

第5章 水文解析

5.1 水文データベース

本調査で取り扱った全ての水文データはコンピューター・データベースシステムを使って整理・分析された。本調査では、表-5.1 図-5.1に示すように12のシステムが開発された。これらのシステムはロータス123のソフトを使って運用される。

表-5.1 水文データベースシステム

No.	適 用	システムへの入力	システムへの出力
DB-01	流量測定データの整理 (測定ごと)	測定毎のデータ	流量, 流速, 水位
DB-02	流量測定データの整理 (観測所ごと)	観測所毎のデータ	流量, 流速, 水位
DB-03	水位-流量曲線の作成 (Type-1)	断面データ, 水面勾配 マシンの粗度係数	水位-流量曲線
DB-04	水位-流量曲線の作成 (Type-2)	流量水位データ	水位-流量曲線
DB-05	日河川水位流量整理	日水位, 水位流量曲線	日水位流量表
DB-06	時間河川水位流量整理	時間水位, 水位流量曲線	時間水位流量表
DB-07	流量相関の算定	2観測所の流量データ	流量相関式
DB-08	観測所流況の算定	日流量データ	流況表
DB-09	河川水収支の算定	流量データ	河川水収支表
DB-10	貯水池水収支の算定	貯水位, 放流量, 蒸発量 水位-面積-容量曲線	貯水池水収支表
DB-11	日井戸水位データの整理	日井戸水位	日井戸水位表
DB-12	井戸水位と河川水位の 相関関係の算定	井戸水位 河川水位	井戸水位と河川水の 相関

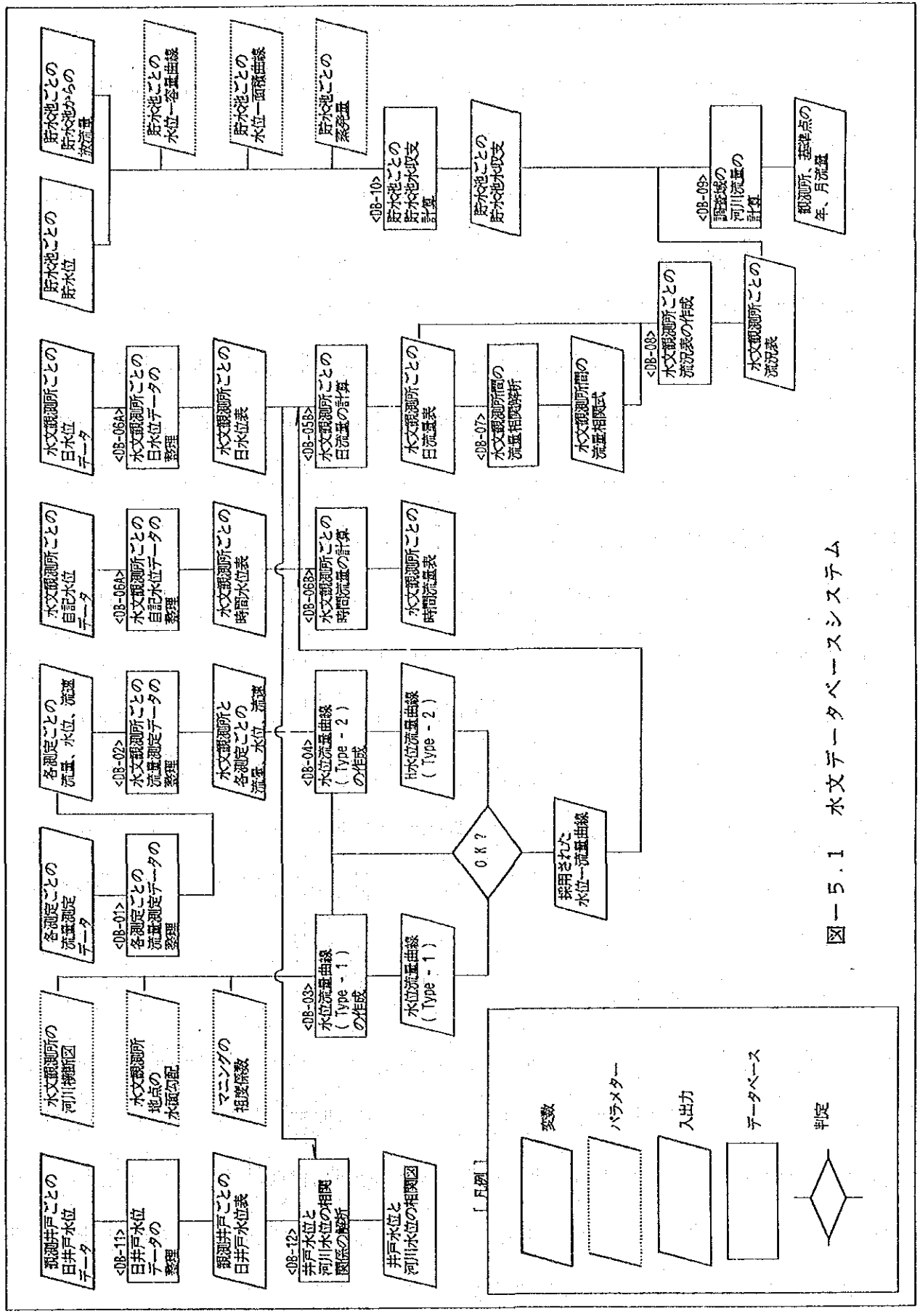


図-5.1 水文データベースシステム

5.2 水位流量曲線

本調査で水文観測を実施した19観測所の水位—流量曲線が表—5.2に示すように作成された。図—5.9参照。

表—5.2 水位—流量曲線

NO.	観測所	水位—流量曲線
1	1-150 サ"ンハ"シ P/H	$Q = 25.626 * (H + 1.085)^2$
2	1-650 カホ"ンホ" B	$Q = 66.342 * (H - 0.715)^2$
3	1-950 マトハ" P	$Q = 29.791 * (H - 0.262)^2$
4	2-030 ルクル	$Q = 28.448 * (H + 2.567)^2$
5	2-250 カラホ"	$Q = 7.404 * (H + 0.654)^2$ $H < 3.179m$ $Q = 132.763 * (H - 2.270)^2$ $H \geq 3.179m$
6	2-400 セフンカ"	$Q = 50.805 * (H + 1.774)^2$
7	4-050 ラク"ラン F	$Q = 5.677 * (H + 0.167)^2$
8	4-120 ムツノハ"シ	$Q = 6.058 * (H - 1.262)^2$ $H < 2.920m$ $Q = 1.989 * (H - 0.019)^2$ $H \geq 2.920m$
9	4-130 スミス B	$Q = 6.078 * (H + 0.184)^2$
10	4-200 ムノタマト	$Q = 7.269 * (H + 0.676)^2$
11	4-280 マチヤ F	$Q = 10.964 * (H - 1.012)^2$
12	4-350 フレノカ"	$Q = 8.771 * (H + 0.439)^2$ $H < 5.134m$ $Q = 40.036 * (H - 2.525)^2$ $H \geq 5.134m$
13	4-450 ムツノク"	$Q = 31.695 * (H - 0.476)^2$
14	4-560 マツノハ" P	$Q = 25.326 * (H + 0.562)^2$
15	4-669 カヒ" I H/B	$Q = 110.511 * (H - 0.937)^2$
16	4-941 カレヤ D/S	$Q = 1.780 * (H - 0.115)^2$ $H < 4.663m$ $Q = 32.948 * (H - 3.603)^2$ $H \geq 4.663m$
17	4-958 ムノツ F	$Q = 8.421 * (H - 0.009)^2$
18	5-030 イクスチエ"シ" F	$Q = 1.684 * (H + 0.084)^2$ $H < 0.72m$ $Q = 9.681 * (H - 0.386)^2$ $0.72m \leq H < 1.64m$ $Q = 21.059 * (H - 0.729)^2$ $H \geq 1.64m$
19	5-940 ムツノク"7B	$Q = 60.157 * (H - 1.003)^2$

5.3 貯水池水収支

既存の3貯水池、即ち、1)イソツツタ"タ 2)カヒロ"ツ"タ"タ 3)カリハ"タ"タについて、貯水池水収支を把握するためシミュレーションを行った。その結果は表-5.3および図-5.2に示す通りである。

表-5.3 貯水池水収支計算結果の要旨

項目		イソツツタ"タ	カヒロ"ツ"タ"タ	カリハ"タ"タ
計算期間		12年間(1980-91)	12年間(1980-91)	29年間(1963-91)
<貯水池流入量>	(m ³ /s)	261.2 (100%)	282.1 (100%)	1,620 (100%)
	(mcm)	8,237	8,896	51,088
<貯水池流出量>	(m ³ /s)	247.6 (95%)	252.7 (90%)	1,340 (83%)
	(mcm)	7,808	7,969	42,258
[発電]	(m ³ /s)	-	155.7 (55%)	789 (49%)
[余水吐]	(m ³ /s)	247.6 (95%)	97.0 (35%)	551 (34%)
<蒸発量>	(m ³ /s)	17.0 (6%)	28.9 (10%)	279 (17%)
	(mm/日)	4.5	5.1	4.7
<貯水量の変化>	(m ³ /s)	-3.4 (-1%)	0.4 (0.2%)	0.7 (0.04%)

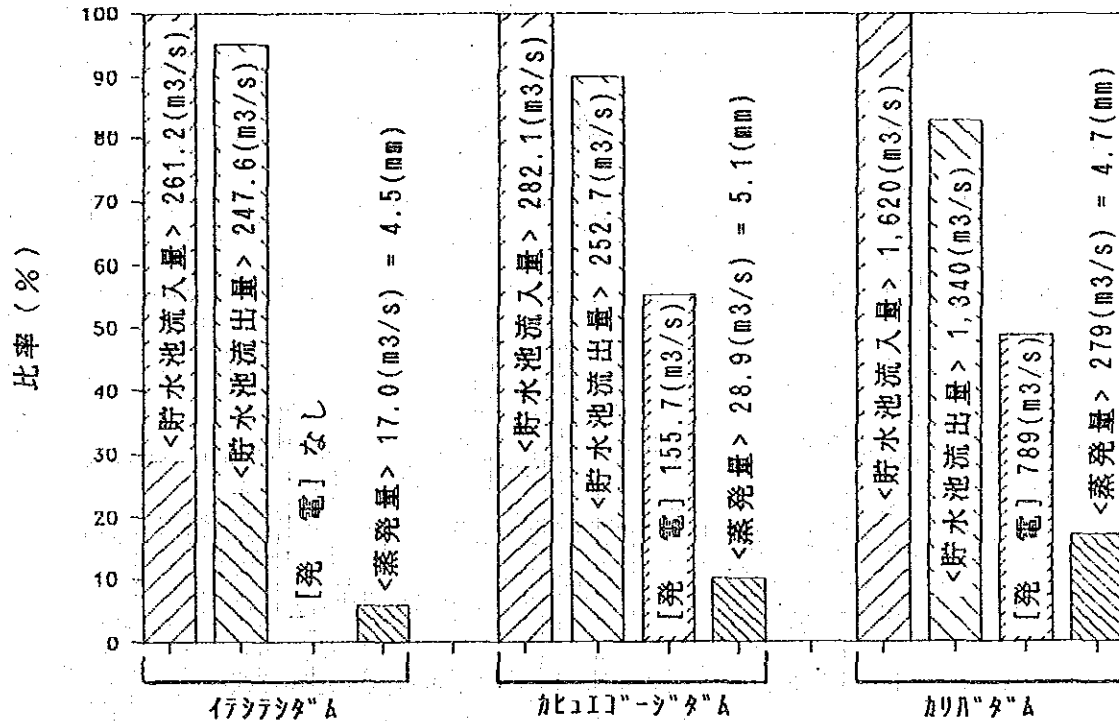


図-5.2 貯水池水収支の要旨

(1) イテシテシダム

イテシテシダムの貯水池水収支計算結果を図-5.3に示す。

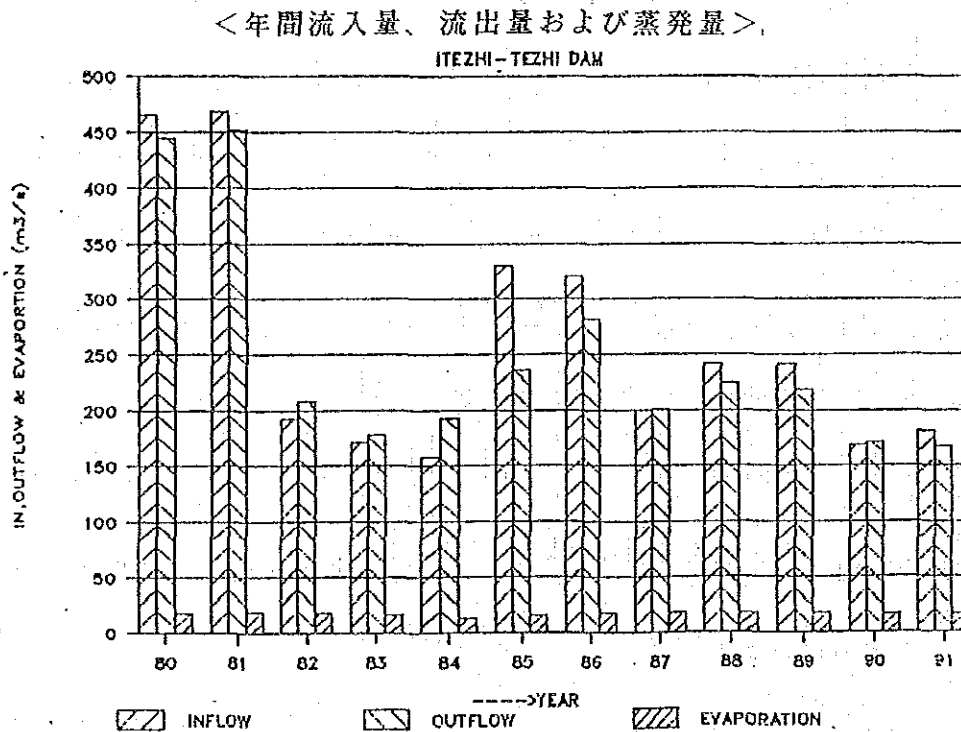
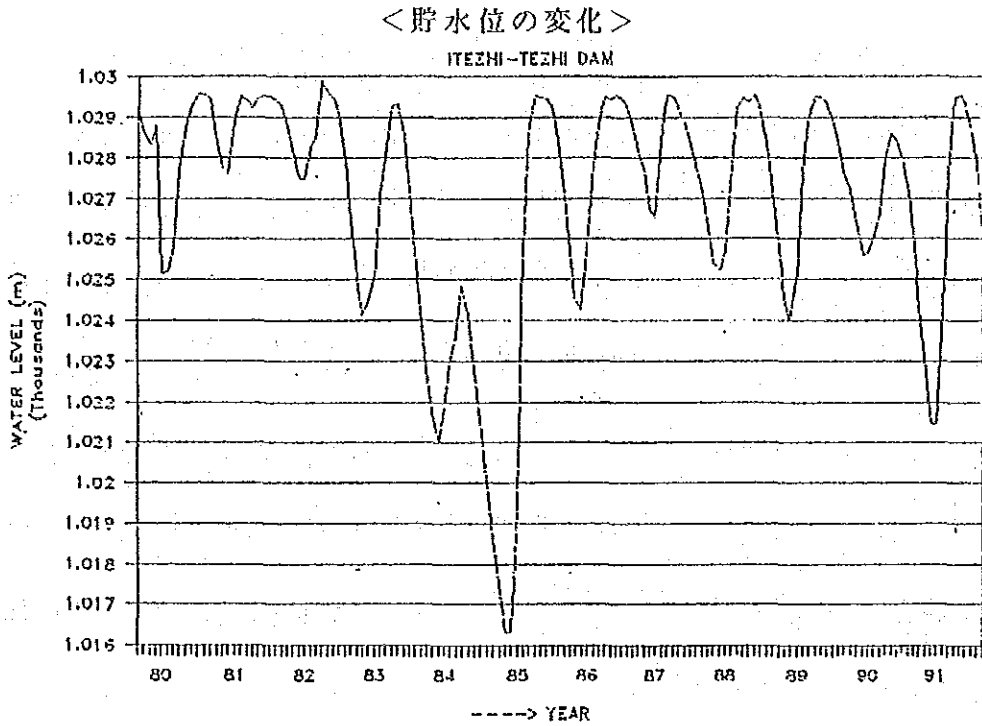


図-5.3 イテシテシダムの貯水池水収支

(2) カヒュエゴージダム

カヒュエゴージダムの貯水池水収支計算結果を図-5.4に示す。

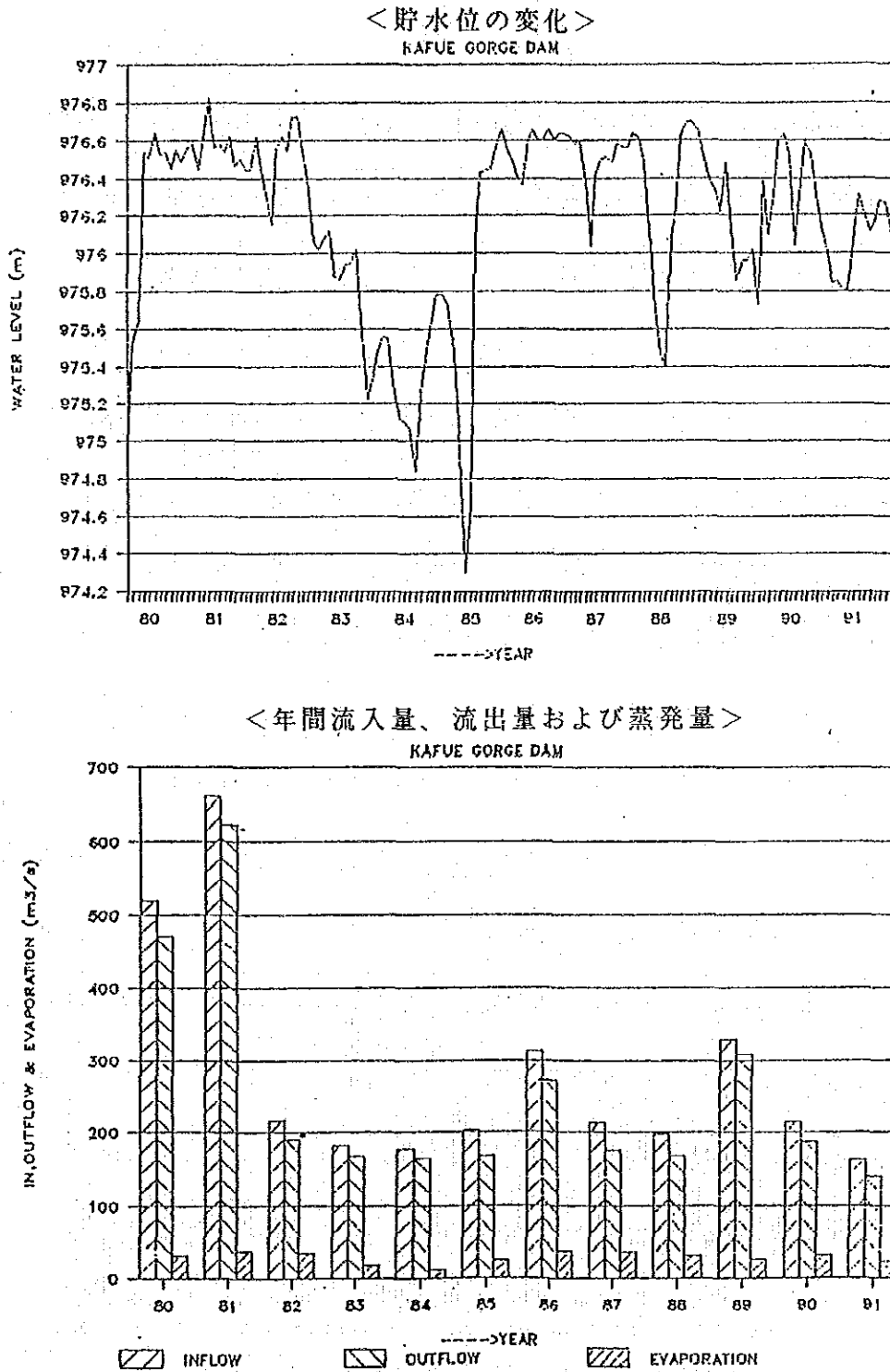


図-5.4 カヒュエゴージダムの貯水池水収支

(3) カリバダム

カリバダムの貯水池水収支計算結果を図-5.5に示す。

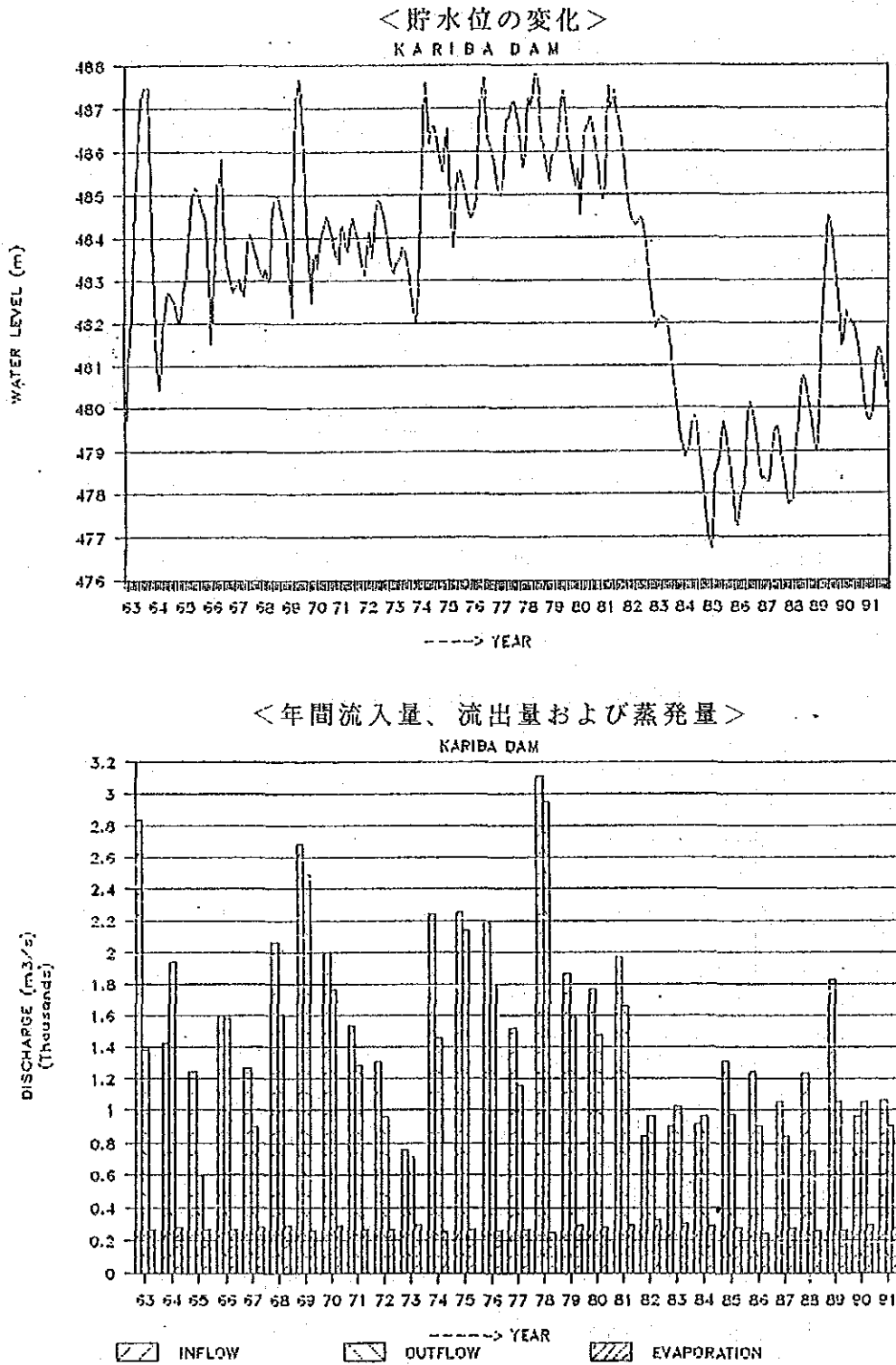


図-5.5 カリバダムの貯水池水収支

5.4 河川流量計算

(1) 流域の分割

本調査で作成した水文データベースシステムを用いて河川流量計算を行った。この計算のため計算対象地域を34に分割した。即ち、ザンベジ本川で17分割、カヒュエ川で15分割、ルアングワ流域で2分割とした。図-5.6参照。

この分割は、各分割域の既存データの有無に従って行った。上流域は30年以上の観測データのある観測所がある。一方、下流域は運転されている観測所は無いが、3つのダムがある。これらのダムの共通データは1979年からである。

(2) 流量計算の方法

<上流域>

上流域（ザンベジ川本川：地点1-16、カヒュエ川：地点21-35、ルアングワ川：43-44）の計算は次の通りである。

- 1) 観測所の流量は観測水位と水位流量曲線にを用い、データベースシステムにより求める。
- 2) 観測所以外の地点流量は、上下観測所流量を考慮して面積比で求める。
- 3) 計算期間は32年間（1959/60 - 1990/91）とする。

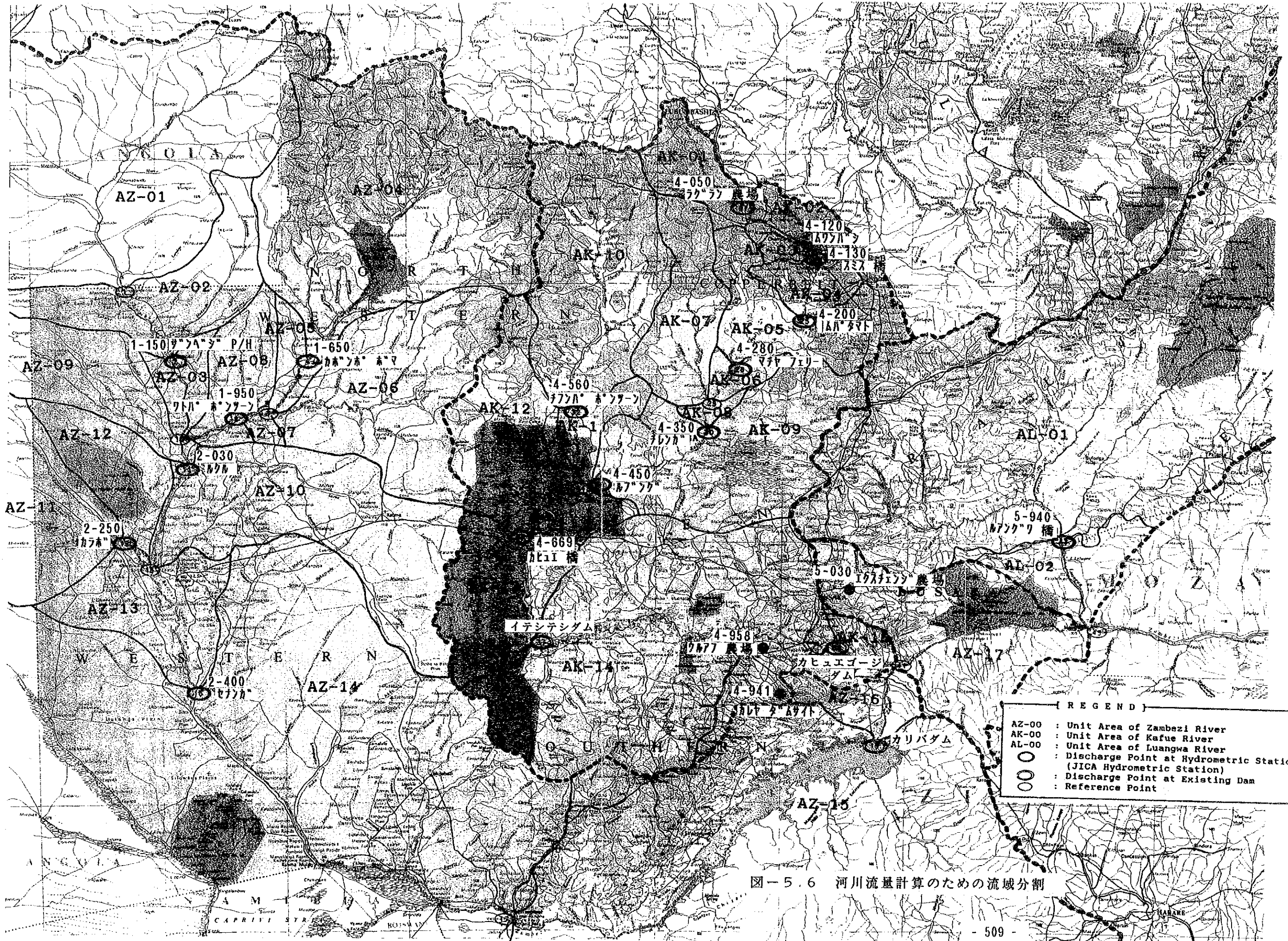
<下流域>

下流域（ザンベジ川本川：地点17-20および41,42,45、カヒュエ川：地点36-40）の計算は次の通りである。

- 1) 貯水池への流入量および貯水池からの放流量は貯水池水収支計算結果の値を用いる。同様に、蒸発量および貯水池容量も同計算結果の値を用いる。
- 2) リビングストーン流量（地点17）は、ZRA（ザンベジ川オリバー）が観測した流量を用いる。
- 3) リビングストーン流量（Q17）とカリバダム流入量（Q18）からこの間の流域の比流量 q ($m^3/s/km^2$)を求める。この比流量を分割流域AZ-16、AZ-17およびAK-15からの流出量計算に用いる。
- 4) 計算期間は共通の操作記録がある12年間（1979/80 - 1990/91）とする。

(3) 計算結果

上流域の過去32年間（1959/60 - 1990/91）の河川流量計算結果は図-5.7に示す通りである。全体域の過去12年間（1979/80-1990/91）の河川流量計算結果は図-5.8に示す通りである。なお、図-5.7および5.8に示される値は、それぞれの計算期間の平均流量である。



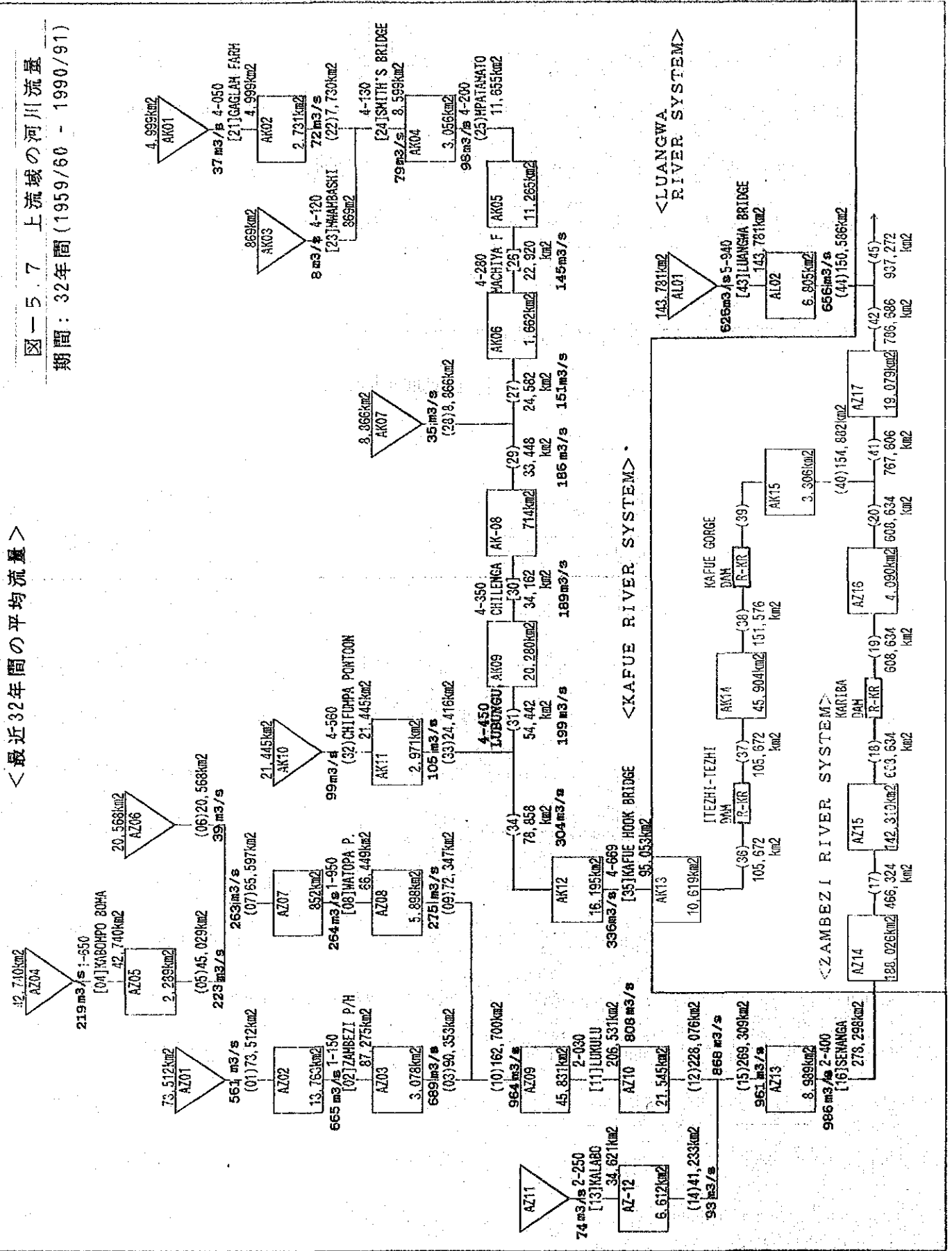
[REGEND]

AZ-00	: Unit Area of Zambezi River
AK-00	: Unit Area of Kafue River
AL-00	: Unit Area of Luangwa River
○ (with JICA)	: Discharge Point at Hydrometric Station (JICA Hydrometric Station)
○ (with vertical line)	: Discharge Point at Existing Dam
○ (empty)	: Reference Point

図-5.6 河川流量計算のための流域分割

<最近32年間の平均流量>

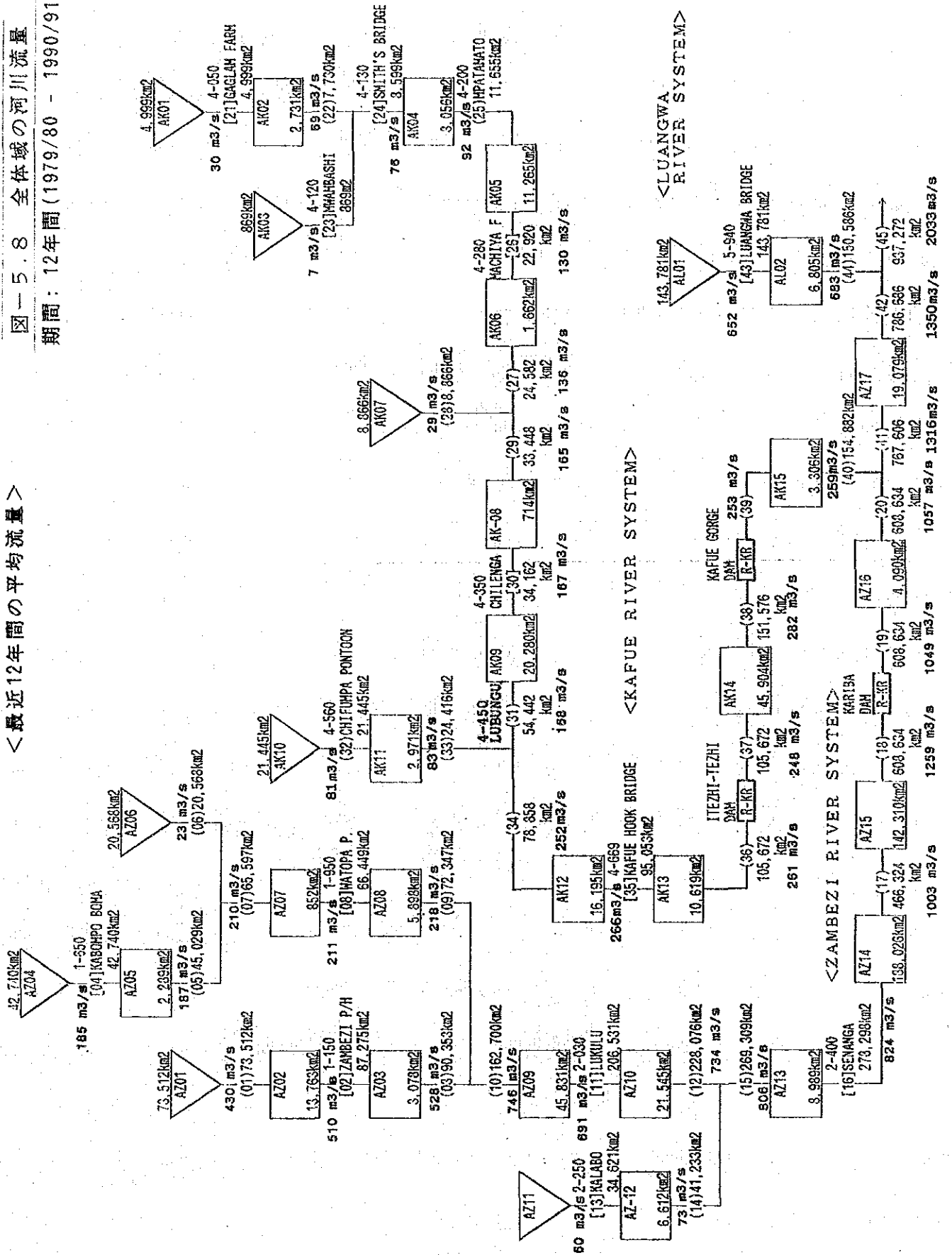
図-5.7 上流域の河川流量
期間：32年間(1959/60 - 1990/91)



<最近12年間の平均流量>

図-5.8 全体域の河川流量

期間：12年間(1979/80 - 1990/91)



5.5 河川流量の特性

(1) 年流量、月流量および流況

各観測所の流量特性を表-5.4に示す。図-5.9には、各観測所の流量観測断面・水位流量曲線と併せて、流況(1990/91)、年流量分布および月流量分布を示している。

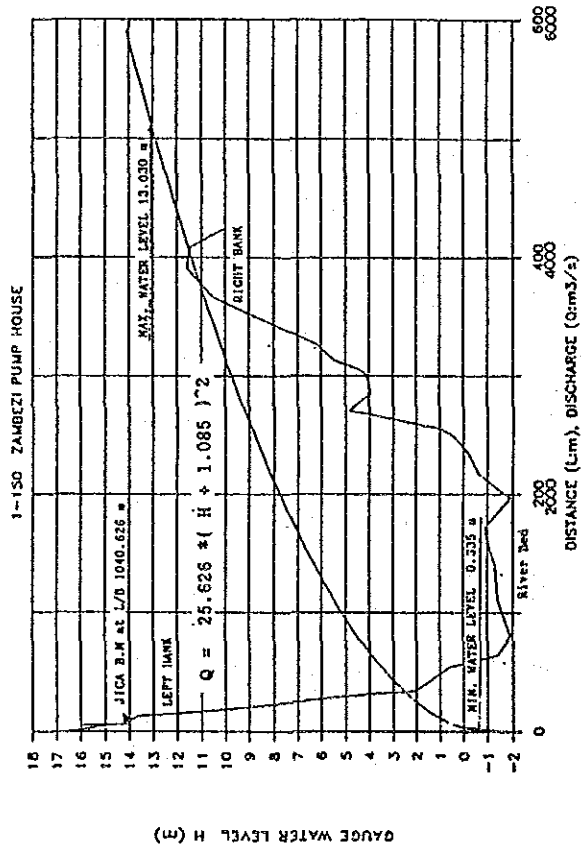
表-5.4 流量の特性

観測所	平均 流量 (m ³ /s)	年流量(m ³ /s)		日流量(m ³ /s)					
		最大	最小	最大	最小	豊水	平水	低水	渇水
1-150 サンパシ	693	1301	278	5106	21	978	258	121	77
1-650 カホシホ	219	451	109	1730	17	290	151	99	61
1-950 フト	264	597	120	2582	36	355	155	105	74
2-030 ルクル	808	1125	514	2943	197	1102	543	385	315
2-250 カラホ	74	175	13	881	3	104	34	13	9
2-400 センカ	986	1433	637	3500	261	1459	722	444	337
4-050 ラクラン農場	37	80	10	333	0.2	56	7	7	3
4-120 アツハシ	7.8	15.2	3.4	177	0.6	10.8	4.4	2.5	1.2
4-130 スミ橋	79	142	31	531	3	124	50	23	11
4-200 ハタト	98	178	35	562	7	149	56	28	15
4-280 マヤ	145	298	47	889	5	221	76	39	21
4-350 チレンカ	189	396	59	1164	8	297	98	47	25
4-450 ルツク	199	414	62	1230	5	324	109	54	28
4-560 フツ	99	245	26	1642	12	142	70	42	24
4-669 カヒ橋	336	832	128	2811	28	480	187	108	67
4-941 カレ D/S	0.24	0.43	0.09	15	0.00	0.21	0.18	0.14	0.01
4-958 977農場	0.31	0.85	0.00	103	0.00	0.16	0.10	0.08	0.00
5-030 EXCG農場	0.22	0.72	0.05	21	0.00	0.15	0.07	0.04	0.02
5-940 ルツク橋	626	1505	301	7754	11	863	206	82	37

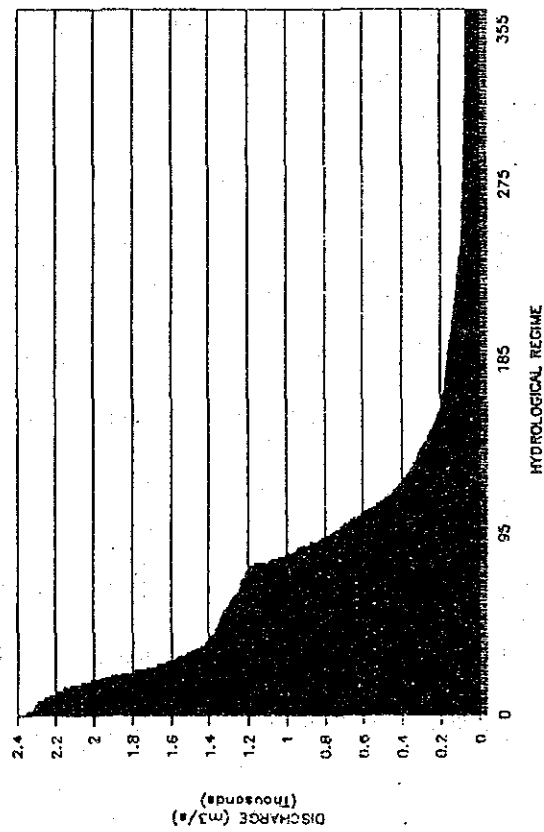
変動係数：標準偏差／平均流量

流量資料の期間：32年間(1959/60-90/91)

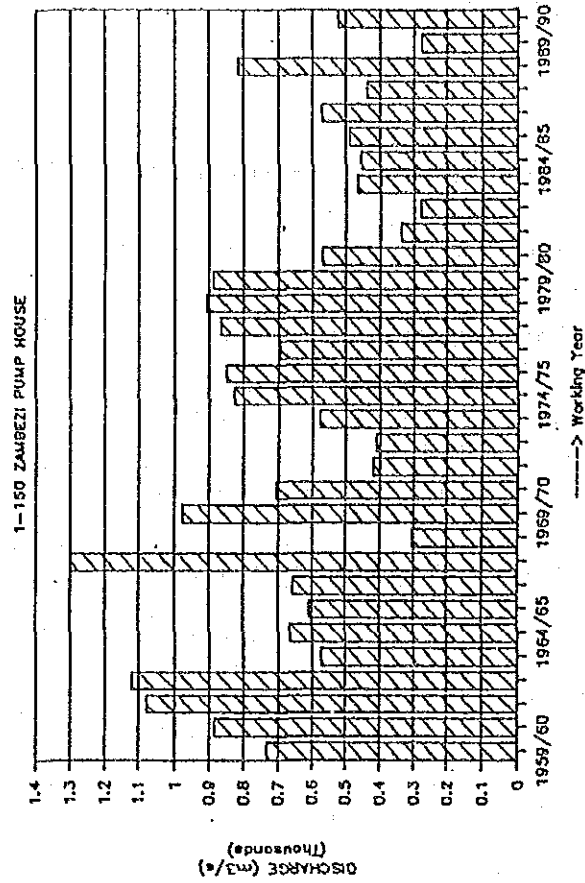
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



＜流況 (1990/91)＞ (1-150)



＜年流量＞



＜月流量＞

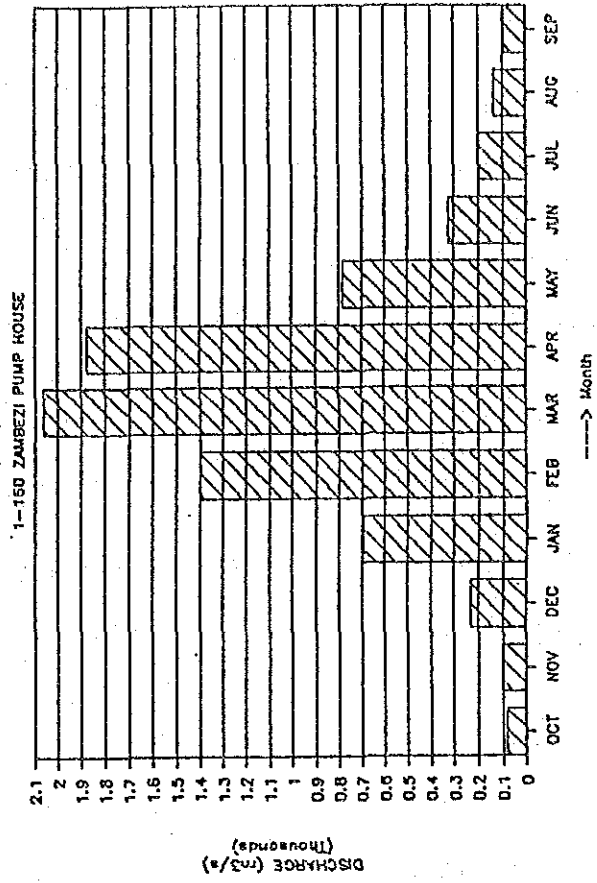
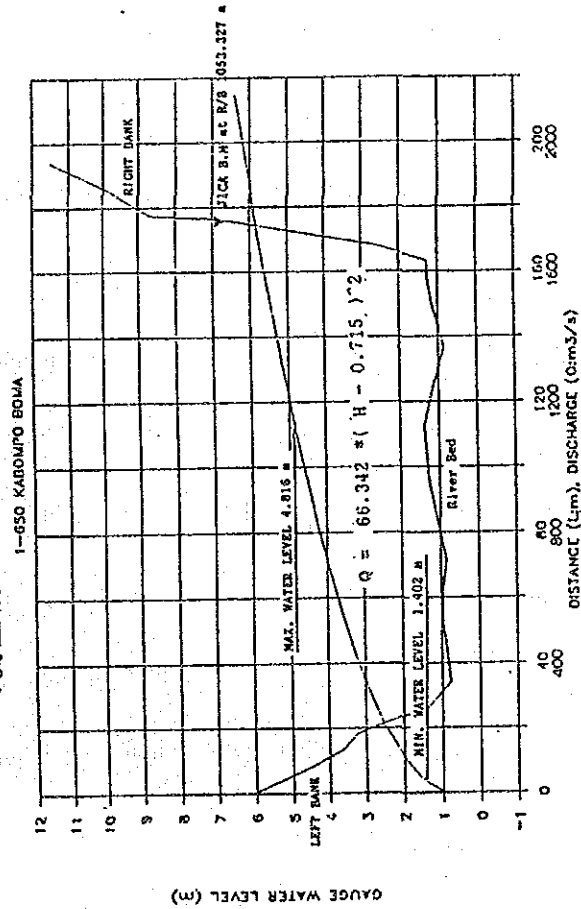
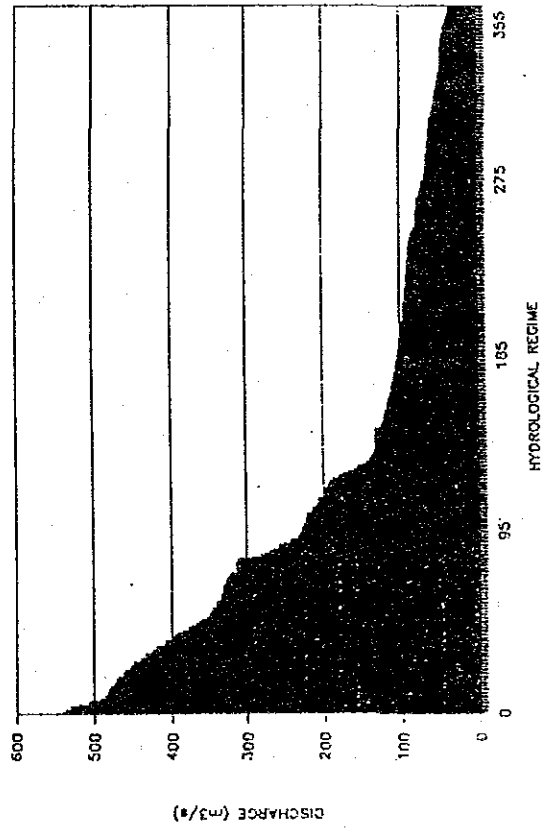


図-5.9 (1) 水文観測所 (1-150 サンプラジ)

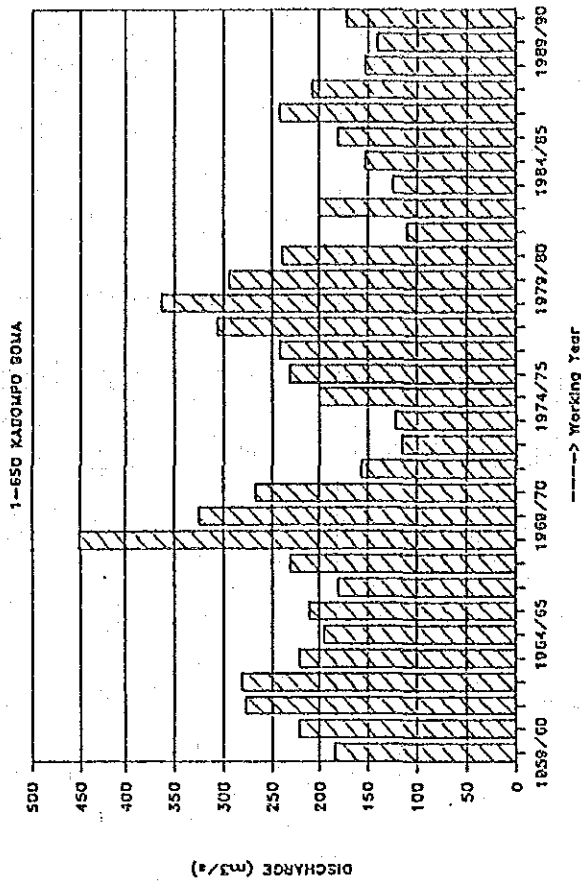
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



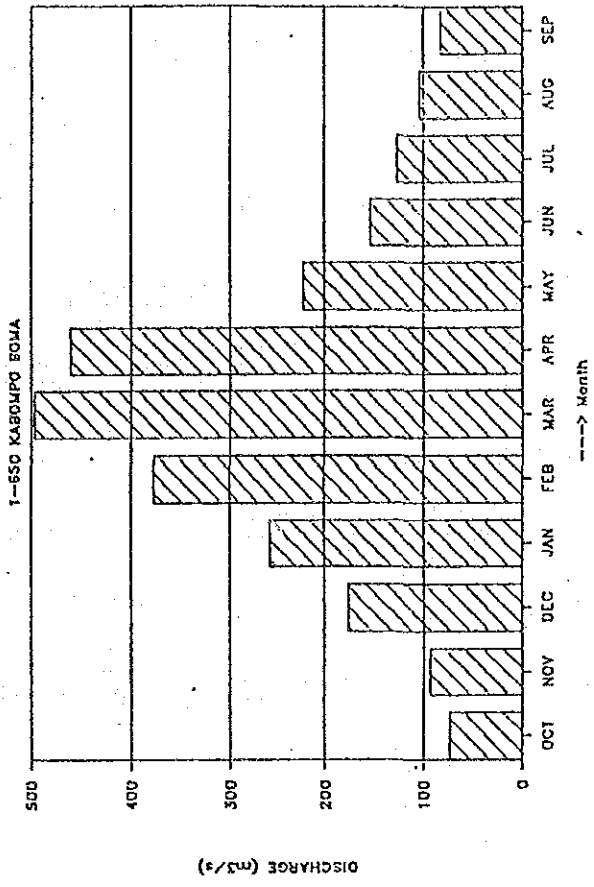
＜流況 (1990/91)＞ (1-650)



＜年流量＞

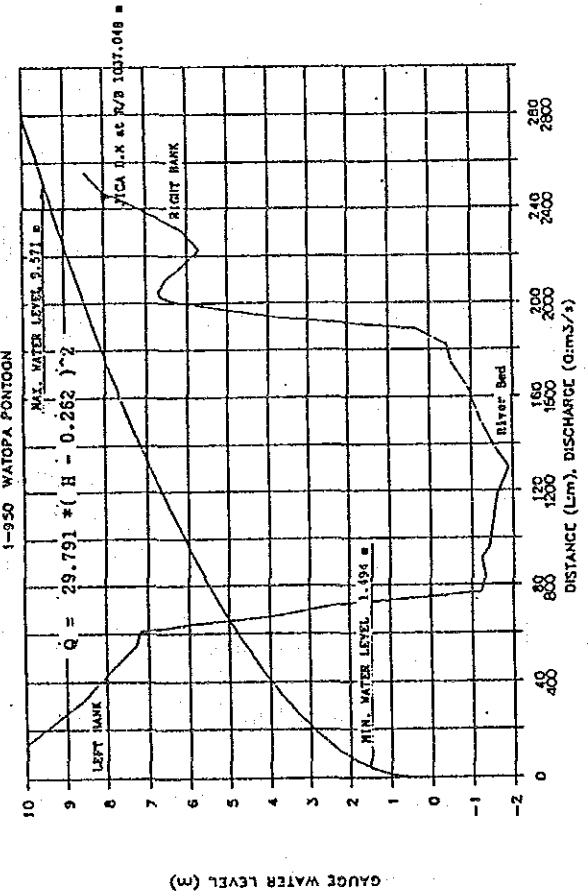


＜月流量＞

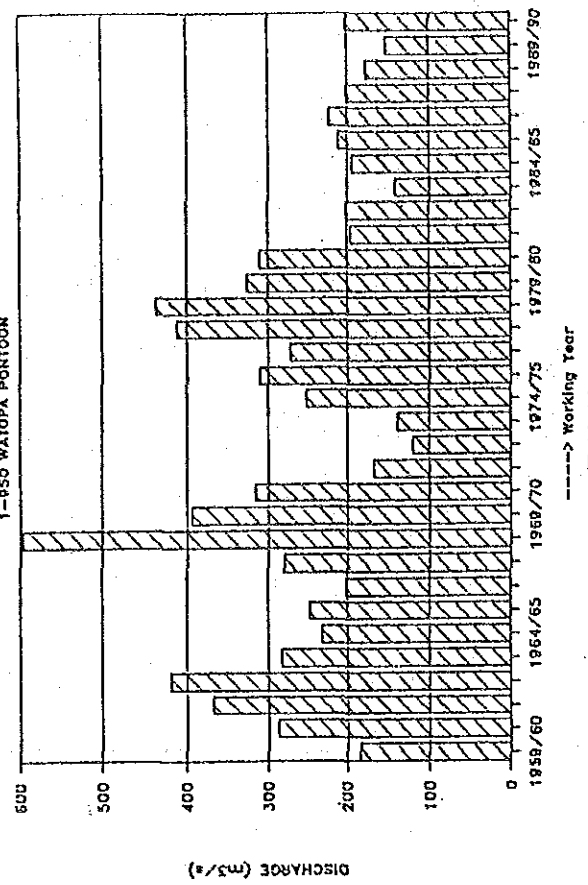


図一5.9(2) 水文観測所 (1-650 本町)

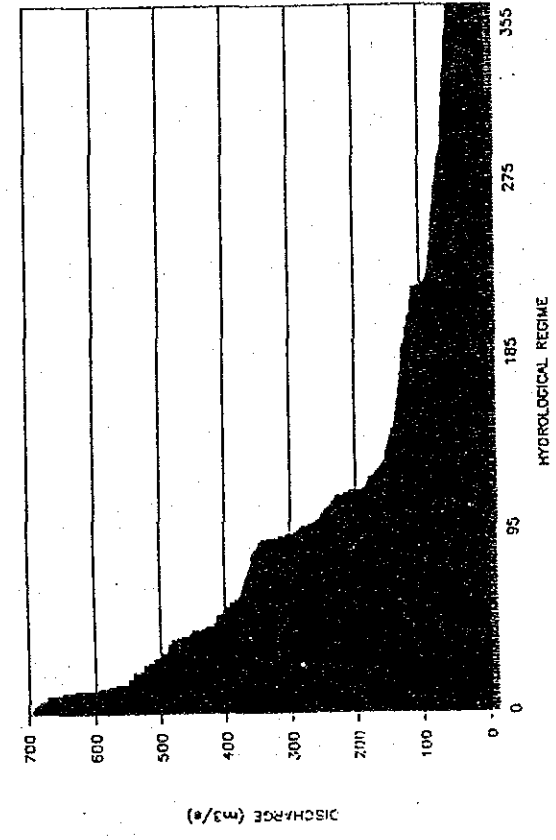
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



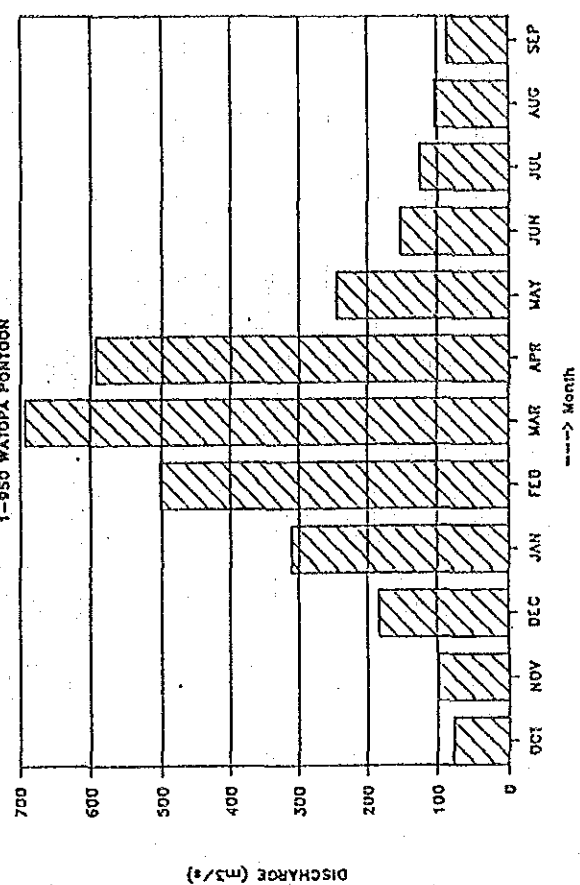
＜年流量＞



＜流況 (1990/91)＞ (1-950)

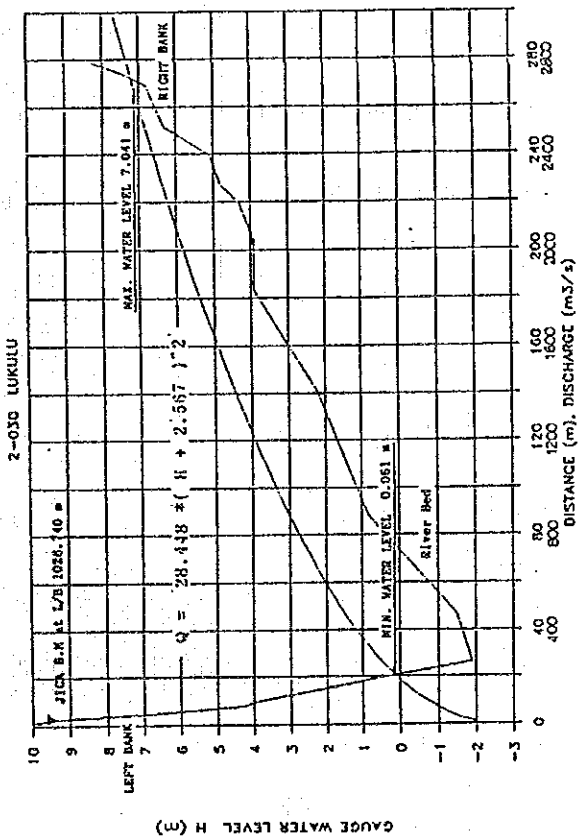


＜月流量＞

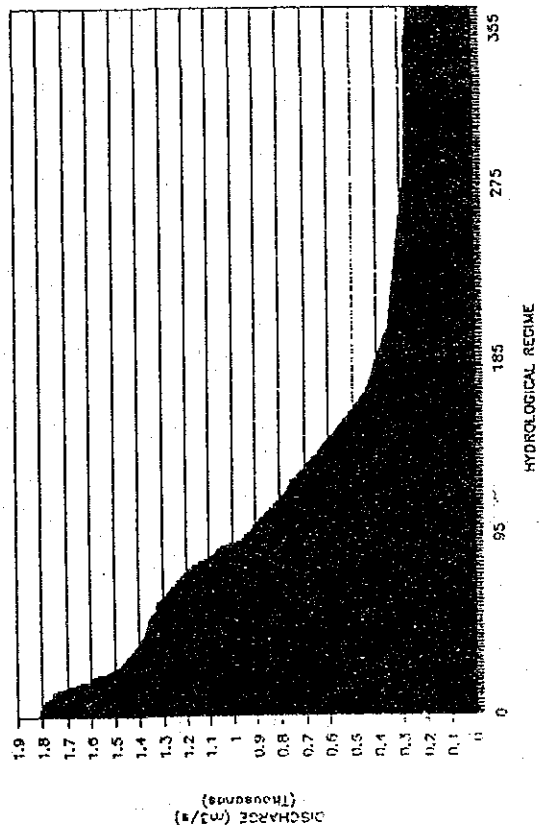


図一五.九(3) 水文観測所 (1-950 WATOPA)

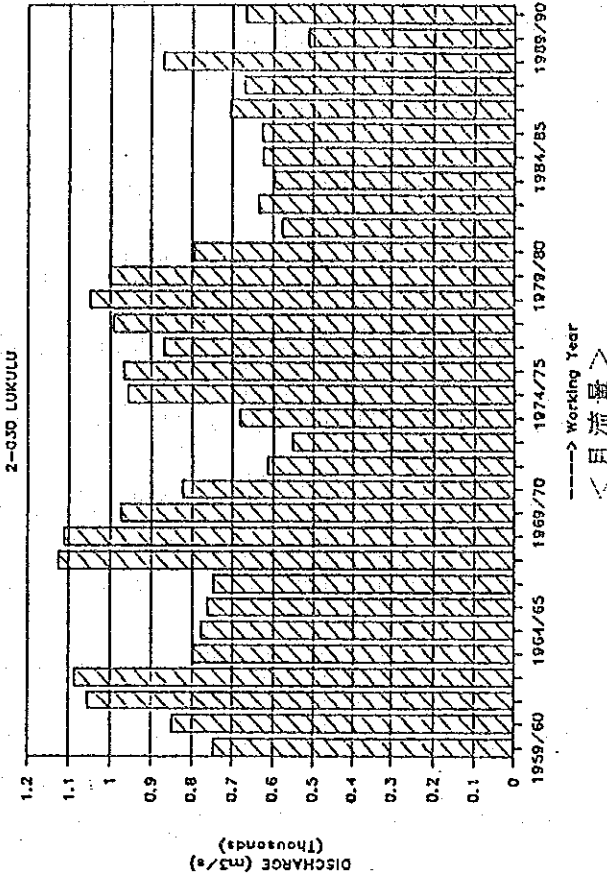
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



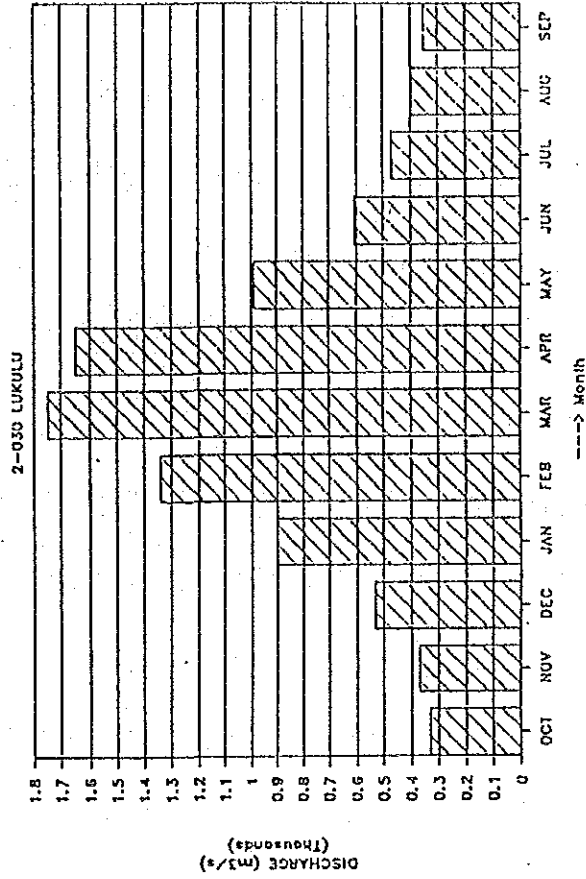
＜流況 (1990/91)＞ (2-030)



＜年流量＞

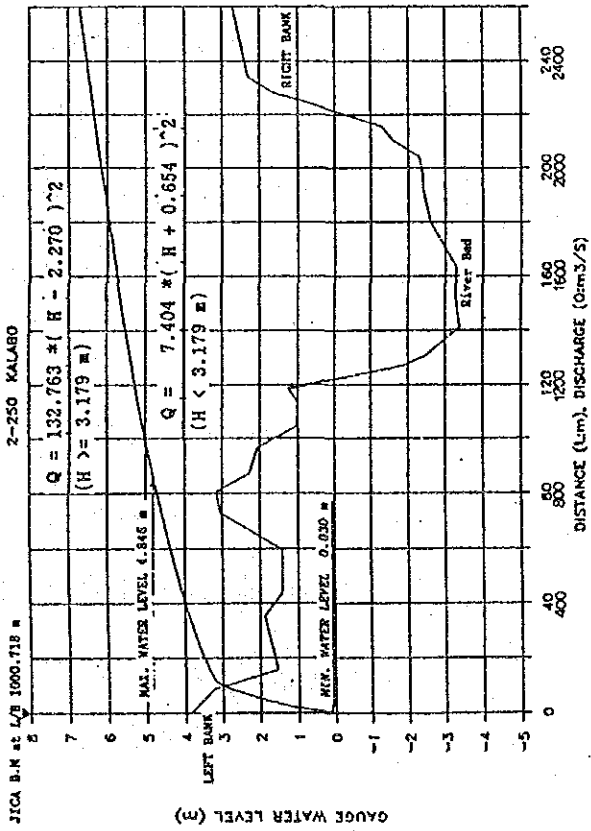


＜月流量＞

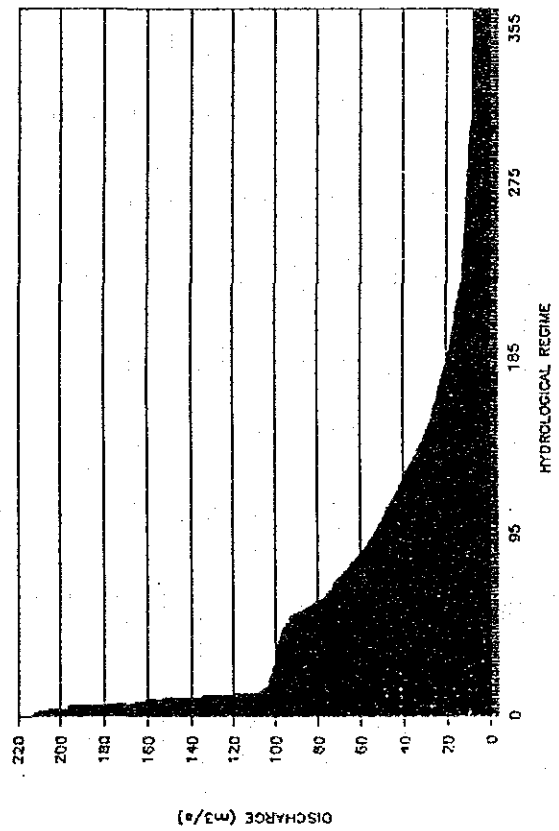


図一5.9(4) 水文観測所 (2-030 鹿角)

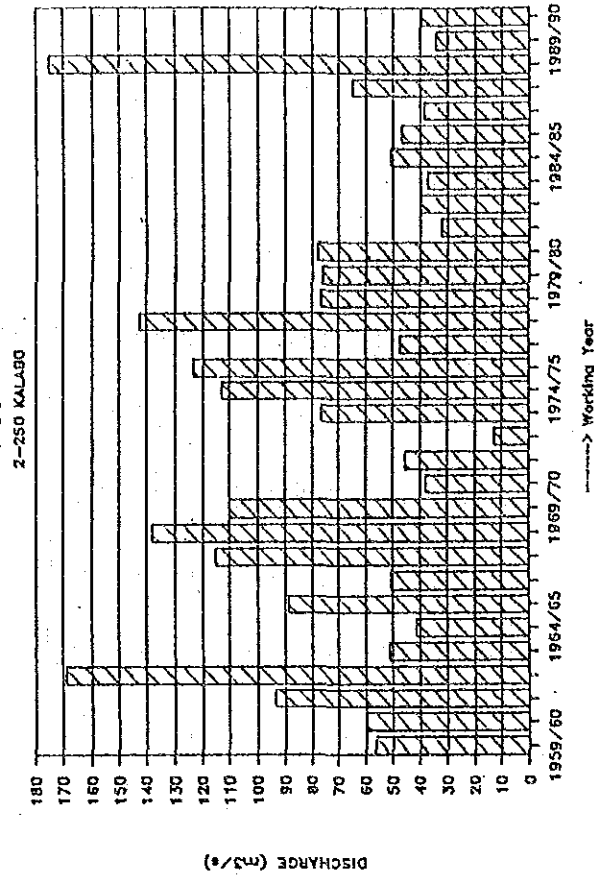
＜流量観測断面・水位流量曲线＞



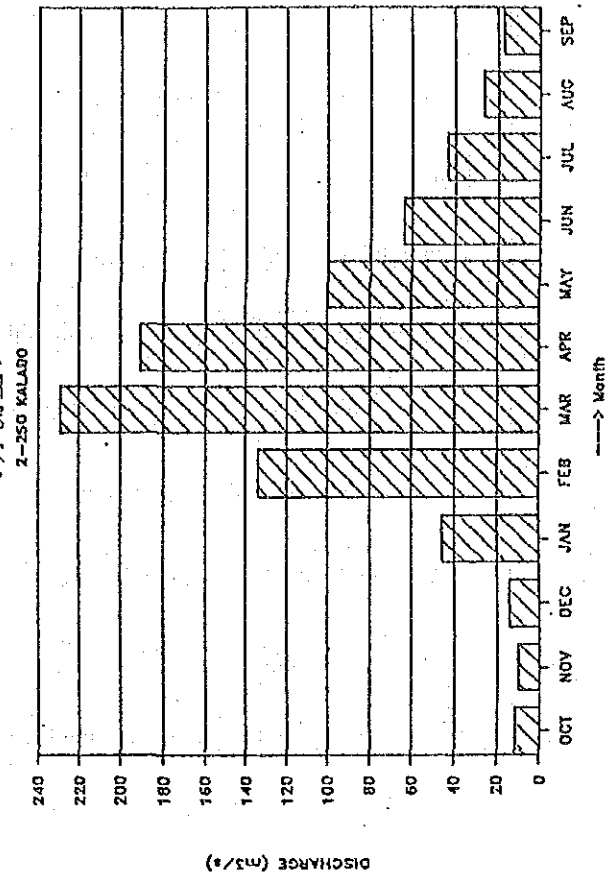
＜流況 (1990/91)＞ (2-250)



＜年流量＞

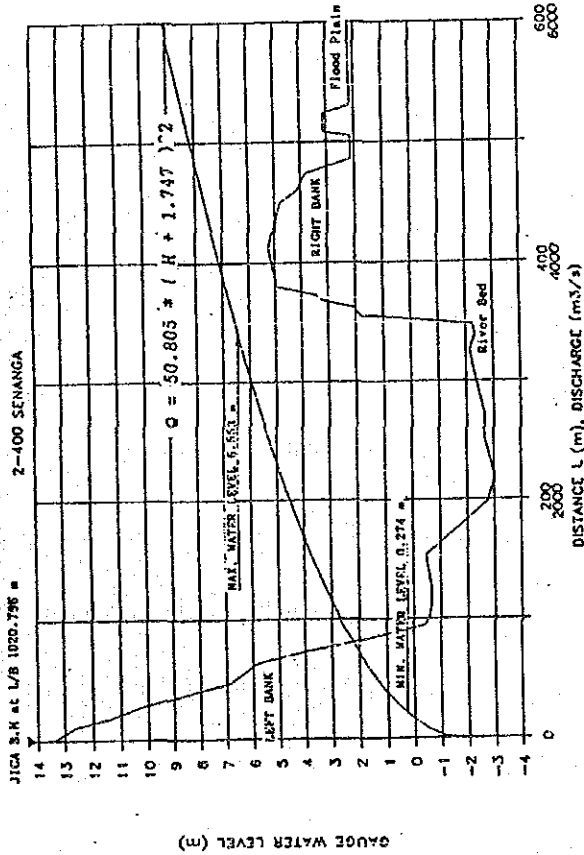


＜月流量＞



図一五・〇(5) 水文観測所 (2-250 カラボ)

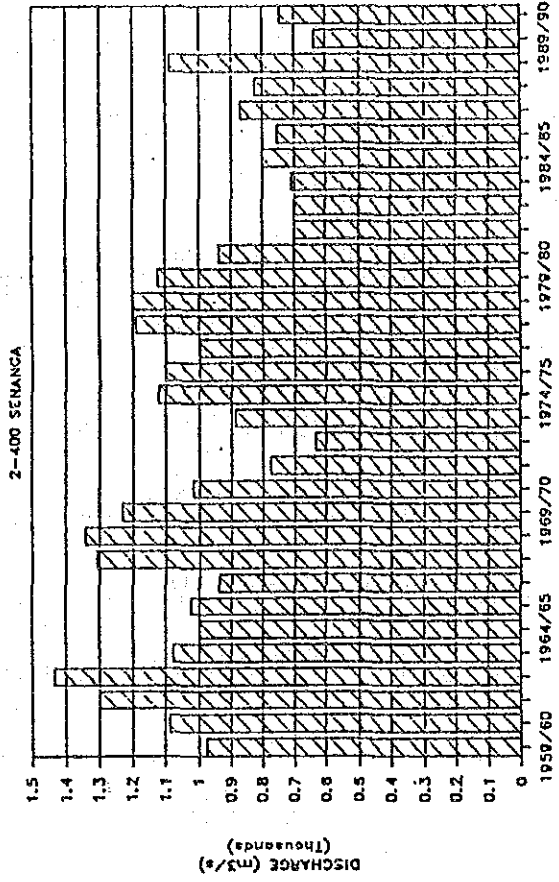
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



＜流況 (1990/91)＞ (2-400)



＜年流量＞



＜月流量＞

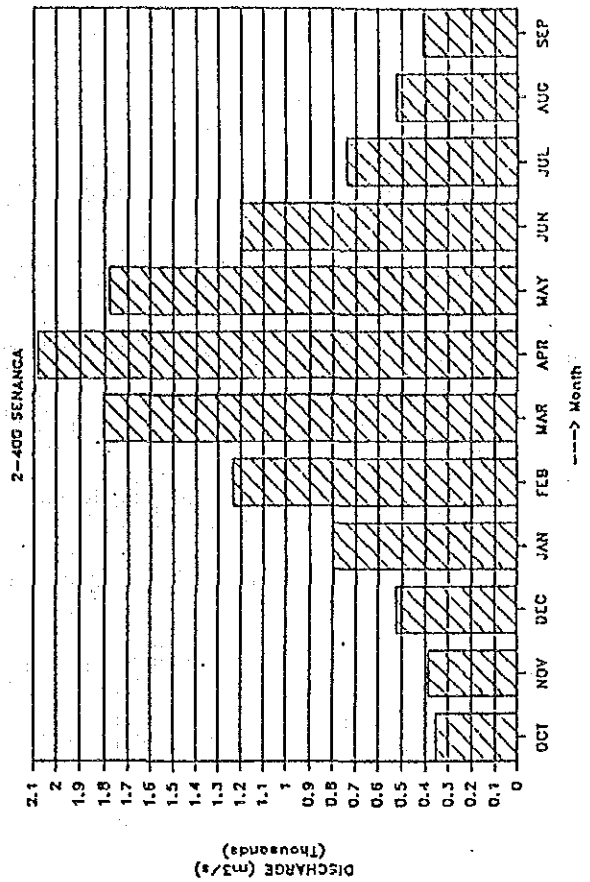
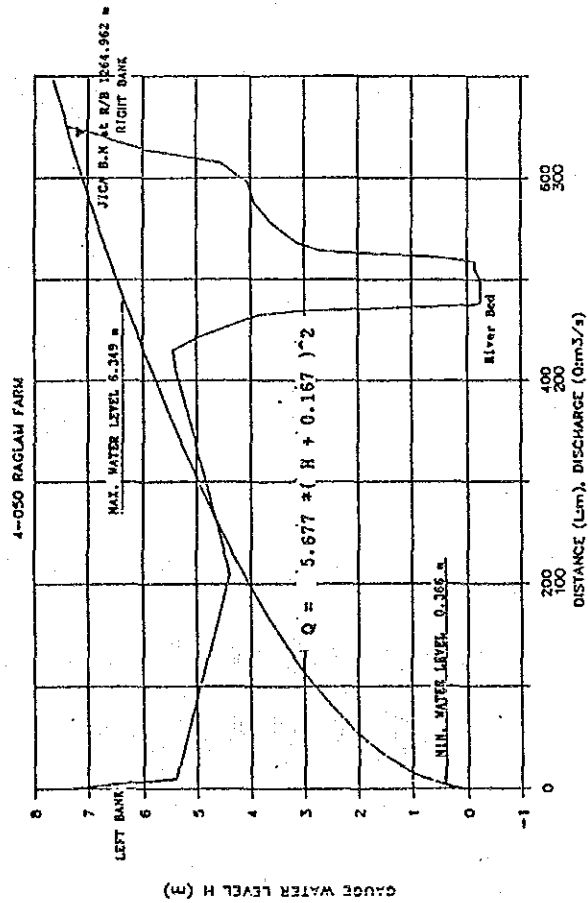
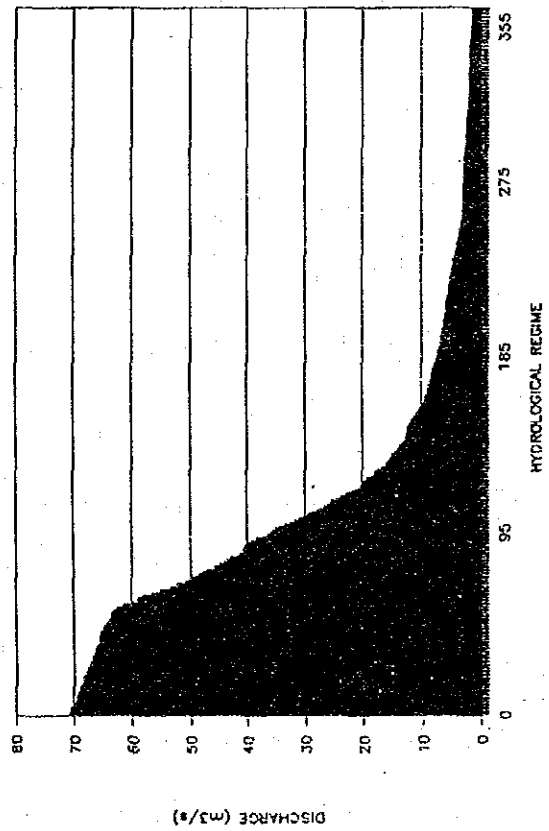


図-5.9(6) 水文観測所 (2-400 七ノカ)

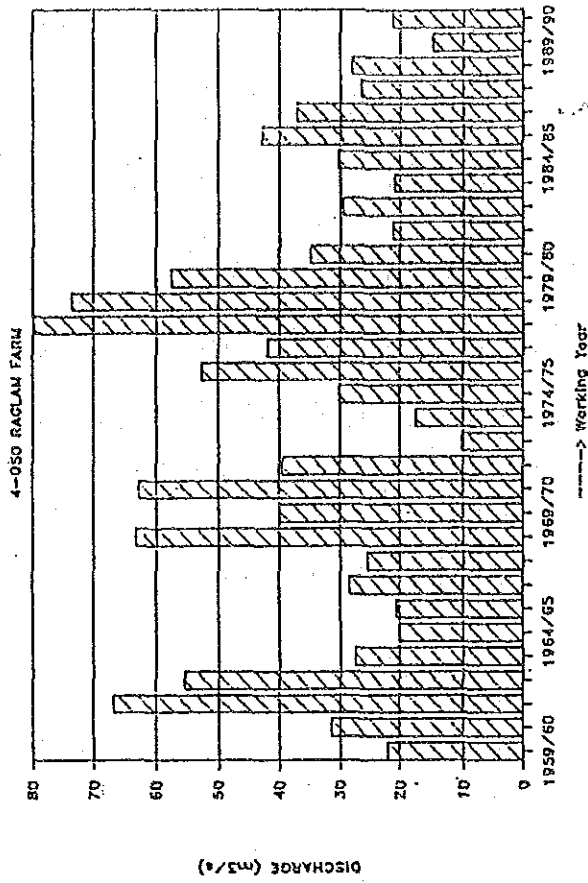
＜流量観測断面・水位流量曲线＞



＜流況 (1990/91)＞ (4-050)



＜年流量＞



＜月流量＞

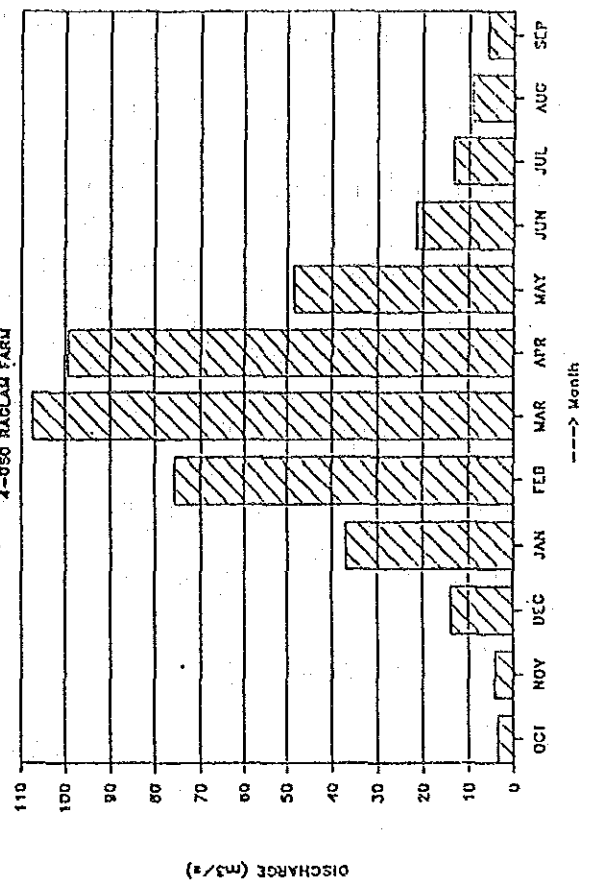
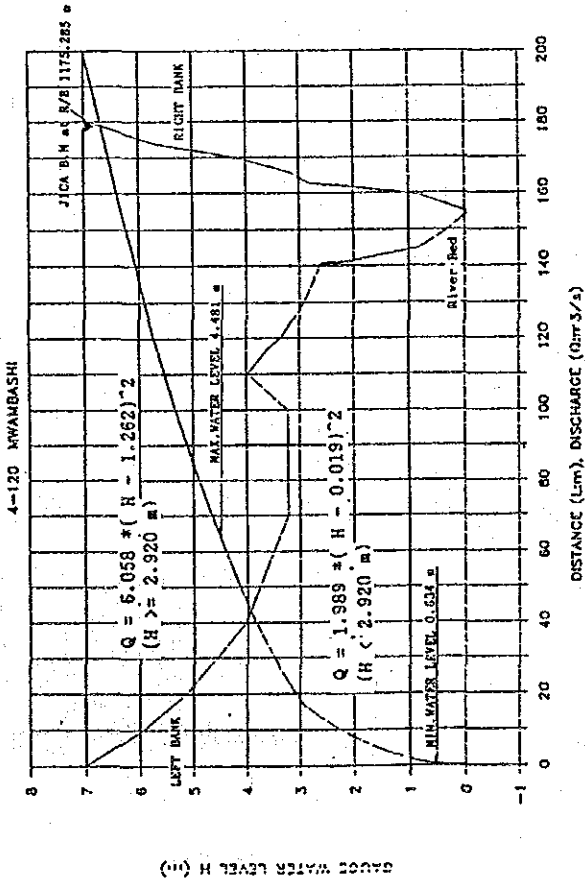
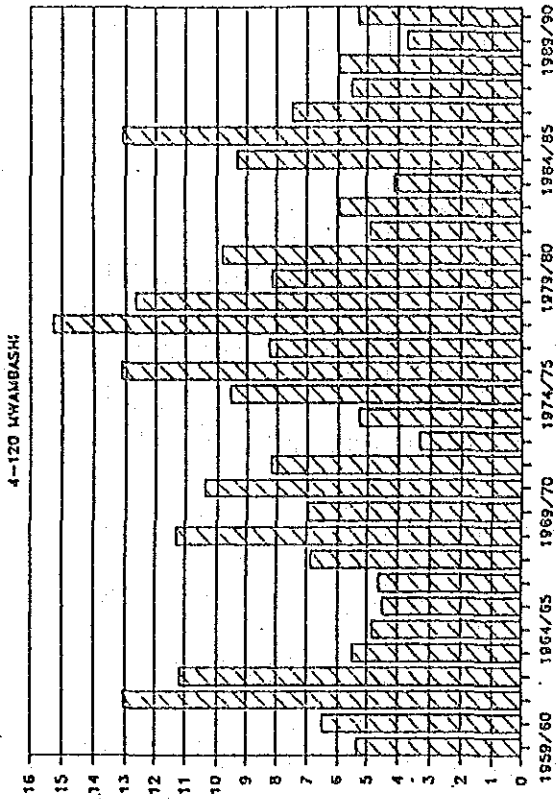


図-5.9(7) 水文観測所 (4-050 ラグラー農場)

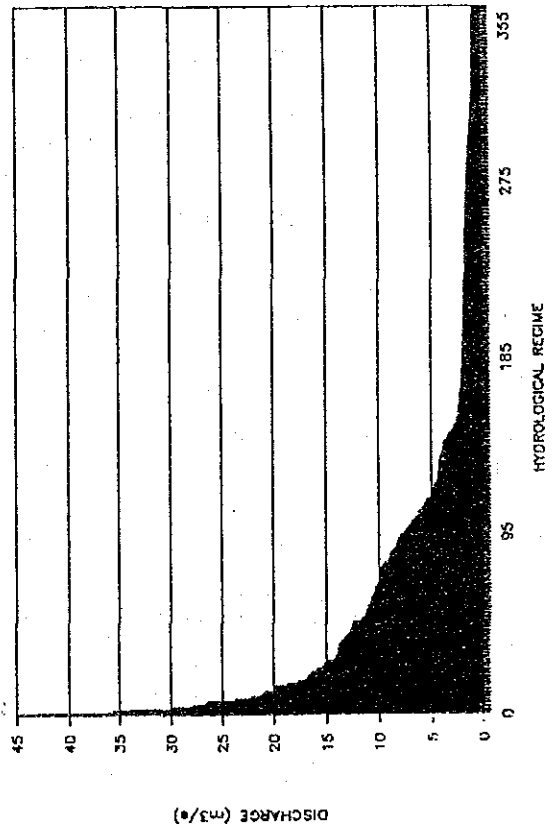
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



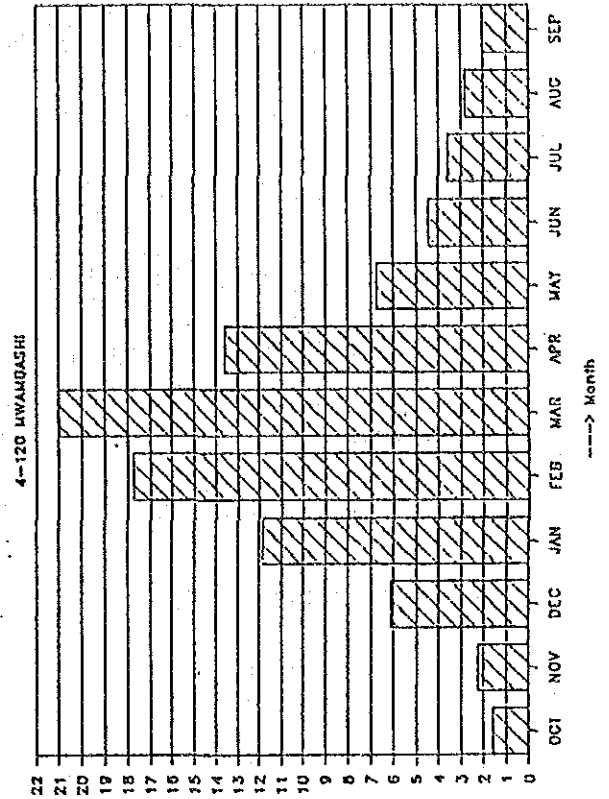
＜年流量＞



＜流況 (1990/91)＞ (4-120)

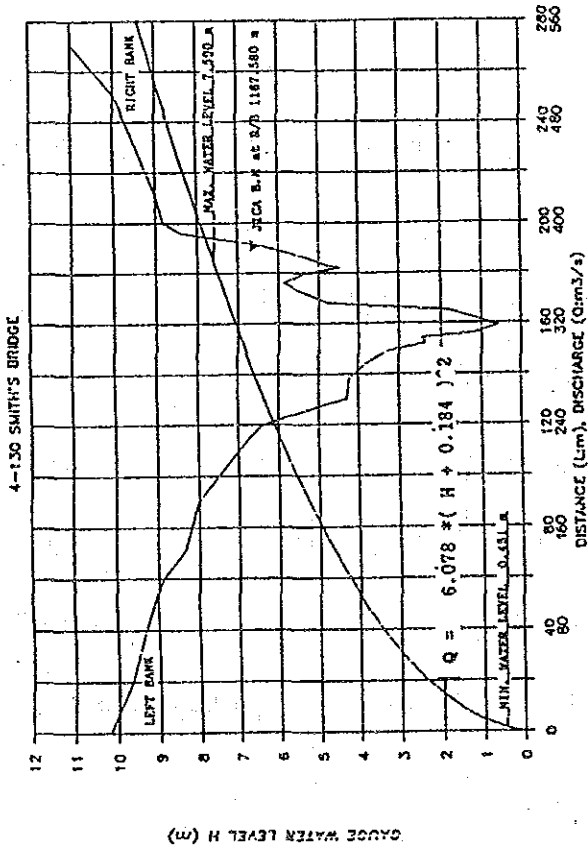


＜月別流量＞

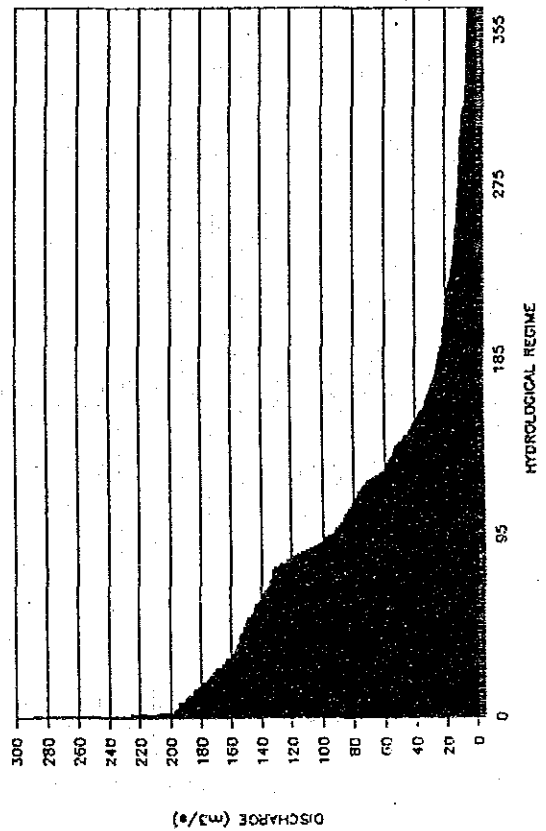


図一5.9(8) 水文観測所 (4-120 KWAMBASHI)

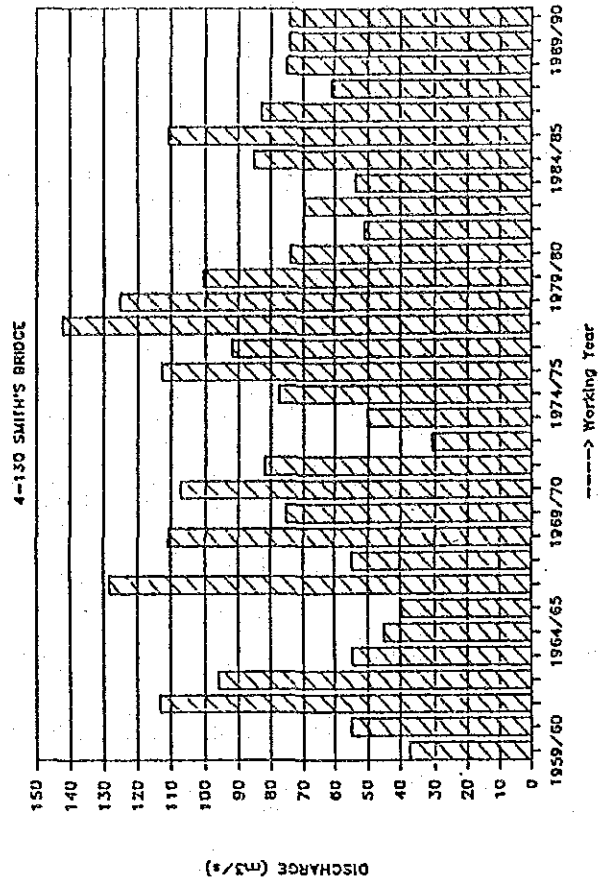
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



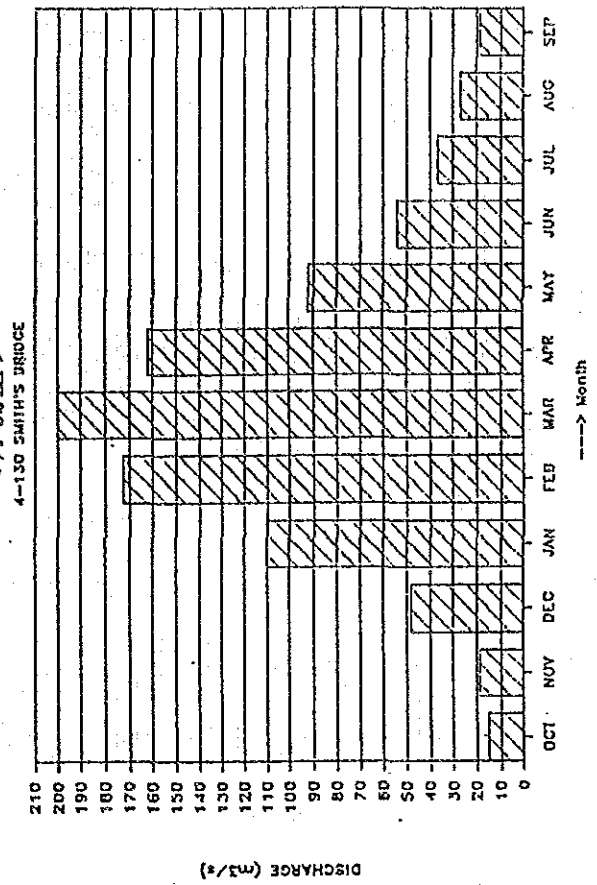
＜流況 (1990/91)＞ (4-130)



＜年流量＞

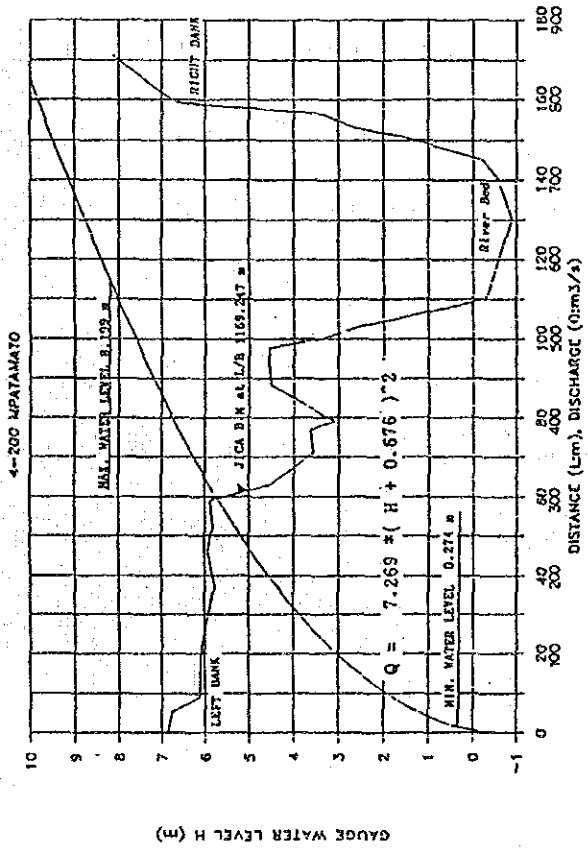


＜月流量＞

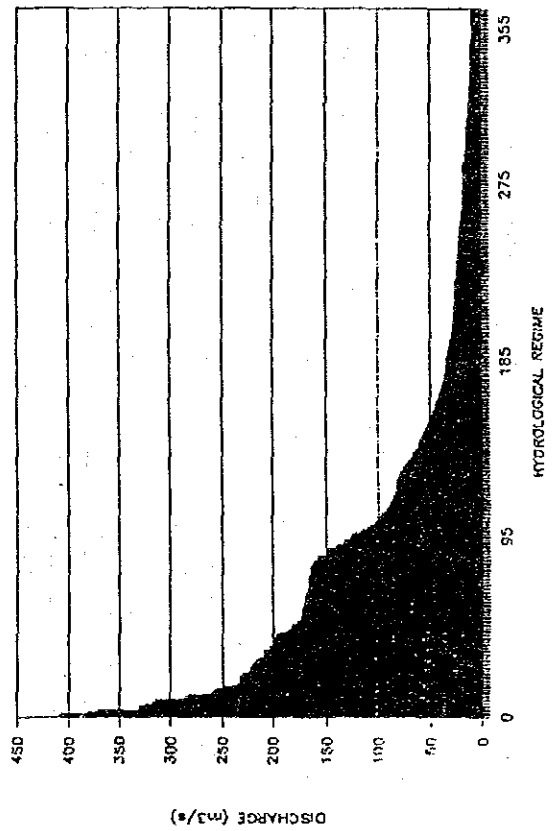


図一5.9(9) 水文観測所 (4-130 スミズ橋)

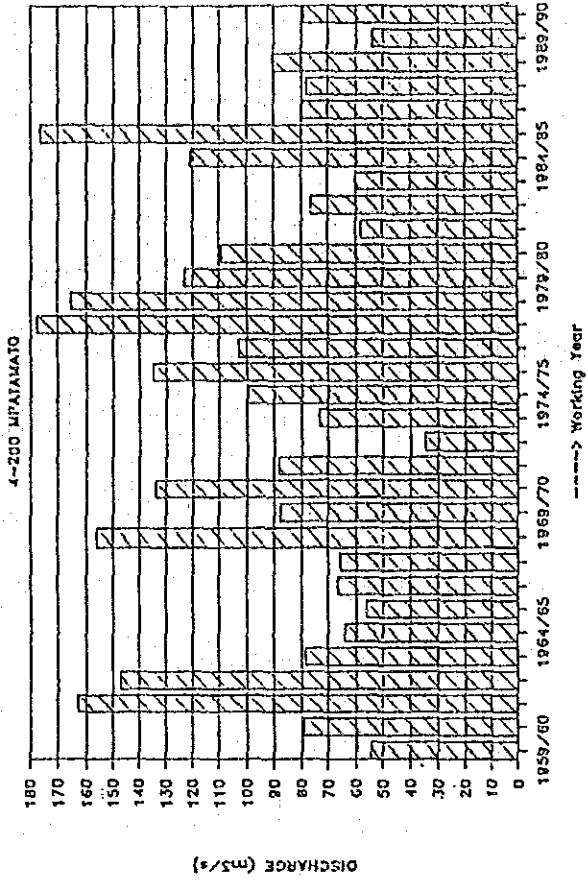
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



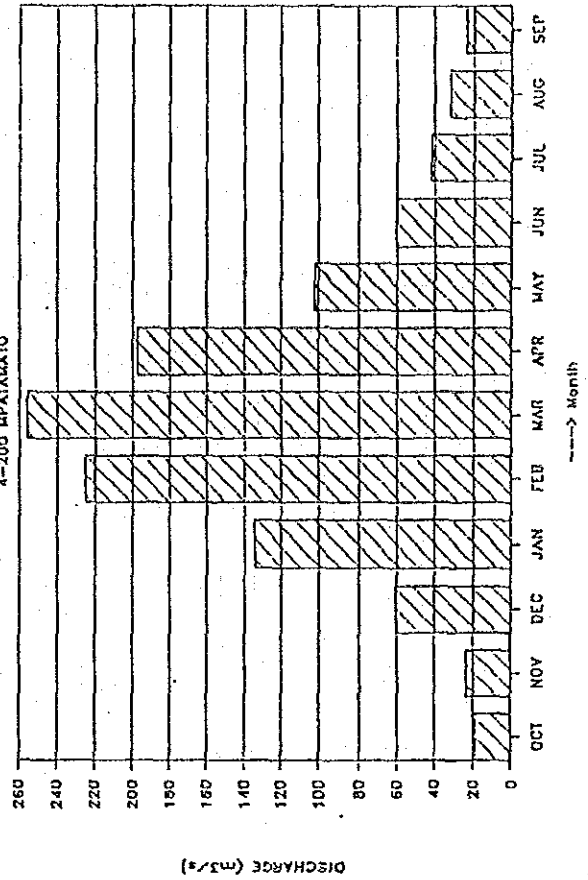
＜流況 (1990/91)＞ (4-200)



＜年流量＞

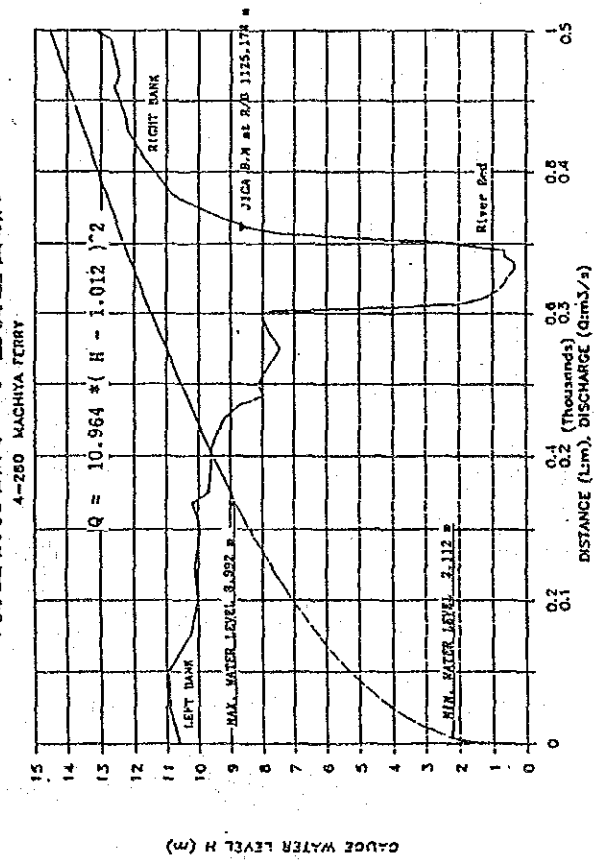


＜月流量＞

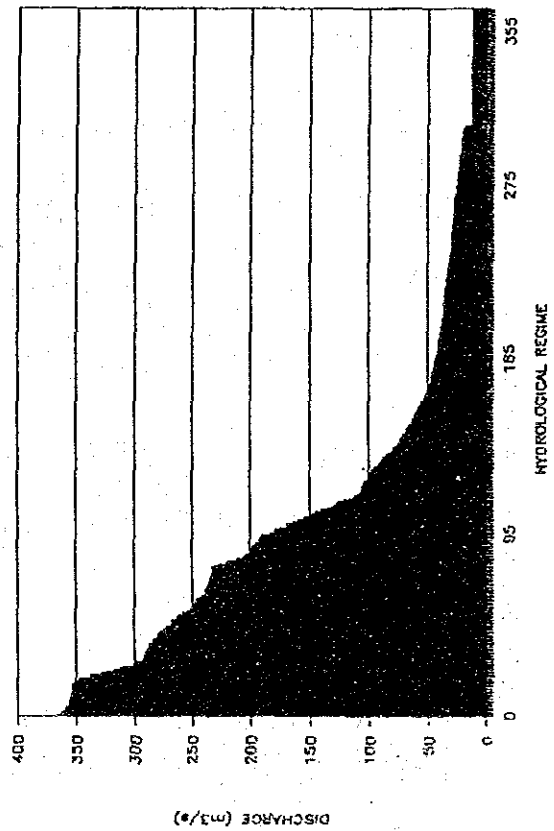


図一5.9(10) 水文観測所 (4-200 MPATAMATO)

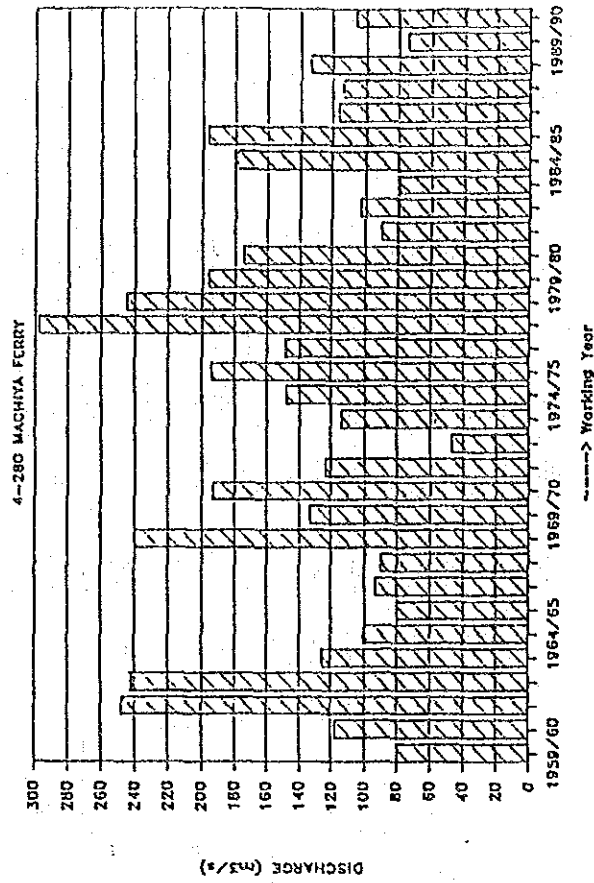
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



＜流況 (1990/91)＞ (4-280)



＜年流量＞



＜月流量＞

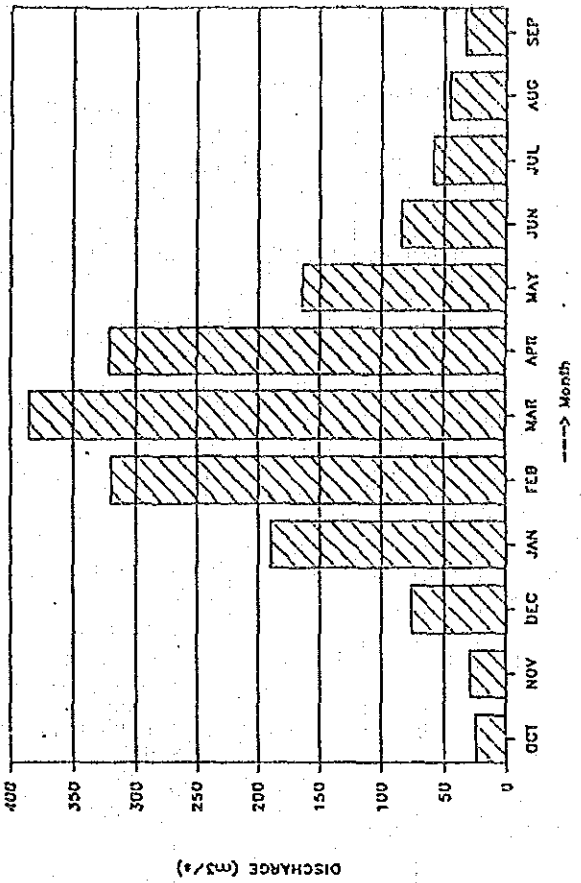
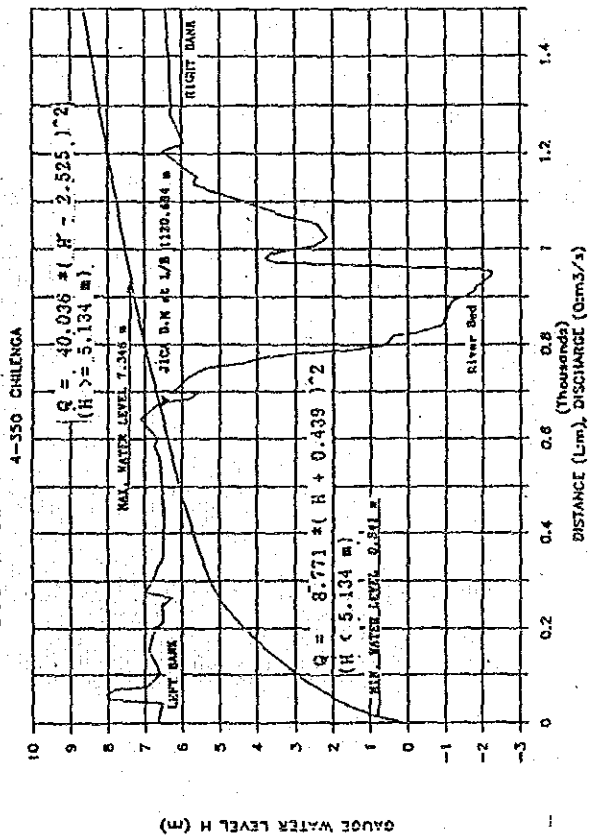
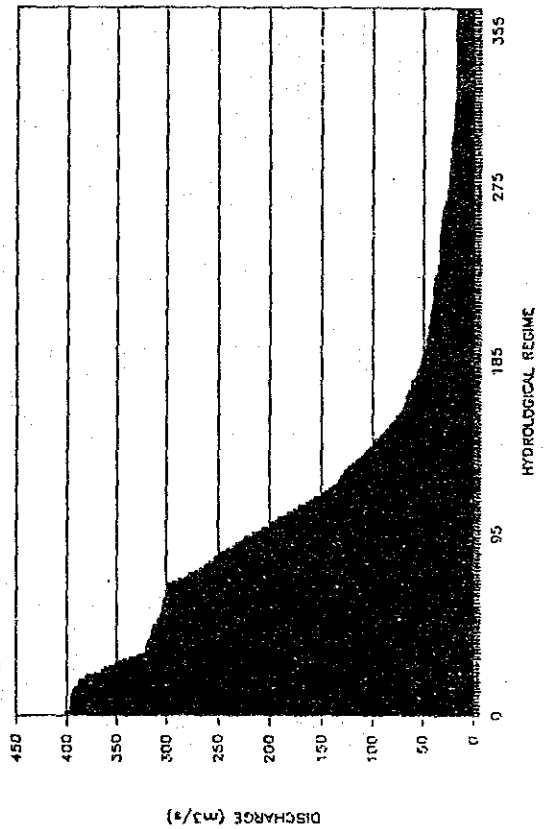


図-5.9(11) 水文観測所 (4-280 777)

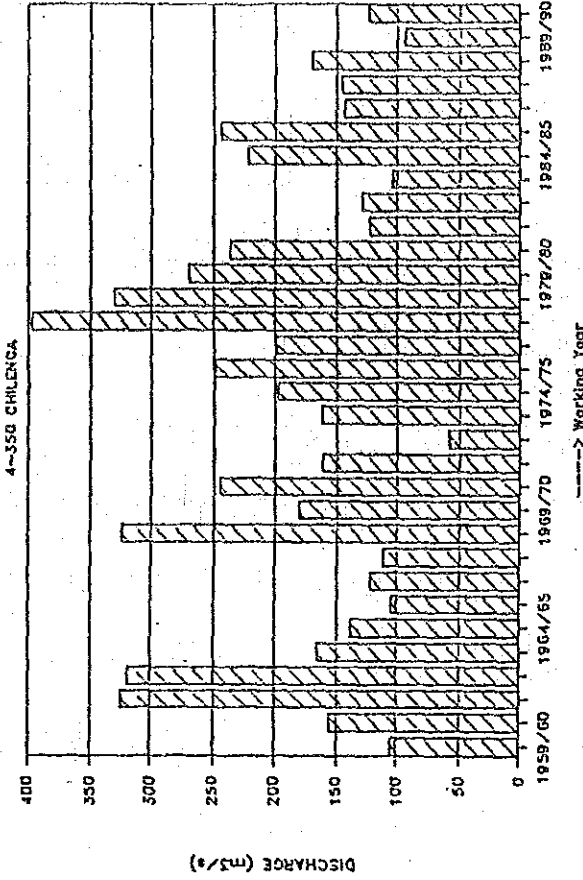
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



＜流況 (1990/91)＞ (4-350)



＜年流量＞



＜月流量＞

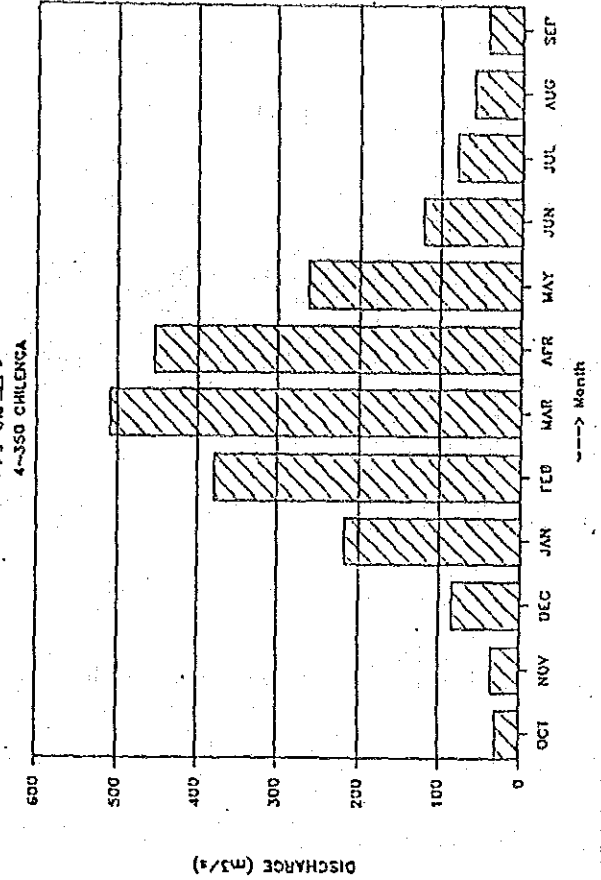
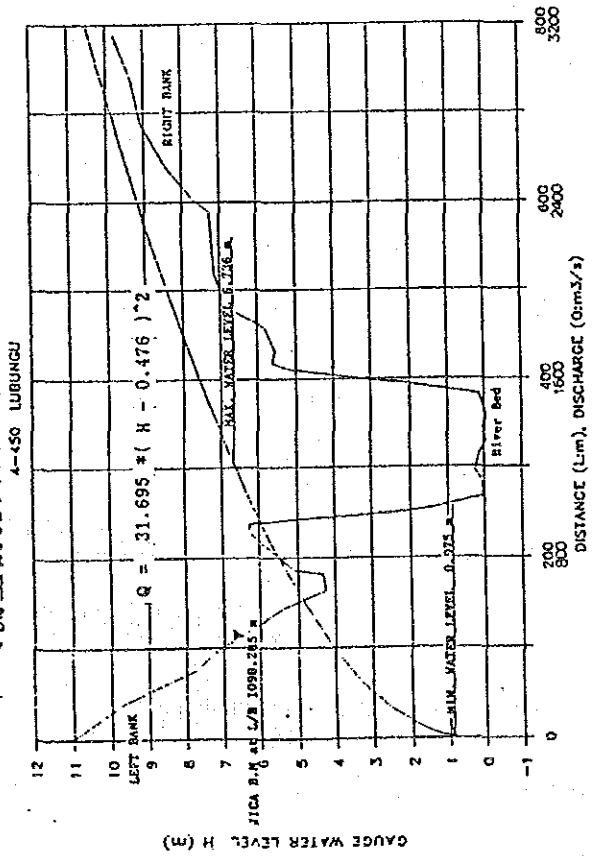
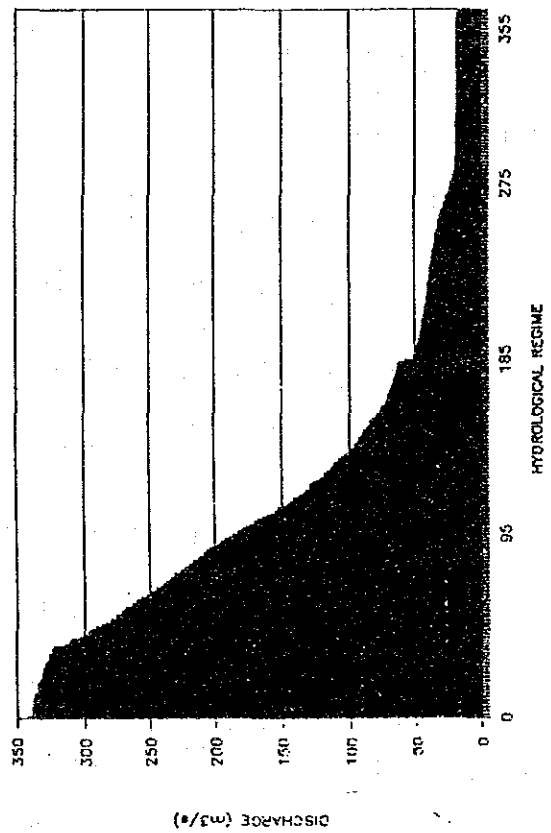


図-5.9 (12) 水文観測所 (4-350 チレカ)

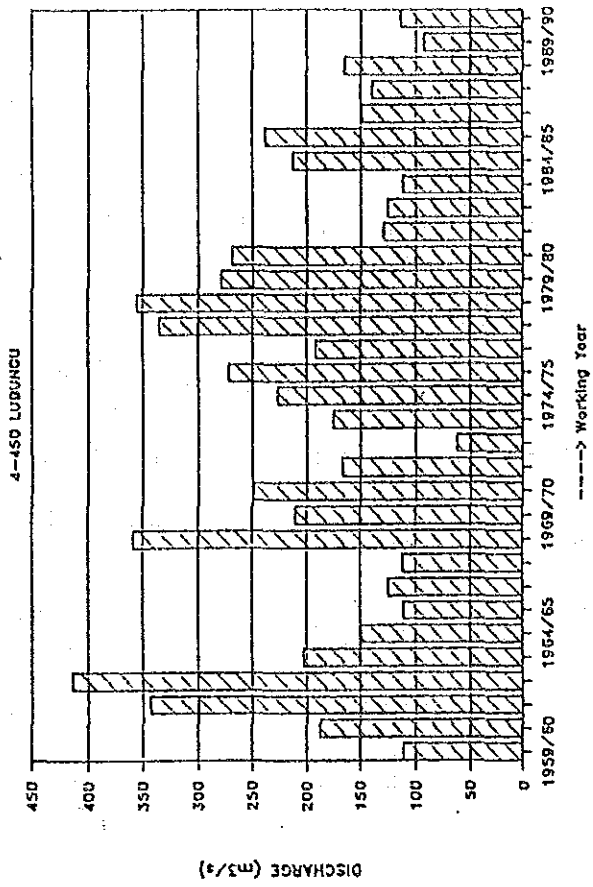
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



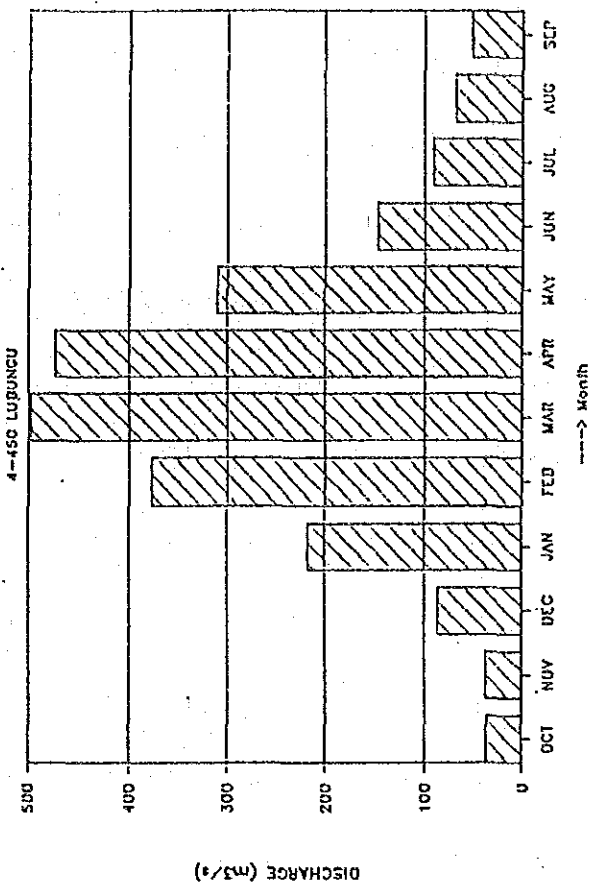
＜流況 (1990/91)＞ (4-450)



＜年流量＞

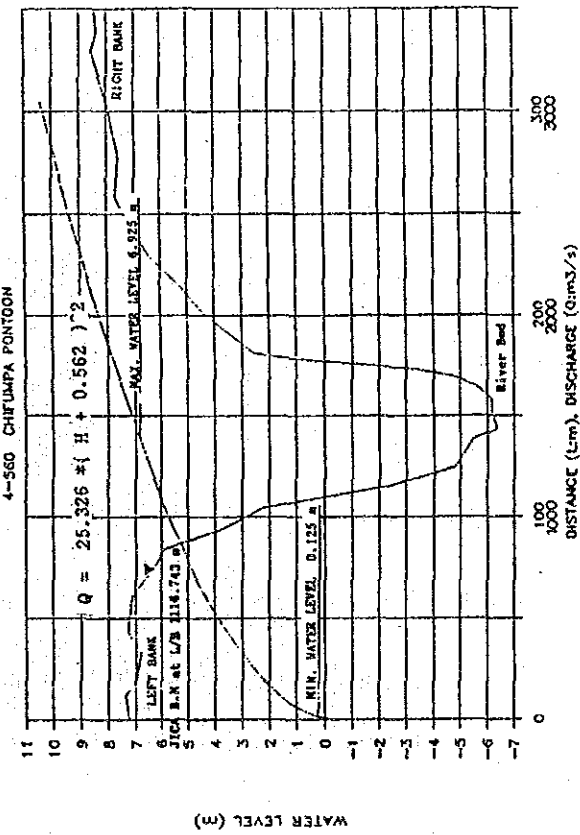


＜月流量＞

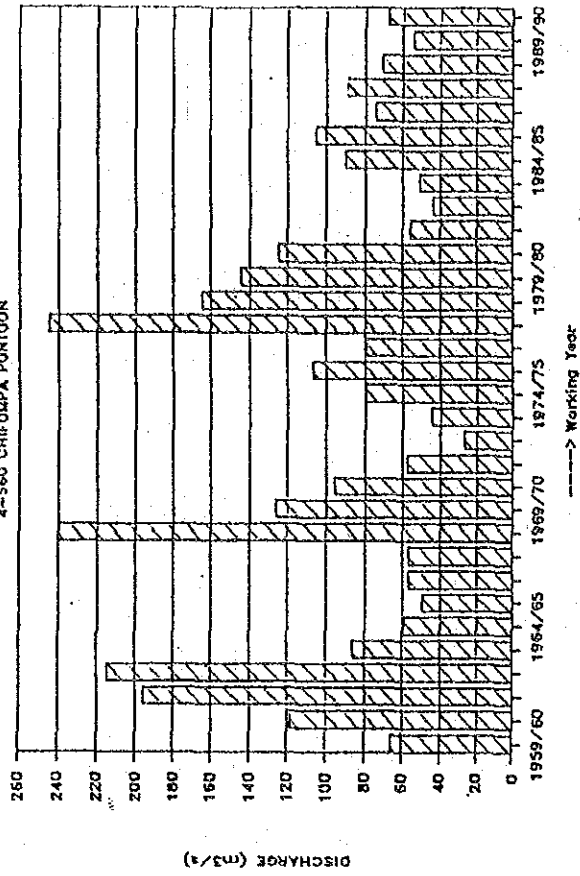


図一5.9 (13) 水文観測所 (4-450 本ツカ)

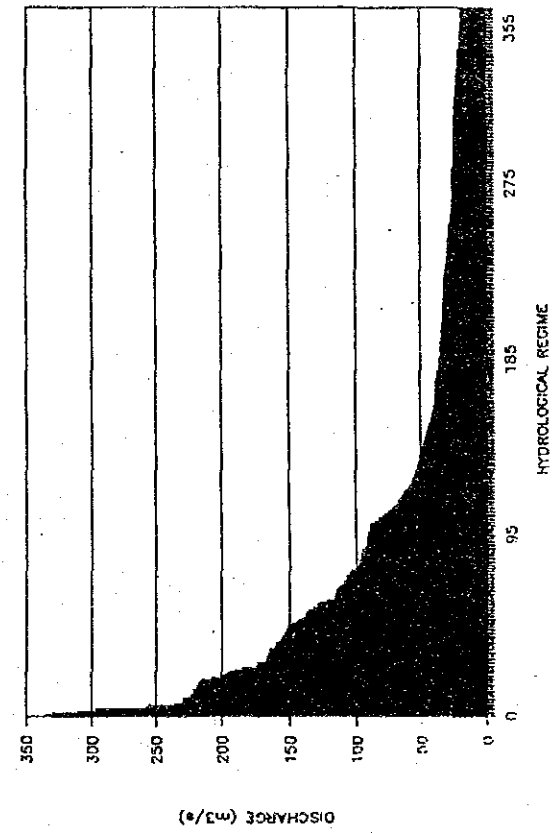
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



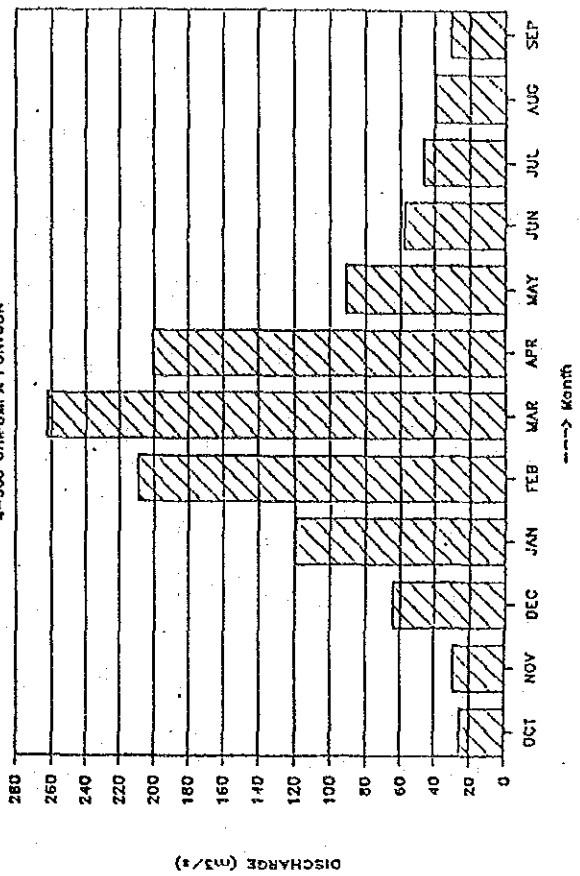
＜年流量＞



＜流況 (1990/91)＞ (4-560)

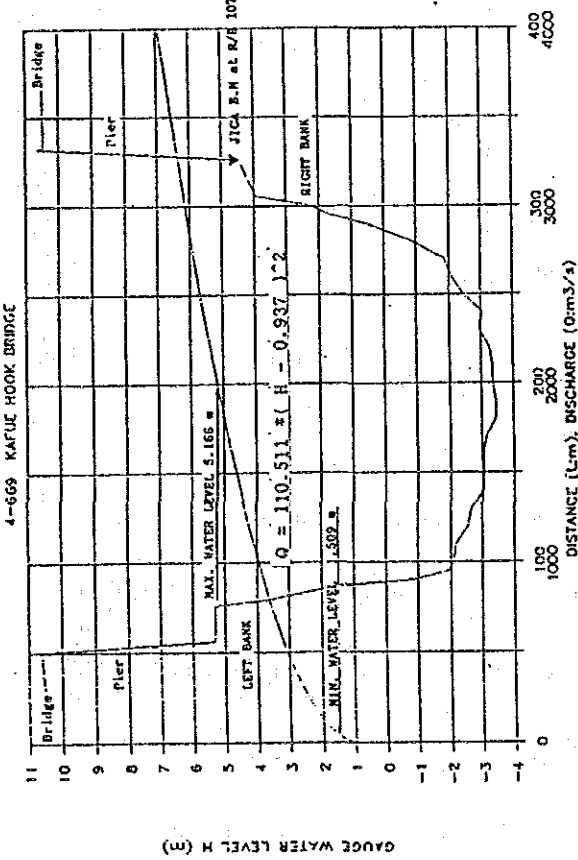


＜月流量＞

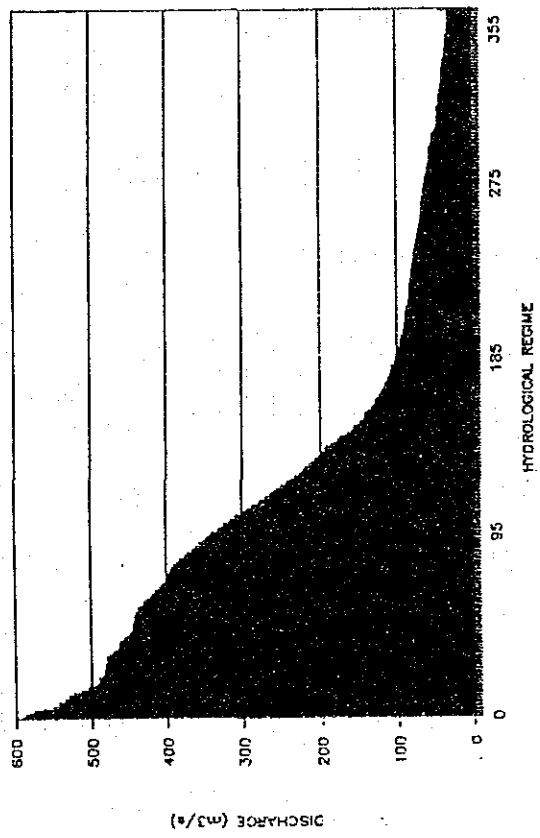


図一 5.9 (14) 水文観測所 (4-560 7771°)

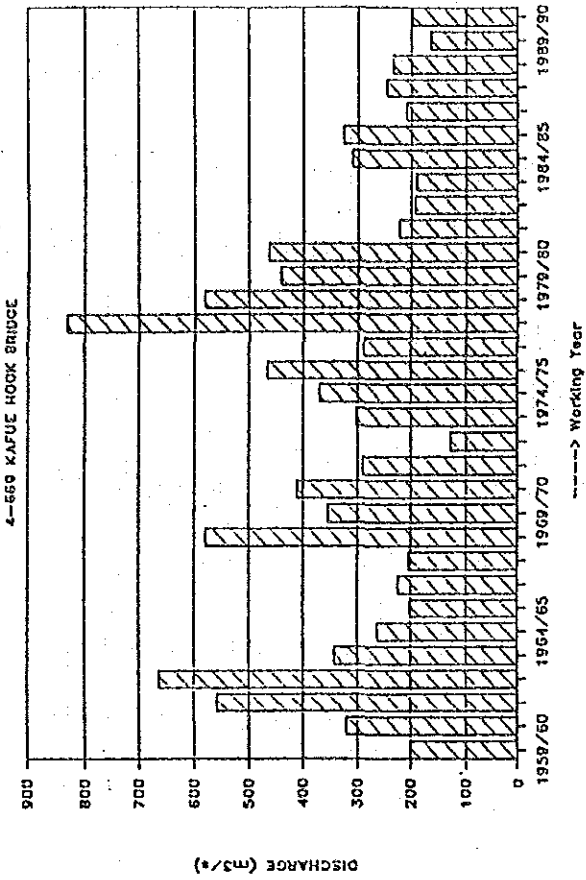
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



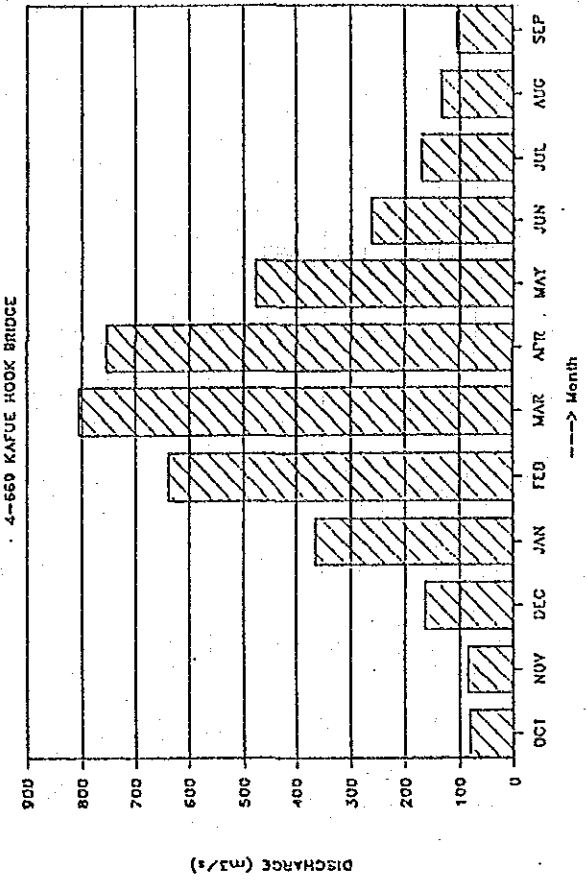
＜流況 (1990/91)＞ (4-669)



＜年流量＞

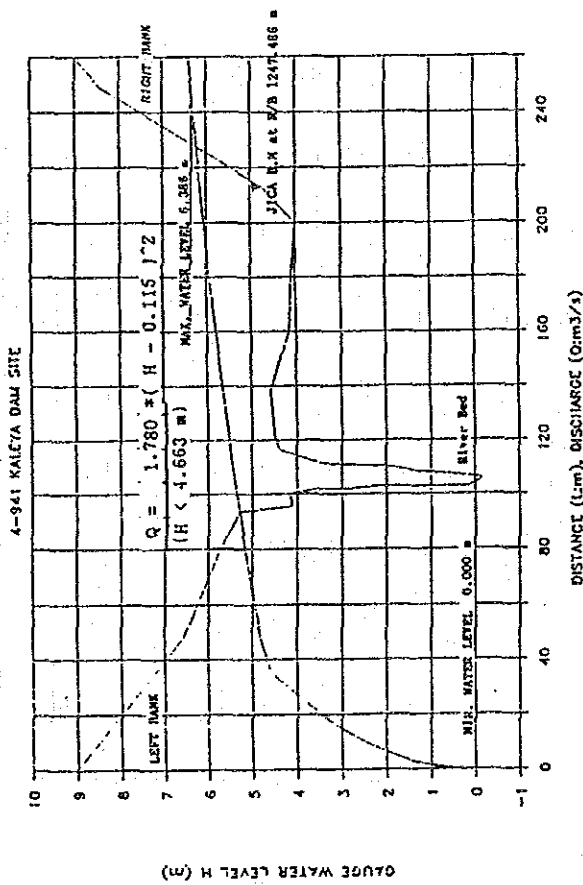


＜月流量＞

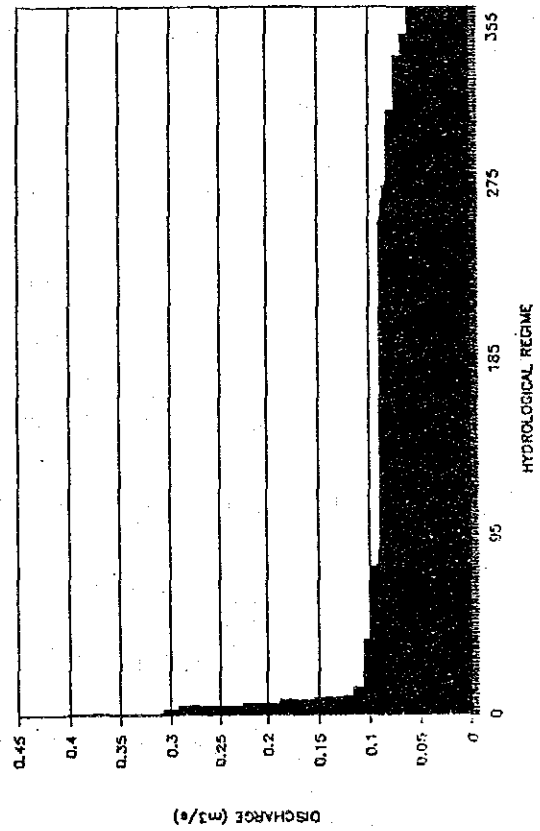


図一5.9(15) 水文観測所 (4-669 北II橋)

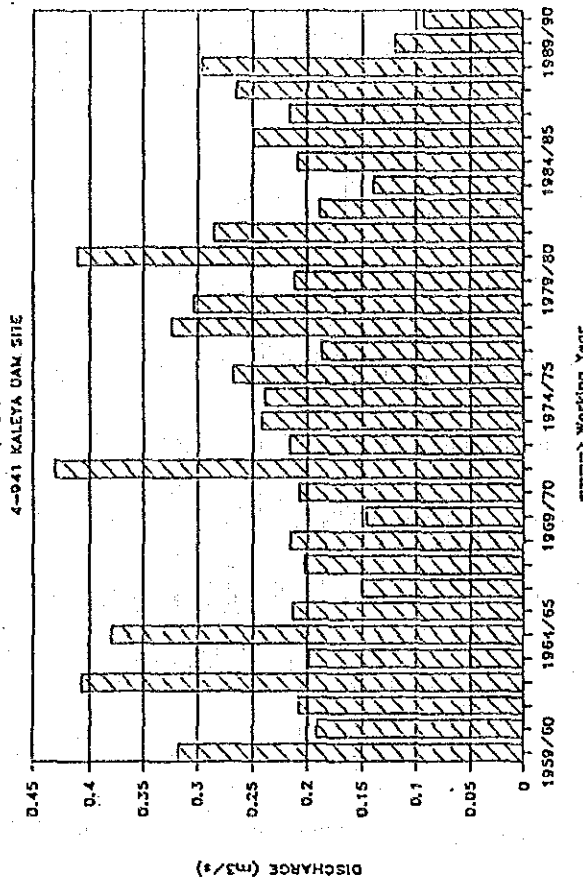
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



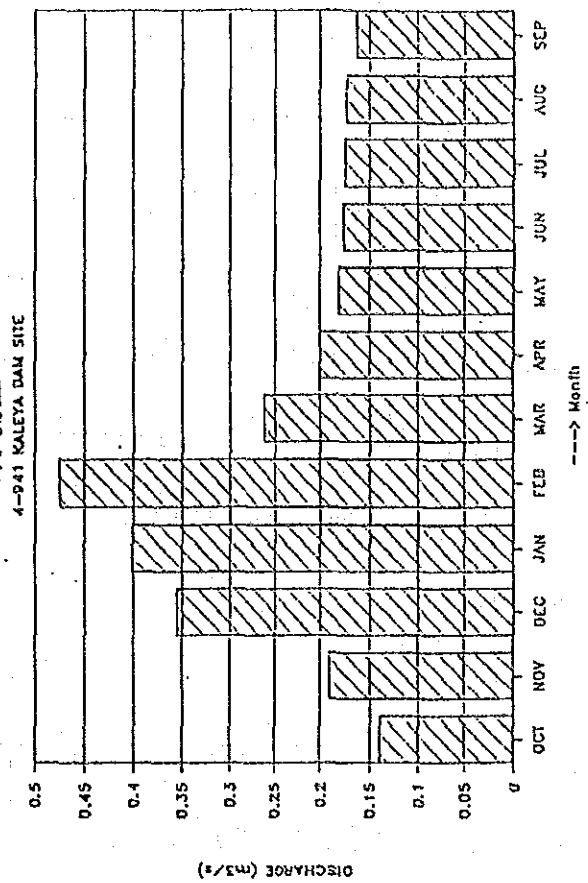
＜流況 (1990/91)＞ (4-941)



＜年流量＞

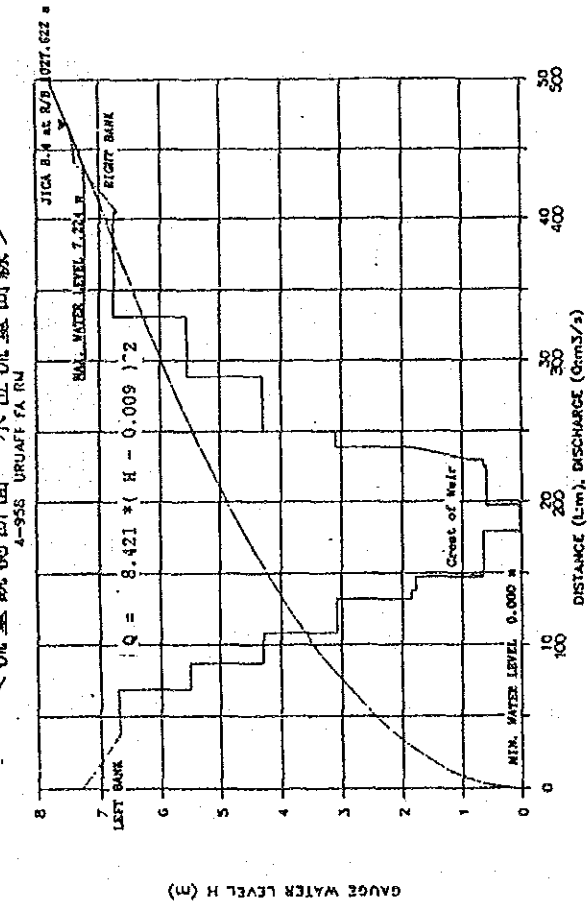


＜月流量＞

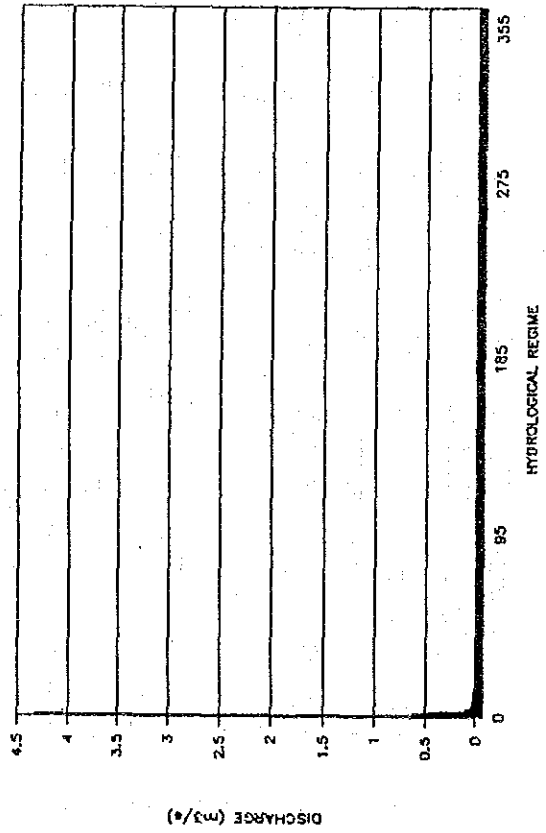


図一5.9(16) 水文観測所 (4-941) 流量 (D/S)

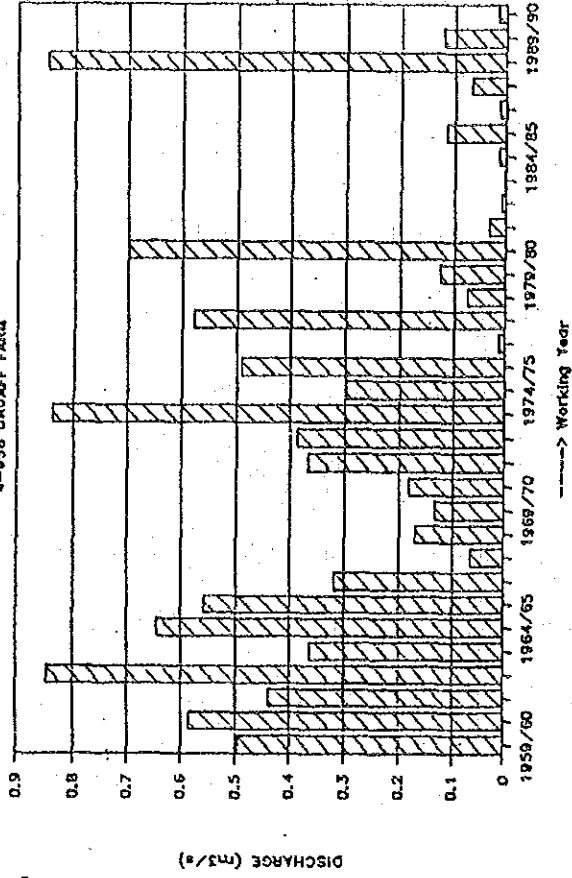
＜流量観測断面・水位流量曲線＞



＜流況 (1990/91)＞ (4-958)



＜年流量＞
4-958 URUAFF FARM



＜月流量＞
4-958 URUAFF FARM

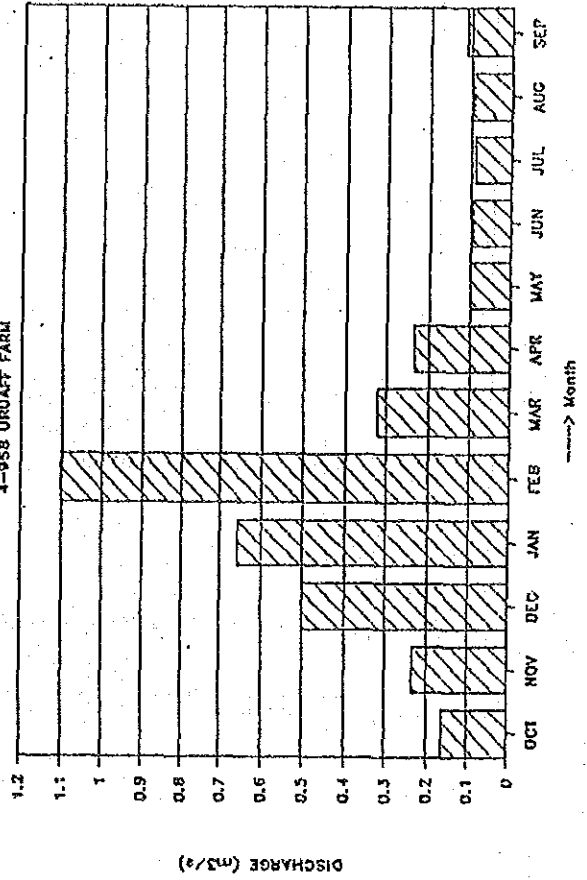
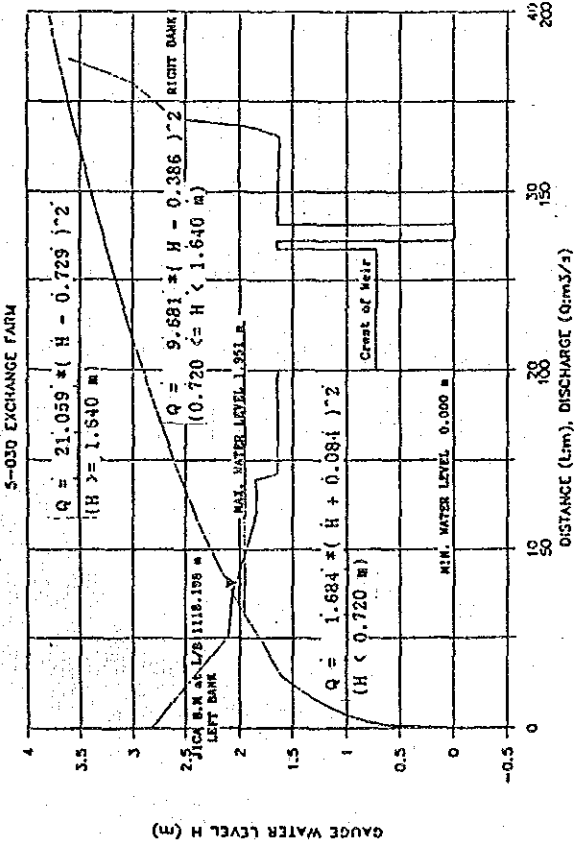
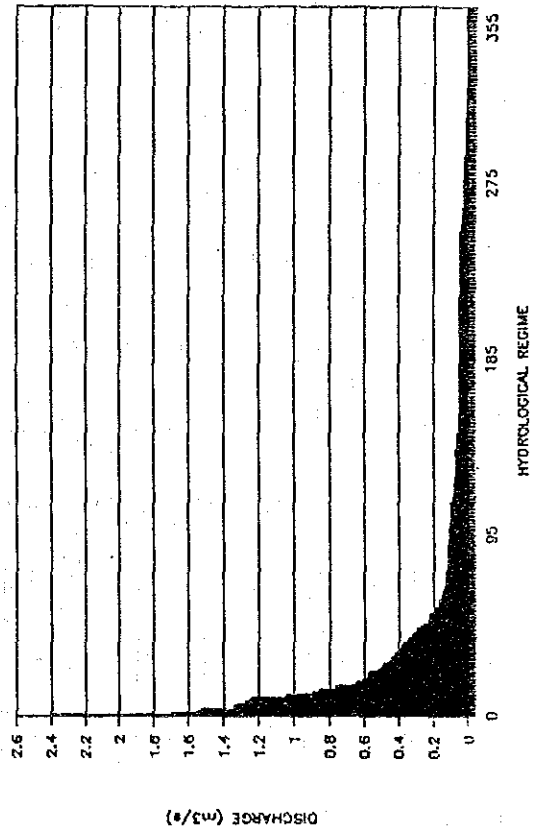


図-5.9(17) 水文観測所 (4-958 9777農場)

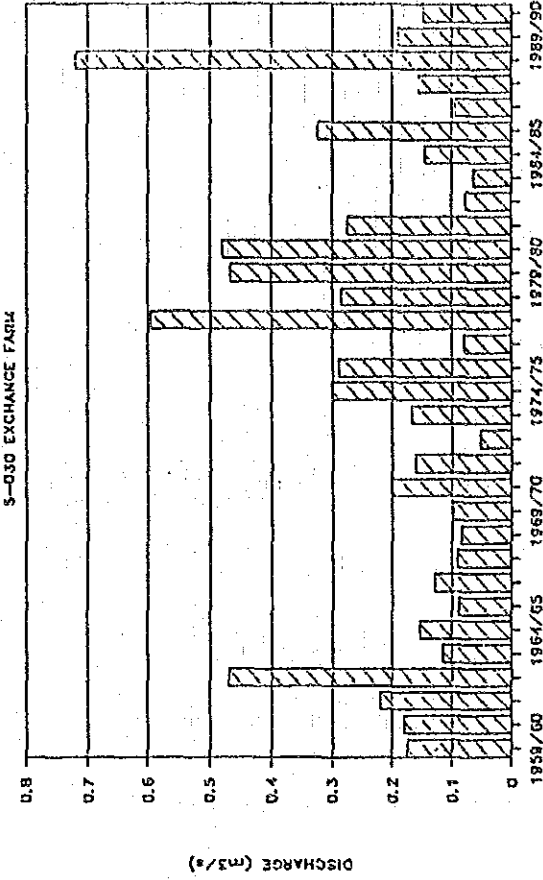
＜流量観測断面・水位流量曲线＞



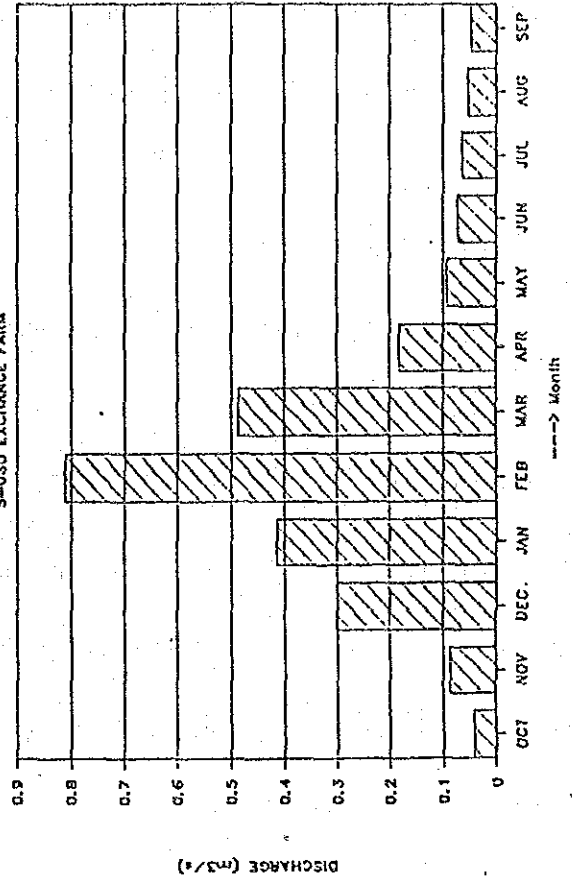
＜流況 (1990/91)＞ (5-030)



＜年流量＞

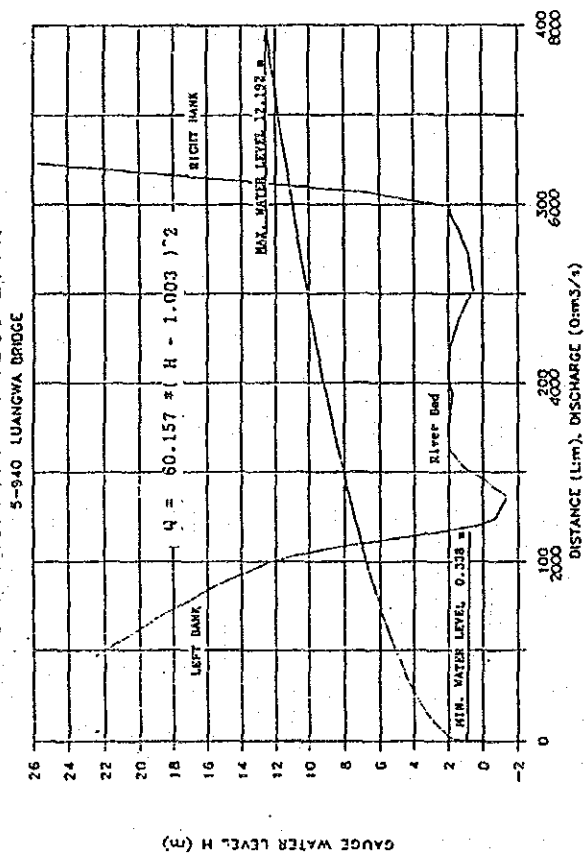


＜月流量＞

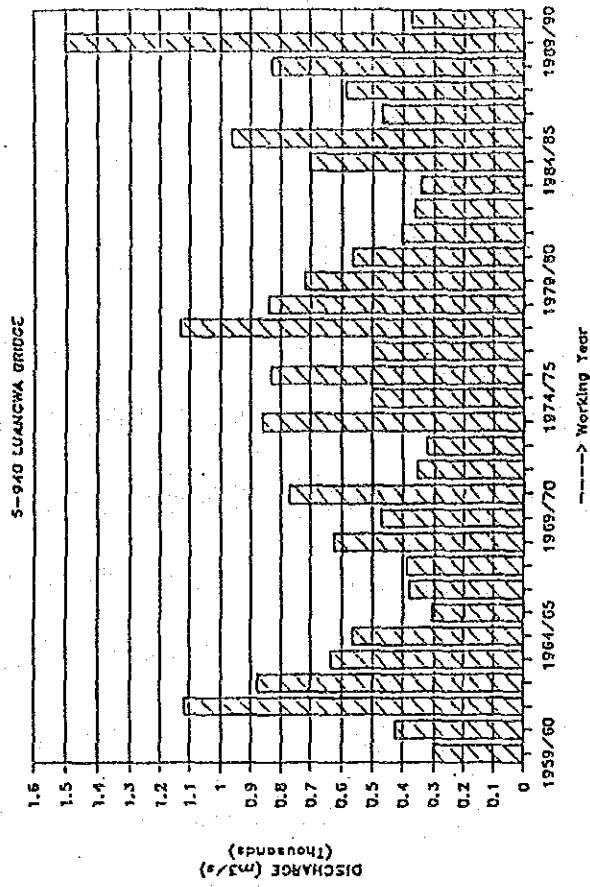


図一5.9(18) 水文観測所 (5-030 EXCG農場)

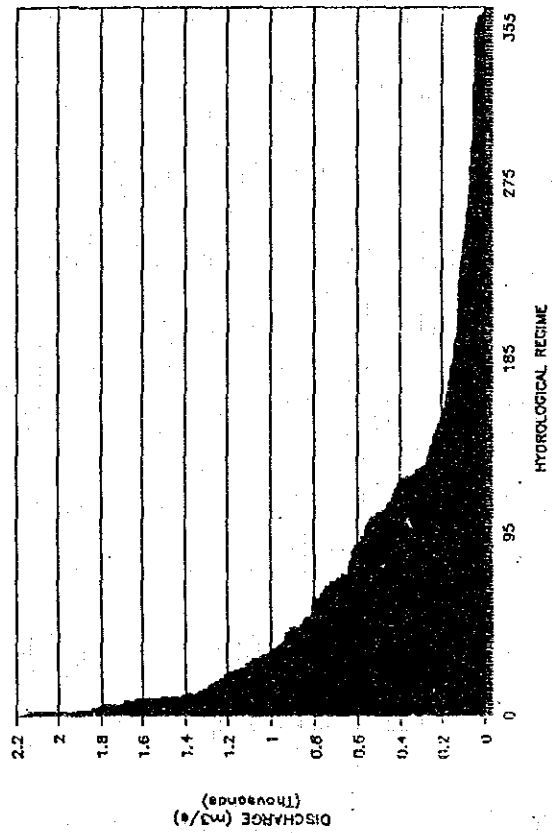
＜流量観測断面・水位流量曲线＞



＜年流量＞



＜流況 (1990/91)＞ (5-940)



＜月流量＞

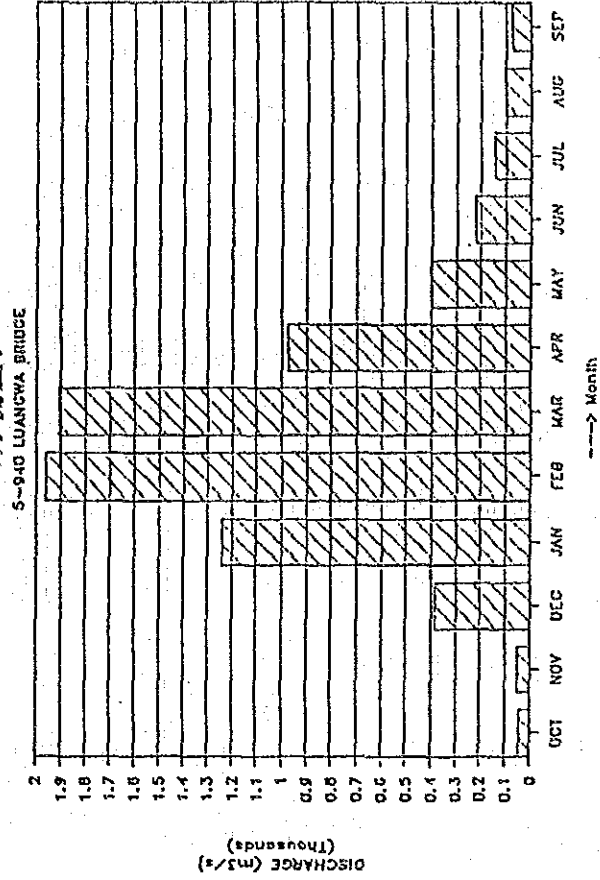


図-5.9 (19) 水文観測所 (5-940 0777) 7橋

(2) 地域特性

流量の地域特性について、図-5.10に示すような解析結果が得られた。これにより次のようなことが分かった。

- 1) ザンベジ本川の比流出量はカヒュエ本川の比流出量より2-3倍大きい。
- 2) ザンベジ川の支川であるカボンボ川の比流出量はカヒュエ本川の比流出量と同じである。ただし、同様にザンベジ川の支川であるルアングワ川の比流出量はカヒュエ本川の比流出量より小さい。
- 3) カヒュエ川上流域、例えばムワンバシやラグラン農場の比流出量はカヒュエ本川の比流出量より小さい。

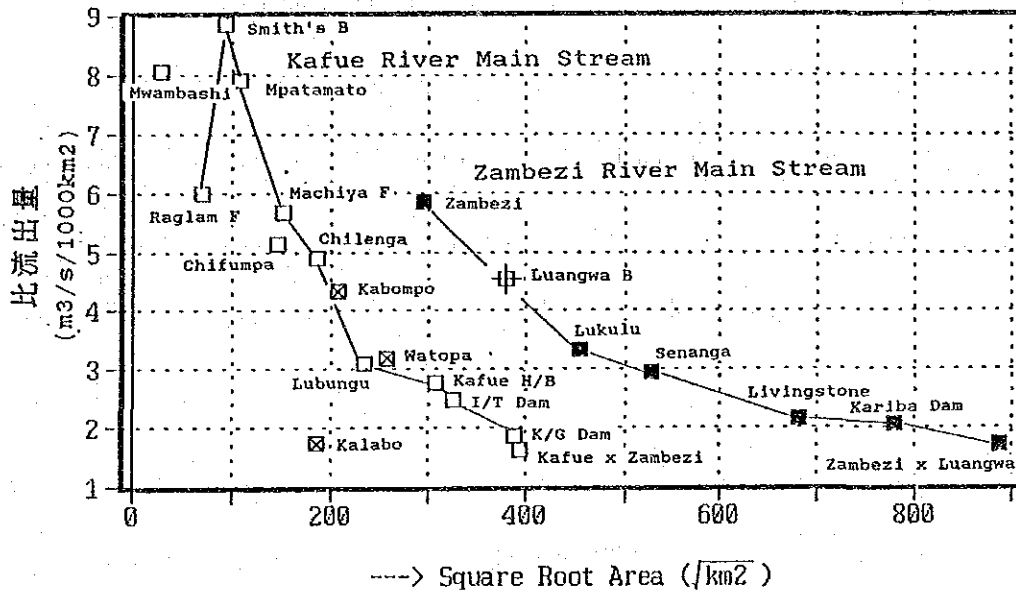


図-5.10 比流出量

(3) カヒュエ川の流出率

流域全てが調査区域に含まれるカヒュエ川流域の流出率を算定し、その結果を表-5.5に示す。ただし、降雨および流量は最近10年間(1979/80 - 1988/89)の資料を用い、平均雨量の算定方法は10降雨観測所を用いたアーク法を採用している。

表-5.5 カヒュエ川流域の流出率

地点名	流域面積 (km ²)	年平均流量		年平均雨量		流出率 (%)
		(m ³ /s)	(bcm)	(mm)	(bcm)	
St. (4-200)Aハ*タマ	11,655	97	3.06	1259	14.67	20.9
St. (4-450)M7"ソク"	54,442	181	5.71	1078	58.69	9.7
イテシテシダム	105,672	279	8.80	1069	112.96	7.8
カヒュエゴージダム	151,576	301	9.49	992	150.36	6.3
カヒュエ川河口	154,882	268	8.45	989	153.18	5.5

5.6 解析結果の考察

(1) 水位流量曲線

本調査で19観測所の水位流量曲線が作成された。特に、観測所サ"ン"ツ、カ"ン"ホ、ルカおよびセ"カ"の水位流量曲線は初めて本調査団により作成されたものである。これらの曲線は観測値とよく合致している。しかしながら、表-5.6に示したようなザンベジ本川のモング氾濫原の中にある観測所については、今回作成された水位流量曲線は河道部のみを表したもので氾濫原の流量はこれらの曲線では求められない。図-5.11参照。

表-5.6 概略氾濫水位および流量

観 測 所	氾濫水位	氾濫流量	平均氾濫月数
(1-150) サ"ン"ツP/H	8.0 m 以上	2,100 m ³ /s 以上	1 ヶ月間
(2-030) ルカ	4.0 m 以上	1,200 m ³ /s 以上	3 ヶ月間
(2-250) カ"ン"ホ	3.0 m 以上	100 m ³ /s 以上	3 ヶ月間
(2-400) セ"カ"	2.2 m 以上	1,500 m ³ /s 以上	3 ヶ月間

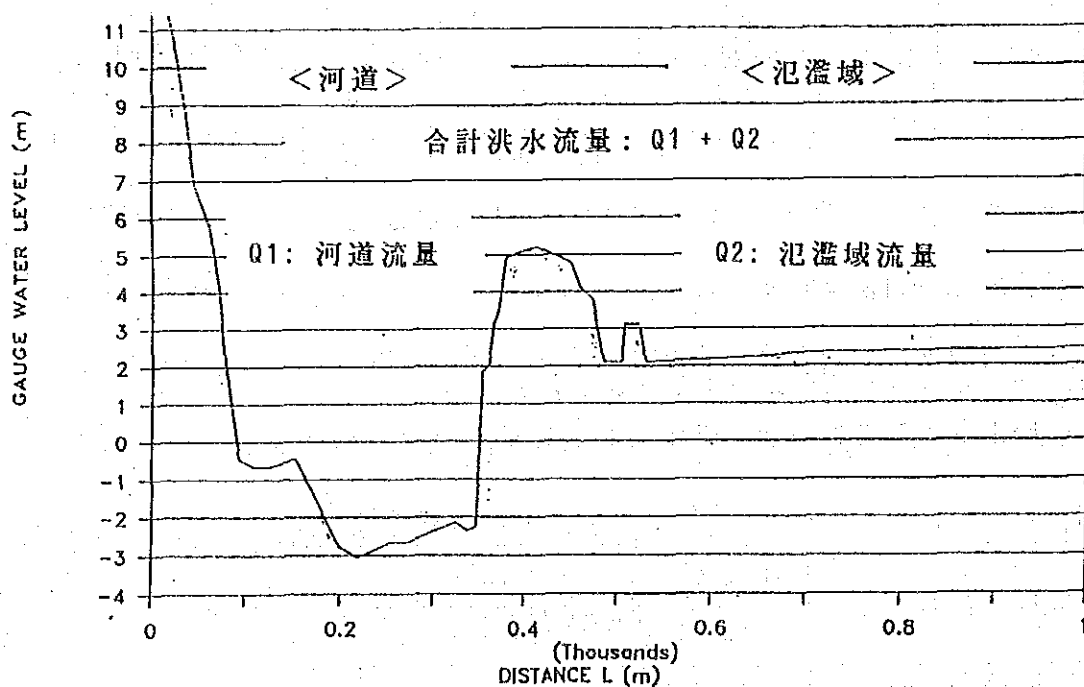


図-5.11 河道および氾濫域

(2) 既存ダムの貯水池操作

イテシテシダムは発電ダムのカヒュエゴージダムの調整池である。カヒュエゴージダムでは900MWの発電施設が設備されている。また、カリバダムは1,266MWの発電施設が設備されている。

貯水池水収支計算結果から分かるように、イテシテシダムはカヒュエゴージダムの調整地として効率的に運転されている。また、同計算結果に基づいて年間発電比（発電流量／合計放流量）を整理した図-5.12から分かるように、発電機の故障により運転が制限されたカヒュエゴージダムの4年間(1985/86 - 1988/89)を除いて、各ダムからの放流量は、過去10年間、全て発電に利用されている。

このように、各ダムサイトでは現在、発電のために水資源が十分かつ効果的に利用されていると言える。従って、新規水力発電需要に対しては、現発電施設の増強ではなく別途サイトでの発電で対応すべきである。

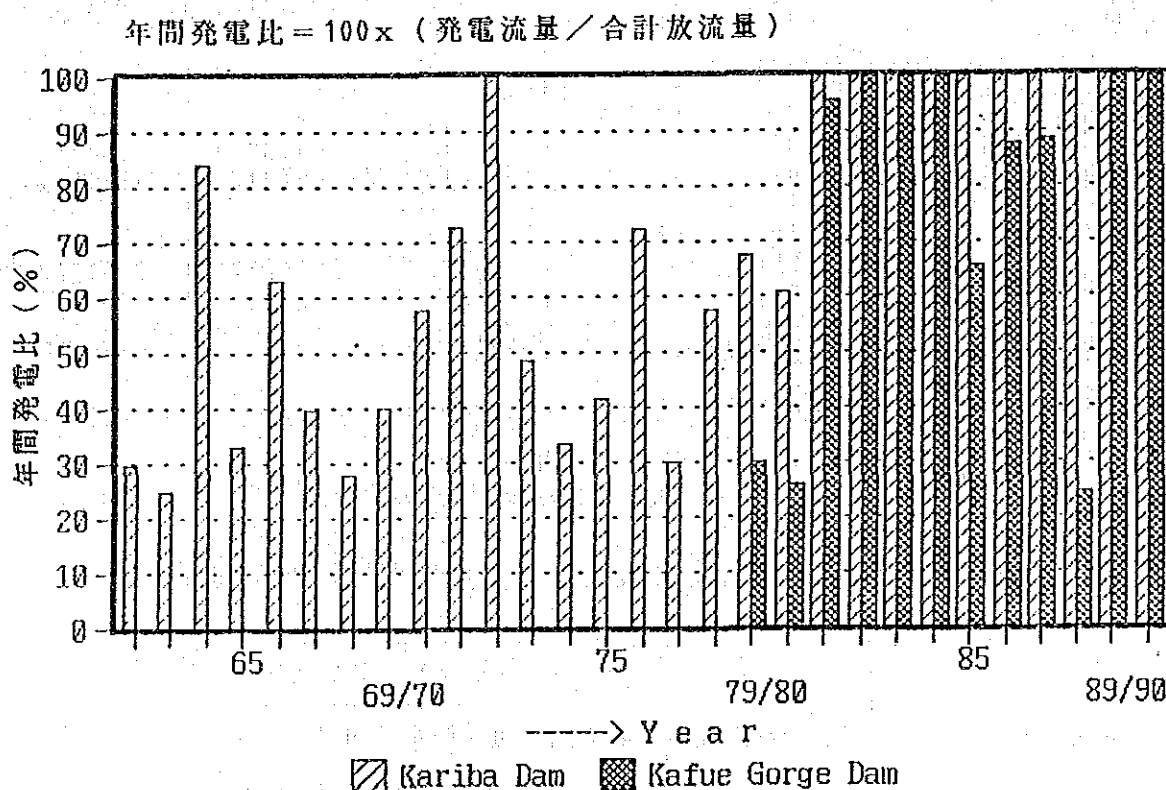


図-5.12 年間発電比

(3) 氾濫原の水収支

ザンベジ川上流の幹川に沿って大氾濫原が広がっている。表-5.7に示すように、洪水流量を含めて、この氾濫原の河川水収支を算定している。図-5.13参照。ここで、ザンベジとカラボでの氾濫原流量をそれぞれ河道流量の5%および20%と想定している。また、残流域(同表のa, b, c流域)からの流出量は、観測値が無いので、カラボの比流出量を考慮してそれぞれ比流出量を想定して算定している。

表-5.7 モング氾濫原の河川水収支

流量算定基準点	流域面積 (km ²)	比流出量 (m ³ /s/千km ²)	合計流量 (m ³ /s)	河道流量 (m ³ /s)	氾濫原流量 (m ³ /s)
St. ザンベジ	87,275		698	665(95%)	33(5%)
ザンベジ川分	90,353		722	689(95%)	33(5%)
カボンボ川分	72,347		275	275	0
合流点	162,700		997	964(97%)	33(3%)
残流域(a)	48,831	(1.5)	73	-	-
St. ルクル	206,531		1,070	808(76%)	262(24%)
残流域(b)	26,090	(2.5)	65	-	-
ルアングィンガ川	41,233		113	93(82%)	20(18%)
合流点	269,309		1,248	961(77%)	287(23%)
残流域(c)	10,910	(3.0)	33	-	-
St. セナンガ	278,298		1,281	986(77%)	295(23%)
リビングストーン	466,324		1,324	1,324	0

流量資料の期間: 32年間(1959/60 - 1990/91)

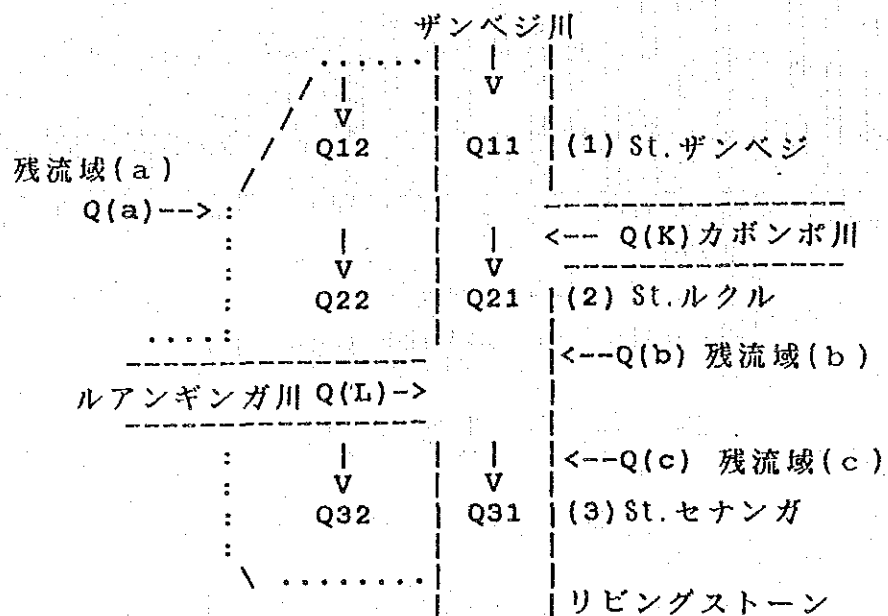


図-5.13 モング平原の氾濫モデル

(4) 水文的水収支

本調査の目的は調査域の水文的水収支を求めるものではないが、カヒユエ川流域については幾つかの水収支要素、例えば降雨、表面流出、貯水池からの蒸発等が分かったので、カヒユエ川の水収支の予備的な算定を行っている。一般的に、水文的水収支は次のような式で表される。

$$\begin{aligned} dS &= I + O \\ I &= R + Q_i + G_i \\ O &= Q_o + E_v + G_o + C \end{aligned}$$

ここで、

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| dS : 貯留量の変化 | I : 入力される水 |
| O : 出力される水 | R : 降雨 |
| Q _i : 入力される表流水 | Q _o : 出力される表流水 |
| G _i : 入力される地下水 | G _o : 出力される地下水 |
| E _v : 蒸発散量 | C : 消費量 |

カヒユエ川流域の場合、閉塞流域と考えられるので、上式の水収支要素のうち入力される表流水(Q_i)、入力される地下水(G_i)、出力される地下水(G_o)および消費量(C)は、出力される表流水(Q_o)および蒸発散量(E_v)に比べて無視できる。また、長期的にみれば、流域の貯留量の変化(dS)はないと考えられる。従って、上式は次のように書き換えられる。

$$R = Q_o + E_v$$

最近10年間(1979/80 - 1988/89)のカヒユエ川流域(総流域面積: 154,882km²)の水文的水収支は表-5.8および図-5.14に示す通りである。

表-5.8 カヒユエ川流域の水文的水収支

水収支項目	値	比率
1) 降雨量	989 mm/year : 153.2 bcm/yr	100 %
2) 表流水の流出	268 m ³ /s : 8.5 bcm/yr	5.5 %
3) 蒸発散量	144.7 bcm/yr	94.5 %

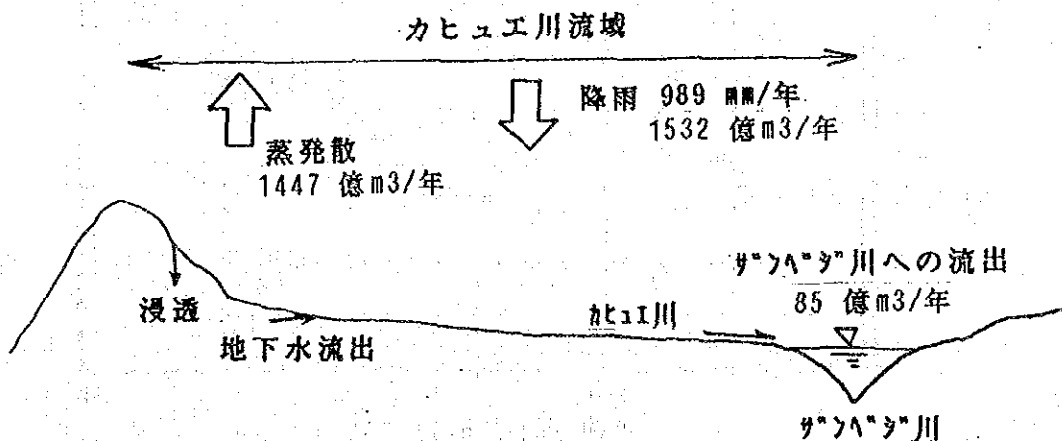


図-5.14 カヒユエ川流域の水文的水収支

(5) 水文量の経年変化

水文量（雨量、河川流量）は、地球規模の気象変動に起因して、周期的に変動している。その一例として、カヒユエ川流域の雨量（ $\gamma\mu\epsilon\iota\gamma$ ）および流量（ $\kappa\alpha\iota\iota$ 橋）の経年変化を図-5.14に示す。変動の程度を表す指標の変動係数については、年流量の変動係数のほうが年雨量より大きいことが分かる。これは流出率が必ずしも一定でなく雨量に応じて変化するためである。水資源開発の対象となる河川流量は、季節変動と同様にこのような経年変化の特性も持っている。一方、開発計画で目標とする流量は、常時・一定量確保されるように計画される。開発計画でダムによる貯留施設が採用されるのはこのためである。図-5.16に、調査域の主要地点の年流量の変動係数を示す。変動係数は、0.2から0.6に分布し、面積が大きくなるにつれて小さくなっていることが分かる。これは、流域自身を持つ貯留調節効果（例えば、地下水への一時貯留そして河川への流出）が、流域面積が大きくなるにつれて増大するためである。

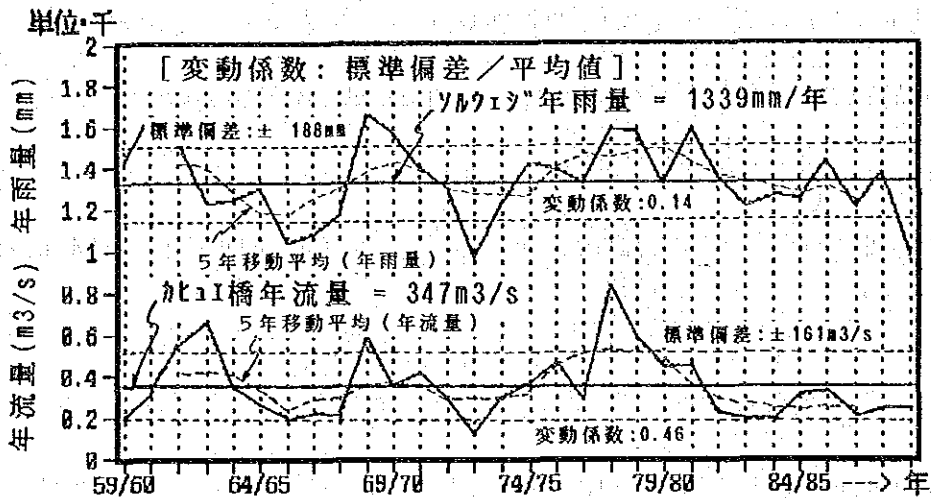


図-5.15 年流量および年雨量の変動

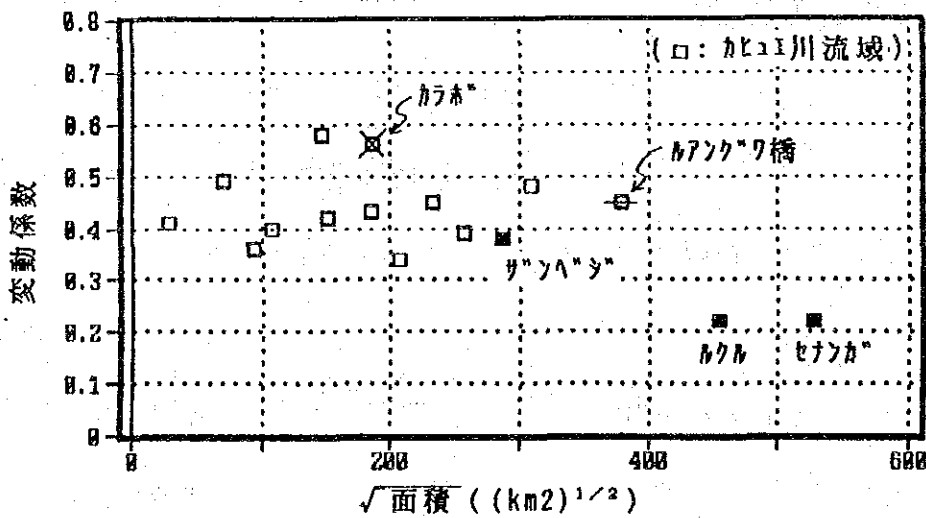


図-5.16 年流量の変動係数

(6) 河川水の開発ポテンシャル

河川の水資源開発とは、ある種的手段(施設)を用いて、河川水に対する人間の需要と河川水の持つポテンシャルを合致させることである。

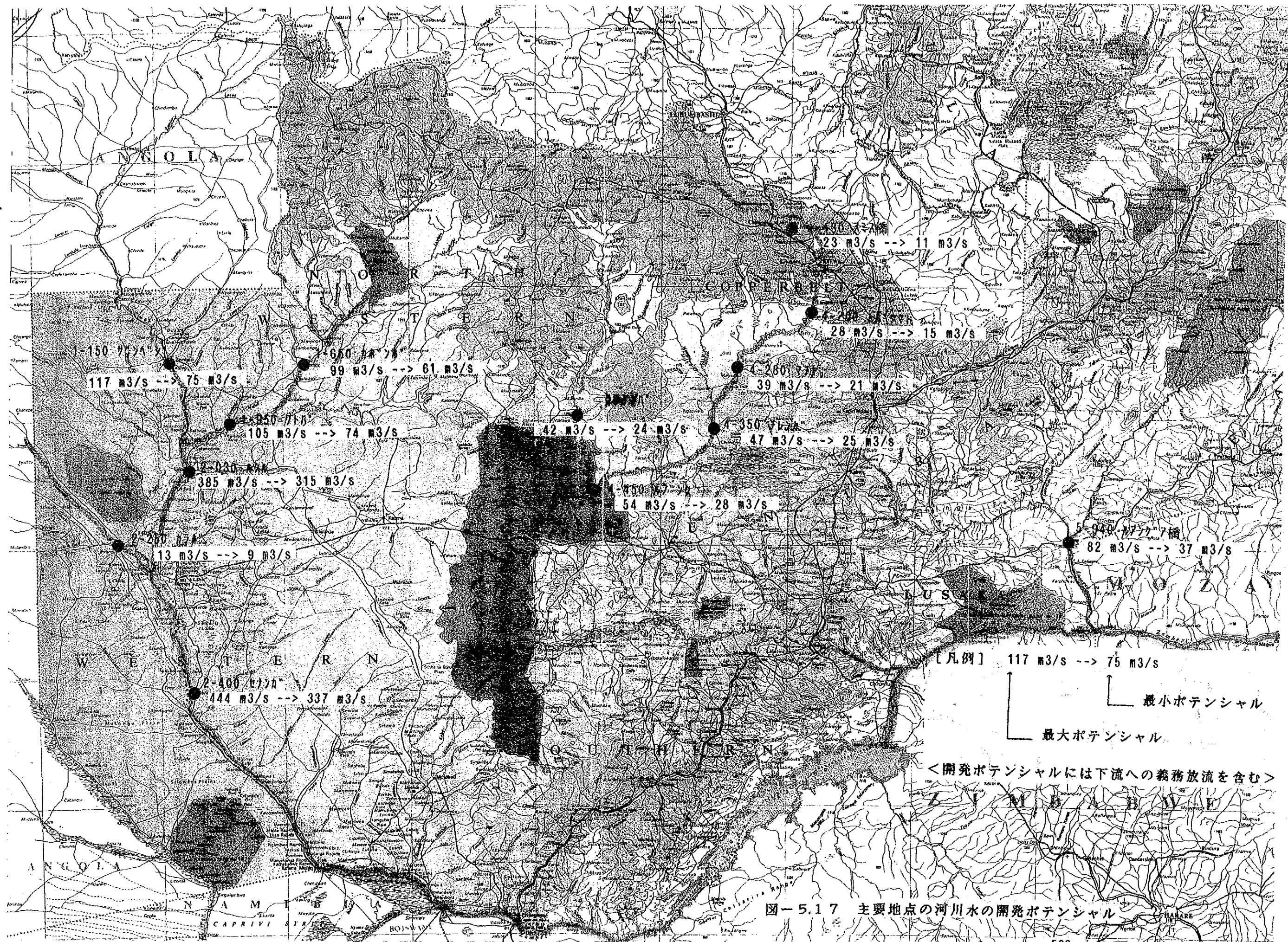
例えば、河川水に対する人間の需要とは、生活用水・工業用水の確保、農地への灌漑、水力発電、洪水防御、水質保全、舟運の利便等である。この需要は、開発水に対して必要な量、質、場所、時間等を要求する。一方、河川水は、地域的な分布を持つばかりでなく年変動や季節変動を持つ。このような性格を持つ需要と河川水を調整する開発施設とは、ダム・貯水池、取水設備・水路、ポンプ設備、水力発電設備、水処理設備、送配水設備等である。

ここで、河川水の開発ポテンシャルを次のように想定する。すなわち、最大ポテンシャルおよび最小ポテンシャルは、それぞれその地点の低水流量および渇水流量とする。各観測所のこれらの流量は前掲の表-5.4に示された通りである。低水流量は1年のうち9ヶ月間はその地点で平均的に確保できる流量である。渇水流量は1年のうち355日間はその地点で平均的に確保できる流量である。

表-5.9に主要地点の河川水の開発ポテンシャルを示す。ただし、この開発ポテンシャルには下流への義務放流量を含むものとする。図-5.17参照。

表-5.9 河川水の開発ポテンシャル

流域	開発地点 (観測所)	流域面積 (km ²)	最大ポテンシャル <低水流量>		最小ポテンシャル <渇水流量>	
			(m ³ /s)	(bcm/y)	(m ³ /s)	(bcm/y)
ザンベジ本川	1-150 サ"ンハ"ツ	82,275	117	3.69	75	2.37
	1-650 カホ"ンホ"	42,740	99	3.12	61	1.92
	1-950 フト"ル"	66,449	105	3.31	74	2.33
	2-030 ムケ"ル"	206,531	385	12.14	315	9.93
	2-250 カラ"ホ"	34,620	13	0.41	9	0.28
	2-400 セ"ンカ"	278,298	444	14.00	337	10.63
カヒュエ川	4-130 スミス橋	8,599	23	0.73	11	0.35
	4-200 アン"タマト	11,655	28	0.88	15	0.47
	4-280 マ"ク"	22,920	39	1.23	21	0.66
	4-350 フレ"ンカ"	34,162	47	1.48	25	0.79
	4-450 マ"ンク"	54,442	54	1.70	28	0.88
	4-560 フ"ンボ"	21,445	42	1.32	24	0.76
ルアングワ川	5-940 マ"ンク"ア橋	143,781	82	2.59	37	1.17



第6章 水文観測計画

6.1 一般

(1) 目的

本水文観測計画は、観測の内容と組織を明確にし、ザンビアにおける水文観測の効果的実施にできるように作成されている。また、本計画で規定する水文観測の目標は、国民生活や国家繁栄の基礎となる水資源開発計画の立案に利用するため、ザンビア国全土の河川水位や流量等の河川水文データを定常的に収集し、観測データを整理・保管することである。

水資源の開発により、飲料水、工業用水および灌漑用水確保はもとより、電力供給や洪水防御等の種々の便益がもたらされる。さらに、水資源開発を通して、河川水と密接に関係する地下水、地球規模の観点から今後益々重要性を増す自然環境、水利用の上で重要な水質等の保全が計られる。この水資源開発の計画立案に必須となるものが、長期的かつ継続的に収集された水文資料である。

(2) 内容

本計画は、1) 活動範囲、2) 組織と責任、3) 観測頻度 および 4) 水文観測所の4項より構成されている。各項目の内容は、水文観測と関連作業の標準的な基準を述べたもので、定期的な見直しを行い必要となれば、社会的・技術的条件に応じて改訂されなければならない。

(3) 運用

本計画は、水利局水文観測部が管轄する定常的な水文観測活動に適用・運用される。

6.2 活動範囲

水文観測には、次のような活動が含まれる。

- 1) 水文観測
 - 河川水位の観測
 - 河川流量の測定
 - 流砂量の測定・解析
 - 水質測定
 - その他（他部局の要請に応じて）
- 2) 観測資料の整理・保管
- 3) 基礎的な水文解析
- 4) 観測機器と観測所の保守・管理
- 5) トレーニング
- 6) 報告
 - 活動年次報告
 - 活動年次計画
- 7) 水年報の発行

(1) 水文観測

定常的に実施する水文観測項目は、河川水位、流量、流砂量および水質とする。ただし、他部局からの要請によって行う水文気象観測や特定プロジェクトのための水文観測については、それぞれの計画に従って行うものとする。観測は常に保守・管理された機器および観測施設を用い、欠測のないように継続的に行わなければならない。水位観測の欠測を避けるため、必要に応じて、バックアップ要員を確保するものとする。

<河川水位の観測>

水利局で管轄する水文観測所の定常的な水位を収集するため、日水位を観測する。日水位の観測は、朝、夕の一日2回行い、その平均値をその日の日水位とする。この観測は、観測所近くに居住し、水利局で雇用した観測員が行う。また、自記水位観測所では、自記水位を測定する。観測水位は、流量測定に基づいて作成された水位流量曲線を用いて流量に変換される。

<河川流量の測定>

指定された水文観測所では、水位流量曲線を作成するため、流量測定を行う。一回の流量測定で一つの水位-流量関係が得られる。信頼できる曲線を得るためには、出来るだけ広範囲の流量を測定しなければならない。河床変動の小さい観測所では、作成された水位流量曲線は、年次検定を行う程度で、長期間にわたって利用できる。河床変動の大きい観測所では、水位流量曲線は、毎年流量測定を行い曲線を修正しなければならない。定期的な流量測定は、地方水文事務所の観測チームによって実施される。

<流砂量の測定>

指定された水文観測所では、流量流砂量曲線を作成するため、流砂量の測定を行う。一般的に、3タイプ（掃流砂、浮流砂、ウォーター）の移動形態で土砂は河道を運ばれる。本測定では、掃流砂を除く土砂移動を測定するものとする。定期的な流砂量測定は、流量測定と同様に、地方水文事務所の観測チームによって実施される。

<水質測定>

指定された水文観測所地点およびその他懸案地点で、河川水の定期的な水質測定を、次のような2つのプログラムに従って行う。

1) 地方水文事務所による水質測定

ウォーターチェッカーを用いて、水温、濁度、pH、電気伝導度および溶存酸素を現地で測定する。水質測定は流量測定時に、地方事務所の観測チームによって実施される。

2) 水文部による水質測定

銅、マンガン等を調べるため、現地で採水しこれを実験室で分析する。この水質測定は、水文部の水質調査チームによって実施される。

(2) 観測資料の整理・保管

水位や流量等の観測データは、所定の部署で整理・保管される。地方水文事務所は観測データのオリジナルを保管し、その写しを本省の水文観測部に送付する。本省の水文部は、地方水文事務所から送られた全てのデータを整理・保管する。整理・保管すべき主なデータは、日水位、時間水位、測定流量、測定流砂量等である。

(3) 基礎的な水文解析

水利局水文部は、次のような水文解析をコンピューターを使って行う。

- 水位－流量曲線の作成
- 流量－流砂量曲線の作成
- 観測所ごとの流量計算
- 観測所ごとの年間流況の算定
- 主要幹川の年間収支計算

(4) 観測機器と観測所の保守・管理

全ての観測機器と観測所は、地方水文事務所によって保守・管理されなければならない。

(5) トレーニング

水文観測の技術を維持・向上するため、水利局水文部は、同部の職員および地方水文事務所の職員にトレーニングを行う責任がある。水位観測員へのトレーニングは地方水文事務所が行う。

(6) 報告

<活動年次報告>

地方水文事務所は、水利局水文部に年次活動を報告する。また、水文部は、水文解析結果を含めて年次活動を水利局に報告する。

<活動年次計画>

水文観測の年次予算を策定するため、水利局水文部および各地方水文事務所は、年次計画を策定する。水文部は、各地方水文事務所から送られた年次計画を取りまとめ、水利局に報告する。

(7) 水年報の発行

毎年の水文観測データおよび水文解析結果は、水年報に掲載される。水利局水文部は、水年報発行の準備および発行の責任を持つ。

6.3 水文観測組織および責任分担

(1) 組織

水利局はザンビアの水文観測に責任を持つ。水利局の水文部が水文観測の実質的な責任がある。水文部の部長は、水文技師長とする。水利局地方事務所に属する各地方水文事務所が水文観測を直接実施する。地方水文事務所の責任者は地方水文監督員とする。地方水文事務所の活動は、水利局水文部によって監督・指導される。水位観測員は地方水文事務所に属するものとする。図-6.1 参照。

(2) 組織および職員の責任分担

各組織および各職員の責任分担は表-6.1 に示す通りとする。

(3) 職員の数

各組織の分担責任を果たすため、主要な職員の数は表-6.1 に示す通りとする。

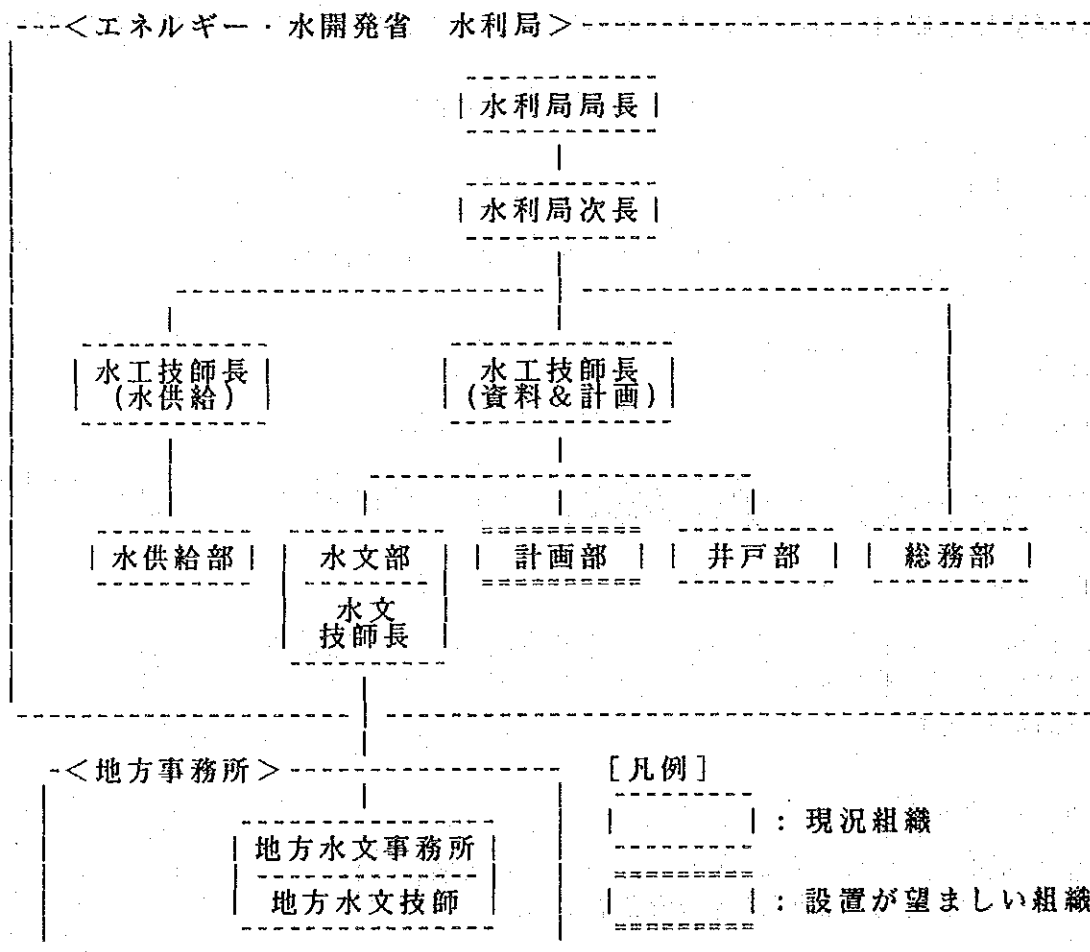


図-6.1 水文観測の組織

表-6.1 組織および職員の責任分担

組織・職員	職員の数		責任分担
	計画	現況	
< 水利局 >			年次報告および年次計画の承認
< 水文部 >			(a) 年次活動計画の作成・指導 (b) 水文観測の監督・実施 (c) 水質調査の整理・保管 (d) データの整理・保管 (e) 基礎的な水文解析の実施 (f) 水文観測のためのトレーニング (g) 年次活動報告の発行 (h) 水文観測一般の監督・指導
(1) 水文技師長	1名	1名	- 水文観測一般の監督・指導 - 年次活動計画・報告の最終取りまとめ
(2) 主任水文技師	1名	1名	- 年次活動計画・年次活動報告の作成 - 水文解析の監督・指導
(3) 水文技師	5名	3名	- 水文解析の実施・指導 - 水文観測の監督・指導
(4) 水文技師補	10名	8名	- データの整理・保管 - 水文技師の補佐
(5) 水質技師	1名	1名	- 水質調査の計画・実施・報告
(6) 水質技師補	1名	1名	- 水質技師の補佐
< 地方水文事務所 >			(a) 年次活動計画の作成 (b) 河川水位の観測 (c) 流量測定 (d) 流量測定 (e) 水質測定 (f) 水質測定機器および観測所の保守・管理 (g) 年次活動報告の作成
(1) 水文技師	8名	0名	- 年次活動計画・年次活動報告の作成 - 流量測定の実施 - 流量測定機器および観測所の保守・管理
(2) 水文技師補	16名	8名	- 水文技師の補佐
(3) 水位観測員	1名 / 観測所		- 日水位の観測
< 計画部 > (参考)			(a) 年次活動計画・報告の作成 (b) 水資源開発調査の実施 (c) 水資源開発計画の立案
(1) 計画技師長	1名	-	- 水資源開発計画の総括 - 年次活動計画・報告の作成
(2) 計画技師	1名	-	- 水資源開発調査の実施 - 水資源開発計画の立案
(4) 計画技師補	2名	-	- 計画技師の補佐