

6校（教師 117人、学生 1,048人）

税 体 制：政府の財源としての税制は直接税と間接税から成る。

直接税 ○ 政府職員の所得税率は基本給の 5 %

○ 年間売上高120万Nu以上の民間企業は、売上高に対し 7 - 8 %取引税が課税

○ 民間の賃借所得に対し均一課税率 5 %

○ 民間個人・企業（120万Nu以下）には所得税はない

○ 土地税、家屋税があるが、税率は非常に低い

○ 木材及び鉱物関連の特許権料、採掘権料

○ 自動車・企業に義務づけられた免許料、登録料

間接税 ○ 国内消費税収の中の主要部分は、インド政府からの払戻し金

○ 売上げ税とし 4 ~ 8 %

○ 関税、印税等

4 - 3 ブータンの自然概況

4 - 3 - 1 地形・水系概要

ブータンの地形は、ヒマラヤに特徴づけられる東西への帯状の区分と、グレートヒマラヤを源とする 3 大河川及び中間山間地帯を集水域にもつ小 - 中河川に支配された構造を呈する。

この帯状の地形区分は、ネパールヒマラヤの区分とほぼ同様で、次のようなものである。なお、ブータンの地形区分図を図 4 - 10 に示した。

I. 高ヒマラヤ帯：グレートヒマラヤを構成するチョモルハリ（7,315m）、クラカンギリ（7,540m）に北境を発し、南へ指先状に適従川を伴って標高2,000mから4,000mの山岳を形造っている地帯で、南の低ヒマラヤ帯とは主中央衝上断層で区分される。南北に流れる適従川は、大きくグレートヒマラヤを横切っているため先行性の河川（山脈形成の前よりあった河川）である。この河川沿いには山間谷底平野が開かれ、河岸段丘は良質な田畑となっている。

ブータンの北～中部はすべてここに含まれる。

II. 低ヒマラヤ帯：MCT と MBT に挟まれた細い帯状の地域で、標高1,000～3,000mの山岳地帯である。東西への山並みを呈し、適従谷も発達している。このため、高ヒマラヤ帯を南下する河川は、このII帯で流れを東西に変える。

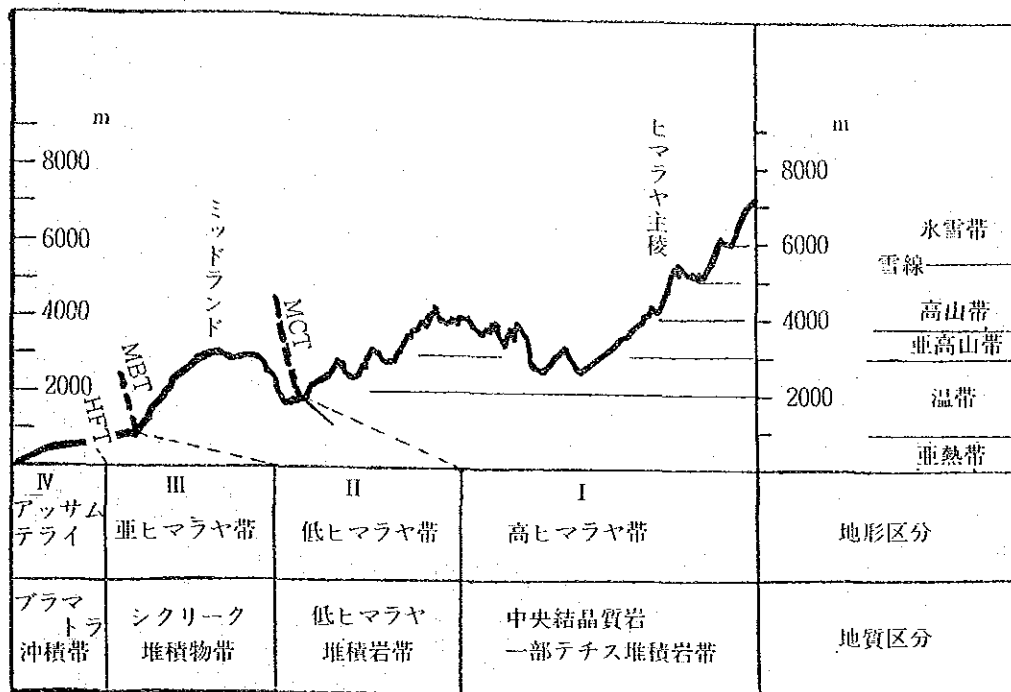


図4-9 ブータンの南北地形断面模式図

MCT: 主中央衝上断層(Main Central Thrust)

MBT: 主境界衝上断層(Main Boundary Thrust)

HFT: ヒマラヤ前縁断層(Himalayan Front Thrust)

山容は、頂部が著しく風化侵食を受けて平坦化しており、集落が発達している。

Ⅲ. 亜ヒマラヤ帯: MBT に北境を有する山麓丘陵地で、標高400~1,000mのモラッセ堆積物より構成される地帯である。ここは果樹園や田畑に利用されている。ただ、ブータン南部では欠如している地区もある。

Ⅳ. アッサム・テライ: Ⅱ / Ⅲ帯の山麓に発達する扇状地や河岸段丘に相当し、ブラマトラ川の右岸に連続する。標高は200~400mの緩傾斜地で、もっとも有望な農耕地とされている。また亜熱帯ジャングルも残っている。

ブータンにおける河川の源流部を発生域によって大別すれば、次ようになる。

(1) 高ヒマラヤ帯 マナス川 (ダンメ川, マンチ川)

スンゴシ川 (マ川, ポ川)

ワン川 (ハ川, パロ川)

アモ川, ジョモ川

(2) 低ヒマラヤ帯 マオ川, タクライ川

サルバン川, ダイナ川

ピンド川等

(1)に類する河川は南北性の適従河川で、河川長は50kmから180kmにも達する。河道は中央結晶質岩のなかを下刻するため、深い峡谷を形成し、急流となっている。

3大河川の流域面積（概略）は、マナス川=1.5万km²、スンコシ川=1万km²、クン川=0.4万km²であり、全国土のそれぞれ32%、21.5%、8.6%を占める。

(2)に類する河川は、もっとも大きいマオ川が35kmの河道長で、700km²の流域を有する。他の河川は10~20kmで、乾季はワジとなる。

4-3-2 地質概要

ヒマラヤにおける地質については、数多くの報告が行われている。しかし、ブータンヒマラヤについては長年の鎖国政策により、詳しい研究は行われていない。大ヒマラヤ全体にわたる概念図は図4-11の通りである。なお、地質図は付図-1に示す。

この地質図に従って、ブータンで考えられる地質構造を次に述べる。

- (1) テチス堆積物（Ⅱ帯）はチベットヒマラヤ構造区と呼ばれ、主に古生代から中生代の化石の多い堆積岩類からなり、下部では弱い変成作用をうけて広がり、膨大な花崗岩が貫入している。これらは Gondwana 大陸の浅海性堆積物であったと考えられる。
- (2) 高ヒマラヤ帯（Ⅲ帯）は、ハイヒマラヤ構造区でブータン北・中部を占める。北部のグレートヒマラヤでは上部にテチス堆積物がのり、その下部は中央結晶質岩とよばれる高変成度の片麻岩、角閃岩相の結晶片岩、ミグマタイトなどから構成されている。原岩は主に泥質岩、炭酸塩岩や火山岩類も含まれる。この片麻岩類の下限は主中央衝上断層（MCT）である。この断層の上を片麻岩帯が滑って南方へ張り出すナップ現象が各所にみられる。
- (3) 低ヒマラヤ（レッサーヒマラヤ）は MCT を境として南側に広がる山地で、高原状のこともある。低ヒマラヤ堆積岩類は、プレカンブリアの弱変成の堆積岩で構成されている。地層は風化して土壌となり、耕作地や森林などの多い地域である。
- (4) 低ヒマラヤ帯の南限は主境界衝上断層（MBT）で形成されているが、その南側にあるシワリーク堆積物の上に低ヒマラヤ帯が衝上している。このシワリーク山地は山麓部に丘陵をもって接している。シワリーク堆積物は、新第三紀から第四紀にかけてヒマラヤが急上昇したとき消剥された砂礫のたまったモラッセ堆積物である。ブータンでは欠如した地区がある。
- (5) ブラマプトラ・テライは、シワリーク層の南限を成すヒマラヤ前縁衝上断層（HFT）の前縁部に扇状地や河岸段丘として発達した沖積平野である。HFT によりシワリーク層は南方へ押し上げられ、沖積層の上まで衝上している。

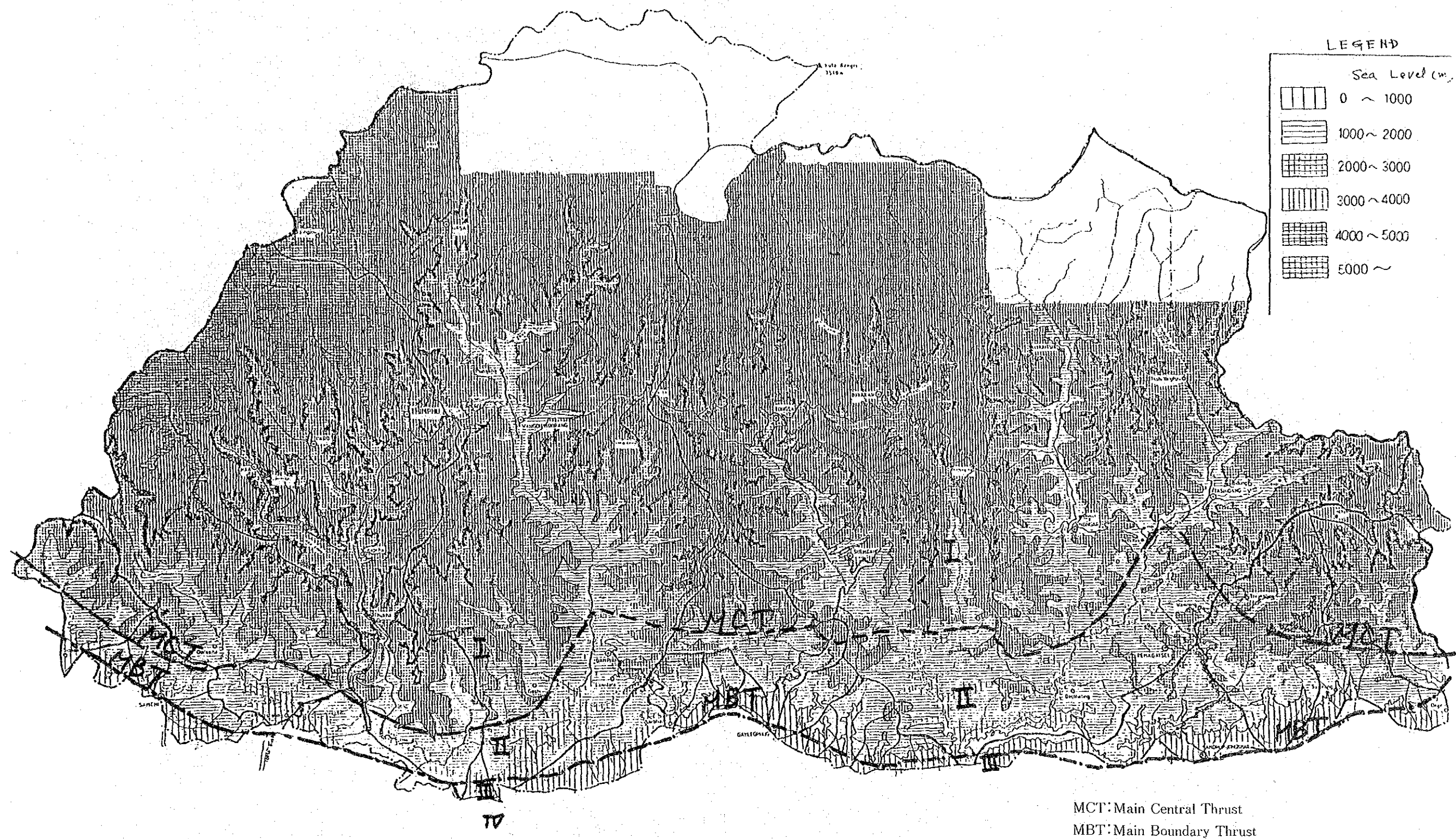
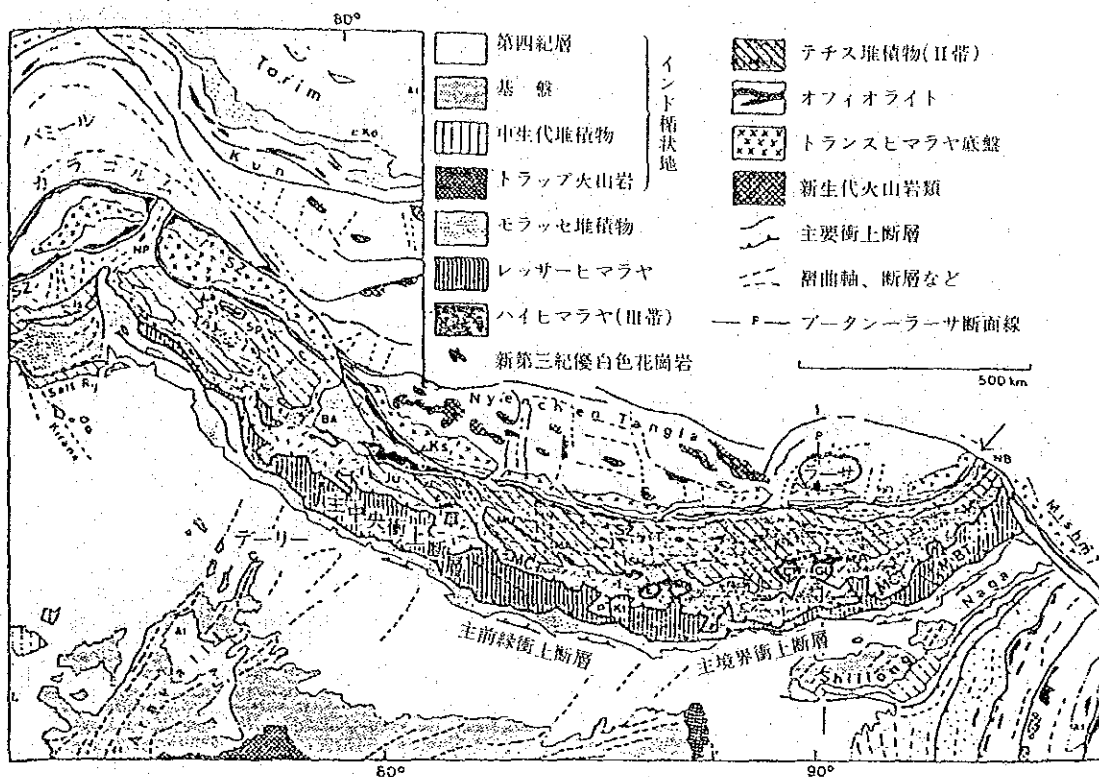
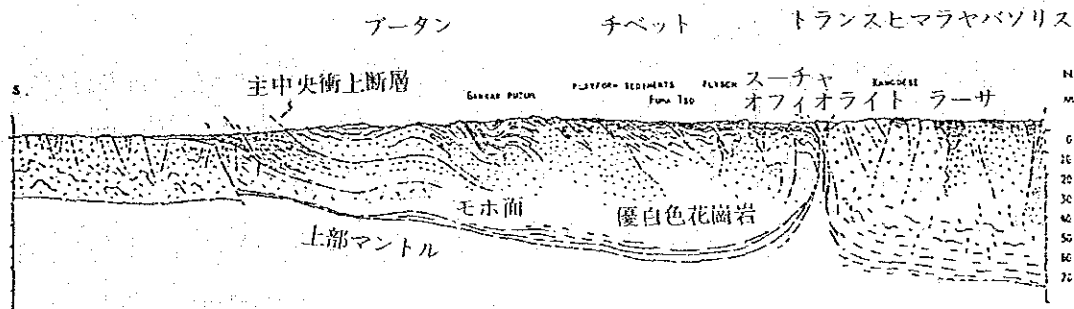


图 4-10 Distribution Map of Altitude in Bhutan



チベット～ヒマラヤ地域における地質構造図

Dietrich & Gansser (1981) 原図。大文字は著名な高峰(北西から南東へ): NP, ナンガパルバット (8125m), BA, バドリナス (7140m), A, アビ (7140m), MU, ムスティング (~6000m), MA, マナスル (8125m), SH, シシャバンマ (8012m), E, エベレスト (8848m), MK, マカルー (8475m), CH~MP, チョモルハリ (7314m), ゴホップラ, モンラカルチュンパサルム (~7500m) などのプータンヒマラヤ(第6図参照), La, ラグー, Ls, ラーサ, Ki, カトマンズ。

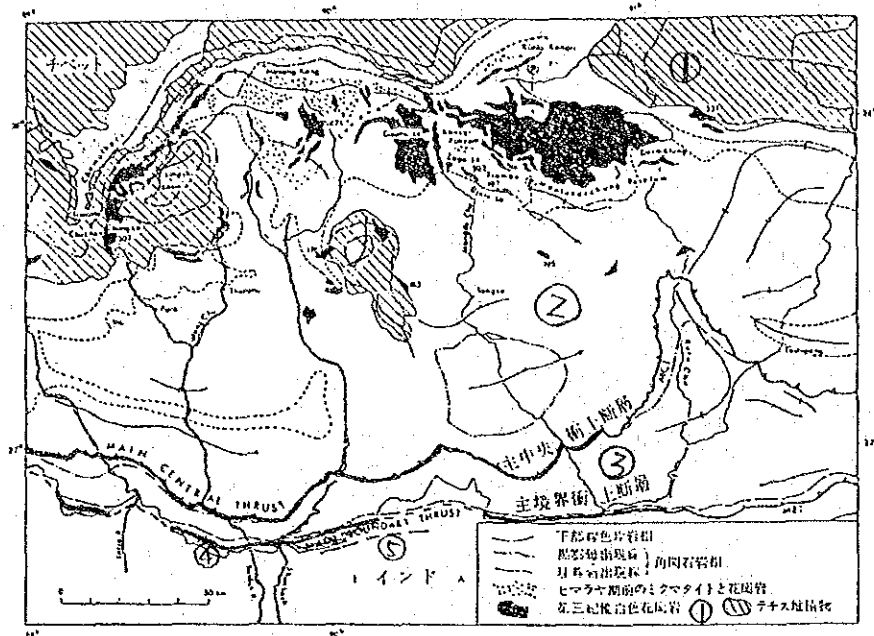


チベット～ヒマラヤ地域における地質構造断面図

Dietrich & Gansser (1981) 原図。断面線は第3図参照 (ほぼ東経90°)

(石原1985 地質ニュース374号「チベット～ヒマラヤ衝突帯の花崗岩類」による)

図4-11 大ヒマラヤ全体概念図



ブータンヒマラヤにおける後白色花崗岩類の分布と侵入岩類の浸透度, DIETRICH & GANSSER (1981) 原図

- ②高ヒマラヤ帯 ③低ヒマラヤ帯 (石原1985 地質ニュース374号「チベット～ヒマラヤ衝突帯の花崗岩類」による)
④亜ヒマラヤ帯 ⑤ブラマトラ・テライ

図4-12 ヒマラヤの地質

4-3-3 気象・植生概要

山国ブータンのような空間的厚みをもつところの気象は複雑であるが、高低差に基づいて広義に3つの気候帯に分類される。

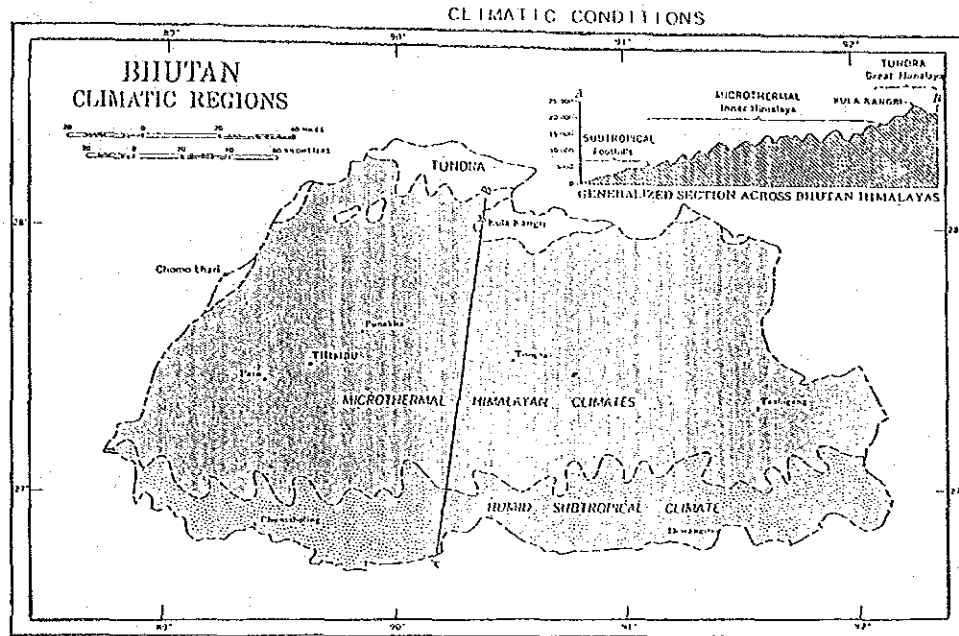
- (1) 高山性気候帯(ツンドラ気候帯): グレートヒマラヤの標高3,000m以上は冬は厳寒となり、夏は短く冷涼で、作物栽培は耐寒性作物(大麦・馬鈴薯など)を除いて困難である。標高4,250m以上は農耕不能地で、5,500mが氷雪帯の雪線である。
- (2) 温帯性気候帯: 地形区分の高ヒマラヤ帯のうち3,000m以下の地域で、夏季は温暖で降雨が500～1,200mmあるが、冬季は冷涼性の気候である。低地では米・バナナ・オレンジなど実り、山の南斜面には広葉樹林が生い茂り、標高が増すと常緑の松柏類が多くなる傾向にある。
- (3) 亜熱帯性気候: 地形区では低ヒマラヤー亜ヒマラヤーアッサムテライに相当する地域で高温多湿が特徴である。標高は300m～1,500m、年間降雨量は2,000～5,000mmにも達する。亜熱帯性ジャングルの繁茂があり、一部にサバンナ観を呈する地区もある。

気温: 最高気温(7/8月) 38℃—18℃, 平均29.3℃

(居住地域における) 最低気温(12/1月) 13℃—7℃ 平均-0.3℃

気温の定減率: 夏季 0.53℃/100m, 冬季 0.72℃/100m

照葉樹林帯：ネパールからブータン・西南日本の暖温帯に分布するカシ、シイ、クスノキなどの植生相をいう。



(ADCAレポート)

図4-13 ブータンの気候帯

表4-5 ブータン王国の地区別年間降雨量（単位：ミリ）

地 区	標 高 (メートル)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間降雨量 (ミリ)
Phuntsholing	234	24	34	46	165	431	880	874	1010	811	166	15	7	4,168
Sarbheng	326	22	27	25	128	509	697	970	862	789	206	26	2	4,263
Samchi	610	20	150	57	236	499	656	669	554	—	55	16	—	2,910
Gayleyphung	196	77	—	5	43	92	170	384	1,098	278	8	—	8	2,164
Paro	2,362	13	4	40	30	44	73	143	135	104	49	9	2	674
Tongsa	2,172	11	27	60	57	157	185	256	257	148	60	7	14	1,239
Mongor	1,520	10	10	23	10	85	152	181	104	71	47	3	1	698
Tashigang	991	16	11	34	50	76	136	124	128	87	51	2	0.3	732
Wangdiphodrang	1,374	6	4	10	17	46	117	146	113	97	56	3	8	622
Thimphu	2,392	2	11	12	22	48	103	149	152	121	70	—	0.5	691
Bhur (Gayleyphung)	(200)	20	29	84	179	354	1,093	1,154	820	712	240	53	37	5,074

(注) 数値は次の期間の平均である。

Thimphu……1972-1975, Bhur……1973-1982, その他……1956-1971。

4-4 河川状況

4-4-1 降雨量

対象領域内の降雨量については、表4-6のように Gaylegphug, Bhur, Sarbhang で雨量の観測が実施されている。

これらの雨量をもとに、Gaylegphug 地区の雨量をグラフ表示し、東京の月別降雨量と比較してみると図4-14のようになる。

これによると、まず降雨量が東京の2-3倍あり、また、著しい雨期、乾期の相違にも気が付く。

対象領域の降雨特性をまとめると、以下のようになる。

(1) 降雨量が多い。

2,000mm-5,000mm程度あり、東京の2-3倍の降雨がもたらされている。

インド洋からのモンスーンの影響を受け、雨期には1,000mmを越す雨量が記録されている。例えば、Bhurの7月1カ月間の雨量は東京の年間降雨量を上回っている。

表4-6 Gaylegphugの降雨量

Rainfall

Rainfall in Gaylegphug, 1985 is stated as fallows;

Table-1 Rainfall (1984) in Gaylegphug

<u>Month</u>	<u>Temperature</u> <u>Max.(C°) Min.</u>		<u>Evaporation</u> <u>for 24 hrs(mm)</u>	<u>Rainfall</u> <u>(mm)</u>	<u>No. of</u> <u>Rainy day</u>
Jan.	23.27	15.66	23.2	23.2	4 days
Feb.	21.96	17.57	24.7	59.8	11 days
Mar.	26.84	22.15	37.4	62.4	11 days
Apr.	28.58	24.82	39.2	87.2	14 days
May.	28.61	24.98	41.3	512.5	17 days
Jun.	28.83	26.30	27.1	1,135.5	24 days
Jul.	29.08	24.52	19.4	1,681.2	29 days
Aug.	30.40	26.24	25.7	690.4	25 days
Sep.	29.92	24.18	15.3	912.2	25 days
Oct.	30.40	28.82	30.0	80.6	7 days
Nov.	28.70	22.12	29.1	82.0	6 days
Dec.	25.68	17.29	21.7	61.4	6 days
Total	(Ave.) 27.8			5,388.4	179 days

1/1

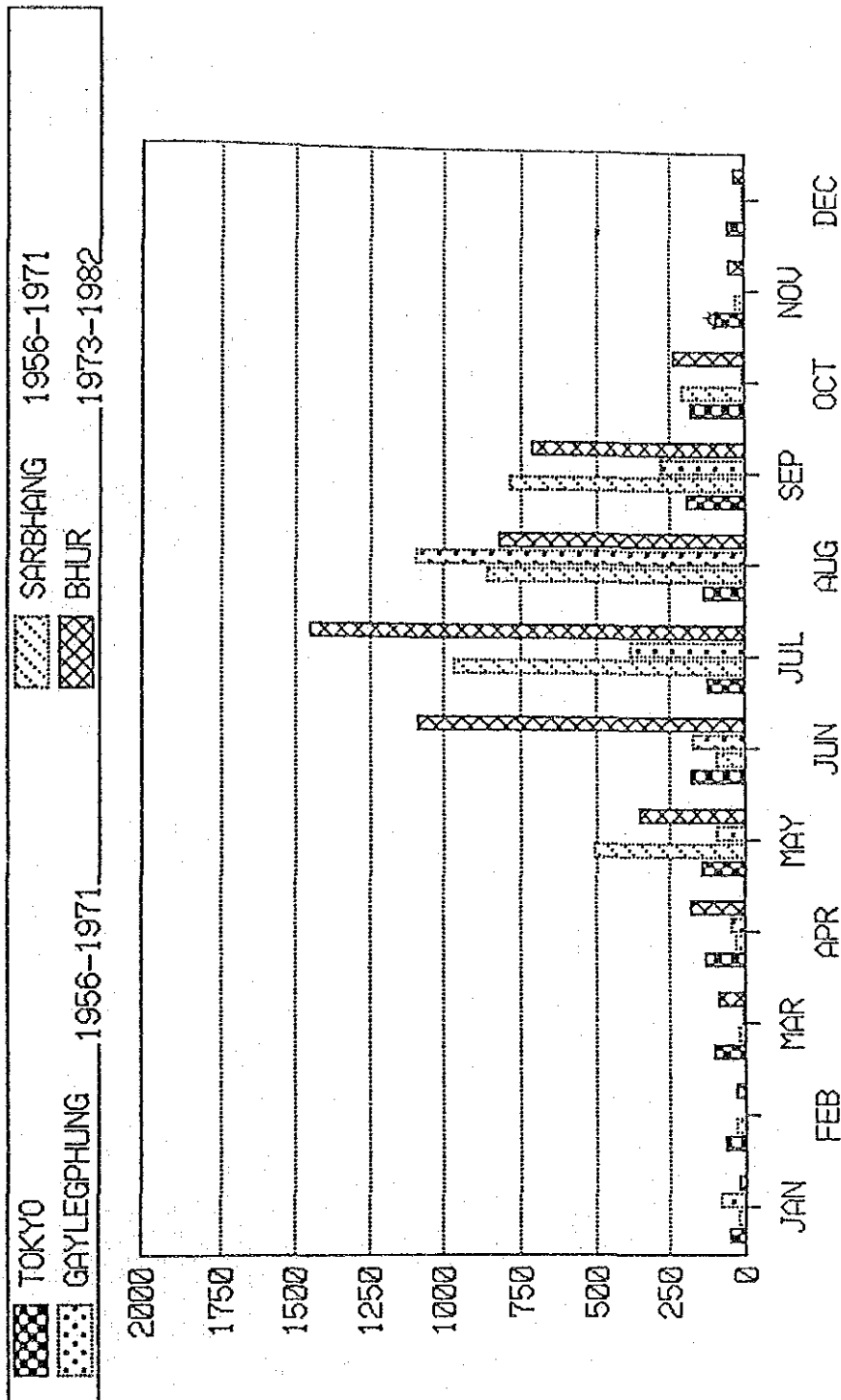


图 4-14 Rainfall in Bhutan

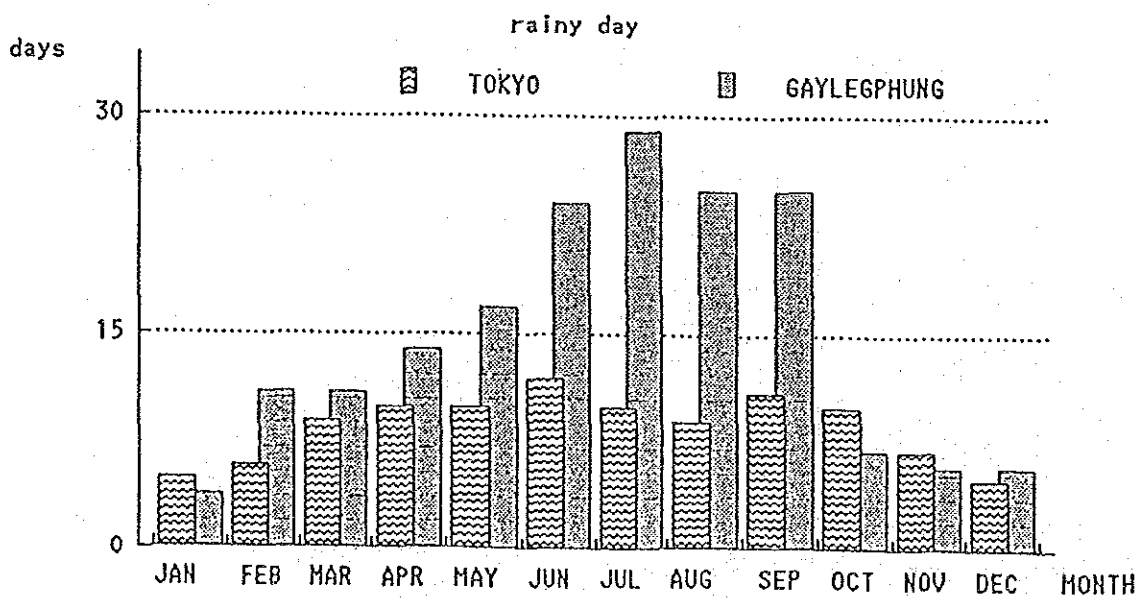
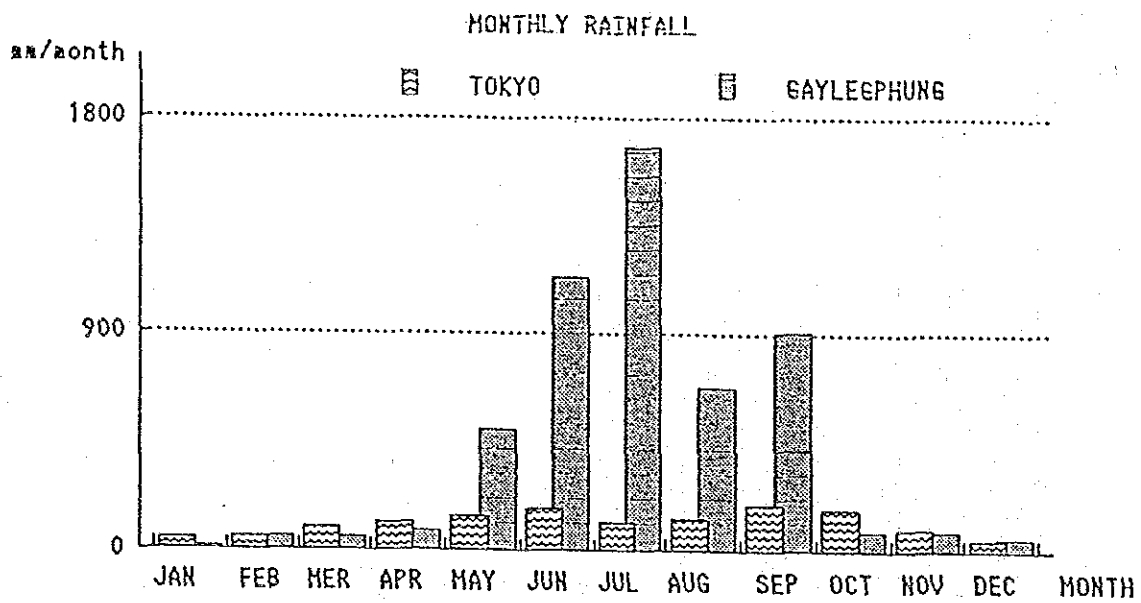
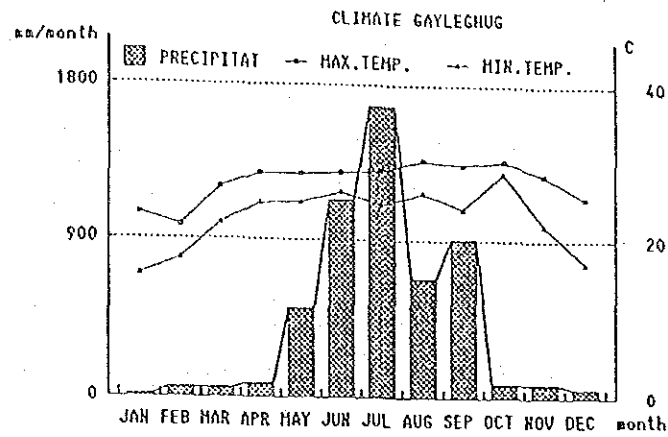
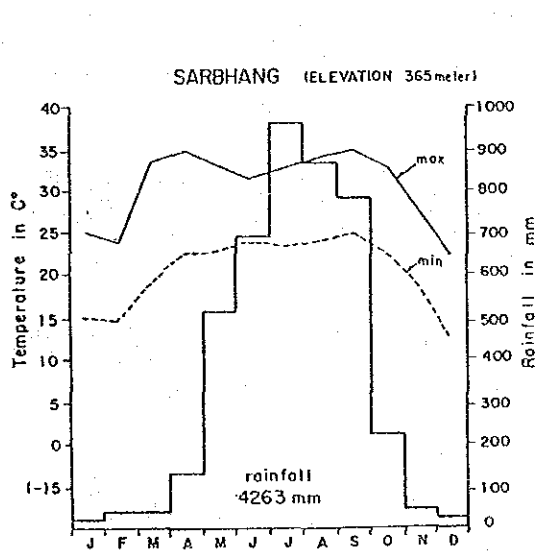


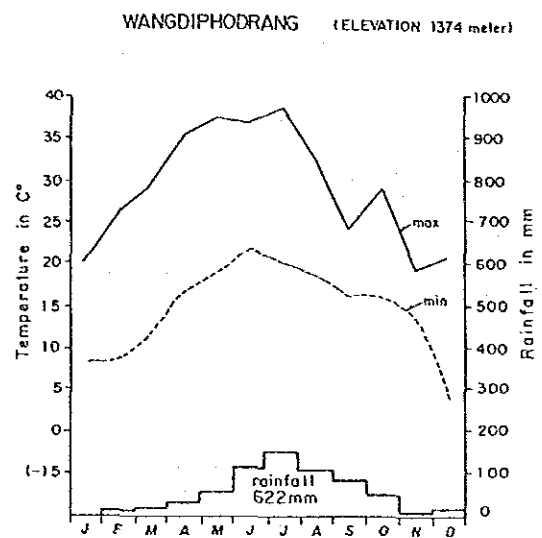
図4-15 ゲラフと東京の降雨の比較



①ゲラフの降雨量——気温



②ロサルバンの降雨量——気温



③ウォンディ・フオドラの降雨量——気温

図4-16 対象地の降雨量——気温図

(2) 雨期、乾期の相違が著しい。

雨期には東京の降雨量の数倍もの雨量が記録されている一方、乾期のそれは東京を下回る。

(3) 地域格差（降雨の空間分布）

これら3地区は同じ Gaylegphug 地区に含まれ、数十kmしか隔たっていないのにも関わらず、Gaylegphug で2,164mm, Bhurで5,074mmと2倍も相違が生じている。これは地形的要因に応じてモンスーンの影響が異なっているものであるか、データの信頼性に問題があるか、のどちらかによるものであると考えられる。

実質的に、観測地点の位置、山地、平野部（扇状地）等の地形的要素により、降雨量の分布が生じることは予測されうることであり、本格調査の実施に際しては、降雨の分布を明確に捉えるよう、特に山岳部の雨量の把握に努めるようにしたい。

4-4-2 河川状況

対象量域内には Mao River, Taklai River, Bhur River, Kataura River, Sarbhang River等の河川が南北に流れている。これらの河川ヒマラヤ山地を涵養源に山岳部から南下し、ブータンの国境を出てアッサム州に広がる低平地（扇状地）に流れていくものである。

これらの河川については、治水の方策は全くなされていない状況であり、例年雨期ごとに蛇行が生じ、河床、河道が変動し、河谷の著しい侵食、大量の堆砂の発生などが生じている。

対象地域には明白な雨期、乾期の相違があり、河川流量も雨期と乾期では激変する。そのため、雨期と乾期の河道幅は極端に異なっており、河川構造物、特に取水施設の設置には十分な検討が必要と判断される。

このような状況から、現在 Mao River から取水している Lift Irrigation Project の取水工は河道からの導水路（分水路）の維持管理、堆砂、侵食等の問題が生じている（図4-18 Mao River のイメージ参照）。

4-4-3 河川流量

表4-7に Mao River, Bhur River の月別流量を掲げる（資料は Department Agriculture Gaylegphug Office 提供）。また、図4-17に Mao River の河川流量と Gaylegphug, Bhur の月別降雨量を示す。

これらのデータの信頼性には問題があると推察される。まず、月別平均流量を年間にわたり合計し降雨量に変換すると、1979年は2,595mm, 1980年は3,035mm, 1981年は3,590mmとなり、少なくともGaylegphugで測定された年間降雨量を超過している。

この矛盾の理由としては以下のように考えられる。

(1) データの信頼性の問題

1) 雨量データの信頼性が低い。

測定そのものが精度が低い。

2) 流量データの信頼性が低い。

河道断面の測定が困難である。

雨期の流量観測は著しく困難である。

(2) 地域代表性の問題

1) 山地部の寄与

山岳部の降雨の寄与が大きいことが予測されるのにもかかわらず、低地部でしか観測が行われていない。

2) モンスーンの寄与

南東向き斜面と南西向き斜面で雨量が異なっている。

4-4-4 河川状況

(1) マオ川：集水面積 619km²

観測地点 標高 266m

表4-7 マオ川河川状況

日平均流量				Unit: m ³ /sec
	1979	1980	1981	平均
1 月	11.57	16.03	24.84	17.48
2 月	9.60	12.65	22.00	14.75
3 月	7.75	12.27	28.52	16.18
4 月	8.10	11.87	30.02	16.67
5 月	16.31	23.14	37.33	25.59
6 月	19.86	72.37	35.48	42.57
7 月	178.64	155.97	180.69	171.77
8 月	123.36	224.77	200.56	182.90
9 月	108.80	77.00	159.04	114.95
10 月	73.70	50.13	67.81	63.88
11 月	36.19	39.60	37.85	37.88
12 月	25.49	28.45	32.63	28.86
計	619.37	724.25	856.77	
Max.	532 (7月)	417 (7月)	475 (7月)	474.7
Miu.	6.36 (4月)	9.82 (3月)	18.26 (2月)	11.5

(2) タクライ川：集水面積 169km²

表4-8 タクライ川河川状況

日平均流量		Unit: m ³ /sec					
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	11月	12月
1 回目	2.16	2.36	2.16	2.15	4.63	7.00	2.71
2 回目	2.80	2.16	2.16	2.65	4.35	6.22	2.00
3 回目	2.60	3.60	2.40	2.80	5.65	4.64	1.45
平 均	2.52	2.71	2.24	2.53	4.88	5.95	2.05

※6月～10月は洪水で測定不能

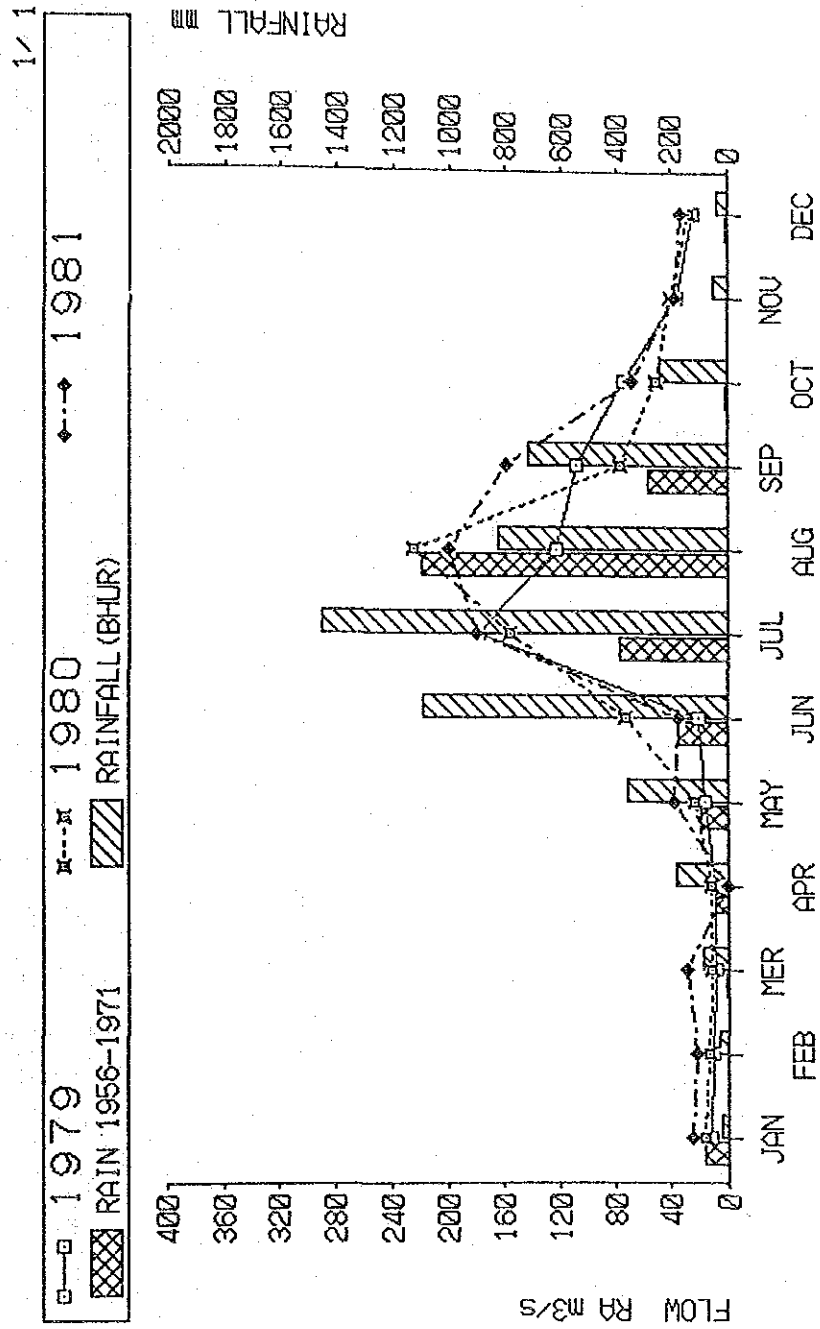


图 4-17 Monthly Discharge Mao River

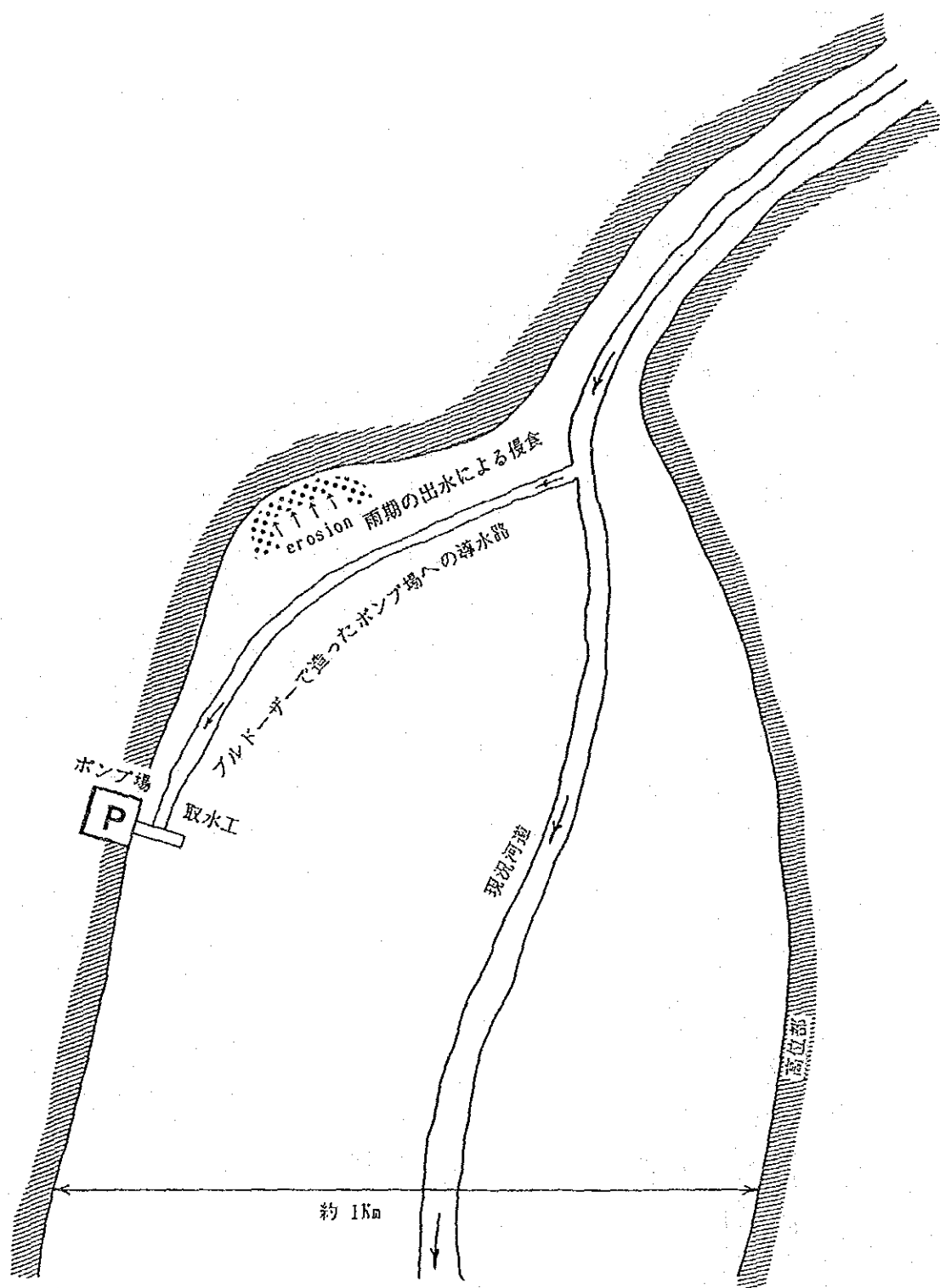


図4-18 Mao Riverの現況イメージ〔乾期(Mar.'89)の踏査に基づく〕

4-5 対象地の水文地質

4-5-1 水理地質

(1) ゲラフ

マオ川とタクライ川の営力で扇状地を幾重にも重ねたような地形となっている。河岸段丘の発達で3つの段丘面からなる。

- 1) 高位段丘面：標高280~400mの山麓急傾斜面で、地表面は玉石を混入する砂礫層が主体で保水性が不良である。オレンジの果樹園や畑地が多く未開地もある。

トルバリでは典型的な扇頂部となっている。

- 2) 中位段丘面：標高230m~280mの緩傾斜面で、土壌は小石を混入する砂質土である。そのほとんどが稲作を行っており、灌漑施設もあり農業の中心的存在となっている。

調査対象地のカツセ、ビスタダラやタクライ・ゲラフ扇央部が位置する。

- 3) 低位段丘面：標高190m~230mの平坦面で、ゲラフの市街地となっている。河床近くは砂地で畑作が行われているが、他は良質な稲作地となっている。

調査対象地域では、低ヒマラヤ帯のブンツォリン層が後背山地を形成している地質構造は複向斜をなしているが、マオ川流域では激しい断層、クラック等がみられる。また、ゲラフイリゲーションエリアから北の後背山地を望むと東西方向へ幾重にもすべり面がみられるが、それらはトリバリの西側山地及びタクライ川東側の山地にはいずれも連続しない。

おそらく、主境界衝上断層は今の後背山地南斜面より5~7km南方を東西方向に走っているはずである。衝上によるナップ現象で、南へせり上がったものがある東西方向からの圧力で寸断され、流出欠如したことが考えられる。

ナップが事実ならば、ゲラフ扇状地の地下にはモラッセ堆積物のシワリーク層が潜存するはずである。

ゲラフの地下地質は、次の3つが考えられる。

- 1) ナップのブンツォリン層は、流出欠如してインドプレートの基盤岩に洪積~沖積の堆積物である玉石、砂礫層を直接覆う。
- 2) ナップのブンツォリン層は、流出欠如するが基盤はすでにシワリーク層に覆われており、礫岩、砂岩泥岩が存在する。
- 3) ナップのブンツォリン層が流出せず扇状地の下に潜存して、不透水性基盤をなしている。

1)及び2)であれば、透水性の高い扇状地堆積物及び段丘堆積物であるため、地下水開発は可能である。

(2) サルバン

サルバン川の中流域には3段の台地面がみられるが、このうち高-中位台地面はブンツォリン層(千枚岩)のナップにより形成されたもので、低位だけが河岸段丘をつくっている。

ただし、河床にはブンツォリン層の露頭がみとめられ、自由地下水の開発可能性はない。

(3) パングル, ルベサ(ウォンディフォドラ県)

両地区ともに高ヒマラヤ帯の山地山頂に位置する。水理地質的にはヒマラヤ片麻岩中の裂力水が開発対象となるが、山頂部で涵養地がない。十分な裂力水をねらうには300~500m以上の深井戸が必要となる。アクセスがなく、経済性にもそぐわないと考えられる。

(4) バジョ(ウォンディフォドラ県)

不透水性基盤をなすヒマラヤ片麻岩の基盤形状により、スンコシ川からの伏流水を開発することは可能である。また、ヒマラヤ片麻岩の裂力水が考えられるが、深度が150~200mと深井戸となり、経済性に乏しいと考えられる。

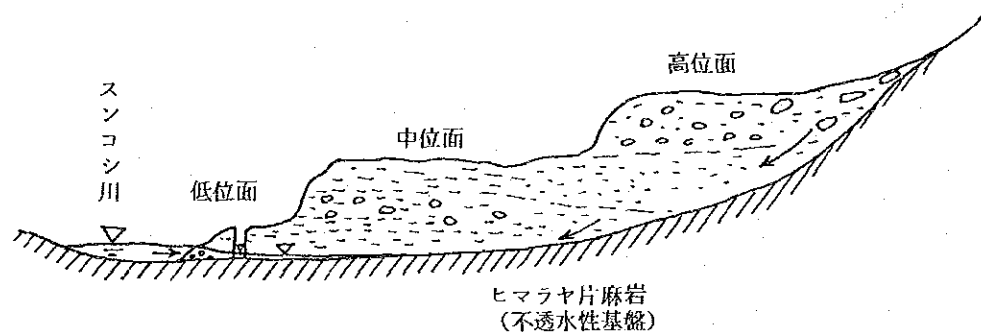


図4-19 バジョ地区水文地質

4-6 農業

4-6-1 概況

就業人口のうち87.2%が農業従事人口である。国土面積は、九州をひと回り大きくした程度の46,500km²で、このうち71%が森林に覆れており、わずか9%の356,000haが農耕地である。主な穀物は米、メイズ、小麦、大麦、そば、ミレットであり、この他換金作物としてオレンジ、ジャガイモ、りんご、チリー、しょうがなどの他野菜があげられる。

米とメイズの耕作面積等は次の通りである。なお詳細は表4-10に記す。

表4-9 米とメイズの耕作面積

1984年

	耕作面積	生産高
米	30,600ha	65,000 t
メイズ	58,500ha	87,300 t

表4-10 Crop Area and Production for Each Crop, 1981 and 1984

	Crop Area ('000 hectares)			Crop Production ('000 tonnes)		
	1981	1984	Target 1987	1981	1984	Target 1987
Cereals						
Paddy	28.0	30.6	37.0	57.4	65.0	84.5
Wheat/Barley	12.0	14.4	16.6	13.3	16.0	22.5
Maize	56.8	58.5	52.5	80.7	87.3	85.1
Buck wheat/ millets	15.5	20.6	15.0	12.3	16.8	12.7
Total	112.3	124.1	121.1	163.7	185.1	204.8
Other Crops						
Pulses	4.0	3.0	5.3	2.4	2.6	3.8
Mustard	2.9	5.0	5.5	1.9	3.5	3.9
Potato	3.7	4.2	5.1	24.9	32.6	50.0
Chillies/ vegetables	3.1	1.7	3.6	12.2	5.3	15.1
Oranges	6.2	7.8	8.0	25.6	38.7	53.1
Apples	1.5	1.6	1.9	3.3	3.5	8.8
Cardamom	5.9	8.8	6.6	2.8	3.0	4.1

Note : Figures are based on estimates made by District, block and village officials. Target 1987 refers to targets for the Fifth Plan.

Source : Surveys undertaken by Agriculture Department in 1981 and 1984.

畜産に関して言えば、86年の推定で34万頭の牛、3.6万頭のヤク、4.4万頭の羊、21.1万頭の家禽及び8.9万頭の豚がいる。

ブータンの農業問題は、①土地生産性が低く、穀物については生産高が少ない。従って米を中心としてインドからの輸入に頼らざるを得ない。②山国であるため耕作可能地に限りがある。従って渓谷やなだらかな尾根、そしてインド国境の扇状地に耕地を求めざるを得ない。また、1戸当たりの面積も小さい(1家族当たり1.2~1.6ha)。③道路などのインフラが整備されておらず、流通上の問題がある。④多くの耕地が天水に依存し、灌漑面積が少ない。⑤南部では雨期の多雨のために、土壌流亡や施設の流失などの問題がある。

4-6-2 灌漑地の状況

地域別に土地利用を表4-11にみると、耕地面積が一番多いのは南西部の Samchi 県の

27.3千haで、次がGaylegphug 県で19.7千haであり、同国の大規模な耕地は南部にあり、南部扇状地が同国の穀倉地帯である。

表4-12は県別の灌漑プロジェクトの面積を示している（1986年3月までのプロジェクト完了面積と思われる）。それによるとSamchi, Gaylegphug, Samdrupjongkharという南部県にプロジェクトが集中していることがわかる。

4-6-3 ゲラフ地区の作付体系

Lift Irrigation 地区 (Area Development 地区) の主要作付体系は図4-20に示す通りである。雨期作の米作を主体に乾期に、pattern I では菜類と小麦、II では、小麦の次に豆類、乾期に水がかりのよい所ではIIIのように、米の2期作プラス乾期一毛作を入れている。

表4-11 Land Under Agricultural Use by Dzongkhag, 1984
('000 hectares)

Dzongkhag	Wet Land	Dry Land	Tsheri Pangshing	Kitchen Garden	Orchard & Plantation	Total Area
Ha	0.1	1.5	0.3	-	0.3	2.2
Paro	2.1	2.5	0.2	-	0.2	5.0
Samchi	6.1	13.6	1.9	0.3	5.5	27.3
Thimphu	1.8	1.2	0.3	0.1	1.1	4.4
Chirang	3.0	7.8	0.1	0.1	3.8	14.8
Dagana	0.7	2.6	0.2	-	0.1	3.6
Gasa	0.1	0.3	-	-	-	0.4
Punakha	1.5	0.2	-	-	0.1	1.8
Wangdiphodrang	1.8	0.9	0.1	-	0.1	2.9
Bumthang	-	2.6	0.6	-	0.1	3.4
Gaylegphug	4.1	9.4	0.7	0.1	5.4	19.7
Shemgang	0.9	1.4	0.8	-	0.4	3.6
Tongsa	0.7	1.2	0.4	-	0.2	2.4
Lhuntshi	1.2	1.6	0.7	0.1	-	3.5
Mongar	0.5	2.9	0.9	0.1	-	4.4
Pemagatsel	0.1	1.8	0.7	0.1	-	2.7
Samdrupjongkhar	1.8	4.2	2.8	0.2	0.5	9.5
Tashigang	3.2	10.1	1.2	0.2	0.1	14.3
BHUTAN	29.7	65.6	11.8	1.3	18.0	126.5

Note : These figures conflict with those given in Table 5.2. The figures in this table are based on estimates made by District, block and village officials, while the figures in Table 5.2 were based on remote sensing methods.

Source : Department of Agriculture.

表4-12 Irrigation Schemes Completed During Year Ending March 1986 by Dzongkhag

	New construction			Renovation			Bank Protection	
	No. of schemes	Length of channel (Km)	Command area (hectares)	No. of schemes	Length of channel (Km)	Command area (hectares)	No. of schemes	Length of embankment (Km)
Ha	6	4.3	81.0	5	4.0	48.2	3	44.0
Paro	1	1.9	100.0	26	42.6	1,836.6	25	3.8
Samchi	9	22.6	641.3	15	43.0	1,573.7	13	13.5
Thimphu	10	31.7	904.9	23	54.7	1,318.7	-	-
Chirang	10	22.7	571.7	5	13.4	206.5	2	1.0
Dagana	7	20.3	396.8	4	16.3	388.7	-	-
Gasa	2	2.9	50.6	5	7.8	79.4	-	-
Funakha	3	10.5	102.0	25	72.2	2,355.6	2	0.2
Wangdiphodrang	2	10.1	283.4	15	18.4	1,040.0	-	-
Bunthang	2	4.3	40.5	-	-	-	3	2.5
Gaylegphug	10	24.0	1,217.4	8	19.5	1,012.1	15	15.6
Shemgang	2	6.4	182.2	7	16.8	400.4	1	1.0
Tongsa	6	11.1	244.9	7	9.2	230.8	-	-
Lhuntshi	10	44.4	659.9	12	38.6	598.0	-	-
Mongar	5	21.4	789.1	6	8.4	478.5	-	-
Pemagatsel	4	10.1	206.9	-	-	-	-	-
Samdrupjongkhar	11	35.3	1,799.6	5	16.3	607.3	5	4.2
Tashigang	10	65.0	1,513.8	6	13.5	317.4	3	2.0
BHUTAN	110	348.9	9,786.0	174	394.8	12,491.9	72	87.8

Source : Department of Agriculture.

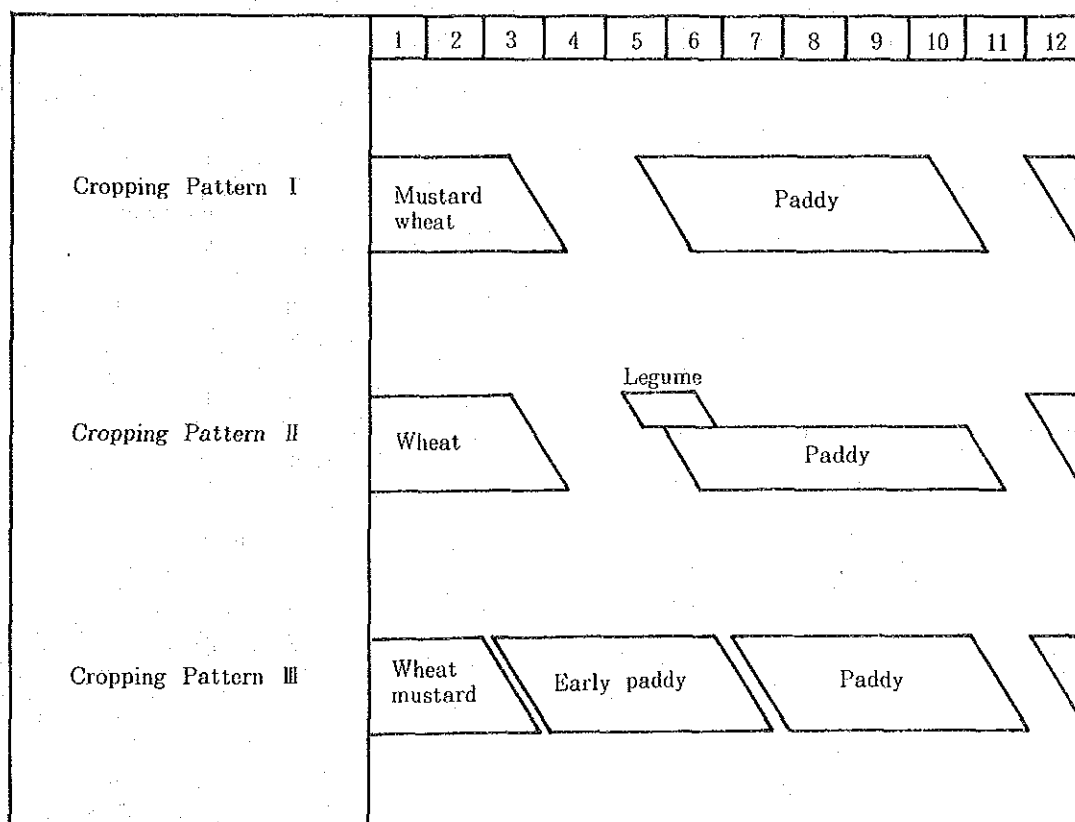
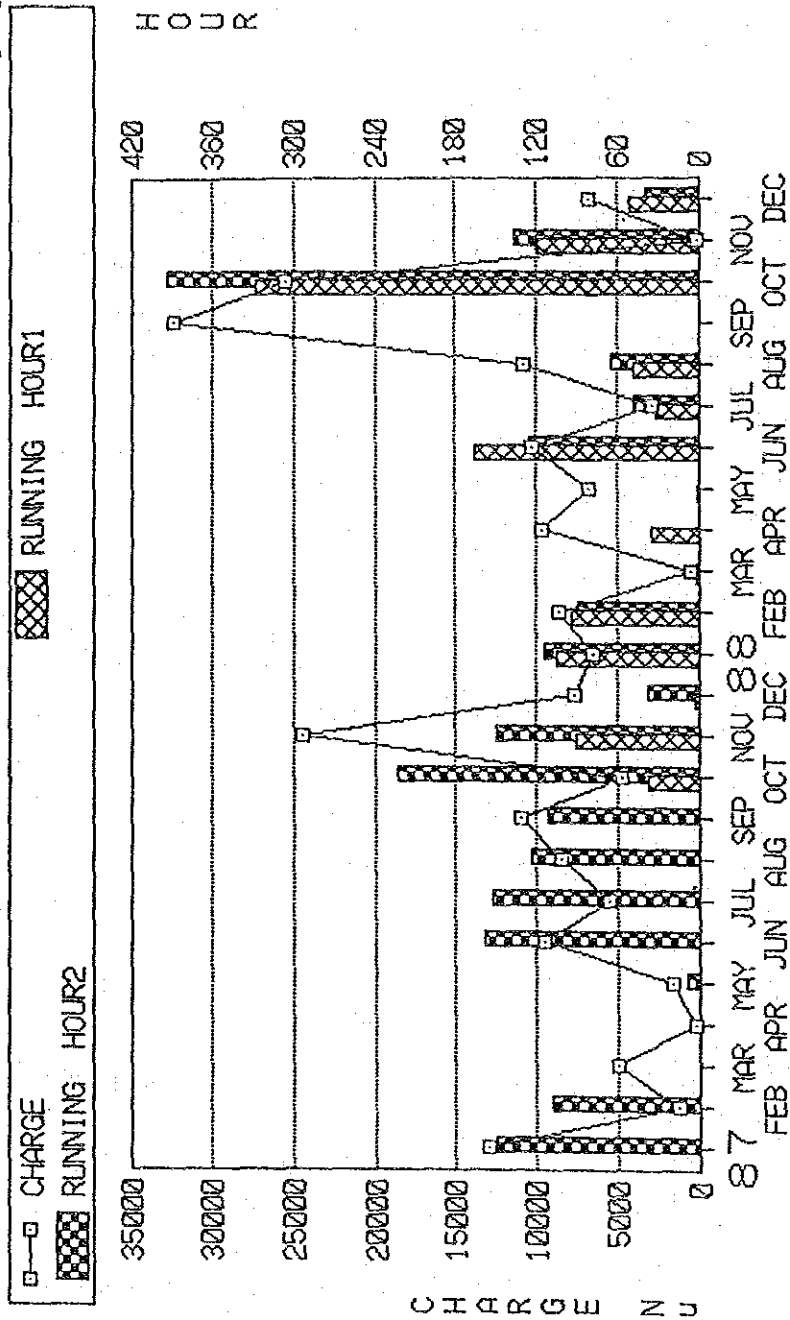


图4-20 Cropping Pattern (Area Development)

1/1



4-21 Lift Irrigation Scheme

第5章 本格調査の内容

5-1 調査の基本方針

(1) 背景

ブータン国は、北は中国チベットに接し、7,000m級山がそびえ立ち、東西南3方はインドに接し、南部は200mまで下がっている山国である。国土面積は46,500km²で、日本の九州よりひと回り大きく、人口は120万人程度である。耕地は国土の3%を占め、耕地面積は少なく、穀物収量（米、メイズ、小麦など）も少ないので（米でha当たり2.5トン程度）、穀物自給は達成していない。耕地は、谷合いの沢沿いや比較的平らな尾根を段々畑に切り開いている。従って、インド国境に接する扇状地は、当国においては貴重な土地資源といえる。ゲラフ地区には、現在、代表的なもので次の2つの灌漑プロジェクトが実施されている。

ゲラフ県は、耕地面積の少ない同国の中で、サムチ県に次いで農地の多い県である。

内陸国が故に、食糧自給は安全政策上重要であり、かつ輸入代替としても重要である。一方、80年代初めから始まったゲラフ地区の灌漑プロジェクトが当初の目標に達していない状況である。

一方、ゲラフ地区は、年間5,000mm以上も降雨量がある多雨地帯である。それが雨期の4カ月に集中しているので、灌漑施設の維持・管理上の問題がある。

例えば、取水口への堆砂の問題、用水路の流亡、地すべり等災害が多い。また、表流水は季節変動が激しく、水量が安定的に確保できない。

表5-1 灌漑プロジェクト

諸 言	Gaylegphug Lift Irrigation Project	Taklai Irrigation Project
計 画 面 積	Stage I 713ha	Upper canal 675ha
	Stage II 865ha	Lower canal 550ha
		Syplion 220ha
	計 1,578ha	計 1,445ha
実際の灌漑面積	Stage I 385ha	Lower canal 500ha 主に雨季のみ
灌 漑 方 式	Mao 川からポンプ 2台 (560 lps)	Taklai 川からの重力灌漑
援 助 機 関	インド政府	UNDP/FAO UNCDF
開 始 時 期	1982年	1983年

従って、地下水開発で、ポンプに対するコマンド・エリアを小規模にすれば、上記の矛盾は解決できるとしている。

しかし、本プロジェクト地区は扇状地の扇頂に位置しており、農業用水及び飲料水確保のための地下水開発には不利な点が多い。

流域全体を地下水開発を含む水資源開発の観点からとらえ、次に記述するような本プロジェクトの基本方針を提案する。

(2) 目的

ブータン国南部ゲラフ地区における地下水を中心とした水資源開発の基本計画を策定することを目的とする。

現段階で主な調査対象となる水源は、①河川水、②地下水、③その他、天水、ため池等、④これらの組合せである。

また、調査を通じて気象（雨量など）、水文（河川水位、流量など）、地下水（地下水位等）の観測体制の樹立を計り、将来のデータベース作成の基礎作りを行う。

(3) 基本的な取り組み

第2章（2-5）に記載されているように、首都 Thimphu における協議、及び Gaylegphug, Wangdiphodrang における現地踏査の結果をまとめて、事前調査団 (Contact Mission) が決定した事項は以下の通り。

1) 調査対象地区の選定

Gaylegphug に絞り込む。

2) 調査対象地区の範囲

Gaylegphug の平野部全体とする。

3) 調査の取り組み

地域全体の水資源に関するマスタープラン策定を目的とする。

4) 農業セクターの重視

農業利水を重視するが、地下水を農業用水として利用する場合、次の点に注意する必要がある。

① 井戸及びポンプの設置コスト

② ポンプ動力エネルギーのコスト

③ 栽培作物の価格

④ 水中ポンプ等施設のメンテナンス

⑤ 水共同利用体制

5) 調査の OUTPUT

実施検証を行う。調査の結果として提言が行われる要素、例えば地下水取水施設、

導水工、井戸、ため池等について代表的なもの、典型的なもの、数例程度につき実験施設を設置し、実証試験を行い、当該地域における実験施設の設置可能性につき検証する。

6) 気象・水文・地下水観測体制の樹立

本件調査に対する必要性のみならず、将来の Gaylegphug の開発にとって不可欠のデータベース作成のための基礎体制を確立する。

7) 生活用水の利用に対する勧告を行う。

現在、農村部の生活用水は河川水の導水によって賄われているが、乳幼児の死亡率が100人を越えている現状から、特に衛生面、水質面からの検討を行いつつ、地下水利用の可能性を検証する。

これらのことを踏まえて、本調査を実施するものとする。

(4) 調査対象事項

1) 気 象

気象観測については、現況の雨量データから推察する限りにおいて、年較差、地域特性の相違（空間的分布）が顕著であると判断される。本件調査では、最低1水文サイクルにわたり降雨観測を行うことが望まれる。特に山地部の雨量を知ることが必要である。また、雨量以外の気象要素、蒸発量、気温等についても観測を行いたい。

これらの観測を通じ、対象領域全体の水収支解析、河川水の利用計画立案を必要な流出過程の推定を行う。

2) 河 川

河川水については、まず、日本国内と極端に異なる河川状況を把握し、基本的な水位観測を通じ、流量の推定を行う。また、堆砂などの様子も観測を行い、導水対象地区の特性、河道、河床の状況を十分に反映した取水地点の選定を行うことが必要である。現段階では、上流部（平野部への出口、扇頂部）での取水、透水管による河床からの取水などが考えられる。

3) 地下水

計画対象地域内の地区ブロック他水源（表流水、天水）などと比較して、地下水のフィージビリティを確認する。

また、本件調査では調査ボーリングを行い、観測井に仕上げ、地下水の観測を行う。

4) その他の水源

上述の河川からの直接の導水、地下水からの取水の他に天水を貯留する、あるいは河川水、地下水を一時貯留するため池の可能性の検討をはじめ、その他の水源の可能性を検討する。

5 - 2 調査項目及び内容

(1) 調査項目

実施調査の内容は下記のように考えられる。

〔現地調査〕

- 1) 既存資料の収集・整理・分析
- 2) 地形地質踏査
- 3) 測 量
- 4) 気象観測（機器設置を含む）
- 5) 河川現況調査
- 6) 水文・水理観測（機器設置を含む）
- 7) 堆砂調査
- 8) 物理探査
- 9) ボーリング・揚水試験
- 10) 給水・利水調査
- 11) 農業実態調査
- 12) 給水施設実施検証・仮設置

〔国内解析〕

- 1) 社会・経済分析
- 2) 気象解析
- 3) 水収支解析
- 4) 流出解析
- 5) 水文地質解析
- 6) 農業利水分析
- 7) 水源別、地区別開発可能量算定
- 8) 開発計画策定

(2) 調査内容

〔現地調査〕

- 1) 既存資料の収集・整理・分析

調査の目的を効果的に達成するために必要な資料として地形、地質、水理地質、水文、気象、水源、給水システムに関する報文・図面、利水、都市計画、開発計画、農業関連、観測データ等を収集し、整理する。

地 図：1：50,000の地形図はあるが、オリジナルが農業局に1枚しかなく、コピーも小さいものしかなく、張り合わせのものとなる。

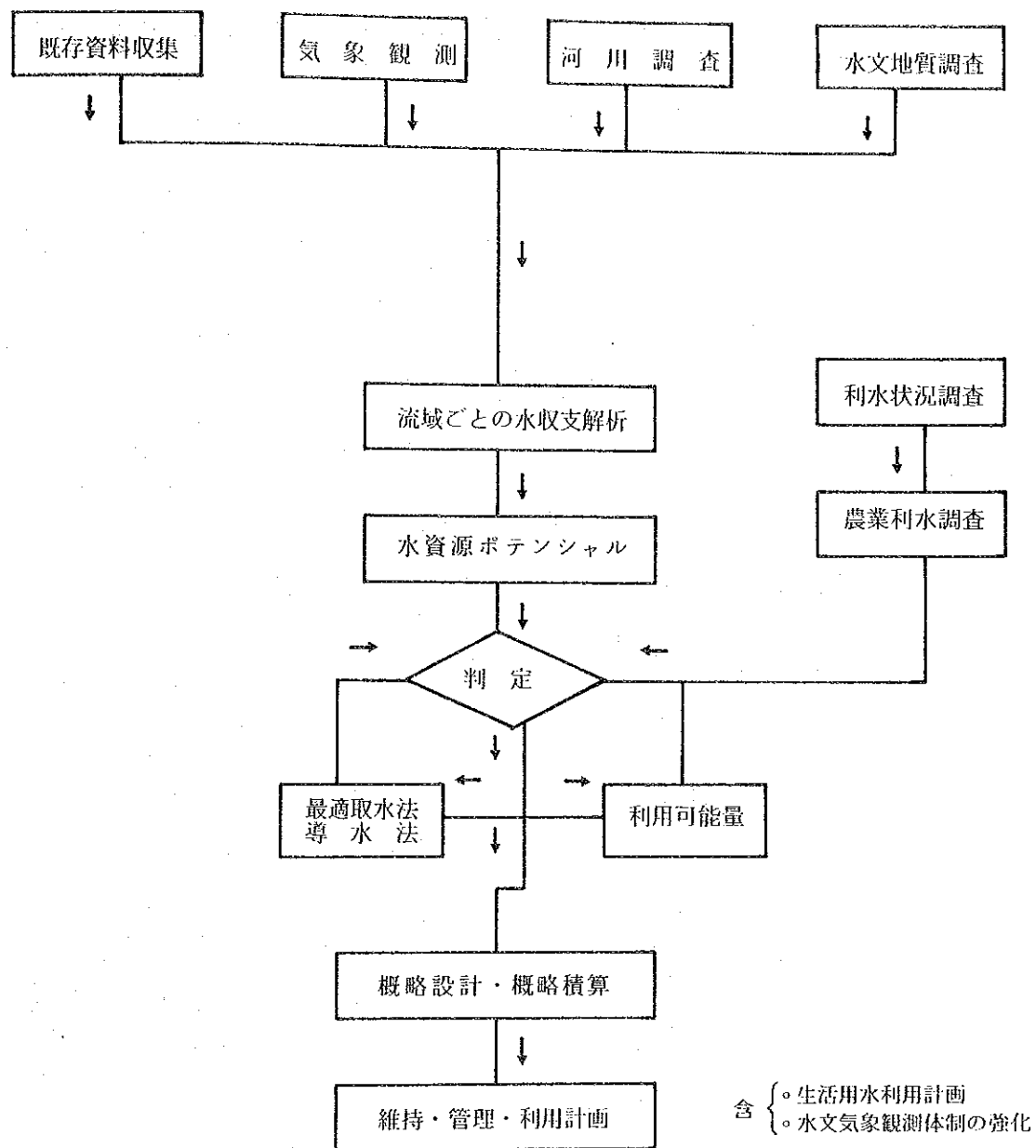


図5-1 調査のFlow (案)

航空写真：これも、農業局に1セットしかない。また立体鏡がないので、持参すべきである。

2) 地形地質踏査

調査対象地域は付図に示すおよそ400km²の面積である。ここで、詳しい地形区分図、地質図、地質断面図、土地利用図等を作成する。スケールは5万分の1とする。

3) 測 量

調査対象地域の山岳を除いた部分に簡易測量で1万分の1の地形図を作成し、井戸位置、物理探査の位置等をプロットする。

4) 気象観測

① 雨 量

降雨量の空間的分布が卓越していることから、地域代表性、面積雨量の把握という観点から最低1水文サイクルにわたり雨量観測を行う。特に、河川流出解析、地下水涵養の入力要素となる山岳部の雨量の観測を試みる。

② 蒸発量

水収支解析上、また、ため池の運用計画に必要と考えられる蒸発量の観測を行う。

③ その他

気温、湿度、風向、風速等について、現況の観測体制を補うような実施を検討する。本件調査が気象関連のデータベース作成の足掛りとなることが期待される。本件調査に引続き、農業、治水、その他関連プロジェクトが実施されていくことが予測される。

現況の気象観測体制を強化、補強し、観測体制を樹立する。

5) 河川現況調査

河床・河道状況につき調査を実施する。特に周辺の地形を十分考慮する。我が国の河川と著しく異なり、護岸等が全くなされていぬ現状を踏まえて、雨期、乾期による河床、河道の変遷状況を過去に遡り既存資料、洪水痕跡、聞込み等により調査する。

また、河道状況を踏査し将来の取水の可能性について検討する。

6) 水文・水理観測

① 水位観測

対象地域内の河川について水位観測を実施する。取水計画に必要な水位を得るため、水収支解析に必要なデータを得るため、また、対象地区の水資源開発デー

データベースの基礎として重要項目であるといえる。

現段階では観測の方法は(A)標尺によるもの、(B)自記水位計によるものを想定することができる。

しかし、現地の河川の実態から判断すると、水位計による観測は限られた地点でのみ可能であると思われる。

前述のように、対象領域内の各河川は護岸等の治水の方策はなされておらず、河床・河道は極めて不安定な状況である。このため、自記水位計の設置は困難であることが予測される。特に、扇状地部では河道が脈絡なく発散しており、日本国内では有り得ない経年の蛇行による河道変更もあり、水位の測定点を決定することは容易ではなく、自記水位計の永久的な設置は極めて困難である。

現段階では、扇頂部の河道狭窄部（例えば Mao 川上流部、Sarbhong 川橋梁部）への自記水位計（水圧式が望ましい）の設置が検討されるが、洪水時の保全の問題もあり、標尺での水位観測を確実に実施していくことから始めることが妥当であろう。

② 流量観測

調査対象内の河川につき、最低、雨期、乾期各1回ずつ流量測定を実施する。また、各河川につき縦断方向に観測点を設け、流量の変化を調べ、浸透、周辺地下水との関連を把握する。特に、対象地域が扇状地地形であることから山岳部から平野部への移行による浸透（伏流）機構との関連を見る上で縦断方向の調査の検討は重要といえる。

一方で、河川現状を考慮すると精度の高い観測は極めて困難であることが予想される。上述のように河川断面の把握が不明瞭であることに加え、特に、雨期の出水時の流量観測は安全上の問題もあることが予期される。

7) 堆砂調査

雨期の流送土砂量調査、1出水ごとの堆砂量調査、上流山岳部の踏査等を通じ、堆砂に関する定性的、定量的な調査を行う。

本件調査において、河川からの取水計画を検討する場合、堆砂が大きな問題となることが予想される。

8) 物理探査

各対象地区に電気探査 (100~200m)を実施する。

カツセ, ビスタドラ, ラライ	: 20地点
タクライ	: 30 "
ゲラフ	: 50 "
トリバリ	: 20 "
サルバン	: 30 "

9) ボーリング・揚水試験

観測体制の樹立を主目的として,対象地域内各地区で調査ボーリングを実施する。

地表踏査, 地形・地質踏査, 物理探査を行い, 仕様決定の後, ボーリングを実施する。

地表踏査, 物理探査等により地下水開発の可能性が高いと想定された地点にて試験調査を行う。

数量は試掘井・5本, 調査ボーリング・4本, 計9本程度とする。

① 試掘井の仕様

	カツセ	ビスタドラ	ラライ	ゲラフ (中位)	(低位)
・本 数	1	1	1	1	1
・深 度	150m	150m	80m	150m	80m
・掘削口径	12"	12"	12"	12"	12"
・ケーシング口径 8"	8"	8"	8"	8"	8"
・スクリーン長 36m	36m	36m	30m	36m	30m
(NST)					

② 調査ボーリングの仕様

	サルバン	トリバリ	ゲラフ高位	ノルブリ
・本 数	1	1	1	1
・深 度	30m	30m	200m	150m
・掘削口径	7-5/8"	7-5/8"	7-5/8"	7-5/8"
・ケーシング口径	4"	4"	4"	4"
・ケーシング長 (スリット)	10m	10m	36m	30m

③ 坑内検層

- ・比抵抗検層
- ・自然電位検層

④ 揚水試験

・段階揚水試験：5段階×3時間/段階

－回復試験：最大15時間

・連続揚水試験：48時間

－回復試験：最大15時間

⑤ 採水及び水質分析

・各井ともに連続揚水試験の終了時に採水する。

・現地において、簡易水質分析器にて水道基準の項目について分析を行う。

試験及び調査ボーリングは現地業者がないため、Paro から資機材を持ち込んで、調査団にて、カウンターパートに指導しながら実施する。

10) 給水・利水調査

調査対象地域における給水・利水の実態を調査する。

① 農業用水

11) に述べられる農業実態調査と連動して、季別、作付体系の相違に留意の上、現況の農業利水状況を調査する。既応のプロジェクトの実態を調査し、また Paro などの試験場の結果を参考に農業用水量を調査する。また、農業省の開発計画も十分念頭におくものとする。カウンターパート機関である農業省には、この分野の資料が比較的整備されていることが期待される。

② 生活用水

i. 農村部

村落部の住民の飲料水、その他生活用水について給水の実態を調査する。

特に、衛生面からの調査を重点的に行い、改善すべき点を明確にする。

ii. 市 街

Gaylegphug の給水実態を調査する。

11) 農業実態調査

本件調査の主要な対象となる農村部で行われている農業実態を調査する。作物収穫、作付体系、用水量、農民収入などを調査し、給水計画に反映させるものとする。

12) 給水施設実施検証・仮設置

本件調査で提案する地域水資源開発に基づく、地区ごとの最適な水源の給水施設を典型例 1～2 をモデルケースとして試験的に設置する（2-5-(5)参照）。

完成した試験井について給水システムに関する実証調査を行う。

給水システムのうち2箇所について水中ポンプを挿入し、発電機により駆動させ小型の高架水槽による給水システムを建設する。他の井戸は手押しポンプによる給水とする。

〔国内解析〕

1) 社会・経済分析

2) 気象解析

降雨解析

対象地域の降雨特性は、空間的分布が卓越し、年較差が著しいことによって与えられる。このような地域特性を理解した上で、降雨量の空間的分布、面積雨量の算定などを試みる。

3) 水収支解析

現地の気象観測、水理・水文観測などを通じて得られた資料を元に、1水文サイクル、季別（最低雨期、乾期2回）について水収支計算を行う。

また、各水収支上の要素、伏流水、河川水、深層地下水等の定量的な評価を試みる。

4) 流出解析

流域内、各河川につき低水解析を中心に流出解析を行う。既存の水文資料が不備であるために、精度が高い解析は困難であることが予想される。

5) 水文地質解析

既存の資料及び現地調査の結果に基づいて地下水解析を行う。解析される内容は水理地質構造、地下水の涵養機構、流動機構などであり、結果は水理地質図として表される。

6) 農業利水分析

既応の灌漑プロジェクトや Paro 等の試験場の結果をもとに、作物別必要用水量を決定する。

分析に当たっては、同地区の土壌条件、灌漑技術の程度、水路や圃場での用水ロスを考慮する。

各水源別に水価を算定し、技術面と同時に当該水源の経済的妥当性を分析する。

7) 地区別、水源別開発可能量算定

上記、水収支解析、流出解析、水文地質解析を統合し、地区ブロック別に最適な水源（組合せも考慮する）を選定し、その開発可能量を算定する。

算定に当たっては、季別、水源別取水可能量、季別要水量、地域計画を考慮する。また、水源の選定に当たっても、単独の水源にとらわれずに、同一地区ブロック内でも、季別、作柄別に複数の水源の組合せを考慮する。

8) 生活用水利用の勧告

地区別に生活用水の利用実態を明らかにし、住民の衛生状態の改善を主要目的とし、水質上有利である地下水の利用計画等を検討する。

本件調査が地域の水資源開発のマスタープラン策定を目的とする以上、生活用水を無視するわけにはいかない。

9) 開発計画策定

地区別、水源別、目的別の開発可能量の算定を受け、開発計画を策定する。

月 曆	1 9 8 9												1 9 9 0												1 9 9 1												年
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
季	1												2												3												
別	1												2												3												
資料収集・分析	1												2												3												
地形地質調査	1												2												3												
井戸台帳作成	1												2												3												
物理探査	1												2												3												
水質分析	1												2												3												
地下水位観測	1												2												3												
表流水観測	1												2												3												
井戸水準測量	1												2												3												
4-リツ5、鑿井	1												2												3												
揚水試験	1												2												3												
給水調査	1												2												3												
水文地質解析	1												2												3												
水取支解折	1												2												3												
冠水機構把握	1												2												3												
開発可能量算定	1												2												3												
最悪過揚水計画	1												2												3												
給水計画策定	1												2												3												
報告書	1												2												3												

図 5-2 調査工程暫定案

5-3 調査実施体制

5-3-1 日本側調査団要員計画

(1) 団長・総括（水資源開発）

調査全体にわたり企画，調整，運営の全責任を持ち，本件開発調査の総括を行う。水資源開発全般についての知識があり，農業土木，河川工学，地下水探査，さく井等を含んだ地域総合水資源開発を策定する能力が必要とされる。

(2) 水文・水収支

気象観測，水文観測を担当する。また，地域全体の水収支を判定し，開発可能量を推定する。また，気象・水文観測機器の設置，観測体制の確立計画を策定する。

(3) 流出解析・河川計画

流出解析を担当し，河川から取水による水源確保に関する調査全般を担当する。取水工，導水工に関する構造物の知識を必要とする。

(4) 水文地質

水文地質解析を担当し，地下水による水源確保を担当する。

(5) 利水計画

農業セクターにかかる調査全般を担当する。灌漑計画等に関する知識が必要。

(6) 物理探査・さく井

物理探査を担当する。

(7) さく井

本件では特に調査ボーリングの計画を検討する。

(8) 水質分析

水源の水質分析を行う。化学，生物の知識が必要。また，生活用水の利用について勧告を行う。

(9) 施設計画1（河川水，ため池）

施設の設計，積算，施工計画を策定する。取水工，導水工などを検討する。

(10) 施設計画2（地下水）

施設の設計，積算，施工計画を策定する。生活用水供給の側面が強い。

(11) 事業評価・地域計画

5-3-2 ブータン側調査実施体制

本調査のカウンターパート機関としては，農林省農業局が当たっており，これにゲラフ県農業部が協力している。

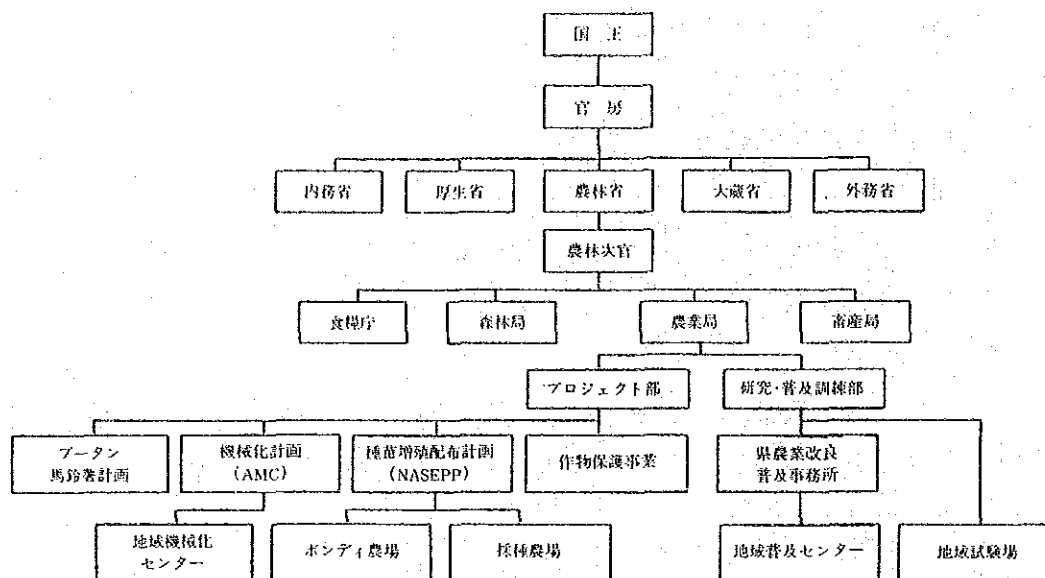


図5-3 ブータン国の農林省組織図

調査の実施に当たっては、本局のカウンターパートが担当し、各県への出先である農業改良普及事務所から対象地の現地担当者がでてくる。

本格調査では、技術移転も大きな目標となっているため、少なくとも次の技術者を決定しておく必要がある。

- | | | |
|-------------------|----|----|
| 1) 水源調査技術 | 地質 | 1名 |
| 2) さく井技術（パーカッション） | 機械 | 1名 |
| 3) さく井技術（ロータリー） | 機械 | 1名 |

5 - 4 調査用機材

機 材 名	数 量	仕 様	備 考
自記雨量計	6	1 カ月巻、一体型	
自記地下水位計	4	"	ボーリング孔
標尺	10		河川水位用
自記河川水位計	3	1 カ月巻、水圧式	
流量観測機器	一式	浮子、流速計3、トランシーバ-	
採砂機	一式		
電気探査装置	一式		
ボーリングリグ 補充部品	一式	PARO PROJECT納入機材	
スクリーン・ケーシング			
気象・水文観測設備	一式		揚水試験用
実証試験用資機材	一式	ポンプ、銅管	
調査用車両	3	4WD	
パソコン、プリンタ	一式		

5-5 調査実施に当たっての留意点

1) 要請の背景と取り組み

先方の要請は、農業開発を目的として農業用水についてのものであるが、まず対象地域全体についての水資源の状況を明らかにし、調査対象地区内の地域別（ブロック別に）に、種々の水源の適切な取水法、導水法、貯留法を勘案のうえ、開発可能量を算定するものとする。

2) 気候特性

対象地域は、インド洋からのモンスーンの影響を受け、年間降雨量は2,000-5,000mmにも達する。一方、雨期、乾期の相違も著しく、ゲラフの雨期の1カ月間に東京の年間降雨量（約1,500mm）相当分がもたらされるのに対し、乾期には東京の降雨量を下回っている。

3) 河川状況

このような気象特性に加えて、基本的なインフラ、特に河川管理の立ち後れが顕著であり、水資源計画策定上の大きな制約要因となっていることを否めない。河道は不安定であり、雨期の出水のたびに大きく変動、蛇行し、かつ大量の流送土砂による堆砂が発生している状況である。

4) 表流水の取水・導水

そのため、取水工の設置、維持・管理は極めて困難であり、現地で実施されているインド政府援助によるポンプ揚水灌漑計画 (Lift Irrigation Programme) は取水工の維持、土砂によるポンプの損傷、導水部の堆砂などの問題が生じている。

資 料 編：

1. 収集資料リスト
2. 面会者リスト
3. 調査日誌
4. 資材・機材単価表
5. 要 請 書
6. Grandwater Potential of Kingdom of Bhutan
7. 新聞記事（1989年 8 月 5 日付，インド援助）

1. 収集資料リスト

LIST OF COLLECTING DATA

1. TOPOGRAPHIC MAPS

- | | | |
|--------------------------------|------------|------|
| 1) Assam & Bhutan (No.78-1/5) | 1 : 50,000 | Copy |
| 2) Assam & Bhutan (No.78-1/9) | 1 : 50,000 | Copy |
| 3) Punaka (A part) | 1 : 50,000 | Copy |
| 4) Wangdu Rhodrang (A part) | 1 : 50,000 | Copy |

2. DAILY RAINFALL

- | | | |
|-------------------------------|----------|-----------------|
| 1) Gaylegphug Manual recorder | (1978/83 | Elevation 375m) |
| 2) Gaylegphug Manual recorder | (1971/83 | Elevation 327m) |
| 3) Taklai | (1987/88 | Project-office) |

3. DAILY DISCHARGE OF RIVER

- | | | |
|-----------------------------------|-----------|-----------------|
| 1) Mao river at Lodai, Gaylegphug | (1976/82 | Elevation 266m) |
| 2) Mao river at Lodai, Gaylegphug | (1978/82 | Elevation 326m) |
| 3) Taklai river at In-take | (1987/88) | |

4. ABOUT AREA DEVELOPMENT PROJECT IN GAYLEGPHUG

- 1) Outline of Lift Irrigation Scheme
- 2) Monthly running-hours report from Jan'87 to March'89
- 3) Electricity charges of Lift Irrigation Scheme
- 4) Result of Paddy demonstration 1985
- 5) Comparative yield statment of Paddy
- 6) Command area in Acres
- 7) Report of The expert team on Lift Irrigation Scheme

5. ABOUT TAKLAI IRRIGATION PROJECT

- 1) Outline of Taklai Irrigation Project
- 2) Agronomy Report by Food and Agriculatural Organisation

6. GEOLOGY & HYDROGEOLOGY

- | | |
|---|----------------|
| 1) Himalayan Geology Seminar (1976-79) | New-Delhi |
| 2) Himalayan Geology Seminar (1976-82) | New-Delhi |
| 3) Groundwater Potential of The Kingdom of Bhutan | 1982 |
| 4) Geological and Mineral Map of Bhutan | 1:500,000 Copy |

7. ABOUT AGRICULTURE & OTHERS

- 1) Report on Agriculture and Irrigation Planning Project
- 2) Final Document on Gaylegphug Integrated Area Development project
- 3) Statistical Yearbook of Bhutan 1987

2. 面会者リスト

面会者リスト

1. 在外公館／JICA事務所

- | | |
|-------------------|-------|
| 1) 在インド日本大使館一等書記官 | 西郷正道 |
| 2) 在インドJICA事務所所長 | 倉林太郎 |
| 3) 在ブータンJOCV事務所所長 | 佐々木憲一 |

2. ROYAL GOVERNMENT OF BHUTAN

1) Department of Agriculture

Director General	Mr. KHANDU WANGCHUK
Joint Director	Mr. TSHERING DORJI
Planning Officer	Mr. NIM DORJI
Irrigation Officer	Mr. BINAY MORTAN
Irrigation Engineer	Mr. KAYIZANG TSHERING
Assistant Engineer	Mr. WANGDI GYALTSHEN
of Area Development Project - Gaylegphug	
Assistant Engineer	Mr. R. B. SUBBA
of Area Development Project - Gaylegphug	
Assistant Engineer	Mr. R. VIVEKANANDA
of Dzongkag ADM., - Gaylegphug	
Site Engineer	Mr. R. K. SHARMA
of Taklai Irrigation project - Gaylegphug	
Site Engineer	Mr. HOMRAJ GALLEY
of Wangdi Phodrang Office	
Officer Incharge	Mr. G. B. CHETTRI
Centre for Agricultural Research and Development	

3. 調査日誌

ブータン国南西部地下水開発計画事前調査

— 日 程 表 —

月日	曜	日程	詳 述	宿 泊 地
2/27	月	移動日	成田発 (50分遅れ) 17:30 JL 491	機中泊
2/28	火	移動日	デリー空港1:30着 迎車にてTaj Palace Hotelへ 9:30 JICAインド事務所、倉林所長面談 10:30 在印ブータン大使館、ビザ取得 11:00 Druk Airlineへの航空券購入 12:30 JICA事務所にて西郷一等書記官面談 13:00 Taj Palace Hotelで昼食 14:30 市内見学 18:00 デリー空港 20:50 カルカッタへ出発 22:40 カルカッタ着 Airport Hotel投宿	Delhi Taj Palace Inter Continental Calcutta Airport Hotel
3 / 1	水	移動日	5:30 Hotelチェックアウト(Visa clearanceの問題で) 5:50 Druk Airのカウンターにて搭乗拒否 9:30 デリー / 日本への電話連絡 12:00 Park Hotel投宿 15:30 MBK, カルカッタ事務所、田中店長野村氏面談 18:00 Park Hotel	Calcutta Park Hotel
3 / 2	木	移動日	10:00 Druk Air事務所にてVisa clearanceの確認、デリーからの搭乗のRecommendレターを出してもらう 11:30 Indian Airlinesにて航空券購入 13:00 Park Hotel帰宅 19:00 Hotel Oberoi Grandで夕食	Calcutta Park Hotel
3 / 3	金	移動日	7:00 Park Hotel チェックアウト 10:10 定刻より1時間10分遅れで、カルカッタ発 12:40 デリー着、国内線より国際線への乗継ぎに30分かかる 13:15 すでに Druk カウンターは13:00にて close されており、またもや乗れない 14:30 ブータン大使館→日本大使館	

月日	曜	日程	詳 述	宿 泊 地
3/3	金	移動日	15:50 再びTaj Palaceに投宿 20:20 カルカッターパロを再び挑戦	Delhi Taj Palace Hotel
3/4	土	移動日	10:00 Taj Palaceチェックアウト 10:15 カルカッタ空港 13:20 Druk Airにてカルカッタへ 15:50 空港到着 16:40 Airport Hotelチェックイン	Calcutta Airport Hotel
3/5	日	移動日	6:45 Airport Hotelチェックアウト 7:45 Druk Air搭乗 11:00 カルカッタ出発 12:00 パロ空港到着 14:20 Hotel Jumolhari(Thimphu)チェックイン 15:00 市内見学	Thimphu Hotel Jumolhari
3/6	月	協 議	10:10 農業省(MOA)農業局(DOA) Director General KANDU WANGCHUK Irrigation S.OHicer BINAY MOKTAN Planning Officer NIM DORJI Irrigation Engineer KAYIZANG TSHERING Asst. Engineer WANGDI GYALTSHEN 14:30 再度農業局協議 Joint Director TSHERING DORJI BINAY MOKTAN/KAYIZANG TSHERING 16:40 Hotelにて対応協議	Thimphu Hotel Jumolhari
3/7	火	サイト サーベ	8:00 Jumolhari Hotel出発 10:30 Wangdu Phodrang 16:00 Chirang 18:40 Gaylegphug到着 (256km)	Gaylegphug Hotel Sonamrabphel
3/8	水	サイト サーベ	8:10 Sonamrabphel HotelにてMeeting サイト確認 9:20 Hotel出発	

[illegible]

月日	曜	日程	詳 述	宿 泊 地
3/9	木	サイト サーベ	16:00 Sarbhang Water Supply scheme 水源は台地崖下のSpring 220 μ s・cm 17:30 Hotel帰着	Hotel Sonamrabphl
3/10	金	移動日	7:20 Sonamrabphl Hotel出発 7:30 ガソリンスタンド, 軽油不足で20分もかかる 8:00 ロキシー (ローカルウィスキー) 工場, 井戸見学 9:00 Sarbhang check point 10:30 Chirang 15:40 Wangdu Phodrang 18:00 Thimphu Mr. YASUDAはParoへ	Thimphu Hotel Jumolhari
3/11	土	報 告	10:00 農業局事務所にてMeeting Mr TSHERING DORJI/Joint Director Mr KAYIZANG TSHERING Engineer Mr BINAY MOKTAN officer 11:30 JOCV office 13:00 Thimphu Valley見学 15:30 Thimphuにて物価調査 16:30 Hotel 19:30 佐々木代表, 協力隊員との懇談	Thimphu Hotel Jumolhari
3/12	日	サイト サーベ	8:00 Hotel Jumolhariチェックアウト 9:10 Thimphu出発 11:30 Wangdiphodrangバザール着 12:00 Tourism Gest Houseにて昼食 13:20 Phangyu視察 14:00 Bajoサーベ 15:10 Rubesa視察 15:40 Punakha 19:30 Paro Olathang Hotelチェックイン	Paro Olathang Hotel

月日	曜	日程	詳 述	宿 泊 地
3/13	月	移動日	8:30 チェックアウト 9:10 Paro Airport 10:30 on timeにてカルカッタへ出発 12:10 カルカッタ空港 14:00 Hotel Oberoi Grandチェックイン 16:00 Inter-State Transport Agency面談	Calcutta Hotel Oberoi Grand
3/14	火	サイト サーベ	9:30 ニチメン事務所 輸送状況について聞く 11:00 三井物産事務所, 千代田氏 面談 14:00 World Express Co., (井戸資材サプライヤー) ケーシングパイプ, スリットタイプスクリーン } 価格 ベントナイト, 水中モータポンプ } 調査 18:00 ホテル着	Calcutta Hotel Oberoi Grand
3/15	水	移動日	11:00 Hotel Oberoiチェックアウト 11:50 Calcutta Airport 13:55 TG 314にてバンコックへ 17:25 バンコック到着 (2hours) 18:00 市内へ食事 22:45 JL 718にて東京へ	機中泊
3/16	木	移動日	6:10 東京着	

4. 資材・機材単価表

価 格 調 書

Unit: Nu=IRs= ¥8.6

No.	種 目	仕 様 サ イ ズ	価 格		備 考
			Thimphu	Gaylegphug	
1	人件費				
1-1	プロジェクトマネージャー		3,500/月	3,500/月	
1-2	マネージャー		3,000/月	3,000/月	
1-3	監督		2,000/月	2,000/月	
1-4	シビルエンジニア		1,800/月	1,500/月	
1-5	メカニカルエンジニア		1,800/月	1,500/月	
1-6	ドライバー	重機	2,000/月	1,700/月	
1-7	ドライバー	トラック・カー	1,500/月	1,300/月	
1-8	スキールレバー		40/日	30/日	
1-9	アンスキールレバー		30/日	20/日	
1-10	ハウスキーパー及びウォッチマン		30/日	20/日	
2	宿泊代				
2-1	高級ホテル	三星シングルルーム	300~400/日	Non	
2-2	普通ホテル	三星シングルルーム	100~200/日	50~60/日	
3	レンタルハウス				
3-1	レンタルハウス	3ベッドルーム、キッチン&ダイニング	2,500~4,500/月	-	
3-2	レンタルハウス	2ベッドルーム、キッチン&ダイニング	-	1,000~2,500/月	
4	車輛チャーター代				
4-1	ステーション・ワゴン	ランドクルーザー4WD-87型	4.9/km	Non	含燃料、運転手
4-2	ピックアップ	ダブルキャブ4WD-87型	4.9/km	Non	" "
4-3	ジープ (タクシー)	場所指定-ネゴベース	8/km	6/km	タクシー
4-4	トラック	8ton車-Tataインド製	800/時	700/時	
4-5	ブルドーザー	キャタピラ	3,000/時	3,000/時	
4-6	クレーン		Non	Non	

価 格 調 書

№	種 目	価 格		№	種 目	価 格	
5	燃料, オイル	(Gaylegphug)		9-6	エンドーマメ	12/kg	
5-1	ガソリン	9.0/ℓ		9-7	トウガラシ	10/kg	
5-2	軽油	4.0/ℓ		9-8	サツマイモ	4/kg	
5-3	灯油	5.0/ℓ		9-9	ダイコン	4/kg	
5-4	ギャーオイル	20.0/ℓ	"B"Grade	9-10	サヤエンドー	6/kg	
5-5	プレーキオイル	85.0/ℓ	"	9-11	ナガネギ	1/束	30mm束
5-6	グリース	27.0/ℓ	"	9-12	トマト	4/kg	
				9-13	セリ	1/束	20mm束
6	電気代	0.4/unit	unit:KWH	9-14	アスパラガス7/束		40mm束
7	L.P Gas	90/シリンダー	シリンダー保証金 3,000.-	9-15	サトウキビ	5/本	1本1.2m
8	工事材料・工具		(Gaylegphug)	9-16	ナッパ	1/束	60mm束
8-1	セメント	58/袋	1袋-50kg	9-17	ニンニク	20/kg	
8-2	砂	200/トラック	4.5m ³ , 10km以内	9-18	ショーガ	16/kg	
8-3	砕石	88/m ³		9-19	ウリ	3/pc	1pc-300g
8-4	レンガ	0.85/pc		9-20	白米(上)	9/kg	
8-5	鉄筋	6.5/kg	インド	9-21	"(下)	4.5/kg	
8-6	木材	48/f3		9-22	赤米	8/kg	
8-7	スコップ	45/pc	トンド	9-23	砂糖	6~8/kg	
8-8	ツルハシ	40/pc	"	9-24	塩	2/kg	
8-9	ハンマー	25/pc	" 1kg	9-25	小麦粉	4.5/kg	
9	食料品		(Thimphu)	9-26	鶏肉	40/kg	Gaylegphug 25-30/kg
9-1	タマネギ	6/kg		9-27	牛肉	14/kg	9 / kg
9-2	キャベツ	3/kg		9-28	豚肉	27/kg	23 / kg
9-3	カリフラワー	4/kg		9-29	マトン	45/kg	35 / kg
9-4	ジャガイモ	3/kg		9-30	ヤク肉	25/kg	
9-5	ナス	5/kg		9-31	生魚(養魚)	60/kg	
				9-32	ビール	10/本	インドGolden Eagle
				9-32	ミネラルウォーター	9/本	"
				9-33	サラダオイル(ひ まわり油)	40/kg	Lipton India
				9-34	タマゴ	1~1.5/pc	

価 格 調 書

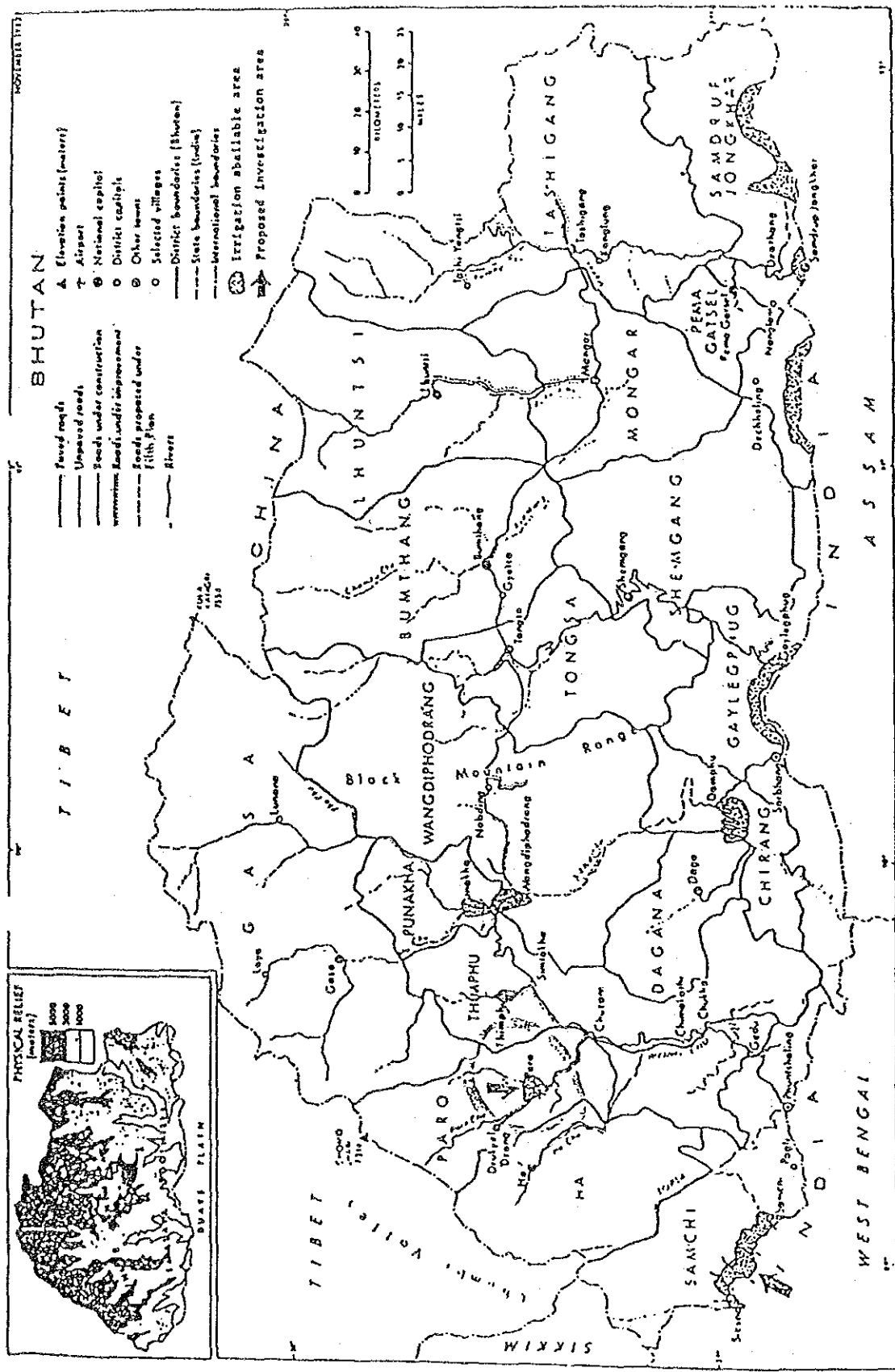
No	種 目	価 格		
10	日用雑貨			
10-1	トイレットペーパー	13/pc	インド製	
10-2	ロウソク	10/pc	" (大)	
10-3	マッチ	0.5/pc	" (小)	
10-4	洗剤	7/box	" Surt200 g	
10-5	石ケン	7/pc	"A"Grade	
11	Hotel SONAM RABPHL	Gaylegphug	Thimphu Hotel JUMOLHARI	
	レストランメニュー	価 格		価 格
1	Coffee	3.0		6.0
2	Tea	2.0		6.0
3	Orange juice	5.0		11.0
4	Soda	3.0		6.00
5	Beer(India)	14.0		17.0
6	Sandwich	8-10		6-25
7	Potato tinger chip	5.0		8.0
8	Vegetable Soups	5.0		11.0
9	Chicken Soups	8.0		14.0
10	Omlete	5.0		11.0
11	Fried Egg	5.0		9.0
12	Boiled Egg	2.0		4.0
13	Fish Fried	13.0		26.0
14	Mutton Curry	12.0		24.0
15	Chicken Curry	13.0		24.0
16	Chicken Chilli	17.0		26.0
17	Fried Rice	8-18		11-18
18	Rice	3.0		8.0
19	Chowmin (焼ソバ)	12-15		18-20

5. 要 請 書

PROPOSAL FOR INVESTIGATION
ON
GROUNDWATER IRRIGATION PROJECT

1988

Department of Agriculture
MINISTRY OF AGRICULTURE & FORESTRY
ROYAL GOVERNMENT OF BHUTAN



I. BACKGROUND INFORMATION

1. Introduction

The major objectives of the Sixth Five-Year Development Plan of the Royal Government of Bhutan (RCOB) are:

- i) the improvement of living conditions in the nation;
- ii) the establishment of national self-reliance; and
- iii) the preservation and promotion of the country's rich cultural heritage and its values and institutions.

In order to achieve these objectives, the Royal Government will continue to give very high priority to the development of the agricultural sector. Agriculture is ^{the} mainstay of the Bhutanese economy, directly or indirectly engaging 90% of the population.

The country's configuration is one of high mountain ranges. As such, the amount of available agricultural land is highly limited. Agricultural development strategy should therefore emphasize the more efficient use of available land through more judicious application of other non-land inputs.

As a part of this strategy, Government plans to develop the use of ground water for irrigation. However, there is no previous experience in Bhutan with full-scale development of ground water for either agricultural or domestic use.

The Royal Government hence wishes to make a request to the Government of Japan for technical assistance in groundwater development.

2. General Geographic Conditions

Bhutan is a land-locked surrounded by the Tibet Region of China to the North and North-West and by India to the East, South and South-West. It has a total area of 46,500 sq.km. Most of the country lies within the Himalayan ranges. The mountainous character of the country means that flat land is ^{limited} to a few relatively broad river valleys in the mid-country and some expanses of plain areas (the Duars) in the South.

Three East-West geographical zones are usually distinguishable. The southern foothills rise steeply from about 200 m to 1,500 m, and extend about 20 km into Bhutan; this zone is subtropic in nature. From the foothills to the north, the hills of the inner Himalayas rise more gradually. This region contains the broader river valleys of Punakha-Wangdi, Paro, Thimphu, Bumthang and Tashigang, the economic and cultural heartland of Bhutan. The high Himalaya zone consists mainly of high alpine mountain ranges. Thus the climate is very varied, ranging from hot and subtropical conditions in the south to perpetual ice and snow in the high Himalayas.

The total population of Bhutan is about 1.2 million people, and growing at about 2.6 per cent per annum. The population density is only about 26 people per square kilometer. Most of the population is dispersed in small rural villages situated in the ravine plains.

3. Present Agricultural Conditions

Bhutan is a typically agricultural country in which 90% of the people are engaged in agriculture or agriculture related activities. Agriculture contributed about 44% of GNP in 1984. Thus general economic development will have to rely greatly on the development of the agricultural sector.

Subsistence is a main feature of Bhutanese agriculture. But even this is strongly influenced by topographic circumstances. The amount of cultivable land available to a farm household is only about 0.7 ha, and GDP per capita for people in agriculture is only about US \$ 79 as opposed to US \$ 140 for the whole nation.

Only 2.7% of the total land area, ie. 126,000 hectares is agricultural land. (Table 1) The majority of the land is occupied by forested or snowcapped mountains and peaks. There is thus only a limited capability to extensively expand the amount of land available for cultivation.

TABLE I

Area of cultivable land by region

<u>Region</u>	<u>Area (ha)</u>
Western	16,733 (13%)
Central	9,399 (7%)
South-central	18,553 (15%)
Southern	56,527 (45%)
Eastern	25,473 (20%)
Total :-	<u>126,485 ha</u>

In Gaylegphug, for example, paddy yields on irrigated land have been tripled since the early 1980s, and are four times as high as yields on unirrigated land. (Table 2)

TABLE II

Comparative Yield Statement on Paddy in Gaylegphug

Year	Average Yield by rain water	Average Yield by Irrigated water
1982/83	415 kg/ha	679 kg/ha
1983/84	531 kg/ha	1,751 kg/ha
1984/85	467 kg/ha	1,976 kg/ha
1985/86	576 kg/ha	2,307 kg/ha

In the Fifth Five Year Plan (1981-86), the irrigation facilities that were completed drew water from river sources. These new structures brought an additional 8% of the total farm land under irrigation.

In the southern border zone, the average length of water courses is 3.6 km, with an average command area of 30.6 ha per km. In the ravine plains of the inner Himalayas, the average water course length is only 1.9 km, but has a command area of 41 ha per km. This may be considered to be efficient in comparison to studies from other parts of the world.

The major crops of Bhutan are paddy and maize. The two crops, respectively, occupy 30% and 54% of the permanently cropped land. Wheat (16,000 tonnes) crop and potatoes (32,000 tonnes), buckwheat/millet (16,800 tonnes) and oil seeds are important crops. Pulses, fruits, vegetables, cardamoms are also cultivated on a smaller scale.

The main paddy producing areas^{are} in the south adjacent to the border with India (in Gaylegphug, Samchi, and Samdrup-jongkhar Dzongkhags), and in the small open river plains of Paro, Thimphu, Wangdi, Punakha and Chirang. Typically, paddy is a single annual crop; it is only traditionally double cropped in parts of the irrigated areas of Gaylegphug.

In most cases, wheat is cultivated as the second crop after paddy and maize. Buckwheat and millet are mainly cultivated in the mountain zones. Self-sufficiency is yet to be achieved in the main food stuffs. The country imports about 25,000 tonnes of grains annually.

4. Irrigation

As stated before, there^{is} little capability to extensively expand the amount^{of} cultivable land. Increased output, therefore,^{may} be obtained mainly through using improved inputs and growing two or three crops a year on the same land. Irrigation is almost always an imperative for the later proposition, and to be able to use inputs more efficiently.

The construction in Bhutan of irrigation projects that involve full scale water courses commenced in 1980. Results so far have been very encouraging.

TABLE III

Irrigation Schemes completed during the Fifth Plan

Region	No. of Schemes (No.)	Length of Canal (Km.)	Area (Ha)
S/Jongkhar	10	43.1	1,435
Gaylegphug	14	41.3	1,359
Samchi	18	66.1	1,791
(Sub-Total)	(42)	(150.5)	(4,585)
Tashigang	12	33.8	1,949
Chirang	8	27.3	433
Paro	7	0.6	149
Thimphu	14	22.6	767
W/Phodrang	3	0.5	183
(Sub-Total)	(44)	(84.8)	(3,480)
Other (10-Zone)	45	180.3	2,049
(Grand Total)	(131)	(415.60)	(10,113)

5. Surface Water Irrigation

The main advantage of surface water irrigation is that water courses are technically easy to construct. But it has the following disadvantages.

- i) Since the water is taken directly from the river, channels are frequently damaged by swift currents, mud flows, and landslides.
- ii) When parts of the channels gets damaged, down stream-irrigated areas are adversely affected.
- iii) Because of the large volume of mud in the river, during the rainy season, sand sedimentation creates problems in intake facilities and farm land.

- iv) In large scale irrigation projects, operating costs become high because high capacity pumps have to be used.
- v) In the dry season medium and small-rivers are often unuseable as they dry up.

6. Ground Water or Well Irrigation

In Bhutan, surface water course irrigation covers only about 20% of the total farm land area. There is little scope for expanding the amount of available farmland. In order to increase productivity on available land the Sixth Five Year Plan proposes to expand and improve irrigation facilities. The Fifth Plan concentrated on building surface water irrigation facilities. The disadvantages of these facilities were pointed out above.

Steady supplies of good quality irrigation can alternatively be supplied from ground water. The merits of groundwater or well irrigation are as follows:

- i) A steady flow of good quality water can be maintained throughout the year;
- ii) Irrigation facilities can be constructed at the center of the targeted area, which can cover relatively compact areas of up to 15-20 ha. This reduces the rate of water loss (leakage) at the time of delivery, and makes maintenance easy.

3. Japanese and Bhutanese Government Contributions

In conducting the survey, the Government of Japan ^{provide} drill/engineers and necessary equipment and materials. For its part the RGOB shall provide office space and necessary local labour. The Royal Government shall provide national counterparts who will be trained in groundwater management technology.

4. Components of the Survey

The survey will consist of the following hydrogeological components:

- i) Surface reconnaissance: approximately 30 sq.km.
- ii) Electric resistivity testing of soils; about 60 sites (200m deep).
- iii) Test boring: 5 sites (maximum depth 150 m).
- iv) Water quantity and quality survey: 5 sites.
- v) Simple survey: 1 site.

In addition to the above hydrogeological survey, there will be a socio-economic appraisal of the feasibility of ground-water irrigation in the study areas.

5. Survey Period and Follow-up

The conduct of ^{will} the survey including the production of a final report/take 12 months. If the results of the survey show that it is hydrogeologically and economically feasible to develop groundwater irrigation in the study, a full-scale development programme will be immediately initiated.

- iii) Although construction costs are high, operating costs are low and only for electricity.
- iv) It is possible to provide supplementary irrigation efficiently.

While these merits are considerable, there has been little survey work conducted to establish the existence of groundwater sources. Thus, it is proposed that any investigation in groundwater irrigation in Bhutan would have to start at this point.

II. GROUNDWATER DEVELOPMENT SURVEY PROJECT

1. Objective

The objective of this project is to study the possibility of using groundwater for future irrigation development. This will be achieved through a hydrogeological survey of some selected ^{or} areas of Bhutan to determine the economic feasibility groundwater irrigation. The project will develop appropriate survey methods, as well as train Bhutanese engineers in fields of groundwater development.

2. Study Areas

Surveys will be conducted in Samchi and Paro Dzongkhags. Samchi will be representative of the Southern plains area, and a 20 sq.km will be surveyed in that Dzongkhag. Paro will be representative of the ravine plain areas of the inner Himalayan zone, and a 10 sq.km will be covered in that Dzongkhag.

6. Executing Agency

The survey is expected to be implemented through grant assistance from the Japanese Government for the provision^{of}/technical assistance, equipment and materials. However, the implementation agency for the project will be the Department of Agriculture, Ministry of Agriculture, RGOB.

7. Equipment and Materials

The following are the major equipment and materials required for the survey:

- i) Geophysical prospecting equipment: 2 sets
- ii) Drilling equipment with accessories for a test well : 1 lot
- iii) Casing and well screen : for 5 wells
- iv) Testing equipment:
 - Pumping test unit : 2 units
 - Logging equipment : 1 unit
 - Water quality analysis kit : 1 unit
- v) Observation equipment:
 - Water level measuring instrument : 3 sets
 - Water flow meter : 3 sets
- vi) Vehicles for Transportation:
 - Truck with crane : 2 units
 - Station wagon/pick up : 4 units
 - Water tank lorry : 1 unit.

Appendix-1

Report of Feasibility Study

of

Groundwater Development

in

Gaylegphug Area

Kingdom of Bhutan

December, 1986

INTRODUCTION

A preliminary survey of the possibility of groundwater development was conducted in Gaylegphug in 1986. It consisted only of a field reconnaissance survey and electric resistivity testing of the soil. Given the very limited scope of this preliminary survey, more accurate surveys and designs are required for project implementation.

1. General Condition in Gaylegphug

Gaylegphug Dzongkhag is situated around the centre of the southern border plains regions. It is about 1,530 sq.km. in size and shares about 150 km of border with India. It has a population of 111,283.(1985) which is about 10% of the total population of Bhutan. The population density of Gaylegphug is about 72.7 persons per sq.km, which is about three times the national average.

Gaylegphug town is the third largest urban concentration of people in Bhutan after Thimphu and Phuntsholing. The town has a customs checkpoint, and is a key traffic point in Central Bhutan.

There is about 197 sq.km of farm land in Gaylegphug Dzongkhag, the second largest parcel after Samchi. There is also a small amount additional land that could be converted into farmland.

2. Summary of Topography and Geology

In the hinterland of the Gaylegphug^{plain} is the Mahabarat range of the lower Himalayas which rises to a peak of

2000 m. The Mao, Thaklai and Bhur Rivers flow out of this mountain range and form a fan-like configuration in the plain below:-

Topographical and geological formations are poor in the east-west direction, but favorable in the south-north direction. Terrace development is intensive and south-north in nature. Three stages of terrace faces are recognisable (Figure 1).

i) Upper level terrace face:

This is on the steep slope of the mountain foot in the 280-400 m altitude range. Sub-surface soil is of sand-gravel formation containing boulders. There is farm land and also undeveloped land. In Leopani this land is used for orange orchards.

ii) Middle level terrace face:

This is on the moderate slope of the mountain foot in the 230-280 m altitude range. The soil is sandy, and the land mostly used for paddy. This level is suitable for irrigation and is the core of agricultural production.

iii) Lower level terrace face:

This land is on the flat river bank in the 190-230 m altitude range, and includes urban Gaylegphug. The river bed has sandy soils. Some land is used for dry field crops while some suitable for paddy cultivation.

The Mao River¹⁵ is arborescent and has a catchment area of 619 sq.km. It has a maximum flow rate of 240 cubic meters per second and a minimum flow rate of 17 cubic meters per second.

The Taklai and Bhur Rivers have respective catchment areas of 169 sq.km. and 60 sq.km. They become slow flowing streams in the dry season.

The hinterland of the study area is in the main Himalayan tectonic zone. The geological structure of the lower Himalayan zone is moderate with synclinal structure and forms a double-inclined structure. The lithofacies is weak metamorphic to non-metamorphic sedimentary rock, consisting of sandstone, shale-clay slate stone and red-purple colored quartzite and limestone. The samalik formation of the sub-Himalayan zone is not seen in the study area, but is believed to be hidden at the lower part of the flood plain. The terrace deposits at the top of the fan-like configuration are bolder-sand-gravel in formation with mixtures of large stones. They sandwich silt. The largest boulders are at the center of the fan. The river bed is mostly made up of sand formations with some gravel.

3. Hydrogeological Summary

It is presumed that the deposits at the top of the fan are highly permeable, and therefore that region would have a deep groundwater level. Thus a total of nine electric resistivity tests were carried out in this region to ascertain whether or not wet zones and basements exist.

There are no deep wells in the study area or else where in Bhutan. As such, there is no other data with which to compare data from this study. But judging from the results of this study, there is a possibility of obtaining groundwater from 150-200 below the surface.

The potential for groundwater development is best at the lower and middle level terrace faces, where water replenishment by the Mao River is best. But even at the higher level terrace face, if replenishment is good no problems are foreseen. But if the hinterland is narrow development may be difficult.

The existence of a good layer of groundwater has been confirmed. It is now desirable to implement as early as possible, boring tests to study possibilities of development.

4. Rainfall

Rainfall in Gayleghug, 1985 is stated as fallowa;

Table-1 Rainfall (1984) in Gayleghug

<u>Month</u>	<u>Temperature</u> <u>Max.(C°) Min.</u>		<u>Evaporation</u> <u>for 24 hrs(mm)</u>	<u>Rainfall</u> <u>(mm)</u>	<u>No. of</u> <u>Rainy day</u>
Jan.	23.27	15.66	23.2	23.2	4 days
Feb.	21.96	17.57	24.7	59.8	11 days
Mar.	26.84	22.15	37.4	62.4	11 days
Apr.	28.58	24.82	39.2	87.2	14 days
May.	28.61	24.98	41.3	512.5	17 days
Jun.	28.83	26.30	27.1	1,135.5	24 days
Jul.	29.08	24.52	19.4	1,681.2	29 days
Aug.	30.40	26.24	25.7	690.4	25 days
Sep.	29.92	24.18	15.3	912.2	25 days
Oct.	30.40	28.82	30.0	80.6	7 days
Nov.	28.70	22.12	29.1	82.0	6 days
Dec.	25.68	17.29	21.7	61.4	6 days
<u>Total</u>			(Ave.)27.8	5,388.4	179 days