

論 說

土木學會誌 第二卷第一號 大正五年二月

不定流 (UNSTEADY FLOW) ニ就テ

王學博士 市瀬恭次郎

緒 言

水路ニ向ヒ斷エス一定ノ水量ヲ供給スルトキハ水路ヲ流ル、水ハ定流 (Steady Flow) ノ狀態ヲ呈ス可ク水路若シ整正ニシテ其勾配齊一ナルトキハ定流ノ特種ノ場合ナル平速流 (Uniform Flow) ヲ現出スヘシ而シテ此場合ニアリテハ水面勾配ハ水路敷ノ勾配ニ並行シ同一ノ水量カ毎秒時間ニ水路ノ各斷面ヲ通過スヘキカ故ニ各斷面ノ平均流速ハ互ヒニ相均シカルヘシ

水路ノ内面カ完全ニ平滑ナルトキハ重力ハ動水ノ流速ヲ促進スヘキ譯合ナルヲ以テ整正ナル水路ニ於ケル動水ノ流速ノ齊一換算スレハ平速流ノ現出ハ全然水路ノ水面ニ起ル抵抗力ニ基因セサルヘカラス故ニ水路ノ長サ l ニ對スル水面ノ落差 h ニ基ク動水ノ加速 (Acceleration) ノ全部ハ水路ノ長サ l ニ沿ヘル摩擦カト恰モ相匹敵スルモノナルヘシ故ニ

W ニ毎秒時ニ水路ノ或ル斷面ヲ通過スル水ノ重量

F ニ水路ノ内面一平方尺ニ對スル抵抗力

ρ ニ斷面ノ濡潤周圍

v ニ斷面ヲ通過スル水ノ平均流速

トシ而シテ水路ノ内面ノ摩擦ハ l ノ長サニ直リ齊一ナリト假定スレハ l ニ對スル抵抗力ノ全量ハ $F \times l \times p$ トナリ水路ノ内面ニ沿ヘル流速ヲ假リニ平均流速 v ニ均シトスレハ反抗働ノ全量(Total resisting work)ハ $F \times p \times l \times v$ ナルヲ以テ

$$F p l v = W h$$

又タ水路ノ横斷水面積ヲ a トシ水ノ一立方尺ノ重量ヲ w トスレハ

$$W = w a v$$

ナルヲ以テ

$$F p l v = w a v h$$

又ハ

$$F p l = w a h$$

ヲ得故ニ

$$F = w \frac{a h}{p l}$$

此方程式中 $\frac{a}{p}$ ハ水路ノ動水平均深ヲ示シ h ハ其水面勾配ヲ現ハスモノナルヲ以テ動水平均深ヲ d ニテ示シ水面勾配ヲ s ニテ示ストキハ

$$F = w d s$$

トナリ而シテ此方程式ハ水路ノ内面一平方尺ニ對スル摩擦力ヲ殆ント正確ニ示セルモノナリトス

平均流速ニ關スル公式ヲ構成スルニハ l ト a トノ關係ヲ知悉セサルヘカラスト雖モ此關係ハ未ダ斯學界ニ於テ合理的(Rationally)ニ示サル、ニ至ラサルヲ以テ專ラ實驗ノ結果ニ俟タサルヘカラ

オトスレハ

此公式ノ形態ハちゞび氏ニヨリテ定メラレタルモノニシテ水路ノ動水平平均 d ト水面勾配 s トニヨリテ平均流速 v ヲ求メ得ヘキモノナリトス
 實驗上ヨリ定メラレタル C ニ關スル公式ノ中ニ就キ學界ニ廣ク用キラレツ、アルハばざん氏及ヒくつた 1 氏ノ公式ナリトス而シテ或ル程度ニマテ各種ノ水路ニ對シ最モ事實ニ近キハくつた 1 氏ニヨリテ定メラレタルモノナリト云ヘハ本論ニハ暫ク之ヲ使用スルコト、セリ其形態ハ次ノ如シ

$$v = C \sqrt{d s}$$

$$C_{\text{Ranz}} = \frac{1.817}{n} + \frac{41.79}{s} + \frac{0.00282}{s}$$

$$1 + \frac{n}{\sqrt{d}} \left(41.79 + \frac{0.00282}{s} \right)$$

此公式中ノ粗密率 n ハ水路ノ内面ノ粗密如何ニヨリテ變化スルモノナルヲ以テ或ル水路ニ相當スル n ノ價ハ實驗ニヨリテ定ムヘキモノナリトス

水路ヲ流ル、水力定流ノ状態ニアルトキハ茲ニ示セル所ノ公式ニヨリ或ハ實測ニヨリテ實際ニ近キ流速ヲ知ルコトヲ得ヘシト雖モ一朝洪水ニ際會スルカ若クハ潮汐ノ感及ニヨリ動水力定流ノ状態ヲ變シ水位ノ變動ニ伴ヒ流速カ刻々ニ變動スルニ當リ或ル水位ニ對スル實際ノ流速ヲ定ムルハ誠ニ困難ナリトス

不定流ノ場合ヲ研究スルニ先タチ動水ノ流速ヲ定ムヘキ一般公式ニ關シ數理上尙ホ研究ノ餘地ヲ存スト雖モ彼ノちゞび氏ノ公式ニ示セル如ク水路ヲ流ル、水ノ流速ハ其水面勾配ト動水平均深トノ乘積ノ平方根ニ比例スヘキコトハ實驗上今日ニ至ルマテ一般ニ認識セラレ、所ナルヲ

以テ此形態ヲ以テ暫ラク合理方程式ト見做シ之レニ基キ不定流ノ各種ノ場合ニ於ケル研究ヲナ
 スコト、セリ而シテ不定流ニ關スル問題ヲ解クニ當リテハ順序トシテ先ツ整正ナル水路ニ向ツ
 テ推究ヲナシ延キテ普通ノ水路ニ對シ一般的研究ヲ進ムルコト、セリ

第一章 整正ナル水路内ニ於ケル不定流

(上流ヨリスル水量ノ變動ニ基ク場合)

整正ナル水路トハ各断面ノ形狀互ヒニ相均シクシテ其底敷カ一定ノ勾配ヲ有スルモノヲ云フ斯
 ノ如キ水路ヲ流ル、水カ定流ノ狀態ニアルトキハ其水面勾配ハ水路底敷ノ勾配ニ並行スヘキハ
 勿論ナリトス而シテ斯ノ如キ場合ニ於ケル水面勾配ヲ θ トシ或ル断面ノ動水平均深ヲ d トシ平
 均流速ヲ v トシ係數ヲ C トスレハ

$$v = C\sqrt{ds} \dots \dots \dots (1)$$

動水カ定流ノ狀態ヲ變シ或ル瞬間ニ於テ水位ニ或ル微量ナル變動ヲ來タストキハ之レニ伴ヒテ
 d ハ dv ニヨリテ變動スヘシ抑モ此水位ノ變動ハ流量ノ變動ニ伴ヒ之レニ要スル流速及ヒ横斷水
 面積ノ變動ヲ生セシムルニ外ナラサルヤ勿論ナリトス而シテ此横斷水面積ノ變動ハ忽チ其断面
 ノ動水平均深ノ變動トナリ延キテ其水面勾配ニ變動ヲ來タシ是等相互間ノ關聯作用ニヨリテ流
 速ノ變動ヲ促カシ横斷水面積ノ變動ト相俟テ恰モ流量ノ變動ニ應スルモノナルヘキカ故ニ動
 水平均深ノ變動ト水面勾配ノ變動トハ其間ニ自カラ相關聯スル所ノモノアルヘシ是故ニ水位ノ
 或ル微量ナル變動ニ伴ヒ動水平均深 d カ dv ニヨリテ變動シ水面勾配 θ カ $d\theta$ ニヨリテ變動シ其綜
 合作用ニヨリ此断面ノ平均流速 v カ dv ニヨリテ變動スルニ當リ假リニ係數 C ニ變化ナキモノト
 スレハ

$$v + dv = C\sqrt{(d + dd)(s + ds)}$$

又ハ

$$v^2 + 2v \frac{\partial v}{\partial t} + (\frac{\partial v}{\partial t})^2 = C^2 (d \frac{\partial s}{\partial s} + d \frac{\partial s}{\partial s} + s \frac{\partial d}{\partial t} + d \frac{\partial s}{\partial s})$$

然ルニ

$$v^2 = C^2 d s$$

ナルヲ以テ是等ノ兩方程式ヨリ次ノ式ヲ得

$$2v \frac{\partial v}{\partial t} + (\frac{\partial v}{\partial t})^2 = C^2 d \frac{\partial s}{\partial s} + s \frac{\partial d}{\partial t} + d \frac{\partial s}{\partial s}$$

此方程式中 $(\frac{\partial v}{\partial t})^2$ 及ヒ $s \frac{\partial d}{\partial t}$ ハ何レモ極微ナルヲ以テ兩者ヲ此方程式ヨリ取り除クコトヲ得ヘン故ニ

$$2v \frac{\partial v}{\partial t} = C^2 d \frac{\partial s}{\partial s} + s \frac{\partial d}{\partial t}$$

然ルニ

$$C^2 = v^2 + (d s)$$

ナルヲ以テ是等ノ關係ヨリ次ノ方程式ヲ得

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{2} v \left(\frac{\partial d}{\partial s} + \frac{\partial s}{\partial t} \right) \dots \dots \dots (2)$$

凡ソ動水ノ水面勾配ハ水面ノ傾斜則チ水面カ水平軸ニ對シテナセル角ノ正切ニヨリテ示サレツツアルヲ以テ整正ナル水路ノ或ル水位ニ對スル水面勾配ヲ θ トシ其當時ノ水面カ水平軸ニ對シテナセル角ヲ α トスレハ

$$s = \tan \alpha$$

又タ其當時ノ動水平均深ヲ d トシ此 d ヲ垂直蓋トシ之レニ對スル水平距離ヲ l トシ是等ニヨリテ $\tan \alpha$ ヲ示ストキハ

$$s = \tan \alpha = \frac{d}{l}$$

此方程式ヲ d ニ關シ微分スレハ

又ハ

$$\frac{\partial s}{\partial l} = \frac{1}{l}$$

$$\frac{\partial s}{\partial l} = \frac{\partial l}{l}$$

是等ノ方程式ヨリ次ノ式ヲ得

$$\frac{\partial s}{s} = \frac{\partial l}{l} \dots \dots \dots (3)$$

此條件ヲ公式(2)ニ挿入スルトキハ

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{2} v \left\{ \frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial d}{\partial t} \right\} = v \frac{\partial d}{\partial t}$$

是故ニ整正ナル水路ノ水力定流ノ状態ニアルトキノ動水平均深ヲ d_0 トシ而シテ水位ノ變動ニ伴ヒ d カ d_0 ヨリ d_t ニマテ變動スル間ニ於ケル流速ノ増加率 ∂v ノ總和ヲ求ムレハ

$$\int_{d_0}^{d_t} \partial v = \frac{v_0}{d_0} \int_{d_0}^{d_t} \partial d = \frac{v_0}{d_0} (d_t - d_0)$$

故ニ d_t ニ對スル平均流速ヲ v_t トスレハ

$$v_t = v_0 + \int_{d_0}^{d_t} \partial v = v_0 + \frac{v_0}{d_0} (d_t - d_0)$$

又ハ

$$v_t = v_0 \frac{d_t}{d_0} \dots \dots \dots (5)$$

公式(5)ハ極メテ簡單ナル形態ノモノナリト雖モ動水平均深カ t ナル時間内ニ d_0 ヨリ d_t ニマテ變

動スルノ關係數 O ニ變化ナキモノトシテ得タル結果ニ外ナラサルヲ以テ應用ノ範圍極メテ狹少ナリトス

又タ茲ニ記述セシ數理上ノ推論カ果シテ正鵠ヲ得タルモノナルヤ否ヤハ疑問ニ屬スト雖モ暫ク斯ノ如キ條理カ存在シ得ルモノトシテ本論ヲ進メント欲ス

却說水路ヲ流ル、水カ定流ノ狀態ヲ變シ時々刻々水位ニ變動ヲ現ハストキハ之レニ伴フテ動水平均深及ヒ水面勾配ニ變化ヲ來タスヘキハ論ヲ俟タサル所ニシテ就中水位ノ變動ニ伴フ動水平均深ノ變動ハ横斷面圖ニツキ容易ニ之レヲ定ムルコトヲ得ヘシト雖モ水面勾配ノ變動ハ水位ノ變動ニ要スル時間ノ長短如何ニヨリ自カラ其程度ヲ異ニスルモノ〔換言スレハ水カ定流ノ狀態ニアル場合トハ不定流ノ特種ノ場合則チ水位カーノ階段 (Stages) ヨリ次ノ階段ニ移ルニ無限ノ時間ヲ要ストノ意味ニ過キサレヘシ〕ニシテ從ツテ水位ノ變動開始後或ル瞬間ニ於テ水位カ固定シ始メ而シテ此固定カ或ル時間ニ亘タリ繼續スルトキハ水面勾配ハ漸次ニ變更セラレ終ニ最初ノ定流ノ狀態ニアリシトキノモノニ一致スルニ至ルヘキヲ以テ公式 (3) ノ條件ヲ完全ニ充タスニハ動水平均深 d ノ變動ニ要スル時間ニ一定ノ制限ヲ存スルモノナルコトヲ記憶セサルヘカラス假リニ公式 (3) ノ條件カ完全ニ存續シ得ヘキ場合ヲ想定シ而シテ水路ノ水カ定流ノ狀態ニアルトキノ水面勾配ヲ s_0 トシ不定流ニ移リタル瞬間ヨリ t 時ノ後ニ於ケル水面勾配ヲ s_t トシ動水平均深ヲ d_t トシ d_0 ヨリ d_t ニマテ變スル其範圍内ニ於テ公式 (3) ヲ積分スルトキハ

$$\int_{d_0}^{d_t} ds = \frac{s_0}{d_0} \int_{d_0}^{d_t} dd = \frac{s_0}{d_0} (d_t - d_0) \dots \dots \dots (9)$$

トナリ從ツテ

論說 不定流ニ就テ

ヲ得故ニ第 t 時ニ於ケル平均流速ヲ v_t トシ係數ヲ C_t トスレハ

$$s_t = s_0 + \int_{d_0}^{d_t} \partial s = s_0 \left\{ 1 + \frac{d_t - d_0}{d_0} \right\} = s_0 \frac{d_t}{d_0} \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$v_t = C_t \sqrt{d_t} \cdot s_t = C_t d_t \sqrt{\frac{s_0}{d_0}} \dots \dots \dots (8)$$

公式(8)ハ動水平均深及ヒ水面勾配ノ變動ニ伴フ係數 C ノ變化ヲ考量ニ加ヘタルモノナリト雖モ或ル特種ノ場合ヲ想定シテ得タル結果ニ外ナラサルヲ以テ整正ナル水路ニ於ケル不定流ノ凡テノ場合ニ適用シ得ヘキモノトシテハ尙ホ修正ノ餘地ヲ存スルモノナリトス而シテ此修正ヲナスニハ先ツ公式(6)ノ條件カ成立シ得ヘキ場合ヲ知悉スルヲ要ス
前段ニ述ヘタル如ク

$$s_0 = \tan \alpha_0 = \frac{d_0}{l}$$

$$\frac{s_0}{d_0} = \frac{1}{l}$$

又ハ

ナルヲ以テ此條件ヲ公式(7)ニ入ルハトキハ

$$s_t = \frac{d_t}{l}$$

又ハ一般ニ

$$s = \frac{d}{l}$$

トナリ隨ツテ或ル瞬間ニ於ケル動水平均深ノ變動率ヲ ∂d トシ之レニ對スル水平長ヲ ∂l ニテ示ストキハ

$$s = \frac{\partial d}{\partial t}$$

$$\therefore \frac{\partial d}{\partial t} = 1 \frac{\partial d}{\partial t}$$

此算式ヲ積分スレハハ定數ナルヲ以テ

$$\int \frac{\partial d}{\partial t} = 1 \log_e t$$

此算式ノ右項ヲ普通ノ對ニ引キ直ストキハ

$$\int \frac{\partial d}{\partial t} = 1 \times 2.302585 \log_e d = 2.3 \times 1 \times \log_e d$$

トナリ不定流ニ移リシ瞬間ヨリハ時ニ至ルマテノ流ノ積分ヲムトスレハ

$$L = \int_0^t \frac{\partial d}{\partial t} = 2.31 \times \log \left(\frac{d_t}{d_0} \right) \dots \dots \dots (9)$$

トナリ不定流ニ移リシ瞬間ヨリ高極水位ニ達スルマテニ要セシ時ヲゲトシ此間ニ於ケル流ノ積分ヲ L_T トスレハ

$$L_T = \int_0^T \frac{\partial d}{\partial t} = 2.31 \times \log \left(\frac{d_T}{d_0} \right) \dots \dots \dots (10)$$

而シテ公式(9)ニヨレハ

$$L = \frac{L_T}{2.3 \log \left(\frac{d_t}{d_0} \right)}$$

ナルヲ以テ此ノ假ヲ公式(7)ニ入ルハトキハ

$$s = \frac{d_t}{L_T} \times 2.3 \log \left(\frac{d_t}{d_0} \right) \dots \dots \dots (11)$$

公式(11)ハ水位ノ變動ニ基因スル動水平均深ノ變動ト之レニ伴フ水面勾配ノ變動トノ關係ヲ示スモノナリトス而シテ此關係ハ容易ニ之レヲ圖示スルコトヲ得ヘシ則チ試ミニ整正ナル水路ヲ流ル、水カ定流ノ状態ニアルトキノ動水平均深 d_0 ヲ三尺トシ之レニ對スル水面勾配 q ヲ三十分ノ一トシ高極水位ニ對スル動水平均深 d_1 ヲ三十尺トシ公式(9)ニヨリテ d ノ變化ニ伴フ L ノ價ヲ算出シ而シテ第一圖ニ示スカ如ク先ツ水平軸 FO ヲ劃シ O ヲ通シテ垂直線 OE ヲ劃シ之レヲ d ノ軸トシ該軸ヲ基準トシテ水平軸ニ並行シテ夫々ノ位置ニ L ノ價ヲ配置シ是等水平線ノ端末ヲ連絡スルトキハ BFG ニテ示セル如キ平曲線ヲ得試ミニ此曲線中ノ或ル一點 H ヲ通シテ直線 HK ヲ垂下シ HK ノ長サヲ $2.3 d_0 \log \left(\frac{d_1}{d_0} \right)$ ニ均シクシ K ヲ通シテ水平線ヲ劃シ EO ノ延伸線ニ M ニテ交叉セシメ MH ヲ通スル直線ヲ劃スルトキハ此直線ハ H ニ於テ平曲線ニ接觸スヘキハ勿論圖ノ構成上ヨリシテ

$$\frac{KM}{HK} = \frac{NP}{HN}$$

ナルカ故ニ

$$NP = HN \frac{KM}{HK} = d_0 \times \frac{L_1}{2.3 \times d_0 \times \log \left(\frac{d_1}{d_0} \right)} = \frac{L_1}{2.3 \log \left(\frac{d_1}{d_0} \right)}$$

然ルニ公式(9)ニヨレン

$$L = \frac{L_1}{2.3 \log \left(\frac{d_1}{d_0} \right)}$$

ナルカ故ニ

$$NP = L$$

換言スレハ H ニ於ケル接線 HM ハ公式(7)ノ條件ニ合致シ隨ツテ此平曲線ハ d ノ變動ニ伴フ。

變動ヲ示セル理想的痕線ナリトス

是故ニ若シ此平曲線カ其定流水面ニ沿ヒ $F \left(\frac{L}{L_r} \right)$ ナル平速度ニヨリテ断面 O 點ヲ通過スルトキハ公式(7)ニ示セル d_0 ト d_r トノ關係ハ完全ニ保持セラルヘキ割合ナルカ故ニ此平曲線ハ又々恰モ水路ノ或ル断面ヲ通過スル理想的洪水波ナリト云フコトヲ得ヘシ

以上説述スルカ如ク若シ水路カ整正ナレハ第一圖ニ示セル如キ洪水波ハ F ナル平速度ヲ以テ波及スヘク若シ此洪水波カ反對ノ方向ニ移動スルトキハ恰モ減水期ニ於ケル d_0 ト d_r トノ關係ヲ保持スルニ足ルヘシ是故ニ若シ斯ノ如キ條理カ存在スルモノト假定スレハ洪水波カ平速度ニヨリテ波及スル限リハ公式(7)ニ示セル d_0 ト d_r トノ關係ヲ存續セシムル爲メニ d_0 ハ自カラ一定ノ變速度増水期ニハ遞加速度トナリ減水期ニハ遞減速度トナルニヨリテ變動セサルヘカラサルカ故ニ時刻ヲ横軸トシ動水平均深ヲ縱軸トシテ劃サレタル d ノ痕線ハ又々自カラ第一圖ニ示セル平曲線ト其性質ヲ同フスヘキ割合トナリ結局定流ノ狀態ニアルトキノ動水平均深 d_0 トシ水位カ高極ニ達セシトキノ動水平均深 d_r トシ d_0 ヨリ d_r ニ變スルマテニ要セシ時間 T トシ d_0 ヨリ d_r ニ達スルマテノ洪水波ノ全長 L_T トシ時ノ流通假 L_r トスレハ

$$L_T : T = L_r : L_r$$

ナル關係ヲ得ヘク而シテ此關係ニ基ツキ L_r ノ假ハ次ノ如クナルヘキコトヲ知ル

$$L_r = \frac{L_T}{L_r} \times T = \frac{\log \left(\frac{d_r}{d_0} \right)}{\log \left(\frac{d_r}{d_0} \right)} \times T \dots \dots \dots (12)$$

而シテ洪水波カ F ナル平速度ニヨリテ波及スルニ當リ動水平均深ノ變動率ノ流通假 L_r トスレハ

ナルヲ以テ (12) (13) ノ兩式ヨリ

$$\frac{\partial d_h}{\partial t_h} = \frac{2.3 \log \left(\frac{d_h}{d_0} \right) \times d_h}{t_h} \dots \dots \dots (13)$$

$$\frac{\partial d_h}{\partial t_h} = \frac{2.3 \log \left(\frac{d_r}{d_0} \right) \times d_h}{T} \dots \dots \dots (14)$$

然ルニ既ニ前段ニ述フルカ如ク普通水路ニ起ル不定流ニツキ之レヲ見ルニ水位ノ變動ニ伴フ動水平均深ノ變動カ公式 (7) ノ理想的條件ヲ充タシ得ル場合ハ殆ント稀レニシテ此公式ヲ實際ニ適用スルニハ先ツ公式 (6) ニ修正ヲ加ヘ次ノ如キ形トナスヲ要ス

$$\int_{d_0}^{d_r} ds = \beta \left(\frac{d_r - d_0}{d_0} \right)^{\beta_0} \dots \dots \dots (15)$$

公式中ノ β ノ價ハ或ル水位ニ對スル理想的動水平均深ノ變動率 $\partial d_h / \partial t_h$ ト實際ニ起ル動水平均深ノ變動率 $\partial d_a / \partial t_a$ ノ比ニヨリテ變化スヘキハ勿論又タ自カラ水位ノ變動開始ノ瞬間ヨリ此水位ニ達スルマテニ要スル理想的時間 t_0 ト實際ニ要セシ時間 t_a トノ比ニヨリテモ變化スヘク尙ホ詳言スレハ若シ $\partial d_a / \partial t_a$ カ $\partial d_h / \partial t_h$ ヨリモ小ナルトキハ水面勾配ノ實際ノ變動率ハ理想的ノモノヨリモ小ナルヘク t_0 カ t_a ヨリモ大ナルトキハ水面勾配ノ實際ノ變動率ハ理想的ノモノヨリモ小ナルヘク又タ假令 t_0 カ t_a ニ接近スルモ $\partial d_a / \partial t_a$ ト $\partial d_h / \partial t_h$ トノ間ニ差異アルトキ又ハ之レト相反セル場合ニアリテハ $\beta > \beta_0 \wedge 1$ ニシテ t_0 カ t_a ニ一致スルト同時ニ $\partial d_a / \partial t_a$ カ $\partial d_h / \partial t_h$ ニ一致スル場合ニ於テ始メテ $\beta = 1$ トナルヘキ譯合ニシテ而シテ各種ノ實驗ノ成績及ヒ實測ノ結果ニ徴スルニ β ハ $\sqrt{\frac{\partial d_a}{\partial t_a}}$ ニ比例スルト同

時ニ $\sqrt{t_1}$ ニモ比例シ實際ニ最モ近カキ s_1 ノ價ヲ定ムヘキ β ノ價ハ次ニ記載セル如ク是等兩者ノ和ヲ二分シタルモノ、平方根ナルカ如シ

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{t_1}{t_0}} + \sqrt{\frac{\partial d_e}{\partial d_1}} \right)} \quad \dots \dots \dots (16)$$

t_1 = 不定流ニ移リシ瞬間ヨリ d_e ニ達スルマテノ理想的時間
t_0 =	...	實際ノ時間
$\frac{\partial d_e}{\partial d_1} = d_e$ = 遊セシトキノ實際ノ動水平均深ノ變動率
$\frac{\partial d_e}{\partial d_1} =$...	動水平均深ノ理想ノ變動率

故ニ此關係ヲ公式(7)ニ入ルノトキ

$$s_1 = s_0 \left[1 + \beta \left(\frac{d_e}{d_0} - 1 \right) \right] \quad \dots \dots \dots (17)$$

斯ノ如ク s_1 ノ價ヲ定ムルコトヲ得ハ d_e ハ既知數ナルヲ以テ C_1 ヲ求ムルコトヲ得ヘク從ツテ

$$v_1 = C_1 \sqrt{d_e s_1} \quad \dots \dots \dots (18)$$

ヲ利用シ流速ノ變化ヲ知ルコトヲ得ヘシ

實驗ノ方法及ヒ其結果

實驗裝置 實驗ニハ矩形ノ斷面ヲ初メトシ各種ノ形狀ヲナセル木樋ヲ準備シ之レヲ堅牢ナル木架上ニ安置シ樋底ノ兩端及ヒ其中間部ニ備ヘラレタル楔子ニテ樋ノ勾配ヲ任意ニ加減スルコトヲ得セシメ樋ノ内側必要ノ場所ニ水位ノ變化ヲ觀測スヘキ目盛板(二厘目ノ檢定尺ヲ使用ス)ヲ箆メ込ミ水道ノ消火栓ニヨリテ任意ノ水量ヲ木樋ニ供給スルコト、セリ面シテ給水ニ當リ樋内ノ水ノ躍リヲ防止スル爲メ樋ノ上端ニ第二圖中平面圖ニ示セル如キ形狀ヲナセル箱ヲ設ケ消火栓

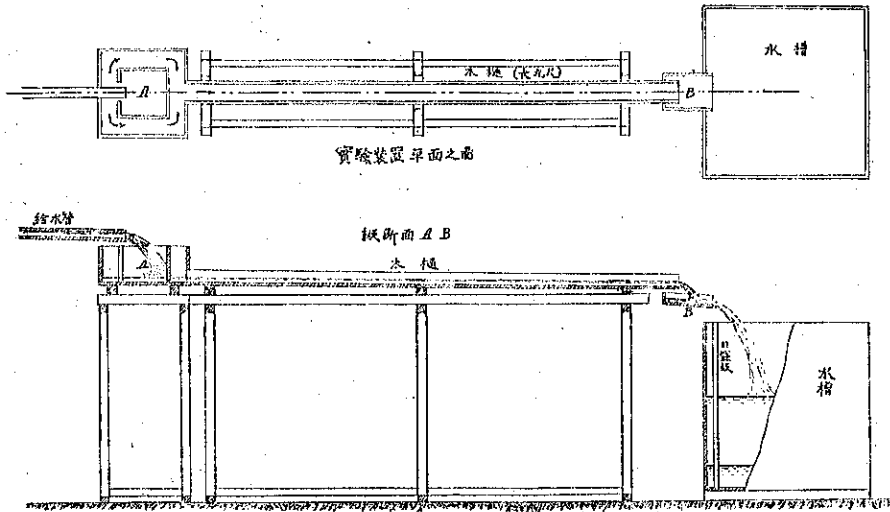


圖 二 第

ヨリスル水ヲ先ツイニ導キ矢ノ示セル方
 向ニヨリテ樋ニ達セシム又タ木樋ノ下端
 ト木樋ノ流量ヲ計量スヘキ水槽方三尺深
 ナ亦タ之レニ叶ヘル木製槽トノ中間ニハ
 一種ノ塵取り形ヲナセル鐵葉製接続器B
 ヲ使用シ之レニヨリテ樋ヲ流ル、水ヲ或
 ハ水槽以內ニ或ハ其以外ニ隨意ニ導クコ
 トヲ得セシム

此種ノ實驗ニ從事セシ人員ハ水位ノ觀測
 者一名消火栓ノ加減兼時刻ノ監視者(分飛
 ヒ時計ヲ使用セシム)一名及ヒ接続器Bノ
 取扱者一名ニシテ先ツ計量水槽ノ水深ヲ
 計リ(二厘目檢定尺ヲ使用ス)次ニ消火栓ヲ
 或ル程度ニ開キ木樋ニ給水シ(此時ハ樋ヲ
 流ル、水ヲ計量用)水槽外ニ導ク)樋内ノ水
 カ定流ノ状態ヲ現出スルニ至ルヤ茲ニ初
 メテ或ル時間内ノ流水ヲ接続器ニヨリテ
 水槽内ニ導キ前後水深ノ差ニヨリテ此時
 間内ニ樋ヲ流レシ水積ヲ知リ樋ノ横斷水
 面積ト流下時間トノ乗積ニテ計量水積ヲ

除シ毎秒時ノ平均流速ヲ定メタリ

定流ノ状態ニアルトキノ水面勾配ノ決定 水路ノ水カ定流ノ状態ニアルトキノ水路ノ内側二個所ニ設ケラレタル目盛板ニテ各水位ヲ觀測シタル後水路ノ下流ヲ閉塞シテ水位ヲ或ル程度ニマテ増嵩セシメ茲ニ給水ヲ絶テ水路内ノ水カ静止ノ状態トナルヲ俟テ是等目盛板ニツキ更ニ水位ヲ觀測シ前後二回ノ水位ノ差ト兩目盛板間ノ距離トニヨリテ定流ノ状態ニアルトキノ水面勾配ヲ定メタリ

くッたー氏ノ粗密率 n ノ決定 前項ニ記述セル方法ニヨリテ定流ノ状態ニアルトキノ水面勾配ト平均流速及ヒ動水平均深トヲ知ルトキハ係數 C ヲ定ムルニ足ル故ニ是等ノ價格 C ノ一般公式ニ當テ符メ各種ノ場合ニ對スル n ノ價ヲ求メシニ次ニ示ス如キ結果ヲ得タリ該表ニヨレハ前後六回ノ實驗ニヨリテ得タル n ノ中數ハ 0.0083 ニシテくッたー氏ニヨリテ定メラレタル水路ノ内面カ匏仕上ケノ木材ニヨリテ構成セラレタル場合ニ適合スヘキ n ノ價則チ 0.009 比シ稍々小ナリト雖モ是レハ蓋シ水路ノ内面ヲ構成スル材質及ヒ仕上ケノ如何ニヨリテ此差異ヲ來タセシモノナルヘキヲ以テ本章ノ研究ヲ進ムルニ當リテハ n 0.0083 トシテ C ヲ定ムルコトノセリ

實驗ニ用キシ水路ニ對スルくッたー氏ノ粗密率 n ノ價

定流水位	断面水面積 a	通過断面積 p	動水平均水深 d	水面勾配 s	流量 Q	平均流速 v	計量時間 t	係數 C	粗密率 n
0.25	0.7600	3.54	0.2147	0.0194	7.445	9.80	100.	151.8	0.0080
0.25	0.7904	3.56	0.2220	0.0140	5.980	7.57	60.	133.2	0.0090
0.28	0.8512	3.60	0.2364	0.0194	8.970	10.54	100.	155.0	0.0081
0.30	0.9120	3.64	0.2506	0.0134	7.973	8.74	90.	150.7	0.0084

論説 不定流に就テ

0.30	0.3120	3.64	0.2506	0.0175	9.270	10.16	60.	153.5	0.0083
0.31	0.9424	3.66	0.2575	0.0134	9.070	9.62	90.	153.1	0.0079

水路ノ断面ハ數幅三寸四厘ヲ有スル矩形 (木製水路)
 Q ハ水槽ニテ量リシ水截ヲ v ニテ取シタルモノナリ

$$Q = \frac{v}{\sqrt{g s}} = \frac{1.817}{n} + 41.79 + \frac{0.0282}{s} \quad 1 + \sqrt{\frac{v}{g}} (41.79 + \frac{0.0282}{s})$$

n ノ中數 = 0.0083

因ニ云フ此試験ニ使用セシ水路ハ木製ナルヲ以テ使用期ノ長短又ハ空氣ノ濕度如何ニヨリ樋幅ニ幾分ノ伸縮ヲ免レサルヲ以テ實驗ノ都度之レカ檢定ヲナスコト、セリ又タ供試水路ハ餘リニ小形ニ過クルノ憾アリト雖モ之レハ給水量ニ制限セラレタルモノニシテ誠ニ止ムヲ得サルモノナリトス

〔實驗ノ二〕 供試水路ハ断面矩形ヲナセル整正ナル木樋ニシテ數幅三寸一分ヲ有シ其全長ハ九尺ナリ先ツ水路ヲ流ル、水ガ定流ノ狀態ニアルトキ或ル時間内ニ於ケル流量及ヒ水位ヲ前段ニ述ヘシ方法ニヨリテ精密ニ觀測シ之レニヨリテ毎秒時ノ流量 Q_0 及ヒ平均流速 v_0 ヲ決定シタル後水路ニ供給スル水量ヲ加減シテ水位ニ變動ヲ起サシメ此水位ノ變動ヲ觀測スルト同時ニ水槽ニヨリテ其時間内ノ全流量ヲ測定セリ又タ既ニ述ヘシ所ノ方法ニヨリ定流水面勾配ヲ求メシニ 0.0290 ヲ得タリ

第一水位圖表中ノ橫軸ハ秒ヲ單位トセル時間ヲ示シ縱軸ハ十五秒時毎ニ觀測セル水位ヲ示セルモノニシテ動水カ定流ノ狀態ニアルトキノ水位ハ三分三厘ナリトス此圖表ニヨレハ水位ハ定流ノ狀態ヨリ變シテ漸次ニ上昇シ七十五秒時ノ後ニ最高五分六厘ヲ示シ夫ヨリ次第ニ下降シテ百

八十秒時ノ後三分二厘トナレリ而シテ水路ヲ流ル、水カ定流ノ状態ニアリテ三分三厘ノ水位ヲ示セシトキ水槽ニヨリテ量リタル三分時間ノ流量ハ二千二百八立方寸ナリシカ故ニ當時ノ平均流速ハ

$$v_3 = \frac{2208.00}{180' \times 3.71 \times 0.33} = 12.0'$$

ニシテ而シテ之レニ對スル水面勾配ハ

$$s = 0.0230$$

ナルヲ以テ是等ノ材料ヲ用キ公式(12)(14)ニヨリテ β ヲ定メ次ニ公式(17)(18)ニヨリテ水面勾配及ヒ平均流速ノ變動ヲ求メ延イテ流量ノ變化ヲ定メ又タ減水期ニ對シテハ水位カ高極ニ達セシトキノ動水平均深 d_T 水面勾配 $s_T = 0.0323$ ニシテ増水期ニ於テ公式(17)ニヨリテ算出シタルモノ一及ヒ定流ニ復セシトキノ動水平均深 d_0 ノ假ヲ公式(7)ニ適用シテ d_0 ヲ求メ之レニ基キテ水位ノ變動ニ伴フ水面勾配ノ變化ヲ定メ第一表ニ示セル如キ結果ヲ得タリ該表ニヨレハ水位ノ變動終始間ニ互レル實際ノ流量即チ水槽ニヨリテ量リタル水積ハ四千二百八立方寸七三之レニ對スル計算流量ハ四千六百四十六立方寸三二五ニシテ後者ハ前者ニ比シ約一割大ナリトス

〔實驗ノ二〕 第二水位圖表ハ前ノ實驗ト同一ノ水路ニヨリ同一ノ方法ヲ以テ觀測シタル水位ノ變動ヲ示スモノニシテ第二表ハ之レニ基キテナシタル計算ノ結果ナリトス表中定流水位二分八厘ニ對スル動水ノ平均流速ハ一尺零寸二分八厘其水面勾配ハ $s_{0.188}$ ニシテ動水カ定流ノ状態ヲ變シ水位カ次第ニ増嵩スルヤ流速モ亦タ次第ニ増加シテ最高水位五分五厘ニ對スル最大流速一尺八寸八分九厘ヲ示シ夫ヨリ水位カ次第ニ降下スルニ從ヒ流速モ亦タ次第ニ減退シ而シテ動水カ定流ノ状態ニ復スルヤ水位ハ二分八厘ヲ示シ之レニ對スル平均流速ハ九寸九分二厘トナリ水位

ノ變動終始間ニ於ケル計算流量ノ總和ハ六千七百五十五立方寸七ニシテ實際ノ流量六千二百六十五立方寸二六ニ比シ約七分九厘大ナリトス

〔實驗ノ三〕 此實驗ハ水路ノ内側カ傾斜セル場合ニツキテ施行シタルモノナリ供試水路ハ第四圖ニ示セルカ如ク敷幅二寸二厘ニシテ一側ハ底敷ト直角ヲナスモ他ノ一側ハ一割法リノ勾配ヲ有セリ此水路ニツキ前ト同一ノ順序方法ヲ以テ實驗セシニ第三水位圖表ニ示ス如ク水位ハ二分八厘之レニ對スル水面勾配ハ 0.0116 ニシテ其平均流速七寸六分七厘ヨリ漸次ニ上昇シテ七十五秒時ノ後四分八厘ヲ示シ夫ヨリ次第ニ降下シテ二百十秒時ノ終リニ於テ三分トナリ茲ニ定流ノ状態ニ復セリ

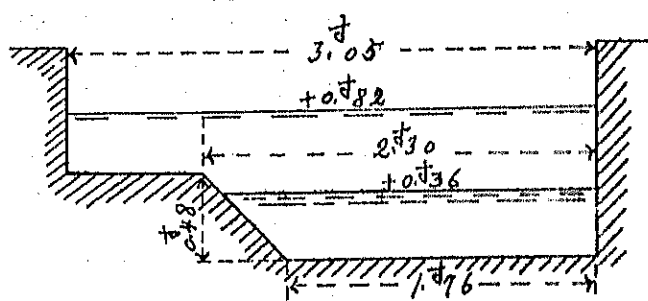
第三表ニヨルニ水位ノ變動終始間ニ於ケル計算流量ノ總和ハ千八百六十三立方寸六一五ニシテ之レニ對スル實測水積ハ千八百四十九立方寸〇六ヲ得兩者殆ント相均シトス

〔實驗ノ四〕 此實驗ハ前ト同様ノ水路ヲ使用シ其勾配ヲ變ヘテ施コシタルモノニシテ定流水位四分ノレニ對スル水面勾配ハ 0.0049 ニシテ其平均流速ハ六寸二分三厘ナリヨリ變動ヲ開始シ百六十五秒時ノ後最高水位八分二厘ヲ示シ夫ヨリ漸次ニ降下シテ第三百秒時ノ終リニ四分トナリ茲ニ定流ニ復セリ

第四表ハ計算ノ結果ヲ示スモノニシテ計算ニヨレル流量ノ總和四千六百七十六立方寸一一五ニ對スル實測水積四千五百六十八立方寸七九ニシテ前者ノ後者ヨリモ大ナルコト約零割二分三厘ナリトス

〔實驗ノ五〕 更ニ特種ノ場合則チ水路内ノ水位カ變動スルニ當リ或ル機會ニ於テ動水ノ水面幅カ急劇ニ變動スル場合ヲ研究スル爲メ第五圖ニ示セル如キ斷面ヲ有スル水路ヲ使用シ前ト同一ノ順序方法ニヨリテ試驗セシニ第五表ニ示ス如キ結果ヲ見タリ

第五圖



論說 不定流ニ就テ

第五水位圖表ニ示ス如ク水路ヲ流ル、水ハ三分六厘ノ水位之レニ對スル水面勾配ハ 0.0052 ニシテ其平均流速五寸八分三厘ニ於テ定流ノ狀態ニアリシカ或ル瞬間ヨリ變動ヲ開始シ百六十五秒時ノ後高極八分二厘ニ達シ夫ヨリ漸次ニ降下シテ三百十五秒時ニ於テ三分七厘トナリ茲ニ定流ニ復セリ然ルニ第五圖ニ示スカ如ク水位カ四分八厘ニ達スルヤ水面幅カ急劇ニ展開スル爲メ動水平均深ハ其以前ニ於ケルヨリモ減少シ而シテ此影響ハ水位カ高極ニ達シ越エテ漸次ニ下降シ

テ同一水位ヲ示スマテ繼續スルニモ拘ハラヌ第五表ノ結果水面幅カ急劇ニ増ス場合ニ於ケル動水平均深ノ定メ方ハ後段ニ述ビヨレハ水位ノ變動終始間ニ於ケル計算全流量四千百二十二立方寸一五ニ對スル實測水積四千百八十二立方寸八ニシテ前者ハ後者ヨリモ大ナルコト約五分七厘ナリトス

以上五回ノ實驗ニ就キテ之ヲ觀ルニ第三實驗ニ於ケルカ如ク實際ノ流量カ計算ニヨリテ得タル所ノモノト殆ント相均シキ場合アルニ反シ第一實驗ニ於ケルカ如ク殆ント一割ノ差ヲ存スルモノアリ今之レヲ實驗ノ跡ニツキテ尋ヌルニ抑モ此誤差ノ範圍ノ大ナルハ使用セシ水路カ小型ノモノナリシカ爲メ主トシテ水位觀測上ニ起ル厘位ノ差カ輕カラサル影響アリノ價ニモ完全ヲ保證シ難キ點アルモ其影響ハ頗ル小ナリテ其結果ニ及ホシツ、アルカ如クナルヲ以テ之レヲ以テ俄カニ推論ノ是非ヲ斷スヘキニアラス然ルニ利根川筋猿島郡新鄉村中田地先 $\left[\begin{matrix} 397 \\ 36 \end{matrix} \right] - \left[\begin{matrix} 33 \\ 26 \end{matrix} \right]$ ニ於テ明治二十七年夏季ノ出水ヲ捉ヘ實測セシ所ノモノハ頗ル參考ニ資スヘキモノアルヲ以テ此事實ヲ推論ノ結果ニ對照シ其眞價ヲトセン

ト欲ス

第六圖ハ測定位置ニ於ケル利根川ノ断面ヲ示スモノナリ該圖ニヨレハ中田量水標ニテ讀ミタル水位カ二尺九寸ニ達スルヤ急ニ其水面幅ヲ増シ水位カ十三尺八寸ニ達スルヤ再度著シク其水面幅ヲ加フルヲ以テ其都度動水平均深ニ急劇ナル變動アルヲ免レス斯ノ如ク流量測量ヲナセシ位置ノ断面ノ形狀ハ頗ル不整ナリト雖モ此附近ノ平面的河狀ハ大體ニ於テ整正ナリト見ルコトヲ得ヘシ此位置ニ於テ明治二十七年七月以降八月二十二日ニ至ルノ間各種ノ水位ニ對スル流速及ヒ水面勾配ヲ測定シテ第六表ニ示ス如キ結果ヲ得タリ測定ノ方法ハ流速器ヲ使用セシ場合ニアリテハ先ツ測器ノ係數ヲ定メ次ニ測定位置ノ断面ヲ其幅約三十尺ノ小分割ニ分チ各分割ノ中央部ニ於ケル表面及ヒ三分ノ二ノ水深ニ於ケル流速ヲ量カリ各分割ニ對スル平均流速ヲ

$$\left(\text{各分割ノ平均流速} \right) = \frac{1}{4} \left\{ \text{表面流速} + 3 \left(\text{水深三分ノ二ノ流速} \right) \right\}$$

ナル公式ニヨリテ算定シ之レヲ分割ノ面積ニ乘シテ其分割ニ對スル流量ヲ定メ其合計ヲ測定位置ノ全横斷水面積ニテ除シタル商ヲ以テ此断面ニ對スル平均流速トシ而シテ浮球ヲ流下セシ場合ニアリテハ多數ノ浮球ヲ流下セシメテ各球ノ速度ヲ測定シ次ニ各球ノ屬スル分割ノ横斷水面積ヲ定メ各分割ノ平均流速ハ從來此断面ニ於テ經驗上得タル

$$\left(\text{各分割ノ平均流速} \right) = 0.85 \left(\text{各分割ノ表面流速} \right)$$

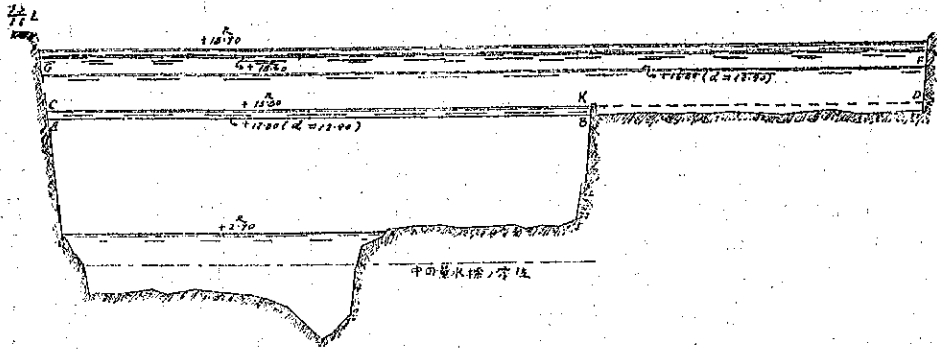
ナル算式ニヨリテ決定シ之レヲ分割ノ横斷水面積ニ乘シテ得タルモノヲ各分割ノ流量トシ其總和ヲ求メ之レヲ全横斷水面積ニテ除シタル商ヲ此断面ノ平均流速ト見做セルモノナリト云フ又タ從來同所ニ於ケル實測ノ結果ニヨレハ低水時ニ於ケルくった一氏ノ公式ノ n ノ價ハ 0.0275ナリト云フ而シテ明治二十七年八月六日たこめた一ヲ用キテ測定セシ結果ニヨレハ中田量水標

カ (1.141) ノ水位ヲ示セシトキ此水位ニ對スル平均流速ハ一尺八寸七分¹之レニ對スル動水平均深ハ四尺四寸三分(第六表參照)ナリシヲ以テ是等ノ資料ニ基キ當時ノ水面勾配ヲ求ムレハ

$s = 0.00155$

ヲ得又タ同月九日ノ洪水ニ於テ水位十八尺四寸ニ對スル實測水面勾配 0.00473 動水平均深十四尺四寸三分平均流速五尺六寸八分洪水前ノ實測斷面圖ニヨルヲ基礎トシテ算出スレハ 0.035 ヲ得則チ洪水ニ當リ堤外地ノ全部カ洪水敷トナル場合ニアリテハルノ價ハ著シク増大スルコトヲ示スヲ以テ常時川敷トナル部分則チ第六圖ニ於テ中田量水標ノ水位二尺九寸以下ニ對スルルノ價ヲ 0.025 トシ夫レ以上ノ水位ニ對スルモノヲ 0.035 ト定ムルヲ穩當ナリトス

第六水位圖表ハ利根川ニ起リシ此洪水ヲ中田量水標ニヨリテ觀測セシモノヲ示セルモノナリ該圖表ニヨレハ八月八日ヨリ九日ニ亘リ川ハ事實上定流ノ狀態ニアリシカ九日午後六時ノ頃當時ノ水位ハ一尺一寸ナリヨリ水位ニ變動ヲ起コシ十二日午前九時高極十八尺九寸ニ達シ夫ヨリ漸次減水ニ傾キ三十一日午前六時當時ノ水位二尺九寸之レニ對スル動水平均深六尺ノ頃ヲ以テ殆ント定流ノ狀態ニ復セリ増水期間ニ於ケル水面勾配及ヒ平均流速ハ水位カ十八尺四寸ニ達セシ頃ニ一回觀測セラレタルノミニシテ他ハ皆ナ減水期間ニ於テ施行セラレタリ而シテ九日午後六時ノ水位一尺一寸ニ對スル水面勾配及ヒ平均流速ノ測定ヲ缺ケルハ遺憾トスル所ナリト雖モ此水位ハ前日ヨリ略ホ一定セルヲ以テ此時ノ水面勾配ハ同月六日ノ測定ニ係ルモノト同様ナリト想定シ得ヘシ故ニ水位ノ變動ヲ開始セシ瞬間ニ於ケル水面勾配則チ $s = 0.000155$ トシ公式 (17) ニヨリテ此洪水ノ増水期ニ於ケル水面勾配ノ變化ヲ求メ又タ減水期ニ向ツテハ高極水位ニ對スル水面勾配算定ニヨリテ得タルモノヲ既知數トシ而シテ川ハ大體ニ於テ八月三十一日午前六時ニ定流ニ復セシモノトシ公式 (7) ニヨリテ水面勾配ヲ算出シ之レニ基キ水位ノ變動ニ伴フ水面勾配



第 六 圖
利 根 川 筋 中 田 斷 面 圖

(明治二十七年三月十一日實測)

ノ變化ヲ定メタリ
第七表ハ上述計算ノ結果ヲ實測ニヨリテ得タル所ノモノニ
對照シタルモノナリ該表ニヨレハ減水期ニ於ケル水位五尺
八寸五分ニ對スル水面勾配ト流速トノ間ニ異様ノ差ヲ認ム
ルノ外其他ノ場合ニアリテハ兩者頗ル相接近セルヲ以テ一
般ニ涉リ公式ノ眞價ヲ知ルヘキノミナラス水面勾配ハ
 $(\frac{d^2}{dt^2} + \frac{d^2}{dx^2})^{\frac{1}{2}}$ トノ綜合作用ニヨリテ變化スルモノニシテ
從ツテ或ル水位ニ對シ常ニ一定ノ價ヲ存スルモノニアラサ
ルコトヲ知ルニ足ルヘシ
此實例ニ徴スルニ河狀カ著シク不整ナラサル限り又ハ下流
部ニ狹窄部ノ存在セサル限り公式(17)ハ頗ル正確ニ水位ノ變
動ニ伴フ水面勾配ノ變動ヲ定メ得ヘキモノニシテ水位ノ觀
測カ倍々精密(自記量水標ヲ設クルヲ可トス)ナルニ從ヒ水面
勾配從ツテ平均流速ノ變化モ亦々愈々事實ニ近キモノヲ知
リ得ヘキ割合ナルカ故ニ平常水位カ一定シテ測量ニ容易ナ
ル場合ヲ選ミ精密ナル流速ノ測定ヲ行フトキハ之レニ基キ
洪水時ニ於ケル水位ノ變化ト實測橫斷面圖トヲ利用シ事實
ニ最モ近カキ流速ノ變化ヲ知ルコトヲ得ヘシ
尙ホ第六圖ニ就キテ之レヲ觀ルニ中田量水標ニテ讀ミシ水
位カ次第ニ増嵩シテ AB(十二尺八寸)ヲ超過スルヤ中田斷面

ノ水幅ハ俄カニ増大シ夫レカ爲メ水位カ SS (十三尺八寸)ニ達セシトキノ如キ其動水平均深ハ水位カ AB ノ高サヲ有セシトキヨリモ或ル大サニヨリテ減少スルヲ免レス斯ノ如キ場合ニアリテ計算ニ用フヘキ動水平均深ハ其實際ニ於ケルモノヲ使用スヘキカ將タ他ニ參酌ヲ加フヘキモノナルヤハ注意スヘキ問題ナリトス同圖ニ就キテ之レヲ案スルニ水位カ AB ニ達セシトキノ動水平均深ハ十二尺九寸ニシテ而シテ之レニ等シキ動水平均深ハ水位カ尙ホ増嵩シテ SS' (十六尺八寸)附近ニ達セシトキ再度出現スヘキカ故ニ試ミニ水位カ AB ヨリ GT ニマテ増嵩スルノ間動水平均深ニ變化ナキモノトシテ流速ヲ計算セシニ第七表ニ示スカ如ク實測ノ結果ニ最モ近キ結果(他ノ想定ノ下ニナシタル計算ハ總テ不結果ニ終レリ)ヲ得タルヲ以テ斯ノ如キ場合ニアリテハ暫ク此方法ニ準據スルヲ可トス (完)

公式(9)ノ關係ヲ圖表ニ現ハシタルモノ

定流ノ狀態ニアルトキノ動水平均深.....	$d_a = 3.00$	$AB = d_r = 30.0^2$
定流ノ狀態ニアルトキノ水面勾配.....	$s_g = \frac{1}{30}$	$DC = d_g = 3.0^2$
高極水位ニ對スル動水平均深.....	$d_r = 30.00$	$i = 90.0^2$
高極水位ニ對スル水面勾配.....	$s_r = \frac{1}{9}$	$L_r = 2.3 \times 90 \times (\log 30 - \log 3) = 207.0^2$

動水平均深ノ軸

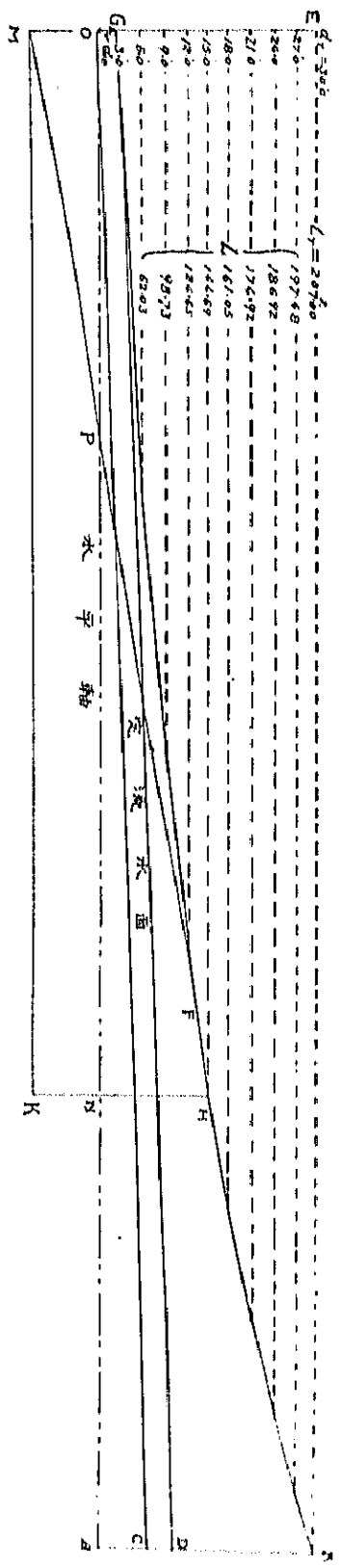


圖 一 第 一

供試水路ノ断面 (矩形)

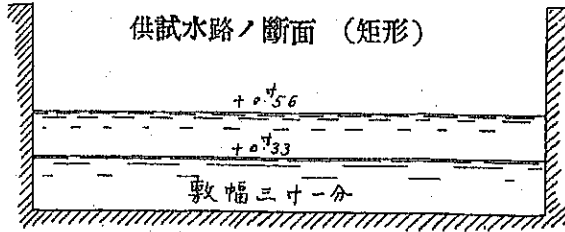


表 圖 位 水 一 第

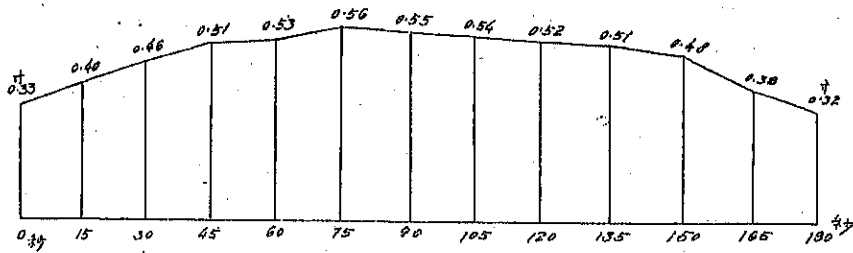


表 一 第

水位	d	d/a_0	観測時	t_1	t_a	δd_t	δd_a	β	s	C	v	a	q
0.33	.272								.0220	156.22	12.00	1.023	12.276
0.40	.318	1.17	15	29.25	15	.00175	.0030	1.17	.0264	162.00	14.58	1.240	18.079
0.46	.355	1.31	30	49.05	30	.00200	.0025	1.10	.0295	165.06	16.83	1.426	24.000
0.51	.384	1.41	45	68.70	45	.00210	.0020	1.06	.0316	167.19	18.39	1.581	29.075
0.53	.395	1.45	60	67.05	60	.00217	.0007	.784	.0298	168.26	18.34	1.613	30.133
0.56	.411	1.51	75	75.00	75	.00226							
		1.55	75	105.00	105	.00171	.00107	.92	.0323	169.36	19.48	1.730	33.818
0.55	.406	1.53	90	101.85	90	.00170	.0030	.87	.0304	169.36	18.80	1.705	32.054
0.54	.401	1.51	105	99.75	75	.00170	.00033	.89	.0302	168.26	18.51	1.674	30.985
0.52	.390	1.47	120	92.40	60	.00160	.00073	.98	.0304	167.18	18.22	1.612	29.371
0.51	.384	1.45	135	88.40	45	.00160	.00033	.96	.0297	167.18	17.89	1.581	28.274
0.48	.367	1.38	150	77.39	30	.00153	.00113	1.11	.0295	166.12	17.29	1.488	25.723
0.38	.305	1.15	165	33.18	15	.00130	.00410	1.28	.0248	160.02	13.92	1.178	16.400
0.32	.265		180						.0208	155.29	11.49	.992	11.398

$$s_t = s_0 \left\{ 1 + \beta \left(\frac{d_t}{d_0} - 1 \right) \right\}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{t_1}{t_a}} + \sqrt{\frac{\delta d_a}{\delta d_t}} \right)}$$

$$n = .0083$$

$$\sum_{0'}^{180''} q = 4,646.325$$

$$\frac{\text{水槽ニテ計量セシ水積} = 4,218.73}{\text{}} = 1.101$$

表 圖 位 水 二 第

リナノモルセ示ニ圖三第ハ面断ノ路水試供

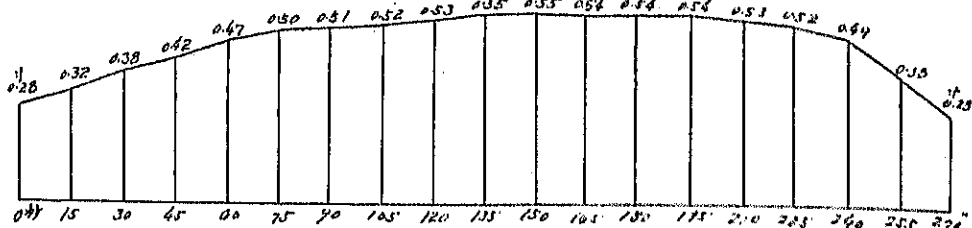


表 二 第

水位	d	d/a ₀	観測時	t ₁	t _a	δd _a	δd _t	β	α	U	v	u	q
0.28	.297								.0184	152.48	10.28	0.808	8.02
0.32	.305	1.12	15	28.35	15	.00186	.00110	1.16	.0214	156.18	11.71	0.992	11.02
0.38	.305	1.29	30	63.47	30	.00267	.00123	1.21	.0254	160.01	14.04	1.178	16.60
0.42	.331	1.40	45	84.24	45	.00173	.00132	1.12	.0272	163.61	15.49	1.302	20.17
0.47	.361	1.52	60	103.80	60	.00200	.00144	1.11	.0297	165.66	17.17	1.457	25.02
0.50	.378	1.60	75	115.40	75	.00113	.00151	1.025	.0304	166.11	17.77	1.550	27.51
0.51	.384	1.62	90	121.17	90	.00010	.00154	.91	.0293	167.18	17.72	1.581	28.02
0.52	.380	1.64	105	124.06	105	.00033	.00156	.88	.0293	167.18	17.72	1.611	28.65
0.53	.395	1.67	120	126.94 135.00	120 135	.00040 0	.00158	.87	.0297	168.26	18.17	1.643	29.85
0.55	.406	1.71	135	135.00	135	.00070	.00162	.91	.0309	168.70	18.80	1.705	32.21
0.55	.406	1.71	150	135.00	120	0	.00162	.70	.0271	168.70	17.71	1.705	30.20
0.54	.401	1.692	105	131.56	105	.00030	.00160	.88	.0291	168.25	18.67	1.674	30.42
0.54	.401	1.692	180	131.56	90	0	.00160	.78	.0270	168.25	17.83	1.674	29.85
0.54	.401	1.692	105	131.56	75	0	.00160	.81	.0282	168.25	17.84	1.674	29.85
0.53	.395	1.667	210	126.94	60	.00040	.00158	.93	.0300	168.25	18.34	1.643	30.13
0.52	.387	1.590	235	115.4	45	.00050	.00155	1.04	.0291	167.18	17.72	1.597	28.30
0.49	.372	1.570	240	118.00	30	.00100	.00150	1.17	.0392	166.11	17.61	1.519	26.75
0.38	.305	1.280	255	63.47	15	.00150	.00123	1.42	.0255	160.02	14.08	1.178	16.60
0.28	.297		270						.0181	152.58	9.92	0.808	8.51

$$n_t = n_0 \left\{ 1 + \beta \left(\frac{d_t}{d_0} - 1 \right) \right\}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{t_1}{t_a}} + \sqrt{\frac{\delta d_a}{\delta d_t}} \right)}$$

$$n = .0083$$

$$\sum_0^{270} q = 0.755.70$$

$$\text{實際流量} = 0.265.26 = 1.079$$

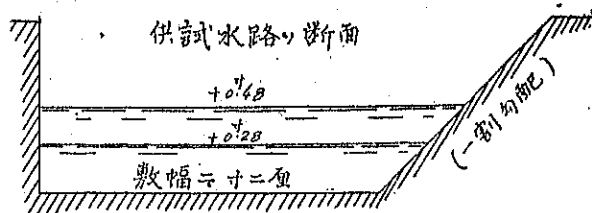


表 圖 位 水 三 第

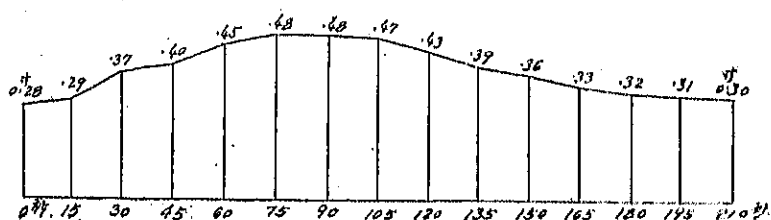


表 三 第

水位	d	d/a_0	観測時	t_1	t_a	δd_a	δd_i	β	s	C	v	a	q
0.28	0.224								.0110	150.08	7.07	0.005	2.010
0.20	0.281	1.031	15	5.42	15	.0005	.00128	.71	.0110	150.83	7.84	0.628	4.321
0.37	0.280	1.250	30	40.45	30	.0033	.00155	1.14	.0140	157.17	10.15	0.810	8.282
0.40	0.207	1.326	45	50.87	45	.00113	.00104	.94	.0152	159.09	10.06	0.888	9.460
0.45	0.321	1.440	60	66.72 75.00	60 75	.00180	.00170	1.012	0.108	159.09	11.73	1.008	11.824
0.48	0.310	1.518	75	135.00	135	.00100	.00190	.92	.0171	163.05	12.30	1.082	13.400
0.48	0.340	1.495	90	135.00	120	0	.0009	.728	.0150	163.05	11.80	1.082	12.876
0.47	0.335	1.413	105	129.75	105	.00033	.00080	.93	.0165	163.05	12.07	1.058	12.770
0.43	0.314	1.325	120	105.53	90	.0014	.00084	1.00	.0165	161.04	11.60	0.961	11.148
0.39	0.201	1.223	135	77.85	75	.00153	.00077	1.10	.0140	158.07	10.47	0.862	9.025
0.36	0.274	1.156	150	53.63	60	.00113	.00073	1.05	.0138	156.24	9.61	0.793	7.611
0.33	0.256	1.080	105	28.89	45	.00120	.00060	1.03	.0120	154.40	8.88	0.721	6.402
0.32	0.250	1.055	180	19.90	30	.00040	.00070	.84	.0125	153.50	8.60	0.698	6.003
0.31	0.243	1.025	195	8.65	15	.00047	.00065	.90	.0122	152.60	8.21	0.674	5.554
0.30	0.237		210						.0110	152.00	8.00	0.650	5.250

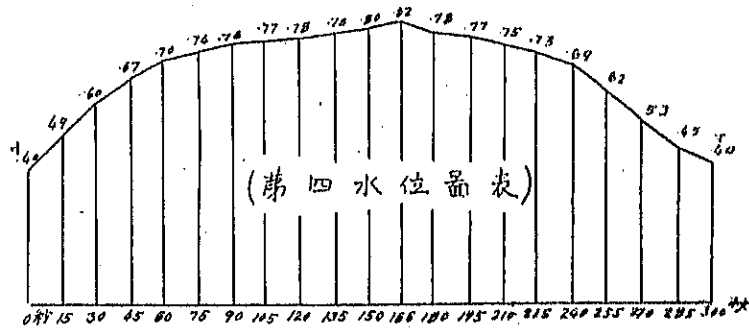
$$s_i = s_0 \left\{ 1 + \beta \left(\frac{d_i}{d_0} - 1 \right) \right\}$$

$$\beta = \left\{ \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{t_1}{t_a}} + \sqrt{\frac{\delta d_a}{\delta d_i}} \right) \right\}^2$$

$$n = .0083$$

$$\sum_0^{210} q = 1,863.015$$

$$\text{水槽ニテ量リシ流量} = 1,840.050 = 1.000$$



リナノモルセ示ニ圖四第ハ面斷ノ路水

表 四 第

水位	d	d/d_0	観測時	t_1	t_a	δd_a	δd_t	β	n	U	v	a	q
1.40	0.207								.0040	158.83	0.23	0.880	5.482
0.49	0.347	1.17	15	49.21	15	.00330	.00110	1.33	.0060	161.27	7.30	1.103	8.151
0.60	0.398	1.34	30	91.82	30	.00340	.00127	1.30	.0071	167.82	8.89	1.380	12.208
0.67	0.433	1.46	45	118.57	45	.00233	.00138	1.21	.0070	170.65	9.78	1.565	15.306
0.70	0.446	1.50	60	127.25	60	.00086	.00142	1.05	.0075	171.78	9.96	1.615	16.381
0.74	0.463	1.56	75	130.54	75	.00113	.00147	1.06	.0078	172.31	10.51	1.751	18.435
0.76	0.472	1.59	90	144.60	90	.00060	.00150	.98	.0077	172.30	10.38	1.809	18.777
0.77	0.476	1.60	105	147.50	105	.00027	.00151	.95	.0077	172.91	10.46	1.837	19.125
0.78	0.480	1.62	120	151.83	120	.00027	.00153	.88	.0076	172.91	10.41	1.861	19.400
0.78	0.480	1.62	135	151.83	135	0	.00153	.73	.0071	174.00	10.03	1.861	18.690
0.80	0.488	1.64	150	155.45	150	.00053	.00155	.90	.0077	174.00	10.62	1.920	20.390
0.82	0.497	1.67	165	165.00	165	.00060	.00160						
0.82	0.497	1.67	165	165.00	135	.00113	.00189	.50	.00785	177.61	11.01	1.976	21.756
0.78	0.480	1.62	180	127.13	120	.00027	.00182	.81	.0073	174.15	10.28	1.861	19.162
0.77	0.476	1.60	105	121.00	105	.00000	.00181	.91	.0071	173.91	10.20	1.837	18.737
0.75	0.467	1.573	210	118.66	90	.00053	.00178	.92	.0073	172.31	10.00	1.781	17.810
0.73	0.459	1.545	225	115.00	75	.00120	.00174	1.02	.0075	171.71	10.13	1.727	17.405
0.69	0.441	1.485	240	98.88	60	.00207	.00168	1.03	.0073	170.67	9.68	1.618	15.662
0.62	0.410	1.380	255	84.75	45	.00290	.00156	1.17	.0069	168.18	8.93	1.432	12.788
0.53	0.360	1.292	270	54.18	30	.00280	.00139	1.18	.0061	165.32	7.77	1.201	9.392
0.45	0.321	1.091	285	19.98	15	.00180	.00123	1.10	.0053	161.30	6.68	1.001	6.687
0.40	0.297		300						.0048	158.37	5.86	0.880	5.157

$$s_t = s_0 \left\{ 1 + \beta \left(\frac{d_t}{d_0} - 1 \right) \right\}$$

$$\beta = \left\{ \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{t_1}{t_a}} + \sqrt{\frac{3 d_t}{\delta d_t}} \right) \right\}^2$$

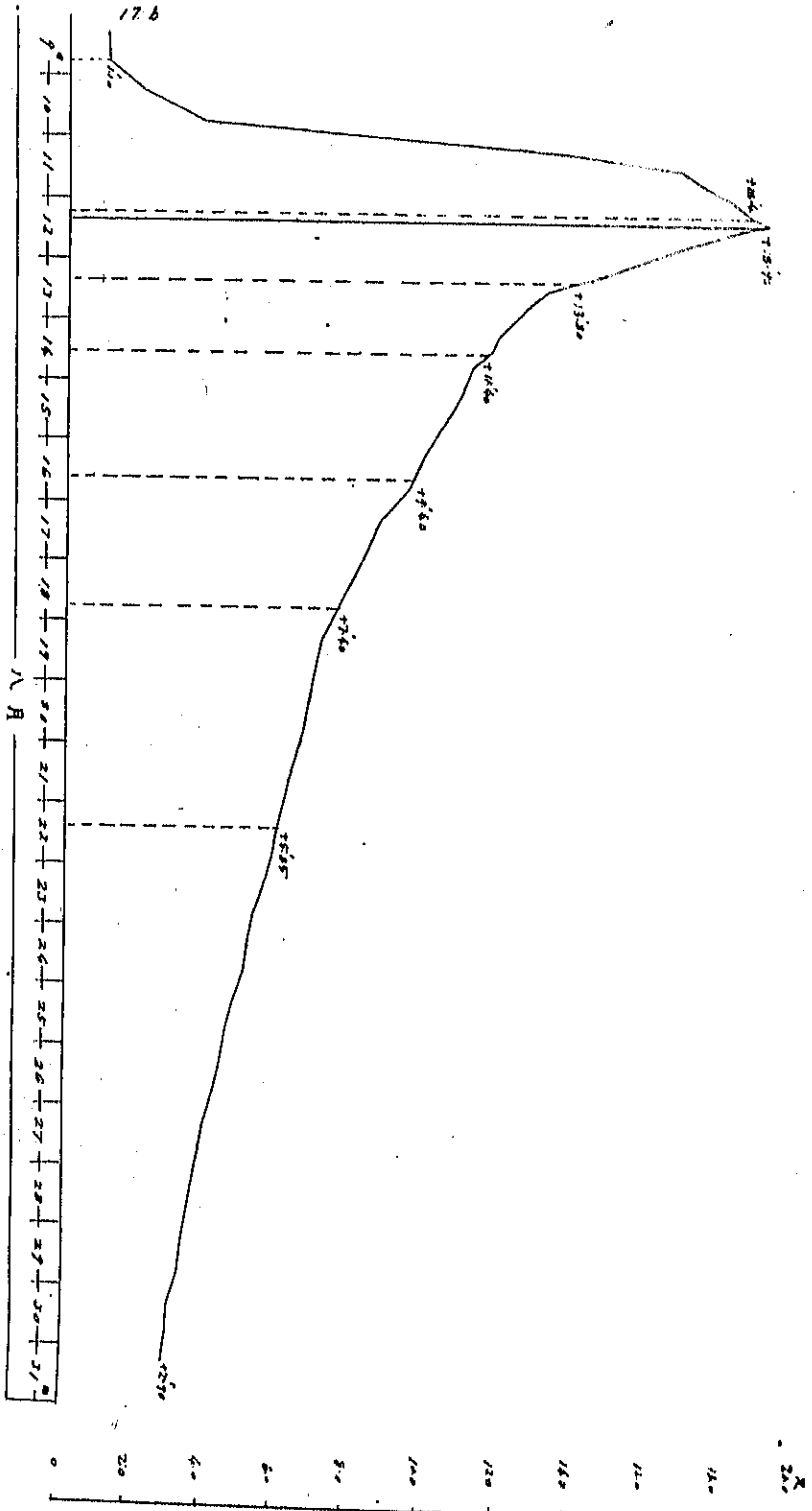
$$n = .0083$$

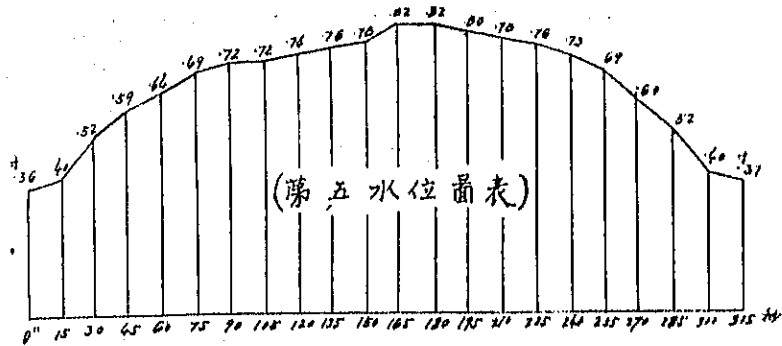
$$\sum_{t=1}^{300} q = 4,076.115$$

$$\frac{\sum_{t=1}^{300} q}{300} = 13.58705 \approx 1.023$$

水槽ニテ量リシ水積 = 4,668.790

第六水位圖ヲ觀ルニモ標水畧田中ヲ水浜ノ月換利月八年七十二治明





リナノモルセ示ニ圖五第ハ面斷ノ路水試供

水位	d	d/a_0	観測時	t_1	t_a	δd_a	δd_t	β	s	O	v	α	q
0.36	0.267								.0052	155.50	5.89	0.713	4.157
0.40	0.289	1.082	15	24.4	15	.0015	.00093	1.13	.0057	158.31	6.33	0.800	5.064
0.52	0.334	1.250	30	69.6	30	.0030	.00107	1.26	.0070	162.79	7.81	1.086	8.481
0.59	0.334	1.250	45	69.6	45	.0030	.00107	0.79	.0062	162.80	7.41	1.209	9.626
0.61	0.360	1.348	60	93.20	60	.0020	.00115	1.13	.0072	165.26	8.43	1.451	12.232
0.69	0.388	1.453	75	116.22	75	.0010	.00124	1.12	.0078	167.36	9.21	1.603	14.704
0.72	0.404	1.513	90	120.13	90	.0011	.00120	1.02	.0079	168.44	9.52	1.694	16.127
0.72	0.404	1.513	105	120.13	105	0	.00120	0.74	.0072	168.91	9.12	1.694	15.449
0.74	0.415	1.554	120	136.30	120	.00073	.00133	0.95	.0079	168.44	9.04	1.755	16.918
0.76	0.425	1.592	135	143.50	135	.00067	.00136	0.93	.0081	169.53	9.95	1.815	18.059
0.78	0.435	1.620	150	150.65	150	.00067	.00139	0.92	.0082	170.63	10.19	1.870	19.116
0.82	0.455	1.714	165	165	165	.00133	.00146	0.99	.0088	172.87	10.99	1.998	21.958
0.82	0.455	1.667	180	150	135	0	.00153	0.72	.0078	171.53	10.12	1.998	20.220
0.80	0.445	1.630	195	143.22	120	.00067	.00150	0.94	.0082	171.74	10.48	1.937	20.300
0.78	0.435	1.593	210	130.4	105	.00067	.00147	0.95	.0083	170.62	10.24	1.870	19.210
0.76	0.425	1.557	225	120.58	90	.00067	.00143	0.97	.0082	169.52	10.00	1.815	18.150
0.73	0.410	1.500	240	120.00	75	.0010	.00138	1.03	.0080	168.44	9.60	1.724	16.550
0.69	0.388	1.420	255	103.66	60	.0015	.00131	1.09	.0077	167.37	9.21	1.603	14.704
0.60	0.336	1.231	270	61.38	45	.0035	.00113	1.21	.0068	162.81	7.78	1.329	10.340
0.52	0.334	1.224	285	59.33	30	.00013	.00111	0.94	.0064	162.81	7.52	1.086	8.187
0.40	0.289	1.060	300	17.05	15	.0030	.00097	0.95	.0050	158.28	6.33	0.800	5.064
0.37	0.273		315						.0053	155.50	5.91	0.735	4.344

$$s_c = s_0 \left\{ 1 + \beta \left(\frac{d_1}{d_0} - 1 \right) \right\}$$

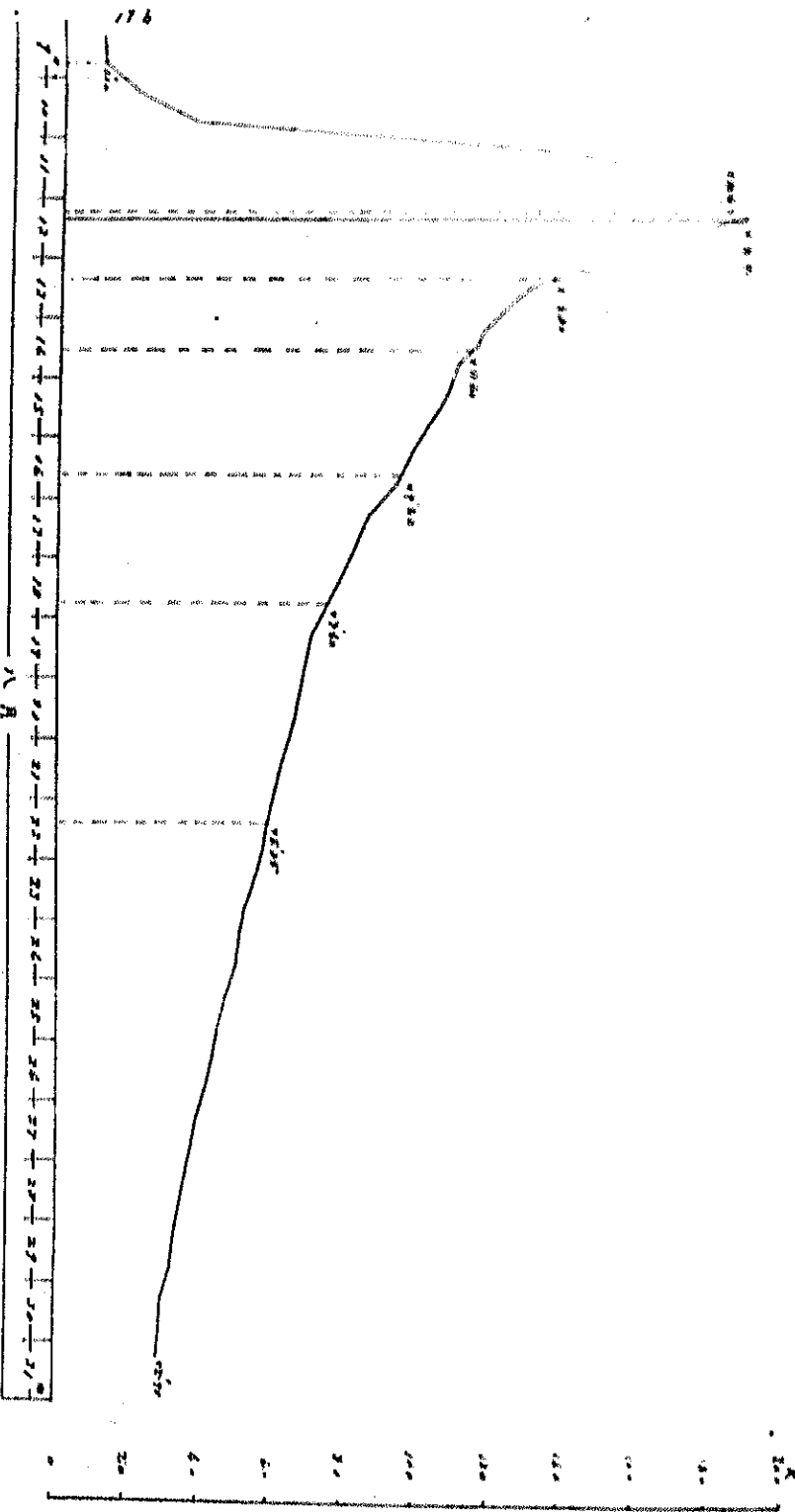
$$\beta = \left\{ \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{t_1}{t_a}} + \sqrt{\frac{5 d_a}{8 d_t}} \right) \right\}^2$$

$$n = .0083$$

$$\sum_{0'}^{315} q = 4,422.15$$

$$\text{水槽ニテ量リシ水積} = 4,182.82 = 1.057$$

明治二十八年七月八日 田量水標ニテノ水漲ノ月換 第六位圖表



測定方法	断面番 號	中田ノ 水位	平均 流速	横 断 水 面 積	水 面 幅	動 水 平 均 深	流 量	測定年月日	記 事
たこめたー	[$\frac{35}{26}$]	R 2.90	R 2.21	3,076.5	R 570.0	R 5.40	6,811.0 ^{立方尺}	27, VII, 31	無風。減水ノ傾
浮球九個	"	"	2.10	"	"	"	6,447.9	"	南風。稍々強
たこめたー	"	1.75	2.00	2,371.5	510.0	4.65	4,750.1	" VIII, 5	無風。減水ノ傾
浮球八個	"	1.41	1.51	2,191.5	495.0	4.43	3,320.1	" " , 6	微風。 "
たこめたー	"	"	1.87	"	"	"	4,101.9	"	" "
浮球五個	"	18.40	5.68	23,112.0	1,602.0	14.43	131,309.9	" VIII, 12	洪水前ノ断面ヲ用フ 無風減水ノ傾
"	"	"	5.72	24,219.5	"	15.12	133,473.6	"	洪水後ノ断面ヲ用フ
浮球三個	"	13.80	4.72	13,444.8	1,580.0	12.90	63,459.5	" VIII, 13	洪水前ノ断面ヲ用フ 南東ノ微風減水ノ傾
"	"	"	4.77	14,413.7	"	"	68,753.4	"	洪水後ノ断面ヲ用フ
浮球四個	"	11.40	4.55	12,031.2	951.0	12.65	54,786.9	" VIII, 14	洪水後ノ断面ヲ用フ 微風
"	"	"	4.50	11,047.2	"	11.62	49,755.3	"	洪水前ノ断面ヲ用フ
浮球五個	"	9.40	3.72	9,140.7	944.0	9.68	34,009.7	" VIII, 16	洪水前ノ断面ヲ用フ
"	"	"	3.78	10,241.6	"	10.85	38,702.8	"	洪水後ノ断面ヲ用フ
浮球八個	"	7.40	3.02	8,366.9	930.0	9.00	25,273.1	" VIII, 18	洪水後ノ断面ヲ用フ 無風。減水ノ傾
"	"	"	3.41	"	"	"	28,512.2	"	" "
浮球十五個	"	5.85	2.36	6,804.0	924.0	7.36	16,089.0	" VIII, 22	" "
たこめたー	"	"	2.33	"	"	"	15,845.5	"	" "

ノモルタシ照對ニ果結ノ測實ヲ果結ノ算計 (表 七 第)

中田ノ 水位	動水 平均 深	觀測 時刻	t_1	t_a	δd_a	δd_c	β	s	實測 算定	C	τ	實測 算定	記 事
			秒	秒									
R 1.10	R 4.23	VIII, 9, 6 P.M.							—	70.03		R 1.78 1.78	定流
18.40	14.43	VIII, 12, 5 A.M.	220,000	212,400	.0000255	.0000802	.880		.000473 .000484	69.12		5.70 5.78	増水期
18.90	14.93	VIII, 12, 9 A.M.	226,800	226,800	.0000347	.0000830	.908		.000512	69.47		— 6.07	高極水位
13.80	12.90	VIII, 13, 9 A.M.	1,367,176	1,458,000	0	.0000072	.970		.000372	68.43		4.75 4.72	減水期
11.40	11.62	VIII, 14, 1 P.M.	1,181,866	1,357,200	.0000231	.0000065	1.190		.000439 .000435	66.92		4.53 4.75	"
9.40	9.68	VIII, 16, 5 P.M.	823,600	1,170,000	.0000104	.0000054	1.056		.000337 .000338	65.24		3.75 3.73	"
7.40	9.00	VIII, 18, 6 P.M.	724,768	1,080,000	.0000097	.0000050	1.050		.000252 .000314	64.17		3.22 3.41	"
5.85	7.36	VIII, 22, 8 A.M.	336,930	770,400	.0000037	.0000041	.900		.000276 .000248	62.28		2.35 2.66	"

實測流速ハ第六表ノ平均價ヲ掲ク

$\left\{ \begin{array}{l} +1.10 \text{ ノ水位ニ對シテハ} = .0275 \\ \text{其他ノ水位ニ對シテハ} = .0350 \end{array} \right.$