表－3.2.3 ネパールの既設発電所の月別ピーク電力供給能力

Power Stations	Installed Capacity (MW)	Month											
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
- Hydro. P/S													
Sundarijar	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Pharping	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Panauti	2.40	2.24	2.16	2.10	2.00	2.09	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.36
Sunkosi	10.05	6.07	5.13	5.03	6.04	8.90	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Trusuli	21.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Tinau (Butwal)	1.28	1.00	1.06	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Pokhara (Phewa)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Gandaki	15.00	11.20	6.87	6.71	6.47	9.30	12.60	13.50	13.50	13.50	13.50	12.44	11.72
Others	0.615	0.492	0.492	0.492	0.492	0.615	0.615	0.615	0.615	0.615	0.615	0.492	0.492
Sub-total	52.345	41.002	35.652	35.392	36.282	42.185	46.895	47.795	47.795	47.795	47.795	46.612	45.852
- Total Diesel P/S	28.17	23.94	23.94	23.94	23.94	23.94	23.94	23.94	23.94	23.94	23.94	23.94	23.94
- Total Steam P/S	4.55	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87
Grand Total	85.065	68.812	63.462	63.202	64.092	70.000	74.705	75.605	75.605	75.605	75.605	74.422	73.622

Note: Capacity utilization of diesel and steam power plants is assumed as 85% of the installed capacity.

表－3.2.4 ネパールにおける電力および電力量供給実績

Year	Energy Supply								Available Energy			Max. Demand		Yearly Load Factor
	Domestic	Industrial	Commercial	Street Light & Others	Total Utilized Energy	Loss	Total Supplied Energy	Yearly Rate of Increase	Generated	Imported	Exported	Power	Rate of Increase	
	MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	%	MWH	MWH	MWH	kW	%	%
1970/71	24,866	8,732	4,599	2,713	40,910	19,139	60,049	-	60,049	-	-	15,520	-	44.2
71/72	32,918	10,714	5,143	2,816	51,591	23,350	74,941	24.8	74,941	-	-	20,100	29.5	42.6
72/73	38,775	13,908	5,962	3,024	61,669	28,414	90,083	20.2	92,021	386	2,324	24,590	22.3	41.8
73/74	47,710	15,757	6,514	3,218	73,199	33,885	107,084	18.9	109,890	896	3,702	29,810	21.2	41.0
74/75	54,090	21,397	7,897	3,816	87,200	36,995	124,195	16.0	126,020	2,796	4,621	36,165	21.3	39.2
75/76	61,787	32,128	9,173	4,173	107,261	42,965	150,226	21.0	148,162	8,004	5,940	40,245	11.3	42.6
76/77	65,768	39,036	10,405	4,382	119,591	45,789	165,380	10.1	159,638	11,858	6,116	45,580	13.3	41.4
77/78	71,348	42,751	13,068	4,488	131,655	54,724	186,579	12.7	178,586	13,763	5,970	50,630	11.1	42.0
78/79	77,221	47,827	18,020	5,895	148,963	62,998	211,961	13.7	201,426	16,695	6,160	52,360	3.4	46.2

Source: "Electric Power Statistics of Nepal, Planning Evaluation Section, ED, 1980".

表－3.2.5 開発区別電力および電力量供給実績（その1）

Region	Year	Energy Supply: Domestic	Industrial	Commercial	Street Light & Others	Total Utilized Energy	Loss	Total Supplied Energy	Yearly Rate of Increase	Available Energy: Generated	Imported	Exported	Max. Demand: Power	Rate of Increase	Yearly Load Factor
		MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	%	MWH	MWH	MWH	kW	%	%
Eastern Region	1970/71	1,630	2,804	19	362	4,815	603	5,418	-	5,418	-	-	1,300	-	47.6
	71/72	1,849	3,489	17	315	5,670	731	6,401	18.1	6,401	-	-	1,550	19.2	47.1
	72/73	2,155	3,535	22	360	6,072	998	7,070	10.5	7,070	-	-	1,770	14.2	45.6
	73/74	2,626	4,252	21	387	7,286	1,170	8,456	19.6	8,456	-	-	2,070	16.9	46.6
	74/75	3,322	5,744	-	430	9,496	1,675	11,171	32.1	10,975	196	-	2,960	43.0	43.1
	75/76	4,080	11,091	-	504	15,675	2,890	18,565	66.2	17,834	731	-	4,400	48.6	48.2
	76/77	5,958	12,453	-	464	18,875	403	19,278	3.8	17,903	1,375	-	5,680	29.1	38.7
	77/78	6,846	11,986	-	694	19,526	2,642	22,168	15.0	20,437	1,731	-	6,830	20.2	37.1
	78/79	7,812	15,890	-	805	24,507	2,665	27,172	22.6	25,193	1,979	-	7,500	9.8	41.4
Central Region	1970/71	22,826	5,749	4,567	2,310	35,452	18,197	53,649	-	53,649	-	-	13,860	-	44.2
	71/72	30,131	6,939	5,090	2,323	44,483	22,096	66,579	24.1	66,579	-	-	17,720	27.8	42.9
	72/73	35,205	10,049	5,910	2,475	53,639	26,488	80,127	20.3	82,412	39	2,324	21,650	22.2	42.2
	73/74	42,495	10,928	6,394	2,504	62,321	31,678	93,999	17.3	97,360	341	3,702	25,970	20.0	41.3
	74/75	47,734	14,112	7,778	2,808	72,432	33,929	106,361	13.2	110,268	714	4,621	30,780	18.5	39.4
	75/76	52,888	18,631	8,951	2,411	82,881	37,745	120,626	13.4	124,865	1,701	5,940	32,560	5.8	42.3
	76/77	53,823	23,139	10,133	2,210	89,305	42,139	131,444	9.0	135,017	2,543	6,116	35,790	9.9	41.9
	77/78	56,197	26,515	12,792	1,906	97,410	49,417	146,827	11.7	150,534	2,263	5,970	39,000	9.0	43.0
	78/79	60,465	26,388	17,987	6,100	110,940	53,321	164,261	11.9	167,757	2,664	6,160	39,440	1.1	47.5

Source: "Electric Power Statistics of Nepal, Planning Evaluation Section, ED, 1980".

表－3.2.6 開発区別電力および電力量供給実績（その２）

Region	Year	Energy Supply: Domestic	Industrial	Commercial	Street Light & Ohters	Total Utilized Energy	Loss	Total Supplied Energy	Yearly Rate of Increase	Available Energy: Generated	Imported	Exported	Max. Demand: Power	Rate of Increase	Yearly Load Factor
		MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	MWH	%	MWH	MWH	MWH	kW	%	%
Western Region	1970/71	410	179	13	41	643	339	982	-	982	-	-	360	-	31.1
	71/72	938	286	36	178	1,438	523	1,961	99.7	1,961	-	-	830	130.6	27.0
	72/73	1,256	324	31	154	1,865	882	2,647	35.0	2,459	188	-	1,050	26.5	28.8
	73/74	1,976	521	99	177	2,773	828	3,601	36.0	2,611	990	-	1,370	30.5	30.0
	74/75	2,093	962	119	414	3,588	988	4,576	27.1	3,054	1,522	-	1,700	24.1	30.7
	75/76	3,465	1,313	222	1,051	6,051	1,816	7,867	71.9	5,448	2,419	-	2,295	35.0	39.1
	76/77	4,311	1,963	272	1,455	8,001	2,008	10,009	27.2	6,131	3,878	-	2,820	22.9	40.5
	77/78	5,017	2,699	276	1,592	9,584	1,626	11,210	12.0	7,443	3,767	-	3,090	9.6	41.4
	78/79	5,515	3,644	33	1,616	10,808	3,016	13,824	23.3	7,960	5,864	-	3,470	12.3	45.5
Far Western Region	1970/71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	71/72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	72/73	159	-	-	35	194	45	239	-	80	159	-	120	-	22.7
	73/74	613	56	-	150	819	209	1,028	330.1	132	896	-	400	233.3	29.3
	74/75	941	579	-	164	1,684	403	2,087	103.0	73	2,014	-	725	81.3	32.9
	75/76	1,354	1,093	-	207	2,654	514	3,168	51.8	15	3,153	-	990	36.6	36.5
	76/77	1,676	1,481	-	253	3,410	692	4,102	29.5	40	4,062	-	1,290	30.3	36.3
	77/78	3,288	1,551	-	296	5,135	1,039	6,174	50.5	172	6,002	-	1,730	34.1	40.7
	78/79	3,429	1,905	-	374	5,708	996	6,704	8.6	516	6,188	-	1,950	12.7	39.2

Source: "Electric Power Statistics of Nepal, Planing Evaluation Section, ED, 1980".

表－3.3.1 ネパール全土および中央電力系統内の電力需要

Fiscal Year	Power Requirement by Region (MW)				Total (MW)	
	Central	Eastern	Western	Far Western	Whole Nepal	Interconnected System
1977/78	39.2	(6.8)	(3.1)	(1.7)	50.8	39.2
1978/79	45.1	(8.4)	(3.8)	(2.3)	59.6	45.1
1979/80	51.8	(10.5)	(4.8)	(2.9)	70.0	51.8
1980/81	59.4	(13.1)	(5.9)	(3.8)	82.2	59.4
1981/82	68.0	(16.1)	(7.3)	(4.8)	96.2	68.0
1982/83	77.6	(19.6)	3.2(5.7)	(6.0)	112.1	80.8
1983/84	88.3	(23.7)	3.8(6.9)	(7.5)	130.2	92.1
1984/85	100.2	(28.5)	12.9	(9.1)	150.7	113.1
1985/86	110.8	30.9(2.2)	15.0	(10.8)	169.7	156.7
1986/87	125.1	36.5(2.6)	17.6	9.3(3.6)	194.7	188.5
1987/88	140.9	42.7(3.0)	20.5	11.0(4.2)	222.3	215.1
1988/89	158.2	49.5(3.5)	23.9	12.8(4.9)	252.8	244.4
1989/90	177.2	61.0	27.5	20.4	286.1	286.1
1990/91	193.4	67.9	30.7	22.6	314.6	314.6
1991/92	215.4	76.8	34.7	25.3	352.2	352.2
1992/93	239.4	86.0	38.8	28.0	392.2	392.2
1993/94	265.2	95.4	43.1	30.8	434.5	434.5
1994/95	293.0	105.0	47.4	33.9	479.3	479.3
1995/96	315.8	112.9	51.0	36.4	516.1	516.1
1996/97	347.0	124.2	56.1	40.1	567.4	567.4
1997/98	380.3	136.6	61.7	44.1	622.7	622.7
1998/99	415.7	150.3	67.9	48.5	682.4	682.4
1999/2000	453.1	165.3	74.7	53.3	746.4	746.4

Note: 1. Parentheses show power demand non-interconnected to CNPS.

2. Power demand in Malangawa, Gaur and Janak-Jalesor areas are included in that of eastern Region of the above Table.

表－3.3.2 ネパール全土および中央電力系統内の電力量需要

Fiscal Year	Power Requirement by Region (GWh)				Total (GWh)	
	Central	Eastern	Western	Far Western	Whole Nepal	Interconnected System
1977/78	144.2	(24.8)	(11.2)	(6.4)	186.6	144.2
1978/79	165.8	(31.0)	(14.0)	(8.3)	219.1	165.8
1979/80	190.7	(38.8)	(17.5)	(10.8)	257.8	190.7
1980/81	218.7	(48.1)	(21.7)	(13.9)	302.4	218.7
1981/82	258.2	(59.2)	(26.7)	(17.6)	361.7	250.2
1982/83	285.4	(72.2)	11.6(21.0)	(22.1)	412.3	297.0
1983/84	324.8	(87.3)	14.0(25.4)	(27.4)	478.9	338.9
1984/85	368.7	(104.8)	47.3	(33.6)	554.4	416.0
1985/86	417.4	116.5(8.2)	56.3	(40.6)	639.0	590.2
1986/87	471.2	137.4(9.8)	66.5	35.1(13.5)	733.5	710.2
1987/88	530.6	160.8(11.4)	77.7	41.4(15.9)	837.8	810.5
1988/89	595.8	186.5(13.2)	90.1	48.2(18.6)	952.6	920.8
1989/90	667.3	229.7	103.7	76.8	1,077.5	1,077.5
1990/91	745.4	261.8	118.2	87.2	1,212.6	1,212.6
1991/92	830.4	295.9	133.6	97.6	1,357.5	1,357.5
1992/93	922.6	331.4	149.6	107.9	1,511.5	1,511.5
1993/94	1,022.2	367.8	166.1	118.6	1,674.7	1,674.7
1994/95	1,129.5	404.6	182.7	130.5	1,874.3	1,847.3
1995/96	1,244.7	445.1	201.0	143.5	2,034.3	2,034.3
1996/97	1,368.0	489.6	221.0	157.9	2,236.5	2,236.5
1997/98	1,499.3	538.5	243.2	173.7	2,454.7	2,454.7
1998/99	1,638.7	592.4	267.4	191.1	2,689.6	2,689.6
1999/2000	1,786.2	651.6	294.2	210.2	2,942.2	2,942.2

Note: 1. Parentheses show energy demand non-interconnected to CNPS.

2. Energy demand in Malangawa, Gaur and Janak-Jalesor areas are included in that of Eastern Region of the above Table though they are administratively located in Central Region.

表－3.3.3　中間報告書Ⅰにおけるネパール全土の電力および電力量需要予測

Fiscal Year	Energy Requirement (GWh)	Power Requirement (MW)	Load Factor (%)
1977/78	201.17	54.24	42.3
1978/79	225.95	56.80	45.4
1979/80	254.73	64.80	44.9
1980/81	306.72	74.83	46.8
1981/82	335.23	86.17	44.4
1982/83	420.29	107.33	44.7
1983/84	511.35	126.59	46.1
1984/85	600.90	148.99	46.1
1985/86	690.00	170.81	46.1
1986/87	784.22	190.04	47.1
1987/88	870.95	211.42	47.0
1988/89	972.77	233.15	47.6
1989/90	1,076.14	260.05	47.2
1990/91	1,203.07	282.94	48.5

表－3.3.4 ネパール全土の電力需要予測の概要（部門別需要予測）

Fiscal Year	Energy Requirement by Sector (GWh)					Total
	(1) Industrial	(2) Commercial	(3) Irrigation	(4) Domestic	(5) Street Lighting & Others	
1980/81	98.6	25.3	10.5	129.5	16.0	279.9
1981/82	115.1	28.7	15.2	142.5	17.0	318.5
1982/83	134.7	32.7	20.0	156.7	18.3	362.4
1983/84	157.4	37.3	49.9	172.2	19.5	436.3
1984/85	184.0	42.7	63.1	189.2	20.8	499.8
1985/86	223.8	48.5	82.5	207.7	22.5	585.0
1986/87	272.1	55.3	114.1	227.9	24.5	693.9
1987/88	330.8	63.1	141.4	250.0	26.7	812.0
1988/89	402.2	72.1	164.0	274.0	29.3	941.6
1989/90	488.9	82.0	183.4	300.2	32.2	1,086.7

表－3.4.1　発電設備の開発計画

Year	Project	Installed Capacity (MW)	Peaking Capacity in Dry Season (MW)	Accumulated Peaking Capacity (MW)
-				47.992
1979/80	Gandaki	15.0	6.71	54.702
80/81	Hetauda	10.0	8.50	63.202*
81/82	Kulekhani No.1	60.0	60.0	123.202
82/83	Trisuli	+3.0	2.0	125.202
84/85	Devighat	14.1	14.1	139.302
86/87	Kulekhani No.2	32.0	32.0	172.302
"	Marsyandi	66.0	66.0	238.302
89/90	Sapt Gandaki	75.0	75.0	313.302
90/91	"	75.0	75.0	388.302
92/93	"	75.0	24.0	412.302

*: Refer to Table-3.2.3.

第4章　計画地点の状況

4.1 概　　要

地形、気象・水文、地質および環境影響調査を含む計画地点の現地調査は、第1段階および第2段階で実施された。そのすべての調査結果がこの章に記述されている。図4.1.1にこれらの調査期間に実施された主要調査の概要を示す。

4.2 地　　形

4.2.1 ダムサイトの地形の概要

中央ネパールを流下するカリガンダキ河およびトリスルガンガ河は、この地方の南部に位置するマハバラート山脈のふもとで合流する。合流した後、河はサプトガンダキ河となり、両岸の低い断崖で構成される峡谷を約 2.5km流下し、その後インナーテライ平野へ流れ込んでいる。

サプトガンダキ河の流域は、西側でカルナリ河および西ラプチ河流域に、東側でスンコシ河およびバグマティ河流域に隣接している。サプトガンダキ河の流域面積は、カリガンダキ河およびトリスルガンガ河の合流点から約1km下流のダムサイトで、31,100km²である。

この流域の標高は、ヒマラヤ山脈のピーク標高 8,000mからダムサイト河床の標高180mの広い範囲に及ぶ。河川の平均勾配は、約0.0015である。

ダムサイトは、サプトガンダキ河がインナーテライ平野に流れ出る直前に位置し、両岸の低いがけにはさまれた峡谷となっている。河幅は約 200mあり、河床標高は180mである。両岸は森林で覆われた台地となっている。

4.2.2 利用可能な地形測量データ

既存データ：次の既存地形測量データが現地調査期間に収集された。

(i) プロジェクトサイトの航空写真

(ii) サプトガンダキ河流域の縮尺1／10,000の地形図

(iii) ネパール全土の縮尺1／63,360の地形図

(iv) 計画地域付近でのインド三角点測量データ

(v) チトワン盆地開発計画およびネパール政府道路局で使用されている既

存水準点データ

追加データ：プロジェクトの詳細な調査を実施するため、より正確な大縮尺の地形図の作成、水準点および基準点の設置、既存地形図または地形測量データの精度の調査が必要であると判断された。したがって、様々な地形測量が現地で行われ、以下に示す計画地域の地形測量データが既存データに付け加えられた。

i）ダムサイト周辺の 169ヘクタールをカバーする縮尺１／500 地形図

この地図は、基準点測量および平板測量による直接地上測量によって作成され、このプロジェクトの各種構造物の設計に使用出来る。この地図がカバーしている範囲は、図4.2.1に示されている。

ii）計画地域４㎢をカバーする縮尺１／ 2,000地形図

この地形図は、既存の航空写真を使用して航空写真図化によって作成された。この地形図は、仮設備、工事用道路および宿舎等を含むプロジェクトの全体計画に、また地質解析にも使用出来る。この地形図によってカバーされている範囲は図4.2.2に示されている。

iii）ムグリン道路の地形図および縦断図

これらの測量図は、当貯水池で水没するムグリン道路の長さおよびそのために必要となる付け替え道路の工事を算定するため、トラバース測量、水準測量及び平板測量からなる直接地上測量によって作成された。このムグリン道路の地形図及び縦断図は、ダムサイトの上流約15㎞までをカバーしている。

iv）ダムサイトから４㎞下流までの河川横断図

河川横断図は、河床の正確な地形を調べて水位流量曲線を作成すること、将来の河床変化を測定すること、および水位流量曲線の必要な調整に使用することを目的として作成され、ダムサイトからその下流４㎞まで 250m間隔でとられた。測量された河川断面の位置は、図4.2.3に示されている。

v）新規水準点および基準点

８ヶ所の新規水準点が、既設水準点からの直接水準測量によって当プロジェクト地域内に設置された。これらの新規水準点の位置は、今回測量された基準点と共に図4.2.4に示されている。各水準点および基準点の座標と標高は、表4.2.1に示されるとおりである。

現地調査中に地形測量で得られたすべてのデータは、付属書（A）に収録されている。

4.3 水文および気象

4.3.1 概　論

水文および気象に関する現地調査は、フィージビリティスタディの第1段階および第2段階に実施され、この現地調査および水文気象解析の結果は別冊の付属書（C）で詳述されている。水文および気象関係の調査項目を以下に示す。

— サプトガンダキ河流域内およびその周辺における水文気象資料の収集と検討、

— 既存の水位流量曲線の精度の調査および新規水位流量曲線の作成を目的とする測水所 450（ナラヤンガール）での流量測定、

— 上記水位流量曲線を用いて、提案されたダムサイトにおける過去の長期にわたる水位観測記録を流量に換算し、また水位観測が中断している期間については流量資料を推定する、

— このプロジェクトのダムおよび付帯構造物の設計に必要な洪水のひん度と大きさの算定、および

— 貯水池への流入土砂量の算定とサプトガンダキ河の水質分析。

第1段階では、乾季・低水時の流量測定に現地調査の重点が置かれ、高水時の流量測定は第2段階で行われた。第2段階の水文観測は雨季の8月初旬から11月末まで行われ、広範囲にわたって水位流量曲線を精査することが出来た。

ネパール政府のかんがい水文気象局がネパールにおける水文気象観測とその資料の整理および解析を担当しており、サプトガンダキ河流域の水文気象資料は、その大部分、カトマンズにあるかんがい水文気象局から収集されたものである。

4.3.2 気　象

(1) 流域内の気候の一般的傾向

ネパールの気候は、雨季の南東モンスーンおよび乾季の北西モンスーンに大きく影響される。雨季は一般に6月から9月までの4ヶ月間続く。一方乾季は11月から4月までの期間である。ただし5月および11月はこれらの季節の遷移期間である。

一般に雨季すなわち夏には高温多湿で、乾季すなわち冬には低温低湿となる。また年降雨量の60パーセントから80パーセントは雨季に集中する。

サプトガンダキ河の流域の標高は、ヒマラヤ山脈の頂での標高 8,000mからダムサイトでの標高 180mまで，広い範囲に及んでいる。気象的観点から，サプトガンダキ河流域は標高によってヒマラヤ、チベット、中部およびインナーテライ平野の4つの地区に分割できる。

ヒマラヤ地区の特徴は、その標高 6,000m以上の地域は常に氷河あるいは雪におおわれていることである。これらは乾季の河川水量の増加に寄与している。チベット地区の標高は 3,000mから 6,000mの間にあり、乾燥気候となっている。その極端に貧弱な植生のため、雨季に大量の土砂がこの地区から下流の当プロジェクトサイトへ送り出される。

中部地区はこの流域の主要部である。その標高は 600mから 3,000mの広い範囲に及んでいる。またこの地区は他の地区より人口密度が高い。その急峻な地形と、低地だけでなく山岳地帯でも進められている開拓に伴う森林の伐採によって、この地区からもまた下流への土砂流出が生じている。中部地区の気候は一般に温和である。

インナーテライ平野はマハバラート山脈地帯の南側に位置し、亜熱帯性気候となっている。インナーテライ平野にあるランプール観測所での年平均気温および相対湿度は、それぞれ24℃および74パーセントである。

(2) 蒸　　発

ネパールでは3月から10月の間高温が続くため蒸発率が高く、11月から2月までは低温の北西風が吹くため相対的に低い。蒸発量は、ネパール国内の16ヶ所の気象観測所でA型蒸発計を使用して行われている。これらの観測所での年平均蒸発量の値は、ジリ観測所の 949mmからドウムカウリ観測所の 2,519mmの範囲にある。それらの算術平均値は 1,453mmとなる。

サプトガンダキ貯水池面からの蒸発量の推定値として、以下に示すようにポカラで観測された蒸発量の70パーセントを採用した。

サプトガンダキ貯水池の推定平均蒸発量

（単位：mm）

1月	2月	3月	4月	5月	6月
49.6	68.6	110.7	123.9	121.5	111.3

7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
112.8	117.2	100.8	86.8	58.8	47.7	1,110.0

(3) 降　雨

ネパールでは、南東モンスーンの影響により6月から10月の間にほとんどの降雨が集中する。一方11月から4月の期間では、上記の期間と比較して降雨が極端に少ない。

サプトガンダキ河流域内および周辺には67ヶ所の雨量観測所が設置されたが、その中には現在までに廃止されたものもある。これらの観測所での年平均降雨量は表4.3.1に示されている。その表に示されるように、年平均降雨量はジョムソンでの257mmからルムレでの 5,149mmまでの広い範囲に及んでいる。これらの年平均降雨量に基づいて、サプトガンダキ河流域の等雨量線図が図4.3.1 に示すように作成された。同図を作成する際、ヒマラヤおよびチベット地区の山岳地域の年降雨量は利用可能なデータがないため、かんがい水文気象局が“CLIMATOLOGICAL RECORDS OF NEPAL ”の中で提案している等雨量線図を参考にした。ポカラ、ジョムソンおよびランプール観測所での月平均雨量を以下に示す。

代表的観測所における平均降雨量（mm）

月	観測所（No）		
	ジョムソム（601）	ポカラ（803）	ランプール（902）
	(1958－1980)	(1956－1975)	(1967－1980)
1月	17.1	27.1	21.4
2月	13.8	31.2	14.5
3月	24.7	54.5	16.9
4月	18.6	87.5	41.1
5月	9.6	246.9	109.2
6月	19.7	649.5	386.2
7月	39.6	886.0	526.6
8月	46.0	824.3	404.6
9月	31.8	575.7	330.7
10月	30.9	193.9	85.2
11月	6.2	19.3	8.0
12月	2.7	8.5	10.0
年	260.7	3,640.4	1,954.4

上表は、ランプール観測所での年降雨量の約90パーセントが、南東モンスーンの影響によって6月から9月の雨季に集中していることを示している。ランプール観測所はインナーテライ平野に位置しており、当計画地域における気象上の代表的な特徴を表わしている。インナーテライ平野では亜熱帯性気候が一般的である。

一方、ジョムソム観測所での年降雨量はポカラおよびランプール観測所でのそれと比較して非常に少ない。これは、ジョムソム観測所がカリガンダキ河上流のヒマラヤ山脈のふもとにあり、他の2ヶ所の観測所ほど南東モンスーンによる強い影響を受けていないことを示している。図4.3.1に示されるように、ヒマラヤおよびチベット地区の年平均降雨量は 200mmから 1,000mmの間にある。

ポカラ観測所は、サプトガンダキ河の主要部である中部地区に位置している。この地区における降雨パターンは、インナーテライ平野のそれと比較的類似しているが、この地区の年平均降雨量はその変化に富んだ地形のため、 1,000mmから 6,000mmの広い範囲に及んでいる。

4.3.3 水　文

(1) 低　水

サプトガンダキ河の水位は、ダムサイトから約 0.5km下流にある測水所 450で、量水標を用いて観測されている。水位観測は乾季には通常1日2回、雨季には2回以上実施されている。この測水所は1963年に設置され、1963年から1980年までの18年間の流量記録が利用可能であるが、その期間内には水位観測を中断していた期間がある。

1963年から1968年までの水位記録は、かんがい水文気象局が作成した水位流量曲線を用いて流量に換算されている。今回のフィージビリティスタディのために、JICA調査団の水文専門家が測水所 450で流量観測を実施し、図4.3.2に示すように新規の水位流量曲線を作成した。上記2つの水位流量曲線は多少くい違いを示したが、ダムサイトにおける流量算定のために、これらの水位流量曲線の変化は、水位観測が行われていなかった期間すなわち1967年5月から1972年6月の中間の洪水時に生じたものと仮定した。このようにして算定された月平均流量を表4.3.2および以下に示す。

サプトガンダキダムサイトにおける平均流量（単位：m³／秒）

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均流量	376	303	283	373	572	1,548	3,576	4,231	2,967	1,578	795	520

当ダムサイトにおける年平均流量は 1,463m³／秒となる。上の表に見られるように、年間流出量の約85パーセントは、5月から10月までの遷移期間を含めた雨季に集中している。

サプトガンダキダムサイトでの流量記録の信頼性を確認するため、そこでの比流量とカリガンダキ河の測水所 420での比流量を比較検討した。測水所 420はダムサイトの西方5kmのサプトガンダキ河流域内にある。その測水所は当プロジェクトの流域面

積31,100㎢の約37パーセントに相当する11,400㎢をカバーしている。測水所 420における比流量は1964年から1977年の期間で4.30㎥／秒／ 100㎢、一方測水所 450の比流量は表4.3.2から4.52㎥／秒／ 100㎢とほぼ等しくなった。測水所 420の比流量がやや小さな値となっているのは、図4.3.1に示されるように、カリガンダキ河の上流域で降雨が極端に少ないことによるものと考えられる。したがって、サプトガンダキダムサイトにおける流量記録は妥当なものと判断される。

当プロジェクトは流れ込み式として計画されているので、その発電の信頼性は低水流量に大きく左右される。表4.3.2に示されるように、ダムサイトでの日流量記録には1963年、1971年、1972年、1974年から1978年および1980年の9年間に欠測部分がある。ダムサイトでの流況曲線を作成するために、この欠測年の内、雨季の一部の期間だけが欠けている年についてはその流量を、測水所 420の流量記録ならびに測水所 420と 450の流域面積の比に基づいて推定した。こうして1971年、1972年および1976年を除く14年間の流量記録が、ダムサイトでの低水流量のひん度解析に利用可能となった。ダムサイトにおける流況曲線は図4.3.3に示すとおりである。種々の超過確率に対する日流量を以下に示す。

サプトガンダキダムサイトにおける平均流況曲線（単位：㎥／秒）

	日流量の超過確率（パーセント）									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
流　量（㎥／sec）	3,890	2,730	1,620	982	684	523	424	343	290	150

上表に示されているように、1年間の90パーセント以上の期間はそれを上まわるような流量は 290㎥／秒であるが、これを常時河川流量と称することとする。発電所の常時使用水量は、この常時河川流量すなわち 290㎥／秒とする。

(2) 洪　　水

当プロジェクトの流域面積はその洪水解析のために単位図法を用いるのには広大すぎること、また降雨と流出の関係を解明するための資料が現在のところ不十分で

あるという2つの理由から当プロジェクトの洪水解析は、測水所 450で観測された年最高水位に基づいて確率洪水のピーク流量を求めることとした。洪水のひん度は下表に示すように対数正規分布、ガンベルおよび岩井の方法を用いて行われた。

測水所 450にける確率洪水ピーク流量（単位：m³／秒）

再現期間（年）	対数正規分布	ガンベル法	岩井法
2	9,100	9,000	8,700
5	10,900	11,300	10,400
10	12,100	12,900	11,500
20	13,100	14,400	12,400
50	14,300	16,300	13,500
100	15,200	17,800	14,400
200	16,100	19,200	15,200
1,000	18,000	22,600	16,900
10,000	20,700	27,400	19,400

上の表に示されているように、ガンベル法によって算定されたピーク流量は、5年以上の再現期間では他の方法で得られた値よりも大きくなった。31,100㎢という大きな流域面積に伴う不確定な要素を考慮に入れて、プロジェクトの設計および計画にはガンベル法の結果を採用することとした。

上記洪水ひん度解析の結果の信頼性を確認するために、測水所 450における確率洪水のピーク流量と、ネパール全土の既往最大洪水流量を、以下に示すクリーガーの式を用いて比較検討した。

$$Q = 46\,C\,A^{b}$$

$$b = 0.89\,A^{-0.048} - 1$$

ここで、Q：洪水ピーク流量（立方フィート／秒）

A：流域面積（平方マイル）

C：係　　数

測水所 420の毎年最大洪水のひん度解析も、ガンベル法を用いて1964年から1977年までの期間に対して行われたが、測水所 420および 450に関して、ガンベル法で算定されたピーク流量に対応する上式中のC値を逆算して求めると、以下の表に示されるようになる。

確率洪水のクリーガー式による比較

再現期間（年）	クリーガーのC値	
	測水所 420 (C.A.＝11,400㎢)	測水所 450 (C.A.＝31,100㎢)
200	62	71
10,000	94	100

上表に示されるように、測水所 450の 200年および10,000年確率洪水流量のクリーガーのC値は、測水所 420での値とほとんど等しい。このC値は降雨強度、流域の地形・植生等によって決まるパラメータであり、両流域の類似性を考慮に入れると測水所 450のひん度解析の結果は妥当と判断される。

図4.3.4に、ネパールにおける各測水所で記録された既往最大洪水のピーク流量が、前述のC値を用いてそれらの流域面積に対してプロットされている。同図に示されているように、ネパールにおけるこのCの過去の最高値は66となる。C＝ 100に対応するダムサイトでの1万年確率洪水流量は、ネパール全土で記録された既往最大洪水と比べてかなり大きい。またこのC値を 100として種々の流域面積に対して算定された洪水流量は、世界のほとんどの地域における既往最大洪水のピーク流量をカバーすることが一般に認められている。

以上の水文的考察から、当プロジェクトの洪水吐は、ダムサイトにおける10,000年確率洪水流量をある程度のダム余裕高を持って放流する能力を持つように設計することが提案される。

(3) 堆　砂

貯水池への流入土砂量は、ダムサイトにおける浮流砂の測定結果に基づいて算定された。図4.3.5は、1975年10月から1980年6月までの期間にネパール政府のかいがい水文気象局およびJICA調査団が行った浮流砂の測定結果を示している。長期間にわたる貯水池への流入土砂量を過去の流量資料に基づいて算定するため、下記の流量と浮流砂量の関係式を上述の浮流砂の測定結果に基づいて設定した。

$$Qs = 7.53408 \times 10^{-4} \times Q^{2.54267}$$

ここで、QおよびQsはそれぞれ日平均流量（m³／秒）および浮流砂量（トン／日）である。

流入土砂の総量を求めるため、以下の事項が仮定された。

i）流砂の密度を 1.4トン／m³とする。

ii）掃流砂は、浮流砂の15パーセントに相当する。

測水所 450の日平均流量を用いて算定された平均流入土砂量を以下に示す。

サプトガンダキ貯水池の想定平均流入土砂量（千m³）

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
76	39	36	78	244	3,646	26,356	35,791	15,990	4,877	498	168	87,799

上の表に示されるように、年間の流入土砂量の約93パーセントは6月から9月までの雨季に起こり、m³／km²／年の単位で表わされる比流入土砂量は約 2,800である。

当プロジェクトサイトにおける年間の総流入土砂量に対して、選定された当貯水池の総貯水容量は非常に小さい。ただし、大規模な流入土砂量を生ずる雨季の洪水は、洪水吐ゲートを通してほとんど下流にそのまま流す計画となっている。したがって、当貯水池の土砂の捕そく率として30パーセントという低い値を想定した。（アメリカ合衆国の過去の記録によると、当貯水池の場合の捕そく率は20パーセントから50パーセントの間と推定される）この捕そく率を用いると、年間の貯水池内の堆砂量は、26×10^6 m³となり、約 130×10^6 m³の洪水吐越流堤頂以下の貯水池容量は完成から4、5年後にはこの堆砂で埋没するであろう。

4.4 地　　質

4.4.1 一般地質

総論：トリスルガンガ河とカリガンダキ河は、位置図に示したごとくチベット周辺の山地に源を発し、多くの支流を合せながら花崗岩類および古期変成岩類より成る流域を流れ、最終的にサプトガンダキダムサイトの上流1kmで合流後、サプトガンダキ河となる。ダムサイト付近の地質は、ダムサイトの北方約5kmを東西に走るメインバウンダリー衝上断層で上記変成岩類と境されるシワリク層群の第三紀

堆積岩類より成る。

層序：図4.4.1「貯水池地域地質図」に示したごとく、貯水池地域内における最下部層準は、メインバウンダリー衝上断層の北方に分布する種々の古生代変成岩類より成る。一方メインバウンダリー衝上断層の南方には、チトワン盆地の平坦な沖積平野に至るまでシワリク層群の第三紀堆積岩類が広く分布している。

この地域のシワリク層群は、下位層より上位層に向けて(1)成層砂岩および粘板岩、(2)成層砂岩および泥岩、(3)塊状れき質砂岩および(4)れき岩より成り、本報告書ではこれらは順にBsl層、Bst層、Sst層及びCgl層と呼ぶことにする。またBsl層はメインバウンダリー衝上断層と内シワリク断層に境された帯状部分に分布する。Bst層の上部とBst層の下部は岩質的に類似しており、サプトガンダキダムサイトはBst層とSst層の衝移帯に位置している。

その他の地質相は種々の標高に発達する沖積段丘堆積物で、それらは図4.4.1に示したごとく、4種の段丘に区分される。段丘Ⅳはメインバウンダリー衝上断層と内シワリク断層の前面に厚く堆積し、厚層の膠結れき岩および角れき岩を含むのが特徴的である。膠結れき岩および角れき岩の層は段丘Ⅳ堆積物中だけでなく、ダムサイトの左岸上に広く分布する段丘Ⅲを除く他の段丘中にも見られる。

褶曲と断層：最も特徴的な地質構造は、貯水池地域の北方に位置し、古生代ミッドランド層群と第三紀シワリク層群を境するメインバウンダリー衝上断層である。その他にこのメインバウンダリー衝上断層と同じ東西方向に延びる2つの顕著な断層、すなわち内シワリク断層と山麓断層が存在する。軸傾斜が東方へ沈み込む背斜構造が山麓断層の北方に分布している。地層の走向、褶曲軸および断層の伸びはいずれも東西の方向性をもっている。

4.4.2 地質調査

地質に関する現地調査は、1981年の2月と3月（第1段階）と1982年10月から1982年4月（第2段階）に至る調査期間に、下記の調査項目と数量が実施された。

調査項目	数　量
i. 地質図作成	
貯水池地域（縮尺 1：10,000）	100㎢
ダムサイト（縮尺 1： 2,000）	1.8㎢

ii. ダムサイト調査ボーリング	21孔、延掘進長 941.5m
iii. 孔内透水試験	20孔、総計 116ステージ
iv. 弾性波探査	
ダムサイト	17測線、総延長9.75km
骨材採取地	4測線、総延長 2.6km
v. 調査横坑掘削	2坑、総延長 100m
vi. 原位置岩盤試験	
載荷試験	3ヶ所
ブロックせん断試験	15ブロック
vii. テストグラウト（1ヶ所）	穿孔：7孔、延掘進長 170m
	グラウト：21ステージ
	ルジオンテスト：26ステージ
viii. テストトレンチ（地質観察用）	4トレンチ、総延長 146m
ix. 室内岩石試験	34個

これらの調査位置は図4.1.1「調査位置図」に示した。地質調査ならびに資料の詳細は付属書（E）に載せた。当プロジェクトの地質の説明ならびに評価を以下報告する。

4.4.3 ダムサイトの地質

一般：ダムサイトは、シワクリ丘陵を横切りテライ平野へと流れ出るサプトガンダキ河の直線状の河道上に位置する。ダムサイトでは、基盤岩は両岸に露出し、河幅は水面の高さで 200mある。3ヶ所の比較ダムサイトが、この直線の1km範囲内に提案され、上流側より下流側にそれぞれAダムサイト、BダムサイトおよびCダムサイトと呼ばれている。

基盤岩は、図4.4.2「ダムサイト地質平面図並びに断面図」に示したごとく、第三紀シワリク層群に属する成層砂岩および泥岩層（Bst層）および塊状れき質砂岩層（Sst層）より成る。Bst層は、下部から上部に向かって、級化砂岩、葉片状シルト岩、層内角れき岩および緑色泥岩の厚い堆積輪廻の規則的な繰り返しより成る。

構成要素としての各層の厚さは各輪廻ごとに異なる。本報告書では、厚い砂岩と薄いその他の成層部より成る部分を塊状砂岩部層（Ms部層）と名づけ、薄い砂岩とかなり厚い成層部より成る部分を砂岩、シルト岩および泥岩の互層部層（At部層）と名づけた。

ダムサイトでは、Bst層は8枚のMs部層と同数のAt部層より成り、これら部層は互層し、下部層より上部層に向かってそれぞれMs－1からMs－8およびAt－0からAt－7と番号をつけた。

左岸上には標高 260m、 230mおよび 200mに3段の段丘があり、これらは今後それぞれ高位段丘、中位段丘および低位段丘と呼ぶ。これらの内、中位段丘はダム基礎の範囲内に広く厚く分布するため、ダム建設に関し非常に重要な意味をもっている。

Aダムサイト：Aダムサイトのダム軸に沿った地質断面を図4.4.2に「地質断面図A－A′」として示した。

左岸上には、中位段丘の厚い堆積物が広く発達し、その上で実施した調査ボーリングB81－10は深度37.6mにて基盤岩を確認した。調査ボーリングB81－1も同様に中位段丘上にて深度30mまで掘進したが、依然としてシルト、砂およびれきより成る段丘堆積物であった。この広く厚い被覆層によって、Aダムサイトは他のダムサイトに比べ、より魅力の少ない地点となっている。この中位段丘に覆われる左岸の基盤岩はSst層より成っている。

河床部の調査ボーリングB80－1とB80－2はダム軸上両岸から河床幅の約1／4の地点で穿孔し、それぞれ16.2mと17.8mにて着岩した。しかしながら、弾性波探査の解析では、 2.2km／秒　速度層と 2.8km／秒　速度層の境界が河床堆積物とその下の基盤岩の境に対応すると思われるが、その結果によると河床中央部では深度約30mまで基盤岩が落ち込んでいるように思われる。

河床から右岸にかけての基盤岩は、Bst層のAt－4部層～Ms－8部層より成り、その内Ms－6とMs－7部層の塊状砂岩はやや弱く、At－4部層の岩はかなり堅固に見える。

Bダムサイト：Bダムサイトのダム軸に沿う地質断面は図4.4.2に「地質断面図B－B′」として示した。

このサイトが地質工学的に有利となる点は、Aダムサイトと比べて、左岸の中位段丘の幅が狭くなっていると思われる事である。一方、河床砂れき堆積物は弾性波探査の 2.2km／秒　速度層の底で示唆されるごとく、ダムサイトAよりも厚いものと思われる。ボーリング孔B81－11では、河床堆積物の厚さがダム軸上河床中央で30.5mであることが判明したが、ダム軸に沿う弾性波探査測線SL－10の解析では、最も厚い部分では30数mと示されている。河床砂れき堆積物の厚さは、約 140m下流に掘られたボーリング孔B81－6が深度36mまで掘進しても着岩しなかったことから判断して、下流に向かって増加しているように思われる。

ダムサイトBの基盤岩は、左岸端部の塊状れき質砂岩（Sst層）を除いて、Bst層のAt部層とMs部層より成る。河床堆積物の下に分布するAt－4部層とMs－4部層は、調査ボーリングB81－13とB81－15の観察では、堅硬であったが 0.5m～ 2.0mの幅をもつ数本の破砕帯が、右岸でAt－3部層中を掘進した調査ボーリングB81－3で見られた。

<u>Cダムサイト</u>：Cダムサイトのダム軸に沿った地質断面を図4.4.2に「地質断面図C－C′」として示した。

左岸上の低位ならびに中位段丘は、このサイトではBダムサイトよりも広い地域を覆っている。すなわち、Bダムサイトではダム軸沿いに 234mの幅であるのに対し、Cダムサイトでは 283mである。中位段丘堆積物とその下の基盤岩との境は、弾性波探査測線SL－11の解析における 0.8km／秒　速度層と 1.8km／秒速度層の境界で推測されるように、標高 200m～ 210mと思われる。

CダムサイトはBダムサイトの下流 400mに位置するので、Cダムサイトにおける河床堆積物の深さはBダムサイトよりも浅くはないであろう。

基盤岩は図4.4.2に示すごとくAt－1部層からAt－5部層に至る地層より成り、右岸側では薄いより断層粘土の挟在が層理面沿いによく発達している。

このようにダムサイトは基盤岩、段丘ならびに河床堆積物の形状においてBダムサイトと類似しているが、土木地質的に見て、それらのすべての点でBダムサイトよりも良いとは思われない。

4.4.4　土木地質

<u>基盤岩の物理的性質および強度</u>：室内岩石試験の結果を表4.4.1に示した。この表に、

見掛上亀裂のない、堅硬な試験片における岩石の物理性状と強度が明らかにされている。岩塊としての基盤岩の強度に関しては、Aダムサイトの左岸ダム軸上と右岸ダム軸上流 220mとに掘削された調査横坑TA－1およびTA－2内での原位置載荷試験ならびにブロックせん断試験によって測定を行った。試験は、(1)Sst層の塊状砂岩、(2)Ms－7部層の葉片状中粒砂岩、(3)Ms－7部層の塊状中粒砂岩および(4)At－7部層の泥岩で実施した。上記試験より静弾性係数（Es）、変形係数（D）、結合力（τ_0）及び内部摩擦角（ϕ）が下表に示すごとく測定された。

	岩区分	静弾性係数 Es（kg／cm²）	変形係数 D（kg／cm²）	結合力 τ_0（kg／cm²）	内部摩擦角 ϕ（度）
(1)	れき質砂岩	1.6×10^4	1.1×10^4	9.0	55
(2)	葉片状砂岩	2.5×10^4	1.1×10^4	9.0	50
(3)	中粒砂岩	1.1×10^4	7.4×10^3	8.0	40
(4)	泥　岩	—（試験実施せず）—		6.5	37

Aダムサイトのダム軸上の基盤岩は、図4.4.2に示すごとく右岸側より左岸側に順にBst層のMs－5、At－5、Ms－6、At－6、Ms－7、At－7およびMs－8の各部層と最左端に塊状のSst層の8枚の地層より成る。Sst層の強度はれき質砂岩で測定された強度で代表することが出来るものと思われる。したがって、

Sst層のせん断強度 $\tau = 9.0 + \sigma \tan 55^\circ$ （kg／cm²）

ここで、σは垂直応力（kg／cm²）を示す。

Ms－5、Ms－6、Ms－7およびMs－8の各部層の岩盤は試験された中粒砂岩または葉片状砂岩と同等と仮定できる。したがって、

Bst層のMs各部層のせん断強度

$\tau = 9.0 + \sigma \tan 50^\circ$ （kg／cm²）

または、$\tau = 8.0 + \sigma \tan 40^\circ$ （kg／cm²）

At－5、At－6、At－7の各部層は、石灰質角れき岩、砂岩、シルト岩、泥岩および薄い中間的な地層等の様々な種類の岩石より成る。Atの各部層は、せん断面が容易に形成されると思われるひん繁な層理および葉理が極めて顕著であり、

一方岩質的には室内岩石試験結果によると、他の岩石よりも 1.3倍～5倍も大きい圧縮強度をもつ硬質の石灰質岩石がかなりの部分を占めている。このような状況より、Atの各部層におけるせん断抵抗は層理面または泥岩のような最も脆弱な地層のせん断強度にほとんど支配されると考えられる。層理面に沿うせん断に関する状況は、試験結果より結合力 9.0kg／cm² ならびに内部摩擦角50度とされた葉片状砂岩の状況に類似しているものと思われる。泥岩の試験結果は結合力 6.5 kg／cm² ならびに内部摩擦角37度であった。ただし、この試験のせん断面が、部分的に岩盤内でなく、それと十分に固着していなかったと思われるコンクリートブロック内で発達していることを考慮すると、この値は実際よりやや低目となっているものと思われる。したがって、At部層のせん断強度は下記の範囲内にあると思われる。

せん断強度 $\tau = 9.0 + \sigma \tan 50^\circ$ (kg／cm²)

および $\tau = 6.5 + \sigma \tan 37^\circ$ (kg／cm²)

上記結果より、コンクリート重力式ダムの滑動に対する安全計算に、結合力（τ_0） 8.0kg／cm² ならびに内部摩擦角（ϕ）40度を採用することは妥当であろう。この結果は、同じ地層上にのるダムサイトBおよびCに対しても同様に適用できる。

透水性：基盤岩の透水度は、ゴム性パッカーによって閉じた試験区間に圧力をもった水を注入する「ルジオン試験」によって測定した。段丘堆積物および河床堆積物中の透水性は、一定の水位を保つよう注水し、孔内に静水圧をかける「注水」試験および「オープンエンドパイプ」試験方法によって測定した。これらの方法の詳細は付属書（E）を参照されたい。

段丘堆積物における透水試験はボーリング孔B81－1とB81－10で実施し、結果は各々1.41×10^{-4} cm／秒と4.25×10^{-3} cm／秒の透水性であった。地質ならびに試験状況を考慮すると、段丘堆積物の透水性はシルト質マトリクスと砂れきより成る通常の状態では上記測定結果より低いものと思われるが、一方砂れきを含む滞水層の透水性はより高く、5×10^{-4} cm／秒～5×10^{-3} cm／秒 程度と思われる。

岩盤のルジオン試験は17孔内 112区間で実施され、その結果は表4.4.2に示した。ダムサイトの基盤岩は一般に塊状で、試験した区間の67パーセントが4ルジ

ォン以下という事実が示すように透水性が低い。10ルジオン以上を示す区間が散在するが、全試験区間の17パーセントに過ぎない。

グラウト注入量：直線上に配置された5本のグラウト孔と2本のチェック孔より成る一連のテストグラウトをBダムサイトの左岸上で実施した。現場の基盤岩はAt－5部層の細粒砂岩と泥岩より成る。At部層は塊状のMs部層よりも高い透水性とグラウト注入量を示すものと思われる。4m間隔で配置した1次孔の平均グラウト注入量は孔長1m当りセメント51.6kgで、2本の1次孔の間に内挿法で行った2次孔と3次孔の平均は孔長1m当りセメント 1.5kgであった。

ルジオン試験の結果は、1次孔の平均90.1ルジオンから2次孔と3次孔の平均2.58ルジオンを介して、チェック孔の平均 0.5ルジオンへと、透水性の顕著な減少を示している。テストグラウトによると、2m毎に配置された孔でのセメント注入により基盤岩の透水性を効果的に小さくでき、4ルジオン以下の充分な水密性をえられることが判明した。すべてのグラウトの平均のグラウト注入量は孔長1m当りセメント25.4kgであった。

4.5 建設材料

4.5.1 建設材料の必要量

当プロジェクトの実現可能なダムのタイプは、コンクリート重力式またはロックフィルタイプである。コンクリート重力式ダムの場合、付属構造物の分も含めた総コンクリート打設量は約 1,300,000m³、ロックフィルダムの場合には 750,000m³になるものと推定される。コンクリートの打設には、粒径 150mmから5mmの粗骨材および粒径5mm以下の細骨材が必要である。上記のコンクリート打設量を考慮すると、粗骨材および細骨材の必要量は以下のようになる。

コンクリート骨材の必要量

コンクリート骨材	コンクリート重量式ダム (トン)	ロックフィルダム (トン)
粗骨材	2,400,000	1,500,000
細骨材	1,000,000	650,000

ロックフィルダムの場合、さらに以下のダム盛立材料を必要とする。

主要建設材料	必要量
ロックフィル材	1,500,000m³
コア材	346,000m³
フィルター材	161,000m³

4.5.2　建設材料調査

上述した主要建設材料の可採量および品質に関する現地調査では、踏査、テストピットおよび室内実験が実施された。調査およびその結果の詳細については付属書（B）を参照されたい。

他の地質調査位置と共に、テストピットによる建設材料の調査位置が表4.4.1に示されている。また表4.5.1に各材料の品質調査のために実施した室内試験項目を示す。

4.5.3　工学的評価

各建設材料の可採量および品質に関する工学的評価は、現地調査および室内試験の結果を基にして行われた。コンクリート粗骨材および細骨材、コア材、ロックフィル材ならびにフィルター材の各建設材料に関する工学的評価は付属書（B）に詳述されている。以下に述べる事柄は、上記の工学的評価を通して得られた結論である。

(1)　コンクリート粗骨材

コンクリート粗骨材は、ダムサイトの上下流にある河床れき群から利用可能である。その可採量は、標準ダムコンクリートに必要な各粒径別の必要量を十分満足しており、品質も十分使用に耐えうるものである。

(2)　コンクリート細骨材

サプトガンダキ、トリスルガンガ、カリガンダキ等の大河川における河床砂は、細粒分が多く、珪土質すぎること、また粘板岩および他の堆積岩が多量に混入しているため、コンクリート細骨材として使用出来ない。カゲリコーラ川の砂州は、7kmの妥当な運搬距離、相対的に良好な粒径分布および十分な埋蔵量等の理由で、他の場所よりもはるかに良好な細骨材の採取地と言える。このカゲリコーラ川の砂は、コンクリート細骨材として非常に良好な品質を有しているわけではないが、十分に

使用可能な範囲内にある。したがって、カゲリコーラ川の砂州がコンクリート細骨材の採取地として推奨される。

(3) コア材

ダムサイト付近の左岸の台地をおおっている粘性土は、その容易な仮設道路の取り付けおよび短い運搬距離の点で、最適なコア材料である。この粘性土はコア材として使用するには細粒分が多すぎるため、いくらか粗粒な材料を混合する必要がある。コア材料の可採量に関しては問題ない。

(4) ロックフィル材

サプトガンダキ河の河床れき群およびダムサイトの7kmから8km北にある採石場がロックフィル材料の有望な採取地であるが、サプトガンダキ河の河床れきを使用する場合には、ふるい分け設備、5個～6個の仮設橋および仮設道路を必要とし、非常に高い建設費となる。したがって、ダムサイトの7kmから8km北にある採石場が当ダムのロックフィル材料に関して推奨出来得る唯一の採取地である。その採石場の岩石はかなりクラックが発達しているので、そこから得られるロックフィル材料は多少小さな粒径になると見込まれるが、そのクラックの程度からロックフィル材料として必要な物性値は確保出来得るものと判断される。その可採量は十分である。

(5) フィルター材

フィルター材の必要量を満たし、適当な粒度分布を有する材料はダムサイト付近にはないので、当ダムのフィルター材料は河床砂とれき、または採石場から産出する細粒材料を混合することによって製造する必要がある。上記材料を混合して得られるフィルター材の利用可能量および品質に関しては、コンクリート粗骨材および細骨材ならびに採石場の岩石に関して実施された調査によって、何ら問題のないことが判明している。

4.6 計画地域周辺の土地利用

当プロジェクトサイトは、サプトガンダキ河がインナーテライ平野に流れ出る直前の比較的開発が進んだ平たん部に位置している。当プロジェクトサイトの下流の地域は高度な土地利用に伴って人口密度が高いが、ダムサイト周辺ではサプトガンダキ河の両岸

は森林に覆われている。この地域は国有林となっており、ダムサイト付近には農地および住居が存在しない。

生産農地および住居は、トリスルガンガ河の両岸の平たんな台地およびダムサイトの4km下流から広がるインナーテライ平野に散在する。トリスルガンガ河に沿った平たんな台地は、水田および畑としてほとんど耕作されている。水田はこの全農地の約1／10を占めている。水田は、台地の低い標高の部分にあり、米の生産に使用されている。畑は残り約9／10を占め、小麦、じゃがいも、あわ、からし等を交互に栽培している。住居は主に木造で、その台地に散在している。しかしながらその住居がある台地は、大部分カリガンダキ河およびトリスルガンガ河の合流点から10km以内の地域に限られている。トリスルガンガ河のさらに上流およびカリガンダキ河に沿った地域は山岳地帯となり、比較的深い峡谷を形成している。したがってこの地域では大規模な土地利用は行われていない。

インナーテライ平野の入口となるダムサイトの下流には、人口約2万人のナラヤンガールと呼ばれる町があり、住居が密集している。また大部分が水田となっている広大な農地がそのまわりに広がっている。

4.7 計画地域周辺の水利用

現在、飲料水は山岳地帯の高い標高に設置された水槽から、自然流下方法により町および村に給水している。住民は乾季の水不足を補うため、さらに井戸を掘っている。かんがい用水は、計画地域周辺の小河川から取水されている。

カリガンダキ、トリスルガンガ、サプトガンダキ等の大河川の水は現在利用されていないが、かんがい用ポンプ場がチトワン盆地開発プロジェクトにおいて、当ダムサイトの約4km下流の地点で建設中であり、約20m³／秒のかんがい用水が近い将来サプトガンダキ河から取水される予定である。

4.8 現地の道路事情

当ダムサイトはインナーテライ平野に近い相対的に開発が進んだ地域内にあり、プロジェクトサイト付近の町ナラヤンガールはネパールの道路網の重要な拠点の1つとなっているので、現地の道路事情は他の山岳地帯と比べて非常に良好である。ムグリンとナ

ラヤンガール間を結ぶ道路（ムグリン道路）が最近完成したことにより、カトマンズからムグリンを通ってナラヤンガールに至るまで車両での通行が可能となった。この道路はほとんど平たんで、カトマンズ付近の 4.5km区間を除いて舗装されている。またこの未舗装の箇所も現在舗装工事中である。ナラヤンガールの町は、東西ハイウエーから分岐して北に伸びるムグリン道路の起点である。

重建設機械、設備、材料等は、カルカッタ～（鉄道）～ビルガンジ～（舗装道路）～ヘタウダ～（東西ハイウエー）～ナラヤンガール～当プロジェクトサイトの道筋を通って運搬することが可能であり、その距離はビルガンジから当プロジェクトサイトまで約 170kmである。

ビルガンジからヘタウダに至る道路には９個の橋があり、この内２～３個の橋は構造上弱く、35トンの荷重に耐えられないであろう。ヘタウダからナラヤンガールまでは東西ハイウエーが完成している。この道路の橋はAASHO H-20 S-16 の荷重に対して設計されているので、工事中の一時的な荷重である35トン重量物の運搬を妨げることはない。

ナラヤンガールから当プロジェクトサイトまでは、幅５ｍから７ｍの未舗装の道路が、当プロジェクトサイトの上流のデビガットまで、サプトガンダキ河の左岸に沿って走っており、35トンの重量物の運搬は可能である。当プロジェクトで最も重い荷重は、トレーラーによって発電機の回転子を運搬する場合の約35トンと見込まれるが、上述したように、ビルガンジとヘタウダ間の道路にかかっている２～３個の橋がこの最大荷重に耐えられない。しかしながら、これらの弱い橋を補強するため、世界銀行とネパール政府の間で現在融資交渉が続けられている。これらの橋を1984年の中頃までに新たに付け替えれば、当プロジェクトの資材の輸送に関しては何ら問題がなくなる。この付け替え工事が当プロジェクトの工程に間に合わない場合には、河床にう回路を設けて、乾季に浅瀬を渡ることも可能である。

表－4.2.1　水準点と基準点の標高および座標

Station No.	Coordinate Northing (X) in M	Coordinate Easting (Y) in M	Elevation in M	Remarks
BM35	-	-	193,586	Existing bench mark
BM1	3,068,493.54	542,209.74	207,954	New bench mark
BM2	3,068,303.61	541,968.17	209,174	"
BM3	3,067,568.23	542,368.10	194,548	"
BM4	3,067,502.03	542,176.35	193,832	"
BM5	3,065,649.49	543,002.87	194,119	"
BM6	3,072,423.24	546,657.38	254,560	"
BM101	3,065,222.54	542,390.49	189,401	"
BM102	3,064,580.21	541,923.06	190,769	"
No.1	3,067,729.70	540,525.50	568,200	Indian triangulation point
No.2	3,075,919.50	542,438.10	1,184,200	"
No.36	3,063,600.80	529,932.70	-	"
T1	3,070,126.70	545,160.20	240.41	Main traverse station
T2	3,070,773.55	544,040.93	225.36	"
T3	3,069,559.47	543,601.83	201.63	"
T4	3,069,110.10	541,685.31	251.89	"
T5	3,066,527.49	541,539.91	234.45	"
T6	3,065,861.20	538,609.60	191.23	"
T7	3,066,631.85	537,284.34	212.58	"
T8	3,065,126.74	535,994.56	182.20	"
T9	3,064,181.47	531,658.97	182.54	"
T10	3,063,069.69	530,808.96	174.62	"
T11	3,063,719.28	530,251.29	187.00	"
T5-1	3,065,212.86	540,704.49	196.07	"
T5-2	3,067,728.86	540,531.94	572.53	"
GC1	3,069,718.94	542,447.82	223.85	Ground control point
GC2	3,069,296.88	541,511.26	254.51	"
GC3	3,065,687.72	543,223.25	212.12	"
GC4	3,066,336.66	541,736.93	208.73	"

表－4.3.1 流域内および周辺の年平均降雨量

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Name of sta.	Rukumkot	Shera Gaun	Libang Gaun	Bijuwar Tar	Musikot	Jomsom	Thakmarpha	Baglung	Tatopani	Lete	Mukutinath	Beni Bazar	Kushma
Sta. No.	0501	0502	0504	0505	0514	0601	0604	0605	0606	0607	0608	0609	0614
Elevation (El.m)	1.560	2,152	1.270	832	2.100	2.744	2.566	984	1,243	2,384	3.609	835	
Year 1957												1,332.7	
1958	1,933.3	1,124.0	1,132.5			259.6						1,401.5	
1959	1,839.8	1,103.6	1,317.3			252.0						1,331.8	
1960	1,634.9	1,358.5	974.2			327.0						1,316.4	
1961	3,395.3	1,539.1	2,319.7			317.3						1,634.6	
1962	3,268.9	1,533.6	1,294.7			244.1						1,322.9	
1963	4,748.3	1,604.0	1,295.4			346.7						1,532.7	
1964	3,171.0	1,381.4	892.7			284.7						1,567.8	
1965	1,645.3	1,171.3	755.1			284.8						1,164.7	
1966	1,956.4	1,302.4	725.2			157.3						1,440.8	
1967	2,384.6	981.5	942.3			141.3						1,044.2	
1968	3,504.6	1,275.6	1,058.9			347.0						1,406.2	
1969	-	1,386.1	1,064.8			324.2						1,314.0	
1970	4,729.8	1,444.5	-	1,292.7	-	189.3	499.4	2,354.8	1,321.7	821.8	-	1,448.2	1,920.5
1971	3,119.3	-	-	1,216.5	-	-	370.0	1,695.8	1,445.8	1,053.0	177.8	-	1,524.8
1972	6,922.0	-	-	892.7	-	-	398.4	1,033.2	1,199.5	1,202.0	432.8	-	1,790.5
1973	-	1,457.1	-	1,753.8	-	450.7	392.0	-	1,445.5	1,005.8	450.8	1,796.5	2,202.0
1974	-	1,293.6	1,515.3	897.9	1,339.4	301.4	264.8	1,901.6	-	1,062.4	412.7	1,306.5	2,420.0
1975	-	1,345.8	1,704.2	1,479.6	1,899.2	259.9	329.2	1,885.3	-	1,080.0	372.0	1,766.2	2,658.8
1976	-	1,334.4	-	836.8	1,668.0	214.7	253.2	1,689.0	1,605.5	1,015.7	341.5	1,432.8	-
1977	-	1,351.8	-	912.2	1,331.5	91.2	361.5	1,678.5	1,907.2	1,060.1	327.9	1,436.0	-
1978	1,346.5	1,725.6	1,925.9	1,531.1	1,489.0	64.0	-	1,463.2	1,143.1	1,084.1	936.2	1,252.8	-
1979	-	1,357.8	2,635.2	1,373.5	-	-	-	1,650.7	1,336.3	961.6	303.7	1,212.4	-
1980	-	1,580.0	1,852.7	1,415.3	2,538.2	-	475.3	2,148.2	1,626.2	1,167.9	472.6	1,430.2	-
Mean	3,040.0	1,364.4	1,376.8	1,236.6	1,710.9	256.7	371.8	1,750.0	1,447.9	1,046.8	422.8	1,404.5	2,086.1

- To be continued -

No.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Name of sta.	Ridi Bazar	Tansen	Butwal	Beluwa	Dumkali	RAMBAS	Kirtipur Churi	Musikot	Jagat Setibas	Khudi Bazar	Pokhara Hosp.	Pokhara Airp.	Syanja	Kuncha
Sta. No.	0701	0702	0703	0704	0706	0713	0714	0722	0801	0802	0803	0804	0805	0807
Elevation (El.m)	442	1,067	205	150	154		842	1,280	1,334	823	918	845	860	855
Year 1957	1,003.8	1,415.0	2,678.4					1,658.4			3,215.9			1,805.6
1958	1,112.3	1,487.0	2,333.8	1,856.3				1,989.0	1,475.5	3,325.1	3,920.7			2,113.6
1959	1,568.7	2,219.7	2,328.7	2,362.5				2,050.5	1,519.5	3,398.1	3,268.8			2,758.8
1960	1,458.5	1,661.6	2,391.7	1,532.0				2,010.8	1,401.5	2,787.0	3,131.1			2,757.8
1961	1,727.5	2,009.5	1,966.3	2,352.3				551.5	1,518.3	3,579.8	3,936.3			2,398.6
1962	1,512.9	1,916.8	2,791.8	3,168.1				1,391.7	1,373.8	3,256.9	4,004.4			3,143.3
1963	1,144.4	1,611.8	2,239.0	2,924.4				1,815.7	1,328.3	3,382.3	3,233.5			2,089.8
1964	1,143.2	1,211.0	2,733.7	2,612.9				577.7	1,013.2	3,064.1	3,515.4			2,077.4
1965	1,019.4	1,400.8	2,374.5	2,151.9				1,440.2	1,287.9	3,237.4	3,312.9			2,349.5
1966	1,021.2	1,004.2	2,963.1	2,686.2				1,428.8	835.4	3,201.8	3,245.9			1,941.9
1967	1,046.3	1,007.0	2,140.4	2,079.8				1,312.9	1,003.1	3,392.2	3,332.6			2,098.3
1968	1,302.8	1,479.2	2,176.0	2,453.8				1,818.1	1,002.0	2,936.1	3,609.1			2,081.9
1969	1,251.0	1,042.2	1,895.8	2,052.4				1,544.1	1,284.6	2,484.7	2,752.8			1,821.6
1970	1,516.6	1,951.8	3,693.1	2,703.2	-	2,817.9	-	1,742.3	1,354.8	3,510.9	3,877.3	3,731.6	-	2,057.8
1971	1,547.6	951.7	3,245.0	2,595.5	2,604.2	1,952.1	3,811.2	1,666.2	-	3,441.2	4,063.0	3,275.6	-	2,629.4
1972	1,021.2	-	2,104.0	1,753.7	-	-	2,929.1	1,398.7	1,559.5	3,146.7	3,270.7	3,208.3	-	2,871.5
1973	2,271.0	-	3,128.7	2,781.1	-	-	-	2,819.4	1,649.6	3,738.2	4,072.6	4,096.4	3,357.7	3,648.1
1974	1,036.6	-	2,807.5	3,212.6	-	-	-	1,861.7	1,288.8	3,560.7	4,641.6	4,605.0	3,458.3	3,294.9
1975	1,895.6	-	3,240.8	2,903.3	2,264.3	-	-	1,952.5	1,909.3	3,453.9	4,388.5	4,666.0	3,828.4	2,922.0
1976	980.8	-	-	2,178.8	1,927.0	-	-	2,106.9	1,453.6	3,145.7	-	4,249.9	3,102.3	2,674.3
1977	1,241.2	993.0	-	1,815.6	1,715.8	-	-	2,060.8	1,629.2	3,381.4	-	3,810.0	-	2,433.0
1978	1,870.1	1,523.1	-	2,420.1	2,555.3	-	-	2,657.5	1,605.6	2,829.8	-	3,960.0	3,103.4	2,973.1
1979	1,167.5	1,167.6	-	1,869.5	1,929.5	-	-	1,786.1	1,331.3	3,343.2	-	4,010.7	2,936.9	3,095.6
1980	1,583.6	1,809.3	-	2,271.8	1,893.3	-	-	1,966.6	1,239.9	3,059.7	-	3,843.0	2,880.5	2,303.2
Mean	1,351.8	1,466.4	2,591.2	2,379.9	2,127.1	2,385.0	3,370.2	1,733.7	1,366.6	3,245.9	3,620.7	3,950.6	3,238.2	2,514.2

- To be continued -

No.	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Name of sta.	Bandipur	Gorkha	Chapkot	Malepatan	Lumle	Khairani	Chame	Rampur	Jhawani	Chisapani Gadhi	Daman	Hetauda(N.F.I.)	Amlekhganj
Sta. No.	0808	0809	0810	0811	0814	0815	0816	0902	0903	0904	0905	0906	0907
Elevation (El.m)	965	1,097	400	856	1,642	500	2,680	256	270	1,706	2,314	474	359
Year 1956													2,399.1
1957	1,312.4	1,731.0											1,485.2
1958	1,390.2	1,585.7	1,439.0						1,283.0	1,449.8			2,324.3
1959	1,511.0	1,720.0	1,828.3						1,478.3	1,878.3			2,161.0
1960	1,924.2	-	2,494.0						1,830.6	1,873.4			1,910.5
1961	2,341.8	-	3,267.2						1,978.8	2,545.9			2,060.4
1962	2,514.4	-	3,271.0						2,458.7	2,340.9			2,555.8
1963	1,838.7	-	1,167.6						1,300.0	1,815.1			2,099.9
1964	1,866.8	1,606.5	1,271.0						1,854.0	1,382.3			2,057.4
1965	1,852.9	1,972.9	1,474.1						1,838.9	2,640.0			2,412.1
1966	1,765.0	1,494.2	1,237.3						1,916.9	2,457.0			2,543.4
1967	1,601.0	1,537.5	1,187.1	3,364.2	-	-	-	-	1,247.7	2,095.9	-	2,575.0	2,298.0
1968	1,927.2	1,594.7	1,651.2	-	-	-	-	1,953.6	1,616.4	2,187.8	1,251.8	2,275.1	-
1969	1,219.6	1,362.1	1,098.7	3,770.2	-	-	-	1,376.3	1,656.3	1,560.9	1,427.5	-	1,892.3
1970	2,385.3	1,467.3	1,462.2	3,960.1	5,610.6	-	-	1,943.6	1,512.3	2,514.3	1,259.2	-	1,581.6
1971	1,942.0	1,969.6	1,405.6	3,106.8	5,963.5	-	-	2,202.5	2,771.5	2,267.6	1,716.7	-	3,275.0
1972	2,139.0	1,940.5	1,632.8	-	5,368.4	2,516.5	-	1,648.3	1,445.6	2,510.3	2,084.0	1,601.8	1,584.7
1973	1,963.7	-	2,401.2	4,258.4	5,757.0	1,965.0	-	2,341.0	1,865.5	2,719.2	2,426.6	2,709.3	2,445.1
1974	2,170.4	1,939.1	1,832.6	-	-	2,202.9	-	2,532.4	2,297.9	2,889.8	2,308.1	2,397.4	2,440.4
1975	1,794.8	1,794.3	2,644.8	-	5,355.6	-	751.3	2,314.0	2,023.4	2,676.2	2,159.9	2,525.9	3,017.5
1976	1,373.1	2,312.0	-	-	4,713.1	-	665.4	1,824.8	1,560.3	2,173.1	1,929.4	2,359.9	1,972.5
1977	1,599.5	1,333.7	1,578.7	3,832.4	4,863.1	2,433.6	862.2	1,725.9	1,571.1	1,815.1	1,528.5	1,947.6	1,583.0
1978	1,908.8	2,288.4	1,894.7	3,499.1	4,951.9	2,622.5	667.7	2,287.8	2,058.5	2,544.4	2,311.2	2,431.8	1,985.1
1979	1,766.4	1,826.8	1,480.6	3,619.9	3,946.1	2,405.9	-	1,825.3	2,323.1	1,806.3	1,854.8	1,788.5	2,117.7
1980	1,794.4	1,522.8	1,981.3	3,501.3	4,959.7	1,965.9	1,461.2	1,584.0	1,740.1	1,560.5	1,111.6	-	1,757.2
Mean	1,829.3	1,736.8	1,804.6	3,656.9	5,148.9	2,301.8	881.6	1,966.1	1,810.0	2,161.0	1,797.6	2,261.2	2,165.0

- To be contineud -

No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Name of sta.	Parwanipur	Bhartpur	Chitlang	Hetauda	Birganj	Makawampur	Beluwa	Timule	Aru Ghat	Nuwakot	Dhading	Kakani	Nawalpur
Sta. No.	0911	0914	0915	0917	0918	0919	0920	1001	1002	1004	1005	1007	1008
Elevation (El.m)	115	223	1,530	466	91	1,030	274	1,900	518	1,003	1,420	2,064	1,592
Year 1957										1,759.8			
1958								1,017.6	2,331.4	-	1,303.4		
1959								961.4	2,286.4	1,839.0	2,018.4		
1960								968.1	1,328.2	1,650.0	2,846.8		2,220.1
1961								1,091.6	3,019.5	-	4,013.6		2,307.1
1962								1,089.0	3,042.2	2,116.1	4,182.9		2,720.6
1963								1,001.5	2,767.0	-	3,605.3		2,256.4
1964								1,007.5	1,916.1	1,727.0	1,615.0		2,639.2
1965								915.3	2,615.7	-	1,999.4		2,115.6
1966								956.6	2,008.4	-	2,043.0		1,946.6
1967	865.2							991.6	1,653.5	-	1,534.6		2,389.7
1968	881.9							1,069.1	1,791.9	1,187.8	1,526.0		2,475.0
1969	1,060.3							1,045.9	2,056.2	1,431.0	1,690.4		2,011.7
1970	1,760.4							879.7	2,759.3	1,952.4	2,021.1		2,242.9
1971	1,352.3	2,993.5						-	2,921.0	1,873.4	2,194.0		2,942.5
1972	893.4	-	1,473.7					758.8	3,133.5	1,702.6	1,930.4		1,950.9
1973	1,851.3	-	1,865.0					885.7	3,942.5	2,015.2	2,507.9		2,585.6
1974	1,939.5	-	1,829.0	2,591.0				660.4	3,252.9	2,065.0	2,013.2		2,424.4
1975	1,716.8	-	1,865.1	2,673.3	988.0	3,178.6	2,687.2	890.7	2,626.6	2,076.2	2,044.7		2,682.2
1976	1,026.8	-	1,706.4	1,963.7	907.4	2,689.0	2,264.2	256.5	2,987.2	1,741.8	2,269.5	2,652.4	2,857.5
1977	1,146.6	-	1,370.3	2,097.5	934.0	2,220.4	2,133.6	986.4	3,048.8	2,033.5	2,098.2	2,393.2	2,392.0
1978	1,809.2	-	2,960.3	2,613.9	1,276.9	2,970.4	2,737.7	1,122.6	3,060.5	2,541.6	2,301.4	3,239.6	3,008.7
1979	1,549.8	-	1,079.0	2,004.9	1,388.2	1,624.9	2,189.3	760.9	2,366.8	1,603.2	1,555.6	1,734.1	2,114.3
1980	1,161.0	-	1,095.8	1,569.2	1,036.8	919.7	2,440.0	1,345.8	2,557.2	1,732.7	1,915.3	2,842.1	2,357.6
Mean	1,358.2	2,993.5	1,693.8	2,216.2	1,088.6	2,268.7	2,408.7	939.2	2,585.8	1,836.0	2,227.4	2,572.3	2,411.5

- To be continued -

	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
Name of sta.	Chautra	Sundarijar Powerhouse	Sundarijar Reservoir	Kathmandu	Thankot	Sarmathang	Baunepati	Ranipauwa	Godavari	Kathmandu Airport	Thamachit	Dhunche	Tarke Ghyang	Changu Narayan
Sta. No.	1009	1012	1013	1014	1015	1016	1018	1019	1022	1030	1054	1055	1058	1059
Elevation (El.m)	1,660	1,364	1,576	1,324	1,630	2,625	845	1,828	1.400	1.336	1.847	1,982	2.480	1.543
Year 1941			2,525.1											
1942			2,808.9											
1943			3,010.0	1,009.6										
1944			2,425.1	1,185.7										
1945			2,909.3	1,585.6										
1946			3,259.9	1,395.6										
1947			-	-										
1948	2,154.1	2,755.0	3,125.6	1,793.4										
1949	2,151.5	2,445.9	2,478.2	1,368.9										
1950	2,131.9	2,406.6	1,439.4	1,536.1										
1951	1,847.9	2,037.6	1,692.3	1,224.4										
1952	-	1,967.5	2,302.4	1,280.4										
1953	-	2,007.1	2,224.9	1,363.6					1,764.4					
1954	-	2,525.4	2,553.4	1,593.7					2,083.6					
1955	1,918.8	-	-	1,130.6					2,063.9					
1956	3,061.9	2,455.8	2,309.0	1,776.4					2,393.9					
1957	1,540.7	1,641.3	1,512.4	1,000.7					1,397.9					
1958	1,664.9	-	-	1,134.3					1,455.7					
1959	2,023.1	2,062.7	1,994.5	1,195.3					1,633.0					
1960	980.0	1,393.0	1,691.7	1,201.5					1,766.2					
1961	2,048.4	1,674.5	1,947.4	1,704.7					-					
1962	2,330.4	2,482.8	2,366.7	1,261.5					2,337.2					
1963	1,853.7	2,111.8	2,263.1	1,313.5					-					
1964	2,143.1	1,762.2	1,904.1	1,384.8					-					
1965	1,648.6	1,450.2	1,649.3	1,333.2					-					
1966	-	1,655.8	1,728.8	1,223.8					-					
1967	-	1,992.0	2,061.7	1,348.6					-					
1968	2,049.5	-	2,445.1	1,539.2				2,748.0	-					
1969	-	-	1,929.0	1,131.2	1,189.0			2,624.0	-					
1970	-	-	2,267.8	1,439.9	1,589.6				-	1,362.3				
1971	-	-	2,382.5	1,601.0	1,811.0		2,066.6	-	1,992.8	1,511.3				
1972	2,994.4	-	1,779.2	1,509.5	1,851.6		1,604.9	-	1,927.2	1,261.4	1,196.0	1,681.5		
1973	2,994.4	-	-	1,969.2	2,632.6	2,353.3	1,920.2	-	2,430.4	1,799.8	1,497.6	1,820.0		
1974	1,491.1	-	2,007.1	1,135.5	2,206.6	3,470.3	1,360.9	-	-	1,225.1	1,498.0	1,712.6	2,434.7	
1975	1,519.9	-	2,540.8	1,526.7	2,091.8	3,856.6	1,691.2	-	-	1,424.5	1,668.3	2,090.6	772.1	1,644.5
1976	1,810.6	-	2,333.0	-	2,643.2	4,799.2	1,642.7	-	-	1,490.6	-	1,910.2	1,118.6	1,795.2
1977	1,958.0	-	-	-	2,287.6	3,535.5	1,480.8	-	-	1,297.3	2,524.0	1,661.5	584.8	-
1978	3,150.4	-	-	-	2,911.1	4,976.0	2,253.7	-	-	1,556.0	1,919.0	2,215.2	2,667.3	2,043.6
1979	1,723.2	-	-	-	2,576.8	4,012.4	1,483.2	-	-	1,356.4	913.0	2,432.7	849.6	1,144.4
1980	2,242.1	-	-	-	2,216.3	4,422.0	1,582.0	-	-	1,340.9	1,924.0	2,636.5	-	1,259.7
Mean	2,018.3	2,108.9	2,245.9	1,381.2	2,167.3	3,928.2	1,708.6	2,686.3	1,937.2	1,398.8	1,642.5	2,107.9	1,404.5	1,577.5

表－4.3.2　測水所450（ナラヤンガール）の月平均流量

(Unit: m^3/sec)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
1963	-	-	-	-	-	1,656	3,781	5,165	-	-	-	-	-
1964	452	377	310	412	444	1,180	4,061	4,451	3,510	1,764	987	638	1,561
1965	472	323	268	470	642	1,524	3,133	4,606	2,816	1,312	953	592	1,435
1966	387	313	245	285	615	1,328	3,490	5,325	3,379	1,322	852	583	1,521
1967	431	328	309	422	578	1,402	3,795	4,059	2,985	1,385	806	541	1,429
1968	407	308	320	366	637	1,920	4,471	4,176	3,147	2,822	1,043	670	1,699
1969	495	380	368	399	591	1,307	3,117	4,083	3,721	1,513	851	542	1,455
1970	378	278	236	372	588	1,828	4,382	4,412	2,175	1,213	606	371	1,414
1971	269	214	204	319	489	-	3,551	4,046	2,309	1,546	-	-	-
1972	-	-	233	239	542	1,165	-	3,408	2,388	1,086	656	-	-
1973	303	244	259	360	607	1,816	2,512	3,919	3,372	2,843	939	553	1,486
1974	416	327	288	379	502	1,020	3,388	-	-	-	781	540	-
1975	454	398	338	421	619	2,518	-	3,662	4,072	1,629	871	575	-
1976	-	-	374	396	347	1,891	2,465	3,298	2,625	-	-	-	-
1977	228	261	317	505	664	1,312	3,754	-	-	-	675	446	-
1978	374	304	313	431	976	2,110	4,742	4,690	2,527	1,426	702	435	1,598
1979	310	266	217	289	441	902	3,011	4,168	2,085	1,060	577	405	1,153
1980	278	225	223	286	446	1,452	-	-	3,340	1,172	629	390	-
Mean	376	303	283	373	572	1,548	3,576	4,231	2,967	1,578	795	520	1,436

表－4.4.1 岩石試験結果の概要

SAMPLE NO.		1-1 to 1-5			2 - 2			3-1 and 3-2			4 - 1			5 - 1			
LOCATION NO. & DEPTH		B81-14 (6.2 to 7, 10 to 11, 21 to 21.4 m) B81-5 (10.4 to 10.7, 16 to 16.6, 25 to 25.6 m)			TG-4 (9.0 to 10.0 m)			B81-5 (21.5 to 22.0 m) TG-4 (7.6 to 8.0 m)			B81-5 (31.4 to 31.9 m)			B81-14 (13.0 to 13.5 m)			
ROCK NAME IN LITHOLOGY		Medium sandstone			Sandy mudstone			Siltstone			Breccia			Fine sandstone			
OBSERVATION								Calcareous			Calcareous			Calcareous			
CONDITION OF SPECIMEN IN ROCK TEST	MOISTURE	NAT /1	SAT /2		NAT	SAT		NAT			NAT			NAT			
	ANISOTROPY																
APPARENT SPECIFIC GRAVITY G		2.407			2.561			2.658			2.690			2.666			
DENSITY γ (g/cm³)																	
NATURAL WATER CONTENT Wn (%)																	
WATER ABSORPTION Wsat (%)		5.24			4.00			1.69			0.70			0.85			
APPARENT POROSITY n' (%)		12.07			9.92			4.36			1.88			2.25			
P & S WAVES VELOCITIES	P WAVE Vp (km/sec)	1.63	2.07		3.03	2.98		3.27			5.02			4.38			
	S WAVE Vs (km/sec)	0.91	0.97		1.65	1.58		1.81			2.99			2.50			
	DYNAMIC MODULUS OF ELASTICITY ED (kg/cm²)	5.11×10^4	6.34×10^4		1.90×10^5	1.72×10^5		2.23×10^5			6.02×10^5			4.39×10^5			
	DYNAMIC POISON'S RATIO μ_D	0.271	0.359		0.287	0.303		0.279			0.226			0.262			
UNCONFINED COMPRESSION	UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH σ_c (kg/cm²)	128.1	100.0		211.0	75.2		169.1			688.8			686.1			
	STATIC MODULUS OF ELASTICITY ES (kg/cm²)	2.03×10^4	1.13×10^4		2.06×10^4	4.5×10^3		3.17×10^4			3.53×10^5			3.14×10^5			
	STATIC POISON'S RATIO μ_s	0.329	0.308		0.335	0.355											
TENSION	BRAZILIAN TENSILE STRENGTH σ_t (kg/cm²)	6.02			7.94												
TRIAXIAL COMPRESSION	CONFINING PRESSURE σ_3 (kg/cm²)	20	10														
	STRESS DIFFERENCE $\sigma_1-\sigma_3$ (kg/cm²)	340.3	285.7														
MOHR ENVELOPE	COHESION τ_0 (kg/cm²)	20			26												
	ANGLE OF INTERNAL FRICTION ϕ (°)	54			53												
WEATHERING TEST	DRY & SAT. PASSING (times)	5			2												
	PERCENT LOSS (%)	0			100												

REMARKS /1 NAT : Tested under the natural moistured condition.

/2 SAT : Tested under the saturated condition.

表－4.4.2 透水試験結果

(Unit in Lugeon)

Depth (m)	Bore-holes on Left Bank								in River Channel				on Right Bank					Stage Average
	B80-3	B81-9	B81-12	B81-2	B81-5	B81-14	B81-7	B81-18	B80-1	B80-2	B80-15	B80-13	B81-4	B81-8	B81-3	B81-17	B81-16	
0																		
5						0.6												0.6
10						0.1							159.3	1.0	0.71			40.3
15		7.4			0.4	2.8		3.2					10.4 14.9	1.1	2.33	2.4		4.03
20	1.75	4.7	3.4	9.0	1.04	3.6		3.68			17.7		2.8	3.3	2.45	1.2	4.91	4.58
25	1.59	5.9	2.2	13.08	0.64	22.2	13.48	2.54		3.13		119.5	16.1	7.2	1.28	0.8	10.2	14.6
30	1.49	5.8	9.9	0.69	1.69	6.5	0.63		6.64	5.6			2.3	7.6	1.83	1.14	6.88	4.19
35	82.9	8.2	11.0	0.53	10.78	0.2	6.8	3.6	3.15	3.49	0.34	0.05	2.3	20.4	2.3	1.08	12.5	9.98
40		8.1	12.2	0.31	0.89	0.6	1.78	0.98	6.57	4.97	0.39	0	10.4	2.22	2.07	0.62	2.46	3.41
45			2.1	1.1	1.14	0.02	0.9				0.32	0.05			4.66	1.88	6.44	1.86
50			1.1	1.18	1.18	0	7.28	1.88			0.55	0.15			1.62	2.04	16.75	3.07
55			1.3															1.3
60			1.3															1.3
Average	21.9	6.68	4.94	3.70	2.22	3.66	5.14	2.65	5.45	4.30	3.86	23.9	27.3	6.12	2.14	1.39	8.59	7.35

表－4.5.1 建設材料の室内試験項目と試料

Construction Material	Laboratory Test Items	Tested Samples (In Test Pit No.)
Concrete coarse aggregates	- Sieving analysis	CTP-1 to CTP-12
	- Specific gravity and absorption	"
	- Washing test	"
	- Abrasion test	CTP-1, CTP-2, CTP-5, CTP-6, CTP-9 to CTP-11
	- Soundness test	CTP-1, CTP-2, CTP-5, CTP-9 to CTP-11
	- Weight of unit volume	CTP-1, CTP-2, CTP-5 CTP-6, CTP-9 to CTP-11
Concrete fine aggregates	- Sieving analysis	FTP-1 to FTP-5
	- Specific gravity and absorption	"
	- Washing test	"
	- Soundness test	FTP-1, FTP-3
	- Weight of unit volume	FTP-1 to FTP-5
Earth core material	- Sieving analysis	TP-1 to TP-7
	- Field moisture	"
	- Specific gravity	"
	- Liquid limit test	"
	- Plastic limit test	"
	- Compaction test	TP-1, TP-3, TP-4, TP-7
	- Triaxial test	TP-3, TP-4
	- Permeability test	"
Rock material	- Specific gravity and absorption	R-1 to R-4
	- Abrasion test	"
	- Soundness test	"
Filter material	Covered with the laboratory tests for concrete coarse and fine aggregates	

表－4.5.2 ふるい分け試験結果（粗骨材）

Sieve (mm)	Passing (Remaining) Rate of Each Sieve in % (Excluding size larger than 150 mm dia.) Test Pit No.												Remark
	CTP-1	CTP-2	CTP-3	CTP-4	CTP-5	CTP-6	CTP-7	CTP-8	CTP-9	CTP-10	CTP-11	CTP-12	
80	92.5(7.5)	91.5(8.5)	89(11)	95(5)	86(14)	95(6)	80(20)	100(0)	75(25)	90(10)	83(17)	95(5)	
40	58(42)	58(42)	65(35)	60(40)	55(45)	75(25)	60(40)	81(19)	36(64)	69(31)	52(48)	76.5(23.5)	
20	36(65)	42(58)	41.5(58.5)	38(62)	33(67)	47.5(52.5)	43(57)	54(46)	25.5(74.5)	50(50)	37(63)	52(48)	
10	24(76)	33(67)	31(69)	28(72)	23(77)	31.5(68.5)	35(65)	36(64)	20.5(79.5)	34(66)	30(70)	35(65)	
5	19(81)	27(73)	23(77)	21(79)	18(82)	23(77)	30.5(69.5)	30(70)	18(82)	28(72)	25(75)	29(71)	

Sieve (mm)	Remaining Rate of Each Sieve in % (Excluding size larger than 150 mm and smaller than 5 mm) Test Pit No.												Remark
	CTP-1	CTP-2	CTP-3	CTP-4	CTP-5	CTP-6	CTP-7	CTP-8	CTP-9	CTP-10	CTP-11	CTP-12	
80	9.26	11.64	14.29	6.33	17.07	6.49	28.78	0	30.49	13.89	22.67	7.04	
40	51.85	57.53	45.45	50.63	54.88	32.47	57.55	27.14	78.05	43.06	64.00	33.10	
20	80.25	79.45	75.97	78.48	81.71	68.18	82.01	94.29	90.85	69.44	84.00	67.61	
10	93.83	91.78	89.61	91.14	93.90	88.96	93.53	65.71	96.50	91.67	93.33	91.55	
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

表－4.5.3 品質試験結果（粗骨材）

Test Pit No.	Specific Gravity and Absorption		Washing Test	Abrasion Test	Soundness Test	Weight of Unit Volume
	Specific Gravity	Absorption (%)	Rate Passing 0.088 mm Sieve (%)	Weight Reduction (%)	Weight Reduction (%)	(t/m^3)
CTP - 1	2.72	0.77	0.39	27.4	0.43	1.920
- 2	2.70	0.77	0.55	24.4	1.90	1.892
- 3	2.69	0.69	0.46	-	-	-
- 4	2.70	0.70	0.30	-	-	-
- 5	2.69	0.71	0.06	16.43	2.40	1.890
- 6	2.76	0.33	0.06	16.43	-	1.850
- 7	2.75	0.51	0.06	-	-	-
- 8	2.71	0.30	0.30	-	-	-
- 9	2.73	0.60	0.20	11.10	0.88	1,861
- 10	2.70	0.74	0.46	18.77	1.24	1.846
- 11	2.71	0.73	0.35	16.53	2.35	1.870
- 12	2.69	0.65	0.43	-	-	-
- 13	-	-	-	-	-	-
- 14	-	-	-	-	-	-

Note: Grain size in Test Pit No.13 and No.14 was too fine, and judged not applicable for coarse aggregate. Thus, no laboratory test was carried out for the above.

表－4.5.4　ふるい分け試験結果（細骨材）

Sieve (mm)	Passing (Remaining) Rate of Each Sieve in %						Remarks
	Test Pit No.					Average	
	FTP-1	FTP-2	FTP-3	FTP-4	FTP-5		
5	85(15)	38(62)	87(13)	63(37)	44.5(55.5)	63.5(36.5)	
2.5	80(20)	31.5(68.5)	84(16)	57(43)	38(62)	58.1(41.9)	
1.2	76(24)	26.5(73.5)	82.5(17.5)	53.5(46.5)	33(67)	54.3(45.7)	
0.6	53.5(46.5)	13(87)	77.5(22.5)	38.5(61.5)	20(80)	40.5(59.5)	
0.3	15.5(84.5)	3.5(96.5)	14(86)	10(90)	4(96)	9.4(90.6)	
0.15	2(98)	1.0(99)	2(98)	2(98)	2(98)	1.8(98.2)	

Sieve (mm)	Remaining Rate in Each Sieve in % (Excl. size larger than 5 mm)						Remarks
	Test Pit No.					Average	
	FTP-1	FTP-2	FTP-3	FTP-4	FTP-5		
5	0	0	0	0	0	0	
2.5	5.88	17.11	3.45	9.52	14.61	10.11	
1.2	10.59	30.26	5.17	15.08	25.84	17.39	
0.6	37.06	65.79	10.92	38.89	55.06	41.54	
0.3	81.76	90.79	83.91	84.13	91.01	86.32	
0.15	97.65	97.37	97.70	96.83	95.51	97.01	
F.M.	2.33	3.01	2.01	2.44	2.82	2.52	

表－4.5.5 品質試験結果（細骨材）

Test Pit No.	Specific Gravity and Absorption		Washing Test	Abrasion Test	Soundness Test	Weight of Unit Volume
	Specific Gravity	Absorption (%)	Rate of Passing 0.088 mm Sieve (%)	Weight Reduction (%)	Weight Reduction (%)	(t/m^3)
FTP－1	2.67	1.93	10.09	－	9.58	1.283
－2	2.65	1.94	1.93	－	－	1.891
－3	2.68	2.63	2.20	－	12.03	1.295
－4	2.63	1.84	1.07	－	－	1.615
－5	2.54	2.28	6.14	－	－	1.800

表－4.5.6 コア材の品質試験結果(1)

Samples					Consistency			Gradation							
								Passed Percentage (%)					Particle Size (mm)		
Test Pit No.	Depth (m)	Soil Classification	Field Moisture Content Wf, (%)	Specific Gravity, Gs(g/cm^3)	L.L. (%)	P.L. (%)	P.I. (%)	mm 4.76	mm 2.00	mm 0.42	mm 0.074	mm 0.005	D60	D30	D10
TP-1	2	CL	17.8	2.656	35.2	25.3	9.9	100	99.1	97.5	86.1	51.0	0.01	-	-
TP-2	2	CH	26.9	2.659	52.9	36.4	16.5	100	100	99.1	94.2	53.0	0.008	-	-
	4	CL	12.6	2.710	41.5	20.1	21.4	100	98.9	97.5	82.0	28.0	0.035	0.0063	-
TP-3	2	CL	20.2	2.688	44.8	18.7	26.1	100	100	96.9	85.0	48.0	0.013	-	-
	4	CL	10.1	2.699	33.5	23.6	9.9	96.9	95.6	87.6	67.8	22.0	0.065	0.012	-
TP-4	2	CL	20.5	2.677	40.5	24.3	16.2	100	99.8	96.8	85.0	44.0	0.017	0.0035	-
TP-5	2	CL	23.6	2.663	37.9	20.3	17.6	100	100	97.9	88.8	46.0	0.024	0.001	-
TP-6	2	CL	23.4	2.663	46.7	27.2	19.5	100	100	96.9	85.8	50.0	0.007	0.0015	-
TP-7	2	CL	24.0	2.659	41.6	28.7	12.9	100	100	98.4	91.2	65.0	0.0042	-	-

表－4.5.7 コア材の品質試験結果(2)

Samples	Condition of Test	Dry Density, rd (g/cm3)	Mositure Content, W (%)	Wet Density, rt (g/cm3)	Void Ratio, e	Degree of Saturation, Sr (%)	Triaxial Compression Test U-U Cohesion, C (kg/cm2)	Triaxial Compression Test U-U Friction Angle, ϕ (°)	Triaxial Compression Test C-U Cohesion, C (kg/cm2)	Triaxial Compression Test C-U Friction Angle, ϕ (°)	Permeability Test Permeability Coefficient, k (cm/s)
TP-3 (at 2 m depth)	Max. dry density and optimum moisutre content	1.560	22.6	1.913	0.723	84.0	1.9 (-)	15°00' (-)	- (-)	- (-)	2.78×10^{-7}
	95% dry density and 80% of degree of saturation	1.482	24.2	1.841	0.814	80.0	1.2 (-)	12°00' (-)	0.3 (0.08)	15°30' (35°30')	3.63×10^{-6}
TP-4 (at 2 m depth)	Max. dry density and optimum moisture content	1.485	26.2	1.868	0.803	87.3	1.4 (-)	15°00' (-)	- (-)	- (-)	4.87×10^{-7}
	95% dry density and 80% of degree of saturation	1.411	26.8	1.789	0,897	80.0	1.3 (-)	13°30' (-)	0.42 (0.15)	11°30' (33°30')	2.29×10^{-6}

Samples	Compaction Test: Compaction Energy, Ec (%)	Max. Dry Density, rd Max. (g/cm3)	Optimum Moisture Content Wopt (%)	Wf - Wopt (%)	Allowable Maximum Grain Size (mm)	Diameter of Mold (mm)	Weight of Rammer (kg)
TP-1 (at 2 m depth)	100 (5.625 m.kg/m3)	1.555	24.0	-6.2	4.76	100	2.5
TP-3 (")	"	1.560	22.6	-2.4	"	"	"
TP-4 (")	"	1.485	26.2	-5.7	"	"	"
TP-7 (")	"	1.510	25.8	-1.8	"	"	"

Notes: (i) WF = Moisture content at field.
(ii) ( ) shows the effective stress analysis.

表－4.5.8 原石試験結果

Sample No.	Specific Gravity and Absorption		Abrasion	Soundness
	Specific Gravity	Absorption (%)	Weight Reduction (%)	Weight Reduction (%)
R-1	2.934	0.24	29.48	0
R-2	2.880	0.52	23.88	0
R-3	2.907	0.41	16.97	0
R-4	2.845	0.97	32.50	0

第5章　開発計画の立案

5.1　最適開発計画案の検討

5.1.1　概要

プレフィージビリティスタディ報告書により提案されたAダムサイト左岸の段丘砂れき堆積層は、下流側の代替ダムサイトに比べ厚くかつ広く分布していることが現地調査で確認された。Aダムサイトの基盤岩の状態も代替ダムサイトと比べて同様かもしくは設計上やや好ましくないことが判明した。したがってAダムサイトは必ずしも最適地とは断定できず、より詳細な技術的・経済的検討が必要であると判断された。

計画地点で想定されるダムタイプとしてはコンクリート重力式ダムおよびフィルタイプダムがある。工事期間中に予想されるサプトガンダキ河の大きな洪水規模を考慮すると、大規模な仮排水路を必要とするフィルタイプダムよりコンクリート重力式ダムが望ましい。しかしながら、現在検討中のダム高さ80m以上に及ぶような開発規模に対してコンクリート重力式ダムを採用するには、基盤岩が所要強度の下限程度の強度しかもっていないことが地質調査の結果判明した。

基盤岩がこのような状態なので、コンクリート重力式ダム案の場合には滑動に対するダムの安全を確保するためにダム底部に大きなマット状のコンクリート基礎が必要となる。さらに、30m～35mの厚さをもつ河床堆積層を考慮すると、この河床堆積層の大掘削と大規模なコンクリートマット基礎を必要とするコンクリート重力式ダムは、非常に高価なものになると予想される。このような状況なので、ダムタイプ選定のためには詳細な比較検討が必要であると判断された。

もっとも効果的でかつ最大の純便益をもたらすような当プロジェクトの最適開発規模と最適設備容量を決定するためには、さらに検討が必要である。最適なダムサイト、ダムタイプ、開発規模および設備容量を決定するための検討が行われた。この検討結果の詳細を以下に記す。

5.1.2　比較検討案の選定

<u>ダムサイト</u>：サプトガンダキプロジェクトのダムサイトとしては、カリガンダキ河とトリスルガンガ河の合流地点の下流1km～2kmの間に図4.1.1に示されているダムサイトA、BおよびCの3ヶ所の候補地がある。地形上それ以外の地点には適当なダム

サイトは見当たらない。第2段階の調査において、もっとも有利なダムサイトを選定するためこの3候補地点でボーリング、弾性波探査、試掘横坑、原位置岩盤試験等の地質調査が行われた。各候補地点におけるこの地質調査によって明らかにされた特徴は以下のとおりである。

(1) Aダムサイト

このダムサイトの顕著な特徴は、左岸の丘と河道の間にほぼ400mの幅をもつ広大な段丘堆積層があることである。中央部の堆積層の厚さは40mあるいはそれ以上と考えられる。この地点にコンクリート重力式ダムを建設する場合にはこの段丘堆積層を全面的に基盤岩まで掘削することが必要となろう。フィルタイプダムを建設する場合には段丘堆積層を貫き基盤岩まで達する非透水性コアトレンチもしくはコンクリート地中壁（カットオフウォール）を設ける必要がある。上記範囲以外の両岸のアバット部の斜面上では約10mの掘削で堅岩に達するだろう。

河床下の新鮮な岩盤の弾性波速度は2.8km／秒と比較的遅い。河床堆積層の下の基盤岩表面は、浅い部分と深い部分の2段になっていて、比較的平坦な水平面を成しているとみられる。弾性波探査の結果、浅い方の基盤岩表面は河道の両岸部に在り河床砂れきの表面から16m～18mの深さの所に、また河道中央部の深い方の基盤岩表面は深さ28mあたりに、それぞれ位置していると判断された。この深い方の部分は当初約20mの深さの所に在ると考えられていたが、河道中央部の溝部に位置する深い方の基盤岩表面の位置を弾性波探査法で推定しようとした場合、どうしても実際の値よりも浅目の結果となっていることが下流のダムサイトにおける調査ボーリングによって明らかとなったため、今回約28mに修正されたものである。

基盤岩は、塊状の雲母を含む粗粒砂岩、塊状の中粒砂岩、葉理構造をもった細粒ないし中粒の砂岩、れきを含んだ集塊れき岩、軟ないし中硬で石灰質の泥岩および葉理構造をもったシルト岩の互層よりなっている。セン断強度は粘着力で8kg／cm²、内部摩擦角40度であり、高さ80m以上のコンクリート重力式ダムを建設するための所要強度の下限程度と考えられる。

第2段階の調査で実施したグラウト試験結果から、基盤岩の透水性に関し

ては、通常のセメントグラウトによりダム建設に必要とされる程度まで透水性を低下させ得ることが明らかになった。

(2) Bダムサイト

このダムサイトの左岸段丘堆積層は 150mもしくはそれ以下の幅と、もっとも厚い部分で35mの厚さを有することが調査の結果判明した。Aダムサイトに比べてこの堆積層の規模はかなり小さい。この点では、BダムサイトはAダムサイトより適地と思われる。

河床砂れき層は河道の中央付近で30m程度の厚さを有する。ダム軸から130m下流の地点ではこの厚さが35m以上に及ぶ。

Bダムサイトの左岸側アバット部分では、コンクリート重力式ダムの基礎掘削もしくはフィルタイプダムの場合の非透水性コアトレンチのための掘削の所要深さは、段丘堆積部分の掘削は別として約6m程度であろう。右岸側アバット部分ではこの掘削深さが10m～20mになろう。このダムサイトの基盤岩の性質はAダムサイトのものと大体同じである。

(3) Cダムサイト

このダムサイトの左岸の段丘堆積層の状態はBダムサイトのものとほぼ同じである。河床砂れき層はBダムサイトより若干深いようであるが、弾性波探査の結果でみる限り大差はないようである。風化は他の2つのダムサイトに比べて一般に深い所まで及んでいる。

サプトガンダキのダム建設工事が通常採用されているような、片側もしくは両岸の地山内に設置される仮排水トンネル方式で実施可能であれば、Bダムサイトでは左岸の段丘堆積層の規模がAダムサイトと比べて小さいため、必要となるダム基礎掘削量が大幅に減少することになり、この点でBダムサイトはAダムサイトより有利であると言えよう。Bダムサイトではこの左岸段丘堆積層の規模が小さいことにより、河床砂れき層はAダムサイトと比べて多少厚くなるものの、同一の開発規模（常時満水位）のために必要となるダムの規模が相対的に小さくてすむ。しかしながらサプトガンダキプロジェクトの場合には、トンネルの所要かぶりが得られず、工事中の大きな洪水流量を排水するための大規模なトンネルを掘削することは困難であり、したが

って両岸に仮排水路を開削することが必要となろう。この仮排水路の掘削量が多量に上るため、通常のケースなら総建設費がより小さいとみられるBダムサイトではあるが、この場合には必ずしも有利とは限らないだろう。以上の考察の結果、AダムサイトとBダムサイトの比較検討のためには詳細なスタディが必要であると判断された。

Cダムサイトでは、河床堆積層がBダムサイトよりもやや厚く両岸の状態はBダムサイトとほぼ同じである。したがってBダムサイトと比較して利点が認められないため、Cダムサイト案は以降の検討対象から外す。

ダムタイプ：サプトガンダキプロジェクトで建設されるダムのタイプとして選定されたコンクリート重力式ダムとフィルタイプダムのそれぞれの主要な特徴を以下に示す。

(1)コンクリート重力式ダム

基盤岩のせん断強度（粘着力）がわずか8kg／cm²であるため、通常の断面形状を有するコンクリート重力式ダムの建設は不可能である。コンクリート重力式ダムとする場合は、滑りに対する安全を確保するためにダム基礎に厚いコンクリートマットを設けなければならない。このコンクリートマットを基盤岩上に打設するために厚い河床堆積層の大規模掘削が必要となり、建設費が増大する。

しかしながら、建設期間中の大きな洪水流量に対処するには、コンクリート重力式ダムがフィルタイプダムより望ましい。建設中のコンクリートダムは、大洪水時には洪水流のダム上の越流を許容できるため、必要な仮排水路の通水能力を小さくでき、この点で建設費が少なくてすむ。

(2)フィルタイプダム

フィルタイプダムは建設中に洪水流がその頂部を越流することに耐えられない。そのため既往最大洪水流量16,350m³／秒を処理できる能力をもつ仮排水施設を必要とする。ここでは両岸にそれぞれ1つずつの大きな仮排水路を設けることになり大規模な掘削が必要となる。しかしながらフィルタイプダムの場合には河床堆積層および左岸の段丘堆積層に対する必要な処置はコアトレンチもしくはカットオフウォールと止水グラウトであり、比較的小規模ですむ。

以上の考察で明らかなように両ダムタイプともそれぞれの長所と短所を有するので、ダムタイプの決定には十分な技術的安全性を有する設計案を作成の上、その経済性の比較検討を行う必要がある。

開発規模と設備容量：最適開発計画案とは純便益を最大ならしめるものと定義する。開発規模と発電設備容量が大きくなるほど便益も大きくなるが、同時に投資額も増大する。このため便益から投資額を差し引いた純便益は、開発規模・発電設備容量が大きくなるにつれて必ずしも大きくなるとは限らない。種々の開発規模と発電設備容量を仮定してそれぞれのケースの純便益を評価の上、これを比較検討することにより最適開発規模と最適発電設備容量を選定した。最適開発計画案の比較検討の対象とされた開発規模と発電設備容量は、下記の組合せとした。なお開発規模は貯水池の常時満水位で表示した。この常時満水位は、地形上の制約から標高 240m以下に限定されている。

比較検討のため選定された開発規模と発電設備容量

		開発規模（常時満水位）			
		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
		標高 210m	標高 220m	標高 230m	標高 240m
各開発規模に対する発電設備容量（kW）	ケース1	75,000	112,500	150,000	187,500
	ケース2	112,500	150,000	187,500	225,000
	ケース3	150,000	187,500	225,000	262,500
	ケース4	187,500	225,000	262,500	300,000

注：上表中の設備容量は当初設置される発電機3台分の容量であり、将来上流に流量の季節調節用の貯水池が建設された後に増設が想定されている1台分の容量は含まない。

比較検討のために選定された開発計画案：以上の考察に基づいて比較検討のために選定された諸開発計画案は以下のようにまとめられる。

比較検討のために選定された開発計画案一覧

(1) ダムサイト：AダムサイトおよびBダムサイト

(2) ダムタイプ：コンクリート重力式ダムおよびフィルタイプダム

(3) 開発規模：常時満水位標高 210m、 220m、 230mおよび 240mの4ケース

(4) 発電設備容量：

—常時満水位標高 210mに対して：75,000kW、 112,500kW、 150,000kW および 187,500kWの4ケース

—常時満水位標高 220mに対して： 112,500kW、 150,000kW、 187,500kW および 225,000kWの4ケース

—常時満水位標高 230mに対して： 150,000kW、 187,500kW、 225,000kW および 262,500kWの4ケース

—常時満水位標高 240mに対して： 187,500kW、 225,000kW、 262,500kW および 300,000kWの4ケース

5.1.3 比較検討のための予備設計

最適開発計画案を選定するためには、比較検討のための各開発計画案の建設費を推定する必要がある。建設費推定のために各開発計画案の予備設計を行った。設計については第6章“設計”でさらに詳述してあるが、この予備設計上の主要な留意点は以下のとおりである。

工事中の仮排水：河床に大量の砂れきが堆積しているためシートパイル打設による仮締切りは困難であると判断された。したがって、河岸内に開削される仮排水路と上流・下流側の仮締切りダムの建設によって流水処理を行う方式を採用する。

コンクリート重力式ダム案では、洪水の大きな季節変動を考慮して乾季（11月～5月）の25年確率洪水に相当する洪水流量 2,000m³／秒を仮排水路の設計洪水流量とした。これは、工事中の雨季には 2,000m³／秒以上の洪水がダム頂部から越流することを許容しようとするものである。この仮排水路設計洪水流量に基づいて、左岸に底幅55mの仮排水路を設けた。なお、この仮排水路が所定の排水能力 2,000m³／秒を有するためには、上流側仮締切りダムの堤頂を標高 190.5m以上に設定する必要がある。

フィルタイプダム案においては建設中のダム頂部からの越流が許されないので、仮排水路は雨季の大洪水に対応できるものでなければならない。そのため両岸に1つず

つ計２つの仮排水路を設けて、50年確率洪水に相当する既往最大洪水流量16,350m³／秒を流下させる能力を持たせる。ただし、上流側仮締切りダムの堤頂は標高 196.0m とした。

コンクリート重力式ダムのコンクリートベースマット：コンクリート重力式ダムは日本のダム設計基準に基づいて設計する。すなわち、滑りに対する安全率は 4.0以上であること、またダム底面のいかなる部分においても引張応力が発生しないような構造であることが要求される。この設計基準が、セン断強度（粘着力） 8.0kg／cm²、内部摩擦角40度の基盤岩の条件下で満足されなければならない。そのためにダム基礎に広いコンクリートベースマットが必要となり、その寸法は下記のようにして求められた。

(1)コンクリート重力式ダムの場合、洪水吐は河道部のダム本体上に設けられる。この洪水吐の直下流部のコンクリートベースマットは、洪水吐からの放流水の減勢池を兼ねることになる。減勢池の設計洪水流量は 100年確率洪水に相当する17,800m³／秒であり、コンクリートベースマットの表面の位置すなわちマット上の水深と上・下流方向の長さはこの設計洪水流量を減勢するために水理学的に必要な値以上でなければならない。

(2)上記の水理学的に必要な大きさのベースマットではダムの安全を確保できない場合には、ダム上流側にフィレットを設けることによりベースマットを上流側に延長する。

(3)ダムが高く上記の上流側へのベースマットの延長ではダムの安全を確保できないような場合には、ベースマットを下流側に延長する。

(4)ベースマットの所要厚は有限要素法による基盤岩内の応力解析を行って検討した。基盤岩内の応力度分布に問題がなくかつ許容応力度内であるようなベースマットの厚さを最小所要厚とした。各ダム高に対して求められた最小所要厚は以下のとおりである。

ダム堤頂標高（m）	ベースマットの最小所要厚（m）
215.0	10
225.0	11
235.0	12
245.0	13

取水口：サプトガンダキ河の流送土砂量は 2,800m³／km²／年すなわちダムサイトで88×10⁶ m³／年と膨大な量に上る。貯水池による流送土砂の補そく率を30パーセントと仮定すると、貯水池は数年内に洪水吐の越流頂標高まで堆砂で埋まるであろう。発電用取水口は洪水吐に隣接して設けられるので、土砂の流入を防ぐためにコンクリート防護壁を設置する。この防護壁により、発電取水庭前面の堆砂は洪水吐からの放流水とともに排除される。さらに、防護壁の越流部堤頂は洪水吐の越流頂部より10m高くし、また洪水吐の放流方向と平行部分の防護壁上に越流部を設けることにより、防護壁前面の排砂を促進することを図った。防護壁非越流部分については、有効な排砂が期待できないので設計洪水位と同じ高さとした。

沈砂地：サプトガンダキの河川水は多量の浮流砂を含むので、水車の羽根に摩耗による悪影響を及ぼすことが懸念される。この悪影響を軽減するため沈砂池を設置する代替案の検討を行った。その結果、この代替案は開発計画案から除外されるに至ったが、以下にその検討経過を詳細に述べる。

図5.1.8は、粒径 0.5mm以上の浮流砂を沈積させるべく設計された沈砂池を有する代替案を示す。この沈砂池の建設に伴なう費用の増分は約70×10⁶ 米ドル相当に上り、当プロジェクトの総建設費が増大することになる。サプトガンダキ河の浮流砂の粒径は、表5.1.10に示す粒度試験の結果からわかるように、非常に微細である。これら細粒砂を確実に沈積させるには、図5.1.8に示されているものの2倍以上の沈砂池面積が必要となる。それは技術的に困難であるし、また水車の羽根にそれほどの影響を及ぼさない細粒砂を沈積するのは実際的でない。そこで、以下のような低廉で実用的な対策が推奨される。

(i) 前項で述べたように発電取水庭前面に防護壁を設け、大部分の粗粒砂は既に沈積除去されている表層の水だけを取水する。

(ii) 水車の羽根の材料として13クロム高ニッケル鋼を用いる。この材料は耐摩耗性に優れ、10年程度の使用に耐えると期待される。

(iii) 摩耗による水車の羽根の損傷が生じたら肉盛り溶接によって補修する。

水車の羽根に摩耗による損傷が生じた場合肉盛り溶接で安価に補修可能である。長期にわたって発電を停止することなく水車を補修するために、水車の予備の羽根1式を備えることが望ましい。水車の羽根に損傷が生じた場合には予備の羽根と短期間に

交換し、取り外された羽根は修理後予備としてまた保管するようにするためである。上記の水車の羽根の補修、予備の水車の購入等に要する費用の年相当額は、大規模な沈砂池を設ける場合の1パーセント以下であろう。この補修費および購入費を参考のため以下に示す。

—補修（10年に1回）

人件費：	10,000米ドル相当×6ヶ月×3人＝	180,000米ドル相当
溶接棒：	6,500米ドル相当／トン×1トン＝	6,500米ドル相当
工具等：	＝	4,500米ドル相当
	計	191,000米ドル相当

—予備の水車羽根購入費　450,000米ドル相当

洪水吐：日本のダム設計基準に従って、コンクリート重力式ダム案の洪水吐は 200年確率洪水流量19,200m³／秒を、設計洪水位において放流する能力を有するように設計する。フィルタイプダム案においては、設計洪水位で 200年確率洪水流量の 1.2倍の放流能力をもつように設計する。ダム設計基準に従って、貯水池による洪水のピーク流量の調節効果等は洪水吐の放流能力決定に際しては一切考慮に入れない。

上記の洪水吐は、想定され得る最大の洪水、いわゆるＰＭＦにほぼ相当するとされる10,000年確率洪水流量27,400m³／秒を３ｍのダム余裕高をもって放流する能力を有することも確認されている。

5.1.4　発電

5.1.4.1　貯水池運用計画

概要：当プロジェクトは貯水池への土砂の流入量が多量であるため流れ込み式として設計せざるを得ない。選定された各開発計画案の優劣を、それぞれの純便益により比較検討してふるいにかけ最適開発計画案を得るためには、各開発計画案ごとにその便益を算定しなければならない。当プロジェクトの便益は発電によって得られる便益であり、各ケースの常時せん頭出力と発生電力量は、日流量資料に基づいた貯水池操作シミュレーションにより算定した。この貯水池操作シミュレーションは以下に詳述する方法でコンピューターを利用して行った。

流入量資料：ダムサイト直下流に位置する測水所No. 450における水位観測は、1963年以来ネパール政府のかんがい水文気象局（Department of Irrigation, Hydro-

logy and Meteorology, DIHM) によって毎日行われてきた。したがって1963年から1980年までの18年の期間について、水位流量曲線を用いて水位から変換された日流量資料が得られる。この日流量資料は「付属書C」に収録されているが、この日流量資料をシミュレーションに用いる貯水池への流入量時系列とした。

貯水容量曲線と放水位流量曲線：当プロジェクトは流れ込み式発電所なので発電に使用できる水量は貯水池への流入量相当分だけとし、貯水池の水位は常時満水位を保つことを原則とする。しかしながら流入量が少ない場合には、常時満水位と最低運転水位の間の有効貯水容量を利用して、設備利用率50パーセントのピーク発電を毎日行う。この場合には、貯水池の水位は常時満水位と最低運転水位の間を毎日往復することになる。また、放水位も発電使用水量の変動に伴って毎日変動する。

貯水池水位と放水位の変動に伴って変化する総落差を求めるために、堆砂後の貯水容量曲線（貯水池の貯水容量と水位の関係）と、放水位流量曲線（流量と放水位の関係）が必要である。堆砂後の有効貯水容量は、洪水吐の越流堤頂から現在の河床勾配に等しい堆砂勾配0.0015で、貯水池内に堆砂が生じるものと仮定して、 8.5×10^6 m³と推定された。放水位流量曲線は、第2段階の現地調査において実施された測水結果に基づいて、図5.1.1に示されているように作成された。以上の曲線を入力データとしてコンピューターを用いて発電に得られる毎日の総落差を計算した。

貯水池運用水位：貯水池は設定された常時満水位と最低運転水位に基づいて運用される。当プロジェクトの最適開発規模は、種々の常時満水位に対して想定された開発計画案の比較検討を通して選定しているが、5.1.2項で述べたように、対象とした常時満水位は標高 210m、 220m、 230mおよび 240mの4ケースである。以下の考察に基づき、最低運転水位は常時満水位の4m下とした。すなわち有効貯水容量 8.5×10^6 m³を確保することにした。

毎日の発電に際して、貯水池の水位は発電所の運転が停止されている12時間中に常時満水位まで回復させるべきである。過去18年間の流量資料上、90パーセントの期間はこれを上まわるような常時河川流量は 290m³／秒である。この流量が貯水池に流入している場合には発電停止中の12時間で約 12.5×10^6 m³の水が得られる。したがってピーク発電をする場合でも貯水池内の貯留水を1日に 12.5×10^6 m³以上は使用すべきでないと言える。これは貯水池の利用水深6mに相当する。

シミュレーションによる検証の結果、最低運転水位を下げて利用水深を6mに近づける程常時せん頭出力が増加し、経済的に有利になることが確認された。したがって経済上の観点からは利用水深を6mとすることが望ましい。この場合、発電取水口への接近流速を設計基準に従って1m／秒以下に抑えるために、土砂の流入を防ぐ目的で取水庭前面に設置される防護壁上の越流水深が4m以上必要なので、この防護壁天端の標高は最低運転水位から4m下、すなわち常時満水位からは10m下となり土砂流入の懸念が増大するので、効果的な土砂流入防止策の重要性を認めた技術上の見地から、多少の経済便益の低下は伴うが、防護壁天端の標高を2m上げて有効利用水深は4mとすることに決定した。いずれにしてもこの最低運転水位を設定するためには、詳細設計の段階で水理模型実験を通した詳細な検討が必要である。

水車の定格水頭：設定された有効落差の範囲内では水車の定格水頭を小さくする程低落差時に水理学的に使用できる流量が増加するので、発生電力量が増加し電力量便益増につながる。しかし同時により大きな流量用の水車が必要となるのでコストも増大することになる。もっとも経済的な定格水頭は純便益が最大となるように選定されるべきであるが、通常の場合、最適な定格水頭となる貯水池水位は大体利用水深の中央になることが分かっていることと、当プロジェクトの場合利用水深が小さいので、定格水頭を中央水位に相当する有効落差として設定しても結果に有意な差は生じないと考えられる。したがって定格水頭は次のような手順で設定した。

(1)貯水池の定格水位H_1を、常時満水位FSLと最低運転水位MOLの中央の水位とする。すなわち、H_1 ＝（FSL＋MOL）／2とする。

(2)所要のピーク出力P、水車・発電機合成効率η、定格水車流量Q_r、定格貯水池水位H_1、定格放水位H_2および定格損失水頭H_ℓの間に成立する次式を繰り返し法で解くことにより、定格水頭（$H_1 - H_2 - H_\ell$）を求めた。

$$P = 9.8\eta Q_r (H_1 - H_2 - H_\ell)$$

または、

$$H_1 - H_2 - H_\ell = \frac{P}{9.8\eta Q_r}$$

上式における定格損失水頭H_ℓは定格流量Q_rの関数であるが、当プロ

ジェクトでは非常に小さいので総落差（$H_1 - H_2$）の 2.5パーセントとした。また、定格放水位H_2 も図5.1.1に示される放水位流量曲線で表された定格流量Q_r の関数である。したがって上式の未知数は定格流量Q_r のひとつだけとなる。

実際の計算に際してはまず定格流量Q_r を適当に仮定して、上式から放水位H_2 を試算する。次にこのH_2 の試算値に対応する放水位流量曲線上の定格流量の試算値を求める。試算値Q_r が仮定された値と一致するまで、上記の計算を反復することによって、定格流量Q_r を求める。

(3) 水車の定格水頭は、定格貯水池水位H_1 から定格放水位H_2 および定格損失水頭H_ℓ を差し引いて求める。

<u>発電所運転計画</u>：当貯水池には河川流量の季節的変動を調節する能力がない。すなわち、既述のようにサプトガンダキ河の流送土砂量が多量であるため、当プロジェクトは流れ込み式発電所として計画されており、季節的調節を受けていない自然のままの流入水を発電に使用することになる。季節的に大きく変動する流入量を可能最大限まで発電に利用するために下記のような運転を行っている。ただし、サプトガンダキプロジェクトは電力系統内の日需要の内、継続時間が約12時間の部分に対する供給を担当することとした。したがって、当発電所は設備利用率50パーセントで運転するように計画されている。以下にサプトガンダキ発電所の運転計画の詳細を示す。また、図5.1.3には模式的に説明されている。

ケース1：水車の最大使用水量を上まわる流入量が得られる期間には、貯水池の水位を常時満水位に保ったまま24時間連続して設備容量いっぱいの発電を行う。使用水量を上回る分は洪水吐より放流する。

ケース2：流入量が使用水量より少ない期間には、図5.1.3のケース2に示してあるように、貯水池の日調整容量を利用して可能な限り長時間設備容量いっぱいの発電を行う。

ケース3：設備利用率50パーセントの発電が不可能であるような渇水時には、図5.1.3のケース3に示されているように出力を絞り、1日の運転時間が12時間となるように調節する。

5.1.4.2　常時せん頭出力と発生電力量

常時せん頭出力：常時せん頭出力とは90パーセント以上の期間発生可能なピーク電力と定義される。前述のように、サプトガンダキプロジェクトは継続時間が約12時間のピーク電力需要に対する供給を受け持つことになっている（設備利用率50パーセント）。この50パーセントの設備利用率で90パーセント以上の期間に対して供給できる電力が常時せん頭出力であり、設備容量便益の対象となるものである。比較検討のために選定された各開発計画案に対して、過去の流入量資料に基づいた貯水池操作シミュレーションを行って得られた常時せん頭出力を表5.1.4に示す。

発生電力量：上記シミュレーションによって同時に算定された発生電力量を表5.1.4に示す。発生電力量はその年間を通じた供給の信頼性によって、1次電力量と2次電力量に分類される。1次電力量は、設備利用率50パーセントで1年の90パーセント以上の期間に対して供給できる電力量である。すなわち、設備利用率50パーセントで常時せん頭出力によって発生される電力量である。当プロジェクト完成直後の需要が未成熟な数年間以外では、この1次電力量はすべてネパール電力系統に送電可能であり系統内で消費されるものと仮定する。

上記の1次電力量以外の発生電力量は2次電力量と分類される。これは豊水期に50パーセントを越える設備利用率で発生されるものである。次のような理由から、この2次電力量はネパール電力系統においては余剰電力量とみなされる。この2次電力量は、ネパールの他の水力発電所の発生電力量も増加して、国内の電力需要が十分に賄われているとみられる豊水期に得られるものである。したがって、サプトガンダキプロジェクトから発生する2次電力量を消費する余地は国内にはほとんどなく、電力不足に悩むインドへ輸出するものと想定した。

5.1.5　プロジェクト便益

当プロジェクトの便益は発電による便益であり、これはもっとも低廉な代替発電計画に要する費用として評価される。仮に当プロジェクトが無いと想定した場合のネパールにおけるもっとも低廉な代替案は、ネパール電力系統の供給能力を当プロジェクトと同程度増強するために、採用される可能性のもっとも強い石炭火力発電所とする。したがって、設備容量便益と電力量便益から成る発電便益は代替石炭火力発電所に必

要な費用として算定した。当プロジェクトに関係する便益のより詳細な概念については、第9章に述べられている。

5.1.6　プロジェクト費用

当プロジェクトの最適開発計画案は、既述のごとく種々の開発計画案の純便益を比較検討することにより選定する。そのために各開発計画案のプロジェクト費用を算定する必要がある。プロジェクト費用を算定するため、5.1.3項で技術的に吟味された予備設計の基準にしたがって、各開発計画案の予備設計を行った。プロジェクト費用はこの予備設計に基づいて算定された工事数量と推定された単価から積算した。

各工事項目の単価は、1982年7月の物価水準で、表8.4および表8.5に示されている人件費、建設材料費および建設機械費に関する調査結果と想定された施工計画に基づいて、さらにネパールにおける類似プロジェクトの工事単価を勘案して推定された。この詳細については第8章で述べる。また、表8.2に推定された工事単価を示す。

プロジェクト費用はまた準備工事費、用地収用費、エンジニアリング費用、ネパール政府の当プロジェクト管理費、および予備費を含む。この費用は単価ベースではなく一括推定した。プロジェクトの直接費用にはさらに電気および機械関係の費用も含まれる。これらの費用についても第8章に詳述されている。すべての開発計画案に対して推定されたプロジェクト費用を表5.1.1と表5.1.2に示す。

5.1.7　諸開発計画案の比較検討結果

各開発計画案の比較検討結果は表5.1.5と表5.1.6に示されているとおりであり、また図5.1.4から図5.1.7に図示されている。この比較検討結果の概要は以下のとおりである。

図5.1.4から図5.1.7を詳細に検討すると、常時満水位が標高 230mあるいは 240mという大規模な開発案の場合にはコンクリート重力式ダムとフィルタイプダムのいずれのダムタイプにしてもBダムサイトが経済的に有利となる。この主な理由は、Aダムサイトの左岸コンクリート構造物が深い基盤岩面のために著しく大きくなったためである。さらに常時満水位が標高 220m以上になるような開発規模の場合には、コンクリート重力式ダムのコンクリート量が急増するのでフィルタイプダムが有利となる。

大規模な開発案と小規模な開発案を比較すると、グラフから明らかに分かるように

大規模な開発案の純便益の方がはるかに大きく、有利である。このようにして各開発計画案を比較検討した結果、Bダムサイトにおけるフィルタイプダムによる大規模な開発計画案が有利であることが判明した。

さらに、常時満水位が標高 230mと 240mの2ケースの大きな開発規模（Bダムサイト、フィルタイプダム）について比較してみた。常時満水位が標高 230mの場合には設備容量を 225,000kWとするとき純便益が最大となり、これは常時満水位が標高 240mで設備容量 262,500kWの場合よりやや大きい。これは常時満水位が標高 240mと高い場合には投資額が急増するのに対して、便益は一定の割合でしか増えないためである。したがって、常時満水位が標高 230m以上の開発規模としてもなんら利点がないと考えられる。

結局、サプトガンダキプロジェクトの経済的にもっとも有利な最適開発計画案は下記のような組み合せとなる。

<u>経済的にもっとも有利な最適開発計画案</u>

ダムサイト　：　Bダムサイト

ダムタイプ　：　フィルタイプダム

開発規模　　：　常時満水位標高 230m

発電設備容量：　225,000kW

5.2　最適開発計画案の問題点

5.2.1　概　　要

当プロジェクトの経済的にもっとも有利な最適開発計画案は前項5.1.7で述べたような比較検討を通じて選定された。しかしながらこの開発計画案を最適なものとして決定する前に検討しなければならないもうひとつの問題がある。それは、サプトガンダキプロジェクトの上流約20kmの地点に計画されているカリガンダキ第2水力発電開発計画の放水位が当プロジェクトの建設により上昇するため、同計画の有効落差が減少するということである。