

## 資料編 7 高水位確率の検討



## 1. 目的

クロワ・デ・ミシオン橋の高さを決定するために、河川(グリーズ川)の計画流量および橋梁地点の高水位を検討する。

## 2. 流出解析

### 2.1 考え方

グリーズ川流域の地形状況から流出は線形と考えられるため、合理式により流出量を算出する。

なお、降雨強度式はパラメータとして日雨量が必要なため、確率日雨量の検討も行う。

### 2.2 確率雨量の算出

#### 2.2.1 算出方法

グリーズ川近傍に位置するDamisens観測所の降雨記録をもとに確率計算を行い、確率日雨量を算出する。

計算手法としては、Peason法およびGumbel法を用いて検討する。

#### 2.2.2 算出条件

Damisens観測所における雨量記録をもとに検討を行う。

表2-1 Damisens観測所の日最大雨量データ(昇順)

データ数	降雨量(mm)		
1	46.50	17	67.30
2	46.60	18	68.50
3	47.50	19	68.70
4	49.50	20	72.50
5	53.00	21	73.00
6	53.50	22	73.50
7	53.50	23	74.30
8	54.10	24	75.00
9	57.00	25	75.90
10	57.00	26	79.30
11	58.50	27	81.00
12	60.50	28	82.70
13	60.70	29	86.00
14	62.00	30	88.00
15	64.50	31	108.30
16	67.00	32	171.10

◆Pearson 法による降雨量確率

CALCULATION METHOD :THIRD TYPE OF PEASON			
RETURN PERIOD	EXCESS PROB.	VARIABLE	RAINFALL (MM)
1.01	.9901	-.9240	52.583
1.50	.6667	-.5690	57.790
1.80	.5556	-.3492	61.268
2.	.5000	-.2281	63.273
3.	.3333	.2089	71.072
4.	.2500	.4959	76.770
5.	.2000	.7156	81.323
10.	.1000	1.3551	96.400
20.	.0500	1.9589	113.192
30.	.0333	2.3002	123.946
40.	.0250	2.5381	132.040
50.	.0200	2.7204	138.690
60.	.0167	2.8681	144.151
70.	.0143	2.9921	148.985
80.	.0125	3.0959	153.278
90.	.0111	3.1927	157.149
100.	.0100	3.2763	160.650
120.	.0083	3.4202	166.947
130.	.0077	3.4831	169.762
140.	.0071	3.5411	172.405
150.	.0067	3.5951	174.896
200.	.0050	3.8188	185.617

← 代'台風  
← 17'台風

← 3'-1'台風

NOTE : FORMULA OF PRESUMPTION  
 $\text{LOG10}(X) = \text{LOG10}(X_0) + V \cdot (\text{VARIABLE})$

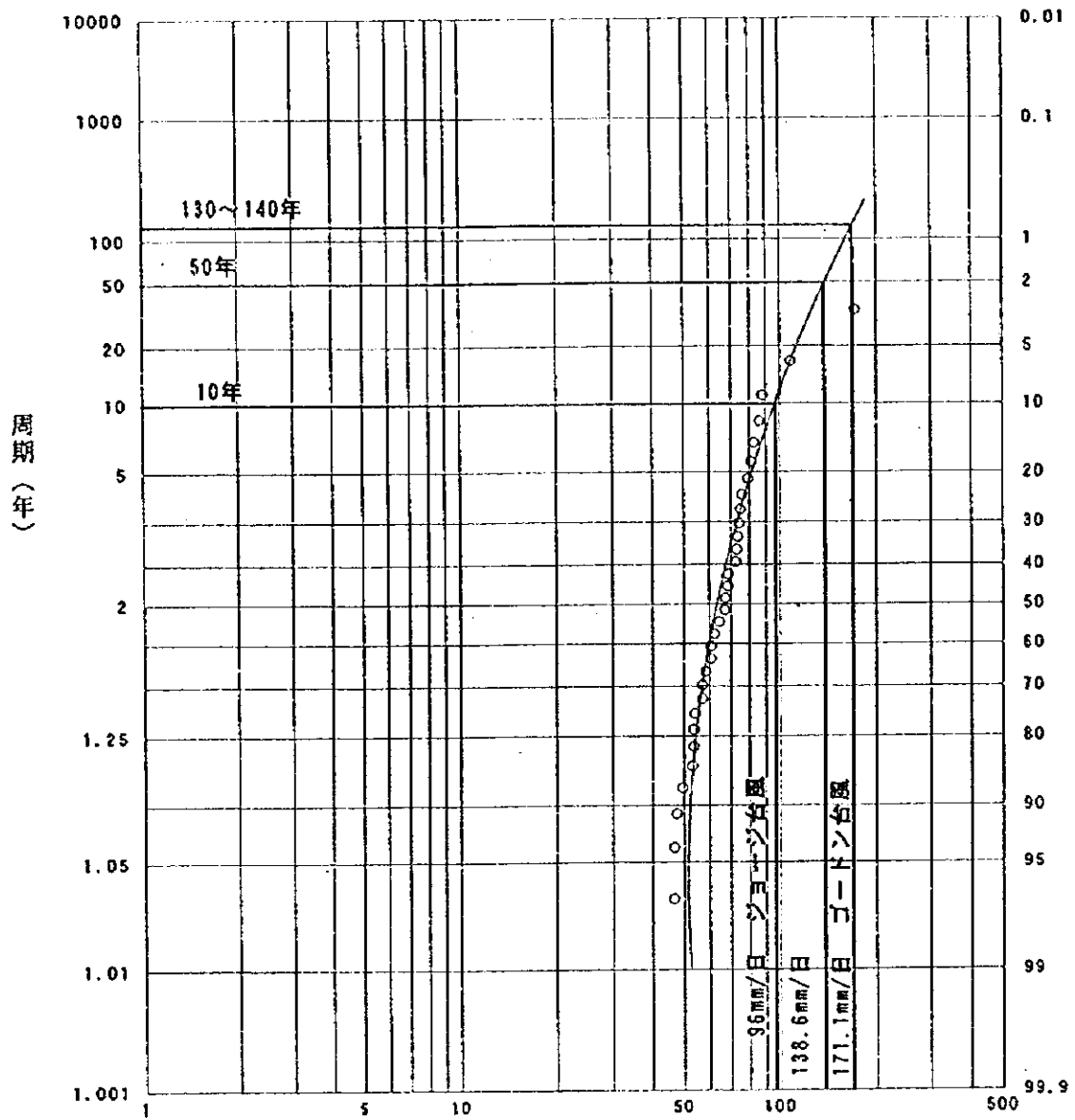
AVE. = 1.828  
 V = .115

◆Gumbel 法による降雨量確率

CALCULATION METHOD :GUMBEL METHOD			
RETURN PERIOD	EXCESS PROB.	VARIABLE	RAINFALL (MM)
1.01	.9901	-1.5293	27.602
1.50	.6667	-.0340	57.023
1.80	.5556	.2096	63.204
2.	.5000	.3665	66.400
3.	.3333	.9027	77.316
4.	.2500	1.2459	84.303
5.	.2000	1.4599	89.475
10.	.1000	2.2504	104.753
20.	.0500	2.9702	119.407
30.	.0333	3.3843	127.838
40.	.0250	3.6762	133.782
50.	.0200	3.9019	138.377
60.	.0167	4.0860	142.123
70.	.0143	4.2413	145.285
80.	.0125	4.3757	148.023
90.	.0111	4.4942	150.435
100.	.0100	4.6002	152.591
120.	.0083	4.7833	156.320
130.	.0077	4.8637	157.956
140.	.0071	4.9381	159.471
150.	.0067	5.0073	160.880
200.	.0050	5.2958	166.754

NOTE : FORMULA OF PRESUMPTION  
 $X = X_0 + (1/A) \cdot \text{VARIABLE}$

X<sub>0</sub> = 58.938  
 1/A = 20.359



日雨量 (mm/日)

Peason-III

Damiens観測所 雨量確定図

### 2.2.3 算出結果

Damisens観測所における確率日雨量の算出結果は以下に示すとおりであり、Gumbel法よりもPeason法による確率計算が実データに近似しているため、この確率結果の値を用いることとした。

各確率規模ごとの日雨量はPeason法による雨量確率図から読みとるものとする。

表2-2 Damisens観測所における  
確率日雨量

項目 確率規模	確率日雨量 (mm)
1/100	160.7
1/50	138.6
1/30	123.9
1/10	96.4
1/5	81.3
1/3	71.1
1/2	63.3

参考までに、近年の主要洪水に対する確率規模を推算すると以下のとおりとなる。

主要洪水の確率評価結果

洪水(台風)名	日雨量 (mm)	確率年 (年)
ゴードン	171.1	130~140
アレン	72.5	3~4
デービッド	62.0	1.5~2
(50年確率)	138.6	50

## 2.3 合理式によるグリーズ川流域流出量の検討

### 2.3.1 流域構成

クロワ・デ・ミシオン橋上流部の流域構成は図2-1及び表2-3に示すとおりである。

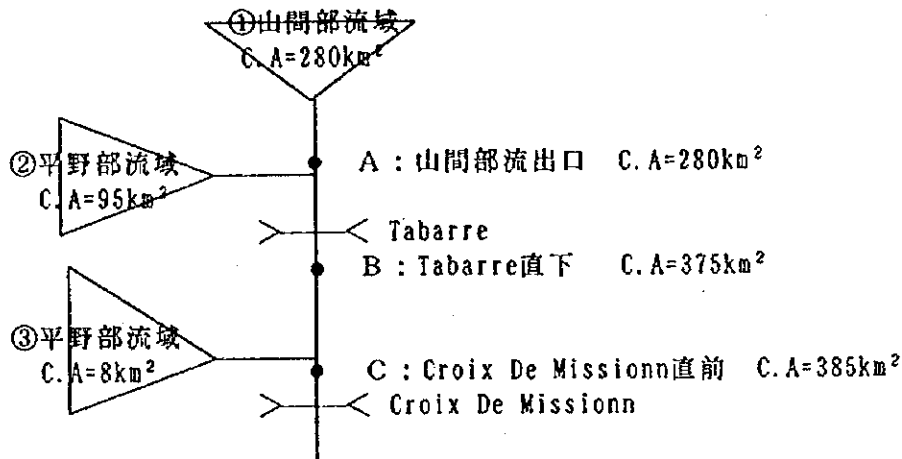


図2-1 流域構成モデル図

表2-3 分割流域諸元表

地点	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流路延長(m)	
		区間距離	累加距離
A (山間部流出口)	280	30,000	30,000
B (Tabarre直下)	95	15,000	45,000
C (C.D.Missionn直前)	8	5,000	50,000

(注1) 最上流部の流域延長を除く

### 2.3.2 流出係数

現況の流域地目構成はおおむね宅地が1/4、山地が3/4となっているが、将来の宅地開発等により宅地が全体流域の1/2まで進行した場合を想定して0.75を採用するものとした。

$$0.8 \times \frac{1}{2} + 0.7 \times \frac{1}{2} = 0.75$$

一般市街地および  
山地部の流出係数

一般市街地	0.8
山地	0.7

出典：河川砂防技術基準(案)

### 2.3.3 降雨強度式

#### 1) 使用する降雨強度式

降雨強度式はグリーズ川近傍のDamisens観測所で作成された以下の式を用いることとする。

$$r = \frac{R}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$r$  : 降雨強度 (mm/hr)  
 $R$  : 日雨量 (mm/日)  
 $t$  : 洪水到達時間 (時間)

#### 2) 降雨強度の補正

Damisens観測所(降雨強度作成観測所)と今回検討するグリーズ川では地形状況が以下のように異なっており、雨量に差があるものと予想されるため補正率を考慮するものとする。

- ・ Damisens観測所 …… 平地部
- ・ グリーズ川流域 …… 山地部

補正は以下に示す考え方より次のとおりとした。

$$\text{グリーズ川流域雨量 (山地部)} = \text{Damisens観測所 (平地部)} \times 1.7$$

- ・ 補正に当たり当該地域の資料がないため、やむを得ず日本で検討された平野部-山地部の相関図による雨量比を補正率として用いることとした。

表 2-4 平野部と山地部の日雨量比

降雨観測地				平野-山間部 日雨量比 ②の雨量/①の雨量
平野部 ①		山間部 ②		
地名	標高(m)	地名	標高(m)	
下関	46	英彦山	720	1.464
福岡	3	九千部	785	1.608

(出典：平成8年 福岡県の調査結果による)

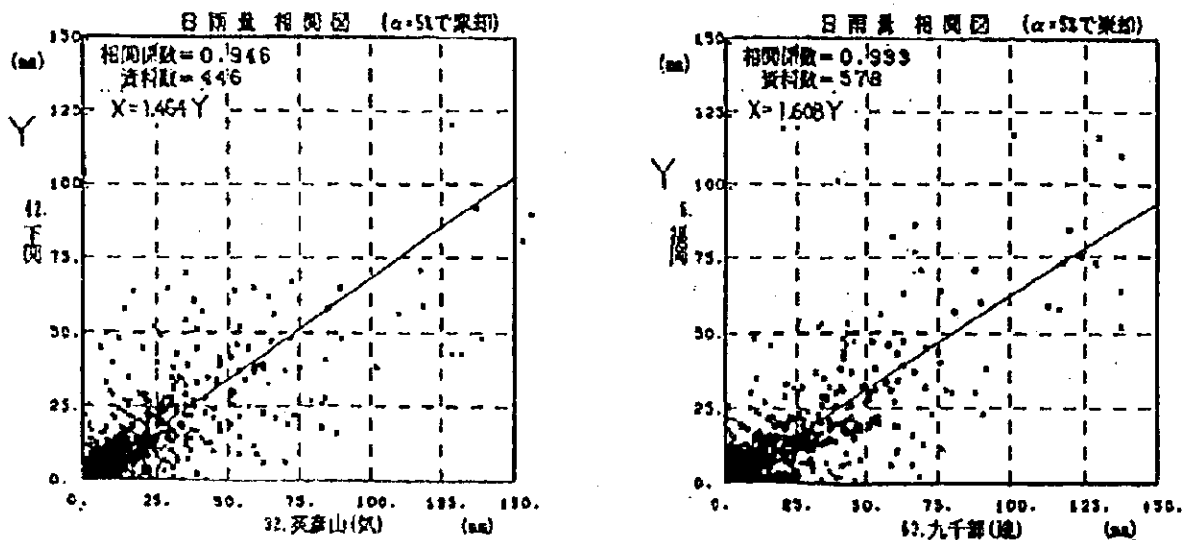


図 2-2 相関図

(出典：平成8年 福岡県の調査結果による)



### 2.3.4洪水到達時間

#### 1) 考え方

洪水到達時間は流入時間と流下時間の和として求めることとし、建設省河川砂防技術基準(案)に示される以下の方法により算出した。

<流入時間>

山地流域	2km <sup>2</sup>	30min
特に急斜面流域	2km <sup>2</sup>	20min
下水道整備区域	2km <sup>2</sup>	30min

<流下時間>・・・クラフエン値を用いた。

K r a v e n 値

平均勾配	1/100以上	1/100~1/200	1/200以下
到達速度	3.5m/s	3.0m/s	2.1m/s

出典：建設省砂防技術基準(案)

#### 2) 結果

計算の結果、洪水到達時間は5.2時間(314分)となるが、安全側の値をとり洪水到達時間を5時間とする。

表2-5 洪水到達時間計算結果表

地点	流入時間 (分)	流下時間(分)		洪水到達 時間(分)
		区間時間	累加時間	
A(山間部流出口)	30	124.9	124.9	154.9
B(Tabarre直下)	-	119.0	243.9	247.9
C(C.D.Missionn直前)	-	39.7	283.6	313.6

\*流入時間・・・山地流域の30分を採用した。

流下時間・・・表2-6 参照

表2-6 流下時間計算表

地点	区間延長 (m)	流速* (m/s)	流下時間 (分)
A(山間部流出口)	30,000	3.5	124.9
B(Tabarre直下)	15,000	2.1	119.0
C(C.D.Missionn直前)	5,000	2.1	39.7

(注1) ・流入域延長を除く

・流速については以下のように考えた。

山間部上部を平均勾配1/100以上と想定しV=3.5m/sとした。

山間部下部～平地部を平均勾配1/200以下と想定し、

V=2.1m/sとした。

### 2.3.5 流出量の算出

前述の条件を用いて合理式により各確率規模別の流量を算出した結果は以下のとおりである。

(合理式)

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r \cdot A$$

ここに、Q：流出量 (m<sup>3</sup>/s)

f：流出係数

r：到達時間内の降雨強度 (mm/hr)

A：流域面積 (km<sup>2</sup>)

出典：河川砂防技術基準(案)

表2-7 クロワ・デ・ミシオン橋地点における流出量算出結果

項目 確率 規模	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流出係数	洪水到達 時間 (hr)	降雨強度 (×1.7の 補正後) (mm/hr)	流出量 (m <sup>3</sup> /s)
1/100	383	0.75	5	32.4	2,585
1/50				27.9	2,230
1/30				25.0	1,993
1/10				19.4	1,551
1/5				16.4	1,308
1/3				14.3	1,144
1/2				12.8	1,019

### 2.3.6 計画流量の設定

橋梁の耐用年数として50年を想定し、これをもとに計画規模1/50とした。これより計画流量は以下のとおりとする。

表2-8 クロワ・デ・ミシオン橋地点における計画流量

項目 確率 規模	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流出係数	洪水到達 時間 (hr)	降雨強度 (×1.7の 補正後) (mm/hr)	流出量 (m <sup>3</sup> /s)
1/50	383	0.75	327.8	27.8	2,219

### 3. 痕跡水位による洪水流下時の粗度係数の検討

#### 3.1 考え方

##### 3.1.1 検討の考え方

洪水流下時のクワ・テ・シオン橋地点における計算水位を極力実際の水位に近い値で再現できるように、計算水位と実際の水位との整合を考慮した粗度係数を策定する。

##### 3.1.2 粗度係数の考え方

グリーズ川は小規模な出水時にも頻繁に氾濫し、堤内地を広範囲に渡って流下する流出形態となっているため、洪水時の水位把握には堤内地（氾濫域）まで含めた水位計算が必要となる。

このため、粗度係数の設定にあたっては河道内だけでなく氾濫域の流下も考慮し、以下の図に示すように河道と氾濫域の粗度係数を分割して捉え、河道内および氾濫域はそれぞれの粗度係数により洪水が流下するものとする。

なお、河道内の粗度係数については数々の既往調査資料および基準が存在しており、現況河道状況から $n=0.035$ と判断できるためこれを採用することとし、既往調査資料がほとんど存在しない氾濫域の粗度係数を検討の対象とする。

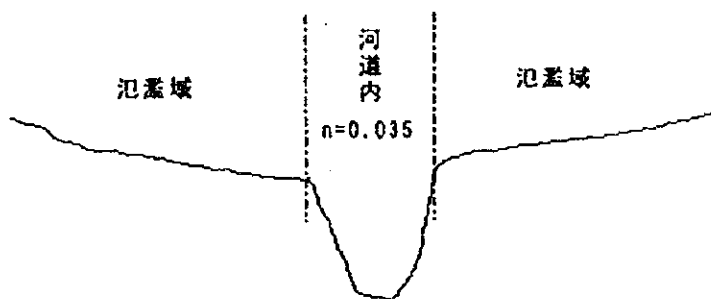


図3-1 グリーズ川の洪水時粗度係数の考え方模式図

表3-1 河道の粗度係数(出典:建設省砂防技術基準(案))

	河川や水路の状況	マンニングのnの範囲
人工水路・改修河川	コンクリート人工水路	0.14~0.020
	スパイラル半管水路	0.021~0.030
	両岸石張小水路(泥土床)	0.025(平均値)
	岩盤堀放し	0.035~0.05
	岩盤整正	0.025~0.04
	粘土性河床、洗堀のない程度の流速	0.016~0.022
	砂質ローム、粘土質ローム	0.020(平均値)
自然河川	ドラグライン掘しゅんせつ、雑草少	0.025~0.033
	平野の小流路、雑草なし	0.025~0.033
	平野の小流路、雑草、灌木有	0.030~0.040
	平野の小流路、雑草多、礫河床	0.040~0.055
	山地流路、砂利、玉石	0.030~0.050
	山地流路、玉石、大玉石	0.040以上
大流路、粘土、砂質床、蛇行少	大流路、粘土、砂質床、蛇行少	0.018~0.035
	大流路、礫河床	0.025~0.040

### 3.2 検討の対象とする痕跡水位

グリーズ川におけるカワ・テ・ミオン橋地点の痕跡水位として記録が残っているものは以下の2洪水である。

- ・ゴードン台風による洪水(1994年)…E.L29.5m
- ・ジョージ台風による洪水(1998年)…E.L28.0m

このうち、実績日雨量記録が存在し流出量が把握できるゴードン台風における痕跡水位を対象に、粗度係数を検討するものとする。

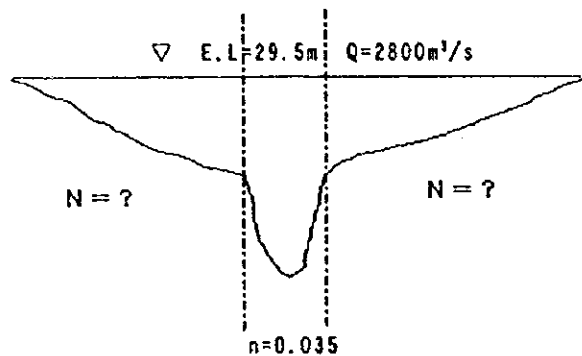
検討対象痕跡 水位

項目 洪水	カワ・テ・ミオン 地点痕跡水位 (E.Lm)	Damien観測所の 実績日雨量 (mm)	グリーズ川流域 の流出量 ( $m^3/s$ )	摘要
ゴードン台風 による洪水 1994年	29.5 (橋面+2.0m)	171.1	2,800	氾濫域を含めた 洪水流下横断幅 は約2km.

※流出量は合理式による。

### 3.3 検討方法

不等流計算により河道内と氾濫域の水位を別々に計算し、カワ・テ・ミオン橋地点における計算水位が痕跡水位と一致するような粗度係数を検討する。



カワ・テ・ミオン橋地点における痕跡水位E.L29.5m,  $Q=2,800m^3/s$ を条件として、河道内流量と氾濫域流量の合計が $Q=2,800m^3/s$ , かつ両者の水位がE.L29.5mとなる粗度係数を算出する。

### 3.4 検討条件

不等流計算の条件は以下のとおりとする。

表3-2 グリーズ川不等流計算条件表(氾濫域粗度係数検討条件)

項目	条件	
	河道内	氾濫域
区間	No.1~No.23 (L=2,138m)	カワ・テ・ミソ橋を含む区間
計算方法	不等流計算	
横断図	今回測量横断。	推定。 J・ドン台風時の実績(幅2km で流下。カワ・テ・ミソ橋で 水位EL.29.5m)をもとに推 定して作成した。
粗度係数	n=0.035	検討計算
計算流量	2,150m <sup>3</sup> /s (水位がE.L29.5mとなる流量を トライアルで求めた)	650m <sup>3</sup> /s (計画流量2,800m <sup>3</sup> /s -河道内流量2,150m <sup>3</sup> /s)
出発水位	出発地点の等流水位を用いた。	

### 3.5 検討結果

グリーズ川の洪水時痕跡水位を考慮した粗度係数を検討計算により行った結果は以下に示すとおりであり、河道内n=0.035、氾濫域n=0.2を採用とする。

表3-3 グリーズ川の粗度係数検討結果表

カワ・テ・ミソ橋地点の条件		左記の条件を満足する粗度係数	
痕跡水位 (E.Lm)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	河道内	氾濫域
29.5	2,800	0.035 (2,150)	0.2 (650)

※( )は河道と氾濫域の分担流量(単位：m<sup>3</sup>/s)。

両者の合計が2,800m<sup>3</sup>/sとなる。

なお、河道以外の粗度係数は、一般的に市街地0.3~水田等0.15(出典：浸水予想区域調査要綱 S53.6 建設省河川局)程度であり、今回得られた結果を勘案すると妥当な値として評価できる。

不等流の計算結果は、次頁に示す。

不等流計算結果

測点	单距離 (m)	累加距離 (m)	合成断面(河道+氾濫域)		河道				氾濫域			
			流量 (m <sup>3</sup> /s)	水位 (E.Lm)	水位 (E.Lm)	相度係数	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	水位 (E.Lm)	相度係数	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)
No.1	0	0	2800	26.205	26.205	0.035	3.880	1610	26.205	0.2	0.318	1190
No.2	346	346	2800	27.100	27.100	0.035	2.505	1614	27.100	0.2	0.387	1186
No.3	236	582	2800	27.106	27.106	0.035	5.944	2009	27.106	0.2	0.163	791
No.4	185	767	2800	27.914	27.914	0.035	3.966	1680	27.914	0.2	0.399	1120
No.5	12	779	2800	27.971	27.971	0.035	3.776	1658	27.971	0.2	0.330	1142
No.6	160	939	2800	28.425	28.425	0.035	3.836	1747	28.425	0.2	0.446	1053
No.7	108	1047	2800	29.226	29.226	0.035	2.883	1867	29.226	0.2	0.560	933
No.8	20	1067	2800	29.428	29.428	0.035	3.045	1958	29.428	0.2	0.541	842
No.9	6	1073	2800	29.485	29.485	0.035	3.143	1990	29.485	0.2	0.508	810
No.10	6	1079	2800	29.530	29.530	0.035	3.249	2020	29.530	0.2	0.485	780
No.11	6	1085	2800	29.440	29.440	0.035	4.343	2174	29.440	0.2	0.225	626
No.12	6	1091	2800	29.471	29.471	0.035	4.163	2147	29.471	0.2	0.265	653
No.13	6	1097	2800	29.480	29.480	0.035	4.186	2150	29.480	0.2	0.299	650

≡痕跡水位29.5

#### 4. 計画流量流下時のカワ・テ・シワ橋地点の水位の検討

##### 4.1 考え方

計画流量 ( $W=1/50, Q=2,250\text{m}^3/\text{s}$ ) 流下時のカワ・テ・シワ橋地点の水位を把握するため、橋梁地点における河道と氾濫域を合成したH(水位)－Q(流量)曲線図を作成し、この図から $Q=2,250\text{m}^3/\text{s}$ に対する水位を読みとることとする。

##### 4.2 検討方法

以下の手順によりカワ・テ・シワ橋地点のH－Q曲線図を作成する。

- ① 不等流計算による計算流量ケースを数ケース設定し、河道内と氾濫域それぞれについて橋梁地点におけるHとQの関係を算出する。
- ② ①により算出したHとQをもとに、河道内と氾濫域それぞれのH－Q曲線図を作成する。
- ③ 河道内と氾濫域のH－Q曲線図を加算して合成H－Q曲線図を作成する。

##### 4.3 検討条件

河道内および氾濫域の不等流計算条件は以下のとおりとする。

表4-1 河道内および氾濫域の不等流計算条件表

項目	条件							
	河道内				氾濫域			
区間	No.1～No.23 (L=2,138m) カワ・テ・シワ橋を含む区間							
計算方法	不等流計算							
横断面	今回測量横断。				推定。 J・ドノ台風時の実績(幅2kmで流下、カワ・テ・シワ橋で水位EL.29.5m)をもとに推定して作成した。			
粗度係数	n=0.035				n=0.2			
計算流量	ケース	流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	ケース	流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	ケース	流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	ケース	流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
	1	100	7	1000	1	300	5	1250
	2	150	8	1250	2	500	6	1500
	3	200	9	1500	3	750	7	2000
	4	300	10	2000	4	1000	8	2500
	5	500	11	2500				
	6	750						
出発水位	出発地点の等流水位を用いた。							

#### 4.4 検討結果

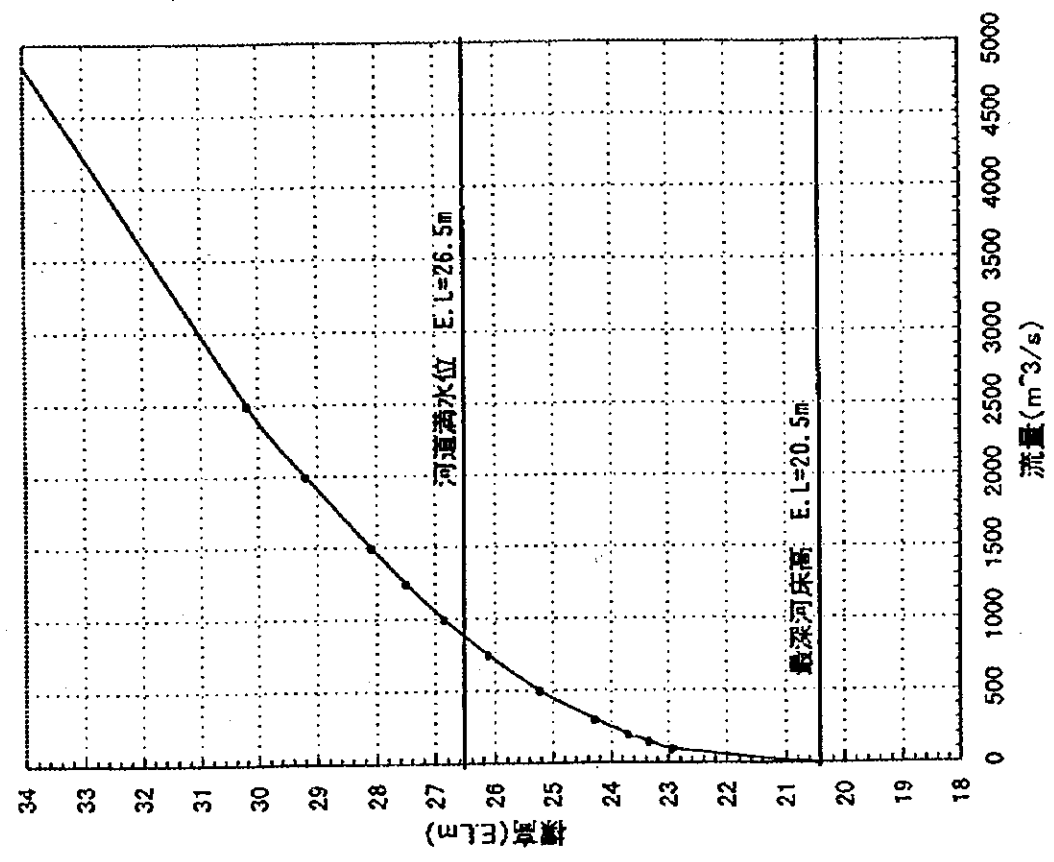
次頁の図に示す橋梁地点のH-Q図から1/50確率の流量( $Q=2,250\text{m}^3/\text{s}$ )に対する水位を読みとると、 $H=E.L29.0\text{m}$ となる。

表4-2 計画流量流下時の刈り・テ・ミソ橋の水位

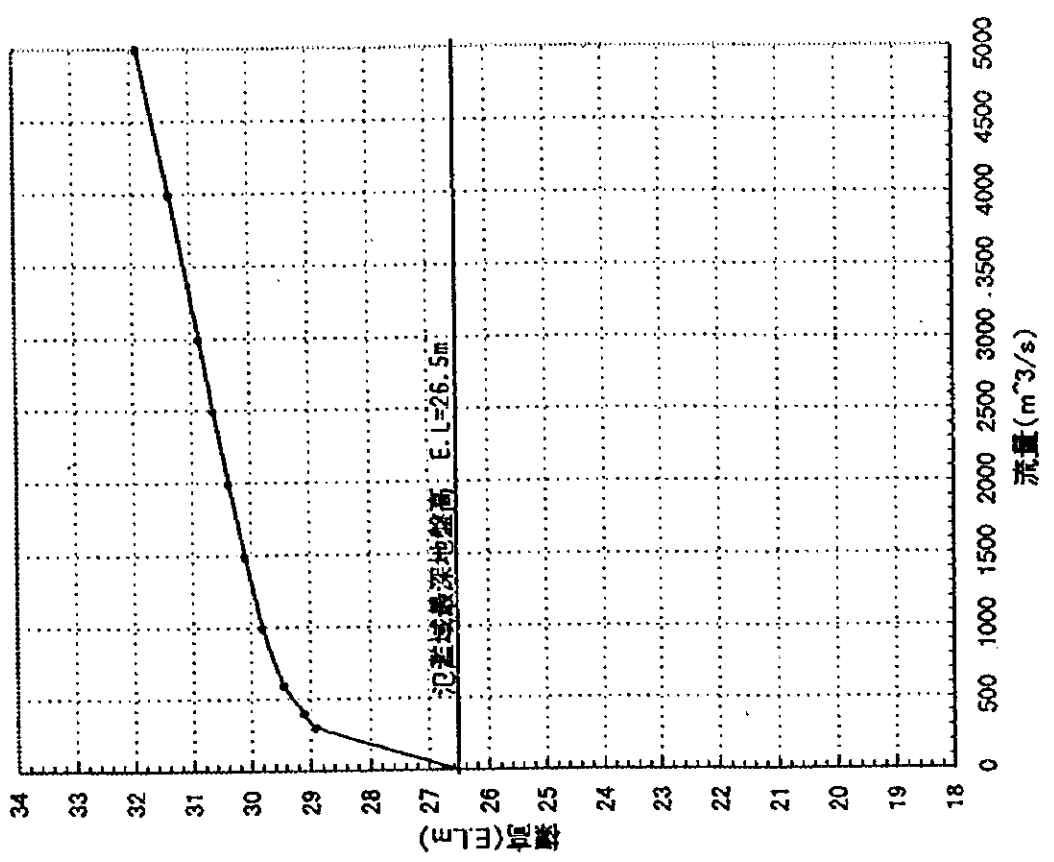
項目 洪水名	刈り・テ・ミソ橋の水位 (E.Lm)	流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	確率規模 (年)
計画流量流下時	29.0	2,250	50



河道内流下状態のNo.13地点 H-Q図<1>



氾濫域流下状態のNo.13地点 H-Q図<2>



Croix De Mission橋 (No.13) H-Q図 (河道+氾濫域)

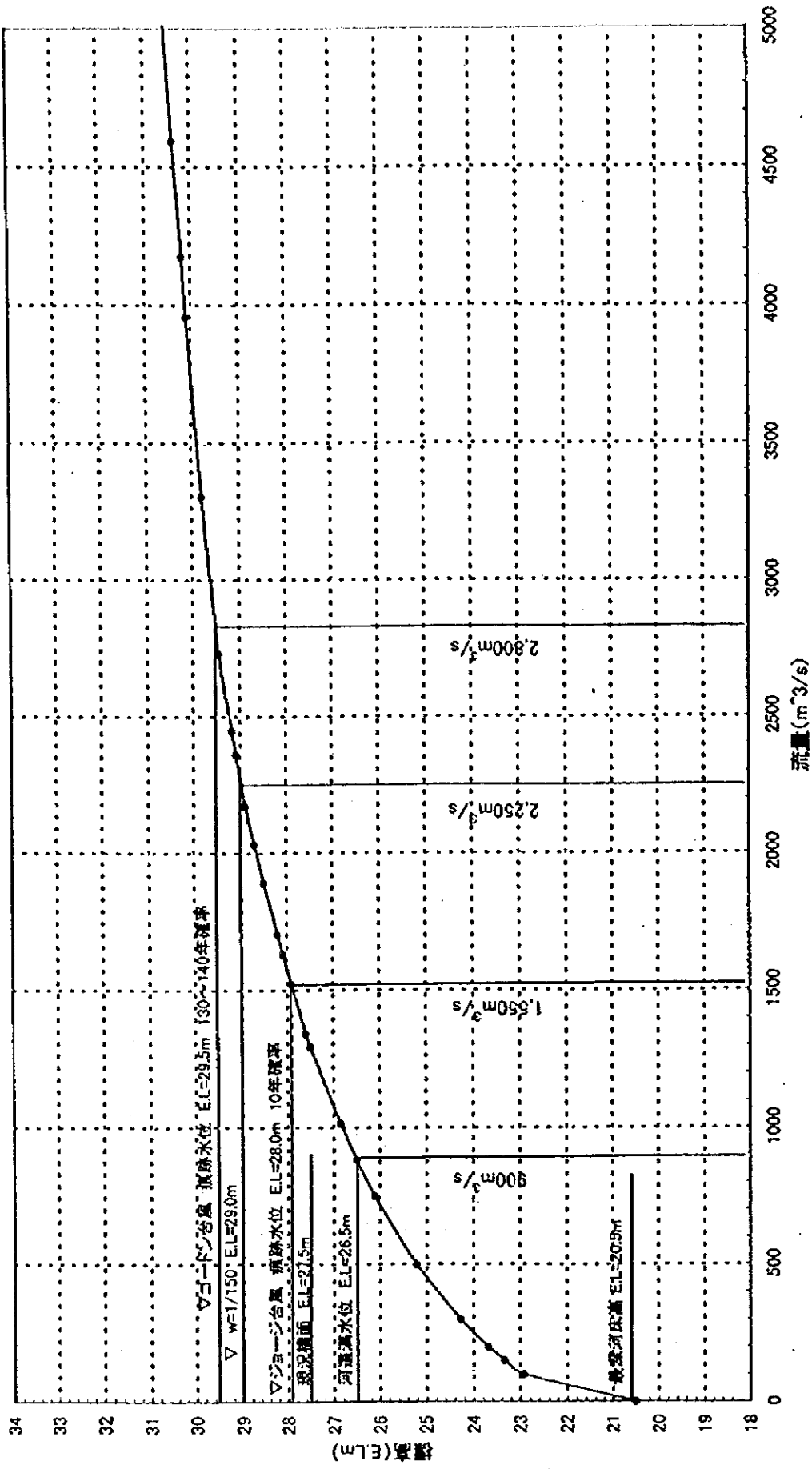
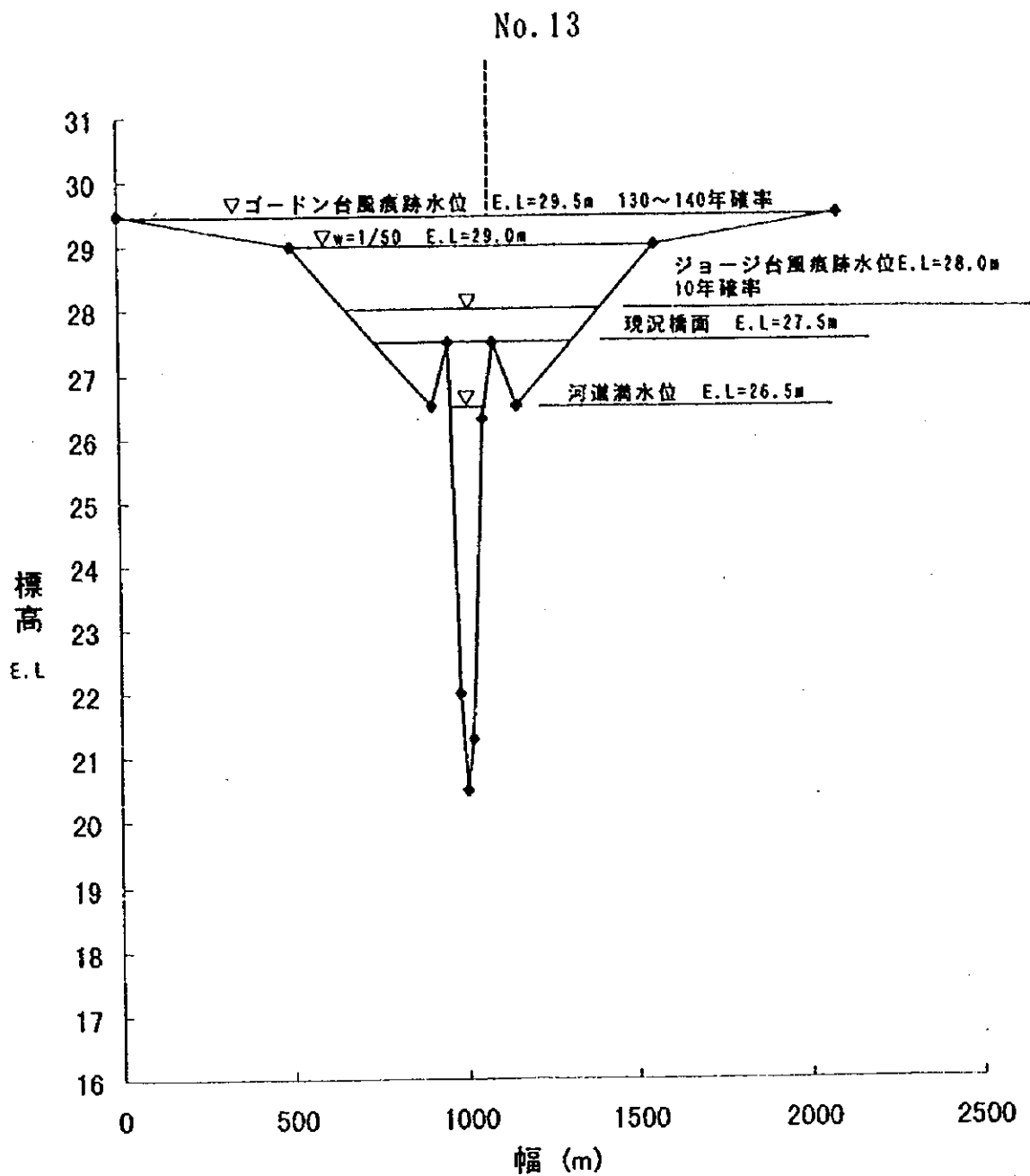


図 Croix De Missionn横断面図



<参考>

流量、確率規模を整理すると以下のとおりである。

水位・流量・確率規模の整理表

項目 洪水名	カワ・テ・シオ橋の 水位 (E. Lm)	流量 ( $m^3/s$ )	確率規模 (年)
ジョージ台風による洪水(1994年)	28.0	1,550	10
1/50確率流量	29.0	2,250	50
ゴードン台風による洪水(1998年)	29.5	2,800	130~140

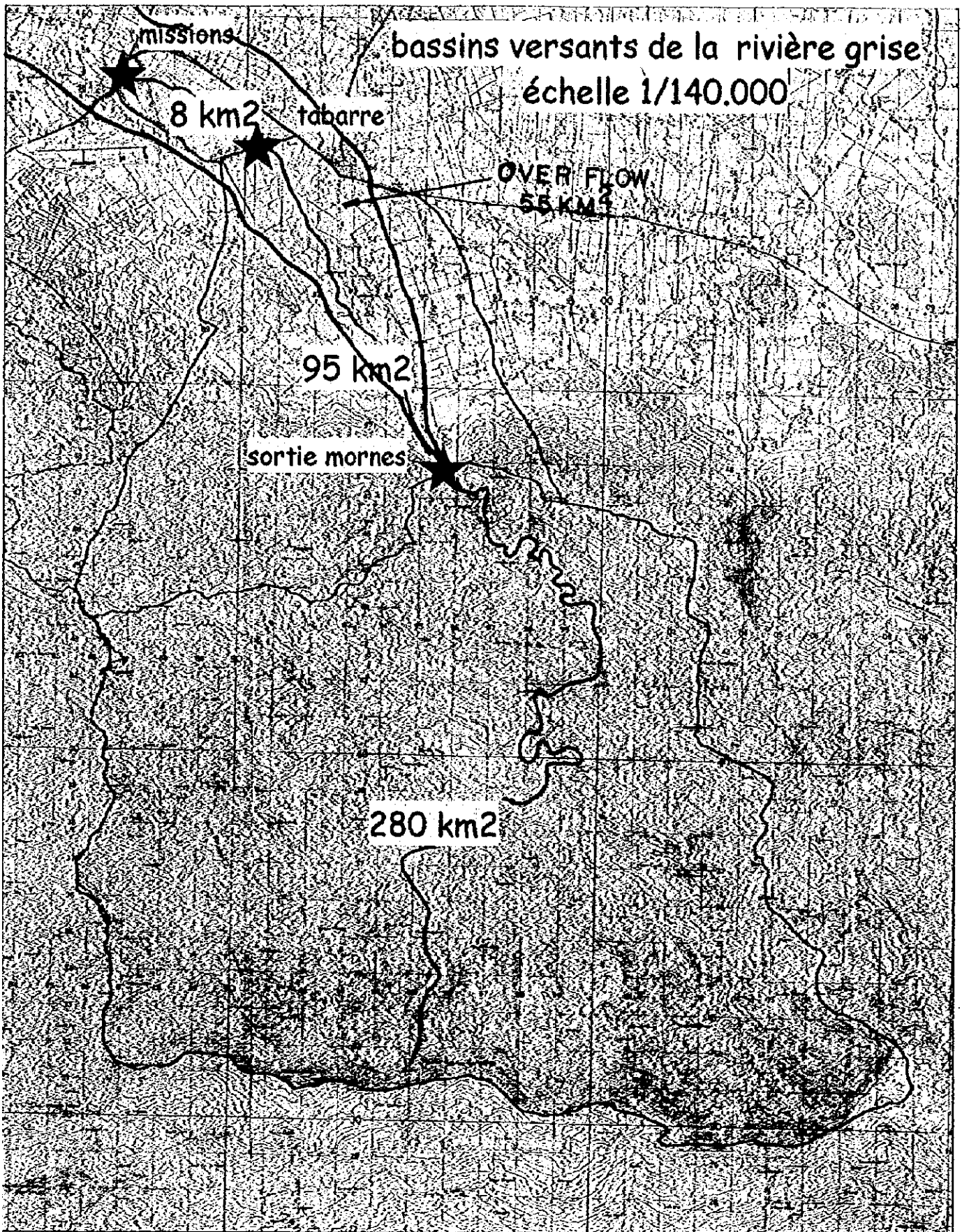


Fig .1 Area of Basin & Over Flow

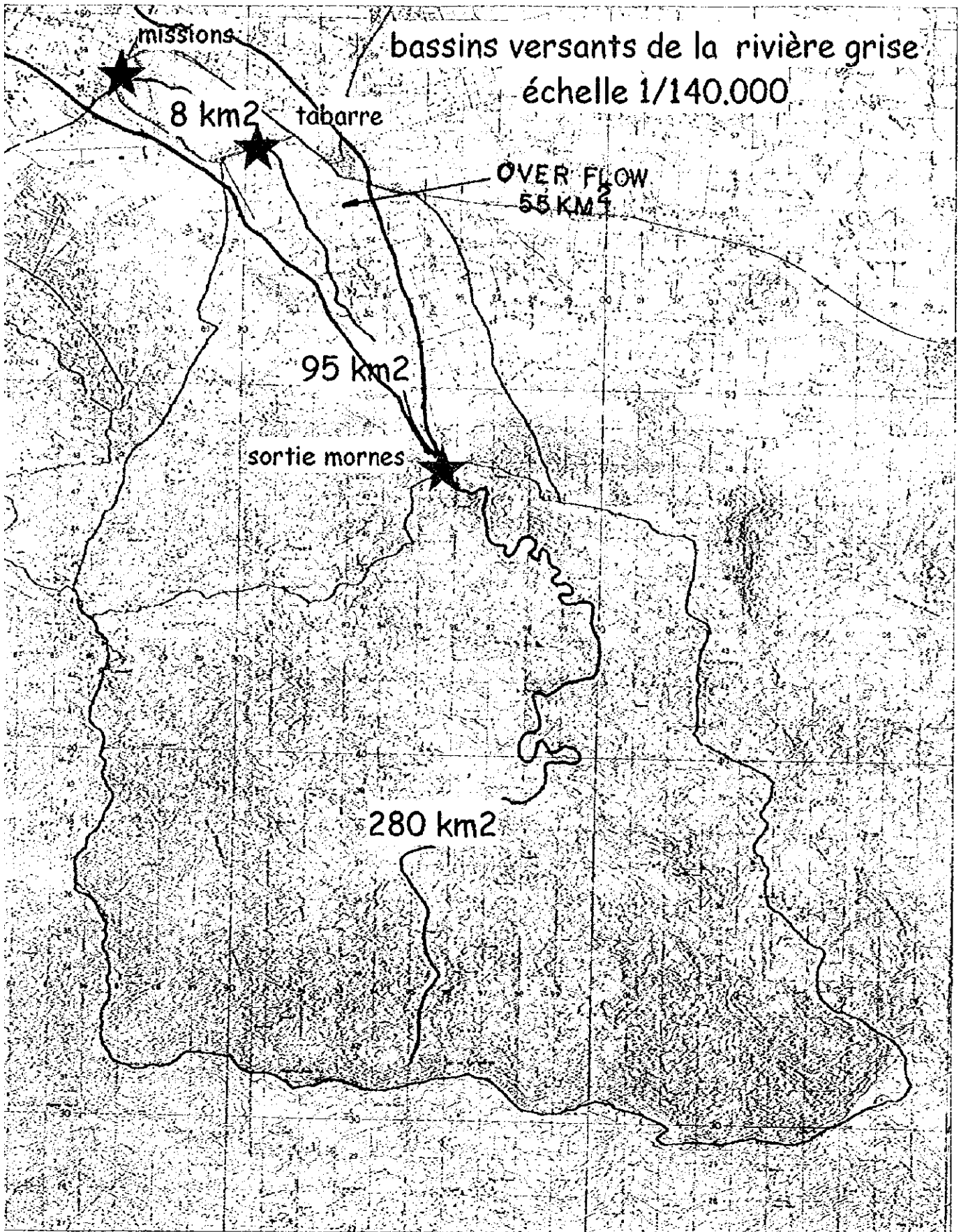


Fig .1 Area of Basin & Over Flow

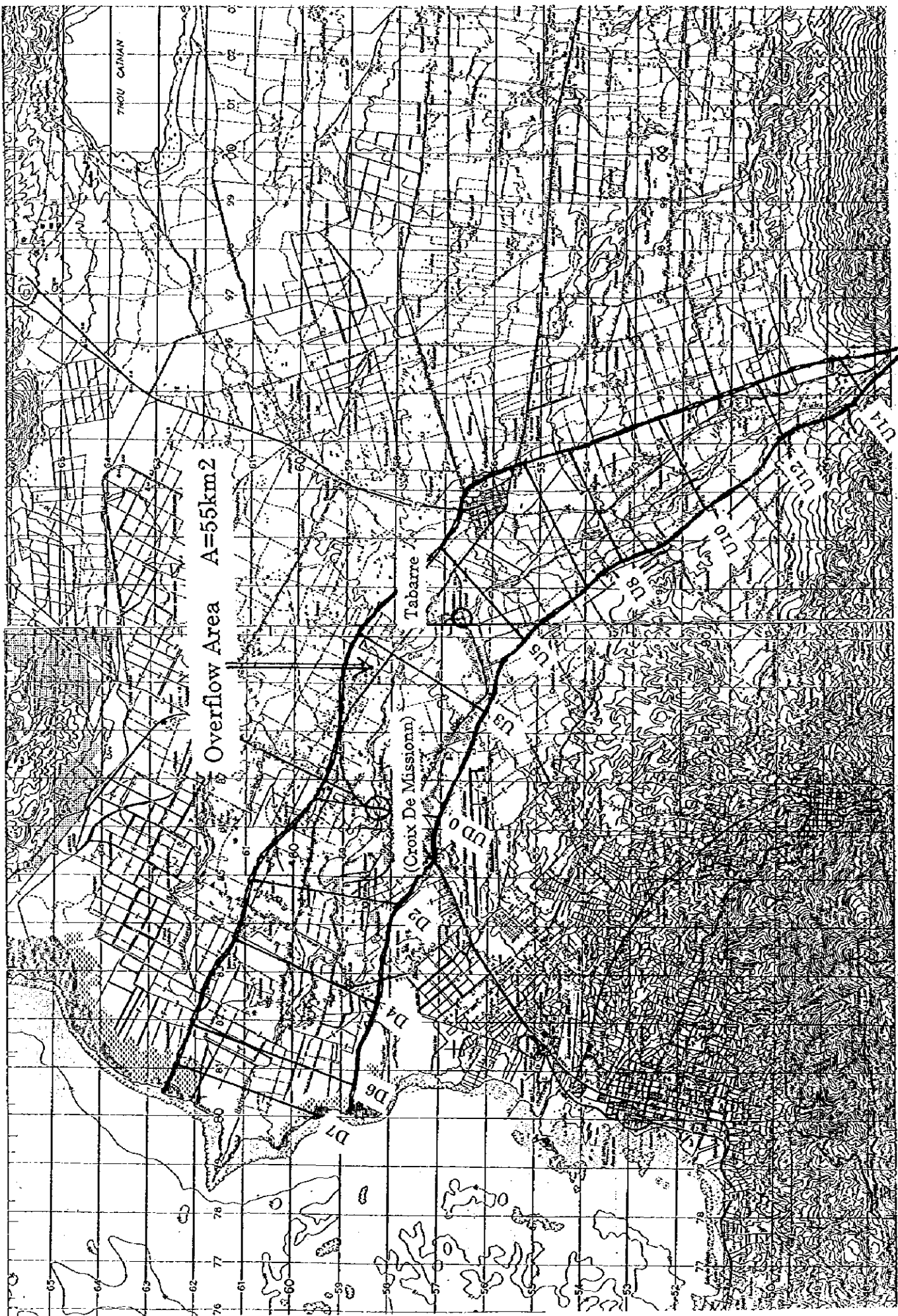


Figure .2 Overflow Area

SCALE=1 / 100000









JICA