

# 常水位ニ於ケル信濃川ノ流量

工學士 山 口 昇

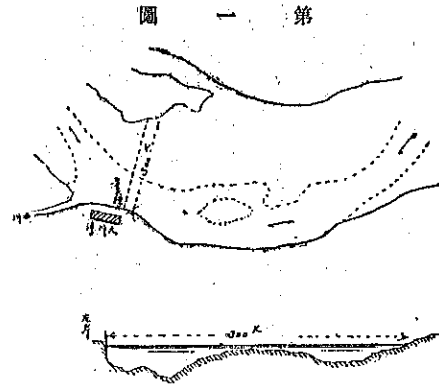
信濃川分水工事計畫ノ際ニ於ケル最大洪水量ハ約二十萬個ト推定セラレタレトモソノ常水位附近ニ於ケル流量ニ關シテハ確固タル決定無カリキ今度分水工事竣工後舊信濃川大川津(分水口所在地)以下ニ於テ灌漑及航行ニ必要ナル水位及流量ヲ決定シコレニヨリテ新川分水口ニ設クヘキ床固堤ノ高サヲ定ムヘキ必要上主トシテ常水位附近ニ於ケル流量ノ測定ヲナシタリコレ全ク前述ノ灌漑及航行ニ必要ナル水位ハ數年來ノ調査ニ依ルニホ、常水位ノ附近ニアルコトヲ推知スルヲ得レハナリ

## (一) 流量測量ヲ行ヘル個所ニ於ケル河川ノ性質

流量測量ヲ行ヘル個所ハ三島郡大河津村大川津量水標上流約二十間ノ所ニシテ信濃川ハ此處ニ大ナル半徑ヲ有スル緩キ曲線ヲナス從ツテ其河身一方ニ偏シタリ其平水位ニ於ケル川幅ハホ、三百間ヲ上下シ平均水深凡三尺三寸ヲ有ス (第一圖參照)

今此斷面ニ附キテ詳細ニ檢スル時ハ左岸ニ偏セル本流ノ外ニ右岸ニ近ク又一小流アリ中央部ハ著シク淺クシテ水位低落セル際ニ於テハ往々水上ニ露出シ事實上二川ヲ爲スコト有リ又水底露出スルニ至ラサルモ低水位ニ於テハ此ノ附近ノ亂流ヲ免レス斷面ニ於ケル地質ハ水底ノ部分ハ

殆ント凡テ細砂ニシテ出水毎ニ多少形状及大サニ變化ヲ生ス從ツテ流量測定ニハ理想的ノ位置ニアラサルモノノ如ケレ共附近ニ適當ナル個所ヲ發見スル事ヲ得サリシ爲メ此ノ断面ヲ探ルコトトセリ



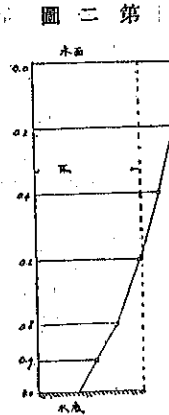
大川津量水標附近ニ於ケル常水位ハ明治三十年以降同四十四年ニ至ル十五ケ年ノ觀測ノ結果ニヨルニ四尺二寸一分二厘ヲ示ス低水位ハ一尺三寸八分高水位ハ十四尺以上ニ達ス夏季灌漑及航行ニ利用ノ方面ヨリホ、標高四尺八寸八分ヲ以ツテ標準水位ト假定スルヲ得ヘク從ツテ此等ノ水位ニ對スル流量ハ殊ニ正確ナル結果ヲ必要トスルモノトス

## (二) 流量測定ノ方法

流量測定ニ用ヒタル流速測定器械ハ「*Wolman's Tachometer*」(購入年月不詳)ニシテ其係數決定ハ恰カモ分水路掘鑿中ナリシヲ以テ掘鑿水路ニ湛水十尺以上ニ及ヒシ個所ニ二百尺ノ距離ヲ取り其間ヲ小舟(俚俗三間半ト稱スルモノ)ノ舳艫ニ綱ヲ附シ殆ント等速度ヲモツテ牽カシメテ前記二百尺ノ距離ヲ通過スル間ニ回轉セル數トソレニ要シタル時間トヨリ最小自乘法ヲモツテ算定セリ

流速測定ハ撰定位置ニ銅線ヲ張り渡シ左岸ヨリ十間毎左岸ニ接シタル部分ハ流速ニ急激ナル變化アルヘキニヨリ殊ニ五間トス(ニ分チテ各部分ノ中央ニ於テ流速ヲ測定シ是レヲ其ノ部分ノ平均流速ト見做シタリ而シテ是等ノ平均流速ニ夫レニ相應セル斷面積ヲ乘シテ流量ヲ得ルナリ各部分ニ於ケル平均流速ノ決定ハ始メはるらへる(*Barlacher*)ノ機械的積分法(*die mechanische Integration*))

三從ヒ流測計ヲ水面ヨリ等速ヲ以ツテ水底ニ降下セシメ縦速曲線 (Vertical Velocity Curve) ノ樹立自積分ヲ行ヒ降下中ニ爲シタル回轉ノ數ト降下ニ要シタル時間トヨリ一舉ニシテ平均流速ヲ得ル方法ヲ採ラムトシタレトモ水流早キ爲メト水底近キ部分ハ常ニ多少ノ砂轉々シテ器ノ充分ニ水底ニ達セサル中ニ齒車等ニ砂入り故障多ク好結果ヲ得サルニヨリ各部分ニ於テ其水深ノ二割四割六割八割九割及ヒ表面ノ六ヶ所ニ於テ各々百秒間ニ於ケル回轉數ヲ測リコレニヨリテ縦速曲線ヲ描キテコノ曲線ノ包ム面積ヨリ平均流速ヲ求メタリ但縦速曲線ノ底部ハ八割及ヒ九割ノ水深ニ於ケル流速ヨリ推定シテ縦速曲線ヲ完結セシメタリ(第二圖參照)勿論斯クノ如キ方法ニ依ルトキハ測定ニ自ラ長時間ヲ要シ從ツテ測定中ニ起ル水位ノ變化ノヤ、大トナル不便アリ今實際縦速曲線ヲ描キテ見ルトキ從來使用セラル、平均流速算出ノ公式



深ニ於ケル流速ヨリ推定シテ縦速曲線ヲ完結セシメタリ(第二圖參照)勿論斯クノ如キ方法ニ依ルトキハ測定ニ自ラ長時間ヲ要シ從ツテ測定中ニ起ル水位ノ變化ノヤ、大トナル不便アリ今實際縦速曲線ヲ描キテ見ルトキ從來使用セラル、平均流速算出ノ公式

$$(1) \quad V_m = V_{0.6}$$

$$(2) \quad V_m = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

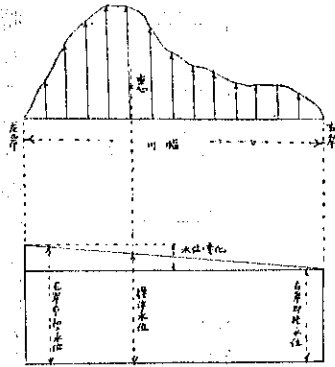
$$(3) \quad V_m = \frac{V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8}}{4}$$

$$(4) \quad V_m = \mu V_{max}$$

但  $V_{0.2}$ 、 $V_{0.4}$ 、 $V_{0.6}$  等ハ夫レ夫レ水深ノ二割四割六割等ノ深サニ於ケル流速ヲ示ス等カ殆ント正確ニ信濃川ニモ當嵌マル事ヲ知ルヲ得タリ殊ニ簡單ナル(1)式即縦速曲線ヲ對數曲線又ハ最大速度ヲ軸トセル水平ばらばら等ト假定シテ其平均流速ヲ理論上ヨリ算出セルモノカ

大ニ信賴ズルニ足ル事ヲ知レリ從ツテ水深小ニシテ前記ノ如キ各水深ニテ測定スル事ノ困難ナル所ハ是ヲ以テ平均流速ト見做シタリ(4)式即わぐねる (Wagener)ノ最大流速ヨリ平均流速ヲ算出スル式ハ信濃川ニ於テハ係數 $\mu$ ノ値〇・七七五ヲ以ツテ適當トスル事ヲ知レリ  
 當流量測量ニ於テ最モ困難ヲ感シタルハ流速測量中ニ生セル水位ノ變化ノ處分ニ在リ流速測量中ニ於ケル水位ノ變化ハ多クハ僅少(三)測量ノ結果參照ナルヲ以テ其間ニ於テ水位ハ時間ニ對シテ等變スルモノト假定セリ而シテ今斷面ノ一端ヨリ他端ニ至ルマテノ流量ヲ縱距トシテ流量ノ曲線ヲ描キ其曲線ト横軸トノ圖ニ面積ノ重心ノ位置ニ相當スル水位ヲ以テ其流量測定中ノ標準

第三圖



水位ト定メタリ(第三圖參照)

當流量測量ハ大正三年八月六日ヨリ開始シ同年十月二十五日ヲ以テ終了セリ其間屢々出水ニ遭遇シタル爲メ其都度斷面ノ形狀ニ多少ノ變化ヲ來タセリ  
 斷面測量ヲナセシ事前後六回流速測量ヲ行ヒシ事二十回トス  
 流速測定中流速計ニ故障ヲ生シタル爲メ修繕セル事二回其都度係數決定ヲ行フ今流速ト回轉數トノ關係ヲ示ス時ハ次キノ如ク何レモ直線式ヲ採用シタリ

$$V_1 = 1.326 \omega + 0.139$$

$$V_2 = 1.329 \omega + 0.275$$

$$V_3 = 1.341 \omega + 0.0104$$

但 $V$ ハ流速(尺/秒)  $\omega$ ハ回轉數(毎秒)

此等ノ三式ノ中 $V_2$ 及 $V_3$ ハ約十五回乃至二十回ノ觀測ノ結果ヨリ最小自乘法ニ依リ算出シタルモ

ノニテ尺ハピエンそんノ簡便計算法ヲ用ヒタリ

(三) 測量ノ結果

二十回ノ流速測量ノ結果及各測量中ニ於ケル水位ノ變化ハ次表ニ示ス如シ

番 號	水 位 (尺)	斷 面 積 (平方尺)	平均流速 (尺/秒)	流 量 (立方尺/秒)	√ 流 量
I 1	3.86	4789	2.195	10512	102.5
I 2	3.36	4182	2.245	9390	96.8
II 1	4.256	6055	1.963	11883	109.0
II 2	4.18	5977	1.904	11379	106.7
II 3	4.73	7021	1.920	13477	116.09
III 1	4.743	16607	2.318	15316	123.759
III 2	4.60	6333	2.280	14440	120.169
III 3	4.365	5887	2.277	13403	115.77
III 4	4.188	5591	2.258	12624	112.357
III 5	4.059	5382	2.108	11343	106.504
III 6	3.949	5138	2.038	10469	102.318
IV 1	5.150	6972	2.527	17618	132.733
IV 2	4.510	5766	2.288	13190	114.848
IV 3	4.520	5787	2.356	13636	116.773
V 1	5.260	7393	2.351	17384	131.847
V 2	4.29	5601	2.260	12659	112.512

論 說 常水位ニ於ケル信濃川ノ流量

流速測定中ノ水位ノ變化

VI 3	4.60	6267	2.090	13101	114.460
VI 2	4.910	6770	2.116	14325	119.687
VI 1	5.37	7689	2.326	17886	133.739
V 3	6.18	9154	2.530	23161	152.187

番 號	測 量 開 始 時ノ水位	測 量 終 了 時ノ水位	水 位 差	標 準 水 位	備 考
I 1	四・一〇	三・七〇	〇・四〇	三・八六	測定二日ニ亙ル、前日ハ四・一〇一三・七〇、 測定一日
I 2	三・三〇	三・五〇	〇・二〇	三・三八	
II 1	四・二六	四・二五	〇・〇一	四・二五六	
II 2	四・一七	四・二〇	〇・〇三	四・一八	
II 3	四・八〇	四・六五	〇・一五	四・七三	
III 1	四・七六	四・七〇	〇・〇六	四・七四三	
III 2	四・六二	四・五五	〇・〇七	四・六〇	
III 3	四・三八	四・三三	〇・〇五	四・三六五	
III 4	四・二〇	四・一六	〇・〇四	四・一八八	
III 5	四・〇六	四・〇四	〇・〇二	四・〇五九	
IV 1	三・九五	四・九四	〇・〇一	三・九四七	
IV 2	五・一八	五・〇八	〇・一〇	五・一五	
IV 3	四・五三	四・四五	〇・〇八	四・五一	
IV 3	四・五二	四・五二五	〇・〇〇五	四・五二	

IV	V	V	V
3	2	1	3
四・六二	四・九二	五・四三	五・二七
四・五五	四・八八	五・二二	五・二三
〇・〇七	〇・〇四	〇・二一	〇・〇四
四・六〇	四・九一	五・三七	五・二六
〇・〇〇	〇・〇〇	〇・〇〇	〇・〇〇

右測量ノ結果ヲ示スニツノ表ニ於ケル I II III 等ノ數字ハ夫レ夫レ同一形狀ノ断面ヲ有スルモノ  
 ニシテさふらぐす 1 2 3 等ハ各断面ニ於ケル測定ノ番號ナリ  
 以上ノ結果ヲ一度圖面上ニ描キ見ル時ハ I II III 等ノ各断面ニ相當スル各族ハ各々同一ノ性質ヲ  
 有スル事ヲ推知スルニ難カラスコノ事ハ断面積平均流速流量ノ何レニ於テモ然リ然シテ各族間  
 ニ於テ多少ノ差異ヲ有スル所ヲ以ツテ見ルニ當信濃川ノ流速流量等ハ其断面ノ變化ニ伴ヒ多少  
 ノ振動現象 (Pulsation) ヲ呈シツ、アリト思意セラル之レはるらへるカ同一断面ニ付イテスラ水  
 面及水底ニ近キ部分ノ流速ヲ親シク觀測シテ此ノ事有ルヲ發見セルニ徴シテモ容易ニ推知セラ  
 ル  
 今断面積ヲ横軸ニ取り水位ヲ縦軸ニトリテ断面積曲線ヲ描クトキハ諸先輩ノ研究ニヨルニ一般  
 ニ次ノ如キ形ノ方程式ヲ以ツテ表ハス事ヲ得

$$AB^n = ah + b$$

但

$$AB = \text{断面積 (平方尺)}$$

$$h = \text{水位 (尺)}$$

$$a, b = \text{定數}$$

論說 常水位ニ於ケル信濃川ノ流量

$$n \vee 1$$

各断面 I II III 等ニ就イテ見ルニ附圖第一ニ示ス如クホ、ニ $\Gamma$ ノ直線ヲ爲ス事ヲ知ル今試ミニ圖上ニ於テ I II III 等ノ各断面ノ平均ノ位置ニ直線ヲ引ク時ハ凡附圖ノ如キモノヲ得平均流速ヲ横軸ニトリ水位ヲ縦軸ニトリテ描キタル平均流速曲線ハ一般ニ次ノ如キ方程式ニテ表ハスコトヲ得

$$V^n = aV + b$$

$$V = \text{平均流速 (尺/秒)}$$

$$V_0 = \text{水位 (尺)}$$

$$a, b \text{ ハ定數}$$

$$1 \vee n \wedge 2$$

今 I II III 等ノ各族ヲ見ルニ或モノハ $\Gamma$ ニ近ク或モノハ $\Gamma$ ニ近ク又或モノハ水位ノ上昇ニ因リ流速ニ變化殆ント無キモノアリ甚シキニ至リテハ却ツテ減少ヲ來タセル如キ奇觀ヲ呈スコレ斷面積流速流量三曲線中流速曲線ハ水位ノ上昇ノ場合下降ノ場合等其他種々ノ複雑ナル原因ニヨリ最モ不確實ナルモノナルヘキ事ヲ示スモノニシテソノ水位ノ上昇ニヨリテ却ツテ流速ニ減少ヲ來タシタルモノ等ハ流速測定中ト雖モ常ニ多少断面ノ變化ヲ爲シツ、アルカ爲メ數日間ニ亙リ同一断面ノ形狀ヲ維持スル事理論上アリ得ヘカラサルニ因リ河床洗掘セラレテ斷面積増加シタルモノヲ同一族ト見做シタル結果ニ歸因スルモノニ非サルカ今試ミニ I II III 等ノ各族ヲ通シテ圖面上ニ於テ最モ確カラシキ曲線ヲ引クトキ附圖第二ノ如キ直線ヲ得

流量ヲ横軸ニトリ水位ヲ縦軸ニトリ描キタル流量曲線ハ一般ニ次ノ如キ方程式ニテ表ハス習慣ナリ



但

$$Q = a(b+h)^m$$

$$Q = \text{流量 (立方尺/秒)}$$

$$h = \text{水位 (尺)}$$

$$a, b, m \text{ ハ定數 (} m \text{ ハ 2ノ附近ノ數)}$$

今 I II III 等ノ各族ニ附イテ見ルニ各々一ツノ系統ノ下ニアル如ク何レモホ、 $m$ ニ近キばらばらヲナス各族ヲ通シテノ最モ確カラシキ曲線モ亦 $m$ ノばらばらニ近キモノナル事斷面積及平均流速曲線カ何レモ一次式ニシテ流量ハソレ等ノ相乗積タルヘキニヨリ知ル事ヲ得尙此ノ曲線ニ關シテ委シキ事ハ次節ニ述フル如シ

## (四) 流量曲線

流量曲線ノ理論ニ就キテハ從來大陸ニ於テハ屢々論セラレ工學士金森鐵太郎氏工學士衣川清一氏ハ工學會誌上ニ於テ詳論セラル今其等結論ノ結果ヲ信濃川ニ應用シテ比較的信頼スルニ足ルヘキ流量曲線ヲ見出サントス  
 河川ノ斷面ヲ見ルニ底水部ハ凡ばらばらヲナセ共川身彎曲セル爲メ其軸著シク一方ニ偏シテ對稱ノ形ヲ有セス且平水部ニ至レハ一方ハ急勾配ヲ爲ス堤防ニ接スルニ係ラス他岸ハ尙自然的勾配ヲナス堤外地ナル有様ニテ此レヲ數學的ニ取扱ヒ流量ト水位トノ關係ヲ斷面ヨリ見出ス事困難ナリ因ツテはるらッヘるノ說ニ從ヒ流量ト水位トノ關係ヲ次ノ如キ方程式ニテ表ハシ得ルモノト假定シテ其定數ヲ定ム

$$Q = a(b+h)^m$$

$$Q = \text{流量}$$

$$h = \text{水位}$$

但

$a, b, m$ ノ定數 ( $m$ ノ2ノ階近ノ數)

今右式ニ於テ  $Q$  ト  $h$  トニ二十回ノ觀測ノ結果ヲ適用シテ得タル二十個ノ方程式ニ最小自乘法ヲ適用シテ  $a, b, m$  ノ最モ確カラシキ値ヲ得ントス最小自乘法ヲ適用スル爲メニハ上式ヲ一次式ニスル事ヲ要シ其レカ爲メニハ此ノ場合ニ於テハ對數ヲ用ヒテ展開スルヲ便トス(勿論コノ際嚴密ニ云フ時ハ  $Q$  ノ最モ確カラシキ値ヲ求ムヘキニ  $\log Q$  ノ最モ確カラシキ値ヲ求ムル爲メ理論上ノ陷缺ヲ免レス然レ其實際上ニハコレ大ナル誤ナシト云フ)

流量曲線ノ方程式ヲ對數ヲ用ヒテ展開スルニ先チ豫メ  $a, b, m$  ノ近似値ヲ求ムルコトハ種々ナル點ニ於テ有效ナリ即從來多クノ例ヲ見ルニ常數  $m$  ノ値ハ殆ント2ニ近キ値ヲ有スル事多シ(コノ事ハ河川ノ断面ヲ最モアリフレタル形即ばらばら或ハ長方形トスル時理論上ヨリモ證スルコトヲ得ル事金森氏ノ詳論セラル、如シ)從ツテ今流量曲線ノ方程式ニ於テ  $m=2$  ト假定シコノ場合ニ於ケル  $a$  ノ値ヲ  $a_1, b$  ノ値ヲ  $b_1$  トシテ  $a_1$  及  $b_1$  ノ値ヲ求ムル時ハ次ノ如シ

$$Q = a_1(b_1 + h)^2$$

$$\sqrt{Q} = Ak + B$$

$$a_1 = A^2$$

$$b_1 = \frac{B}{A}$$

但

(コノ場合  $Q$  ノ最モ確カラシキ値ノ代リニ  $Q$  ノ夫レヲ求ムル爲メニ理論上ノ陷缺ヲ免レス)

番 號	$h$ or 水位(尺)	$\sqrt{Q}$ or $\sqrt{流量}$	$h^2$ or (水位) <sup>2</sup>	$h\sqrt{Q}$
1	3.33	96.8	11.4244	327.184
2	3.86	102.5	14.8996	395.650

3	3.947	102.318	15.578809	403.849146
4	4.059	106.504	16.475481	432.299736
5	4.18	106.70	17.4724	446.006
6	4.188	112.357	17.539344	470.551116
7	4.256	109.00	18.113536	463.904
8	4.290	112.512	18.4041	482.67648
9	4.365	115.77	19.053225	505.33605
10	4.510	114.848	20.3401	517.96448
11	4.52	116.773	20.4304	527.81396
12	4.60	114.460	21.160	526.516
13	4.60	120.169	21.160	552.7774
14	4.73	116.09	22.3729	549.1057
15	4.743	123.759	22.496049	586.988937
16	4.91	119.687	24.1081	587.66317
17	5.15	132.733	26.5225	683.57495
18	5.26	131.847	27.6676	693.51522
19	5.37	133.739	28.8369	718.17843
20	6.18	152.187	38.1924	940.51566
$\Sigma$	91.098	2340.753	422.247844	10812.070435

$$A = \frac{20 \times 10812.070435 - 91.098 \times 2340.753}{20 \times 422.247844 - 91.098 \times 91.098} = 20.556$$

587.

588

$$B = \frac{422.247844 \times 2340.753 - 91.098 \times 10812.070435}{\quad} = 23.406$$

$$a_1 = A^2 = 20.556 \times 20.556 = 422.549136$$

$$b_1 = \frac{B}{A} = \frac{23.406}{20.556} = 1.1386(1.139)$$

$$Q = 422.549(1.139 + h)^2$$

今試ミニコノ式ニヨリテQノ値ヲ求ムル時ハ次ノ如シ

番 號	$h$	$h + 1.139$	$(h + 1.139)^2$	$Q = 422.549 \times (h + 1.139)^2$
1	3.0	4.139	17.131321	7238.822
2	3.5	4.639	21.520321	9093.390
3	4.0	5.139	26.409321	11159.232
4	4.5	5.639	31.798321	13436.348
5	5.0	6.139	37.687321	15924.734
6	5.5	6.639	44.076321	18624.405
7	6.0	7.139	50.965321	21535.345

コノ値ニヨリテ流量曲線ヲ引クトキハ附圖第三ノ點線ニテ示ス如キ曲線トナル  
 流量曲線  $Q = a(h + b)^m$ ニ於テ最モ變化ヲ受クル事少ナキ常數ハ $b$ ナリ從ツテ先ニ求メタル $b_1$ ヲ用  
 七

$$Q = a(b_1 + h)^m$$

$$b = b_1 + \eta$$

トシ  $\eta < 1$  ナラシムル事容易ナリ

$$\begin{aligned} \log Q &= \log a + m \log (b_1 + \eta + h) \\ &= \log a + m \left[ \log (b_1 + h) + \frac{d \log (b_1 + h)}{d h} \eta + (\eta^2 \text{以上ノ項}) \right] \\ &= \log a + m \left[ \log (b_1 + h) + \frac{\eta}{b_1 + h} + m(\eta^2 \text{以上ノ項}) \right] \end{aligned}$$

$\eta < 1$  ナル爲メ  $\eta$  以上ノ項ハ省略シテ可也

$$\log Q = \log a + m \left[ \log (b_1 + h) + \eta \frac{M}{b_1 + h} \right]$$

or  $q = aX + \beta Y + \gamma Z$

但  $X = \log a, \quad Y = m,$

$q = \log Q, \quad a = 1,$

$Z = m \cdot \eta \cdot M$

$\beta = \log (b_1 + h),$

$\gamma = \frac{1}{b_1 + h}$

$M = \text{modulus} = 0.434295$

計算ヲ簡單ニスル爲メニ先ニ求メタル  $m, a_1$  ヲ用ヒテ次キノ如キとらんす  $\eta$  一し  $\eta$  ヲ用フ

$X = X_1 + \alpha$

但  $X_1 = \log a_1 = \log 432.549 = 2.6258771$

$Y = Y_1 + \gamma$

$Y_1 = m = 2$

$Z = Z_1 + z$

$Z_1 = m M \eta = m M \times 0 = 0$

然ル時ハ方程式ハ

$$q = X_1 + \alpha + \beta(X_1 + y) + r(Z_1 + z)$$

$$\alpha + \beta y + r z + \{ (X_1 + \beta X_1 + r Z_1) - q \} = 0$$

or  $\alpha + \beta y + r z + l = 0$

$$l = (X_1 + \beta X_1 + r Z_1) - q$$

今此ノ式ヲ廿回ノ觀測ノ結果ヲ應用シテ常數 $\alpha, \beta, \gamma$ 及 $l$ ノ値ヲ求メ $\beta, \gamma$  及  $l$  ノ 値

No.	$b_1 + h$	( $\beta$ ) $\log (b_1 + h)$	$\log \frac{1}{b_1 + h}$	( $\gamma$ ) $\frac{1}{b_1 + h}$	$\beta X_1$	$r Z_1$	$\log Q$ or $q$	$X_1 + \beta X_1 + r Z_1$	(1) $(X_1 + \beta X_1 + r Z_1) - q$
1	4.999	.69888331	1.3011169	.20004	1.3977662	0	4.0216854	4.0236433	+ .0019579
2	4.519	.6550423	.3449577	.22139	1.3100846	0	3.9726656	3.9359617	-.0367039
3	5.395	.7319914	.2680086	.18536	1.4639828	0	4.0749261	4.0898599	+ .0149338
4	5.319	.7258300	.274170	.18801	1.4516630	0	4.0561041	4.0775371	+ .0214335
5	5.869	.7685641	.2314359	.17039	1.5371282	0	4.1295932	4.1630053	+ .0334121
6	5.882	.7695250	.230475	.17001	1.5390500	0	4.1851454	4.1649271	-.0202183
7	5.739	.7588362	.2411638	.17425	1.5176724	0	4.1595672	4.1435495	-.0160177
8	5.504	.7406784	.2593216	.18169	1.4813668	0	4.1272020	4.1072339	-.0199681
9	5.327	.7264827	.2735173	.18772	1.44529654	0	4.1011970	4.0788425	-.0223545
10	5.198	.7158363	.2841637	.19238	1.4316726	0	4.0547279	4.0575497	+ .0028218
11	5.088	.7065471	.2934529	.19654	1.4130942	0	4.0209052	4.0389713	+ .0180661
12	6.289	.7985816	.2014184	.15901	1.5971632	0	4.2459566	4.2230403	-.0229163
13	5.649	.7519716	.2480284	.17702	1.5039432	0	4.1202448	4.1298203	+ .0095755
14	5.659	.7527397	.2472603	.17671	1.5074794	0	4.1346870	4.1333565	-.0013305

15	6.399	.8061121	.1938879	.15628	1.6122242	0	4.2401497	4.2381013	-.0020484
16	5.429	.7347198	.2652802	.18420	1.4694396	0	4.1023994	4.0953167	-.0070827
17	7.319	.8644517	.1365483	.13663	1.7289084	0	4.3647573	4.3547805	-.0099768
18	6.509	.8135143	.1864857	.15363	1.6270286	0	4.2525132	4.2529057	+ .0003925
19	6.049	.7816836	.2183164	.16532	1.5633672	0	4.1560946	4.1892443	+ .0331497
20	5.739	.7588362	.2411638	.17425	1.5176724	0	4.1173044	4.1435495	+ .0262451

ノルマニ出離式 (Normal Equation)

$$\begin{aligned}
 & [\alpha \alpha] x + [\alpha \beta] y + [\alpha \gamma] z + [\alpha l] = 0 \\
 & [\alpha \beta] x + [\beta \beta] y + [\beta \gamma] z + [\beta l] = 0 \\
 & [\alpha \gamma] x + [\beta \gamma] y + [\gamma \gamma] z + [\gamma l] = 0
 \end{aligned}$$

ヲ求ムル事及正當式ノ解法次表ノ如ク  
正當式ヲ求ムルコト

No.	$\alpha$ or $\alpha^2$	$\beta$ or $\alpha\beta$	$\gamma$ or $\alpha\gamma$	$l$ or $\alpha l$	$\beta^2$	$\beta\gamma$	$\beta l$	$\gamma^2$	$\gamma l$
1	1	0.69888831	0.20004	+ .0019579	.4877394	.13980455	+ .0013883	.040016002	+ .00039166
2	1	.6550423	0.22139	-.0367039	.4290700	.14501975	-.0240426	.049013532	-.00812587
3	1	.7319914	0.18536	+ .0149338	.5353108	.13568185	+ .0109315	.03438530	+ .00276813
4	1	.7258300	.18801	+ .0214335	.5268292	.13646689	+ .0155571	.03534776	+ .00403771
5	1	.7685641	.17039	+ .0334121	.590691	.13085562	+ .0256303	.029032752	+ .00569309
6	1	.7695250	.17001	-.0202183	.5921687	.13074694	-.0155585	.028903400	-.00343731
7	1	.7588362	.17425	-.0160177	.5753321	.13222717	-.0121548	.030363063	-.00279108

191

592

8	1	7406784	18169	-0199681	5486039	13457378	-0147899	033011256	-0036380
9	1	7264827	18772	-0923545	5277775	13637539	-0162402	035238798	-00419638
10	1	7158363	19238	+0023218	5123212	13771153	+0021995	037010064	+00054286
11	1	7065471	19654	+0180661	492687	13886475	+0127645	038627972	+00355071
12	1	7985816	15901	-0229163	6377332	12693252	-0183005	025384180	-00364392
13	1	7519716	17702	+0095755	5654619	13311408	+0072005	031336080	+00169505
14	1	7527397	17671	-0013305	5666175	13301663	-0010015	031226424	-00023511
15	1	8061121	15628	-0020484	6493165	12577918	-0016512	024423438	-00032012
16	1	7347198	18420	-0070827	5393135	13533542	-0052038	03392964	-00130463
17	1	8644517	13663	-0099768	7472773	11811007	-0086234	018667757	-00136313
18	1	815143	15363	+0003925	6618049	12498015	+0003193	023602177	+00006030
19	1	7816836	16532	+0331497	6610299	129222800	+0259125	027330702	+00548031
20	1	7588362	17425	+0262451	5758320	13222717	+0199157	030353063	+00457321
Σ	20	15.06827	3.55083	+0.0033708	1.3814992	2.65730149	+0.042828	63707636	-0002525

出題係

No.	x	y	z	檢	算
(1)	20.00000	15.0683	3.55083	00337	38.6225
(2)	15.0683	11.3815	2.6573	00428	29.1138
(3)	3.55083	2.6573	637076	000253	6.844953

出題係



(4)	1	.753415	.1775415	.0001685	1.931125
(5)	15.0683	11.3526832445	2.67524858445	.00253900855	29.0987708375
(2)	15.0683	11.38150	2.6573	.00428	29.11138
(6)	0	.0388167555	-.01794858445	.00174099145	.0126091625
(7)	3.55083	2.67524858445	.630419684445	.000598314855	6.85709658375
(3)	3.55083	2.6573	.637076	.000253	6.844953
(8)		-.01794858445	.006656315555	-.000851314855	-.01214358375
(9)		1	-.632852369692	.0604159427316	.4375635730393
(10)		-.01794858445	.011179318357	-.0010843806502	-.007853646743
(8)		-.01794858445	.006656315555	-.000851314855	-.01214358375
		0	-.004523002802	.0002330657952	.004289937007
			1	-.0515290	.948471

$$z = -(-.0515290) = .051529$$

$$y = -.051529 \times (-.62285237) = .0604159 = -.02832094$$

$$x = -(-.02832094) \times .753415 = .051529 \times .1775415 = .01218888$$

$$\log a = X = X_1; x = 2.6358771 + .01218888 = 2.638066$$

$$m = Y = Y_1 + y = 2 - .02832094 = 1.97167906$$

$$m \gamma M = Z = Z_1 + z = 0 + .051529 = .051529$$

$$a = 434.576$$

$$m = 1.97168$$

論 說 常水位ニ於ケル信濃川ノ流量

$$n = \frac{.0515290}{1.97168 \times 434295} = .06017698$$

$$b_1 + n = 1.139 + 0.06017698 = 1.19917698$$

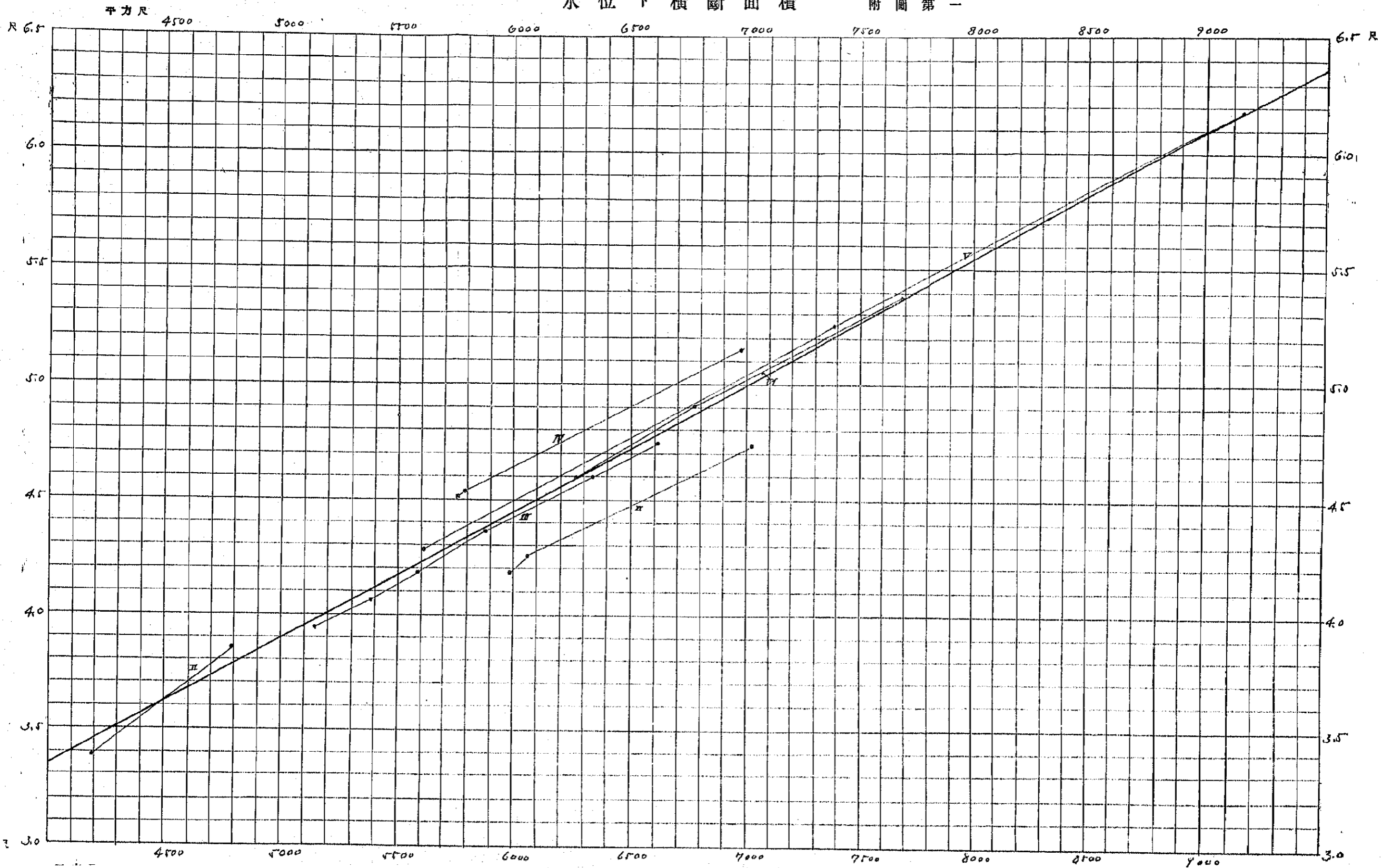
$$Q = 434.576(h + 1.199177)^{1.97168}$$

今この式ニヨリテ三〇尺ヨリ六〇尺ニ至ル間ノ水位ニ對スル流量ヲ計算スルトキハ次ノ如シ

No.	h	h+1.19918	log(h+1.19918)	1.9716 log(h+1.19918)	log 434.576	log Q	Q
1	3.0	4.19918	.6231645	1.22868998	2.6380660	3.86674698	7357.78
2	3.5	4.69918	.6720221	1.32501250	"	3.9630785	9184.99
3	4.0	5.19918	.7159349	1.4115345	"	4.0496005	11209.9
4	4.50	5.69918	.7558125	1.49022039	"	4.12828539	13436.5
5	5.0	6.19918	.7923343	1.56322969	"	4.20129569	15896.3
6	5.5	6.69918	.8260217	1.62866505	"	4.2667165	18480.6
7	6.0	7.19918	.8572831	1.6902879	"	4.3283539	21298.70
尙常水位(四一一)及床面假定高四八八ニ於ケル流量次ノ如シ							
8	4.212	5.41118	.738920	1.44581717	2.6380660	4.06388317	12130.7
9	4.88	6.07918	.7838451	1.5454927	"	4.1385587	15260.2

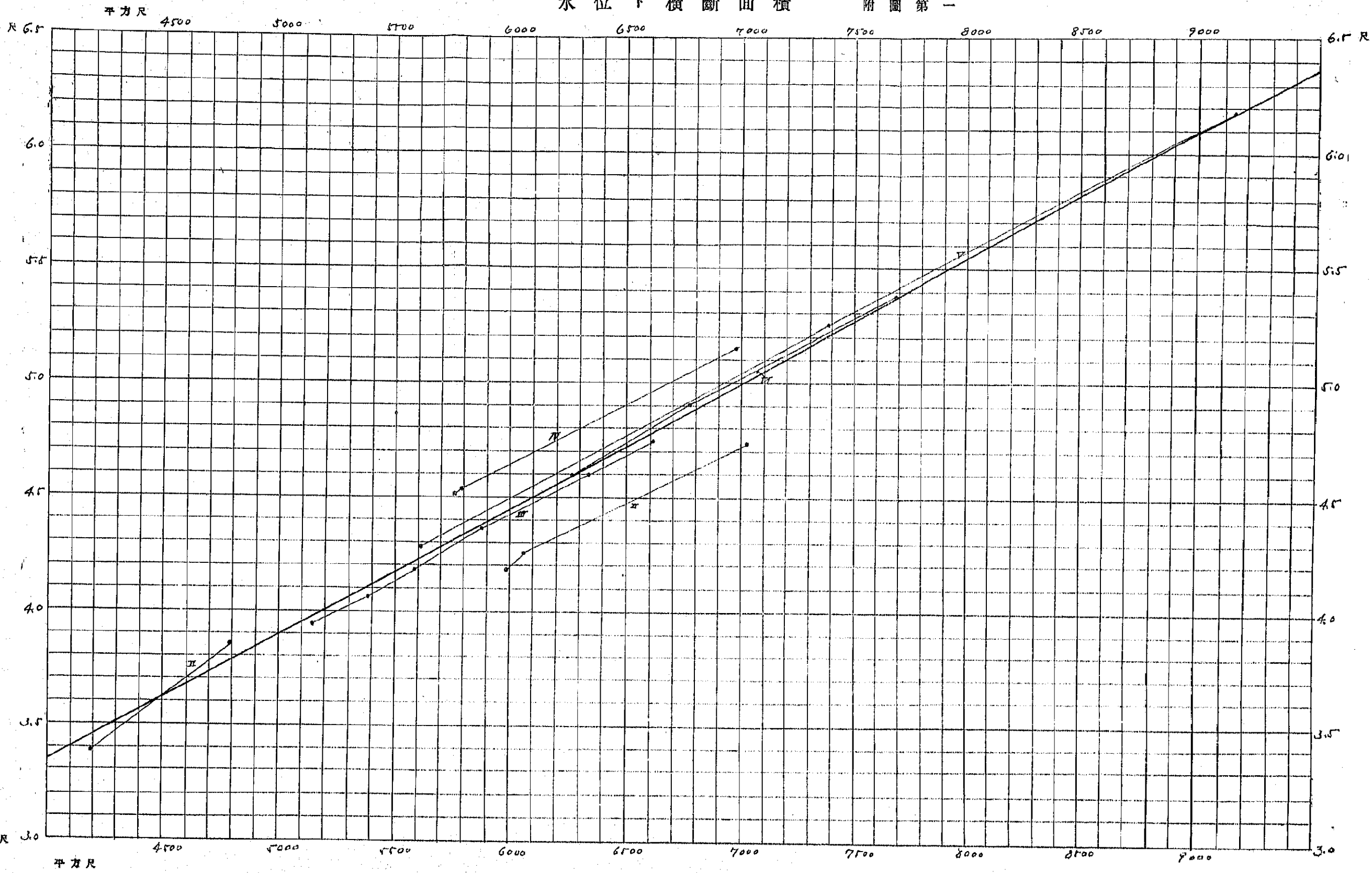
コレヲ圖上ニ曲線トシテ表ハストキハ附圖第三ノ如シ(定)

水位下横断面積 附圖第一

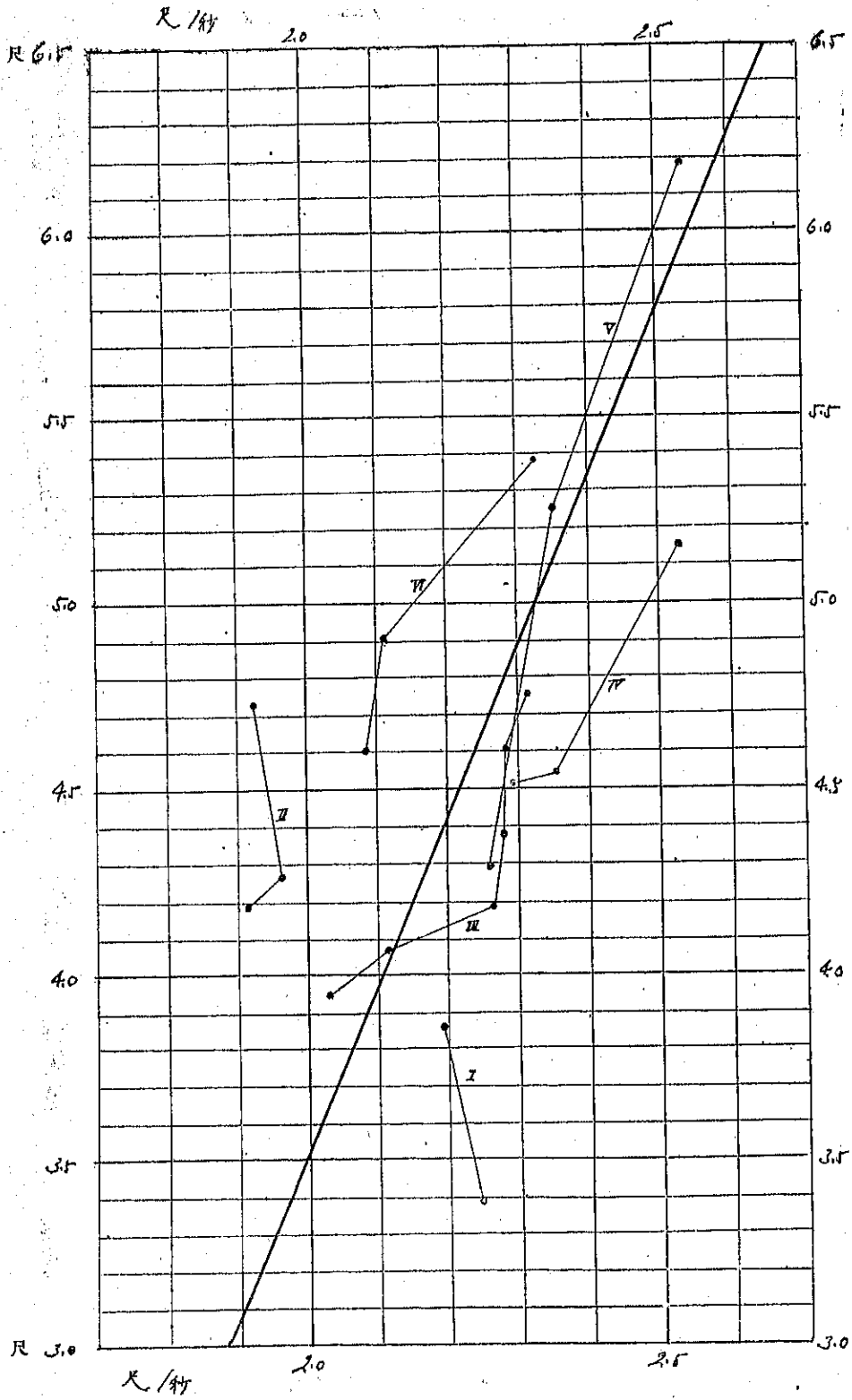


水位下橫斷面積

附圖第一



# 水位下平均流速 附圖第二



水位与流量 附圖第三

立方尺/秒

立方尺/秒

