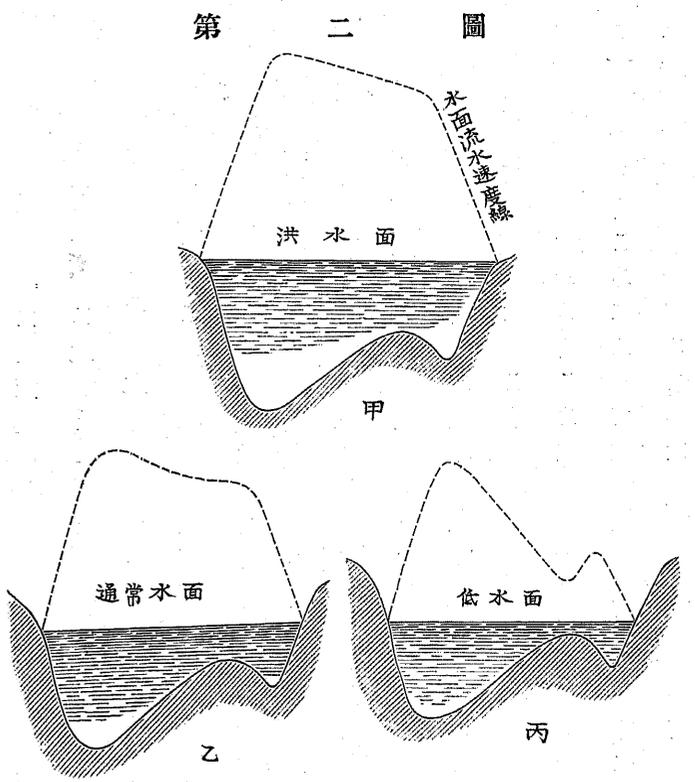
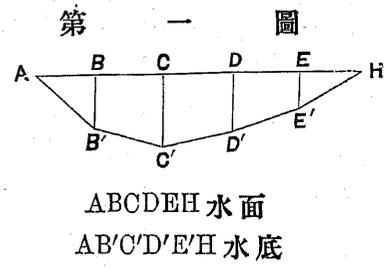


### 水力の調査

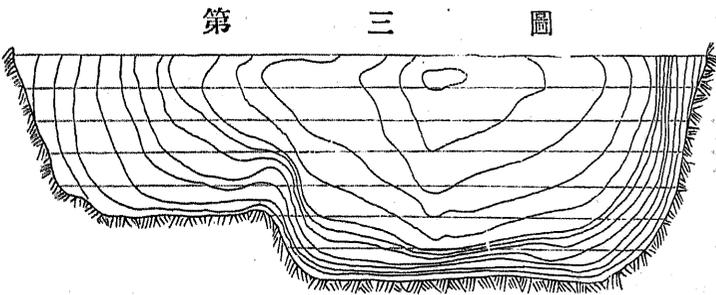
水力を調査せんと欲せば普通の測量によつて土地の高低地形を知り且つ其河川の流量を知ることがを要す、河川の幅員、深淺及平面、高低の測量に於ては著しき誤差を生ずることなしと雖も河川流量の調査に至つては慎重の注意をなさざる可らず、蓋し山川の形状は變化することなしと雖も流水の流量は時々増減ありて一定せず隨て其流量を調査するに(一)實測(二)計算及び(三)鑑定を要す。

(一)實測、先づ河川の横断面を作るべき實測をなさんが爲めに其兩岸の間に距離の符標をつけたる針金若は繩を張り其符標のある所に船を進め測量用の棒を水中に入れて其深淺を測るべし、もし針金、繩等を張ること能はざる場合に於ては川の兩岸に經緯儀を置き船の位置を定めて深淺測量をなすべし。

河川の横断面第一圖の如きものを得たるときは之を數區に分ち其各區に



於ける流水速度を實測すべし各區横斷面積に夫々の區域に於ける水の平均

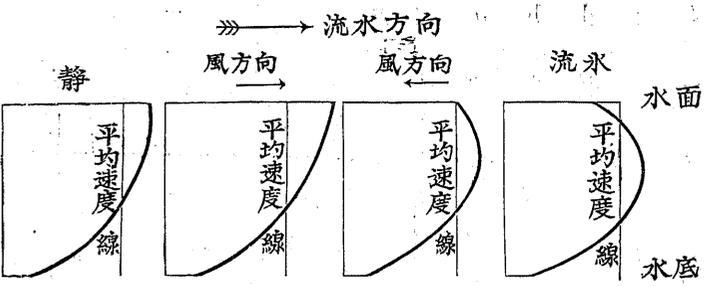


速度を乗すれば各區域に於ける流量を知るを得べく之を合計したるものは全流量なり。

流水速度は其水面に近きところと水底に近きところと相異なるのみならず其水面も兩側に近きところと水流の中央に近きところと相異り又其相異の度も同一河川にありて水嵩の多少によつて差あり第二圖に於て水面線上にある點線(點線と水面線との距離は其各所の流速を示す)は其場所の流水速度の大小を示すものとし同一河川に於ても洪水のときは各所流速大にして其差少なきこと第二圖甲の如く低水のときは流速小にして其差大なること第二圖丙の如し。

又流水速度の大なるところは水面若は水面より少しく下りたるところにありて水底及兩側に近づくに隨ひ流水速度を減少するものなり之を同速線にて畫

第四圖

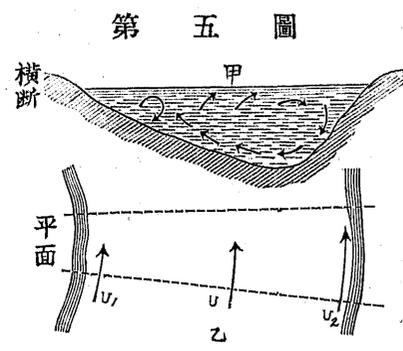


くときは不規則なる曲線を得ること第三圖に示す如し。

又其同一なる場所に於ても風の方向流水と同一なれば水面の流速最も大となり風の方向流水と反對なるときは水面よりも少しく下の位置反つて速度大なり流水ある場合に於ては水面の速度著しく減少す第四圖に示す最上線は水面を顯はし最下線は水底線にして各所の水平距離は各所の流速を示すものなり。

水流直線の場所に於ても以上の如く變化あるものなるが尙曲線のところには第五圖に示す如く流る、ことあり第五圖に示す $V_1$ 、 $V_2$ が平面圖兩點線間の距離に正比例して流る、ときは渦巻を生ぜざれども實際の河川に於ては横斷圖

水力



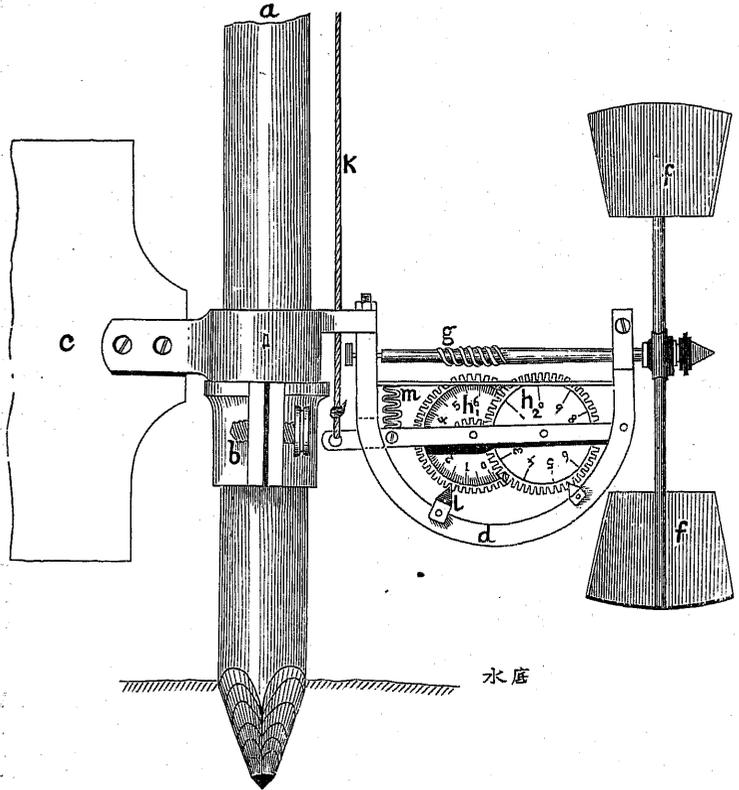
に矢にて示せる如き渦巻きを生じ河川の流の方向に直角の方向にも水は動くものとす、斯の如く流水の速度は風の方向、強弱、河川の直線、曲線等によりて變化を來すものなれば流量實測を爲す場所は河川の直線に近き部分を撰み天氣靜穩なるときを好とす。

流量の實測に用ふる器械及其用方は下に述ぶるもの、如し。

流測器 (Current meter) 第六圖

- a 流測器を取付けて水中に押込む棒
- b 止め金物
- c 尾横に長けれども圖には略す
- d 受け
- e 羽横に長けれども圖には略す
- f 羽流水に當つて廻轉す
- g 羽の廻轉を齒車に傳ふる軸
- h<sub>1</sub> h<sub>2</sub> 廻轉する齒車(一位十位百位)
- l 羽車の廻轉數を示すもの、
- m ばね

第六圖

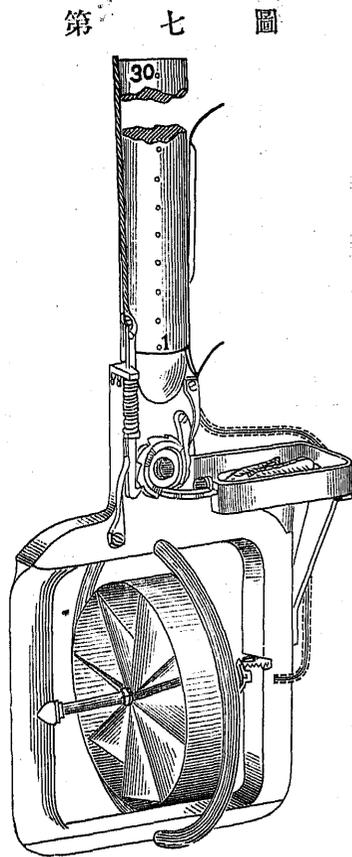


水力の調査

實測の際に合圖によつてkを引けば齒車とgと接して齒車が廻轉し又合圖によつてkを手放せばgはhと離れてlが其時間に相當する廻轉數を示す。

第六圖に示す流測器に於て其廻轉數を知らんと欲せば一々之を水上に引き上げて見ざる

べからず此煩を避けんがため電気作用により水上の示針計にて之を知り得る器械あり即ち第七圖に示すものは廻轉數を水上にて讀み得又第八圖は羽

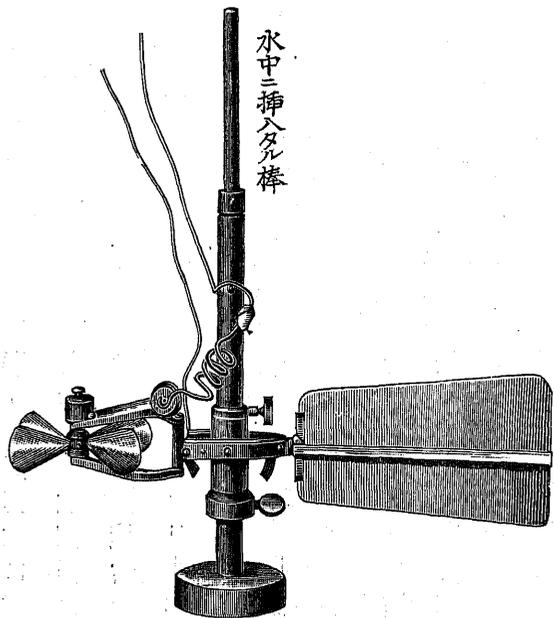


の一廻轉毎に電氣仕掛にてカチカチする音を發する故に其音を聞きて廻轉數を知り得るものなり又器械を取付けたる棒は水中

に入れたるまゝ動かさずして器械だけを上下さすことを得る便宜あり又水中に器械を垂下することを得るものあり。

流速器の廻轉數と流水速度との關係は器械毎に差ありて實際或る既知の速度の流水中に入れて廻轉せしむるか或は靜水中を既知の速度を以て器械

第八圖



を動かし實驗上の結果よりこれを定むるを法とす、流速器の割付これなり割付は成るべく實測せんとする河川と似たる状態の許に施すを要す。

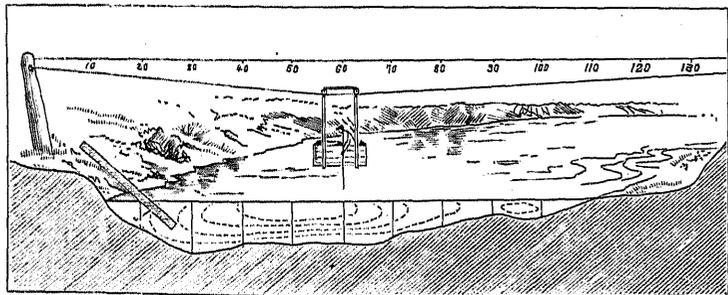
流速器は船を二艘并べその中央に舳(シテ)の方に當りて之を置くをよしとす、或は第九圖に示す如く針金を張り上より吊るを最もよしとす、而

してこれらの實驗は凡ての水深に對し例合ば水面以下一尺のとき、二尺のとき等に於てなすを要す。

水深三尺以上あるにあらざれば流速器を用ふるも好き結果を得ず、又水草

水力の調査

第九圖



多くして羽にかゝる恐れあるところに於ては使用するを得ず(音にて廻轉數を聞き得る器械にありては指針にて示すものよりも容易に藻草等の懸りて回轉數に變化を生ぜしことを知ることが得べし)又流測器は普通一秒時に五寸以下の速度の流水には適當せず

$x$  = 流水速度—秒時に付尺

$\gamma$  = 流測器廻轉數(一分時に付)

$a, b$  = 係數

然るときは  $x = a + by$  なる方程式を以て表はすを得べし、幾多の實驗によりて斯る方程式を作り最小自乗法の計算によりて  $a, b$  なる係數を定むるものとす。

今爰に  $n$  回の實驗をなしたるとき第一回のも

のは  $x_1 = a + by_1$  となり第二回のものは  $x_2 = a + by_2$  となり  $n$  回目のものは  $x_n = a + by_n$  なりとすれば  $x = a + by$  の式に於て

$$a = \frac{\sum(y^2)\sum(x) - \sum(y)\sum(xy)}{n\sum(y^2) - \sum(y)\sum(y)} \quad b = \frac{n\sum(xy) - \sum(y)\sum(x)}{n\sum(y^2) - \sum(y)\sum(y)}$$

となり係數を知ることが得べし

通常の場合に於て非常なる精密を要せざるときは第十圖の如き圖を製作し流測器の羽の廻轉數と流水速度との關係を圖上に於て見るべし圖式は又誤を生ずることも尠なし。

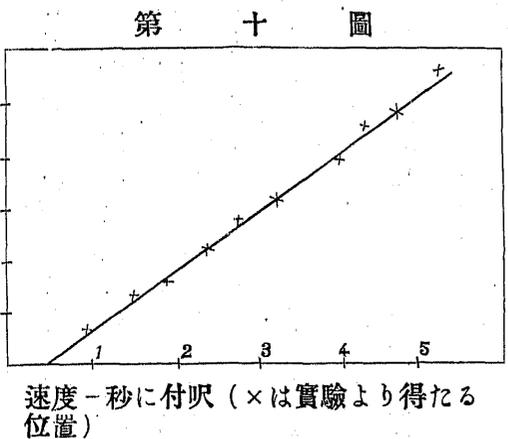
前記最小自乗法の計算に於ても一應第十圖の如きものを製作して實驗の取捨を爲すべし。

参考の爲めに  $a$  及  $b$  の値如何なるものを得るやを示せば

$a = 0.05$  乃至  $0.5$

$b = 0.01$  乃至  $0.05$

精巧なる器械は摩擦少く廻轉容易なり故に流水速度小なる場合に於ても



羽の廻轉數多し a b は器械によりて皆別々の値を有する故に器械毎に實驗して時々之を定むるを必要とす。  
 (流測器の實用に耐ふるものは一臺の價凡貳拾圓以上なり電氣仕掛のものは凡二百圓以上なり)。  
 流測器を水面より最も靜に水底に沈め復た之を靜に引上ぐるときは其流測器の羽の廻轉數は其縦線に於ける流水の平均速度に相等するものとなるべし。

尙ほ詳細のことを知らんと欲するときは左記の書籍を見るべし

Johnson—Theory & Practice of Surveying p.311—322

Raymond—Plane Surveying. (1896) p. 298

Hoyt & Grover—River Discharge. (1907) p. 22—78

Friedrich—Kulturtechnischer Wasserbau. (1907) s. 59—71.

流速器を用ふること能はざる場合に於ては河川の形狀變化極めて少き殆んど直線なる場所を撰みその上下二ヶ所に繩を引くか又は兩岸に目標を作りてその間に Float (浮子) を流し其流過する時間を測定すべし。

前に述べたる如く水の速度は水流の各所に於て異なるを以てその平均を得んがため中央を流れたるもの岸に近き所を流れたるもの等數種をとり平均すべし又實際に於ては初め中央を流れしものが途中より岸に到り或は最初岸を流れしものが終りには中央に來るものあるべし是等は除外すべし。

$L$  = 流下する距離、呎

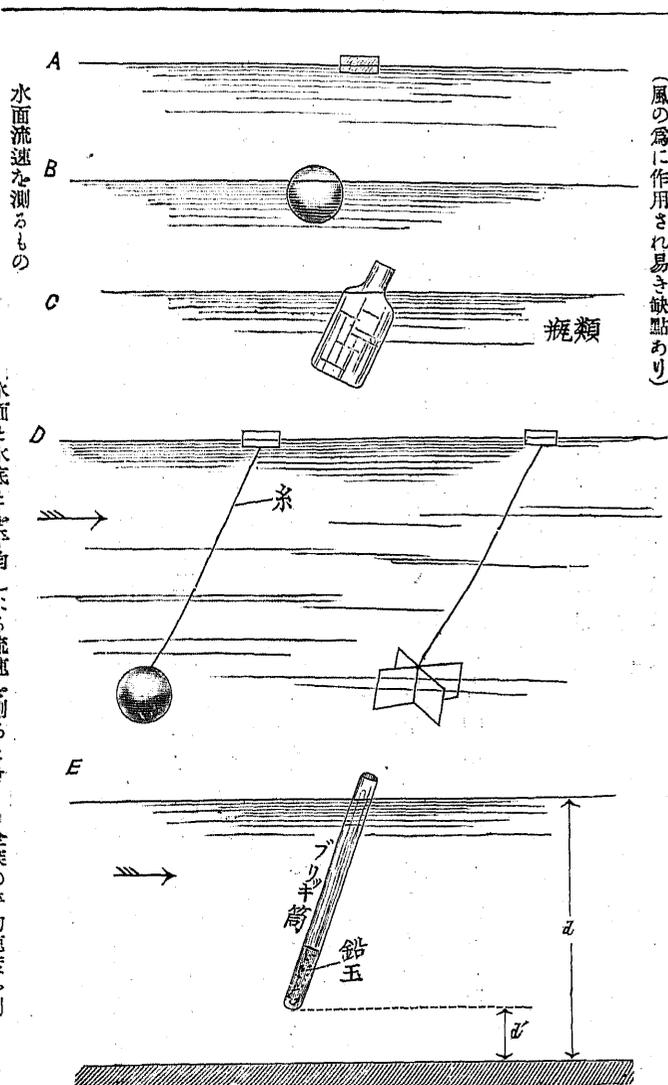
$T$  = 流下に要する時間、秒

$v$  = 平均流速、一秒に付呎

然るとある  $v = \frac{L}{T}$

第十一圖

(風の爲に作用され易き缺點あり)



水面流速を測るもの

水面と水底とを平均したる流速を測るとき

全深の平均速度を測るとき

$V_m$  = 平均速度毎秒呎       $V_r$  = 筒の實測速度毎秒呎

$V_m = V_r (1.012 - 0.116 \sqrt{\frac{d'}{d}})$

但し  $d'$  は  $d$  の四分の一以上たる可らず

所用の浮子に種々あり第十一圖を参照すべし

水面速度と平均速度との關係は河によりて異なりと雖も平均速度は水面速度の六〇%—八五%にして普通は七〇%—八〇%と見て大差なし。

流水最大及平均速度の比較

通常の運河に於ては最大速度及平均速度の比例大凡左式の如し

$$\frac{\text{平均速度}}{\text{最大速度}} = \frac{\text{最大速度} + 7.7}{\text{最大速度} + 10.3}$$

以上の算式に於て平均及最大速度を一秒時間何呎と云ふ數にて顯はす可し  
假令ば最大速度一秒時間五呎なるときは

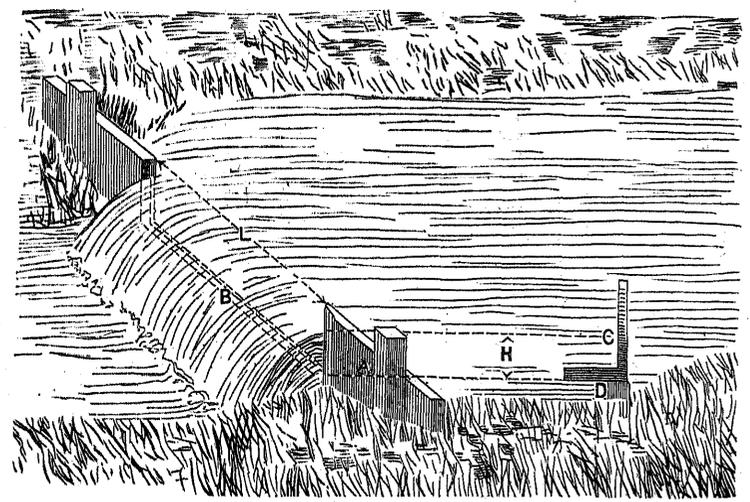
$$\text{平均速度} = 5 \times \frac{5 + 7.7}{5 + 10.3} = \frac{5 \times 12.7}{15.3} = 4.15$$

即ち平均速度一秒時間に付四呎一五なりと知るべし

假令ば平均速度一秒時間三呎なるときは爰に最大速度を  $x$  にて示せば

$$\frac{3}{x} = \frac{x + 7.7}{x + 10.3} \quad x = 3.7$$

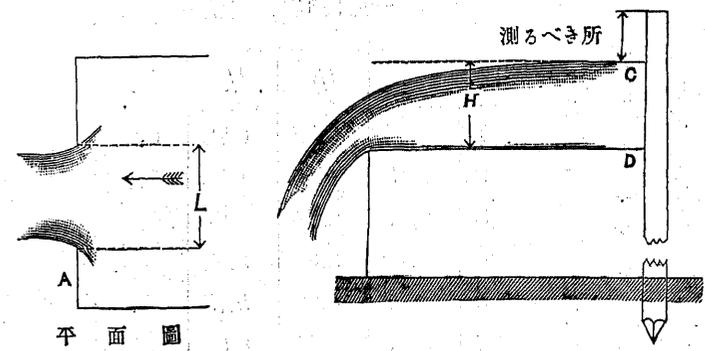
第十二圖(甲)



即ち最大速度一秒時間に付三呎七と知るべし  
 右の算式に依て各速度の比例を知るを得べしと雖ども通常の速度ある運河に於ては大凡(最小(平均)最大)速度の比例は猶ほ三と四と五との比例の如く速度極めて小なる運河に於ては其比例は猶ほ二と三と四との如しと知る可し。  
 尙詳細のことに關しては Merriman-A Treatise on Hydraulics. (1912) p. 318—336 を見るべし。

流量大ならざる小川に於ては第十二圖甲に示す如く水流を横斷し

第十二圖(乙)



水力の調査

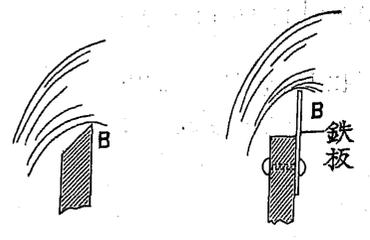
平面圖

て堰を作り Weir measurement 堰實測をなすを最も適當とす實際水頭を測る場合には水中に尺度を挿込まず第十二圖乙の如く杭を打ち置きその上部より水面までをはかるものとす。

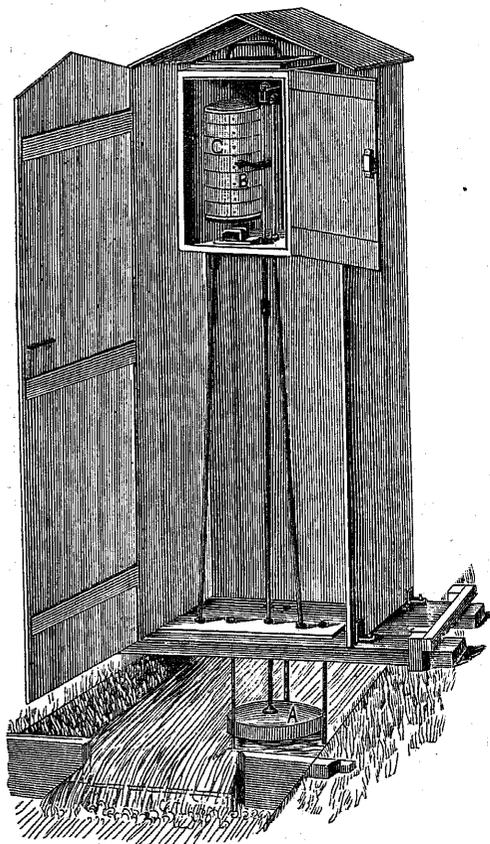
水越板の角は充分尖らして三角形に切るべし、或る場合には薄き金屬の板を用ふるもよろし、第十二圖丙を見るべし  
 Weir measurement 堰實測の結果より水量を計算するに次式を用ふ。

の  $\parallel$  流量  $Q$  秒時  
 に付立力  $H$   
 $L$  = 堰幅 呎

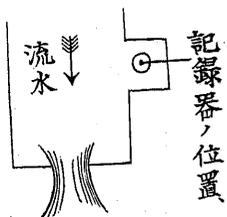
第十二圖(丙)



第十三圖



A 浮 B 示指筆  
C 時計仕掛にて廻轉する記録筒



Velocity of approach 流のよりつゝる速度を考ふる場合  
の詳細は次書を参考とすべし。  
Johnson—Theory and Practice of surveying p.277—332  
Weisbach—Theoretical mechanics. p.955—1001  
Fanning—Water Supply (1903) p.311—331.

堰幅一吋上を流過する  
流量一分時に付立方呎

吋	0	1/4	1/2	3/4
1	0.40	0.55	0.73	0.92
2	1.13	1.35	1.58	1.82
3	2.07	2.34	2.61	2.90
4	3.20	3.50	3.81	4.14
5	4.47	4.80	5.15	5.51
6	5.87	6.25	6.62	7.01
7	7.40	7.80	8.21	8.63
8	9.05	9.47	9.91	10.35
9	10.80	11.25	11.71	12.17
10	12.64	13.12	13.60	14.09
11	14.59	15.09	15.59	16.11
12	16.62	17.15	17.67	18.21
13	18.74	19.29	19.84	20.39
14	20.95	21.51	22.08	22.65
15	23.23	23.82	24.40	25.00
16	25.60	26.20	26.80	27.42
17	28.03	28.65	29.28	29.91
18	30.54	31.18	31.82	32.47

例令ば水深 $6\frac{3}{4}$ 吋にして幅5呎=60吋  
なるときは流量毎分 $7.01 \times 60 = 420.6$   
立方呎なり

若し堰に來る水に流速ある場合に於ては

$V_1 =$  流のよりつゝる速度毎秒呎  
 $Q = 3.33(L-0.2H)(H+h_1)\frac{V_1^2}{2g}$   $h_1 = \frac{V_1^2}{2g}$   $g = 32.2$  呎毎秒毎秒

水力

$H =$  水深呎  
 $Q = 3.33(L-0.2H)H^{\frac{3}{2}}$

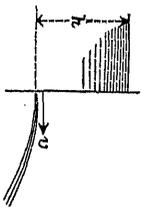
Flynn—Irrigation and other irrigation works.

Frizel—Water Power (1903) p.526—564.

Friedrich—Kulturtechnischer Wasserbau, (1907) s.48—71.

水深Hは一日に一回又は場合により數回測るべし第十三圖に示す如き自動記録器を用ふるも可なり。

記録器は前記Hを記する故に記録紙の目盛によりて直に流量を示すものとなすを得べし。



其他流水に關する算式左の如し

$v$  = 水の噴出速度毎秒呎

$h$  = 水深呎

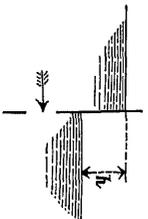
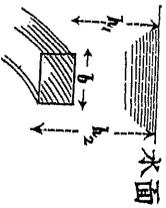
$g$  = 重力の加速度毎秒毎秒呎

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 32.2 \times h} = 8.025\sqrt{h}$$

$Q$  = 角穴より流出する流量毎秒立方呎

$k_1 k_2 b$  = 寸法呎にて

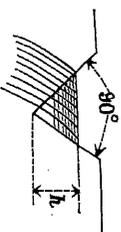
$$Q = \frac{2}{3} b \sqrt{2g [h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}]} \times c \quad c = 0.6 \text{ 乃至 } 0.62$$



$a$  = 穴面積平方呎

$h$  = 水面の差呎

$$Q = 0.6a\sqrt{2gh}$$

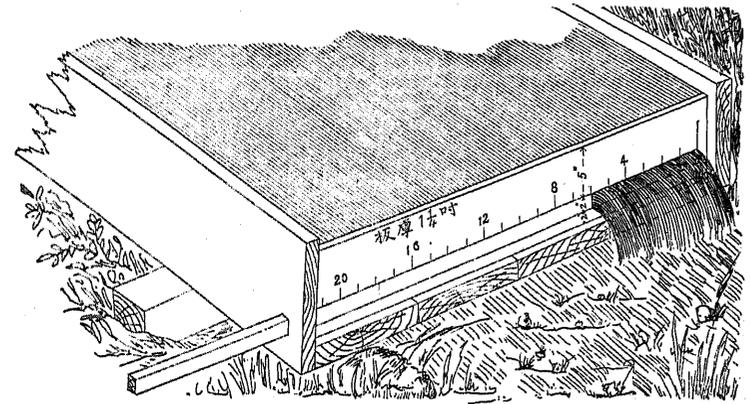


$$Q = 2.64 h^{\frac{5}{2}}$$

流量を知る方法として Tank measurement 水槽實測又は Miners' inch マイナー  
 ス、インチ(第十四圖)を用ふことあり、即ち水面を一定の高さに保ち引戸の閉閉  
 によりて水量を加減し其戸の閉閉の目盛によりて流量を知るものとす。  
 水の流速度を測る方法として Cassel Quadrant. カッセル氏現象器(第十五圖)を用  
 ふることもあり、即ち絲にて球を吊り水中に沈め流水によりて球が流れ其絲の  
 傾斜する角度によりて速度を知るものとす。

又第十六圖甲に示す如く流水を玻璃管に受け管内に水の上昇する高さ  $h$   
 を測りて速度を計算する方法あり之を Pitot tube ストロー氏の管と稱す此器械に  
 於ては水面激して水の上昇度を精密に測り難きこと第十六圖乙に示す如し、  
 此缺點を補はんがために Darcy tube ダーシー氏管あり此管は二本より成り其一

第十四圖



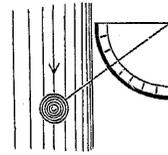
マイナーインチ實測

MINERS' INCH MEASUREMENTS

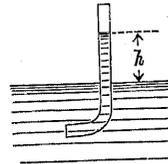
流幅 水 ノ時	流水厚二吋			流水厚四吋		
	水リ中テ 面流心五 ヨ水マ吋	水リ中テ 面流心六 ヨ水マ吋	水リ中テ 面流心七 ヨ水マ吋	水リ中テ 面流心マ ヨ水五マ	水リ中テ 面流心六 ヨ水マ吋	水リ中テ 面流心七 ヨ水マ吋
4	1.349	1.473	1.586	1.320	1.450	1.570
6	1.355	1.480	1.596	1.326	1.470	1.595
8	1.359	1.484	1.600	1.344	1.481	1.608
10	1.361	1.485	1.602	1.349	1.487	1.615
12	1.363	1.487	1.604	1.352	1.491	1.620
14	1.364	1.488	1.604	1.354	1.494	1.623
16	1.365	1.489	1.605	1.356	1.496	1.626
18	1.365	1.489	1.606	1.357	1.498	1.628
20	1.365	1.490	1.606	1.359	1.499	1.630
22	1.366	1.490	1.607	1.359	1.500	1.631
24	1.366	1.490	1.607	1.360	1.501	1.632
26	1.366	1.490	1.607	1.361	1.502	1.633
28	1.367	1.491	1.607	1.361	1.503	1.634
30	1.367	1.491	1.608	1.362	1.503	1.635
40	1.367	1.492	1.608	1.363	1.505	1.637
50	1.368	1.493	1.609	1.364	1.507	1.639
60	1.368	1.493	1.609	1.365	1.508	1.640
70	1.368	1.493	1.609	1.365	1.508	1.641
80	1.368	1.493	1.609	1.366	1.509	1.641
90	1.369	1.493	1.610	1.366	1.509	1.641
100	1.369	1.494	1.610	1.366	1.509	1.642

假令上圖ニ示ス如キ場合ニ於テ水面ヨリ流水中心マテ6吋ニシテ流水厚2吋ナリ故ニ表中1.480ヲ得、水斷面積 $2 \times 6 = 12$ 平方吋ナリ故ニ流量毎分時 $= 1.480 \times 12 = 17.76$ 立方呎

第十五圖



第十六圖甲



方は流れに向ひ他は流れに直角の方向に向ものとし栓を以て留めて水位を保たしめ水上に出し水位の差を測るものなり第十六圖丙に示す如し。

$v =$  流水速度 毎秒 呎  
 $h =$  呎

然るとおは

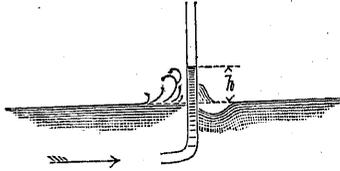
$$v = c \sqrt{2gh}$$

$c$  は係数なり

(二) 計算

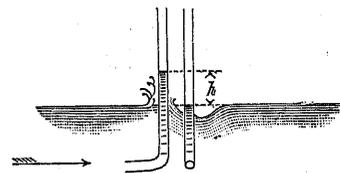
計算によりて河川の流量を

第十六圖乙



Pitot tube

第十六圖丙



Darcy tube

定むるには實測の如く確實なる能はずと雖も未だ實測せざる場合の概算若くは參考に供する場合に用ふ先づ平面圖によりて河川の流域 Watershed を調べ其面積を計算すべし、參謀本部陸地測量部の五萬分の一若くは二萬分の一

地圖のある場所なれば極めて便宜なり、次に其地方の降雨量を調査すべし蓋し降雨量の一部分は蒸發して再び大氣中に昇り一部分は、地中に浸入し残り一部分が河川を流るゝなり、地中に浸入せしもの、一部分は泉となりて再び河に流るゝことあり

$d$  = 雨量

$A$  = 流域面積

$Q$  = 係數

$Q$  = 流出水量

然るときは  $Q = QAd$

$Q = 1$  ならば降雨量の全部は河川に流れ出たることを示す、通常  $Q = 0.3$  乃至  $0.9$  なり流域大にして、耕作地多く地勢概して平坦なれば  $Q = 0.3$  に近く之に反し流域小なる山地にして、不滲透性の岩石多くして樹木少なければ  $Q = 0.9$  に近かるべし。

今本邦各地に於ける雨量の大體を表示せば左表の如し降雨の量は春雨、梅

雨、秋雨の期節に多くして冬夏に少なし

明治十九年より三十八年に至る  
廿ケ年の間観測

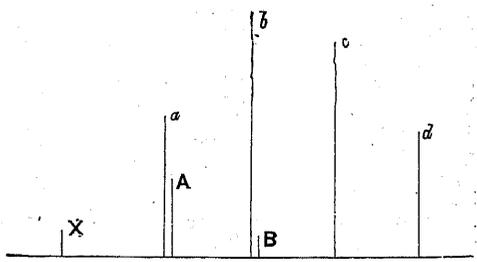
測候所 地名	一ケ年 平均雨量 ミリメートル	一日中ノ最 大雨量ミリ メートル	0.1ミリ 以上ノ降雨 アリシ日数
鹿兒島	2153	207	166
宮崎	1591	409	149
長崎	1887	211	163
下關	1582	337	154
大津	1519	160	133
和歌山	1388	175	138
高知	1565	199	140
濱松	2831	293	147
沼津	1892	222	138
東京	1914	222	150
京都	1470	165	146
古都	973	285	147
岐阜	1626	161	162
境	2111	257	159
金澤	1938	290	204
伏木	2531	147	219
新湊	2240	147	219
秋田	1802	117	229
青森	1813	131	231
函館	1344	112	241
札幌	1153	147	190
根室	984	124	190
	922	122	156

明治四十四年三月京都測候所調査に係る過去三十ケ年の平均を示せば次の如し。

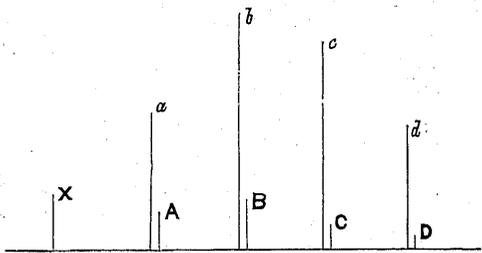
月	降雨量ミリ メートル	0.1ミリメートル以 上降雨ありし日数
1	62.1	13.
2	61.2	13.
3	113.4	16.
4	165.8	14.
5	145.1	14.
6	236.7	16.
7	208.0	15.
8	139.4	12.
9	204.3	15.
10	120.3	11.
11	77.0	11.
12	50.1	12.
計	1593.4	162.

此降雨量は三十ヶ年平均にして前の表は二十ヶ年平均なる故に京都降雨量に僅少の差あり。  
前に述べたる降雨量の幾何の部分が河川の流量として顯はる、かは甚だ複雑して確かなること知り難しと雖もその大體を記せば次の如くなるべし。

第十七圖甲



第十七圖乙



$a$  = 當日の降雨量に流  
 域面積を乗じたる者  
 $b$  = 前日の ” ” ”  
 $c$  = 前々日 ” ” ”  
 $d$  = 前々々日 ” ” ”  
 $x$  = 常水として流る、  
 流量  
 A B C D 等は降雨量の  
 内當日其河川に流れ來る  
 べき水量とすれば第十七  
 圖甲(小なる川)及び第十七

圖乙(稍大なる河)にて見る如く小なる川にては前々日の降雨は、既に當日の流量に影響せずと雖も大なる河川にあつては前々日に降りし降雨が尙影響をなし河川の大なるに随ひ日数を逆りて影響すること大なりと知るべし。

又河川の断面積及び其流水勾配を測り流量を計算することあり(後に述ぶる水路流量の計算を参照すべし)然れども多くの河は適當なる断面を有せず又勾配の實測に於ても謬誤を生じ易し故に断面積及勾配を以て流量を定めんとするは只参考に資する程度に止めざるべからず。

(三) 鑑定、實例に徴し河川の流量を測定するものにして我邦の河川に於

ては十平方哩位の流域ある河川に於ては其最小流量は

每平方哩に付10—15立方呎毎秒

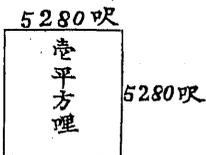
にして最大流量は其百倍乃至二百五十倍なり

二千平方哩位の大なる流域に於ては

最小流量15—20立方呎毎秒每平方哩、

最大流量は其二十五倍乃至五十倍なり

假令ば二十平方哩の流域ある河川は其最小流量は毎秒二十立方呎乃至三十立方呎にして最大洪水量は毎秒 $20 \times 100 = 2000$ 立方呎乃至 $30 \times 250 = 7500$ 立方呎なり、最小流量少く最大洪水量多き河川は山勢急にて不透水の地質を有し



樹木少く其流域の形團扇の如きものなり。

### 河川流量と水力に要する流量との關係

以上述ぶるが如く河川の流量は自然流下に任ずるときは甚敷不同あり。

夏期及冬期は普通流水の少きときにして本邦に於ては山陽道及瀬戸内海に面する四國地方は他の地方に比して水涸甚だし。

斯の如く河川の流水一定せざる故に水力に其最少流量を利用するを目的とすれば平素多量の流水は利用するに由なく剩餘の水を貯水する方法を適用し得べき地方は大に便宜あり今貯水を爲して不同の流れより稍一定の流量を利用せんと欲するときの場合を考へ左に一例を示さん。

次表に示す如き流量ある河川ありと假想し(便宜の爲めに一日中は全く變化なきものとし日毎に變化ありとせり)最少流量は八月十七日より同月三十一日に至る期間とす即ち此一秒時間に付十立方呎(十個)を以て發電所を設計すれば如何なる場合にも水量の不足を感ずることなしと雖も年中多くの場