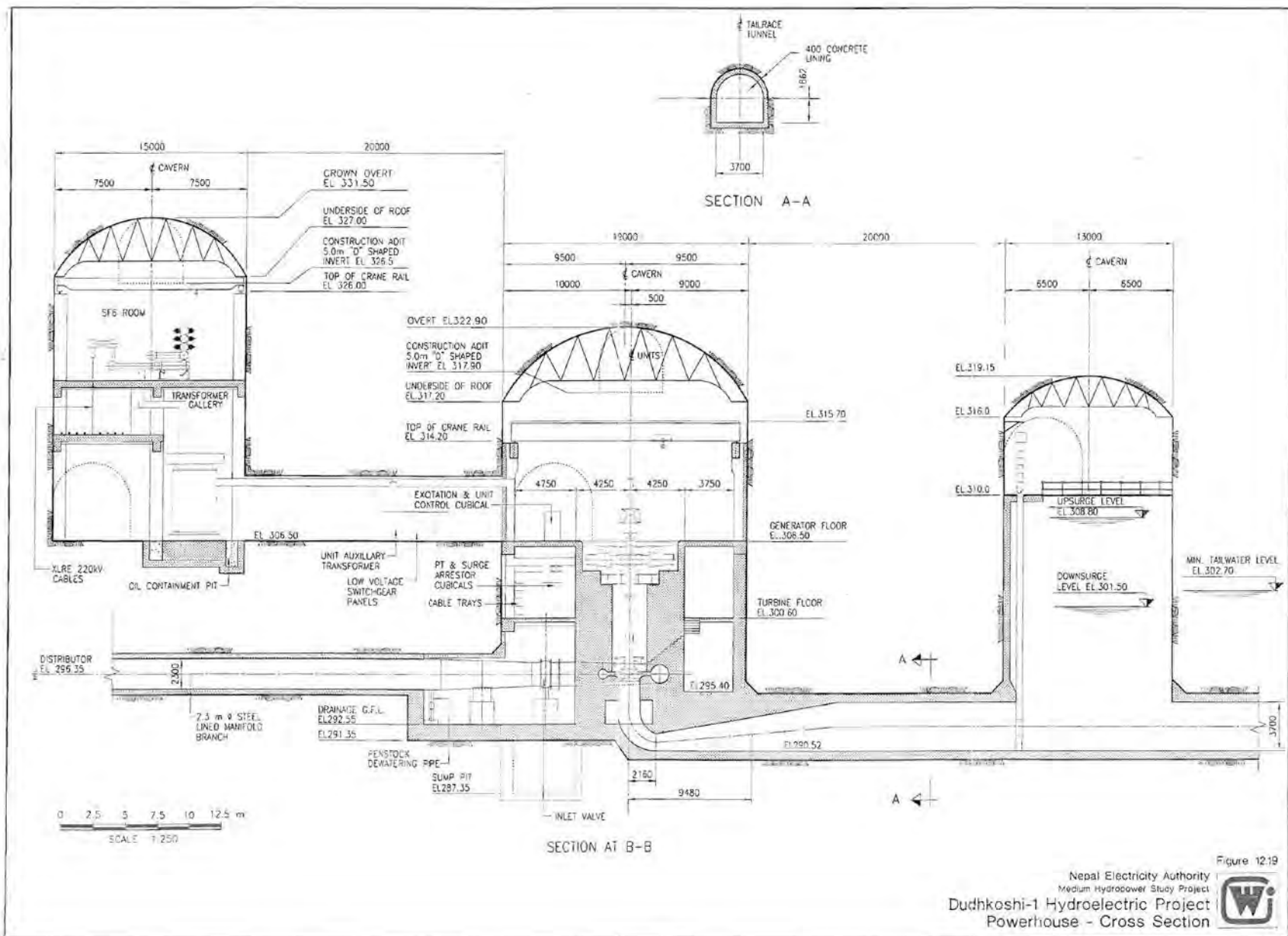
Source: Dudh Koshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC.

Figure A.2.1-10 Dam Section



Source: Durdhokshi Hydroelectric Project Feasibility Study, 1998, CIWEC.

Figure A.2.1-11 Powerhouse Plan



A.2.1-17

なお、2012 年 6 月に調査団が実施した現地踏査によって得られたダムサイト及び発電所サイトに関する所見は以下のとおりである。

ダムサイト

CIWEC (Canadian International Water and Energy Consultants) が実施した Dudh Koshi Hydroelectric Project FS (1998) の中で検討されたダムサイトは、Dudh Koshi 川と Rawa Khola 川の合流点から約 2km 下流、湾曲している川がほぼ西から東に流れる場所に位置し、ダム軸付近の座標は、概ね 27°15'50"N、86°39'09"E、河床標高 430 m である。

左岸アバットは 40 度程度のほぼ均一勾配であり、満水位での尾根の厚さは 500 m 程度である。右岸アバットは右岸直上流で合流する支流 Thotne Khola 川との間の比較的薄い尾根である。この尾根を挟んで支流と本流は U 字形になっており、この尾根に非常用洪水吐が計画されている。非常用洪水吐の掘削量が少なくなるように、右岸アバットを尾根が比較的薄いところに設けているため、図面によれば満水位における支流とダム下流（本流）との距離は 200 m 以下と思われる。

発電所サイト

FS によると、河床標高は EL.430 m、満水位は EL.580 m で、ダムによって 150 m の落差を得ている。一方、放水位は Sapta Koshi ダムの満水位 (EL.304.8 m) を考慮して EL.303.35 m に設定されており、基準総落差は 277.35 m である。すなわち、13.3 km の水路トンネルで発電所まで導水し、得られる落差は 127.35 m である。

一方、1985 年の JICA による “Master Plan Study on the Koshi River Water Resources Development” では、Sun Koshi No.1 貯水池の満水位 (EL.424.6 m) を放水位として設定し、2.6 km の水路トンネルで発電所に導水している。しかし、水路による落差の増加はほとんどない。したがって、現在 FS で採用されているレイアウトの他にあり得る代替案としては、非常用洪水吐の出口を下流に振ってダム直下左岸に発電所を設けることが考えられるが、このレイアウトに関しては、FS の中でコンクリートダムを採用した代替案として検討されており、経済的に不利であると結論づけられている。

また、FS においては、採用されたレイアウトでは、Sun Koshi 総合開発 (Phase I) の一部である、Sun Koshi 川から取水し Kamala 川へ分水する灌漑および発電事業のための Kurule ダムが、Dudh Koshi プロジェクトの放水口よりも上流に位置するため、Dudh Koshi プロジェクトの実施により、Kurule ダムへの流入量は減少するものの、同事業に必要な流量は確保されるため、影響は無いと結論づけている。

発電所のロケーションは、下流のプロジェクトの水位を考慮して放水位を設定し、決定する必要がある。Sapta Koshi ダムの満水位に関しては、1985 年の JICA Study では EL.304.8m とされているが、インドが実施した FS の中では EL.335.25 m と設定されているという情報もあることから、どちらの満水位を考慮して放水位を設定し、発電所のロケーションを検討するのか確認する必要がある。

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：249.30 m

使用水量：136 m³/s

設備出力：300 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記 300 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響・開発投入時期・輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画においてはすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送される。このため、単機出力の決定にあたっては以上を考慮して、1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。よって本計画においては 5 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 249.30 m、定格使用水量 27.20 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 249.3 \times 27.20 \times 0.922 \\ &\doteq 61,200 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力(kW)

H_n : 基準有効落差(m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量(m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に水車形式は、落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを使用する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質によってはコーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$61,200 \text{ kW} \times 5 = 306,000 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で、定格容量は 66,400 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$\begin{aligned} P_g &= P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)} \\ &= 61,200 \times 0.977 / 0.90 \\ &\doteq 66,400 \text{ kVA} \end{aligned}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量(kVA)

P_t : 水車定格出力(kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 66,400 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400 kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量や電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については、机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所	: Okhaldhunga Substation
送電電圧	: 220 kV
送電距離	: 43 km
線種	: Moose×1 条、2 回線

2.2 Kokhajor-1 プロジェクト (E-06)

目 次

(1)	プロジェクト概要	1
(2)	気象・水文	5
(3)	地形・地質	6
(4)	発電計画	9
(5)	電気機器・送電線	11

List of Tables

Table A.2.2-1	Project Description	3
Table A.2.2-2	Monthly Rainfall at the Sindhuli Gadhi Station	5
Table A.2.2-3	Monthly Rainfall at the Kabhrepalanchok Station	5
Table A.2.2-4	Flow Data of the Kokhajor-1 Project.....	5
Table A.2.2-5	Life of Reservoir.....	6
Table A.2.2-6	Salient Features	9

List of Tables

Figure A.2.2-1	Location of the Kokhajor-1 Project (E-06)	2
Figure A.2.2-2	General Layout of Kokhajor-1 Project (E-06)	2
Figure A.2.2-3	Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Kokhajor-1 Project	4
Figure A.2.2-4	Geological map of the project area	7
Figure A.2.2-5	Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region	8
Figure A.2.2-6	General Layout.....	10

A.2.2 Kokhajor-1 プロジェクト (E-06)

(1) プロジェクト概要

Kokhajor-1 プロジェクトは東部 Sinduli および Kabhrepalanchok District の Kokhajor 川より取水し、Bagmati 川へ放流する出力 111.5 MW の貯水式水力プロジェクトである。最新の検討は“Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA”の中で実施されており、調査レベルは机上検討段階である。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Panchkhal 観測所での年間降雨量は 1,209.5 mm、ダム地点の平均流量は 17 m³/s である。流域面積は 281 km²、比堆砂量は 5,900 t/km²/year と NEA が東部地域の平均堆砂量として採用している 3,300 t/km²/year よりも大きい。流域内には GLOF のリスクを持つ氷河湖は存在しない。

地質的側面から見ると、計画地域は Sub Himalaya 地区に属し主に礫岩、砂岩および泥岩が分布している。貯水池地域は主に礫岩と砂岩からなる。礫岩は固結度が低く保水性を確認すべき場所がある。また、礫岩は浸食され易いので斜面が不安定化し易い。ダム地点の岩盤は砂岩からなり、やや軟質でやや透水性がある。導水路トンネルは砂岩、泥岩を通過する。これらの岩石は中硬で、被りが最大 600 m となる付近では剛な支保が必要である。発電所地点の岩盤は砂岩、泥岩よりなる。地震加速度マップにおける加速度は 300 mgal と大きい。大規模構造線 (MBT) までは 2.5 km と近い。M4 以上の震源からは 26 km とかなり離れている。

自然・社会環境面では、自然面への影響、社会面への影響共に中程度である。Bagmati 流域に位置し、湛水面積は 4.6 km² と Chera-1 プロジェクトに次いで小さい。記録のある動物の種数は、哺乳類 13 種、鳥類 21 種、両生・爬虫類 8 種と比較的少ない。移転戸数は 92 戸と Dudh Koshi プロジェクトに次いで少なく、単位電力量あたりの移転戸数も 0.83 戸/MW と少ない。影響を受ける農地面積は 1.7 km² と最も少ない。影響を受ける灌漑施設は 2 つと少ない。ひとつの Micro Hydro 発電所が湛水域内に存在する。漁民はいない。影響を受ける車道やつり橋はない。過去にセメント工場開発に伴う揉め事があったとの情報がある。湛水域内の先住民族は、Magar (Disadvantaged) と Tamang (Disadvantaged)。

発電計画の面では、ダムの高さが 107 m、体積は 4.7 百万 m³ と選定された有望プロジェクトの中で最も小規模であり、ダム建設のリスクは比較的小さいと考えられる。水路系のレイアウトに関しては、出典レポートの中で代替案も検討されているものの、水路トンネルは 6.6 km、水圧管路は 2 km と比較的長く、トンネル工事のリスクは比較的大きい。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

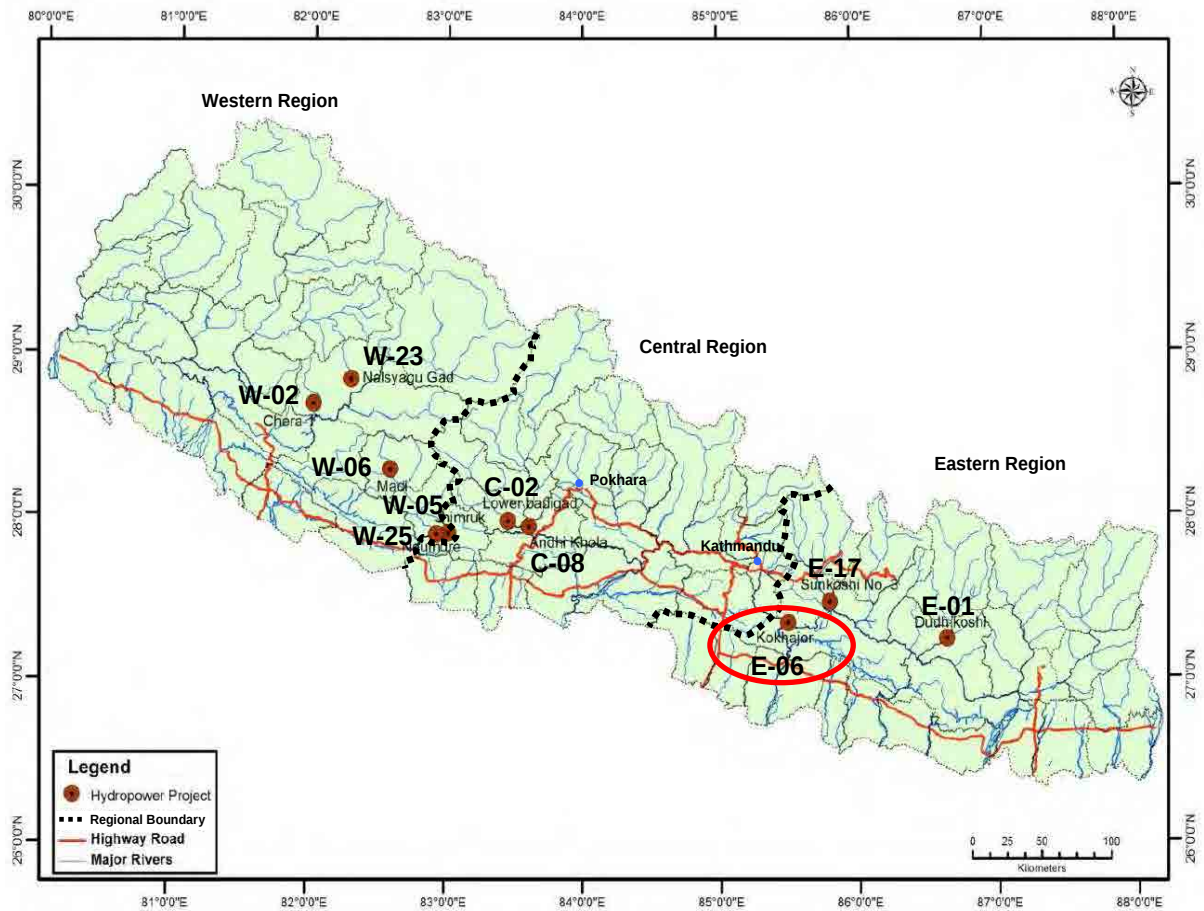


Figure A.2.2-1 Location of the Kokhajor-1 Project (E-06)

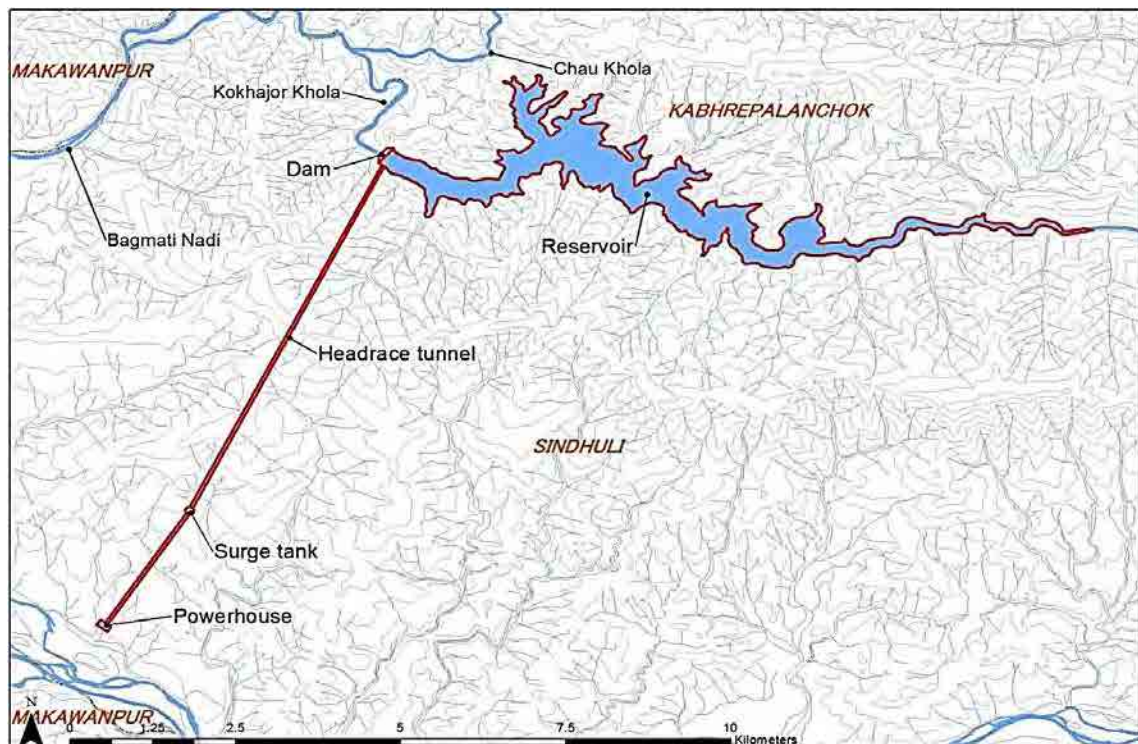


Figure A.2.2-2 General Layout of Kokhajor-1 Project (E-06)

Table A.2.2-1 Project Description

Item	Unit	Kokhajor-1	Remarks
Location	(District)	Sinduli, Kabhrepalanchok	
Name of the River	(River)	Kokhajor to Bagmati	
Installed Capacity	MW	111.5	
Catchment Area	km ²	281	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	85° 30' 27.11" 27° 21' 16.34"	
Dam Height	m	107.0	
Total Storage Volume	MCM	218.7	
Effective Storage Volume	MCM	166.1	
Regulating Capability Factor	%	31.5	
Reservoir Area at FSL	km ²	8.9	
Full Supply Level	m	437.0	
Minimum Operation Level	m	390.0	
Tail Water Level	m	200.0	
Rated Gross Head	m	226.3	
Rated Net Head	m	205.6	
Rated Power Discharge	m ³ /s	63.9	
Total Energy	GWh	278.9	Estimated by the Study Team
Dry Energy (December-April)	GWh	94.1	Estimated by the Study Team
Length of Access Road	km	22	
Length of Transmission Line	km	62	Estimated by the Study Team.
Number of Household	nos	219	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	476.5	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	17.1	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	7.6	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	n.a.	Estimated by the Study Team.

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

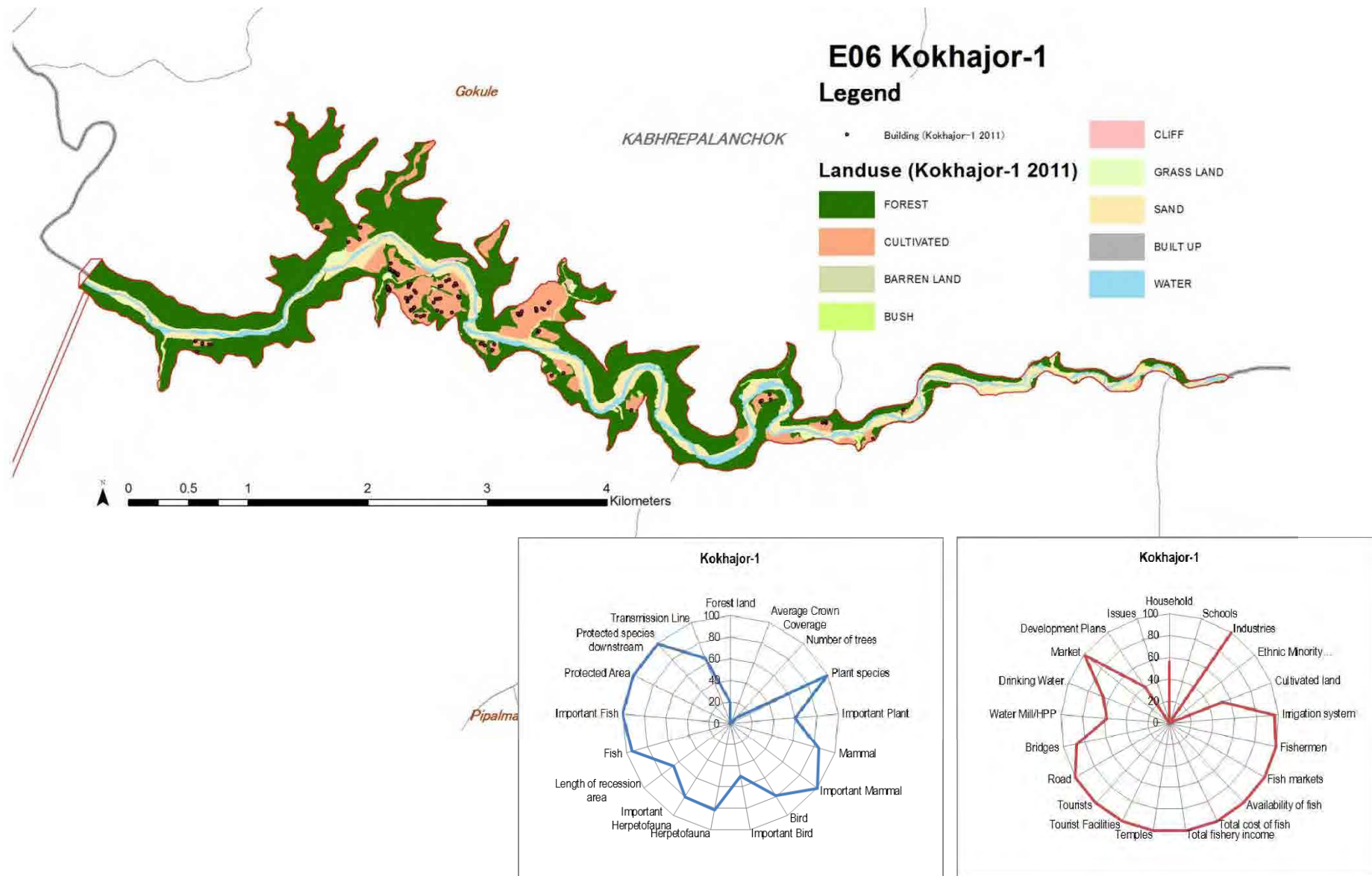


Figure A.2.2-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Kokhajor-1 Project

(2) 気象・水文

Kokhajor-1 プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Kokhajor-1 プロジェクトは Kokhajor 川に位置し、行政区 (District) Sindhuli と Kabhreplanchok とに位置する。

Sindhuli に気象観測所(1107)が、Kabhrepalanchok に気象観測所(1036)がある。Sindhuli の月別降水量を Table A.2.2-2 に、Kabhrepalanchok の月別降水量を Table A.2.2-3 に示す。

Table A.2.2-2 Monthly Rainfall at the Sindhuli Gadhi Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
SINDHULI GADHI	1107	Sindhuli	CLIMATOLOGY	Jan, 56	27.28	85.97	1,463

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
24.8	15.3	38.7	98.0	203.9	437.7	691.2	581.0	423.2	132.8	14.8	10.2	2,671.6

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

Table A.2.2-3 Monthly Rainfall at the Kabhreplanchok Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
PANCHKHAL	1036	Kabhre	CLIMATOLOGY	Jan, 76	27.68	85.63	865

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
11.8	16.9	21.4	44.2	98.1	202.2	291.3	286.4	165.3	51.0	7.6	13.4	1,209.5

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Kokhajor-1 プロジェクト近傍には測水所がないため、Regional Analysis により流量を算出することとなり、流量データの信頼性が比較的低いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Kokhajor-1 プロジェクトの流量データを Table A.2.2-4 に示す。

Table A.2.2-4 Flow Data of the Kokhajor-1 Project

(m ³ /s)												
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
3.65	3.10	2.91	3.17	4.58	16.08	44.97	53.17	38.30	17.35	8.20	5.25	16.73

3) GLOF の危険性

Kokhajor-1 プロジェクトの上流に GLOF の危険性のある氷河湖は存在しない。

4) 堆砂の影響

プロジェクト近傍の測水所(589)の堆砂量観測データより、比堆砂量を算出した。比堆砂量は $5,900 \text{ t/km}^2/\text{year}$ と算定された。この比堆砂量を用いて貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.2-5 に示す。貯水池寿命は 199 年と計算される。

Table A.2.2-5 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	5,900 t/km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield / Sediment Density)	$1.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ ($281 \text{ km}^2 \times 5,900 \text{ t/km}^2/\text{yr} / 1.5 \text{ t/m}^3$)
c) Total Storage Volume	$218.7 \times 10^6 \text{ m}^3$
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	199 years ($218.7 \times 10^6 \text{ m}^3 / 1.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Kokhajor-1 プロジェクトは、ネパール中部、Sindhuli 行政区に位置する。ダム地点は Kokhajor 川の Chau 川合流点から約 2 km 上流で、発電所地点は Baghmati 川左岸に位置する。今回実施した現地調査によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.2-4 に示す。計画地域は Sub Himalaya 地区に属する。Sub Himalaya 地区には主に砂岩と泥岩からなる Lower Siwaliks 層、主に砂岩からなる Middle Siwaliks 層と主に礫岩からなり砂岩と泥岩を伴う Upper Siwaliks 層が分布する。計画地域の地層面は北に 50 度程度傾斜している。

貯水池地域の応用地質図を Figure A.2.2-5 に示す。貯水池とその周辺地域には岩盤の露出している地域が多い。貯水池地域には Middle Siwaliks 層と Upper Siwaliks 層が分布している。Middle Siwaliks 層の砂岩は中硬であるが、Upper Siwaliks 層の礫岩は十分に固結しておらず透水性が高い。貯水池地域の一部で他流域への透水経路の短くなっており注意が必要である。また Upper Siwaliks 層は浸食に弱く浅い滑りが多く発生している。

ダム地点には Middle Siwaliks 層の砂岩と泥岩が分布する。岩盤はやや軟質でやや透水性がある。河床堆積物の厚さは 10~30 m 強と推定される。ダム地点の地層面は右岸側に 50 度程度傾斜している。

導水路トンネルのルートは Kokhajor 川と Baghmati 川の間尾根を通過する。ルートの貯水

池側に Middle Siwaliks 層の中硬な砂岩が、発電所側に Lower Siwaliks 層のやや軟質な岩石が分布する。地層面は走行がトンネルルートにほぼ直交し取水口側に 50 度程度傾斜している。トンネルの被りは Lower Siwaliks 層の区間で最大の 600 m になる。

発電所は Baghmati 川左岸の沖積段丘に位置し、そこには Lower Siwaliks 層が分布する。背後斜面の地層面は山側に傾斜している。岩盤までの深さ 10~20 m と推定される。

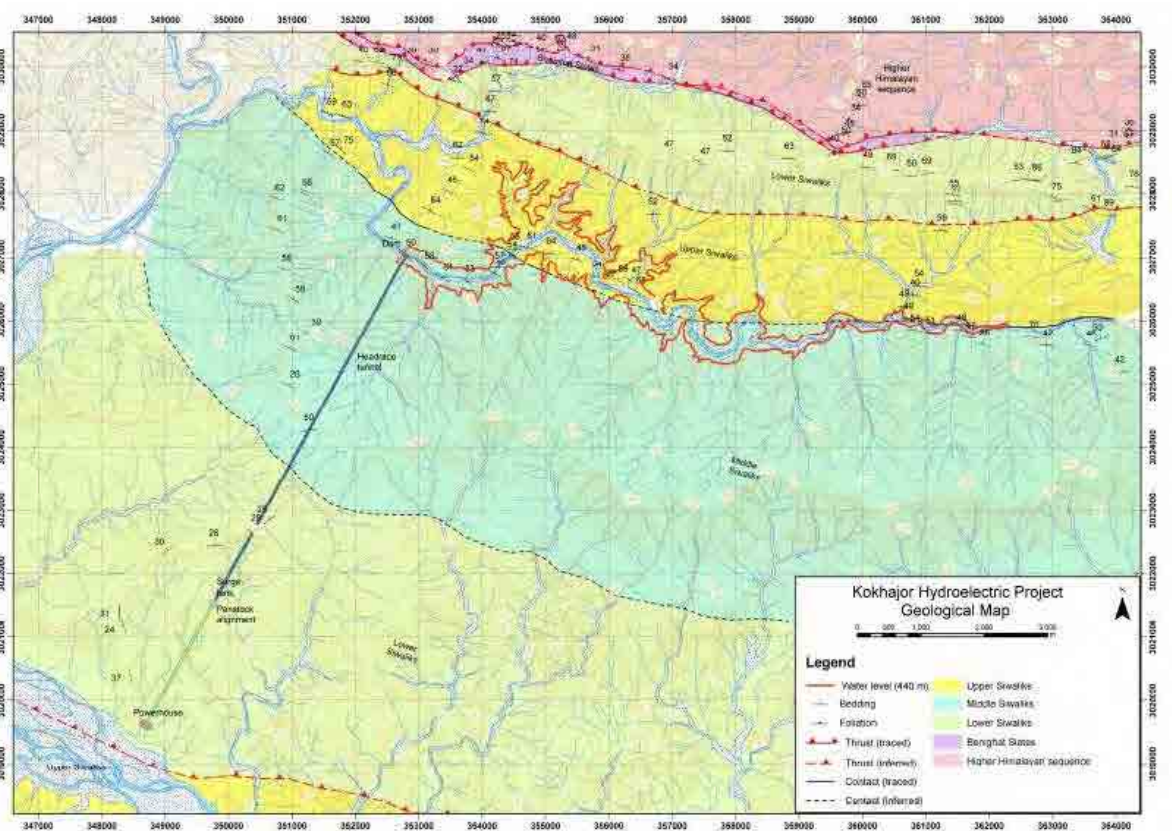
建設材料のうち粗骨材および細骨材は、約 10 km 下流の Baghmati 川の河床から得られる。土質材料は泥岩の分布域の colluvium や風化残留土が検討対象になる。ロック材としてダム地点付近の砂岩が使える可能性がある。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 2.5 km 北に MBT がありそのさらに数百 m 北に MCT がある。ダム地点近くに規模の大きな断層は見つかっていない。

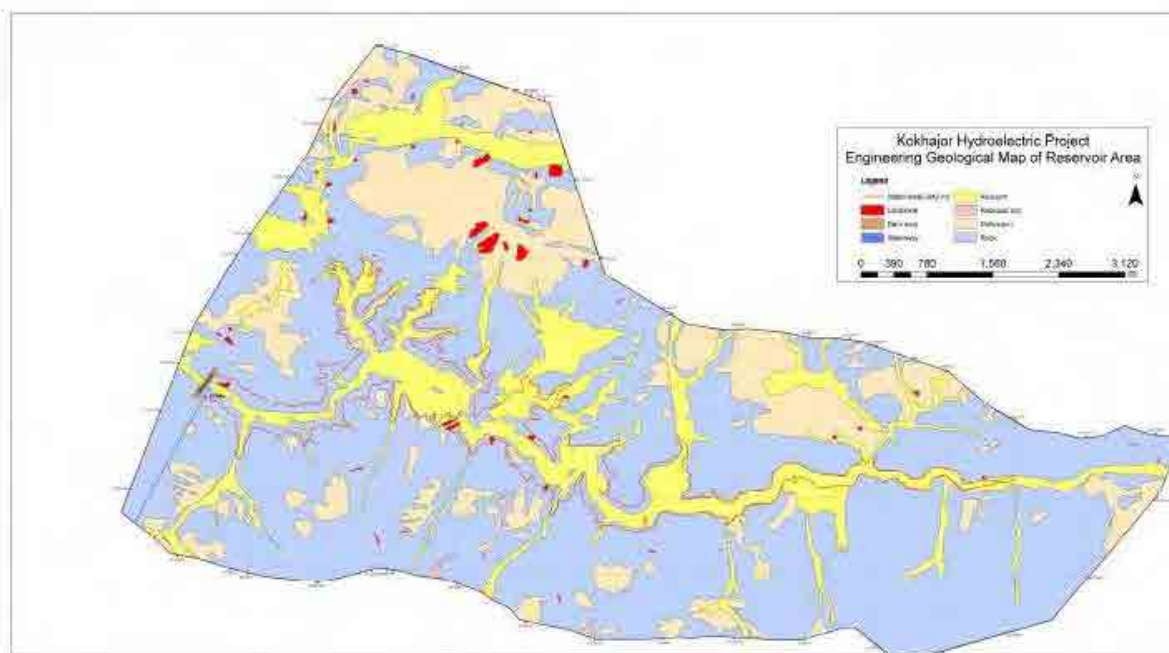
3) 地震活動度

計画地域は Sub Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 300 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 26 km 北北東に位置する。



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.2-4 Geological map of the project area



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.2-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region

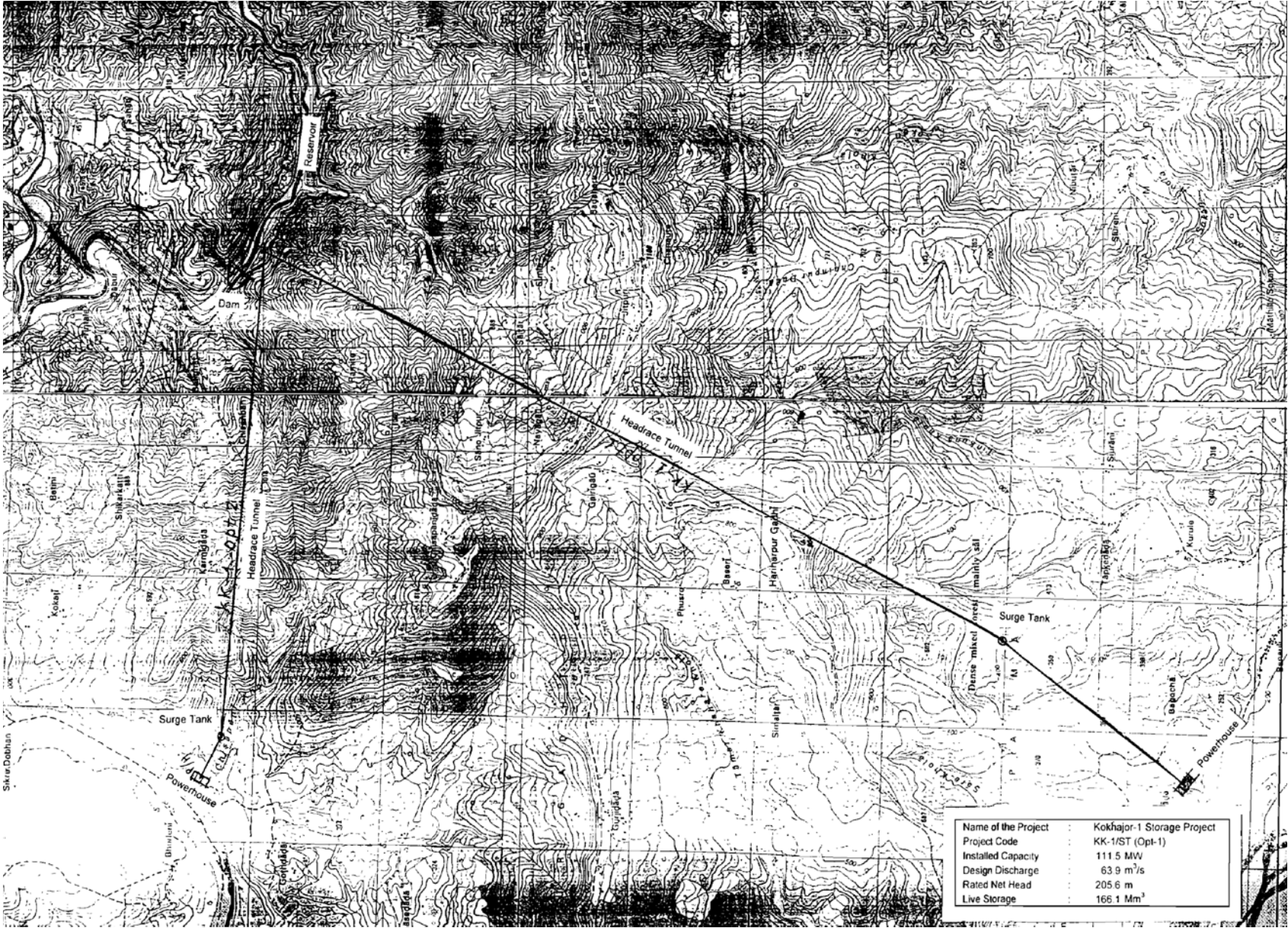
(4) 発電計画

Kokhajor-1 プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは机上検討段階のため、構造物の詳細な図面は存在しない。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.2-6 Salient Features

Item	Unit	Kokhajor-1	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	4.6	
Total Storage Capacity	MCM	218.7	
Effective Storage Capacity	MCM	166.1	
Full Supply Level (FSL)	m	437.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	390.0	
Dam			
Type of Dam	-	Rockfill	
Dam Volume	MCM	4.69	
Total Dam Height	m	107	
River Bed Level at Dam Axis	m	335	
Spillway Type	-	Gated Spillway	
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Normal Pressure Intake	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	6,625	
Circular Tunnel Diameter	m	5.23	
Penstock Length	m	2,000	
Type of Powerhouse	-	Surface	
Turbine Type	-	Vertical Francis	
Installed Capacity	MW	111.5	
Design Discharge	m ³ /s	63.9	
Rated Net Head	m	205.6	
Tail Water Level	m	200	
Tailrace Length	m	100	

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA



Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA

Figure A.2.2-6 General Layout

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：205.60 m

使用水量：63.90 m³/s

設備出力：111.5 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して、電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記 111.5 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響・開発投入時期・輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画ではすべて電気機器はインドを経由してネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送されるために、単機出力の決定にあたっては以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。しかしながら事故時や運転保守時の運用を考慮してよって本計画においては 2 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 205.60 m、定格使用水量 31.95 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 205.60 \times 31.95 \times 0.926 \\ &\doteq 59,600 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力(kW)

H_n : 基準有効落差(m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量(m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に水車形式は、落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを使用する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質によっては、コーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$59,600 \text{ kW} \times 2 = 119,200 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 64,700 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$\begin{aligned} P_g &= P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)} \\ &= 59,600 \times 0.977 / 0.90 \\ &\doteq 64,700 \text{ kVA} \end{aligned}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量(kVA)

P_t : 水車定格出力(kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 64,700 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量や電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所	: Hetauda Substation
送電電圧	: 220 kV
送電距離	: 62 km
線種	: Bison × 1 条、2 回線

2.3 Sun Koshi No.3 プロジェクト (E-17)

目 次

(1)	プロジェクト概要	1
(2)	気象・水文	5
(3)	地形・地質	8
(4)	発電計画	12
(5)	電気機器・送電線	15

List of Tables

Table A.2.3-1	Project Description	3
Table A.2.3-2	Monthly Rainfall at the Ramechhap Station.....	5
Table A.2.3-3	Flow Data for the Sun Koshi No.3 Project	5
Table A.2.3-4	Potentially Critical Glacial Lake in term of GLOF in the Sun Koshi Basin.....	6
Table A.2.3-5	Life of Reservoir	7
Table A.2.3-6	Salient Features	12

List of Figures

Figure A.2.3-1	Location of the Sun Koshi No.3 Project (E-17)	2
Figure A.2.3-2	General Layout of the Sun Koshi No.3 Project (E-17)	2
Figure A.2.3-3	Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Sun Koshi No.3 Project	4
Figure A.2.3-4	Potentially Critical Glacial Lakes for a GLOF for the Sun Koshi No.3 Project	7
Figure A.2.3-5	Geological map of the project area	9
Figure A.2.3-6	Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region	10
Figure A.2.3-7	Engineering geological map of the dam axis, waterway and powerhouse area.	11
Figure A.2.3-8	General Layout	13

A.2.3 Sun Koshi No.3 プロジェクト (E-17)

(1) プロジェクト概要

Sun Koshi No.3 プロジェクトは東部 Ramechhap, Kabhrepalanchok および Sindhupalchok District の Sun Koshi 川に位置する出力 536 MW の貯水式水力発電計画である。本プロジェクトは、JICA が実施した “Master Plan Study on the Koshi River Water Resource Development, 1985” の中で見いだされプロジェクトであり、調査レベルは机上検討段階である。調査団は Sun Koshi No.3 地点の現地踏査を 2012 年 6 月に実施している。現地踏査によって得られた所見もここに取りまとめられている。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Manthali 観測所での年間降雨量は 994 mm であるが、ダム地点の平均流量は $220 \text{ m}^3/\text{s}$ と豊富である。流域面積は $5,520 \text{ km}^2$ 、比堆砂量は $1,871 \text{ t}/\text{km}^2/\text{year}$ と NEA が東部地域の平均堆砂量として採用している $3,300 \text{ t}/\text{km}^2/\text{year}$ よりも小さい。流域内には GLOF の危険度の高い氷河湖が 2 つ確認されており、留意する必要がある。

地質的側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、主にクォーツアイト、粘板岩おとび千枚岩が分布している。貯水池地域は主にクォーツアイトと粘板岩からなり保水性に問題はないが、周辺斜面は堆積物に広く覆われており不安定化しやすい箇所が多いと思われる。ダム地点の岩盤は千枚岩を挟在するクォーツアイトからなり、堅硬で透水性は低い。導水路トンネルは千枚岩を挟在するクォーツアイトを通過し、岩盤は堅硬である。発電所地点の岩盤は主に千枚岩よりなる。地震加速度マップにおける加速度は 190 mgal と中程度である。大規模構造線 (MBT) から 16 km とかなり離れている。M4 以上の震源からは 28 km とかなり離れている。

自然・社会環境面では、自然面への影響は中程度で、社会面への影響は大きい。Koshi 流域に位置し、湛水面積は 30.1 km^2 で最も広い。影響を受ける森林面積は 8.15 km^2 で 10 地点中最も大きい。魚類は 21 種と比較的多い。減水区間は 0.5 km と最も短い。送電線の距離は、 35 km と比較的短い。移転戸数は 1,599 戸と Lower Badigad プロジェクトに次いで多い。影響を受ける農地の面積は 9.4 km^2 と最も多い。影響を受ける漁民の数が 712 人と突出して多く、魚市場の数も 7 つと最も多い。年間 20,000 人程度の観光客が訪れ、観光への影響が最も大きい。 15 km の舗装道と 24.4 km の車道、13 のつり橋、22 の水供給施設が影響を受ける。湛水域内の開発計画として、2 つの灌漑事業、1 つの環状道路、1 つの橋、1 つのくみ上げポンプ、4 つの道路拡張事業がある。過去に道路拡張計画に伴う揉め事があったとの情報がある。影響を受ける先住民族は、Newar (Advanced)、Magar (Disadvantaged)、Tamang (Disadvantaged)、Majhi (Marginalised)、Tharu (Marginalised)。

発電計画の面では、 140 m のコンクリートダムによって 555 百万 m^3 と大きな有効容量が得られるが、有効落差が 109 m と小さいため、536 MW の設備出力を得るための使用水量は $570 \text{ m}^3/\text{s}$ と大きくなっている。このため、電気機器も大型になり、コストが割高となる。また、現在のレイアウトでは貯水池の延長は 30 km におよび、ネパールと中国を結ぶ Araniko Highway が 6 km に亘って水没するため、貯水池の満水位の設定をレビューする必要がある。さらに、仮に GLOF が起こった場合、洪水を安全に流下させる洪水吐の構造等とそれによってもたらされる堆砂を排出する排砂設備の設置も検討する必要がある。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

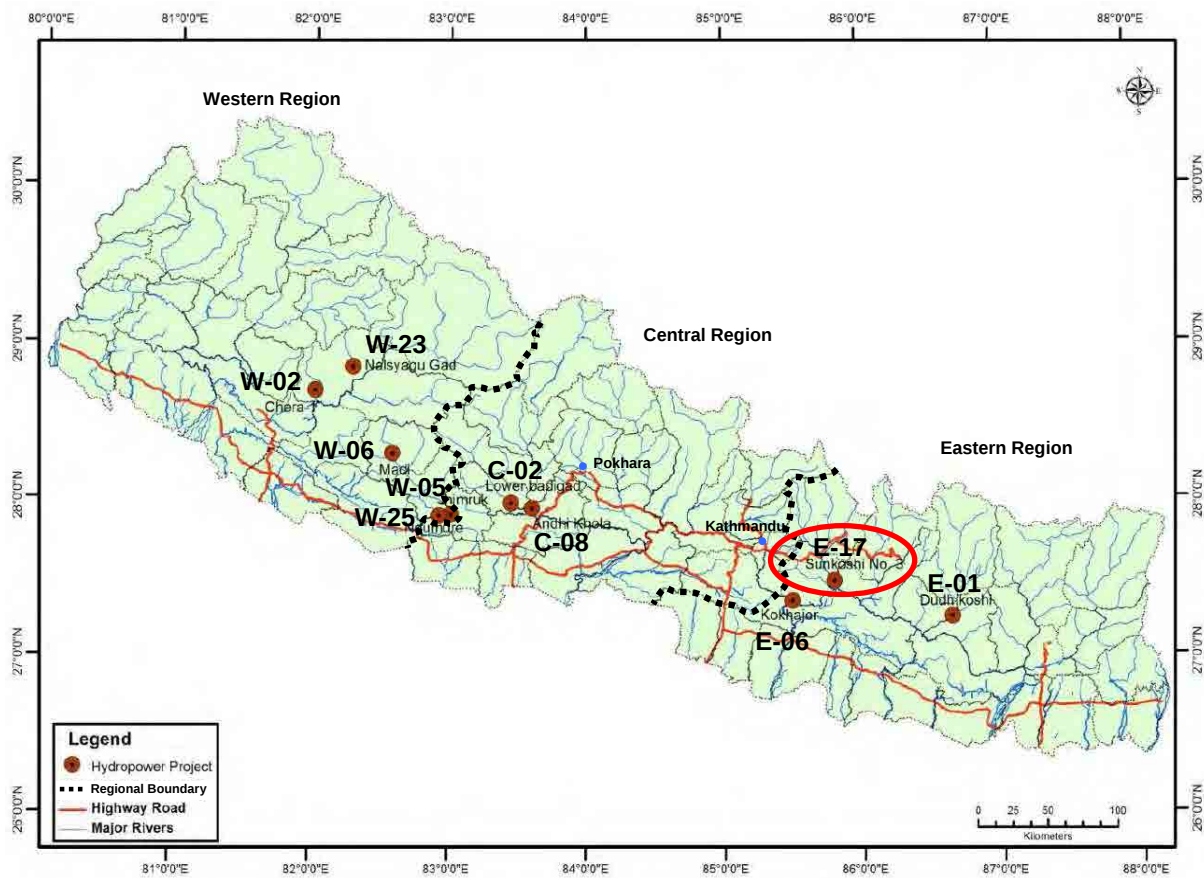


Figure A.2.3-1 Location of the Sun Koshi No.3 Project (E-17)

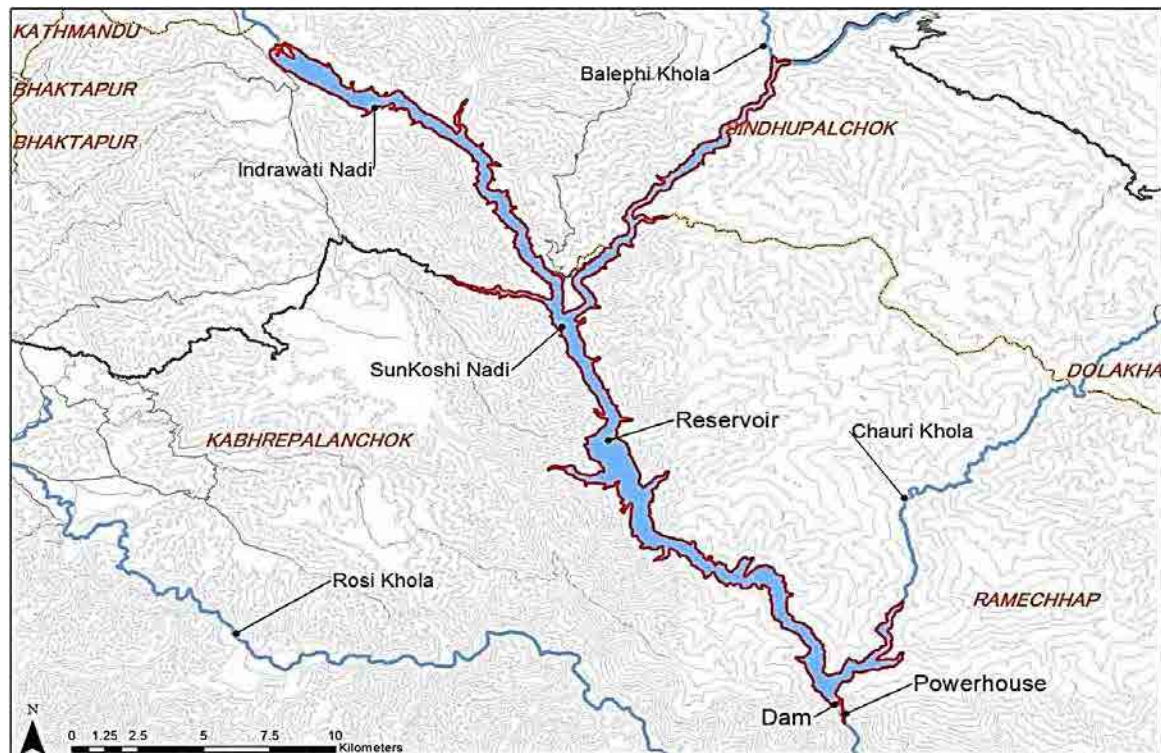


Figure A.2.3-2 General Layout of the Sun Koshi No.3 Project (E-17)

Table A.2.3-1 Project Description

Item	Unit	Sun Koshi No.3	Remarks
Location	(District)	Ramechhap, Kabhrepalanchok, Sindhupalchok	
Name of the River	(River)	Sun Koshi	
Installed Capacity	MW	536.0	
Catchment Area	km ²	5,520	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	85° 48' 14.3" 27° 29' 50.5"	
Dam Height	m	140.0	
Total Storage Volume	MCM	1,220.0	
Effective Storage Volume	MCM	555.0	
Regulating Capability Factor	%	7.9	
Reservoir Area at FSL	km ²	30.1	
Full Supply Level	m	700.0	
Minimum Operation Level	m	674.0	
Tail Water Level	m	575.0	
Rated Gross Head	m	116.3	
Rated Net Head	m	109.3	
Rated Power Discharge	m ³ /s	570	
Total Energy	GWh	1,883.6	Estimated by the Study Team.
Dry Energy (December-April)	GWh	335.9	Estimated by the Study Team.
Length of Access Road	km	20.0	
Length of Transmission Line	km	35.0	Estimated by the Study Team.
Number of Household	nos	1,599	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	1,690.5	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	9.0	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	13.1	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	19.4	Estimated by the Study Team.

Source: Master Plan Study on the Kosi River Water Resources Development, 1985, JICA (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

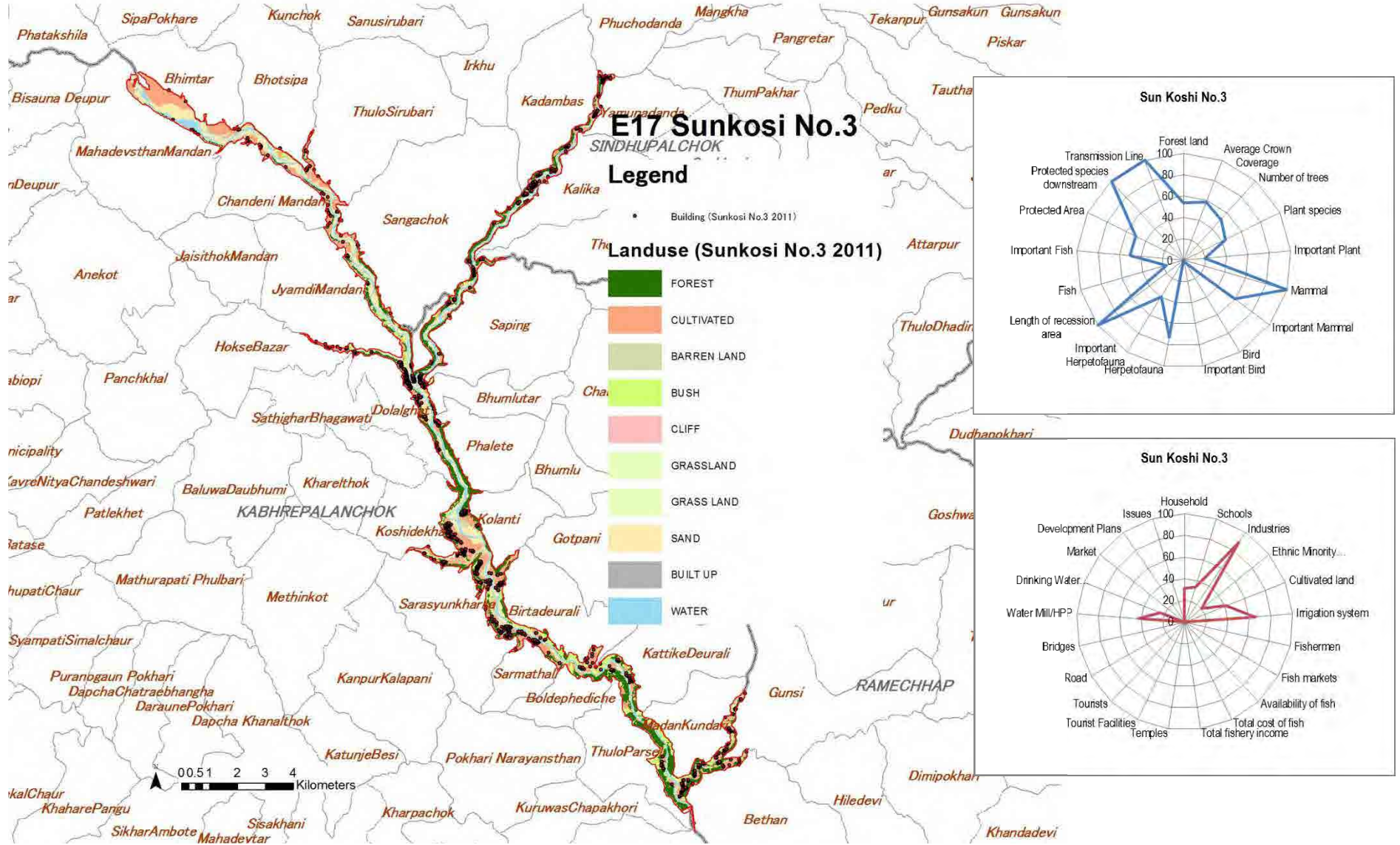


Figure A.2.3-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Sun Koshi No.3 Project

(2) 気象・水文

Sun Koshi No.3 プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Sun Koshi No.3 プロジェクトは Sun Koshi 川に位置し、Ramechhap、Kabhrepalanchok および Sindhupalchok 行政区に位置する。Ramechhap に降水量観測所(1123)がある。Ramechhap の月別降水量を Table A.2.3-2 に示す。

Table A.2.3-2 Monthly Rainfall at the Ramechhap Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
MANTHALI	1123	Ramechhap	PRECIPITATION	Jan, 92	27.47	86.08	495

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
14.3	13.6	24.2	40.5	85.8	143.6	295.7	203.8	123.7	36.1	5.6	7.0	994.0

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Sun Koshi No.3 プロジェクトは、ダム軸から上流 8 km に測水所(630)があり、測水所の流量データに流域面積比を乗じて流量を算出した。プロジェクト近傍に測水所があるので、流量の信頼性が相対的に高いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Sun Koshi No.3 プロジェクトの流量データを Table A.2.3-3 に示す。

Table A.2.3-3 Flow Data for the Sun Koshi No.3 Project

Year													(m ³ /s)
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1997	56.66	48.47	45.10	51.50	60.59	143.61	494.78	608.10	368.00	150.34	94.13	77.53	183.23
1998	56.77	49.14	51.50	68.21	153.71	299.56	696.73	905.41	418.49	224.39	107.93	76.18	259.00
1999	58.57	49.37	46.11	50.82	83.02	222.15	639.51	674.29	509.37	297.32	129.02	87.96	237.29
2000	64.62	55.09	47.68	55.65	96.04	300.68	697.85	887.46	555.37	171.66	98.06	72.48	258.55
2001	60.14	54.08	50.60	48.13	77.08	242.34	456.63	842.59	397.17	166.05	89.53	65.97	212.53
2002	55.09	50.94	48.02	53.63	86.61	171.66	575.56	739.37	359.02	205.32	96.60	60.81	208.55
2003	51.61	48.47	48.36	53.74	58.68	173.90	702.34	655.22	641.76	186.24	91.66	64.62	231.38
2004	60.92	55.99	51.27	51.61	67.32	191.85	509.37	629.41	447.66	296.20	135.76	100.75	216.51
2005	84.03	75.06	69.56	75.40	87.96	139.12	468.98	605.85	347.80	200.83	108.83	90.88	196.19
2006	76.29	71.80	69.79	77.53	129.02	232.24	506.00	462.24	355.66	185.12	115.56	90.20	197.62
Ave.	62.47	55.84	52.80	58.62	90.00	211.71	574.78	701.00	440.03	208.35	106.71	78.74	220.09

3) GLOF の危険性

Sun Koshi 流域は、チベットとネパールの国境をまたぐ流域である。Sun Koshi 流域は、北緯 26 度 37 分から 28 度 32 分、東経 85 度 43 分から 86 度 18 分に位置し、標高は 640m から 8,012m である。流域面積は 3,394 km² であり、チベットの流域面積は 2,007 km² であり、ネパールの流域面積は 1,387 km² である。流域の長さは 107 km、幅は 33 km である。

Sun Koshi 流域には GLOF の危険性がある氷河湖が 9 個存在し、全てチベットに位置する。Sun Koshi 流域における GLOF の危険性がある氷河湖を Table A.2.3-4 に示す。危険性の高い氷河湖は Lumi Chimi Lake と Gangxi Co Lake であり、いずれも端部モーレンドムにより形成された氷河湖であり、危険度分類は I である。

今後プロジェクトのフィージビリティスタディを行う際には、GLOF によるプロジェクトへの影響を定量的に把握する必要がある。

Table A.2.3-4 Potentially Critical Glacial Lake in term of GLOF in the Sun Koshi Basin

Lake number	Lake name	Latitude	Longitude	Altitude (masl)	Length (m)	Area (m ²)	Class	Category	Distance from GL to site (km)
Poiqu_26	Lumi Chimi Lake	85°50.49'E	28°19.01'N	5,100	3,216	3,136,591	M(e)	I	116
Poiqu_54	Gangxi Co Lake	85°52.58'E	28°21.62'N	5,290	3,636	3,373,971	M(e)	I	123
Poiqu_59		86°15.44'E	28°22.49'N	5,560	634	168,282			—
Poiqu_60		86°13.48'E	28°20.99'N	5,360	1,293	371,695			—
Poiqu_63		86°11.47'E	28°20.14'N	5,510	1,416	610,469			—
Poiqu_64		86°9.51'E	28°19.27'N	5,560	697	228,632			—
Poiqu_65		86°9.48'E	28°18.22'N	5,376	2,064	594,534			—
Poiqu_66		86°9.09'E	28°17.66'N	5,360	856	161,224			—
Poiqu_67		86°7.87'E	28°17.64'N	5,260	1,023	239,205			—

Source: Pumqu, Rongxer, Poiqu, Zangbuqin, Jilongcancbu, Majiacangbu, Daoliqu and Jiazhangge basins, Tibet Autonomous Region, People's Republic China, Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and the Identification of Potential Glacial Lake Outburst Floods (GLOFs) Affected by Global Warming in the Mountains of Himalayan Region, 2005, CAREERI, BHT, APN, START, ICIMOD, UNEP

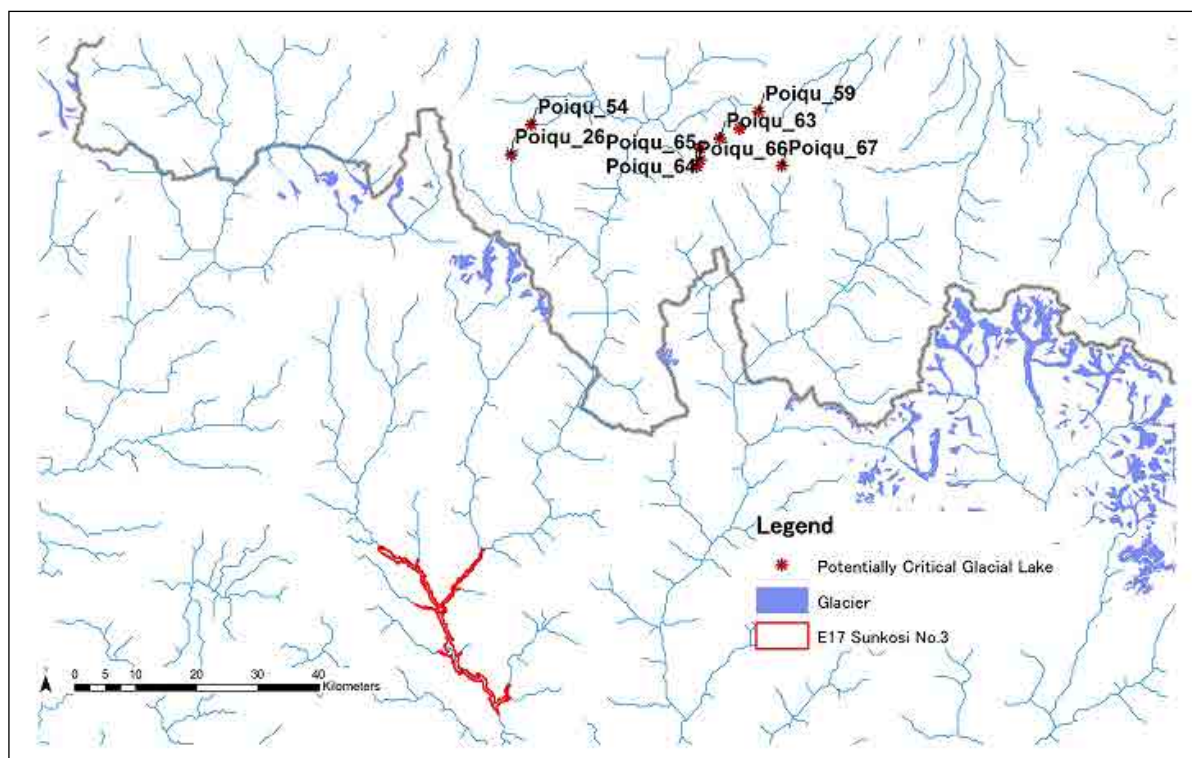


Figure A.2.3-4 Potentially Critical Glacial Lakes for a GLOF for the Sun Koshi No.3 Project

4) 堆砂の影響

Sun Koshi No.3 プロジェクトの比堆砂量は、本文の Figure 2.3.3-1 に示した Himalaya 地域の地質帯毎に設定された比堆砂量をもとに $1,871 \text{ t/km}^2/\text{year}$ と算定され、この比堆砂量を用いて貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.3-5 に示す。貯水池寿命は 177 年と計算される。

Table A.2.3-5 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	$1,871 \text{ t/km}^2/\text{yr}$
b) Sediment Yield (Catchment Area $\times$ Specific Sediment Yield / Sediment Density)	$6.9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ ($5,520 \text{ km}^2 \times 1,871 \text{ t/km}^2/\text{y} / 1.5 \text{ t/m}^3$)
c) Total Storage Volume	$1,220 \times 10^6 \text{ m}^3$
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	177years ($1,220 \times 10^6 \text{ m}^3 / 6.9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Sun Koshi No.3 プロジェクトは、ネパール中部、Ramechhap 行政区に位置し、ダム地点は Roshi 川と Sun Koshi 川合流部の約 9 km 上流で、発電所地点は Sun Koshi 川左岸に位置する。今回実施した現地調査によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.3-5 に示す。計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、Kuncha 層および Benighat 層が分布する。Kuncha 層は、主に千枚岩とクオーツァイトから構成され、Benighat 層は主に粘板岩から構成されている。

貯水池とその周辺地域には Kuncha 層と Benighat 層が分布する。Benighat 層は貯水池地域中流部に分布し、粘板岩からなり珪質〜ドロマイト質の石灰岩を伴う。Kuncha 層は貯水池地域の下流部と上流部に分布し片岩を挟在するクオーツァイトからなる。上流部の Kuncha 層と中流部の Benighat 層の境界は Indrawadi 川に沿いここに断層がある。Benighat 層は石灰岩を伴い透水性の高い部分がある恐れがあるが、貯水池地域中流部に分布しており、貯水池の保水性に影響しないと思われる。貯水池とその周辺地域の応用地質図を Figure A.2.3-6 に示す。これらの地域には広く colluvium が分布しており注意が必要である。

ダム地点、導水路経過地および発電所地点の応用地質図を Figure A.2.3-7 に示す。ダム地点には Kuncha 層クオーツァイトが千枚岩の薄層を伴って分布する。岩盤は堅硬で難透水性である。地層面は上流右岸側に約 30 度傾斜している。

導水路トンネルは Sun Koshi 川の左岸に位置し、そこには Kuncha 層のクオーツァイトが千枚岩を伴って分布する。トンネルの被りは 100 m 以下である。

発電所は Sun Koshi 川左岸の沖積段丘に位置し、そこには Kuncha 層のクオーツァイトが千枚岩を伴って分布する。

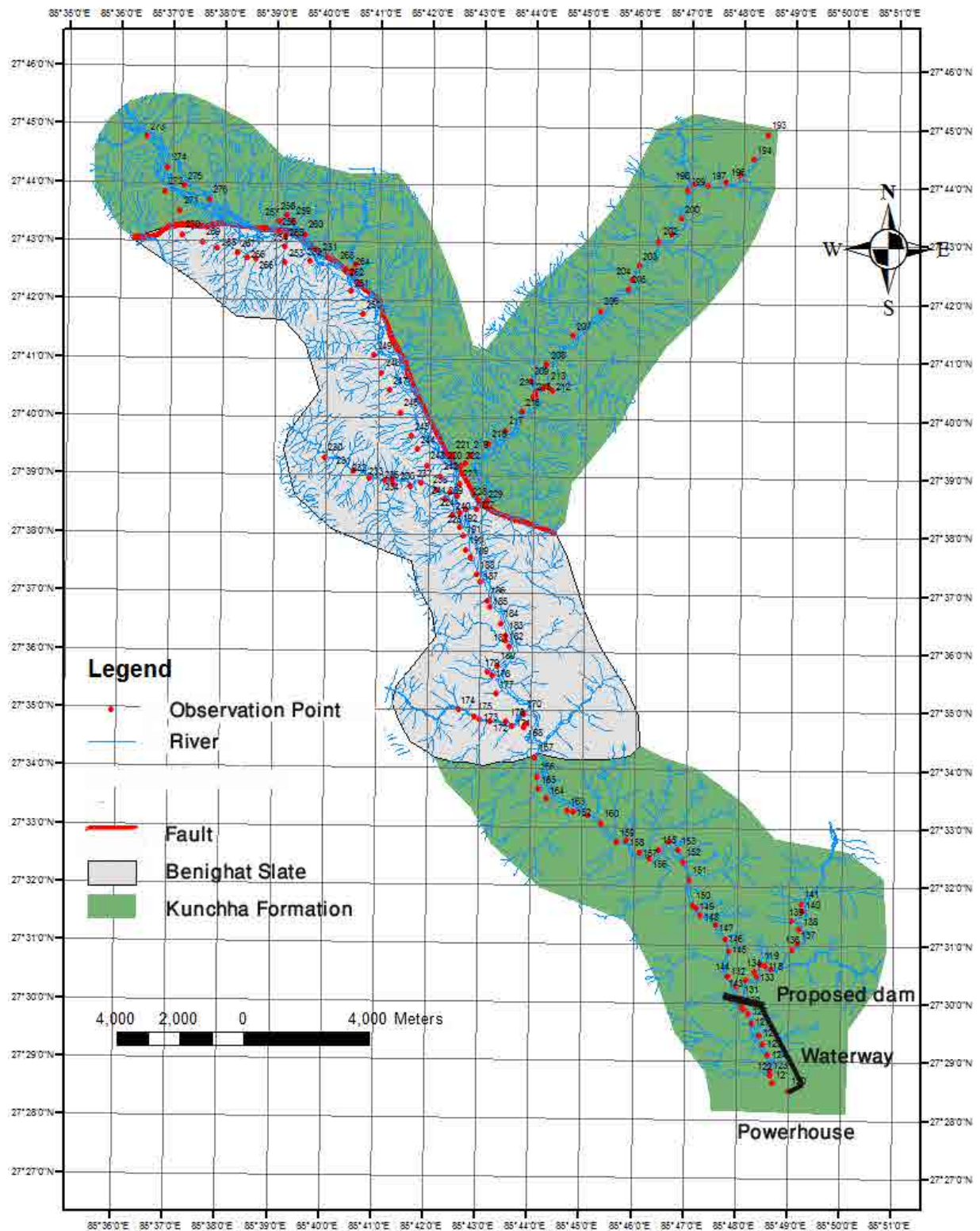
建設材料のうち、細骨材の砂は約 9 km 下流の Roshi 川合流点から得られる、粗骨材はダム地点付近河床あるいはクオーツァイトの原石山から得られる。ロック材はダム地点付近のクオーツァイトから得られるであろう。土質材料は、泥質岩が分布する地点の colluvium や風化残留土が検討対象になる。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 16 km 南に MBT がある。

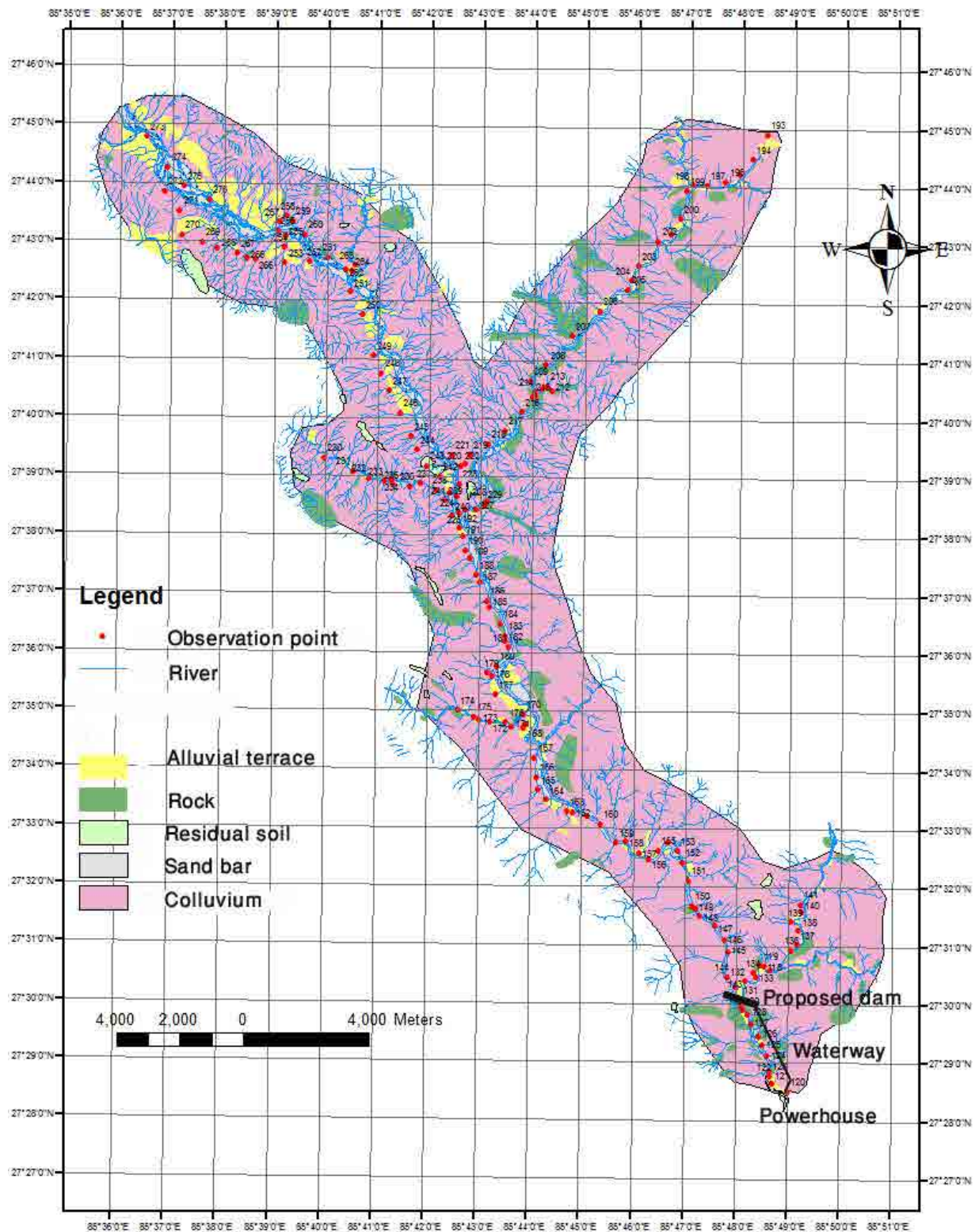
3) 地震活動度

計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 190 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 28 km 北西に位置する。



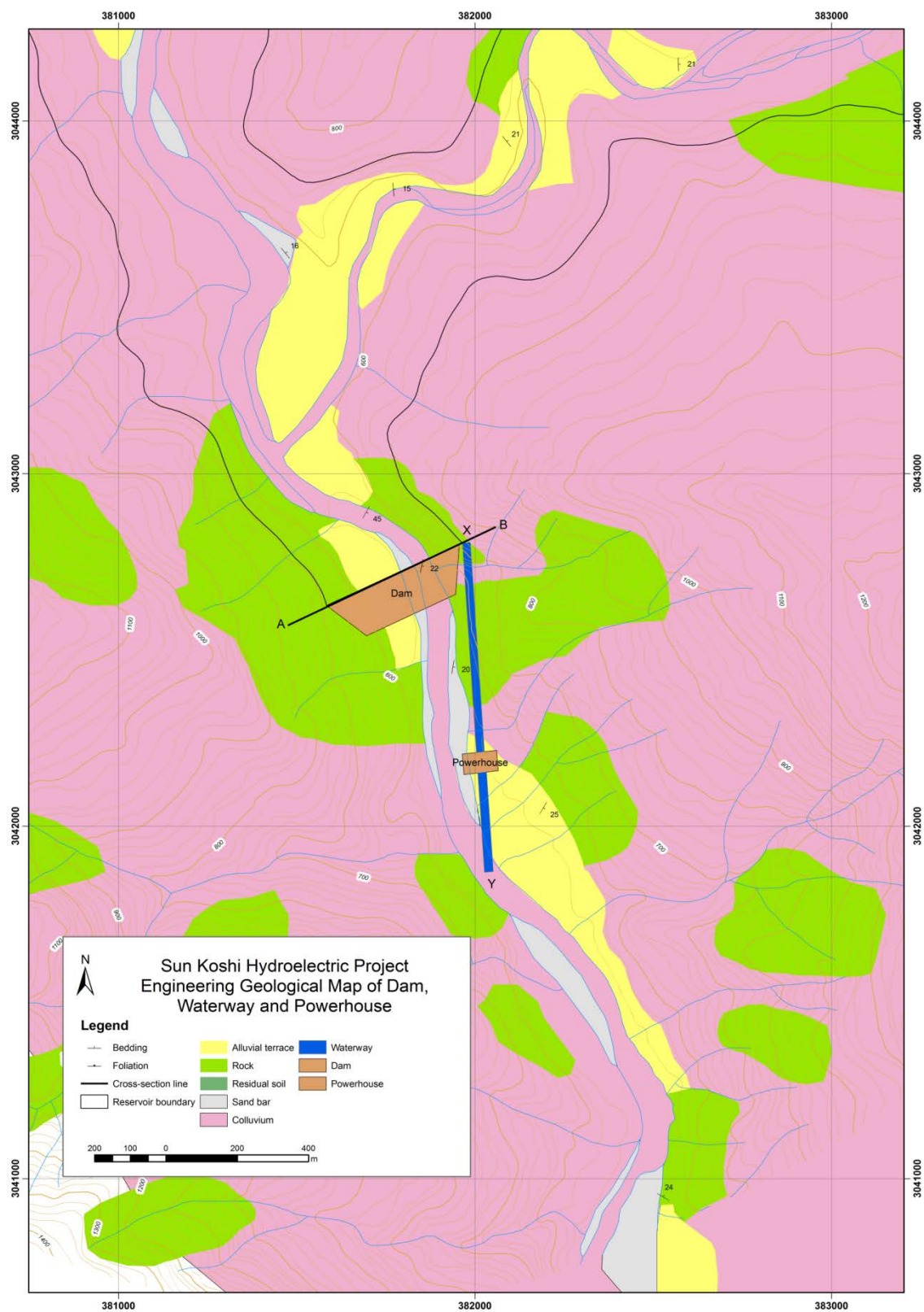
Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.3-5 Geological map of the project area



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.3-6 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.3-7 Engineering geological map of the dam axis, waterway and powerhouse area.

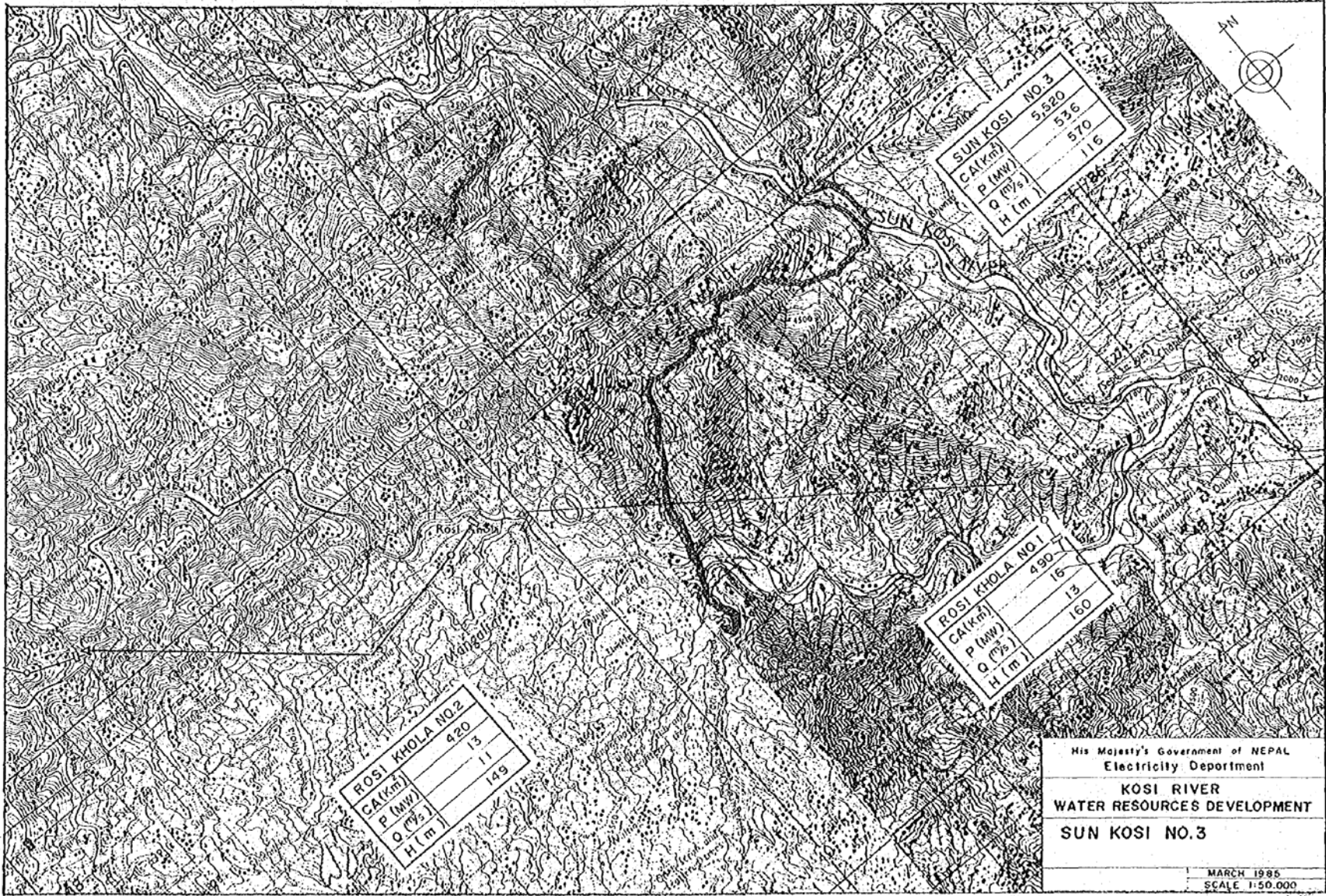
(4) 発電計画

Sun Koshi No.3 プロジェクトは、ダム式の水力発電計画である。調査レベルは机上検討段階のため、構造物の詳細な図面は存在しない。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.3-6 Salient Features

Item	Unit	Sun Koshi No.3	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	30.1	
Total Storage Capacity	MCM	1,220.0	
Effective Storage Capacity	MCM	555.0	
Full Supply Level (FSL)	m	700.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	674.0	
Dam			
Type of Dam	-	Concrete Gravity	
Dam Volume	MCM	1.935	
Total Dam Height	m	140	
River Bed Level at Dam Axis	m	-	
Spillway Type	-	Gated Spillway	
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Normal Pressure Intake	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	-	
Circular Tunnel Diameter	m	-	
Penstock Length	m	-	
Type of Powerhouse	-	Surface	
Turbine Type	-	Vertical Francis	
Installed Capacity	MW	536	
Design Discharge	m ³ /s	570	
Rated Net Head	m	109.3	
Tail Water Level	m	575	
Tailrace Length	m	-	

Source: Master Plan Study on the Kosi River Water Resources Development, 1985, JICA



Source: Master Plan Study on the Kosi River Water Resources Development, 1985, JICA

Figure A.2.3-8 General Layout

なお、2012 年 6 月に調査団が実施した現地踏査によって得られたダムサイトおよび発電所サイト他に関する所見は以下のとおりである。

ダムサイト

1985 年の JICA による “Master Plan Study on the Kosi River Water Resources Development” の中で検討されたダムサイトは、Chiyantar village から約 1 km 上流、Nepalthok town の北約 9 km に位置し、ダム軸付近の座標は、概ね 27°29’51”N、85°48’06”E、河床標高は 575 m である。左右岸ともに河床からの比高 400 m 以上の急峻な斜面である。下流右岸支流の Roshi Khola の合流点にある Nepalthok town からダム付近までのジープ道（直線で約 5.5 km）がある。ただ、現在は Roshi Khola には橋がなく雨期には渡河できないので、建設時には Roshi Khola の吊橋付近に長さ 150 m 程度の橋を架ける必要がある。また、ジープ道は河床からかなり高い標高にあるので、途中から河床へ下りる道路をつくる必要がある。

発電所サイト

発電所のロケーションは、JICA の Master Plan 報告書の中では明示されていないが、ダム下流約 1 km 左岸の Chiyantar village 付近の地点が NEA により検討されている。

その他

現在の計画では、Sun Koshi No. 3 の満水位は EL. 700m であり、貯水池の延長は 30 km におよぶ。上流の Dolalghat には、ネパールと中国を結ぶ Araniko Highway が Sun Koshi 川の支流である Indrawati 川と Botekoshi 川を渡る橋があり、その標高は EL.630 m 程度であるため、橋およびハイウェーが約 6 km にわたって水没することになる。

水没による影響を小さくするため、代替案として満水位を EL.620 m 程度とした流れ込み式水力発電計画として開発することも考えられるが、その場合、堆砂容量の確保が難しく、また、河川勾配が緩く排砂も難しいと思われることから、堆砂対策が課題となる。

Sun Koshi No.3 プロジェクトに関しては、2013 年度、NEA により FS が開始される予定である。

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：109.30 m

使用水量：570 m³/s

設備出力：536 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために設備出力は上記 536 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響・開発投入時期・輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画においてはすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送される。このため、単機出力の決定にあたっては、以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。よって本計画においては 6 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 109.30 m、定格使用水量 95.00 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 109.30 \times 95.00 \times 0.925 \\ &\doteq 94,100 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力(kW)

H_n : 基準有効落差(m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量(m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に、水車形式は、落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを使用する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質の内容によっては、コーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$94,100 \text{ kW} \times 6 = 564,600 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 102,300 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$\begin{aligned} P_g &= P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)} \\ &= 94,100 \times 0.979 / 0.90 \\ &\doteq 102,300 \text{ kVA} \end{aligned}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量(kVA)

P_t : 水車定格出力(kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 102,300 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400 kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量や電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所	: Barhabise Substation
送電電圧	: 220 kV
送電距離	: 35 km
線種	: Moose×2 条、2 回線

2.4 Lower Badigad プロジェクト (C-02)

目 次

(1)	プロジェクト概要	1
(2)	気象・水文	5
(3)	地形・地質	6
(4)	発電計画	9
(5)	電気機器・送電線	12

List of Tables

Table A.2.4-1	Project Description	3
Table A.2.4-2	Monthly Rainfall at the Tamghas Station	5
Table A.2.4-3	Flow data of the Lower Badigad Project	5
Table A.2.4-4	Life of Reservoir	6
Table A.2.4-5	Salient Features	9

List of Figures

Figure A.2.4-1	Location of the Lower Badigad Project (C-02)	2
Figure A.2.4-2	General Layout of the Lower Badigad Project (C-02)	2
Figure A.2.4-3	Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Lower Badigad Project	4
Figure A.2.4-4	Geological map of the project area	7
Figure A.2.4-5	Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region	8
Figure A.2.4-6	General Layout	10

A.2.4 Lower Badigad プロジェクト (C-02)

(1) プロジェクト概要

Lower Badigad プロジェクトは中部 Gulmi District の Badigad 川に位置する出力 380.3 MW の貯水式水力プロジェクトである。最新の検討は “Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA” の中で実施されており、調査レベルは机上検討段階である。また、調査団は Lower Badigad プロジェクト地点の現地踏査を 2012 年 6 月に実施している。現地踏査によって得られた所見もここに取りまとめられている。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Tamghas 観測所での年間降雨量は 1,879 mm、ダム地点の平均流量は $83.7 \text{ m}^3/\text{s}$ である。流域面積は $2,050 \text{ km}^2$ 、比堆砂量は $2,526 \text{ t}/\text{km}^2/\text{year}$ と NEA が中部地域の平均堆砂量として採用している $4,400 \text{ t}/\text{km}^2/\text{year}$ よりも小さく推定されている。流域内には GLOF のリスクを持つ氷河湖は存在しない。

地質的側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、主にクォーツアイト、粘板岩、頁岩および石灰岩が分布している。また、Badigad 川に沿い活断層 (Badigad 断層) がある。貯水池地域は主に粘板岩と石灰岩が分布する。石灰岩は分布が限られ、貯水池の保水性に大きな影響はないと思われる。しかし、貯水池周辺には大規模な活動的地すべり (Gultung Pahiro) があり、膨大な量の土砂を供給している。ダム地点の岩盤はクォーツアイトと粘板岩からなるが、活断層の Badigad 断層が通過している。導水路トンネルは主に粘板岩とクォーツアイトを通過する。発電所地点は主に粘板岩よりなり、砂礫が厚い。地震加速度マップにおける加速度は 170 mgal とやや小さい。大規模構造線 (MBT) から 25 km とかなり離れているが、ダム地点を活断層の Badigad 断層が通過している。M4 以上の震源からは 30 km とかなり離れている。

自然・社会環境面では、自然面の影響は中程度で社会面の影響が大きい。Gandaki 流域に位置し、湛水面積は 13.7 km^2 である。下流に 3 つの保護区があり、水域に依存する希少な生物 5 種の分布が知られている。送電線の距離は 49 km と比較的短い。移転戸数は 1,606 戸と最も多く、単位電力量あたりの移転戸数も $4.22 \text{ 戸}/\text{MW}$ と最も多い。影響を受ける工場の数が 11 と最も多い。影響を受ける先住民族の数は 7 つ (Newar (Advanced)、Thakali (Advanced)、Magar (Disadvantaged)、Gurung (Disadvantaged)、Tharu (Marginalised)、Bote (Highly Marginalised)、Majhi (Highly Marginalised)) と最も多い。影響を受ける農地面積は 5.9 km^2 と比較的大きい。影響を受ける灌漑施設も 58 と最も多い。漁民の数が 217 人と比較的多い。 26.1 km の車道、11 のつり橋、2 つの Micro Hydro 発電、29 の水供給施設が影響を受ける。

発電計画の面では、 191 m のロックフィルダムにより、505 百万 m^3 と大きな有効容量が得られる。有効落差は 192.5 m であり、380 MW の設備出力を得るために、使用水量は $233 \text{ m}^3/\text{s}$ と設定されている。本調査では、Lower Badigad プロジェクトの比堆砂量を近傍の Andhi Khola プロジェクトの比堆砂量より推定したが、現地踏査の結果、貯水池内に大規模な崩落地が確認されており、実際には推定値よりも相当に大きい可能性もあることから、堆砂を排出し得る Tanahu プロジェクトの排砂ゲートのような設備の設置を考慮したダム形式も検討される必要がある。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

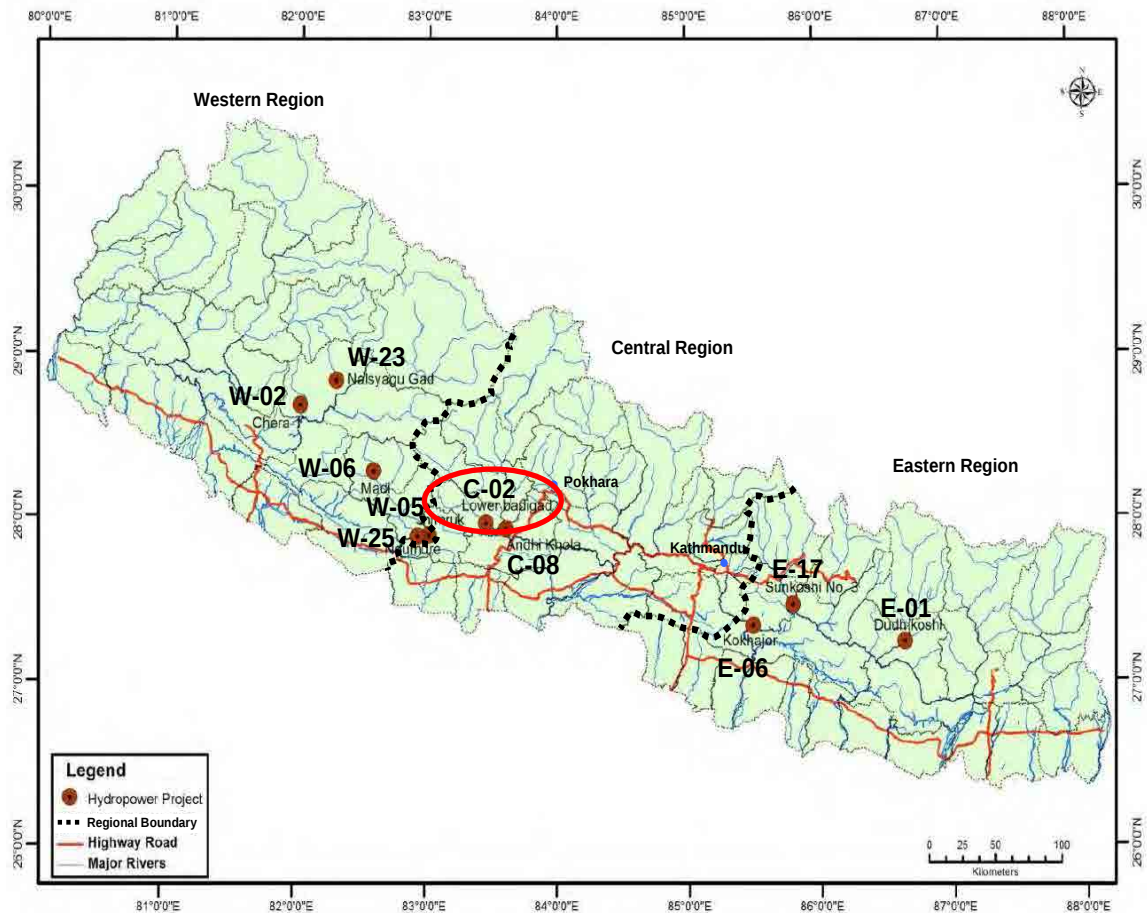


Figure A.2.4-1 Location of the Lower Badigad Project (C-02)

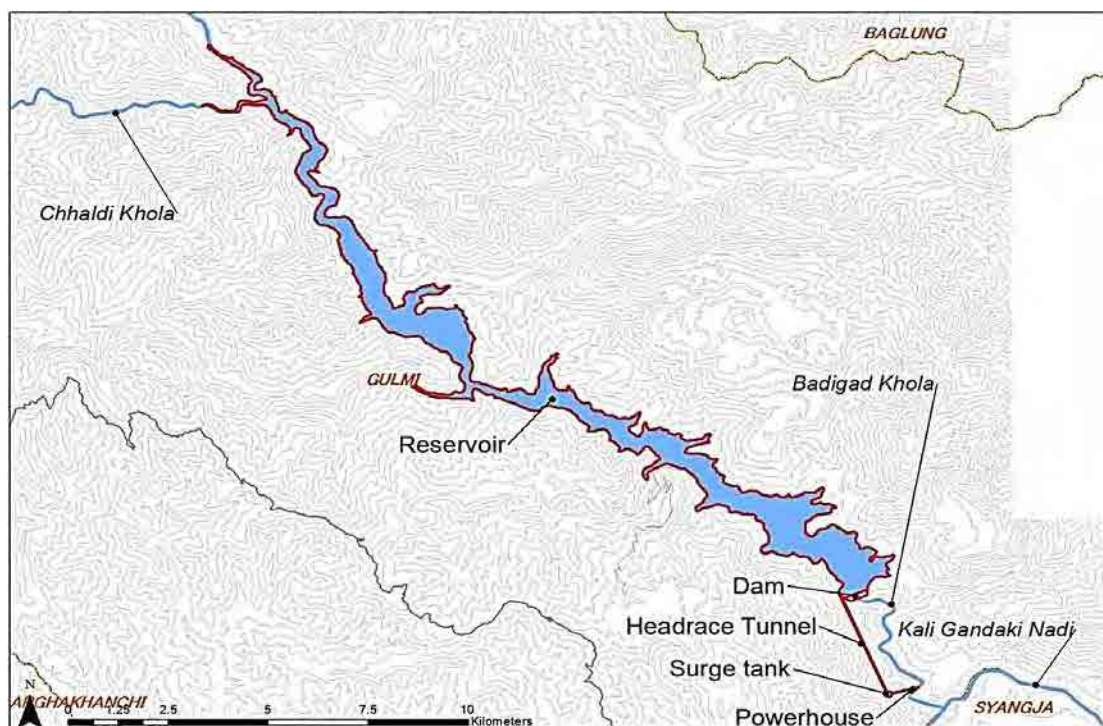


Figure A.2.4-2 General Layout of the Lower Badigad Project (C-02)

Table A.2.4-1 Project Description

Item	Unit	Lower Badigad	Remarks
Location	(District)	Gulmi	
Name of the River	(River)	Badigad	
Installed Capacity	MW	380.3	
Catchment Area	km ²	2,050	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	83° 27' 22.2" 28° 0' 0.6"	
Dam Height	m	191.0	
Total Storage Volume	MCM	995.9	
Effective Storage Volume	MCM	505.5	
Regulating Capability Factor	%	19.1	
Reservoir Area at FSL	km ²	13.7	
Full Supply Level	m	688.0	
Minimum Operation Level	m	654.0	
Tail Water Level	m	475.0	
Rated Gross Head	m	196.0	
Rated Net Head	m	192.5	
Rated Power Discharge	m ³ /s	232.6	
Total Energy	GWh	1,366.6	Estimated by the Study Team.
Dry Energy (December-April)	GWh	354.7	Estimated by the Study Team.
Length of Access Road	km	0	
Length of Transmission Line	km	49.0	Estimated by the Study Team.
Number of Households	nos	1,606	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	1,209.8	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	8.9	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	13.2	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	19.8	Estimated by the Study Team.

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

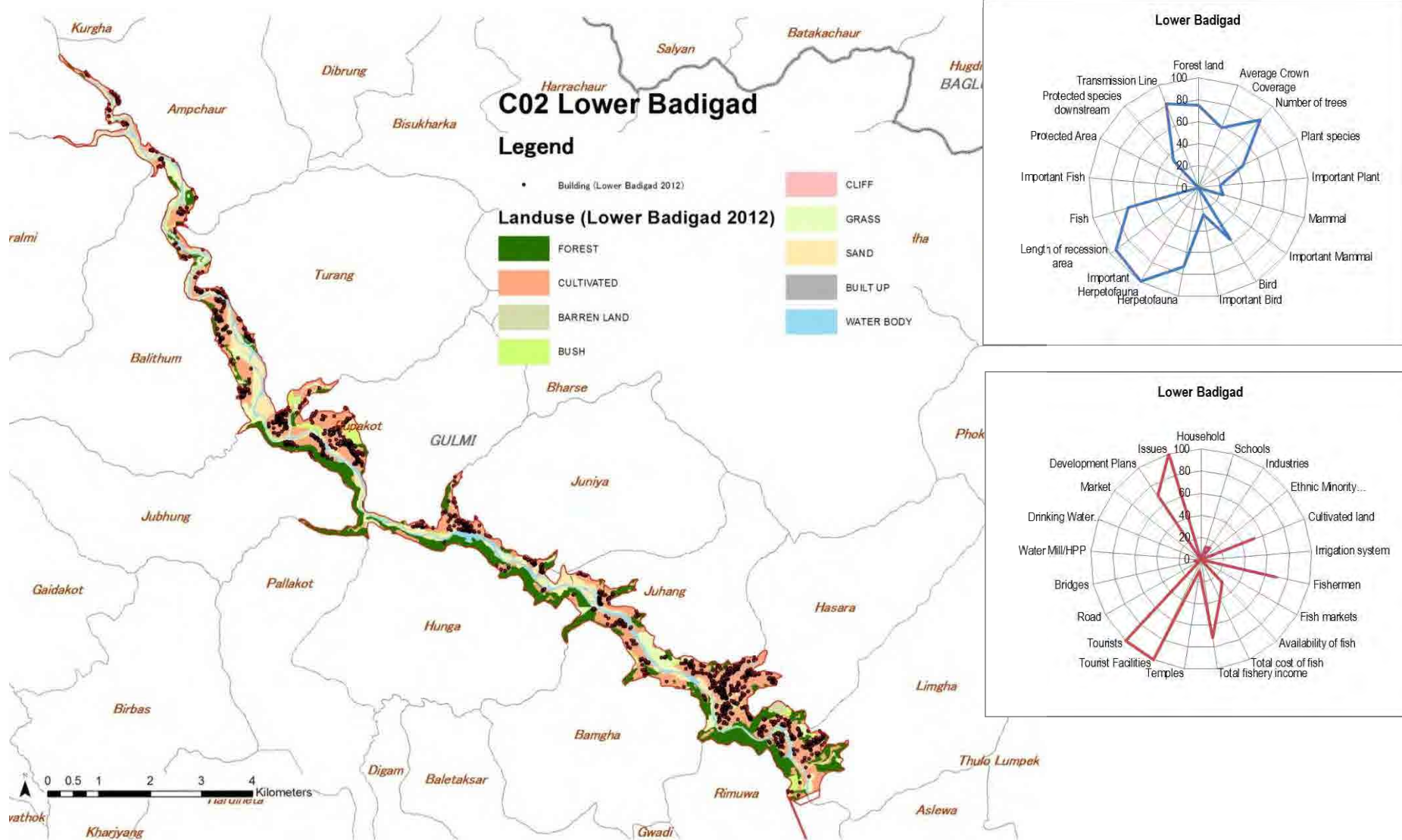


Figure A.2.4-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Lower Badigad Project

(2) 気象・水文

Lower Badigad プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Lower Badigad プロジェクトは Badigad 川に位置し、Gulmi 行政区に位置する。

Gulmi に Tamghas 気象観測所(0725)がある。Tamghas 気象観測所の月別降水量を Table A.2.4-2 に示す。

Table A.2.4-2 Monthly Rainfall at the Tamghas Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
TAMGHAS	0725	Gulmi	CLIMATOLOGY	Jan, 80	28.07	83.25	1,530

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
25.9	34.2	31.3	55.5	139.5	316.0	496.7	428.6	272.9	49.4	11.4	17.3	1,878.8

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Lower Badigad プロジェクト近傍には測水所がないため、Regional Analysis により流量を算出することとなり、流量データの信頼性が比較的低いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Lower Badigad プロジェクトの流量データを Table A.2.4-3 に示す。

Table A.2.4-3 Flow data of the Lower Badigad Project

(m ³ /s)												
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
21.19	18.26	17.54	20.28	31.80	85.05	216.73	261.64	184.14	82.14	39.70	26.26	83.73

3) GLOF の危険性

Lower Badigad プロジェクトの上流に GLOF の危険性のある氷河湖は存在しない。

4) 堆砂の影響

Lower Badigad プロジェクトの堆砂量データはないので、近傍にある Andhi Khola プロジェクトの堆砂量データを流用する。Andhi Khola プロジェクトの比堆砂量は、FS レポートによれば 2,526 m³/km²/year と算定されている。この比堆砂量は、観測データより算出されたものである。この比堆砂量を用いて貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.4-4 に示す。貯水池寿命は 192 年と計算される。

Table A.2.4-4 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	2,526 m ³ /km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield)	5.2 × 10 ⁶ m ³ /yr (2,050 km ² × 2,526 m ³ /km ² /yr)
c) Total Storage Volume	995.9 × 10 ⁶ m ³
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	192 years (995.9 × 10 ⁶ m ³ / 5.2 × 10 ⁶ m ³ /yr)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Lower Badigad プロジェクトは、ネパール西部、Gulmi 行政区に位置する。ダム地点は Kaligandaki 川との合流点より約 3km 上流の Badigad 川に、発電所地点は同合流より約 300 m 上流の Badigad 川右岸に位置する。今回実施した現地調査によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.4-4 に示す。計画地域は、Lesser Himalaya 地区に属し、Benighat 粘板岩と Dhading ドロマイトが分布する。Benighat 粘板岩は主に粘板岩から構成されている。Dhading ドロマイトは石灰岩とドロマイトからなり Benighat 粘板岩に上載して斜面上部に分布している。

貯水池地域には主に Benighat 層が分布する。Benighat 層の下部は石灰質クオーツァイトや珪質石灰岩からなり粘板岩をとめない、上部は石灰質粘板岩を挟む粘板岩で構成されている。Dhading ドロマイトは石灰岩とドロマイトからなり貯水地域では左岸の一部に分布している。活断層である Badigad 断層が Badigad 川に沿いに貯水池地域を通過している。Benighat 層は難透水性である。Dhading ドロマイトは透水性が高い可能性があるが、大半が満水位より上に分布している。

貯水池およびその周辺地域の応用地質図を Figure A.2.4-5 に示す。貯水池地域中流部左岸には大規模で活動的な地すべり Gultung Pahiro があり、膨大な土砂を供給している。

ダム地点には Benighat 層のクオーツァイトと粘板岩が分布する。岩盤は中程度かそれ以上に堅硬で難透水性である。ダム地点の地層面の走行ははダム軸にほぼ直交し右岸側に 40 度前後で傾斜している。河床堆積物の厚さは 30 m 以上と推定される。活断層である Badigad 断層が Badigad 川に沿いにダム地点を通過している。

導水路トンネルは Badigad 川の右岸に位置し、そこには Benighat 層の主に粘板岩、石灰質クオーツァイト、珪質石灰岩が分布する。地層面の走行はトンネルと斜交し調圧水槽側に傾斜する。トンネルの被りは最大 200 m である。

発電所は Benighat 川右岸の沖積段丘に位置し、そこには Benighat 層の粘板岩がクオーツァ

イトを伴って分布する。背後の斜面の地層は山側に傾斜している。岩盤までの深さは 50 m 以上と推定される。

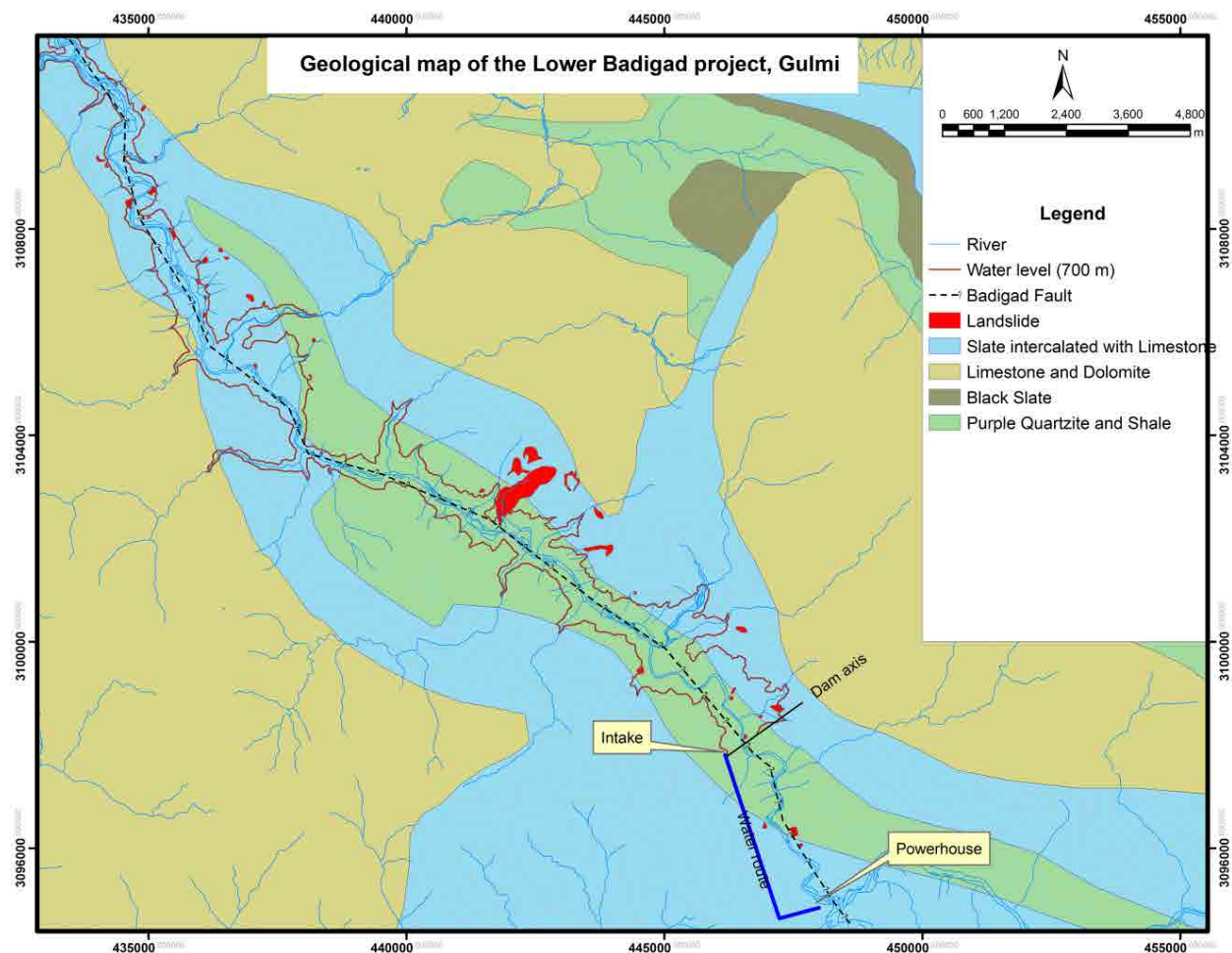
建設材料のうち、粗骨材と細骨材はダム地点より約 3 下流の Kaligandaki 川との合流点付近から十分の量を得ることができる。粗骨材はダム地点付近のクオーツァイトからも採取できる。土質材料は、粘板岩が分布するダム地点付近の colluvium や風化残留土から得られる可能性がある。ロック材としては先ずダム地点付近のクオーツァイトを検討することになるであろう。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 25 km 南に MBT がある。活断層である Badigad 断層がダム地点を通過している。

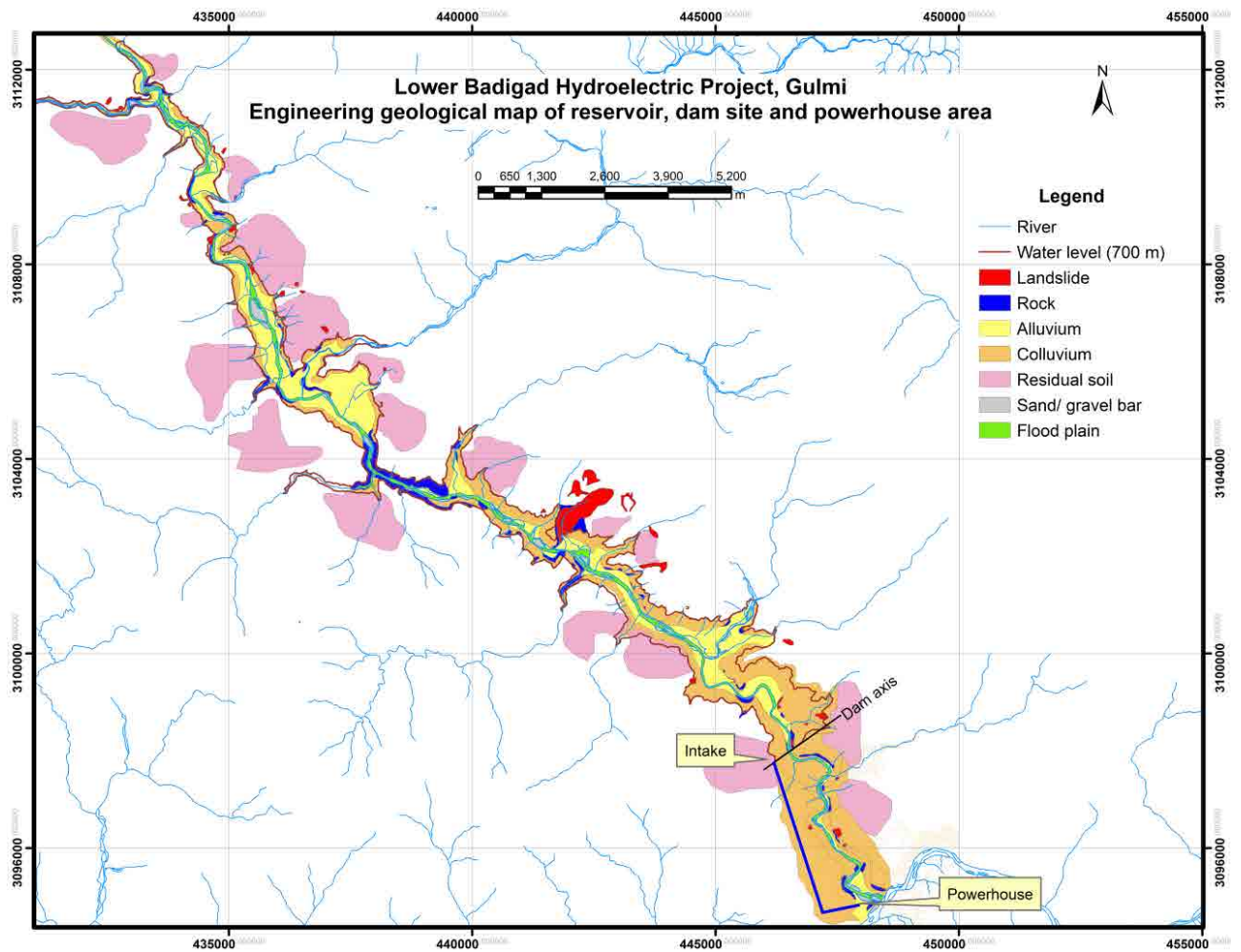
3) 地震活動度

計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 170 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 30 km 北に位置する。



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.4-4 Geological map of the project area



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.4-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region

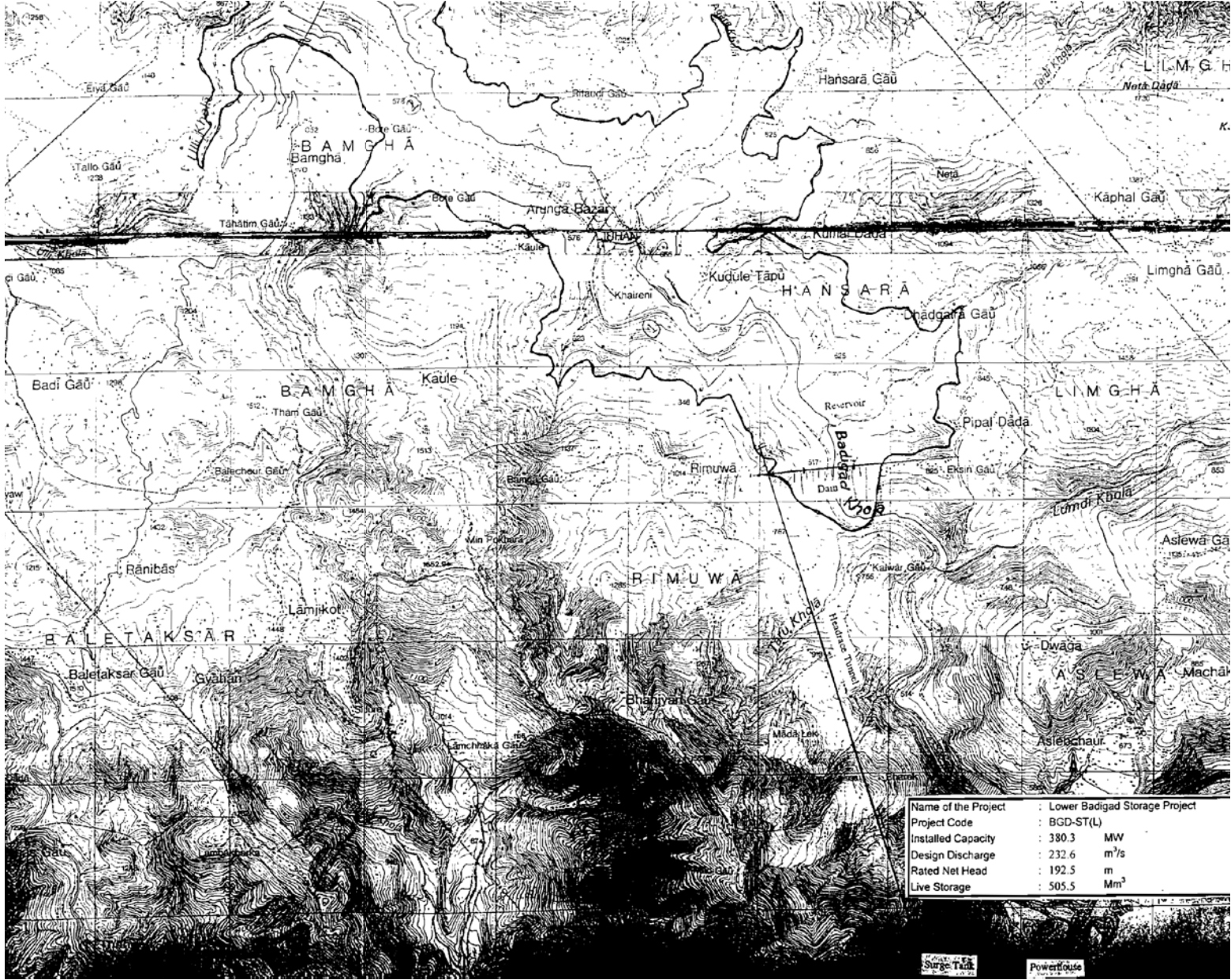
(4) 発電計画

Lower Badigad プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは机上検討段階のため、構造物の詳細な図面は存在しない。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.4-5 Salient Features

Item	Unit	Lower Badigad	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	13.7	
Total Storage Capacity	MCM	995.9	
Effective Storage Capacity	MCM	505.5	
Full Supply Level (FSL)	m	688.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	654.0	
Dam			
Type of Dam	-	Rockfill	
Dam Volume	MCM	16.9	
Total Dam Height	m	191	
River Bed Level at Dam Axis	m	517	
Spillway Type	-	Gated Spillway	
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Normal Pressure Intake	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	4,400	
Circular Tunnel Diameter	m	10	
Penstock Length	m	400	
Type of Powerhouse	-	Surface	
Turbine Type	-	Vertical Francis	
Installed Capacity	MW	380.3	
Design Discharge	m ³ /s	232.6	
Rated Net Head	m	192.5	
Tail Water Level	m	475	
Tailrace Length	m	50	

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA



Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA

Figure A.2.4-6 General Layout

なお、2012 年 6 月に調査団が実施した現地踏査によって得られたダムサイト及び発電所サイトに関する所見は、以下のとおりである。

ダムサイト

“Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project (2002)” で検討されたダムサイトは、Kaligandaki 川と Badigad 川の合流点から約 4 km 上流に位置し、ダム軸付近の座標は 28°00'03"N、83°27'14"E、河床標高は EL.517 m である。左岸のアバットは尾根であり、満水位 EL.688 m における厚さは約 300 m、EL.630 m 以上は耕作地となっている。傾斜は下部が急で 30 度程度であり、地形図によると上部はもう少し緩傾斜となっている。右岸は水際に岩が露頭しており、その上に 2 段の段丘があり、耕作地となっている。その上部の傾斜は、左岸より緩く、20～25 度程度と見られる。左岸に未舗装道路があり、ダム軸付近での河床からの比高は、約 15 m である。

ダムサイトの上流約 6 km（直線距離）地点には左岸から合流する沢の上部に Badigad fault による大規模な崩壊地があり、大量の土砂が流入している。このため、現在の計画地点にダムを建設する場合には、この沢から生産される土砂による堆砂問題を如何に処置するかが重要なポイントとなる。

一方、Lower Badigad 貯水池の直上流には、やはり貯水池式の Upper Badigad プロジェクトが計画されている。Upper Badigad のダムサイトは上記の沢より 14 km、Lower Badigad ダムサイトより直線距離で 20 km 上流に位置する。上記の堆砂問題を避けるために、Lower Badigad のダムサイトを沢の上流に移動し、両計画を一つにして、上記の沢と Upper Badigad 地点の間にダムを建設して、適当な長さの水路で落差を得ることも考えられる。この場合、水路が断層を横切らないために発電所（放水口）も沢の上流が望ましい。

発電所サイト

“Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project (2002)” で検討された発電所サイトは、Kaligandaki 川と Badigad 川の合流点から約 1 km 上流の Badigad 川右岸に位置する。NEA は現在、発電所をその対岸（左岸）側にすることも検討している。発電所を左岸側にレイアウトする場合、水路の線形を考えると、300～350 m 上流の川が右カーブする上流側、概ね 27°58'53"N、83°07'57"E、河床標高 500 m 付近の地点の方が、掘削量は若干多くなるものの、より適している。既存の道路盤は EL. 535 m 程度であり、アクセスは容易であるが、機器および資機材を Ridi 側から行うのであれば、町を迂回する道路および橋が必要である。また、Lower Badigad ダムを上記の沢の上流に変更する場合には、このサイトまでの直線距離は 10 km を超え、水路延長が増大するため、この地点に発電所を建設することは現実的ではない。

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：192.50 m

使用水量：232.60 m³/s

設備出力：380 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記 380 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響・開発投入時期・輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画ではすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送される。このため、単機出力の決定にあたっては、以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。よって本計画においては 4 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 192.50 m、定格使用水量 58.15 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 192.50 \times 58.15 \times 0.929 \\ &\doteq 101,900 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力(kW)

H_n : 基準有効落差(m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量(m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に水車形式は、落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを使用する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質によってはコーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$101,900 \text{ kW} \times 4 = 407,600 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 110,700 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$P_g = P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)}$$

$$= 101,900 \times 0.978 / 0.90$$

$$\approx 110,700 \text{ kVA}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量(kVA)

P_t : 水車定格出力(kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 110,700 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400 kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量や電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所 : Butwal Substation

送電電圧 : 220 kV

送電距離 : 49 km

線種 : Bison×2 条、2 回線

2.5 Andhi Kholā プロジェクト (C-08)

目 次

(1)	プロジェクト概要	1
(2)	気象・水文	5
(3)	地形・地質	6
(4)	発電計画	9
(5)	電気機器・送電線	16

List of Tables

Table A.2.5-1	Project Description	3
Table A.2.5-2	Monthly Rainfall at the Chapkot Station	5
Table A.2.5-3	Flow Data of the Andi Khola Project	5
Table A.2.5-4	Life of Reservoir	6
Table A.2.5-5	Salient Features	9

List of Figures

Figure A.2.5-1	Location of the Andhi Khola Project (C-08)	2
Figure A.2.5-2	General Layout of the Andhi Khola Project (C-08)	2
Figure A.2.5-3	Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Andhi Khola Project	4
Figure A.2.5-4	Regional geological map of the project area	7
Figure A.2.5-5	Engineering geological map of the reservoir and its surrounding area.	8
Figure A.2.5-6	General Layout	10
Figure A.2.5-7	Dam Plan	11
Figure A.2.5-8	Dam Section	12
Figure A.2.5-9	Powerhouse Plan	13
Figure A.2.5-10	Powerhouse Section	14

A.2.5 Andhi Khola プロジェクト (C-08)

(1) プロジェクト概要

Andhi Khola は中部 Syangja District に位置し、Andhi Khola 川より取水し、Kali Gandaki 川に放流する出力 180 MW の貯水式水力プロジェクトである。最新の検討は“Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 2002, NEA”の中で実施されており、調査レベルは FS 段階である。

また、調査団は Andhi Khola プロジェクト地点の現地踏査を 2012 年 6 月に実施している。現地踏査によって得られた所見もここに取りまとめられている。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Chapkot 観測所での年間降雨量は 1,837 mm、ダム地点の平均流量は 30.1 m³/s である。流域面積は 4750 km²、比堆砂量は 2,526 t/km²/year と NEA が中部地域の平均堆砂量として採用している 4,400 t/km²/year よりも小さく推定されている。流域内には GLOF のリスクを持つ氷河湖は存在しない。

地質的な側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、主に粘板岩が分布している。貯水池地域は主に粘板岩からなり保水性に問題はないが、周辺斜面には多くの地すべりが分布している。ダム地点の岩盤は粘板岩からなるが、左岸に厚い堆積物がありダム地点として適切とは言い難い。導水路トンネルは粘板岩を通過するが岩盤は脆い。発電所地点の岩盤は非常に脆い粘板岩よりなり、また砂礫が厚い。地震加速度マップにおける加速度は 200 mgal と中程度である。大規模構造線(MBT)は 25 km とかなり離れている。M4 以上の震源からは 40 km とかなり離れている。

自然・社会環境面では、自然面の影響も社会面の影響も中程度である。Gandaki 流域に位置し、湛水面積は 5.5 km² である。影響を受ける森林面積は 1.51 km² と少ない。動物の種数は、哺乳類 12 種、鳥類 16 種、両生・爬虫類 6 種と比較的少ない。減水区間は 60 km と Dudh Koshi プロジェクトと共にもっとも長い。下流に 3 つの保護区があり、水域に依存する希少な生物 5 種の分布が知られている。送電線の距離は 49 km と比較的短い。移転戸数は 542 戸と中程度であるが、単位電力あたりの移転戸数は 3.01 戸/MW と比較的多い。湛水域内に 11 MW の発電所が存在する。影響を受ける先住民族は、Newar (Advanced)、Magar (Disadvantaged)と Gurung (Disadvantaged)。

発電計画の面では、157 m の CFRD (Concrete Faced Rockfill Dam) が計画されているが、ダムサイト左岸側の地質はダムの基礎として適切とは言えないことから、ダムの位置および形式については再検討の必要がある。また、Andhi Khola プロジェクトの実施により、下流の Kali Gandaki A 貯水池への流入量が減少し、電力量が減少する。Kali Gandaki A 発電所ではダムの嵩上げも計画されており、Andhi Khola プロジェクトの実施と合わせ、総合的な検討が必要である。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

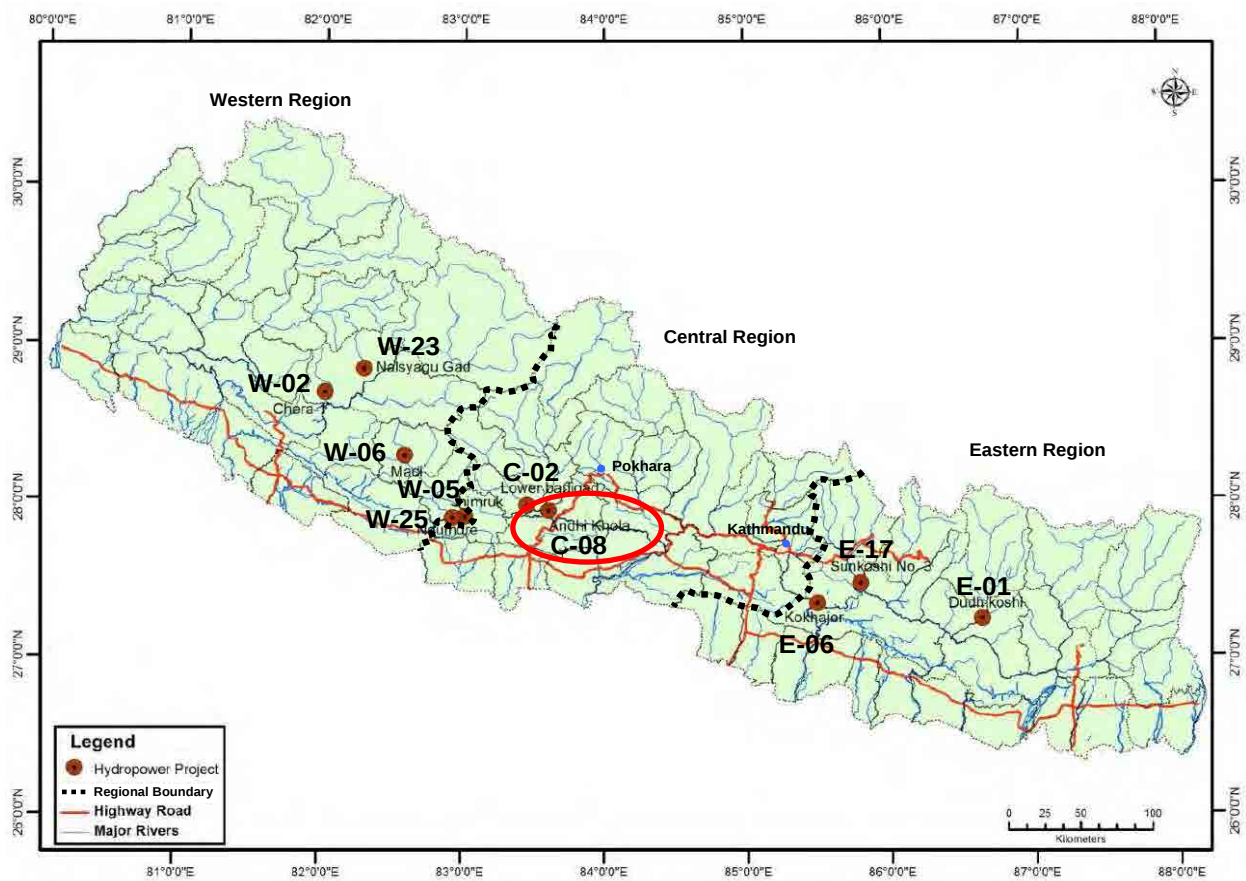


Figure A.2.5-1 Location of the Andhi Khola Project (C-08)

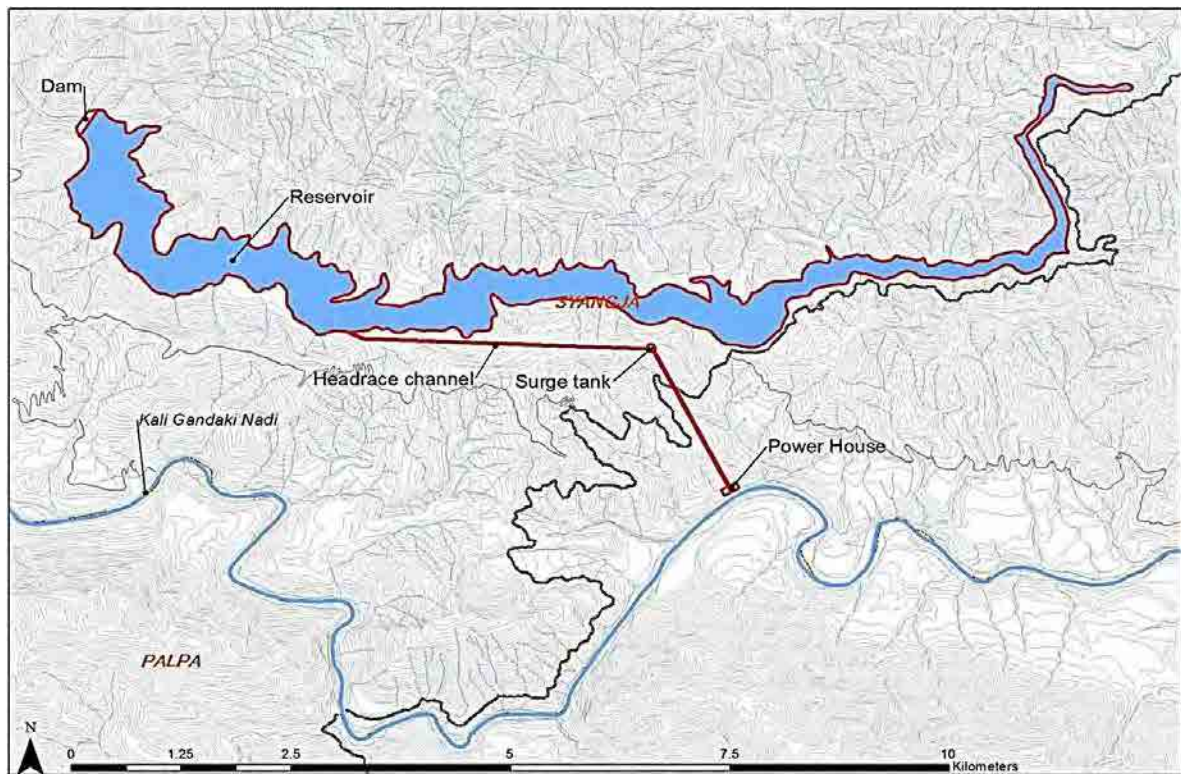


Figure A.2.5-2 General Layout of the Andhi Khola Project (C-08)

Table A.2.5-1 Project Description

Item	Unit	Andhi Khola	Remarks
Location	(District)	Syangja	
Name of the River	(River)	Andhi Khola to Kali Gandaki	
Installed Capacity	MW	180	
Catchment Area	km ²	475	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	83° 36' 30.6" 27° 58' 2.6"	
Dam Height	m	157	
Total Storage Volume	MCM	336.5	
Effective Storage Volume	MCM	238.7	
Regulating Capability Factor	%	37.3	
Reservoir Area at FSL	km ²	5.5	
Full Supply Level	m	675.0	
Minimum Operation Level	m	626.7	
Tail Water Level	m	368.5	
Rated Gross Head	m	307.0	
Rated Net Head	m	286.3	
Rated Power Discharge	m ³ /s	81.4	
Total Energy	GWh	648.7	Estimated by the Study Team.
Dry Energy (December-April)	GWh	137.1	Estimated by the Study Team.
Length of Access Road	km	8.0	
Length of Transmission Line	km	49.0	Estimated by the Study Team.
Number of Household	nos	542	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	665.8	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	10.3	Estimated by the Study Team
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	13.0	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	19.1	Estimated by the Study Team.

Source: Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 1998, NEA (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

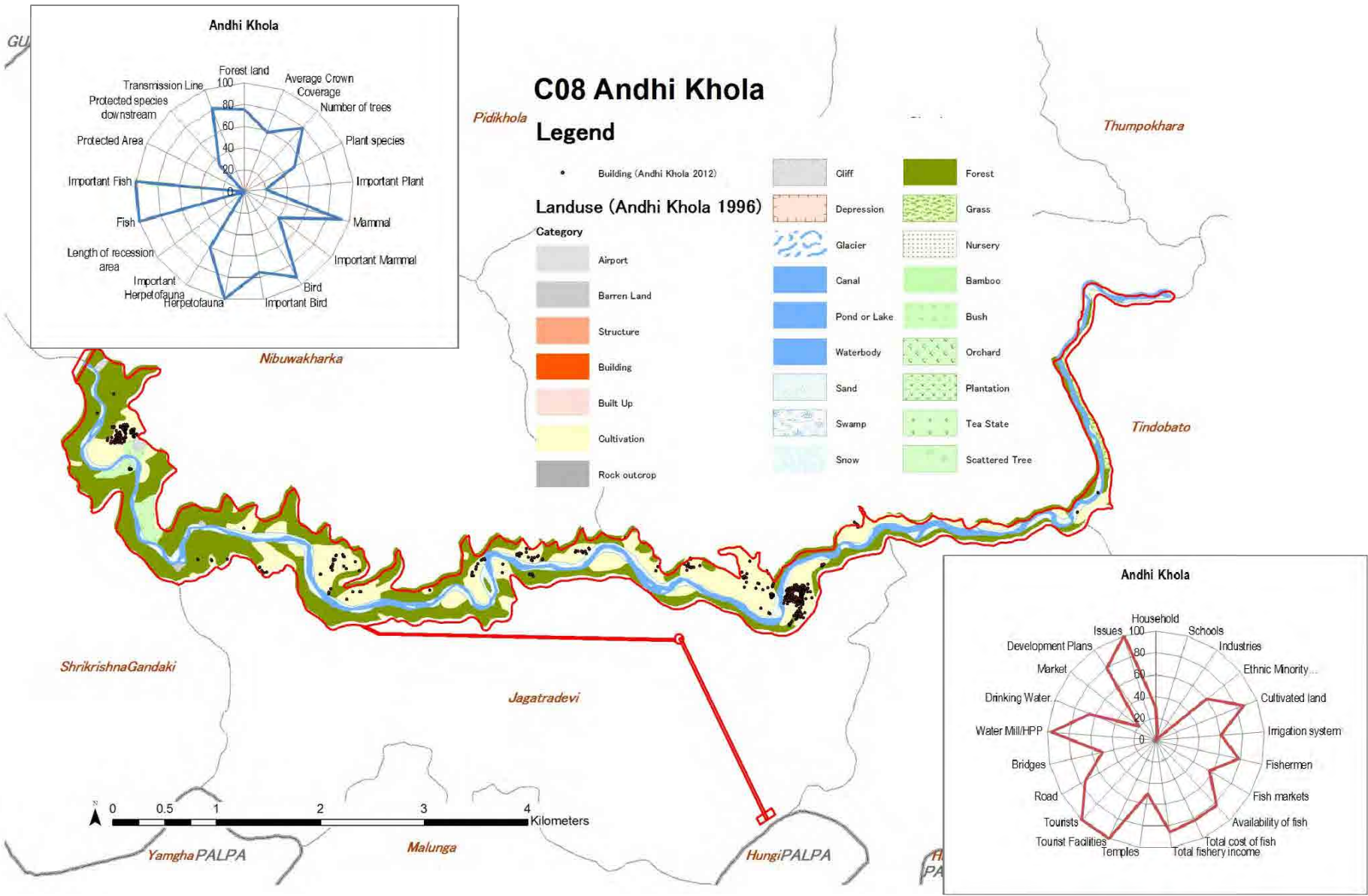


Figure A.2.5-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Andhi Khola Project

(2) 気象・水文

Andhi Khola プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Andhi Khola プロジェクトは、Andhi Khola 川に位置し、Syangja 行政区に位置する。

Syangja に Chapkot 気象観測所(0810)がある。Chapkot 気象観測所の月別降水量を Table A.2.5-2 に示す。

Table A.2.5-2 Monthly Rainfall at the Chapkot Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
CHAPKOT	0810	Syangja	CLIMATOLOGY	Jan, 57	27.88	83.82	460

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
23.2	24.4	33.8	57.3	140.7	332.7	520.3	377.7	236.7	68.1	7.2	14.7	1,836.8

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Andi Khola プロジェクトはダム軸から上流 1.5 km に測水所(415)があり、測水所の流量データに流域面積比を乗じて流量を算出した。

プロジェクト近傍に測水所があるので、流量の信頼性が比較的高いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Andi Khola プロジェクトの流量データを Table A.2.5-3 に示す。測水所の流量データは至近 10 年のデータはなく、1964 年～1991 年であるため、計測期間の平均月別流量を使用した。

Table A.2.5-3 Flow Data of the Andi Khola Project

(m ³ /s)												
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
4.74	3.85	3.17	2.96	6.31	33.33	99.79	94.10	67.16	26.74	9.87	6.14	29.85

3) GLOF の危険性

Andi Khola プロジェクトの上流に GLOF の危険性のある氷河湖は存在しない。

4) 堆砂の影響

Andhi Khola プロジェクトの比堆砂量は、FS レポートの中で 2,526 m³/km²/year と算定されている。この比堆砂量は、観測データより算出されたものである。この比堆砂量を用いて貯

水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.5-4 に示す。貯水池寿命は 280 年と計算される。

Table A.2.5-4 Life of Reservoir

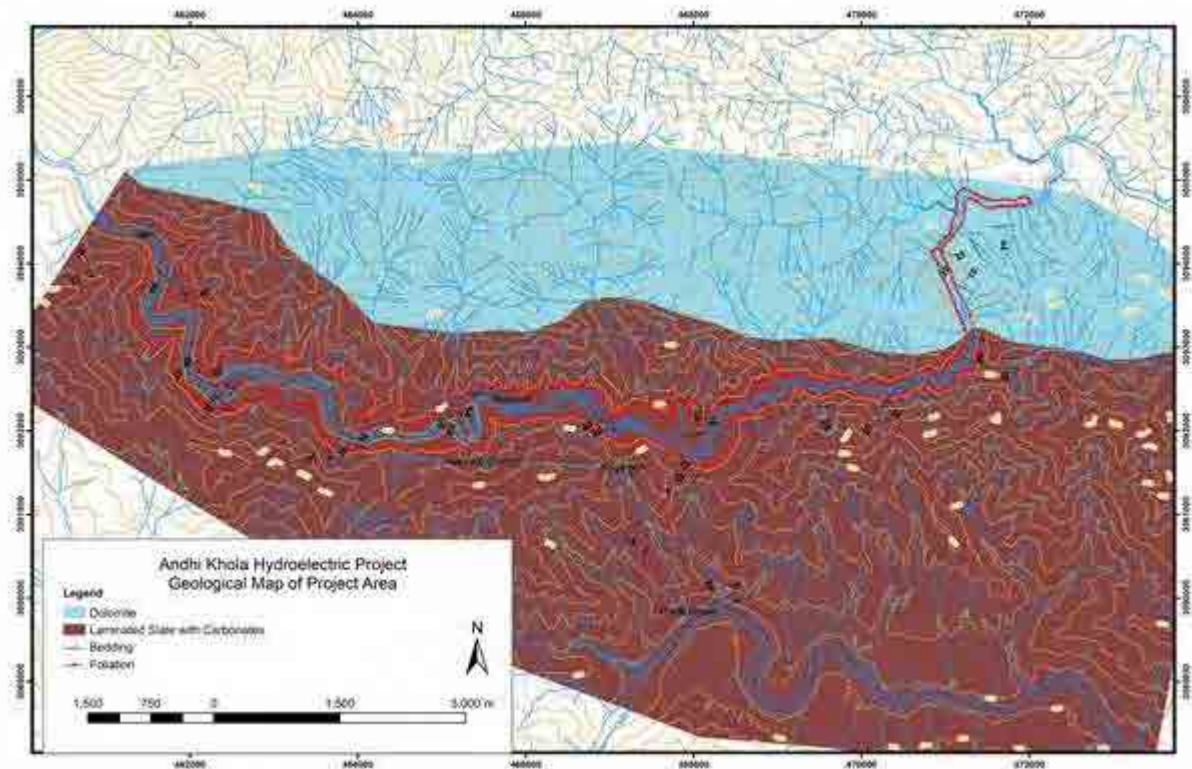
a) Specific Sediment Yield	2,526 m ³ /km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield)	1.2 × 10 ⁶ m ³ /yr (475 km ² × 2,526 m ³ /km ² /yr)
c) Total Storage Volume	336.5 × 10 ⁶ m ³
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	280 years (336.5 × 10 ⁶ m ³ / 1.2 × 10 ⁶ m ³ /yr)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Andhi Khola プロジェクトは、ネパール西部、Syahla 行政区に位置する。ダム地点は Kaligandaki 川との合流点より 1.6 km 上流の Andhi Khola 川に位置し、発電所地点は Kaligandaki 川左岸の沖積段丘に位置する。今回実施した現地調査および FS 報告書（1998 年）によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.5-4 に示す。計画地域は、Lesser Himalaya 地区に属し、Benighat 粘板岩と Dhading ドロマイトが分布する。Benighat 層は主に粘板岩から構成されて炭酸塩岩の薄層を伴っている。Dhading ドロマイトは厚層のドロマイトから構成されている。FS では Benighat 粘板岩と Dhading ドロマイトの境界に Keware 断層が、その南約 1 km に Andhi Khola 断層が示されている。



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.5-4 Regional geological map of the project area.

貯水池とその周辺地域には主に Benighat 粘板岩が分布し、最上流部に Dhading ドロマイトが分布する。Benighat 粘板岩は粘板岩からなり著しく破碎している。Dhading ドロマイトは非常に厚層のドロマイトから構成されている。貯水池とその周辺地域の応用地質図を Figure A.2.5-5 に示す。貯水池地域には colluvium と風化残留土が広く分布し、地すべりが多い。Benighat 粘板岩は岩相から難透水性と思われる。Dhading ドロマイトは透水性が高い可能性があるが、これを通して他流域へ達する経路は長いので漏水の心配は無いと思われる。貯水池地域には Keware 断層と Andhi Khola 断層が走っている。

ダム地点には Benighat 粘板岩の粘板岩が分布する。岩盤は中程度に堅硬で難透水性である。片理面はダム下流右岸側に 30 度前後で傾斜している。河床堆積物の厚さはボーリングで 2.7 m と薄いことが確認されている。計画満水位は 675 m であるが、左岸の標高 606m 以上に厚い段丘堆積物がある。

ダム地点として FS 後、FS ダム地点の約 1 km 上流の地点が検討されたが、左岸に大規模地すべりがあり適切な地点ではなかった。さらに 0.5 km 上流の地点も検討されたが岩盤は破碎されて良好とはいえない。

導水路トンネルのルートは貯水池右岸の尾根を斜めに横断して Kaligandaki 川左岸斜面に達する。ルート沿いには Benighat 粘板岩が分布する。粘板岩はかなり破碎されている。片理面の走行傾斜は一定していない。トンネルの被りは最大で約 350 m である。

発電所は Kaligandaki 川左岸の沖積段丘に位置し、そこには Benighat 粘板岩が分布する。片理面は山側に平均約 12 度傾斜している。岩盤までの深さ 45 m がボーリングで確認されている。

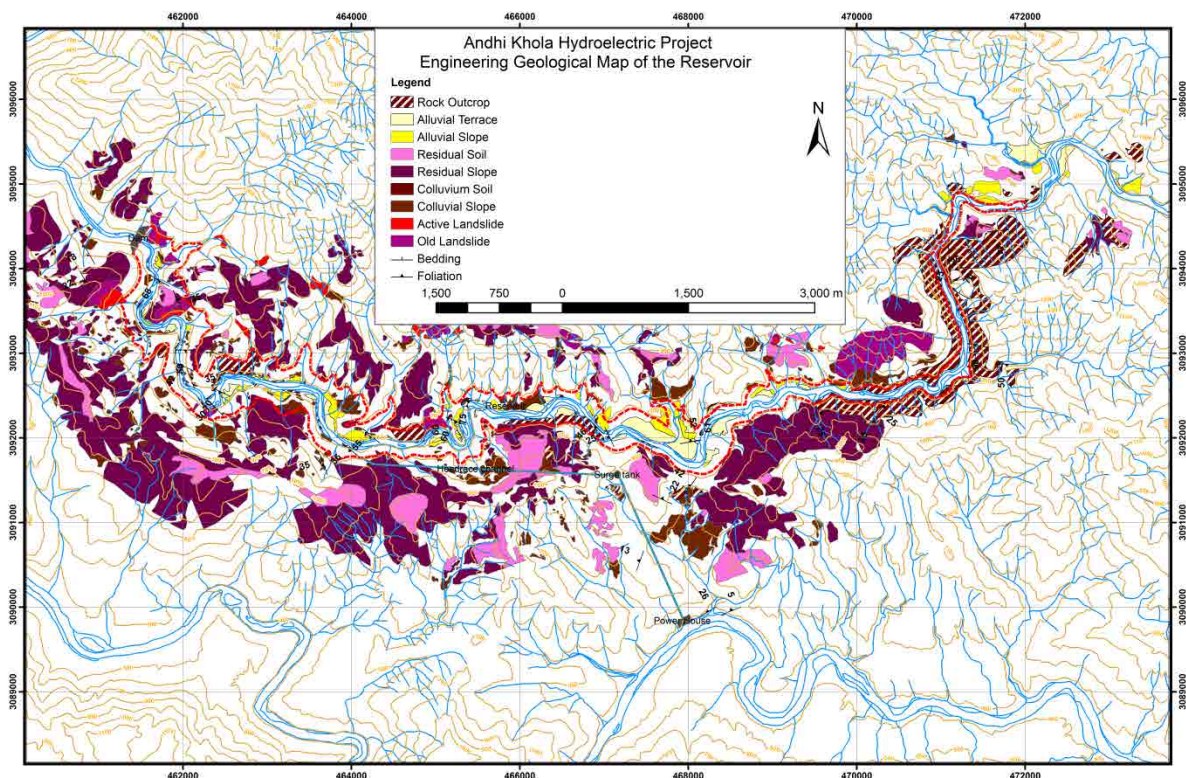
建設材料のうち粗骨材はダム地点の約 500 m 上流で得られる。細骨材は Sera や Illunga 付近の Andhi Khola 川の沖積段丘から得られる。土質材料は粘板岩の colluvium や風化残留土などから、ロック材は Andhi Khola 川ダム右岸から Kaligandaki 川に分布するドロマイトから得られる。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 25 km 南に MBT がある。Andhi Khola 断層がダム地点の 1 km 以内にある可能性がある。

3) 地震活動度

計画地域は lesser Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 200 mgal である。最も近い M4 以上の震源は約 40 km 北東に位置する。



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.5-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding area.

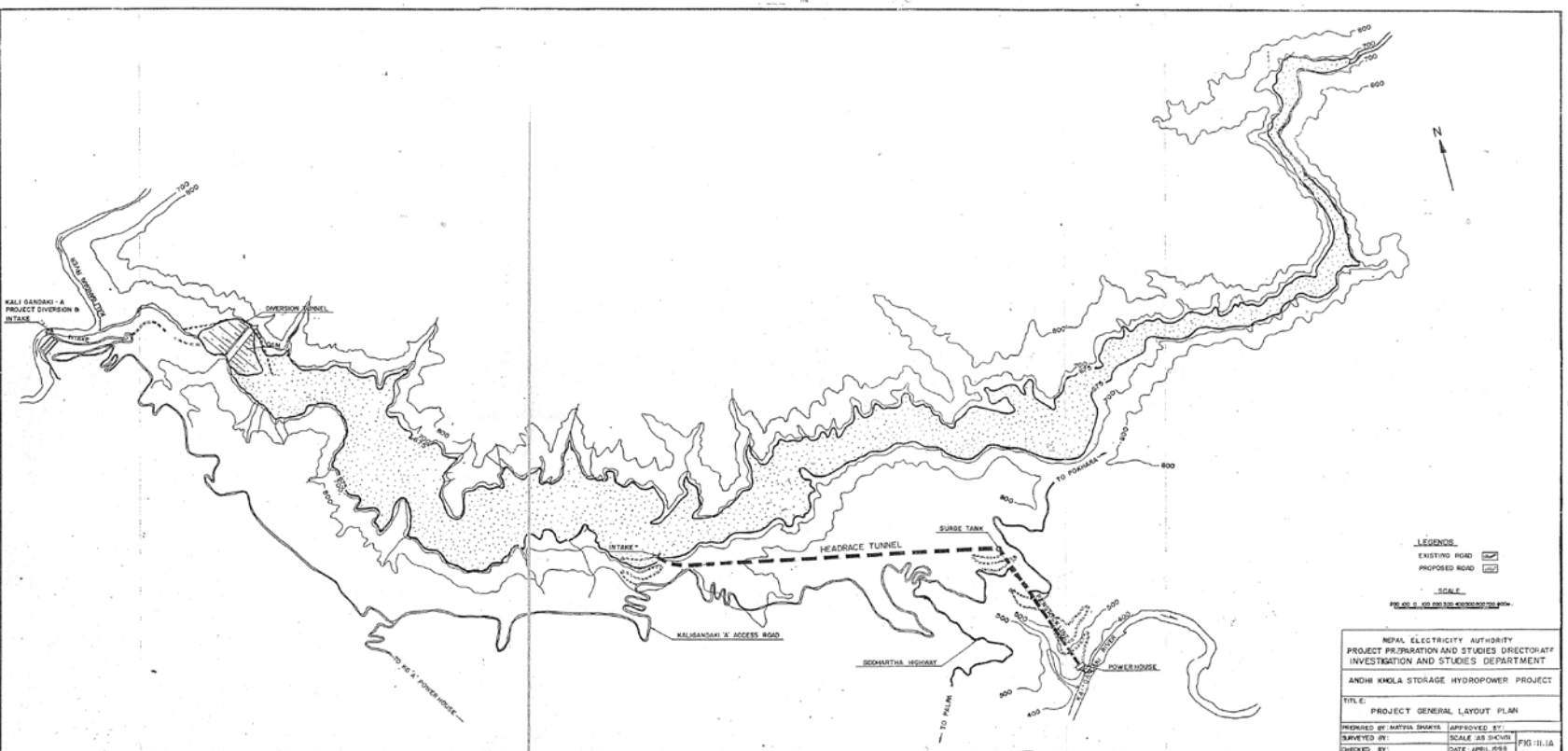
(4) 発電計画

Andhi Khola プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは FS まで完了した段階であるため、構造物の基本的な設計図面が揃っている。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.5-5 Salient Features

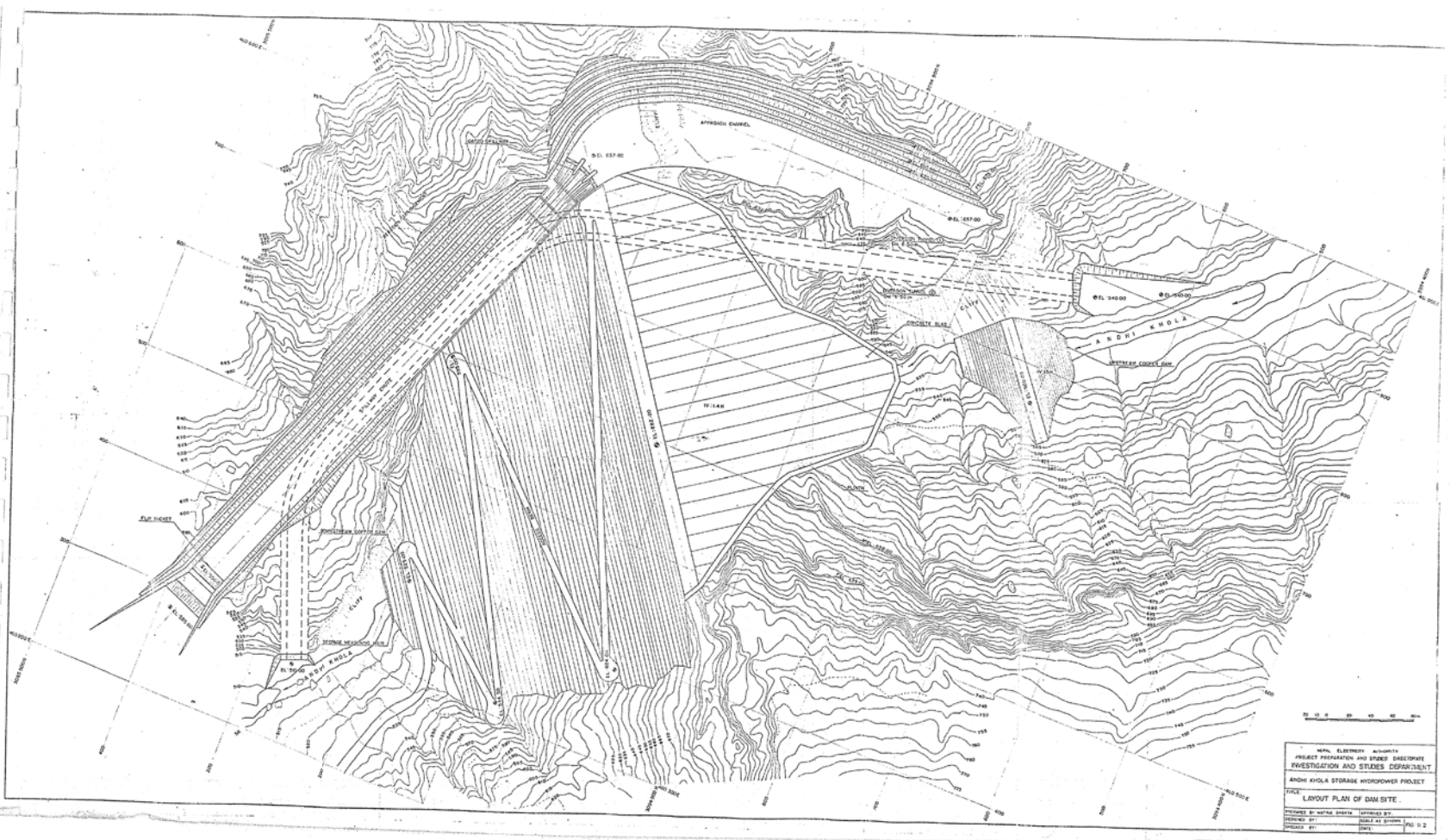
Item	Unit	Andhi Khola	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	5.5	
Total Storage Capacity	MCM	336.5	
Effective Storage Capacity	MCM	238.7	
Full Supply Level (FSL)	m	675.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	626.7	
Dam			
Type of Dam	-	CFRD	(Concrete Faced Rockfill Dam)
Dam Volume	MCM	8.2	
Total Dam Height	m	157	
River Bed Level at Dam Axis	m	525	
Spillway Type	-	Gated Spillway	(3 Radial Gate)
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Sloping Intake	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	3,395	
Tunnel Diameter	m	6.5	
Penstock Length	m	1,350	D=4.8m
Type of Powerhouse	-	Surface	(Semi-underground)
Turbine Type	-	Vertical Francis	
Installed Capacity	MW	180	(3 x 60 MW)
Design Discharge	m ³ /s	81.4	
Rated Net Head	m	286.3	
Tail Water Level	m	368.48	
Tailrace Length	m	85	

Source: Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 1998, NEA



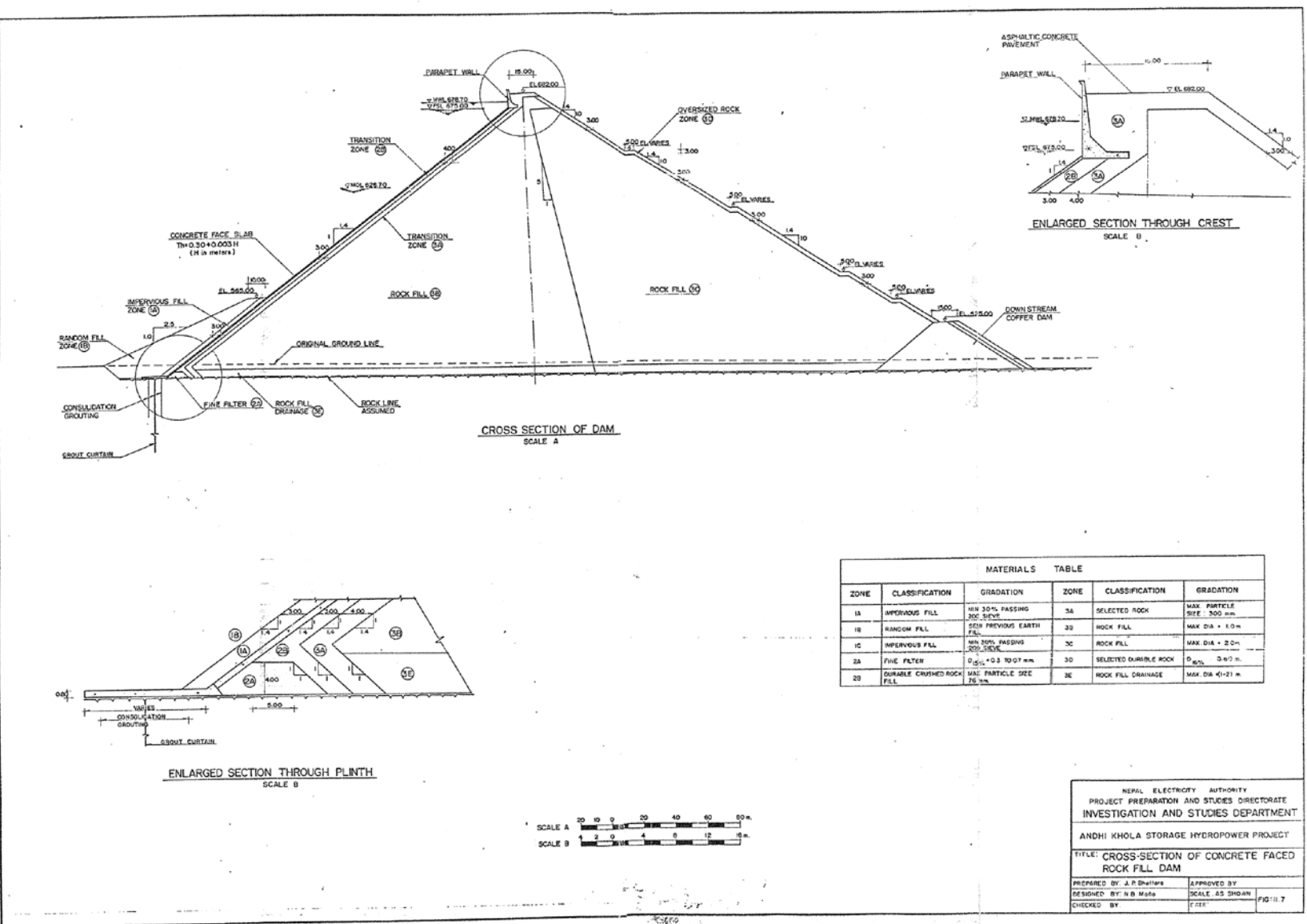
Source: Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 1998, NEA

Figure A.2.5-6 General Layout



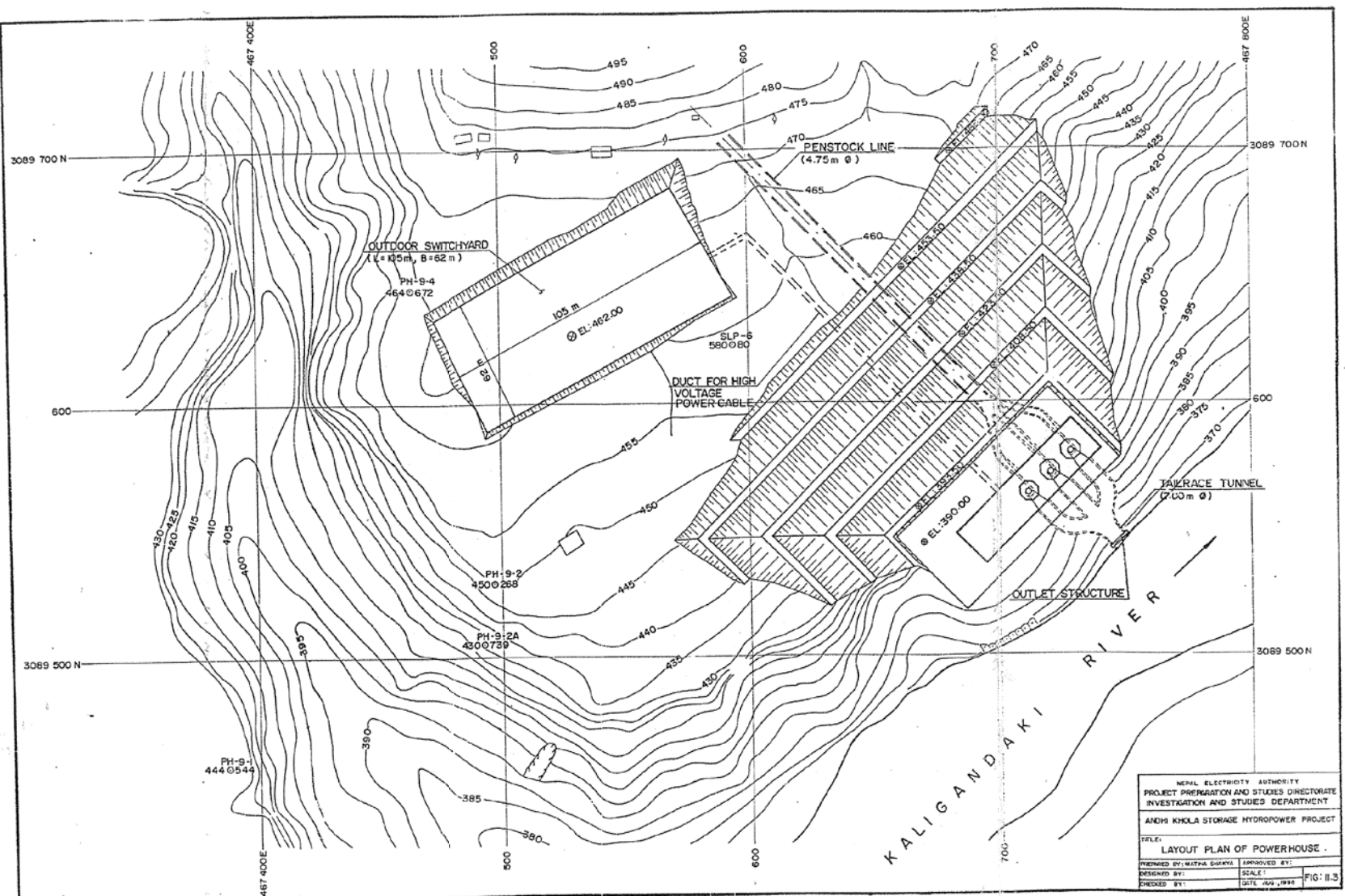
Source: Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 1998, NEA

Figure A.2.5-7 Dam Plan



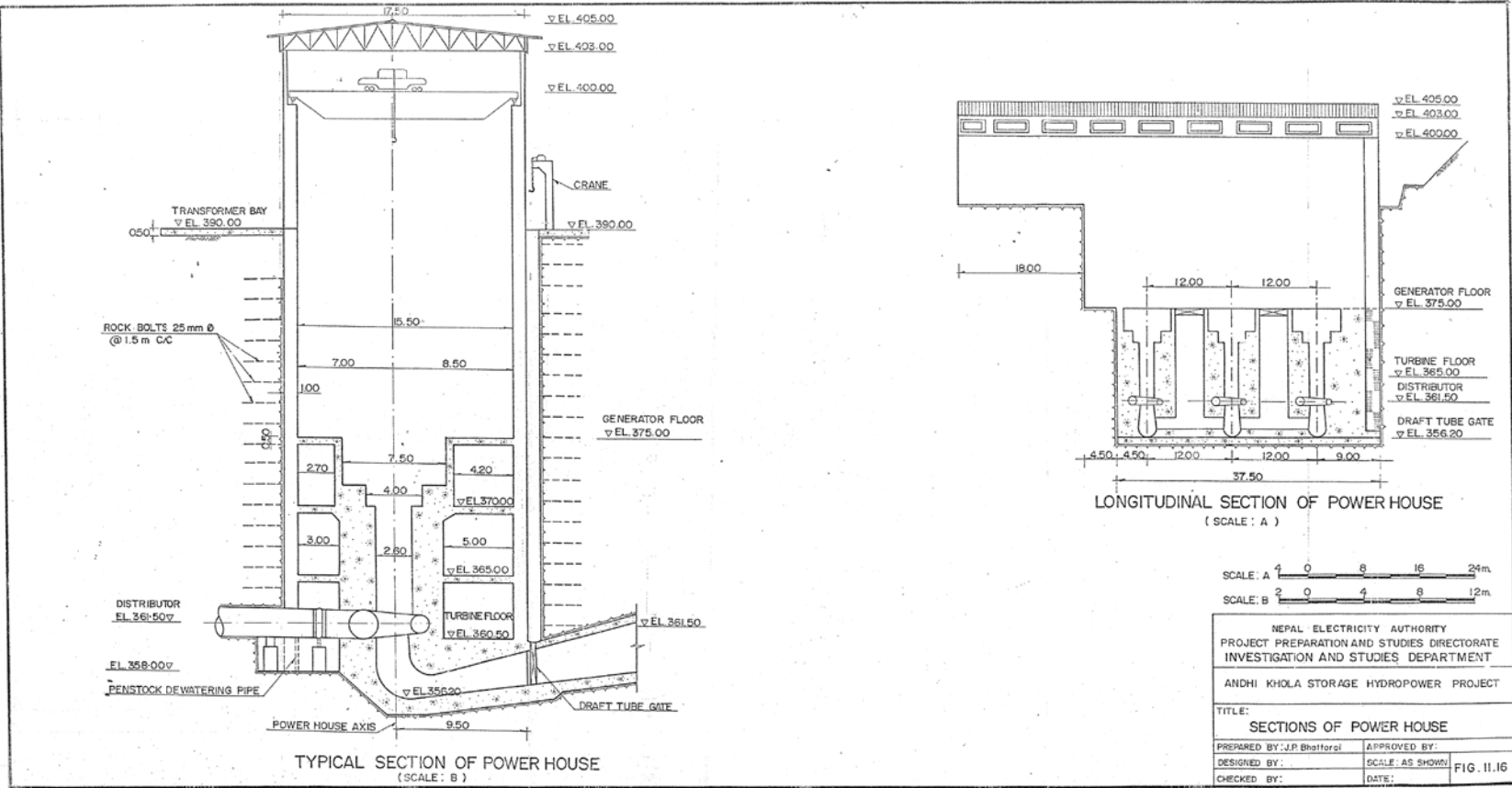
Source: Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 1998, NEA

Figure A.2.5-8 Dam Section



Source: Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 1998, NEA

Figure A.2.5-9 Powerhouse Plan



Source: Feasibility Study on Andhi Khola Hydroelectric Project, 1998, NEA

Figure A.2.5-10 Powerhouse Section

なお、2012 年 6 月に調査団が実施した現地踏査によって得られたダムサイトおよび発電所サイト他に関する所見は以下のとおりである。

ダムサイト

FS で検討されたダムサイトは Kali Gandaki 川と Andhi Khola 川との合流点より約 1.5 km 上流に位置し、ダム軸付近の河床標高は 525 m である。合流点直下流の Kali Gandaki 川には、NEA が所有する Kali Gandaki A 水力発電所 (144 MW) の取水ダムがある。調整池の満水位は 524 m である。

この既設 Kali Gandaki A 発電所では、取水ダムの嵩上げが計画されている。このため、現在、FS で検討されたサイトより約 2 km 上流にダムサイトを変更することが検討されている。新しいダムサイトは、もともと FS の中でダムサイトの代替案として検討されていたが、主に地質面の理由から、採用されなかった経緯がある。新しいダム軸付近の河床標高は、もとのサイトより 30 m 高く、555 m である。

アクセスに関しては、Butwal と Pokhara を結ぶ国道から既設の Kali Gandaki A へ通じる 2 車線舗装道路が左岸を走っており、その標高 815 m 付近から左岸の標高 700 m 付近 (Ilunga 集落) まで 1 車線のジープ道がある。この途中から分岐して上記の吊橋付近に通じる 1 車線の道路があり、トラクターが通っている。ダム (河床) へのアクセス道路は、この道路の拡幅と勾配改良で可能と思われる。

現在、ダムサイト付近の地形測量が NEA によって実施されている。この新しいダム軸付近の地形は、両岸ともに尾根が薄い部分があることから、ダム軸の設定には注意を要する。また、ダムサイトを上流へ移すことにより、ダム基礎の地質調査工事をはじめ、ダムおよび水路系の基本設計、施工計画および工事費の積算等をやり直さなければならず、さらに、貯水池容量も FS 時の容量より 3 割程度減少すると見込まれることから、発電計画そのものを大幅に見直す必要がある。

したがって、もし、ダムサイトを変更することになると、FS をほぼやり直す程度の時間と労力がかかるため、Kali Gandaki A の嵩上げ計画とセットで総合的に検討する必要がある。Kali Gandaki A の満水位をどの程度上昇させるかによるが、あまり上昇幅が大きくなければ、ダム位置は FS 時のままで、よう壁等の構造物をダムの下流に築造することで満水位の上昇に対処できる可能性がある。

発電所サイト

発電所は、Kali Gandaki 川左岸に位置するが、FS 時に検討された位置から 500 m 下流側へ変更することが検討されている。既設の Andhikhola 発電所 (IPP) 放水口の上流約 400 m、概ね 27°55'39"N、83°40'26"E、河岸標高は約 380 m の地点である。左岸の傾斜は河床から標高 600 m 付近まで 25 度程度。この地点の標高 430~470 m にかけて、上下流方向約 200 m、横断方向約 100~150 m の、傾斜 1:5.0 程度の緩斜面 (耕作地) がある。FS では屋外開閉所として利用することが計画されている。

Butwal と Pokhara を結ぶ国道の発電所より上流約 1.2 km（直線距離）より分岐して、発電所との間の緩傾斜地（耕作地）を「いろは坂」で下れば、発電所（特に FS の発電所地点）へのアクセスは比較的容易と思われる。ただし、機器および資機材を Ridi 側から行うのであれば、町を迂回する道路および橋が必要である。

その他

Butwal Power Company Ltd.によって運営されている既設 Andhikhola 発電所（5.1 MW）に関しては、FS の中で Andhi Khola プロジェクトにより廃止して全てを補償するか、あるいは補強の上、改修して運用するかが検討されており、改修して運用する案が経済的であると結論づけられている。

現在、同発電所は出力を 9 MW に増強することを計画しており、既に取水ダムの嵩上げ工事を実施中である。発電所部分に関しては、2012 年中に工事を開始、2013 年中には改修工事を完了し、運用を開始する予定である。

なお、Andhi Khola プロジェクトに関しては、韓国の企業から NEA に対して開発の申し入れがあったが、NEA からは返答していないとの情報がある。

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：286.30 m

使用水量：81.40 m³/s

設備出力：180 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記 180 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響・開発投入時期・輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画ではすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送される。このため、単機出力の決定にあたっては、以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。よって本計画においては 3 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 286.30 m、定格使用水量 27.13 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 286.30 \times 27.13 \times 0.919 \\ &\approx 69,900 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力 (kW)

H_n : 基準有効落差 (m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量 (m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に、水車形式は落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを使用する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質によってはコーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$69,900 \text{ kW} \times 3 = 209,700 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 75,800 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$\begin{aligned}
 P_g &= P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)} \\
 &= 69,900 \times 0.977 / 0.90 \\
 &\approx 75,800 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量(kVA)

P_t : 水車定格出力(kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 75,800 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400 kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量、電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所	: Hetauda Substation
送電電圧	: 220 kV
送電距離	: 49 km
線種	: Bison×1 条、2 回線