

脇田武四郎君  
村上朝一君

同

金森鐵太郎君

諏訪

實君

同

金澤孝助君

○會員隈部謙君は規則第十二條第二項及定款第十一條に依り除名處分を受けられしに付其氏名を會員名簿より削除せり

○左の諸君は規則第十二條第二項及定款第十一條に依り除名處分を受けられしに付其氏名を准會員名簿より削除せり

准員 小曾根録造君

准員 河原靜一君

准員 吉田次郎君

准員 吉岡彌藏君

同 奈倉文太郎君

同 増子哲也君

同 木山繁之助君

同 齋藤隆雄君

同 四本愛次郎君

同 岡村甚藏君

○前報告后左の寄贈品を受納せり

“T-Y-K” Oscillation Gaps for Radio-Telegraphy and Telephony

By Wichi Torikata, Eitaro Yokoyama and Masajiro Kitamura.

一部

寄贈者 逓信省電氣局電氣試験所

### 論説及報告

#### 雄物川の水位

士 金森鐵太郎君

#### 一、緒 論

雄物川は東北有数の大河にして其流域は全部秋田縣下に屬せり、同川に於て常設量水標を設け規則

#### 論説及報告



ては支川岩見川左岸より來りて本川に合流す又川尻標の上流少許に於ては支川大平川及旭川の合流せるもの同じく左岸より本川に合す此等の支川の出水せも場合には本川量水標に於ける水位の關係に影響す

雄物川の注ぐ日本海は殆んど無潮汐の海面なりと雖も尙多少の干満差を示す河口附近に於ける潮汐の干満の差は大潮に於て一尺八寸小潮に於て五寸にして雄物川調査書に據る前者の場合には其影響は河口より約三里の上流なる河邊郡豊岩村大字石田坂(即ち量水標の所在地なり)附近に達し後者の場合には同上約一里八丁なる同郡新屋町大字勝平山の附近に及ぶ即ち土崎標は常に潮汐の影響を感ずる位置に在るも川尻標は唯大潮に際し少許の影響を受くるのみにして其他の二標は潮汐影響區域以外に在り

二、最高及最低水位

今量水標創設以來廢止に至る迄に於ける毎年の最高及最低水位を擧ぐれば次表の如し

第 一 表

雄物川に於ける最高及最低水位及其較差

年次	土 崎		川 尻		石 田 坂		相 川		
	最高(月)	最低(月)	最高(月)	最低(月)	最高(月)	最低(月)	最高(月)	最低(月)	
明治26年	8.50(4)	2.60(8)	16.75(4)	4.40(3)	15.65(4)	1.90(8)	30.72(8)	1.95(8)	28.77
27	12.00(8)	2.25(10)	21.45(8)	5.25(10)	22.00(8)	1.40(10)	30.72(8)	1.95(8)	28.77
28	9.00(3)	2.30(2)	17.75(3)	4.60(8)	17.60(3)	1.40(9)	22.00(3)	1.25(9)	20.75
29	9.40(8)	2.20(2)	18.80(8)	5.30(3)	18.60(8)	3.05(3)	23.45(8)	2.85(6)	20.60
30	10.50(8)	2.45(1)	19.80(8)	5.50(1)	19.95(8)	2.80(2)	25.80(8)	2.70(7)	23.10

論説及報告

雄物川の水位

九四

31	8.40 (8) 2.10 (2)	6.30	16.55 (8) 5.55 (10)	11.00	15.00 (8) 3.15 (10)	11.85	20.20 (8) 2.75 (6)	17.45
32	8.10 (6) 2.40 (1)	5.70	17.52 (8) 4.00 (5)	13.52	15.40 (6) 2.35 (2)	13.05	18.75 (8) 2.05 (7)	16.70
33	9.30 (4) 2.35 (6)	6.95	18.30 (4) 4.90 (7)	13.40	17.20 (4) 2.30 (6)	14.90	20.30 (8) 1.70 (7)	18.60
34	7.10 (12) 2.25 (1)	4.85	14.00 (12) 4.80 (1)	9.70	12.00 (12) 2.00 (2)	10.00	15.40 (12) 2.00 (6)	13.40
35	9.15 (7) 2.20 (6)	6.95	17.35 (7) 5.00 (8)	12.35	17.00 (7) 2.20 (7)	14.80	19.70 (4) 2.10 (9)	7.60
36	10.10 (7) 2.50 (2)	7.60	18.25 (7) 4.95 (6)	13.30	17.80 (7) 2.55 (6)	15.25	21.30 (7) 2.60 (6)	18.70
37	9.00 (7) 2.50 (2)	6.50	15.75 (4) 5.40 (8)	10.35	17.20 (7) 1.90 (8)	15.30	19.20 (7) 1.94 (8)	17.25
全期間	12.00 (8) 2.10 (2)	9.90	21.45 (8) 1.00 (5)	17.45	22.00 (8) 1.40 (9)	20.60	30.72 (8) 1.25 (9)	29.47

前表中の括弧内の數字は其水位の起りし月を示すものなり、此表に據りて觀れば毎年に於ける水位の較差は河の上流に至るに従ひ漸次に増加することを見るなり、凡そ河川の水面勾配は水位の高くなるに従ひ増加するを普通とす、故に最高及最低水位の較差は一般に河の上流に至るに従ひ増大せざるべからず、雄物川に於ける事實は善く之れに一致せり、然れども常に此の如くなる時は最上流に於ては水位の較差著しく大とならざるべからざる筈なるも事實上常に然らざるはある特殊の處に於て以上の通則に従はざる處を生ずるを以てなり、次に最高及最低水位の起りし月別を一覽すれば次の如し

	土 崎		川 尻		石田坂		相 川		合 計	
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低
一 月	〇	三	〇	二	〇	〇	〇	〇	〇	五
二 月	〇	五	〇	〇	〇	三	〇	〇	〇	八
三 月	一	〇	一	二	一	一	一	〇	四	三

四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	合計
二	〇	一	三	四	〇	〇	〇	一	一一
〇	〇	二	〇	一	〇	二	〇	〇	一一
三	〇	〇	二	五	〇	〇	〇	一	一一
〇	一	一	一	三	〇	二	〇	〇	一一
二	〇	一	三	四	〇	〇	〇	一	一一
〇	〇	二	一	二	二	〇	〇	〇	一一
一	〇	〇	二	六	〇	〇	〇	一	一一
〇	〇	四	三	二	二	〇	〇	〇	一一
八	〇	二	一	一九	〇	〇	〇	四	四七
〇	一	九	五	八	三	六	〇	〇	四八

此に依りて觀れば最高の最も多く起るは八月にして七月之に次ぎ次は四月三月十二月及六月の順序なり、春期に起るは溶雪の爲めにして夏期に起るは暴雨の爲めなりとす、若し河川を平地川 (Flachlandfluss) (歐洲の河川の多くの如く) 及山地川 (Gebirgsfluss) (我邦多數の河川の如く) に分ち得べしとすれば雄物川は即ち混合川なるを見るべし、最も奇なるは此期間に於ては九月に最高の起りしこと一回も無きこと之れなり、但し明治四十三年には全月に未曾有の最高洪水ありたり、更に最低水位の起りし月を見るに最も多く起るは六月にして二月及八月之に次ぎ十月七月及一月三月及八月五月順次に之に次げり、即ち最低は最も多く夏期にも冬期にも共に起るを見るべく混合川の特徴を示せり、又三月六月七月及八月は年に依り水位の極端と極端とを示す月なりと云ふべし、

三、平均及平均低水位

次に平均及平均低水位を擧ぐれば次の如し

論説及報告

第二表

雄物川に於ける平均水位及平均低水位

明治26年	土崎		川尻		石田坂		相川	
	平均(尺)	平均低(尺)	平均(尺)	平均低(尺)	平均(尺)	平均低(尺)	平均(尺)	平均低(尺)
27	4.147	3.496	7.441	6.155	5.504	3.907	5.551	3.795
28	3.818	3.340	7.866	6.190	4.619	3.521	4.595	3.453
29	3.690	3.330	7.043	6.195	6.226	4.236	6.530	4.193
30	3.859	3.291	8.514	6.883	6.144	4.332	6.463	4.454
31	3.965	3.417	8.191	6.983	5.540	3.941	5.761	4.210
32	3.811	3.415	8.072	7.045	5.813	4.206	6.107	4.193
33	3.900	3.361	7.683	6.641	5.569	4.014	5.640	3.665
34	3.803	3.352	7.717	6.276	4.652	3.724	5.065	3.827
35	3.658	3.306	7.466	5.781	5.312	3.852	5.833	4.029
36	3.890	3.422	7.861	6.628	5.357	4.130	5.881	4.390
37	3.974	3.361	8.268	7.217	5.714	3.922	6.110	3.976
平均	4.091	3.445	8.427	6.808	5.496	3.947	5.776	3.986
平均水位の差	3.883	3.372	7.879	6.557	1.322	1.549	1.790	

平均水位 (Mittlere Wasserstand, M.W.) を稱するは毎日朝夕二回観測の示せる水位を凡て合計し其度数にて除したるものにして(左) Mittel Wasserstand なる水位あり此れは人に依り三種の異なりたる意味

に用ひらる。一は即ち此處に云ふ平均水位のことにして二は後に述べんとする平水位此れなり、三はある期間に於ける毎日の流量を平均し其平均流量に相當する水位を指すものにして即ち平均流量水位と稱すべきもの之れなり。R. Brauer-Praktische Hydrographie, Hannover, 1907. S. 81) 全期間に於ける平均水位より以下の水位を低水位とし其を平均したるものを平均低水位(M.N.W.)と稱す、上表に據りて觀れば平均水位と平均低水位との差は下流より上流に至るに従つて漸次に増大せり、之れは第一表に示せる如く上流程最高及最低兩水位の較差の大なることより當然に豫想し得る所なり(尙後章の「回數及期間兩曲線の性質」なる條下參照)

四、水位の回數及期間

明治二十六年乃至三十七年なる十二ヶ年間に於て各標毎に水位をある範圍に區別し其間に起りし水位の回數其年平均日數並に其日數の累計を計算すれば次の如し

第三 表

雄物川に於ける水位の回數及期間

水位	上			川			石田坂			相					
	回數	年平均日數	全計	回數	年平均日數	全計	回數	年平均日數	全計	回數	年平均日數	全計			
2.0-2.5	108	4.51	4.51	3.5-4.0	1	0.04	0.04	1.0-1.5	30	1.25	1.26	1.0-1.5	39	1.77	1.77
2.5-3.0	824	34.38	38.89	4.0-4.5	8	0.33	0.37	1.5-2.0	107	4.50	5.76	1.5-2.0	121	5.50	7.27
3.0-3.5	2,305	96.16	135.05	4.5-5.0	142	5.92	6.29	2.0-2.5	183	7.70	13.46	2.0-2.5	228	10.36	17.63
3.5-4.0	2,776	115.81	250.86	5.0-5.5	584	24.33	30.62	2.5-3.0	470	19.77	33.23	2.5-3.0	379	17.22	34.85
4.0-4.5	1,355	56.53	307.39	5.5-6.0	620	25.83	56.45	3.0-3.5	813	34.19	67.42	3.0-3.5	812	36.90	71.75
4.5-5.0	671	27.99	335.38	6.0-6.5	885	36.88	93.33	3.5-4.0	975	41.00	108.42	3.5-4.0	835	37.95	109.70

雄物川の水位

大正五年三月

水位	土 崎				川 尻				石 田 坂				相 川			
	水位	回数	年平均 日数	全計	水位	回数	年平均 日数	全計	水位	回数	年平均 日数	全計	水位	回数	年平均 日数	全計
5.0-5.5	308	12.85	348.23		6.5-7.0	924	38.50	131.83	4.0-4.5	877	36.88	145.30	4.0-4.5	803	36.49	146.19
5.5-6.0	167	6.97	355.20		7.0-7.5	1,121	46.71	178.54	4.1-5.0	898	37.77	183.07	4.5-5.0	697	31.67	177.86
6.0-6.5	85	3.55	358.75		7.5-8.0	1,062	44.25	222.79	5.0-5.5	718	30.20	213.27	5.0-5.5	624	28.36	206.22
6.5-7.0	63	2.63	361.38		8.0-9.0	1,392	58.00	280.79	5.5-6.0	739	31.08	244.35	5.5-6.0	540	24.54	230.70
7.0-7.5	26	1.08	362.46		9.0-10.0	964	40.20	320.99	6.0-6.5	526	22.12	266.47	6.0-6.5	510	23.18	253.94
7.5-8.0	26	1.08	363.54		10.0-12.0	719	29.96	350.95	6.5-7.0	564	23.72	290.19	6.5-7.0	410	18.63	272.57
8.0-9.0	25	1.04	364.58		12.0-14.0	215	8.96	359.91	7.0-7.5	415	17.45	307.64	7.0-7.5	338	15.36	287.93
9.0-10.0	6	0.25	364.83		14.0-16.0	81	3.38	363.29	7.5-8.0	307	12.91	320.55	7.5-8.0	301	13.68	301.61
10.0-12.0	4	0.17	365.00		16.0-18.0	37	1.54	364.83	8.0-9.0	411	17.28	337.83	8.0-9.0	467	21.22	322.83
合計	8,749	365.00			18.0-20.0	8	0.33	365.16	9.0-10.0	256	10.77	348.60	9.0-10.0	317	14.41	337.24
					20.0-24.0	1	0.04	365.20	10.0-12.0	246	10.35	356.95	10.0-12.0	318	14.45	351.69
					合計	8,764	365.20		12.0-14.0	76	3.20	362.15	12.0-14.0	143	6.50	358.19
									14.0-16.0	42	1.77	363.92	14.0-16.0	86	3.91	362.10
									16.0-18.0	18	0.76	364.68	16.0-18.0	27	1.23	363.33
									18.0-20.0	7	0.29	364.97	18.0-20.0	20	0.91	364.24
									20.0-24.0	1	0.04	365.01	20.0-24.0	15	0.68	364.92
					合計	8,679	365.01		合計	8,032	365.01			2	0.09	365.01



前表の意味は例へば川尻量水標に於て滿十二年間其他の量水標に於ては滿十二個年に達せず毎日二回觀測せる水位八七六四回の内八尺乃至九尺の間を示せる水位は一、三九二回起りたるが故に一年平均にすれば五八日に相當し又一年の内平均二八〇七九日間は九尺以下の水位に在ることを示すものなり即ち五八〇〇なる數字は八尺乃至九尺の水位が一年内に起るべき回数 (Häufigkeit) の二八〇七九なる數字は九尺以下の水位の濡潤期間又は單に期間 (Benetzungsdauer, od. kurzw. Dauer) を顯はすものなり上表に於ては水位八尺以下は水位の間隔を五寸宛としたるも之を一尺とする場合に於ける回数及年平均日數も表より直ちに求むることを得べきは明かなり今水位を縦軸に取り年平均日數を横軸に取り以上の關係を圖上に入る時は回数曲線 (Häufigkeitlinie) を得べく又年平均日數の累計を横軸に取る時は期間曲線 (Dauerlinie) を得べし第一圖は川尻及相川標の示せる水位に就て水位の間隔を一尺とせる場合の兩曲線を例示せるものなり、

兩曲線を作るに當り年平均日數に對するものはある水位にあらずしてある水位と水位との間隔なるが故に、ある年平均日數を圖上に入れんとするに際し夫れに對する水位の間隔内に於て如何なる水位に相對せしむべきやと云ふに就ては多少考慮を費すの餘地あるが如しと雖も最も合理なりと認めらるゝ方法は水位間隔の中心水位を取るに在り例へば川尻標水位の場合に於て八尺乃至九尺なる水位の起りし年平均日數五八日は其間隔の中央八、五尺に對する點に記入するが如し之に反し期間曲線の場合には累計日數は夫れに對する水位間隔の上限水位に相當せしむるを至當とす例へば川尻標に於て八〇―九〇尺に對する累計日數二八〇七九は水位九尺の線上に取るが如し以上の如くするを可とする理由は次に論せんとする兩曲線の性質ある條下に於て自から判然すべし而して兩曲線は以上の如く記入せる各點を通して割せる圓滑なる曲線たるべし、

回数及期間を算出するに二個の方法あり、一は前例に於けるが如く水位の回数より年平均日數を計

## 雄物川の水位

100

算する方法にして一は水位の回数と總観測回数に對する百分比率として出す方法之れなり、後者の方法に従へば期間累計の最後に於て一〇〇とならざるべからざるは言を俟たざる所あり、何れの方法にも一利一害あり、

次に先づ一般に兩曲線の性質に就て論述せむ

## 五、回数及期間兩曲線の性質

## 曲線の屈曲

回数及期間兩曲線の構造上兩者の間に自から次の關係あり期間曲線の横距増加率 (Increment) は其れに對する回数曲線の横距に等しきと之れなり換言すれば回数曲線は期間曲線の水平線となす角度のタンゼントの軌跡を顯はすこととなる、從て例へば川尻標に於ける回数曲線に於て水位八、五尺迄は回数が漸次に増加するものとすれば期間曲線に於て其れに對するA點に至る迄は増加率漸次に増加するが故に此點に至る迄の期間曲線は縦軸に凸面を向け横軸に凹面を向くる曲線とならざるへからず、然れどもA點以上は増加率漸減するが故にA點以上の期間曲線は其點以下を反對に縦軸に凹面を向け横軸に凸面を向くる曲線となる(工學會誌第三五卷、河川横斷面の天然形狀中に述べたる一般に増加率の漸増及漸減曲線屈曲の方向なる條下參照故に期間曲線はA點に於て Inflection を示すこととなる、又同曲線はA點に於て横軸に對し最も緩なる傾斜を有することとなる)

右の期間曲線の屈曲に關する理論は本例に於けるが如く水位を昇騰の順序 (Ascending order) 即ち低きより高き方に排列したる場合に限るものにして反對の順序即ち高きものより低き方に排列したる場合 (Descending order) にはインフレクションの點を界として曲線の屈曲は縦軸に對しては以上と全く反對となるべし(但し横軸に對しては同様なり)

## 回数曲線の面積

回數及期間兩曲線の構造上より又次の關係あり、期間曲線中の凡ての點は其點以下に於ける回數曲線の面積を顯はすことゝなる、今一般に

$$J_{t_0}, J_{t_1}, \dots, J_{t_n} \dots \dots \dots J_{t_n} = \text{水位の面積}$$

$$t_0, t_1, \dots, t_1, \dots, t_n = \text{年平均回數(又は百分比)}$$

とする時は期間曲線中例へばノ點に於ては其横距は

$$t_0 + t_1 + \dots + t_n$$

なること明かなり而して此點以下に於ける回數曲線の面積は

$$t_0 J_{t_0} + t_1 J_{t_1} + \dots + t_n J_{t_n}$$

なり、今水位の間隔が凡て同一なるものとすれば

$$J_{t_0} = J_{t_1} = \dots = J_{t_n} = J_{t_i}$$

なるか故に右の面積は

$$J_{t_i} \times (t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_n)$$

となる即ち期間曲線の横距に $J_{t_i}$ を乗したるものとなる、換言すれば期間曲線の横距は夫れに對する回數曲線の面積に比例するものとなるなり

右の理論に依れば回數曲線の全面積は

$$365 J_{t_i} (\text{年平均回數にて出したる時}) \text{又は } 100 J_{t_i} (\text{百分比にて出したる時})$$

となる理なり

此の如く水位の回數を計算するに當りては最低水位より最高に至る迄徹頭徹尾水位の間隔を一樣にすることを便利なりとし又望まします、雄物川に於ける從來の統計例に據れば何れの量水標に於ても零點の高位の如何に拘はらず最低水位より八尺迄は毎五寸宛八尺乃至十尺迄は每一尺宛十尺

## 雄物川の水位

一〇二

以上二十尺迄は毎二尺宛二十尺以上は毎四尺宛に分ちて回数を算出せり、此處に擧げたる曲線を作るに當り十尺以下は凡て每一尺宛の間隔を採れるも十尺以上は從來の例に従へり、總ての量水標に於て其零點の高さの如何に拘はらず一律に間隔を定むるの不條理なるは暫く措くとするも水位の途中に於て間隔を變更するは回数曲線を徒らに偏曲せしむる結果あるを免れず、例へば相川標に於ける回数に於て第三表に據れば九一〇尺の水位は年平均日數一四四一日にして一〇一二尺の水位は同上一四四五日となり前者より大となれり従て回数曲線は圖に於けるが如く水位一一尺の點に於ては九五尺の點に於けるよりも右方に突出し茲に一の小頂點後に尙ほ詳述すを顯出せり然れども此れは此處にて水位の間隔を變更したる結果にして若し其以下に於けるが如く一尺宛の間隔を用ゆれば以上の一一四五なる日數は二個に分裂し従て其何れも其前の一一四四一日ある數より小となるべく従て小頂點は消滅すべし川尻標の結果に就ても同様にして若し水位の間隔を凡て一尺宛としたらむには回数曲線の九五尺線以上は點線にて示せる如くに走ることゝなるべし、此の如く途中に間隔を變更したるが爲めに圖上に於て九五尺線以上の面積は恰も實際あるべき面積の二倍を示し一九尺線以上の同上は四倍となりて顯はれ圖の縮尺を變更したると同一の結果となれり、故に圖上に圍む所の全面積は次の如くなるべし

$$\text{川尻} \quad 320.99 \times 1 + (365.2 - 320.99) \times 2 = 409.41 \text{ H/R}$$

$$\text{相川} \quad 337.24 \times 1 + (364.24 - 337.24) \times 2 + (365.01 - 364.24) \times 4 = 394.32 \text{ H/R}$$

然れども理論上に於ては點線にて圍む所のものに同じ以上の面積は勿論  $365.2 \text{ H/R}$  及び  $365.01 \text{ H/R}$  ならざる可らず、

## 水位の間隔

茲に擧げたる曲線は前述の如く間隔を大體に於て一尺とせるものなるも此間隔はなるべく小なる

を以て宜しとする其理由は尙後に述べんと欲す、抑も回数及期間兩曲線を案出したるは獨の Fechner にして爾來此等の曲線は獨塊諸國に行はる、獨の例に據れば間隔は〇・二〇若くは〇・二五米を採り (Jasmund-Gewässerkunde, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 3 Teil, 1 Band, 1906, S.260. u.f.) 獨國には〇・一〇米を用ひ居れるが如し (Brauer, a.o. S.76) 又フォンタインはマインに於て〇・五〇米の間隔を採用せり (V. Tein—Das Mainingebiet, Ergebnisse der Untersuchung der Hoch-wasserhältnisse im Deutschen Rheingebiet VI Heft, Brrim 1901, S. 102 u. Taf. VII) 我邦に於ては五寸を以て間隔とするを適當とすべし

### 頂 點

圖中に於てその如き點を頂點 (Schäkel) と稱す、此れは二個の觀念を抱有す、日數及水位之れあり頂點に對する日數を最多日數、若くは回数之に對する水位を最多水位と稱せむ、即ち其水位附近の水位が最も屢々起ることを示すものにして此意味よりフェヒナーは其水位を最密水位 (Dichteste wert) と命名せり、頂點は一個に限らず時として二個以上起り得るものにして水位の間隔を小に取れば取る程其傾向益大かりとす、又絶對の頂點の外小頂點は往々起ることあり、之も水位の間隔を小にする程益多く起る傾向あり、例へば第三表に於けるが如く石田坂標に於て水位の間隔を五寸とする場合には頂點は三、五—四尺に起るも小頂點は尙四、五—五尺五、五—六尺及六、五—七尺に於ても起るが如し、要するに水位の間隔を小にする時は頂點の高さは減少し回数曲線はより多く Zuzug となり其面積も亦減少するものなり、

### 平 水 位

一年の半ば即ち一八二、五日若くは五〇パーセントの點に垂直線を引き夫れと期間曲線との交錯點をトとすればBに對する水位を平水位 (Gewöhnliche wasserstand) と稱す、換言すれば一年の内半分は其水位より高く半分は其れより低き水位を指示す、此水位即ちB點を通じて水平線を引けば其れより

雄物川の水位

以下にある回数曲線の面積は上述の理論に依り其以上にある面積と同一なり、換言すれば平水位を  
通して引きたる水平線は回数曲線の面積を二等分す

平均及平均低水位と兩曲線との關係

第二表に與へたる平均水位に對する水平線を圖上に入ると時はMWなる線を得、此線は期間曲線と  
一定の關係あるが故に其位置は圖上よりも求むることを得るなり

$$h_1, h_2, \dots, h_n, \dots, h_m = k_1, k_2, \dots, k_n, \dots, k_m \text{ に對する水位}$$

とする時即ち例へば $h_1$ なる水位は一年平均 $k_1$ 日 $h_1$ なる水位は同上 $k_1$ 日起り以下此の如きものとす  
れば平均水位 $h_m$ は次の如きものなり

$$h_m = \frac{h_1 k_1 + h_2 k_2 + \dots + h_n k_n}{k_1 + k_2 + \dots + k_n} \quad (1)$$

然るに(1)式の分子は期間曲線と座標の兩軸即ちOR及びRTとの間に圍まれたる面積を顯はす、而  
して分母は一年間の日數にしてORに等し、即ち平均水位は期間曲線と兩軸との間に圍まれたる面  
積をORにて除したるものに等し、従てMW線以下兩軸間の面積と期間曲線以下同間の面積とは  
同一にして又MW線と期間曲線とOY軸との間に圍む面積はMW線と期間曲線とRT線との間に  
圍む面積に等しきことゝなる

圖上に於て以上の關係を利用し平均水位を求めむとするには水位の間隔を小にするを要す、然らざ  
れば圖面にて見得るが如く(1)式の分子は精密に期間曲線以下兩軸との間の面積に等しからざるを  
以てなり

次に第二表中に擧げたる平均低水位に相當する水平線を圖上に入ると時はMNW線を得べし、此れ  
は前同様の理論により圖上よりも見出すことを得、今MW線と期間曲線との交錯點をEとすれば期

間曲線とE'R'とO'R'との間に圍まれたる面積をO'R'にて除したるものは即ち平均低水位あり、故に其面積はMNW線とE'R'とO'R'との間にある長方形の面積と同一にして又期間曲線と縦軸とMNW線との間にある面積は曲線とMNW線とE'R'線との間にある面積に同一なり

$$h_m = \frac{\Delta h_1 t_1 + \Delta h_2 t_2 + \dots + \Delta h_n t_n}{\Delta h_1 t_1 + \Delta h_2 t_2 + \dots + \Delta h_n t_n} = \frac{\Delta h_1 t_1 + \Delta h_2 t_2 + \dots + \Delta h_n t_n}{\Delta h_1 t_1 + \Delta h_2 t_2 + \dots + \Delta h_n t_n} \quad (2)$$

然るに $\Delta h_1, \Delta h_2, \dots, \Delta h_n$ は前に述べたるが如く各回数曲線の面積を組成する元素にして其合計は該曲線の面積に等し即ち上式の分母之れなり、而して分子は其元素面積の横軸ORに對するモメントの合計に等し(Statical moment)故に $h_m$ は回数曲線の面積の重心の横軸よりの距離を示す、換言すれば回数曲線の圍める面積の重心はMW線上に在り

全様にしてMW線以下に位する回数曲線の面積の重心はMNW線上に在り  
又期間曲線に於てMW線以上にある面積を以下にある面積と同一なることも前同様の理論により証明することを得べし即ち

$$h_m(t_1 + t_2 + \dots + t_n) = h_1 t_1 + h_2 t_2 + \dots + h_n t_n$$

$$t_1(h_m - h_1) + t_2(h_m - h_2) + \dots + t_n(h_m - h_n) = 0 \quad (3)$$

(3)式の各項は期間曲線とMW線との間にある各元素面積なり、而して $h$ が $h_m$ より小なるものは其面積はMW線の以下にありて(+)號となり $h$ が $h_m$ より大なるものは其以上に在りて(-)號を取る、其合計は零なるが故に正號のものと負號のものととは數値に於て同一あらざるべからず、即ちMW線以下の面積と以上の面積とは全く同一なり、

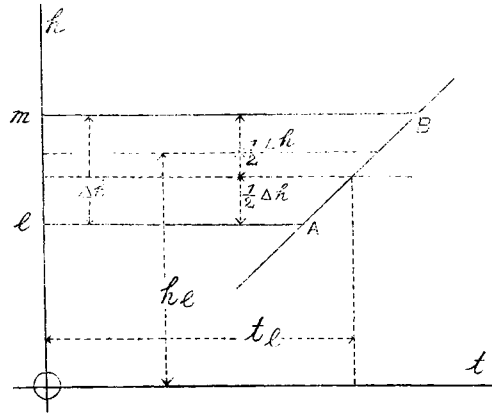
各間隔内の平均水位

論説及報告

雄物川の水位

104

第二圖に於て A B を水位  $l$   $m$  間に於ける回数曲線の一部とする時は A B の横距は  $l$   $m$  間に於ける各水位の起るべき回数がある比例にて顯はすことゝあるべし従て  $l$   $m$  間の水位の起りし回数は凡



てなれども更に  $l$   $m$  を小分すれば其各水位の起りし回数は一樣にあらず此附近に於ける回数曲線の趨向が A B の如くならば頂點以下に於ては然り  $m$  に近き水位は  $l$  に近き水位よりも多數に起るべき筈なり故に  $m$   $l$  間に在る凡ての水位を平均したるものは  $\frac{m+l}{2}$  にあらずして夫れよりも尙少しく高かるべし即ち其平均水位は前條に述べたると同様の理論により結局 A B  $m$   $l$  がある形状の重心の高さと同一となるべくして圖中の  $m$  に等しくなる故に前條の (1) (2) (3) 式中なる  $m$   $l$  等は嚴密に云へば以上の如き各間隔内に於ける平均水位を用ひざるべからず、

最多水位

頂點の位置並に最多水位は回数曲線の其附近に於ける趨勢によりて之を決定せざるべからず此れは多少任意に流るゝの弊ありと雖も回数曲線を何等かの方程式にて表はさざる限りは他に方策なしとす依りて今茲には次の如き方法により之を定めむとす例へば川尻標の水位に於て第三表に示す如く水位の間隔を五寸とする時は頂點は七・七五尺の間にあること明瞭なり而して其直ちに下の間隔六・五―七尺に對する年平均日数は三八五〇にして又其直ちに上の間隔七・五―八尺に對する



同上は四四、二五なるが故に頂點は七、二五尺より高きことを知るべし、何とあれば七、二五尺より高き水位の方低き水位よりも多數に起ることを示せばなり、即ち頂點は七、二五尺と七、五〇尺との間に在るべし、同様に水位の間隔を一尺とせる場合に就て觀るに頂點は七、一八尺の間に在ることは明白にして且つ七、五尺よりも低かるべきを知る、此の如く頂點は七、二五尺より高く七、五尺より低きが故に其平均を以て頂點の高さと假定すれば川尻標の曲線に於ては頂點の高さは七、三七尺にして之れ即ち最多水位なりとす、

#### 平均水位と平水位との關係

平水位に相當する水平線は回數曲線の面積を二等分することは已に述べたり、而して水位の低き極端は高き極端よりも此線により近きものとすれば、事實上一般に然るべし、面積の重心の存在する  $M$   $W$  線は常に平水位線よりも高き極端により近からざるべからず、換言すれば平均水位は常に必らず平水位よりも高からざるべからず、而して其高き多寡即ち平均水位と平水位との差は回數曲線の形狀が頂點を通過する水平線に關し齊等 (Symmetrical) なればなる程小なるものにして、若し其形狀が完全なる齊等ならば、事實上には此の如きことなし、平均水位と平水位とは全く一致するに至り之に反して不齊等ならばなる程平均水位と平水位とは益相距るに至る、回數曲線が齊等ならば期間曲線も亦齊等となるを以て平均水位及平水位の期間曲線に於ける關係より同曲線の方面より立論するも同様の結論に到達することを得

#### 平水位と最多水位との關係

同様にして回數曲線の形狀が頂點に關し不齊等にして上方に大、下方に小なる面積を圍むものとなれば平水位は常に必らず最多水位よりも高からざるべからず、従て平水位は常に平均水位と最多水位との中間に在り

雄物川の水位

雄物川に於ける事實は(次章に述べ)善く前二項の理論に一致せり

平均低水位の計算

平均低水位の平均水位より低きことは言を俟たざる所なりと雖も前者を計算するに當り平均水位に等しき水位は計算に入るべきものなりや否やの問題を生すべし前述せる如く平均低水位は平均水位以下に於ける回数曲線の面積の重心の距離を示すものとすれば平均低水位の計算には平均水位に等しき水位を算入するを至當とすべし

六、各量水標に於ける兩曲線相互の關係

各の量水標の示せる水位に就て其間隔を同一とし回数曲線を作る時は最低最高兩水位の較差の大なるもの程頂點に對する年平均日數は小となるべし、今説明に便する爲めに水位の較差を底(Base)とし頂點に對する年平均日數又は百分比を高さ(Altitude)と稱すべし、雄物川に於て前述せる四個の量水標に就て之を觀るに上流のものは下流のものよりも底は大なりと雖も高さは小なり、然れども曲線の面積は凡て同一なり、又上流に至るに従ひ曲線の形狀は益不齊等となるが如し

	七 鬮	川 尻	石田坂	相 川
(1) 最低最高兩水位の較差即ち底(尺)	9.90	17.45	20.60	29.47
(2) 最多水位に對する年平均日數即ち高さ(日)	211.97	90.96	75.19	74.85
(3) 高さの底に對する比	21.41	5.21	3.65	2.54
(4) 底×高(尺/日)	2,098.5	1,587.3	1,548.9	2,205.8
(5) 回数曲線の面積(尺/日)	365.0	365.0	365.0	365.0
(6) $\frac{\text{底} \times \text{高}}{\text{回数曲線の面積}}$	5.75	4.35	4.24	6.04

上表中第二項の最多水位に對する年平均日數は水位の間隔を凡て一尺とせる場合の數にして之れ

即ち回數曲線の高さなり、其面積は水位の間隔凡て一尺なるが故に凡て同一にして即ち三六五日尺なり第四項は回數曲線の底と高さにて圍む長方形の面積にして第六項は其長方形の面積は回數曲線の同上の幾倍に相當するやを示す、表に據れば上流に至るに従ひ高さは其値に於て漸次に減少するのみならず(第二項)高さの底に對する比も速かに減少することを見る第三項然れども高さと底とにて圍む長方形の面積従て其れと回數曲線の面積との比は左程に規則正しからざるを知るなり次に回數曲線の不齊等の程度如何を見る爲めに次の表を作る

	土崎	川尻	石田坂	相川
(1) 最多水位(尺)	3.62	7.37	3.88	3.63
(2) 最高水位と最多水位との差(尺)	8.38	14.08	18.12	27.09
(3) 最低水位と最多水位との差(尺)	1.52	3.37	2.48	2.38
(4) 前二項の比	5.51	4.18	7.31	11.34

上表の第二項は底の最上端より頂點の距離にして第三項は底の最下端よりの同上なり、共に頂點の底に於ける位置を示す、第四項は其兩者の比にして頂點が如何に偏れるやを示すものなり、之に據れば土崎標は例外として頂點の偏れる程度は上流に至るに従ひ増加す、換言すれば回數曲線の形狀は上流程益不齊等なるを見るべし、又最多水位以上に水位の昇る多寡は例外なく上流に至る程大なりと雖も第二項最多水位以下に水位の降る多寡は規則正しからざるを見るなり(第三項)此れ低き水位は風潮沙等一局部時の影響を受くる機會多きに起因するものにあらざるか

	土崎	川尻	石田坂	相川
(1) 平均水位(尺)	3.883	7.879	5.496	5.776

雜物川の水位

110

(2) 平水位(尺)	3.70	7.54	4.99	5.08
(3) 平均低水位(尺)	3.372	6.557	3.947	3.986
(4) 平均水位—平水位(尺)	0.183	0.339	0.506	0.696
(5) 平均水位—平均低水位(尺)	0.511	1.322	1.549	1.790
(6) 平均水位—最多水位(尺)	0.263	0.509	1.616	2.145
(7) 平水位—最多水位(尺)	0.08	0.17	1.11	1.45
(8) 平水位—平均低水位(尺)	0.328	0.983	1.043	1.094
(9) 平均低水位—最多水位(尺)	-0.248	-0.813	+0.067	+0.356

上表に據りて觀れば平均水位と平水位との差第四項(平均水位と平均低水位との差)第五項(平均水位と最多水位との差)第六項(平水位と最多水位との差)第七項(平水位と平均低水位との差)第八項(凡て下流より上流に至るに従ひ漸次に増加することを見る)平均低水位と最多水位との差第九項も土崎を除けば矢張り同一の關係となる。而して土崎に於て例外とされるは其回数曲線の頂點の底に於ける關係の例外なるに基因す。又平均水位は常に平水位よりも高く最多水位は一般に平均水位及平水位よりは低しと雖も平均低水位よりは、或は高く(土崎及川尻)或は低し(石田坂相川)更に各水位に對する年平均日數を觀るに次の如し

	土 崎	川 尻	石田坂	相 川
(1) 平均水位以下の水位の起る年平均日數(日)	223.76	212.08	213.03	219.77
(2) 平水位全上(日)	182.5	182.5	182.5	182.5
(3) 平均低水位全上(日)	110.43	97.72	104.07	108.64
(4) 平水位以下の日數	365	0.61	0.58	0.60
(5) 平均低水位以下の日數	365	0.30	0.27	0.30

- (6) 平均水位以下の日數 2.03
- (6) 平均低水位以下の日數 2.17
- (7) 回數曲線の面積 = 365 (日) 36.87
- (7) 水位の較差即ち底 20.92
- 2.05
- 17.72
- 12.39
- 2.02

上表に據れば平均水位以下の水位の起る日數は年平均何れの量水標に於ても約二二〇日にして即ち一年の約三分二に達せず、又平均低水位以下の水位の起る日數は年平均約一〇〇日にして一年の約三分一に相當す、而して平均低水位以下の水位を有する日數は平均水位の全上の約二分一に當ることを知るなり、換言すれば平均水位及平均低水位に相當する水平線は回數曲線の面積を約三分し、平均水位に相當する水平線は平均水位及平均低水位に相當する水平線の間に存在する回數曲線の面積を更に約二等分することをみるべし、次に回數曲線の面積を最高最低兩水位の較差にて除したる商は水位の各間隔に對する水位の起る平均日數を示す、前表中の數字は水位の間隔を一尺とする場合の回數曲線の面積を除したるものにして其意味は例へば土崎標に於ては二乃至三尺、三乃至四尺等の水位は一年平均三六、八七日宛起ることを顯はす、此數字は即ち回數曲線の面積を底にて除したるものなるが故に曲線の平均の高さを表はす、平均の高さは上流に至るに従ひ漸次に減少するを見る、此れ上流に至る程度が増大するが爲めに生ずる當然の結果なり、

七、 月別平均水位

次に十一乃至十二年間に於ける月別の平均水位を観るに次の如し

第 四 表

雄物川に於ける月別平均水位

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
土崎	3.520	3.429	3.871	4.329	3.751	3.505	4.117	4.266	3.928	3.767	4.008	4.068
川尻	7.275	6.856	8.102	10.145	8.251	6.849	8.124	8.063	7.490	7.358	8.085	7.895

雄物川の水位

111

石田坂	5.368	4.339	5.701	8.254	6.054	4.405	5.650	5.452	4.809	4.528	5.638	5.783
相川	4.979	4.253	6.359	9.301	6.447	4.300	5.839	5.921	5.071	4.743	5.901	6.048

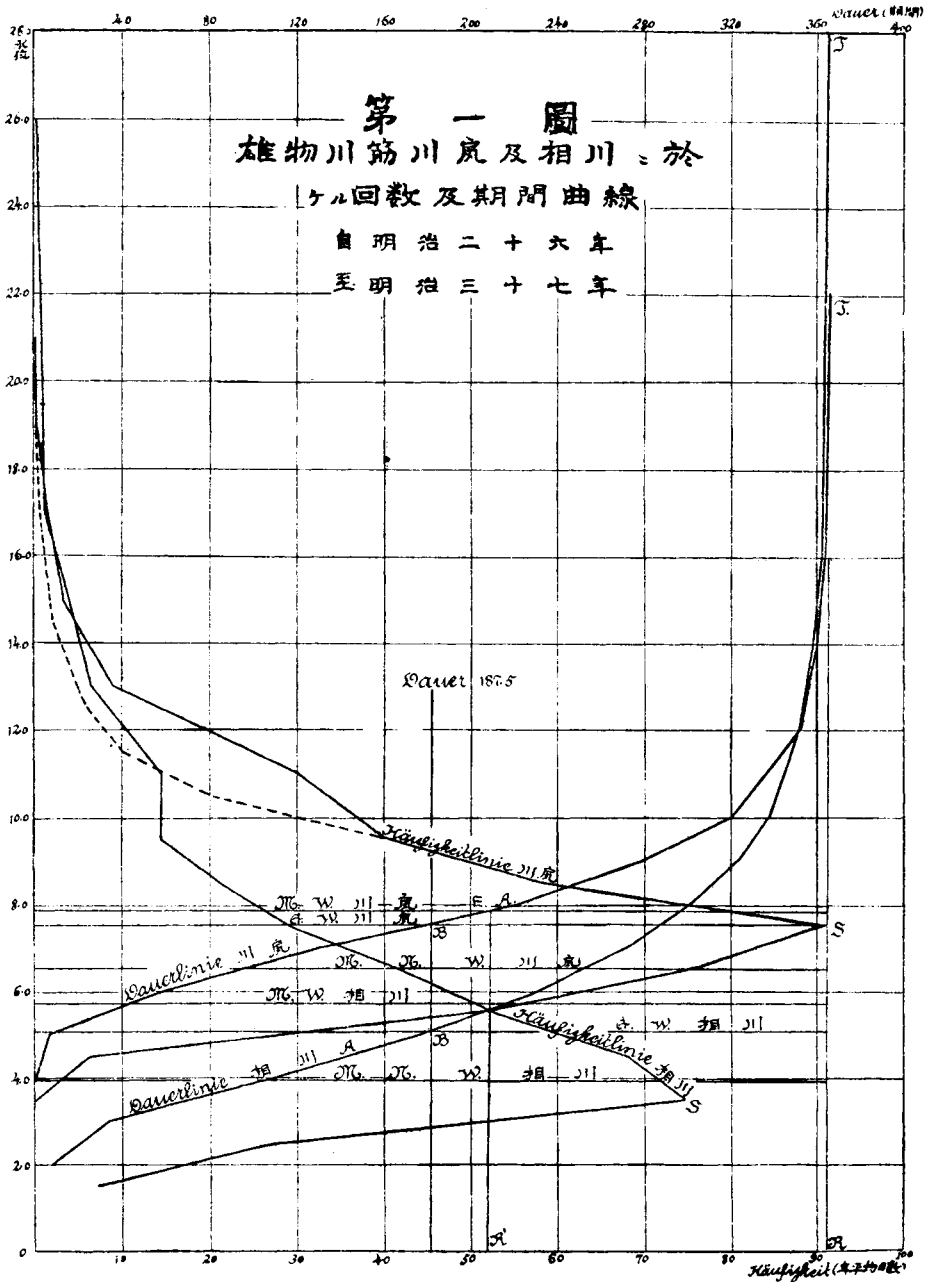
土崎  $0.900^{\kappa}$  ; 川尻  $3.296^{\kappa}$  ; 石田坂  $3.915^{\kappa}$  ; 相川  $5.048^{\kappa}$

即ち下流より上流に至るに従て漸次増加するを観るなり(以上の關係は圖面に據れば一目瞭然たるも圖は之を略す)此の如く雄物川は月別平均の水位に就ても混合川の特徴を示せり

八、結 論

茲に結論として以上に述べたる所を概括すれば次の如し

- (一) 河川の水面勾配は水位の昇ると共に急になるものとすれば水位の最高及最低の較差は上流に至るに従ひ漸次に増大せざるべからず雄物川下流部に於ては善く其實に一致せり
- (二) 一年間最高水位の最も多く起るは夏期(六月—八月)にして春期(三月—五月)之に次ぎ冬期(十二月—二月)にも起ることあり、同上最低水位の最も多く起るも夏期にして冬期之に次ぎ秋期(九月—十一月)及春期にも起ることあり
- (三) 月別平均水位の最も高きは四月にして最も低きは一般に二月なり、其兩者の水位の差は上流に至るに従ひて漸次に増加す、此外に尙二個宛の高低を示せり、第二の最高は七八月の交にして第三の同



上は十一、十二月の頃に起り第二の最低は六月に、第三のは十月に起る、而して一の最高及最低の週期は平均四ヶ月に相當せり、

(四)以上二項の事實に據りて觀れば雄物川は平地川及山地川の混合川たる特徴を示せり

(五)平均水位と平均低水位との差は上流に至るに従ひて漸次に増加せり

(六)回數曲線の横距は期間曲線の横距の増加率に等し、或は期間曲線の水平線となす角度のタンゼントに等し、回數曲線の横距は始めは漸次に増加して最大に達し後漸次に再び減少するを以て期間曲線はインフレクションの點を有し其上下に於て屈曲の方向を反對にす、

(七)期間曲線は回數曲線の面積の *Integral* を示す、故に水位の間隔 ( $4h$ ) を同一にすれば回數曲線の圍む全面積は期間を年平均日數若くは百分比にて出すに從ひ  $365/4h$  若くは  $100/4h$  となる

(八)水位の間隔を小にすれば頂點及び小頂點は益多く起る傾向あり、即ち回數曲線は益ジツグザツグとあり頂點の高さは減少し全面積も亦減少す、然れども水位の間隔は之を小にする程宜しとす、我邦に於ては五寸とするを以て適當とす

(九)平水位に當る水平線は回數曲線の面積を二等分す

(一〇)平均水位に當る水平線は期間曲線と兩軸とにて圍む面積を平均したるものにして換言すれば期間曲線の面積を二等分す、又回數曲線の圍む形狀の重心は其水平線上に在り

(一一)同様にして平均低水位に當る水平線は平均水位以下にある期間曲線の面積を二等分し又回數曲線の平均水位以下にある面積の重心は其水平線上に在り

(一二)平均水位の平均低水位より高きは言を俟ざる所なり、而して平均水位は理論上平水位よりも高く平水位は同じく最多水位よりも高からざるべからず、雄物川に於ける事實は善く此理論に一致せり、(一三)尚雄物川に於ける事實に據れば平水位は平均低水位よりも高く平均低水位は最多水位よりも



## 雄物川の水位

も或は高く(上流)或は低し(下流)

(二)四回數曲線の底は上流に至るに従ひ漸次に増大し高さは之に反して漸次に減少し従て高さの底に對する比は一層速かに減少す然れども高さの底とにて圍む長方形の面積並に其れと回數曲線の面積との比は規則正しく變化せず

(三)五回數曲線の頂點の偏れる程度は土崎標を除けば上流に至るに従ひて増加す換言すれば回數曲線の形狀は上流程益不齊等となる又最多水位以上に水位の昇る多寡は上流に至るに従ひ例外なく増大すと雖も最多水位以下に水位の降る多寡は規則正しく變化せず、

(四)六平均水位と平水位との差平水位と最多水位との差並に平水位と平均低水位との差は凡て上流に至るに従ひ増大す平均低水位と最多水位との差も略同様の關係に在り(五)七平均水位以下の水位の起る年平均日數は上下流の別なく稍同一にして一年の約三分二に當り平均低水位以下の水位の起る年平均日數は更に其半ばに當る平水位以下の水位の起る日數は平均して一年の二分の一なるは勿論なり

(六)八水位間隔の凡てに對する年平均日數は回數曲線の面積が凡て同一にして底が上流に至るに従ひ増大する結果として上流に至るに従ひ減少す、

(終)

## 三度び南蠻鐵に就き

工學博士 俵 國 一君

鑿に瓢形南蠻鐵につき其の有する化學成分と其の特異の形狀とにより其由來を推考し之を本會々誌上二回に亘りて記述する所ありたり(第二百八十二卷及び二百九十五卷參照)今子爵大河内正