

論 說 報 告

土木學會誌 第十四卷第六號 昭和三年十二月

河床を轉動又は跳動する砂礫の量 に關する一考察

會員 工學博士 中山 秀 三 郎

On the Quantities of Sand and Gravel
Traveling on the Bed of a Stream

By Hidesaburo Nakayama, Dr. Eng., Member.

内 容 梗 概

一觀測所を流過する砂礫の轉動量を知らんとするには先づ第一に其の箇所に於ける一定水位即ち始動水位を知る必要なり、無論それは底流速及河床を形成する砂礫の始動流速に依るものなり、次に著者の乏しき實驗の結果及既知の公式に依れば此の始動水位以上の水位に於ては砂礫の轉動量は主として水面勾配、流量等を因數として増減するものゝ如し。又我國河川洪水の性質上一年間の砂礫の轉動總量の大部分は年々一、二回發生する洪水時に流過するものなる故一出水時に於ける水面勾配及流量の變化の詳細を觀測調査すること必要なり、而して同一水位に對し之等は増水時に比較的大にして減水時に小なる理由ある故砂礫の轉動量も亦同様の増減を爲すものと知るべし。

Synopsis

In order to know the quantities of sand and gravel carried by currents at the bottom past any given section of a river, it is necessary, in the first place, to observe at the section the bottom velocity of the current at which the travel of sand and gravel commences. Above that velocity the amount carried mainly depends on the surface slope and discharge of the river. As it is characteristic of a river in our country that the entire yearly amount of detritus carried in it is mostly by floods occurring once or twice in a year, it is necessary to observe carefully the changes in slope and discharge at the time of flood. It is to be kept in mind that the slope and discharge are always greater at the time when the river is rising than when falling; the same is found to be true with the travel of sand and gravel.

1 緒 言

流水に伴ふ土砂の洗掘と流動と沈澱とは常に河床の變轉を生ぜしむる主要なる原因にして

此れ等の作用は河川の性質に依りて差異あるは勿論又同一河川に於ても場所に依りて其の働を異にし又同一箇所にも流量の増減に伴ひ其の趣を變ずるものにして簡単に解決を求むることは不能なるものなり。以下記述する處のものは主として河底を轉動し又は跳動して流下する砂礫の現象及其の量に關するものなり。

此れ等現象も亦河床の状況に依り水流が促進する場合と阻障を受くる場合とに依り其の趣を異にするは勿論なれば成る可く中庸を得たる場合を標準とすることとせり。

2 總説

河床に存在する砂礫は之に接觸して流過する水の流速が此れ等砂礫の安定を許さざる速さに達したる時始めて轉動を生ず、此の流速を始動流速とす。

一層流速加はれば砂礫は底を離れ所謂跳動 (Leaping or Saltation) を爲し更に大なる流速に於て浮動するに至るものなり。

Partiot & Sainjon⁽¹⁾ は Loire の河床を流下する砂の運動を詳細に觀測し、流速が一定流速 ($V_u > 0.3 \sim 0.35$ m. p. s.) に達するとき水底の砂は轉動を始め水底は波狀形を爲し其の波狀丘 (dune or ripple) は漸次下流に移動すと報告す。

波狀丘の高さは Loire にては 77 cm. にて一日の移動距離は平均 5.4 m. なるも Mississippi⁽²⁾ にては波狀丘高 6 m. に及び長 150 m. に達し其の一日移動距離 10 m. 餘なり。

Deacon⁽³⁾ は此の現象を實驗にて調査したる一人なり、同氏は Mersey 河口の砂の移動を研究せん爲實驗を行ひたるものにて表面最大流速 1.3 呎/秒のとき水底に於て波狀丘を形成することを認めたり。

此の現象を最詳細に實驗せしは Grove Karl Gilbert⁽⁴⁾ なり。

同氏の實驗に従ひ波狀丘にて移動する流動状態を第一期とすれば第二期即ち流速一層加はるときは恰も強風砂塵を逐ふ如き混亂状態となりて砂は流過す、第三期即ち流速更に加はりたるとき水底再び波狀丘となり、其の下流部洗掘され漸次上流部に及ぼす爲恰も波狀丘は上流に移動するが如く見ゆ同氏は之を antidune と命名せり、然し之は第一期の波狀丘の移動の如き安定性永続的のものに非ず、環境條件の僅かの變動にて消滅すと記述せり。

要するに體積稍大なるものゝ跳動又は浮動は間歇的にして第一期の如き安定のものに非ざ

(1) Annales des ponts et chaussée 1848 & 1871

(2) Report of Chief of Engineers 1879 & 1883

(3) Hooker. Proceedings of American Society of Civil Engineers 1896.

(4) Proceedings of Institution of Civil Engineers Vol. CXVIII p. 94

(4) G. K. Gilbert. —The transportation of debris by running water.

るなり。

著者實驗（土木學會誌第十卷第二號に報告せしもの）に於ては第一期及第二期の現象のみを認めたり。

3 始動流速

河底に於て砂礫が轉動するには水流に對する砂礫の抵抗力が底流速の作用に及ばざるときに始まるものなれば先づ此の抵抗力と底流速との關係を明かにすること必要なり。

水流の作用に對する砂礫の抵抗は粒の大小、形狀、比重、大小粒の混合比、各粒の相互の組合等に依りて差異あり、概して粒の小なるものは抵抗力の値稍均等に近きも粒大なるものは抵抗力の値不同なり。又粒の大小混合したるものは粒の等しきものより抵抗力概して低し。

各種の土砂砂礫等に對する始動流速を Bouniceau, Burr, Blackwell, Dappert, Dubaut, Login, Sainjon, Telford, Zschokke の諸氏及 Rhine measurement, Verein Hütte 等に依り發表せしものを見るに測定の環境により其の値頗る區々にして孰れを用ゐて可なるや判定に苦むなり。

Dr. F. Schaffernak⁽⁵⁾ が實驗室にて測定せしものは水深 5 cm. の流水の水底に於て砂礫粒の大小各種の始動する平均流速を求めたるものなり。（土木學會誌第十卷第二號著者報告附圖 A 第一圖参照）

此の實驗に依りて見るに粒の大なる程始動流速の差異の範圍大なり、概して此の實驗に於ては環境の條件判明せる故應用上便利多きも實地測定のものには條件に不明の點多く應用上不利多し。

4 始動流速に對し水深の影響

同じ土質の流路に於ても水深に依り始動流速は増減することは是れ迄幾多の觀測者實驗者に依りて發表せられたるものあり。彼の Kennedy が Punjab canal にて觀測の結果發表せし無沈澱無洗掘 (Non-silting & non-scouring) の流速 (呎/秒) の如きは一例にて即ち

$$V = 0.84 d^{0.64} \quad d ; \text{水深 (呎)}$$

今始動流速を V とし d を水深とすれば次の如し

$$V = \beta d^\alpha$$

Parker⁽⁶⁾ は $\beta = 0.4 \sim 0.5 \quad \alpha = 0.5 \sim 0.25$ (粒の大なる程 α は減ず)

(5) Dr. F. Schaffernak.—Neue Grundlagen für die Berechnung der Geschiebeführung in Flussläufen.

(6) Parker—Control of water

Thrupp⁽⁷⁾ は $\beta=0.4\sim 17$ $\alpha=0.5\sim 0.15$

著者は d の代りに H (徑深) を用ひ

$$\beta=1.875\sim 2.467 \quad \alpha=0.662\sim 0.265$$

を得たり。

5 底流速

以上の如く砂礫の轉動は底流速の増加に依り生ずるものなれば底流速を考究すること必要なり。

流速計を用ふるときは水底より若干離れたる處の流速のみを測知し水底に接觸する部分の流速の測定は困難なり。實際多くの場合には水底附近の各水深の數箇所の流速を測り各水深に於ける流速の變化を曲線にて表はし此の曲線より水底の流速を推定するにあるも素より精確を期し難く且此の方法は水位高きときは實測頗る困難なる場合多き故單に水深に伴ふ流速變化の曲線より V_m (平均流速) と底流速との關係を求め之を用ふるものあり、即ち

V_b ; 底流速 (水底を若干離れたるもの、以下特に注意なきものは同意味なり)

V_m ; 平均流速

とし兩者の關係を求むれば

$$V_b = \alpha V_m$$

而して

Dubaut & Lahmeyer は $\alpha=0.75$

Sonnet は $\alpha=0.50$

を取れり。

逓信省水力調査資料に依れば 23 箇所の平均より

$$\frac{V_b' \text{ (平均河底流速)}}{V_m' \text{ (總平均流速)}} = 0.55 \quad (0.90\sim 0.40)$$

同じく 42 箇所の平均より

$$\frac{V_{b \max} \text{ (最大河底流速)}}{V_m'} = 0.78 \quad (0.99\sim 0.41)$$

以上は兩者の簡單なる比のみなる故今少しく水深、水面勾配等の影響を考慮したるものを擧ぐれば次の如し。

(7) Proceeding of Inst. C. E. Vol. 171.

Bazin $V_b = V_m - \alpha \sqrt{HI}$ H ; 徑深
 I ; 水面勾配

Dr. F. Schaffernak

$$V_{bm} = K(HI)^{\alpha}$$

V_{bm} ; 平均底流速 H ; 徑深
 I ; 水面勾配 (%) K & α ; 常數

米單位にて次の範圍

$$0.5 \text{ m./sec.} < V_{bm} < 1.4 \text{ m./sec.}$$

$$0.6 < HI < 6$$

$$20 \text{ m.} < B < 300 \text{ m.}$$

$$K = 0.45 \sim 0.86$$

$$\alpha = 0.35 \sim 0.6$$

平均値は

$$V_{bm} = 0.63 (HI)^{0.5}$$

以上の形に水力調査資料のものを纏むるときは

$$V_{b \text{ max}} = 40 \sqrt{HI} \quad \text{尺/秒 單位}$$

其の範圍は

$$1.11 \text{ 尺/秒} < V_{b \text{ max}} < 6.13 \text{ 尺/秒}$$

$$0.00049 < HI < 0.011$$

$$33 \text{ 尺} < B < 362 \text{ 尺}$$

而して同じ資料より $V_{b \text{ mean}}$ と $V_{b \text{ max}}$ との比を求むれば 2:3 なり,
故に

$$V_{b \text{ mean}} = 27 \sqrt{HI}$$

又著者の實驗(粟又は粟粒より稍大なる白墨球を用ゐたるもの)の 27 回の平均より得たるものは

$$V_b = 20 \sqrt{HI}$$

其の範圍は

$$0.81 \text{ 尺} < B < 2.36$$

$$0.36 \text{ 尺/秒} < V_b < 0.8 \text{ 尺/秒}$$

$$0.00012 < HI < .00157$$

Dr. F. Schaffernak の式を同一單位にすれば

$$V_{bm} = 11(HI)^{0.5}$$

となる。

水力調査資料を用いたるもの、 $V_{b\text{mean}}$ の値大なるは蓋し水底を離れ 3 寸又は 5 寸位の處にて計りたるものを用いたる結果ならん、又著者の實驗に於ても水深に對し白墨球の徑稍大なる爲此の徑に對する深さの平均流速は水底の流速より大なるは勿論なり。Dr. F. Schaffernak の用いたる $V_{b\text{mean}}$ は如何にして求めたるものなるや不明なるも以上吾邦の資料より推定するときは水底により近き處の値より求めたるものならんと考察するも事情判明せざる故此れ等の點に付きては猶實測に従事する、方々の調査研究を待つて闡明せむことを望む。

6 砂礫轉動量の測定

實測法の一例として或る水位のとき袋鋤籠の如き捕砂袋を用ひ断面各水底に於ける轉動量を測定せしものあるも水位高く流速大なるときは此の方法は實行困難なり。

又水底を移動する波狀丘の大きさ即ち高幅及長を知れば體積を算定し得、又其の進行速度を測知すれば夫れより轉動量を求むることを得、Lechelas が公式を案出したるは此の方法を基本とせり、従つて Gilbert の所謂第二期、第三期の如き狀態の流砂には適用出來ざることは勿論なり。

7 砂礫轉動量の推定法

推定法の一例としては Lechelas が Sainjon の觀測の資料を用ひ Loire の川の波狀丘の進行速度より水底を移動せる砂量を算出せしものにして

$$q_s = a(v_0^2 - 0.82^2)$$

q_s ; 單位幅 (呎) を流過する流砂量 (立方尺/秒)

v_0 ; 流速 (呎/秒)

0.82; 0.04 吋徑の砂粒の始動流速 (呎/秒)

a ; 常數

著者は實驗の成績を用ひ以上の式に修正を加へたるものにて土木學會誌第十卷第二號に記載せし如く

$$Q_s = Q(v^2 - v_r^2)(\alpha + \beta I)$$

Q_s ; 流砂量 (立方尺/秒) Q ; 流量 (立方尺/秒)

v ; 平均流速 (呎/秒) v_r ; 始動流速 (尺/秒)

I ; 水面勾配 $\alpha \& \beta$; 常數

其の後考究の結果 Gilbert の所謂第二期，第三期の如き高水時の状態の場合には次の如き形式をより良きものと思考せり。(此の如き範圍の實驗は著者未だ遂行せざる故果して當を得たるものなるや否やは暫く疑問とす)

$$Q_s = Q \left(\frac{v^2 - v_r^2}{v^2} \right) (\alpha' + \beta' I)$$

P. du Boys が用ゐたる流砂量の公式は

$$q_s = \psi \gamma^2 I^2 h (h - h_0)$$

q_s ; 幅 1 米に對する流砂量 (瓦/秒) I ; 水面勾配

ψ ; 常数 h ; 水深 (米)

γ ; 水の比重 h_0 ; 砂の流動を始むる水深 (米)

以上に γ_1 ; 砂の重量 (瓦/立方尺)

q_s ; 流砂量 (瓦/秒)

h と h_0 を各種としたるものは

Schoklitsch の

$$q_s = 540 \frac{\gamma_1}{\gamma_1 - \gamma} I^2 h (h - h_0)$$

以上の者より簡單なる公式を試みたるは M. Wilhelm のものにて次の如し

$$q_s = 523 q I$$

q_s ; 流砂量 (立方米/秒)

q ; 流量

I ; 水面勾配

以上の公式の孰れが實際に最能く適するや否やは之を比較研究すべき充分なる資料を有せざる爲今後の判断に待つものとし今茲に水力調査資料を用ゐる不備の資料は假定し著者の算式にて砂礫の轉動能力を計算すれば次の如し。

河 川 北上川

観 測 所 岩手縣岩手郡瀧澤村大字川前

期 間 明治 45 年 1 月 1 日より大正元年 12 月 31 日に至る。

測定資料 横断面，徑深，平均流速，底流速，流量等 (附圖第一参照)

始動流速と其の水位

横断面の中央部 20 箇所に於て

平均水深 3.5 尺

平均底流速 (水底より 2 寸離れたる所) 0.97 尺/秒

$$\text{水面勾配 (水位 0.9 尺のとき)} \quad \frac{1}{3600}$$

Schaffernak 氏公式に於て平均底流速は

$$V_{bm} = K(dI)^{0.5}$$

なり之に以上の數を用ゐ K を求むれば $K=31$ を得即ち

$$V_{bm} = 31(dI)^{0.5}$$

Schaffernak 氏の實驗にて求め得たる 10 耗徑の砂利の始動流速は約 45 耗/秒即ち 1.5 尺/秒なり。以上の式に用ゐたる底流速は水底より 2 寸離れたる處なる故 $V_{bm}=1.55$ 尺/秒と假定し $I = \frac{1}{1900}$ として d を求むれば

$$d = 4.84 \quad \text{水位 2.24 尺に當る}$$

$$\text{又 Thrupp の} \quad V_r = 2.2d^{0.5}$$

$$\text{Parker の} \quad V_r = 2.0d^{0.25}$$

の兩式を用ゐ V_r の曲線を附圖第一の如く記入すれば前者にては V の曲線を水位 2.4 尺の處にて交叉し後者にては水位 1.95 尺の處にて切る即ち前者を用ふれば始動水位は 2.4 尺となり、後者にては 1.95 尺となる。

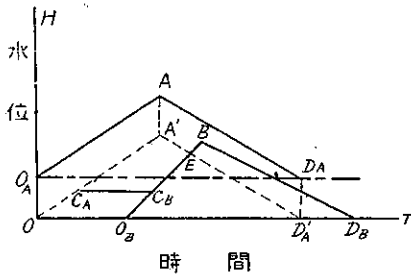
仍つて茲に始動水位を 2.2 尺と假定し明治 45 年 1 月 1 日より大正元年 12 月 31 日の間に於て此の始動水位以上に昇りたる日を水力資料の年表より拾ひ擧ぐれば附表第一の如し。

次に附圖第一より水位對 v, v_r, q を知る故此れ等より水位對 $q\left(\frac{v^2 - v_r^2}{v^2}\right)$ の曲線を造り其の曲線を用ゐ各水位に對する $q\left(\frac{v^2 - v_r^2}{v^2}\right)$ を求むれば附表第一 第三行の如し、之を圖示すれば附圖第三の如し即ち例示の北上川の如く出水位餘り高からざる場所に於てすら砂礫の水底を轉動し又は跳動して流下する總量の大部分は高水時に於て流動するものなるを知る、従つて他の多くの河川の如く高水時に水位の上昇著しき處に於ては特に此の關係顯著なり。故に高水時に於ける水位と流量、水面勾配の變化の關係を今少しく詳細に調査する必要あり。而して流量に關しては稍精密なる調査資料を具備する河川多きも之に反し水面勾配に關する資料は甚だ乏し。次に水位の昇降に伴ひ水面勾配の變化の狀勢及其の實例に就き記述すべし。

8 出水時中に於ける水面勾配の變化

相近接せる 2 箇所の量水標 A 及 B の水位を圖の如く水位對時間の關係にて圖示すれば $O_A A D_A$ と $O_B B D_B$ との 2 曲線を得る。

第一圖



今此の兩量水標間の距離を S とし此の間の洪水波及速度を V_q とすれば A より B まで洪水の到達する時間は

$$t = \frac{S}{V_q}$$

にて兩量水標間の距離は一定なる爲 S は定數にて V_q は q の増すに従ひ大となる故に t は V_q の増すに従ひ減するものなり。即ち $O_A D_A D_A'$ の曲線を B の標高と同じものに改め $O A' D_A$ とすれば以上の關係より $O D_B > C_A C_B$ となる故 $O A'$ と $O_B B$ とは水位の上昇に伴ひ漸近する性質を有す。

然して兩量水標間の水面勾配は出水以前に於て

$$\frac{O O_A}{S}$$

なるも増水に従ひ曲線 $O A'$ の堅距丈 $O O_A$ に加はる爲水面勾配急となり O_B 附近に於て最大となる ($O A'$ と $O_B B$ との曲線の性質にて O_B 以後に最大となることあり) 夫れより再び漸次水面勾配緩となり E 點以後は最初の水面勾配より緩となるものなり。

以上の關係を適確に證明するに足る資料を有せざるも二、三の例に依りて此の關係を示せば次の如し。

附表第二に示したるものは水力調査資料より得たるものにして多くは平水位以下に於て測定し然かも同一出水時のものに非ざる爲以上の性質を示すに適せず唯單に初期水面勾配の急増する一部分を示すに過ぎず。

附表第三及附圖第二は此の部分を稍精細に示せるものなるも是れ亦同一出水時のものに非ず然かも 9 月の出水に横断面に變化あり比較上遺憾とする點多し。

附表第四及附圖第四と附表第五及附圖第五とは兩水位觀測所の水位觀測より水位對水面勾配の變化を求めたるものにして兩觀測所に於ける時間の精確なる一致は期待し難く且兩水位觀測所間の距離遠き爲其の間河狀に變化ありて兩所間の一定の水面勾配を保ち難き故精確を期し難きも水面勾配變化の性質の大體を知るに足らんか。

要するに資料乏しき爲出水時中に於ける水面勾配の變化を明瞭に爲し得ざるも大勢には誤りなきを信ず、實際河川調査に従事する、方々は此れ等資料の調査に就き充分注意を拂はるることを切望す。

9 同一水位に於て増水時と減水時とに依り洪水量及砂礫轉動量の變化

水面勾配は既に記述せし如く同一水位にて増水時と減水時とに依り差異あり即ち前者に急

にして後者に緩なり、従つて流速も前者に大にして後者に小なる故に出水中洗掘沈澱等にて横斷面に著しき變化なき以上は流量も亦前者に多く後者に少なき理なり。

出水中流量の測定は頗る困難なる故以上の關係を明示すべき資料は我邦に於て發表されたるもの少なし。附圖第六は佛國セイヌ河の洪水量にて此の關係を示すものなり。

以上の如く同一水位に對し水面勾配も流量も共に増水時に多く減水時に少なき故此れ等を因數とせる砂礫の轉動量も亦増水時に大にして減水時に小なるは自明にして實地觀測に従事せる者が此の事實を屢報告せり。故に砂礫の轉動量の公式中水位を直ちに因數とせるものは此の點に於て多少の不備を認め得るものなり。

10 結 論

砂礫の轉動量を知らんとするには以上述べし如く資料不備なるもの多し故に次記事項に就き當事者は資料の完備に努力されむことを希望す。

(イ) 河床に存在する砂礫に對し始動流速の測定と共に底流速、平均流速の關係を明らかにし始動水位を確定すること。

(ロ) 出水期間に於ける各水位に對する水面勾配及流量を精細に測定すること。

(ハ) 試験區域を設け此の區間に3箇所以上の測水所を設け水位、横斷面、流速、流量、水面勾配等を實測し且出水後河床に變化を生じたる場合には其の都度測水所間の河床の斷面を實測し此の區域に於ける砂礫の轉動量の増減を測定し公式の常數の推定資料を提供すること。

河川を流下し河床に變化を生ずる土砂の全量は上記述べし砂礫の轉動量の外に水中を浮游して流動するものあり、此の量に對しては出水中濁水の見本を汲取り此の見本水中に含有する土砂の量を測定すれば大體の量を堆定し得べく、然して轉動と浮游との兩者の比は場所に依りて一定せず且之に關する資料少なきも次記に依りて概要を知るに足らんか。

河川	場 所	觀測者	轉動量 m ³	浮游量 m ³	浮游量 轉動量	記 事
Rhone	Louéche-Souste	Collet	2 303	2 850	1.2	L.W. 以下 18 時間
Upper Rhone	—	—	243	436	1.8	1 年 1 平 方 呎
Le Verdon	Quinson	Wilhelm	25	75	3.0	
L'Arve	Genève	Lugen	146 000	700 000	4.8	1 年 間
Mississippi	川口附近	—	750	6718	8.9	1 年 間 100萬立方尺

以上の如く急流部に於ては轉動量と浮游量との割合は稍等しきも下流部に至りては後者は前者の5倍乃至10倍となる然して河床の變化は必しも此の比に依るものに非ざるなり。

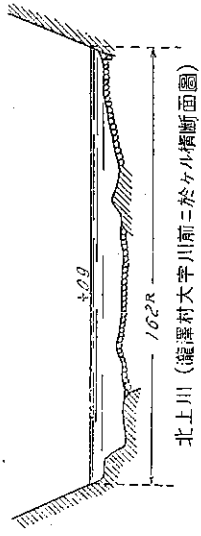
此の兩者を併せたるものは河川を流下する土砂の全量にして之を調査したる資料も至つて少なし附表第六は此の資料の一部を表示したるものにて單位は流域1平方呎に對し1年の流

出量を立方米にて示し其の量は貯水池埋没量より推定したるものあり。又は河口の三角洲の増大量より算出したるものあり、中には測定方法の不明なるものあるも之により概念を得べし。

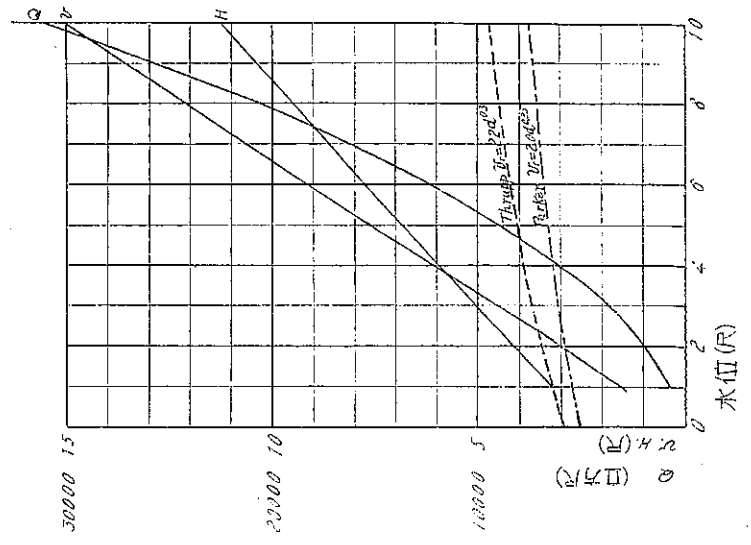
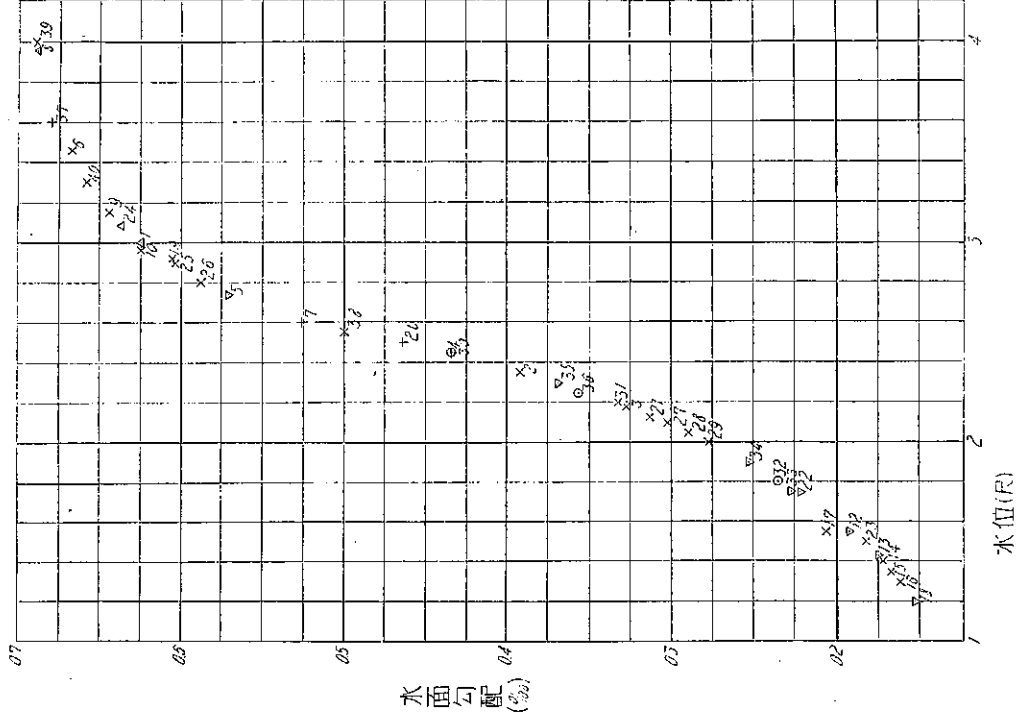
終りに臨み澱川及北上川兩川の洪水位に關する資料を與へられたる會員工學博士眞田秀吉君及同工學士並川熊次郎君の兩君に感謝の意を表す。

附記 附表第一にては $q\left(\frac{v^2 - v_0^2}{v^2}\right)$ の一年間の累計を得たるも R_0 なる係數の價を知らざるときは砂礫轉動總量を求むることを得ず今假りに實驗より得たる結果 $R_0 = 0.759; I - 0.000571$ (砂粒の大なるものゝ實驗を行はず且 R_0 は緩勾配にも直線式を持続すべきや不明にて其の結果の不精確なるは勿論なり) を凡ての水位に對し常數として用ゐる q は一秒時のものなる故之より一日の流量を出し $I = \frac{1}{1200}$ と假定して Q_0 を求むれば 6300000 立方尺を得、而して流域は 7.91 方里なる故之を米單位に換算するときは流域一平方里一年 139 立方米を得る、依りて附表第六のものゝ對照すれば其の結果稍妥當なるものゝ如し然し算出に餘り假定資料多き爲價值少なきことは勿論なるも推定の一方法として參考の爲附記す。

附圖第一

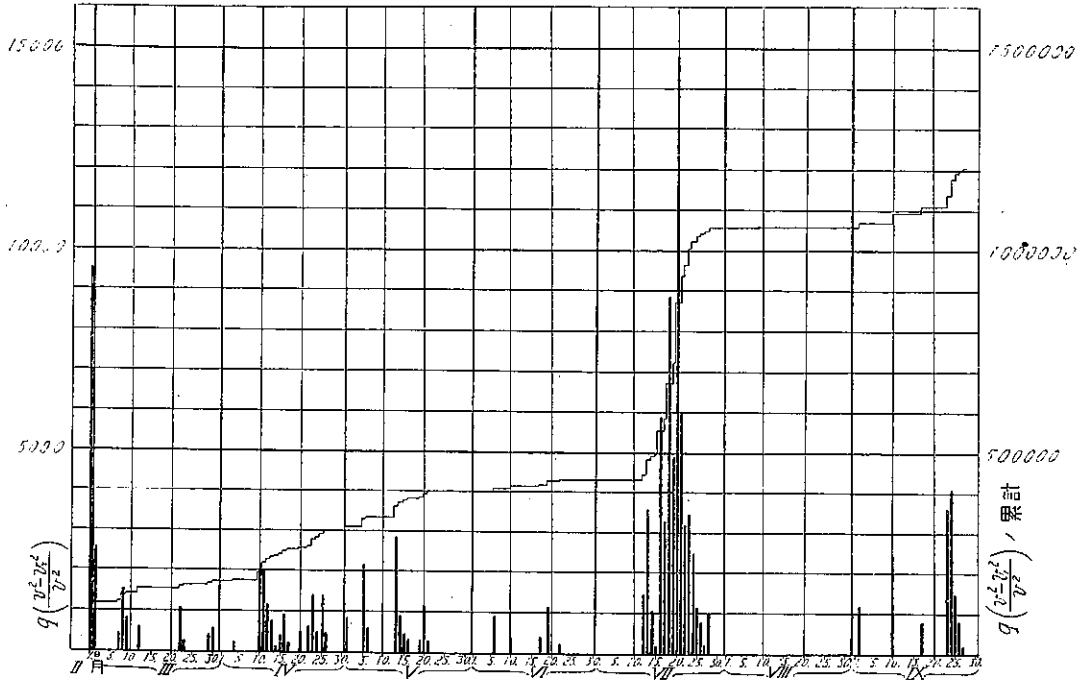


附圖第二 櫻斐川

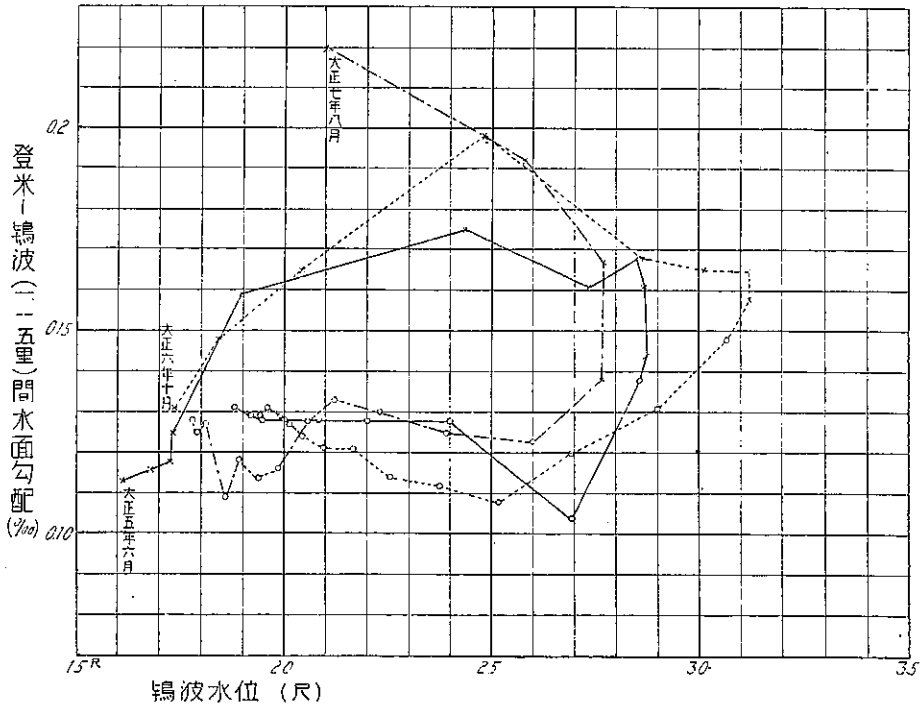


(土木学会資料第十卷第六圖附)

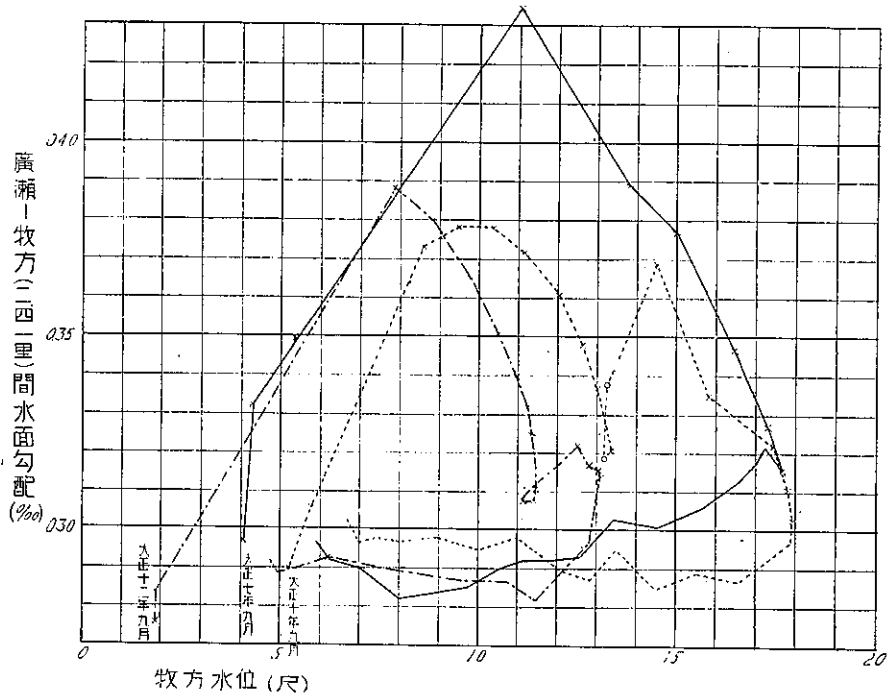
附圖第三 北上川(瀧澤村大字川前)



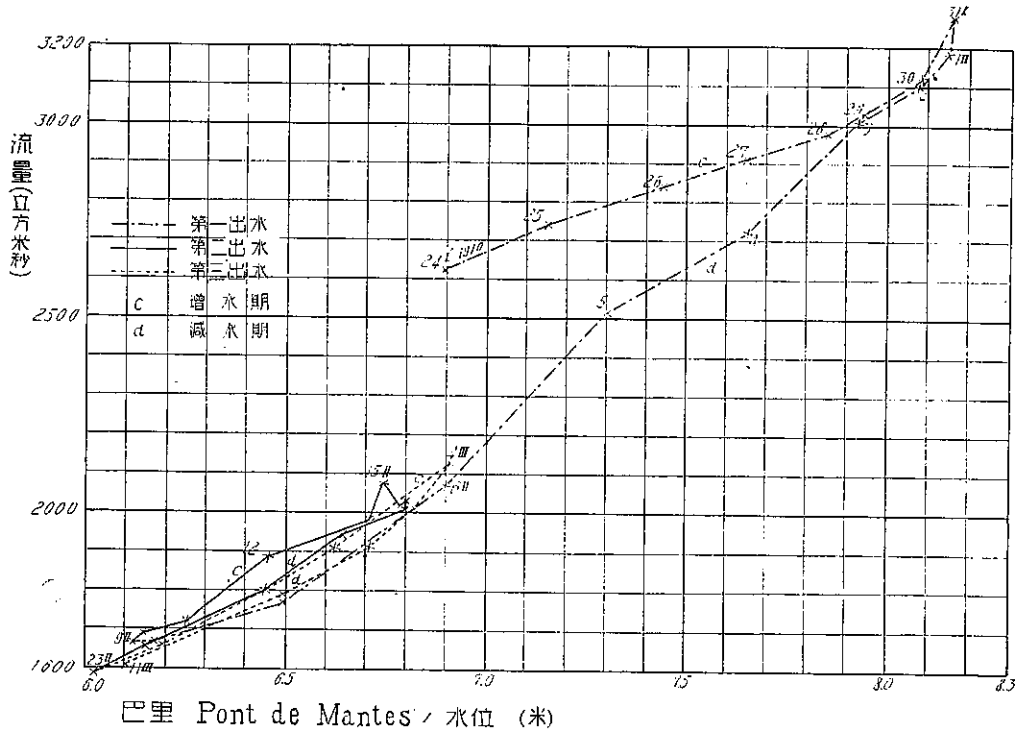
附圖第四 北上川



附圖第五 澗 川



附圖第六 La Seine



(土木學會誌第十四卷第六號附圖)

附表第一

月日	水位	$q\left(\frac{r^2-rr^2}{t^2}\right)$	同累	左計	月日	水位	$q\left(\frac{r^2-rr^2}{t^2}\right)$	同累	左計	月日	水位	$q\left(\frac{r^2-rr^2}{t^2}\right)$	同累	左計
II 29	5.80	9 500	9 500		V 16	2.35	300	38 442		IX 25	2.96	1 488	119 563	
III 1	3.40	2 500	12 000		19	2.35	300	33 742		26	2.62	805	120 368	
7	2.40	393	12 393		20	2.80	1 150	39 892		27	2.30	210	120 578	
8	3.00	1 576	13 974		21	2.35	300	40 192						
9	2.62	805	14 779		VI 6	2.70	910	41 102						
12	2.50	530	15 309		10	2.33	355	41 457						
22	2.75	1 055	16 414		17	2.40	308	41 855						
23	2.32	245	16 659		19	2.80	1 150	43 005						
28	2.40	393	17 057		22	2.30	210	43 215						
29	2.48	540	17 597		VII 11	2.96	1 500	44 715						
IV 4	2.30	210	17 807		12	3.84	3 600	48 315						
10	3.25	2 100	19 907		13	2.75	1 655	49 370						
11	3.20	2 000	21 907		14	2.30	210	49 530						
12	2.80	1 150	23 057		15	4.68	5 900	55 430						
13	2.60	770	23 827		16	3.72	3 300	58 780						
14	2.25	122	23 949		17	5.62	8 900	67 680						
15	2.40	393	24 347		18	4.32	4 900	72 530						
16	2.70	910	25 257		19	7.18	14 800	87 330						
17	2.30	210	25 467		20	4.80	6 200	93 530						
20	2.45	435	25 952		21	3.70	3 200	96 780						
22	2.50	530	26 532		22	3.80	3 500	100 280						
23	2.92	1 400	27 932		23	3.40	2 500	102 780						
24	2.45	435	28 417		24	2.80	1 150	103 930						
25	2.35	1 255	29 672		25	2.60	770	104 700						
26	2.45	435	30 157		26	2.30	210	104 910						
V 1	2.65	860	31 017		27	2.73	1 010	105 920						
5	3.23	2 200	33 217		IX 2	2.80	1 150	107 070						
6	2.50	530	33 797		10	3.40	2 500	109 570						
13	3.60	2 950	36 747		17	2.62	805	110 375						
14	2.70	910	37 657		23	3.84	3 600	113 975						
15	2.45	435	38 142		24	4.07	4 100	118 075						

附表第二

河川	測水所	水位 (尺)	水面勾配 (%)	河川	測水所	水位 (尺)	水面勾配 (%)
奥入瀬	法奥深一奥瀬	1.96	1.73	阿武隈	大平一供中	3.70	0.167
"	"	2.23	1.86	"	"	4.72	0.385
馬淵	留崎-駒木	1.65	0.10	"	"	6.93	0.694
"	"	2.83	0.131	高瀬	大加一焼築	2.90	0.274
"	"	3.66	0.203	"	"	3.30	1.099
安比	御返地-似鳥	1.26	0.833	"	"	4.39	1.92
"	"	1.90	1.00	米代	錦木一大鉄	1.88	0.532
"	"	2.24	1.42	"	"	2.54	0.566
安家	安家-安家	2.36	0.222	"	"	3.80	0.934
"	"	2.82	1.11	成瀬	東成瀬一手倉	0.33	1.18
"	"	3.24	1.33	"	"	1.50	3.64
宮古	川非一八木卷	1.10	1.67	寒河江	西山-間澤	0.90	0.705
"	"	1.72	1.94	"	"	1.35	1.18
"	"	2.30	2.08	"	"	2.15	2.03
北上	御堂-大垣	1.70	0.735	小國	西小國-瀬見	2.53	0.454
"	"	2.15	0.833	"	"	3.10	0.434
"	"	2.75	1.13	"	"	3.60	0.649
"	瀧澤-川前	1.40	0.292	銅山	大藏-鹽	1.60	6.25
"	"	1.71	0.313	"	"	2.30	7.14
"	"	2.14	0.521	日橋	慶徳-山科	1.60	0.08
"	宮野目-葛	1.35	0.361	"	"	2.70	0.532
"	"	1.70	0.463	"	"	3.50	0.755
"	"	3.29	0.840	阿賀野	日田谷-日出谷	4.50	0.912
岩ヶ石	十二箇-北成島	0.53	0.425	"	"	8.30	1.30
"	"	0.86	0.469	只見川	西川-川井	3.10	1.19
"	"	1.22	1.00	"	"	4.00	1.56
和賀	横川目-赤石	0.49	0.19	"	"	5.57	2.22
"	"	1.20	0.333	小本	岩泉-二升石	1.06	0.758
"	"	1.70	0.459	"	"	1.60	1.00
廣瀬	大深一本郷	1.50	0.426				
"	"	1.89	0.570				
"	"	3.15	1.160				

246-5

附表 第三

河川 揖斐川

観測所 岐阜縣揖斐郡久瀬村大字東横山字新道

観測年 明治 45 年—大正元年

月日	水位	水面勾配	記事	月日	水位	水面勾配	記事
	(尺)	(0/100)			(尺)	(0/100)	
1 I 2	3.00	0.625	昇頂	21 VIII 4	2.13	0.313	下降
2 " 13	2.35	0.392	下降	22 " 10	1.75	0.222	降底
3 " 26	2.18	0.328	"	23 " 19	1.50	0.183	下降
4 II 5	2.45	0.435	平	24 IX 11	3.08	0.637	昇降
5 " 21	2.74	0.571	降底	25 X 9	2.90	0.606	下降
6 III 11	3.45	0.667	下降	26 " 10	2.80	0.588	"
7 " 21	2.60	0.526	上昇	27 " 22	2.10	0.303	"
8 " 22	3.95	0.689	昇頂	28 " 23	2.05	0.290	"
9 IV 13	3.15	0.645	下降	29 " 24	2.00	0.278	平
10 V 20	2.97	0.625	下降	30 " 31	2.45	0.435	上昇
11 " 26	2.00	0.278	"	31 XI 1	2.20	0.333	下降
12 VI 4	1.55	0.192	降底	32 " 4	1.80	0.235	平
13 " 7	1.43	0.175	"	33 " 7	1.75	0.227	降底
14 " 12	1.40	0.172	下降	34 " 13	1.90	0.253	"
15 " 15	1.35	0.167	"	35 " 17	2.30	0.370	"
16 " 16	1.30	0.161	"	36 " 30	2.25	0.357	平
17 " 21	1.65	0.208	"	37 XII 3	3.60	0.680	上昇
18 VII 2	1.20	0.152	降底	38 " 12	2.55	0.500	下降
19 " 13	2.92	0.606	下降	39 " 20	4.00	0.690	"
20 " 23	2.50	0.465	上昇	40 " 22	3.30	0.658	"

9 月 23 日出水後河床變化す

昇頂は前後兩日より水位高し

降底は" " " " " " " " 低し

平 は" " " " " 同水位

29151

附表第四 北上川

年月	日時	水位		登米-搗波 水面勾配
		登米	搗波	
大正五年六月	23 後 6	(尺) 15.63	(尺) 16.10	(%) .113
	12	16.38	16.80	.116
	24 前 6	16.85	17.25	.118
	12	17.00	17.30	.125
	後 6	19.32	18.95	.169
	12	24.80	24.35	.175
	25 前 6	27.60	27.35	.161
	12	28.85	28.50	.168
	後 2	28.95	28.70	.161
	4	28.80	28.74	.144
	6	28.50	28.60	.138
	12	26.30	26.95	.104
	26 前 6	23.75	24.00	.128
	12	21.85	22.00	.128
	後 6	20.60	20.85	.128
	12	19.75	20.00	.128
	27 前 6	19.10	19.45	.128
	12	18.60	18.80	.131
大正六年九月より十月	30 後 6	17.15	17.35	.131
	12	18.45	18.40	.148
	1 前 6	20.70	20.40	.165
	12	25.65	24.85	.198
	後 6	29.00	28.65	.168
	12	30.40	30.10	.165
	2 前 6	31.10	30.80	.165
	12	31.50	31.20	.165
	後 1	31.40	31.20	.158
	6	30.70	30.65	.148
	12	28.80	29.00	.131

年月	日時	水位		登米-搗波 水面勾配
		登米	搗波	
大正六年十月	3 前 6	(尺) 26.55	(尺) 26.92	(%) .120
	12	24.65	25.20	.108
	後 6	23.27	23.75	.112
	12	22.10	22.55	.114
	4 前 6	21.30	21.65	.121
	12	20.60	20.95	.121
	後 6	20.13	20.43	.124
	12	19.85	20.12	.127
	5 前 6	19.67	19.90	.129
	12	19.40	19.60	.131
	後 6	19.15	19.39	.129
	12	18.95	19.18	.129
大正七年八月	20 後 6	22.12	21.00	.220
	12	26.55	25.85	.192
	21 前 6	27.90	27.57	.167
	7	27.99	27.65	.167
	12	27.55	27.65	.138
	後 6	25.65	25.98	.123
	12	23.60	23.90	.125
	22 前 6	22.10	22.32	.130
	12	21.05	21.22	.133
	後 6	20.07	20.55	.118
	12	19.42	19.85	.116
	23 前 6	18.90	19.35	.114
12	18.50	18.90	.118	
後 6	18.05	18.59	.109	
12	17.80	18.07	.127	
24 前 6	17.60	17.90	.125	
12	17.55	17.80	.128	

附表第五 濑川

年 月	日時	水位		廣瀬-牧方 水面 勾配	年 月	日時	水位		廣瀬-牧方 水面 勾配	年 月	日時	水位		廣瀬-牧方 水面 勾配
		廣瀬	牧方				廣瀬	牧方				廣瀬	牧方	
大 正 七 年 九 月	23 後 6	(尺) 4.15	(尺) 4.05	(0000) .297	大 正 十 年 九 月	24 前 6	(尺) 5.15	(尺) 5.25	(0000) .299	大 正 十 二 年 九 月	14 前 6	(尺) 1.30	(尺) 1.85	(0000) .276
	24 前 6	5.50	4.30	.332		25 " 6	6.20	5.80	.306		後 6	1.60	1.90	.234
	後 4	15.40	11.00	.434		後 6	11.10	8.60	.373		15 前 6	10.80	7.85	.338
	5	16.80	13.80	.339		7	12.10	9.45	.378		7	11.50	8.80	.330
	6	17.60	15.00	.377		8	13.00	10.35	.375		8	12.05	9.80	.361
	7	18.10	16.45	.347		9	13.60	11.15	.372		9	12.30	10.50	.355
	8	18.35	17.30	.327		10	14.10	12.00	.361		10	12.40	10.95	.340
	9	18.40	17.68	.316		11	14.30	12.60	.348		11	12.45	11.25	.332
	10	18.10	17.15	.322		12	14.35	13.00	.337		12	12.35	11.35	.325
	11	17.70	16.95	.317		26 前 2	14.20	13.35	.321		後 1	12.20	11.45	.317
	12	17.20	16.60	.313		4	13.40	13.25	.293		2	12.00	11.45	.311
	25 前 2	16.05	15.65	.306		5	14.00	13.20	.319		3	11.85	11.40	.308
	4	14.80	14.55	.301		6	14.65	13.25	.333		4	11.70	11.25	.308
	6	13.70	13.40	.303		8	16.85	14.50	.369		6	11.60	11.15	.308
	8	12.60	12.60	.293		10	18.10	16.80	.335		8	11.70	11.20	.309
	10	11.75	11.40	.292		11	13.30	17.40	.322		10	12.10	11.50	.303
	12	11.05	11.10	.292		12	18.35	17.80	.311		12	12.75	12.00	.317
	後 2	10.45	10.55	.290		後 1	18.25	17.95	.303		16 前 2	13.40	12.50	.322
	6	9.50	9.75	.235		2	18.00	17.90	.297		4	13.55	12.80	.317
	26 前 6	7.70	8.00	.232		4	17.25	17.30	.292		6	13.70	13.00	.316
	後 6	6.90	7.00	.290		6	16.30	16.50	.237		7	13.75	13.00	.317
	27 前 6	6.25	6.30	.292		8	15.35	15.50	.239		8	13.75	13.10	.314
	後 6	6.00	5.90	.297		10	14.30	14.55	.235		10	13.55	13.05	.316
				12	13.55	13.50	.295	12	12.90	12.80	.297			
				27 前 2	12.65	12.85	.237	後 2	12.15	12.25	.290			
				4	11.95	12.05	.290	4	11.15	11.50	.282			
				7	11.15	11.00	.293	6	10.50	10.70	.287			
				12	10.15	10.00	.295	9	9.55	9.75	.287			
				後 6	9.15	9.00	.298	17 前 6	7.50	7.60	.290			
				23 前 6	8.10	8.00	.297	後 6	6.20	6.20	.293			
				後 6	7.55	7.40	.293	18 前 6	5.35	5.45	.290			
				29 前 6	7.10	7.00	.297	後 6	4.80	4.95	.289			
				後 6	7.00	6.70	.303	19 前 6	4.70	4.75	.292			

零點高 廣瀬 (尺) 32.171
牧方 23.000

附表第六 河川を流下する土砂量

河川	観測所	観測者	流量流域1 平方呎1年に 對し(立方米)	記事 (測定資料)
1. Montereale Cellina	.....	.....	1926	貯水池埋没量
2. Durance	Mean	政府技術者	672-839	....
3. "	Serre-Ponçon	.....	722	....
4. Upper Rhone	川口	Forel	679	....
5. Lavaguina	.....	.....	600	貯水池埋没量
6. Durance	Mirabeau	政府技術者	508	....
7. Arve	.....	.....	481	....
8. Rhone	.....	Surrel	434	....
9. Cismon Alla Serra	.....	.....	400	貯水池埋没量
10. Beaver dam creek	.....	.....	252	"
11. La Reuss	Lac des Quatre Canton	Heim	243	河口三角洲
12. Torre	.....	.....	193	貯水池埋没量
13. Aar	.....	.....	112-241	河口三角洲
14. La Reuss	.....	.....	176	"
15. Linth	.....	.....	119	"
16. Tiroler Achen	.....	.....	110	"
17. Bregenzer Ach	.....	.....	104	"
18. Rhine	.....	.....	95	....
19. Kaw	.....	.....	61	