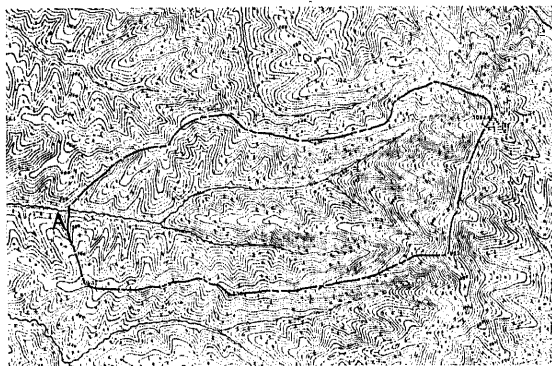


第四章 水 量

1. 河川の流量

a. **雨量及流量** 河川の流域に降つた雨は一部は蒸發し、一部は地下に滲透して他の流域に流れ出で其の残りが流量となつて表れる。故に雨量と流量との間の關係を探究する事は水力工學上極めて大切である。然し乍ら此の關係は地勢、地質、氣候等の變化の爲めに極めて複雑である。一方河川の流量は現今全國に散在する發電所又は官廳會社の測水所によつて測られて居る。測水所無き河川と雖附近の流域狀況類似せる河川の實績より大體推知する事が出來、普通



第 6 圖

雨量より判断するよりも正確である。

河川の流域面積は第6圖の如く地圖に依つて分水嶺を辿れば直ちに知り得る。

今流域面積が 100 平方軒ありとし、これに年雨量 1000 耗 (即厚さ 1 米) の雨量があつたとしてこれが蒸發其の他の損失無しに且一年中平均して第6圖中 A 點に於て河川の流量として表れたりと假定すれば

$$\frac{100 \times 1000^2 \times 1}{365 \times 24 \times 60 \times 60} = 3.17 \text{ 立方米毎秒}$$

流量は通常**立方米毎秒**の單位を興へる。在來の單位**立方尺毎秒**即個に換算するにはこれに 36 を乗じて得らる。

假りに流域面積が 300 平方軒、年雨量 2000 耗とすれば、 $3.17 \times 3 \times 2 = 19$ 立方米毎秒となるわけである。

100 平方軒當り流量立方米毎秒なる單位を 1 平方里當り立方尺毎秒に換算するには 5.54 を乗ずる。

實際は蒸發其の他の損失があるから河川に流出する流量は上記の數字に或係數を乗じたものである。即これが**流出係數**である。

流出係數は雨の降り方、流域の狀況等に依つて著しく變化する。就中正確なるものを知るためには流域中に數多くの雨量計を置いて雨量を測る必要がある。雨は通常山を登るに従つて増加し、且谷の方向に依つて相違するから、小なる流域中に於てすらかなりの變化を見るのである。

通常雨量觀測所は下流部にあるから其の觀測値を用ゐれば流出係數は 100% 以上の數字を示すことが多いが、流出係數は地勢地質に依つて相違するが、通常水力を開發せられるやうな山間部では大體 70% 位と考へて差支へなからう。

次表は過去十ヶ年に於ける全國各地方別とせる雨量觀測所の實測雨量平均並に各測水所の平均流量を示す。

第7表 雨量及平均流量表

地 方	平均雨量	平均流量
北海道	1056.8	4.92
東 北	1265.4	4.27
奥 羽	1461.6	7.07
關 東	1654.3	4.97
北 陸	2232.4	9.73
東 山	1398.0	6.32
東 海	2013.5	7.72
山 陰	1756.3	4.97
内 海	1449.8	5.67
南 海	2420.5	7.81
北九州	1913.6	5.30
南九州	2444.5	6.86
全 國	1785.6	6.29

雨量は大正7年より昭和4年に至る年雨量の平均。

流量は同年度毎年平均流量の平均、流域 100 平方軒り立方米毎秒。

b. 渴水量、低水量、平水量 我國に於ける河川は4,5,6月及9,10,11月と春秋二季の**豐水期**があり12,1,2,3及7,8月の冬及夏の**渴水期**がある。冬期渴水期が通常渴水の程度が大きく期間も永い、且此の期間に於て電力の需要の最盛期が来るから最重要視する必要がある。夏期の渴水は比較的短かい。渴水の程度は略、冬期と同じ地方が多いが、西日本で特に灌漑用水に分水する場合には夏の方が著しく渴水を

見る河がある。發電水力の方面に於ては河川の流量の程度を次表の如くに表はして居る。

最小水量 一年中の最低水量。

渴水量 最小水量より少しく大なる水量で一年の中通算 10 日は此の水量よりも河川の流量低下するも他の 355 日はこれよりも大なる流量を示す。

低水量又は九ヶ月水量 一年の中通算 275 日はこれよりも大なる流量を示す水量。

平水量又は六ヶ月水量 一年の中通算 185 日はこれよりも大なる流量を示す水量。

高水量 一年の中の最高水量。

前記水量中渴水量が最注目すべきもので、この水量(多年に互る實測あれば毎年の平均を取る)を以つて**常時使用水量**とし、これより得たる電力を電燈電力等の一般電氣供給用に充てる。發電所は一般に平水量或はそれ以上の大なる水量を利用する様に設計するが、渴水量を超過する使用水量に對しては**火力發電**を設けて電氣を補給するか、或は又貯水池を設けて洪水時溜めた水を補給する必要がある。或は又斯くせざれば此の電力は電氣化學工業の如きもので渴水期は送電を停止すべきを條件とする**特殊供給**に用ゐなければならぬ。

尙再び繰り返へせば渴水量(灌漑其の他に必要な水量を控除す)は**常時使用水量**として其の儘一般供給用使用水量に充て、渴水量を超過して使用する水量を常時使用水量に對

して**特殊使用水量**と稱する。

河川の上流に湖水があるか又は地質が滲透性であつて水を良く保つ場合には渴水量、平水量等の價は接近して居るが性質惡しき河川では其の差が著しい。次頁の第 8 表は全國各河川測水所に於ける過去十數ヶ年に互る測水の實績の平均を示したもので、平均流量—渴水量—平水量等の關係比率を示す參考として示すこととした。比較に便ならしむる爲め各流量は流域面積 100 平方呎に對する流量を立方メートル毎秒の割合の數字を記したものであるから、實際流量はこの數字に流域面積を乗じ 100 を以つて除すれば得られる。

此の表に依つて大體推察せられる通り渴水量は北海道又は中國の河川或は又灌漑用水に多量の水を引き去らるゝ河川に於ては 1 以下の數字を示し、それに對し北陸筋又は九州方面の雨量多き地方に於ては 2 以上の數字を示して居る事を知る。

低水量と渴水量との比は 1.5 位が普通で平水量と渴水量との比は 2 位が普通であつて、それより多き數字を示す河川は渴水の程度甚しく、利用上不利な河川と考へられるのである。

平均流量と渴水量との比も 3 或は 4 を示す點も注意すべきである。

第 8 表 各河川流量表 (流域 100 平方キロメートルに付立方メートル毎秒)

水系名	河川名	流域面積 平方キロ	平水流量	低水流量	洪水流量	年平均
長流川	長流川	153	4.16	2.82	1.80	5.92
尻別川	尻別川	345	2.56	1.73	1.18	4.40
石狩川	石狩川	601	2.45	1.70	1.37	3.88
"	忠別川	259	4.19	3.03	2.50	5.47
"	空知川	658	3.85	1.98	1.15	5.46
"	夕張川	606	1.95	0.92	0.55	3.57
天鹽川	天鹽川	2 820	1.60	0.88	0.60	3.38
網走川	網走川	578	0.98	0.73	0.59	1.65
奥入瀬川	奥入瀬川	126	4.84	3.95	3.32	4.38
馬淵川	馬淵川	417	1.48	0.94	0.68	2.34
"	安比川	404	2.00	1.47	1.12	3.04
小本川	大川	210	2.19	1.52	0.96	3.64
宮古川	宮古川	545	2.88	1.92	1.15	4.62
北上川	北上川	1 160	2.29	1.68	1.23	3.20
"	雫石川	629	3.50	2.22	1.44	5.62
"	猿ヶ石川	682	2.22	1.64	1.22	2.93
名取川	廣瀬川	275	3.04	2.03	1.26	4.78
阿武隈川	阿武隈川	759	1.55	1.08	0.57	2.51
"	白石川	327	2.89	2.21	1.63	4.27
木戸川	木戸川	240	3.14	2.35	1.65	4.61
夏井川	好間川	79	2.46	1.86	1.39	3.73
岩木川	淺瀬石川	129	3.83	2.88	2.26	5.71
能代川	米代川	177	2.38	1.47	0.98	4.33
"	小阿仁川	93	5.83	3.29	1.87	11.40
雄物川	玉川	345	3.89	2.47	1.71	6.73

水系名	河川名	流域面積 平方キロ	平水流量	低水流量	洪水流量	年平均
子吉川	鳥海川	113	7.95	4.82	3.38	14.60
最上川	最上川	1 690	3.51	2.14	0.52	5.75
"	小國川	326	3.49	2.36	1.40	6.34
那珂川	箒川	107	4.56	3.53	2.95	6.61
利根川	利根川	1 700	3.69	2.50	1.62	4.97
"	吾妻川	1 200	2.95	2.17	1.54	3.97
"	神流川	305	1.47	0.71	0.43	4.15
荒川	荒川	109	3.35	1.71	1.00	5.17
多摩川	多摩川	254	3.04	2.13	1.42	5.27
酒匂川	酒匂川	389	5.21	4.28	3.29	6.85
狩野川	狩野川	59	6.62	4.77	3.60	10.30
富士川	笛吹川	67	3.80	2.45	1.41	5.04
大井川	大井川	829	5.97	3.64	2.20	8.29
天龍川	天龍川	1 820	2.60	1.91	1.31	3.23
"	三峯川	376	2.40	1.54	1.09	3.16
"	水窪川	184	4.97	3.10	1.63	7.57
阿賀野川	阿賀野川	6 230	3.70	2.57	1.81	6.05
"	只見川	1 820	4.04	2.61	1.71	6.96
"	飯豊川	112	8.08	4.79	2.71	13.10
信濃川	千曲川	7 000	2.49	1.84	1.37	3.20
"	犀川	2 620	3.26	2.39	1.72	4.21
"	高瀬川	339	2.38	1.12	0.39	4.72
姫川	姫川	519	5.62	3.74	2.53	7.80
矢作川	上村川	100	5.30	3.98	2.49	6.99
木曾川	木曾川	2 260	4.10	2.62	1.45	6.69

水系名	河川名	測水所流域面積平方軒	平水量	低水量	渇水量	年平均
木曾川	益田川	521	3.77	2.50	1.59	5.12
"	長良川	713	4.86	3.40	2.14	7.39
"	揖斐川	270	5.80	3.92	2.43	9.42
黒部川	黒部川	613	9.01	6.08	3.82	13.40
常願寺川	稱名川	48	9.14	5.96	3.81	12.50
神通川	宮川	700	3.31	2.39	1.63	5.29
"	高原川	740	5.01	3.48	2.52	6.67
庄川	庄川	512	6.10	4.15	2.12	10.50
手取川	手取川	731	7.10	4.85	2.79	10.00
九頭龍川	九頭龍川	560	5.40	3.70	2.42	10.90
熊野川	十津川	214	3.06	1.97	1.09	5.97
"	北山川	347	4.48	2.66	1.74	11.50
有田川	有田川	288	2.60	1.73	0.96	5.10
淀川	名張川	615	1.82	1.29	0.73	3.39
由良川	和知川	585	2.99	1.87	0.77	4.75
圓山川	大屋川	119	2.86	1.67	0.79	4.56
千代川	千代川	271	3.35	2.61	1.83	4.48
日野川	日野川	709	3.22	2.15	1.02	4.73
斐伊川	斐伊川	434	3.47	2.23	1.14	5.52
江川	江川	2570	1.84	1.17	0.56	3.60
揖保川	揖保川	338	3.13	2.05	0.99	5.16
吉井川	吉井川	218	4.25	3.17	2.15	6.27
高梁川	成羽川	610	1.84	1.16	0.71	2.70
太田川	瀧山川	245	3.53	2.28	1.53	5.49
岩國川	錦川	144	2.57	1.62	0.88	8.02

水系名	河川名	測水所流域面積平方軒	平水量	低水量	渇水量	年平均
阿武川	阿武川	401	2.38	1.45	0.83	4.46
吉野川	吉野川	1500	3.40	1.91	1.01	10.80
"	祖谷川	217	3.99	2.66	1.53	7.86
那賀川	那賀川	157	4.43	2.63	1.48	8.12
仁淀川	仁淀川	671	3.24	1.96	1.08	6.39
渡川	橋原川	450	3.44	2.26	1.47	10.50
祝子川	祝子川	48	5.02	3.35	1.56	11.50
五箇瀬川	五箇瀬川	524	3.70	2.88	2.30	5.73
耳川	耳川	374	5.14	3.16	1.91	9.07
一瀬川	一瀬川	144	4.81	2.47	1.32	8.75
大淀川	大淀川	1380	4.34	3.21	2.31	6.25
川内川	川内川	1000	3.38	2.65	1.97	6.48
球摩川	五木川	242	3.59	2.34	1.40	6.43
筑後川	筑後川	1440	2.30	1.79	1.22	3.09
"	大山川	492	3.51	2.78	2.15	5.31

2. 流量の測定

河川、水路、管を流れる水の流量を實測することは其の必要が常に起る事であるが、水力の方面に於て通常用ゐられる方法の要領を次に記する。

開渠又は小川で少ない流量を正確に計らんとするには堰測法が最正確である。然し流量が大となれば工費が大なる事は免れない。

通常用ゐる測定方法は流速計測法であつて、良好なる條件

の下に於て注意深く行ひ、且又數回の平均を取る様にすれば可なり正確なる結果を期待する事が出来る。

最簡便にして然かも割合に正確なものに浮子法がある。浮子は表面浮子が普通用ゐられる。水流極めて浅き時又は流速極めて小なる時の如きは流速計を用ゐるより良き結果を得られる場合がある。尙洪水量を實測する如き時、流速計を使用出来ぬ場合に此の方法が適して居る。洪水を實測するには此の外堰堤如きを溢流する時潜堰の公式を用ゐて、水頭より計算し或は又流水斷面と水面勾配とより Kutter 公式の如きもので計算する事も出来るが、何れも正確とは稱し難い。

水車の能率を測るには水量を正確に測る事が必要である。發電所が新設せられた場合、水車の能率が製造者の保證する丈あるや否やを知る必要があり、或は又古い水車の回轉部を取り替へる時機を知るため折々能率を計る事が必要である。

現今かゝる場合は流量小にして堰測法を用ゐ得る場合の外は多く食鹽速度法を用ゐて居る。此の方法は開渠のみならず、管にも適用し流路の斷面の變化する場合にも利用せられ結果は信頼し得る。

食鹽溶液法も折々用ゐられる。

Venturi meter は我國發電所では未だ施設された例を見

ぬが外國には可なり見受ける。設備費は相當高價であるが、一度施設すれば管中の流量を隨時に且正確に簡単に知り得る長所がある。

ピトー管(Pitot tube)は其の操作が現場にては割合に困難なために多く用ゐられぬが、或一點に於ける瞬間の流速を計り得る特色がある。管中の水頭を正確に知り得れば、流速も相當正確に知り得るわけであるから、鋭敏な壓力計を用ゐるか或は又他の方法で水頭を正確に測るものが案出されて居る。

イ. 堰測法 測堰は種々工風せられた特殊のものを外國雜誌などで折々發表せられるのを見るが、多く使用されるものは板の類にて作られた尖端堰である。尙開口の形狀は矩形のものが多いが、流量の少ない場合には三角堰を作る。流量計算には通常 Francis 公式を用ゐる。

$$Q = 1.838(b - 0.1h)h^{\frac{3}{2}} \dots \dots \dots (13)$$

Q = 流量 (立方メートル毎秒)

b = 堰開口の幅 (米)

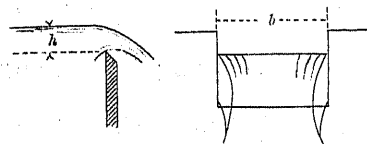
h = 水頭 (米)

接近速度ある時は $h^{\frac{3}{2}}$

の代りに

$$[(h + h_n)^{\frac{3}{2}} - h_n^{\frac{3}{2}}] \quad \text{式中} \quad h_n = \frac{v^2}{2g}$$

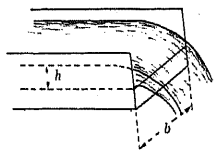
とする。



堰の構造は次の注意を以つて設ける事が、結果を良好ならしめる上に於て有効である。

1. 堰の開口の縁は木材を鋭角に尖らすか又は鉄板の如きを當て、完全に縮流を起す様にする事。
2. 開口の幅は成る可く水頭の三倍以上なる事。
3. 工費の許す範圍に於て出来る丈高く水を堰き上げ、特に水深は少なくとも水頭の四倍以上ある様にし、上流を静水となし静かに水が開口より流れ出づる様になす事。
4. 漏水無き様注意する事。
5. 堰は河の流れに直角に設け、且堰頂は水平とする事。
6. 水頭を測るべき量水標は若干上流に設け、上流静水面と堰頂との差を水頭として精密に計る様なす事。

永久的施設として石材の如きで測堰を設ける事もある。尙又水流を充分堰き上ぐる事困難なる場合には平端堰を設



ける事がある。此の時は Bazin (バザン) 公式が適當すると稱せられて居る。此の場合も底邊は尖らし縮流を起さしめる。

$$Q = \left(0.405 + \frac{0.003}{h} \right) \left(1 + 0.55 \frac{h^2}{d^2} \right) b \sqrt{2gh}^{\frac{3}{2}} \dots (14)$$

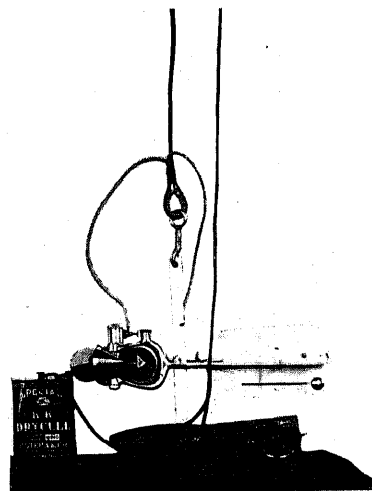
式中 Q, h, b は公式 (13) と同じ。

d は溝の水深、從つて $d-h$ は堰の高さ。

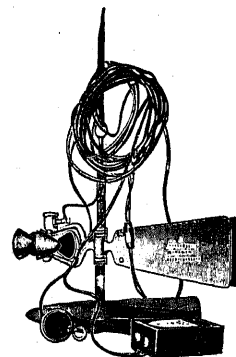
ロ. 流速計測法 流速計として今日最多く使用されて居るのは米國ガーレー會社のプライス式流速計(第7圖)である。これは風速計に見る様に回轉部がカップを繋げた様な

もので此の頃和製のもので三笠商店發賣佐藤式流速計(第8圖)がある。

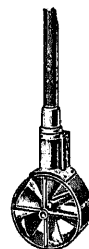
プライス式に次で玉屋發賣の廣井式正向流速計、森式流速計が用ゐられる。前者(第



第 7 圖



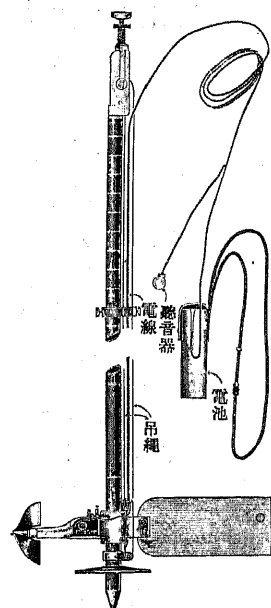
第 8 圖



第 9 圖

9圖)は回轉部が風車狀を爲し、流れの方向に正向せしめ正しく其の方向の流速を計るから其の名がある。後者はスクリー状を爲して居る(第10圖)。

二何れも長所があり、要するに其の長所短所を知り其の器



第 10 圖

械に馴れた者が操作をすれば良き結果を得られるわけである。

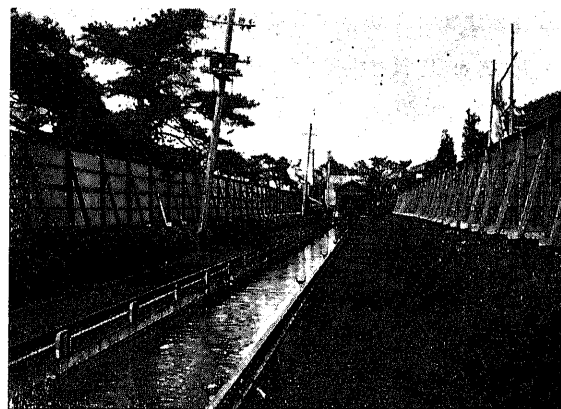
プライス式は多少手荒な手扱ひを爲しても狂が少ない事、不熟練者でも使用し易い點に長所がある。然し河川の流れは割合に亂流して居るものでプライス式は流れの方向に關らず回轉する缺點があるが、正向式では流身に正向せしめ、流量計算に必要な流速のみ計り得る長所があり理論的に最良と思はれるが、實測の際正しく流身に正向せしめる事、並に回轉部に塵埃の如きが掛らぬ様操作に注意を

要する。森式は急流部に於てあまり深く無き限り器械の保持を容易ならしめる様工夫されてある。

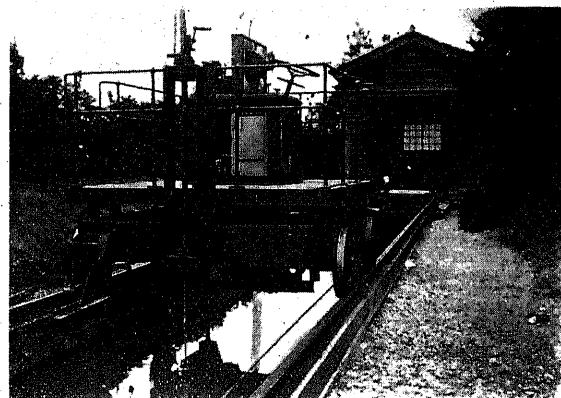
流速計には浅き所を測るに便利な音響式と、深所に便なる電氣音響式とがある。

流速計は時々檢定して置く必要がある。正式に流速計を檢定するには東京市世田ヶ谷區に逓信省所屬の流速計檢定所がある。此處では幅6尺長さ360尺の水槽を設け其の上

に速度調整機を設備せる檢定車が走る様になつて居る(第11圖)(第12圖)。



第 11 圖



第 12 圖

流速計の速度と同轉數とは次の式にて示される。

$$V = \alpha N + \beta \dots\dots\dots (15)$$

V = 流速, N = 流速計單位時間同轉數, α, β = 係數

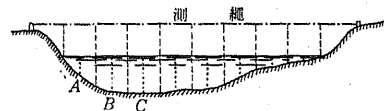
檢定所で α 及 β の價を檢定するのである。本公式の關係は流速が毎秒 30 糎以下となると可なり變化を來たすを以つてこれ以下の流速を流速計を以つて測定する時は一般に正確な結果を期す事が出來ぬものと考へなければならぬ。尙又流速が毎秒 3.5 米以上になると是亦正轉を得る事が困難となる。

流速計測法に於ては先づ適當なる測水個所を選ぶ必要がある。其の選定の條件としては

1. 河身が成る可く眞直にして亂流が少なき事、並に水流が急又は緩に失せざる事、即流速が 50 糎と 1 米位の間である事を最理想的とする。
2. 河身及河床の變化少なき事、即後述する如く水位と流量との關係を調べ、其の關係を知つた上は水位よりして毎日の流量を知る方法を取る故、河床が變化すれば其の關係にも變化が生じ甚だ不都合である。
3. 潛流、逆流、溜水無き事、尙又支派川に依り不規則なる水位の變化を起さざる事、即之等の現象があると水位の變化が正しく流量の變化を示す事を期待する事が出來ないからである。
4. 測水作業に都合良き個所を選ぶ事、即河川の狀況に依り徒渉して横斷測量並に流速計使用を爲す場合もあり舟上にて又は筏上にて爲す場合もあり、橋上にて爲す場合もあり、吊箱に測量者が身を托す場合もあり、寒地では氷上に於て測水個所に穴を穿

ちて流速計を水中に入れる場合もあるから、夫々都合良き場所を選ぶ必要がある。

測水作業としては
測水個所に於て河身
に正確に直角に測繩



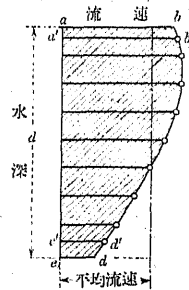
第 13 圖

(間繩、又場合に依つては鐵線)を張つて(第 13 圖)河身を A, B, C の如く數個に區分し
且横斷測量を行ふ。而して
各區分の中央に於て圖
中點にて示したる個所の
流速を測定する。點の距離
は深さに應じて 20 糎
乃至 60 糎毎に行ふ。而
してこの結果を圖に畫け



第 14 圖 吊箱式測水

ば第 15 圖に示した如き垂直流速曲線
を得る。表面及底面の流速は共に表面
に近き個所 $a' b'$ 及底面に近き個所 $a'' d'$
を計り圖に於て曲線を延長して求める。
而して圖に於て面積を均分して平均
流速を求め、これを此の區間の平均
流速としそれに其の區間の面積を乗
じ、之等を加へ合はせたものが全體の



第 15 圖

流量となる。測水並に計算には測水野帳を用ゐる(第 16 圖)。

次に測水上二三の注意を掲げると

1. 河川の區分並に測點の數は餘りに多いと反つて正確な結果を得られぬから適當に選ぶを必要とする事。
2. 徒渉、橋上の測量に於ては己れの足又は橋脚に依つて阻害されぬ様注意する事。
3. 流速計は五回或は十回回轉する毎に音響を發し其の數を數へ、時間を秒測時計で計るのであるが、流速計を流速を測る位置に停止し回轉が一樣になつた時、時計を計り初める様にする。尙回轉時間は少なくとも 30 秒以上とするが良いが然し餘り長いと反つて害を爲すものである。

非常に測水を急ぐ時は水深の六割の個所を以つて平均流速とする事がある。通常の測水作業の際も水深六割の個所を測つておくと他日の參考となる。場合に依つては水深の二割の個所と八割の個所との平均を以つて平均流速とする事がある。之等の場合には河底の狀況と風向とを充分注意する必要がある。

ハ. 浮子測法 浮子(ウキ)を流下せしめ其の速度を計つて平均流速を求める方法である。浮子としては表面浮子が最も多く用ゐられる。第 15 圖に於て知り得る如く大體次の如き關係がある。

$$\text{平均流速} = 0.8 \times \text{表面流速} \dots\dots\dots (16)$$

尤もこれは水深が相當に大きく流速は割合に小で然かも

第 16 圖 野 帳 記 入 方 法

大正 13 年 2 月 2 日 自午前 9 時 5 分
至午前 10 時 55 分
富士川水系釜無川國界橋 測水所

測水始 0.36 全断面積 6.32
測水終 0.36 平均流速 0.95
平 均 0.36

天氣 曇
風向  水流
風力 2
潤邊ノ性質 砂利及岩盤
水面勾配 1:700

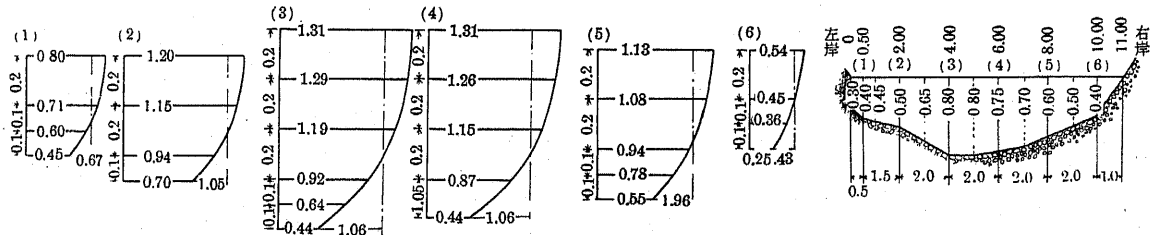
流速計番號森式 336

使用方法 吊 箱

測水者

全流量 6.00

垂 線 番 號				1				2				3				4				5				6							
左岸ヨリノ距離 全 水 深				(米)0 (米)0.30				0.5 0.40		1.0 0.45		2.0 0.50		3.0 0.65		4.0 0.80		5.0 0.80		6.0 0.75		7.0 0.70		8.0 0.60		9.0 0.50		10.0 0.40		10.0 0.0	
深さ		音數		秒數		流速		深さ		音數		秒數		流速		深さ		音數		秒數		流速		深さ		音數		秒數		流速	
0		12		63		0.80		0		18		63		1.20		0		19		60		1.31		0		17		62		1.13	
0.2		11		64		0.71		0.2		17		61		1.15		0.2		19		62		1.26		0.2		16		61		1.08	
0.3		9		64		0.60		0.4		14		62		0.94		0.4		17		61		1.15		0.4		14		62		0.94	
0.4						0.45		0.5						0.70		0.6		14		63		0.92		0.6		13		62		0.87	
																0.7		10		63		0.64		0.75						0.44	
																0.8															
幅		1.00						2.00								2.00								2.00							
斷 面 積		0.39						1.05								1.53								1.20						0.65	
平均流速		0.67						1.05								1.06								0.96						0.43	
流 量		0.26						1.10								1.62								1.15						0.28	

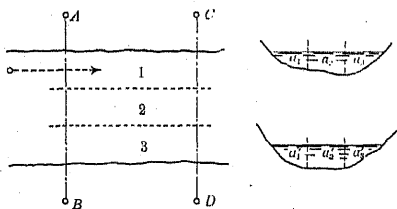


無風の時に示す垂直流速曲線であるが、風向が下流に向ふ時は表面流速が最大なる場合があり、又河床平滑な急流で空氣の摩擦抵抗を著しく受くる場合の如きは河床の流速が最大なる場合もあるから、流れの状態並に風向には最注意を必要とする。

浮子は有り合せの木片の如きもので充分で數多く用意する。但し木葉の如き餘りに軽く風の影響を受くる如きものは不可である。場合に依つては竹筒の下部に錘を附したものの如きを使用すれば遠方より見るに便利である。

浮子測量を爲す場所は河川の横斷面略、一様で流身眞直なる場所を選ぶ。この條件を満たす範圍に於て成る可く長距離浮子を流下せしめるが良い。斯くして其處に河身に直角に $A-B, C-D$ (第 17 圖) なる見通しをポールの如きで設け、それに間繩又は針金を張り、これで流れを縦に數個に區分する。區分數は餘り多過ぎぬ方が反つて良い様である。

浮子は成る可く AB より 5 米位上流に投げ込み、首尾良く各區間の中間を流れたものに就て、兩見通しの

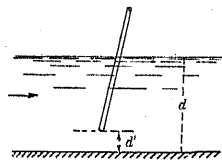


第 17 圖

間を通過する時間を秒測時計で實測するのである。回数は成る可く多くこれを行ひ其の平均を取つて其の區間の表面流速とし(16)式より平均流速を計算する。断面は AB, CD の各横斷測量を爲し a_1 と a' の平均を以つて 1 區間の平均断面とし、これに平均流速を乗じて流量を計算し、全断面(此の例では三個)に於て加へ合はせたものが全流量となる。

場合により圖の如き桿浮子を用ゐる。これは河底が平らな場合に限られる。

$$V_m = \frac{L}{t} \left(1.012 - 0.116 \sqrt{\frac{d'}{d}} \right) \dots\dots\dots (17)$$



式中 V_m = 平均流速 (米/秒)

L = 流過距離 (米) t = 流過時間 (秒)

d = 水深 (米) d' = 桿の下端より水底迄の距離 (米)

d' は d の $1/4$ の以下たる事。

二. 食鹽溶液法 流れの上流に於て濃度の知れた食鹽濃溶液を一定量の割合で流れの中に入れ、それが攪拌されて來たものを下流にて汲み取り、食鹽量を定量して流量を計算する方法である。注入する食鹽の量が一定なれば流量大なる程、下流で汲み取つた液は薄いわけである。即

$$Q = \frac{A-B}{B-C} q \dots\dots\dots (18)$$

Q は求むる河川の流量、 q は注入する食鹽水の量 (共に立方

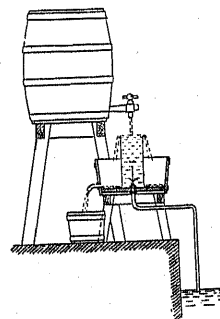
米毎秒)、 A は注入する食鹽水一定量に含まるゝ食鹽の重量、 B は下流で汲み水一定量中に含まるゝ食鹽の重量、 C は食鹽水注入以前に於て流水の一定量中に含まるゝ食鹽の量。

定量分析には色々方法もある様であるが、汲み取りたる水一定量中にクローム酸加里液を豫め少量滴下しおき、次に豫め濃度の精密に知れた硝酸銀の溶液をそれに攪拌しつつ滴下し、食鹽と硝酸銀とが完全に化合した時はクローム酸加里の爲めに水が赤色を呈すに至るから、其の時注入せる硝酸銀の量より化學當量にある食鹽の量を計算し得るわけとなる。

食鹽の濃度は十萬分の一位迄は檢定出来るが、少なくとも五萬分の一以上の濃度を下流の水が保つ丈の濃食鹽水を上流にて投下する必要がある。尚注入した食鹽水は充分攪拌されて下流に至る様工風する必要がある。

上流で食鹽水を一樣の割合で注入するにはタンクの水頭を常に一定に保つ様工風すれば良い (第 18 圖)。

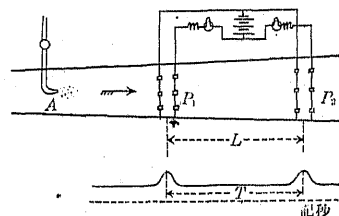
ホ. 食鹽速度法 米國の Allen 氏に依つて 1923 年創案されたもので通常の水路でも鐵管路の如きものでも測定が出来、流路の断面が變化するも差支へなくまた流量の可なり多い場合でも食鹽溶液法程費用は大なら



第 18 圖

ず、然かも相當正確なる結果を得る事が出来る。即水車の能率検査の如きにも用ゐる事が出来るから近來よく用ゐられる。

清水は電氣の不良導體であるが食鹽を含む水は良く電流を通ずる。



第 19 圖

今 19 圖に於て水が鐵管中を矢の方向に流れるものとし、 P_1, P_2 は銅の棒の如きで作つた電極とする。此の電極には電線回路中に記録電流計又は

オシログラフのヴァイブレーターを入れ電流を圖示する様にする。

今圖中 A に於て高壓を以つて濃食鹽水を短時間噴出せしむれば、其の食鹽水は流水中に混じり P_1 に來れば水の電氣抵抗が減じて電流が流れ、グラフに第一の山形を表はす。次にそれが P_2 に來た時は第二の山形を表はす。第 19 圖下圖に於て點線はクロノグラフに依る時間の記録とすれば兩山の重心の距離 T を計ればこれが P_1, P_2 間を食鹽が通過した時間を示す。

若し管が等しき断面なれば

$$V = \frac{L}{T}, \quad Q = AV \dots\dots\dots (19)$$

V は管中流速、 Q は流量となるわけで、管の断面が第 19 圖の様に一樣で無い時は

$$Q = \frac{P_1 P_2 \text{ 間の管の容積}}{T} \dots\dots\dots (20)$$

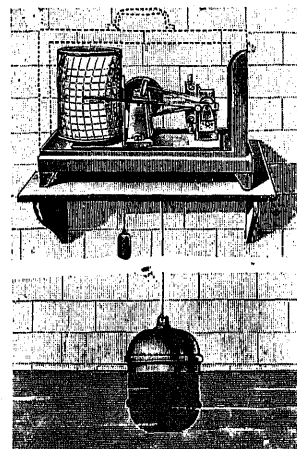
で計算出来る。

P_1, P_2 間の距離は大なる程良いが 10 米位でも目的は達し得る。 A に於ける噴水はコックを開いて一時に噴出するのであるが數秒の短時間放出を行ふ。食鹽水をタンクに入れ相當高壓で噴出し、出来る丈食鹽が断面全體に分布する様にする。又電極も銅の棒の如き突き通し断面全體を支配する様に場合に依つては數多く設ける必要がある。

3. 水位と流量諸圖表

流量の實測は毎日行ふ事は困難であるから毎日一回(例へば午前十時)に水位を測り、豫め水位と流量との關係を調べおき、水位より流量を求め、斯くして一年中の毎日の流量を知るのである。

水位を測るには量水標を用ゐる。量水標には通常の量水標と自記量水標(第 20



第 20 圖

圖)とがある。量水標を設置するには次の如き注意を必要とする。

1. 水流急激又は緩漫に失せざる個所を選ぶ事。
2. 河身及河床に變化なき個所を選ぶ事。
3. 潜流、逆流、溜り水なき個所に設ける事。
4. 支派川に依つて不規則なる水位の變動を起さざる個所に設ける事。
5. 測水所と密接なる關係を有する事。
6. 出水、流木等により移動、流失又は破損の虞れ無き事。流失した時は豫めベンチマークを設けおき、直ちに原位置に再び設けらるゝ様なす事。
7. 観測に便利なる事。

等である。

水位と流量との關係は第 21 圖に示した様な曲線を成す。之れを流量曲線圖と稱する。流量曲線に對する公式は普通

$$Q = a + bh + ch^2 \dots\dots\dots (21)$$

Q = 流量

h = 水位

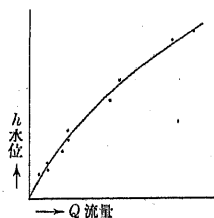
a, b, c = 係數

なる形を採用して居る。公式としては

$$Q = a \cdot b + h^c \dots\dots\dots (22)$$

の形も考へ得られる。

今假りに數多の観測水位 $h_1, h_2, h_3 \dots h_n$ に對して夫々流量 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots Q_n$ が實測されたとして、(21) 式中の $a,$



第 21 圖

b, c の價を計算する方法は簡便にするには第 21 圖の如く圖に各點を記入しその中間を通る曲線を畫き、曲線中任意の三點の h と Q を (21) 式に入れ、三元方程式を解けば良い。或は又最小二乘法を用ゐれば次の三元方程式を解けば良いことになる。

$$\left. \begin{aligned} [1 \cdot 1]a + [1 \cdot h]b + [1 \cdot h^2]c - [1 \cdot Q] &= 0 \\ [h \cdot 1]a + [h \cdot h]b + [h \cdot h^2]c - [h \cdot Q] &= 0 \\ [h^2 \cdot 1]a + [h^2 \cdot h]b + [h^2 \cdot h^2]c - [h^2 \cdot Q] &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (23)$$

上式中例へば

$$[h \cdot Q] = h_1 Q_1 + h_2 Q_2 + h_3 Q_3 + \dots h_n Q_n$$

同様に

$$[1 \cdot 1] = 1 \times 1 + 1 \times 1 + \dots = n$$

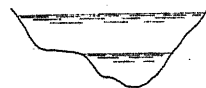
$$[h \cdot h^2] = h_1 h_1^2 + h_2 h_2^2 + \dots = h_1^3 + h_2^3 + \dots h_n^3$$

河川の断面は通常第 22 圖の如く不規則の形を爲すから

流量曲線は必ずしも一つの曲線を爲

さない。従つて水位とこれに對する

流量の實測が數多く行はれて居れば



第 22 圖

第 21 圖に示す如く之等の點を圖にプロットして各點の中間を過ぎる曲線を引いたものを流量曲線圖として使用すればよいのであつて、必ず曲線方程式に依らなければならぬと云ふ事は無い。

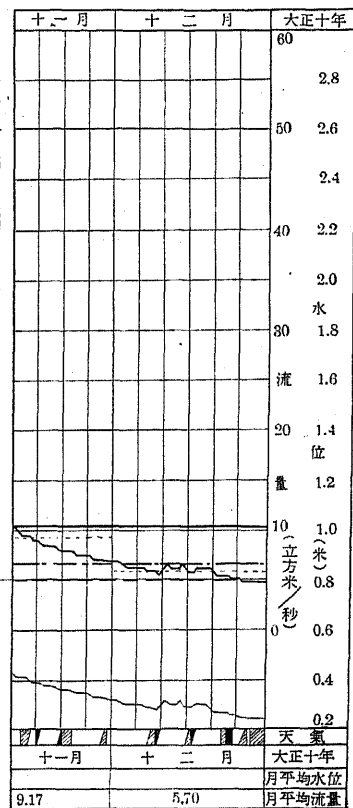
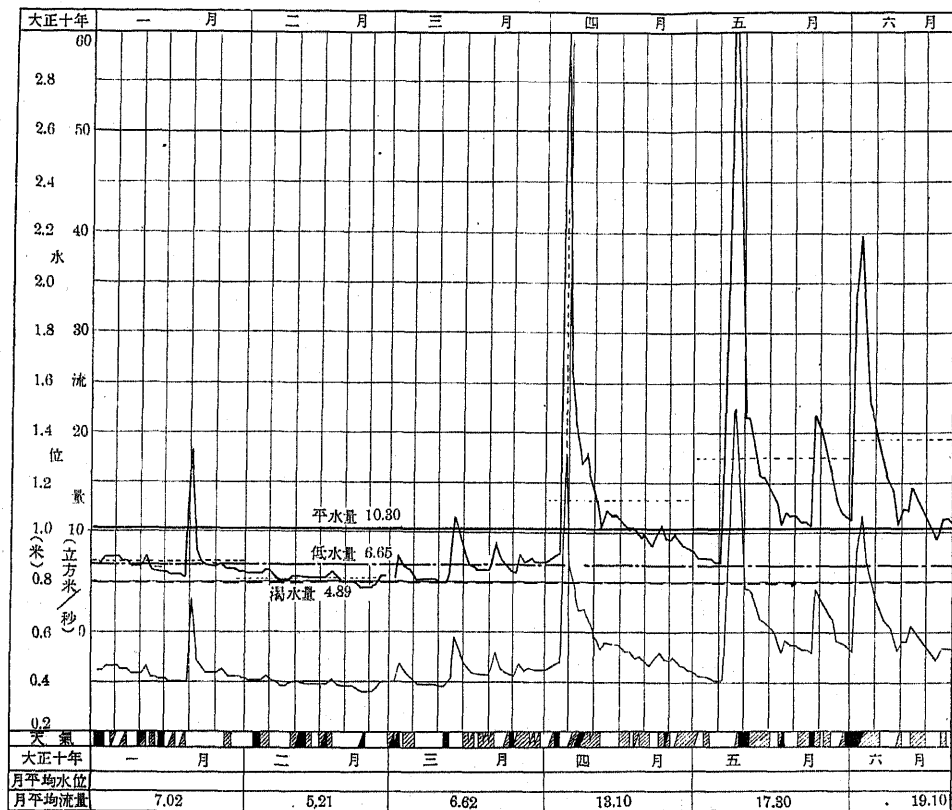
尙河底が變化すれば流量曲線も從つて變化するわけであ

月 日	一 月		二 月		三 月		四 月		五 月		十二 月		月 日
	水位	流量	水位	流量	水位	流量	水位	流量	水位	流量	水位	流量	
1	0.45	6.04	0.41	5.74	0.40	5.46	0.46	7.25	0.42	7.28	0.32	6.63	1
2	0.45	6.94	0.41	5.74	0.47	7.57	0.47	7.57	0.42	7.28	0.31	6.36	2
3	0.47	7.57	0.41	5.74	0.44	6.63	0.48	7.00	0.42	7.28	0.30	6.09	3
4	0.47	7.57	0.42	6.08	0.42	6.08	1.88 (0.86)	61.50 (25.70)	0.41	6.09	0.30	6.09	4
5	0.47	7.57	0.41	5.74	0.40	5.46	0.89 (0.75)	28.30 (0.74)	0.41	6.09	0.30	6.09	5
6	0.46	7.25	0.40	5.46	0.39	5.18	0.75 (0.68)	21.00 (17.80)	0.04	15.30	0.30	6.09	6
7	0.46	7.25	0.39	5.18	0.39	5.18	0.68 (0.60)	17.10 (16.20)	1.06	39.60	0.29	5.84	7
8	0.44	6.63	0.39	5.18	0.39	5.18	0.60 (0.53)	17.50 (15.00)	1.48	76.90	0.29	5.84	8
9	0.44	6.63	0.40	5.46	0.39	5.18	0.63 (0.50)	14.80 (13.10)	1.15	46.40	0.28	5.69	9
10	0.44	6.63	0.40	5.46	0.38	4.90	0.50 (0.37)	13.30 (11.90)	0.77	31.50	0.30	6.09	10
11	0.47	7.57	0.39	5.18	0.38	4.00	0.52	10.50	0.77	31.50	0.31	6.36	11
12	0.43	6.33	0.39	5.18	0.41	5.74	0.50	12.00	0.71	18.50	0.30	6.09	12
13	0.42	6.03	0.39	5.18	0.58	11.50	0.55	11.60	0.65	15.70	0.30	6.09	13
14	0.42	6.03	0.39	5.18	0.52	9.26	0.55	11.60	0.64	15.30	0.31	6.03	14
15	0.42	6.03	0.39	5.18	0.47	7.57	0.54	11.30	0.62	14.40	0.29	5.84	15
16	0.41	5.74	0.39	5.18	0.44	6.63	0.52	10.50	0.59	13.20	0.29	5.84	16
17	0.41	5.74	0.41	5.74	0.43	6.33	0.52	10.50	0.52	10.50	0.30	6.09	17
18	0.41	5.74	0.39	5.18	0.43	6.33	0.49	9.46	0.57	12.40	0.30	6.09	18
19	0.40	5.46	0.38	4.90	0.43	6.33	0.50	9.80	0.55	11.60	0.30	6.09	19
20	0.78 (0.51)	18.00 (12.00)	0.38	4.90	0.43 (0.40)	6.33 (5.40)	0.48	9.13	0.55	11.60	0.28 (0.27)	5.69 (5.41)	20
21	0.49	8.33	0.38	4.90	0.51 (0.40)	8.91 (7.22)	0.46	8.49	0.53	10.90	0.27	5.34	21
22	0.46	7.25	0.37	4.64	0.45	6.94	0.49	9.46	0.53	10.90	0.27	5.34	22
23	0.45	6.94	0.36	4.38	0.44	6.63	0.52	10.50	0.52	10.50	0.27	5.34	23
24	0.44	6.63	0.36	4.38	0.43	6.33	0.49	9.46	0.77	21.50	0.26	5.10	24
25	0.44	6.63	0.36	4.38	0.42	6.03	0.48	9.13	0.73	19.50	0.26	5.10	25
26	0.45	6.94	0.37	4.64	0.47	7.57	0.50	9.80	0.70	18.00	0.25	4.87	26
27	0.43	6.33	0.40	5.46	0.45	6.94	0.47	8.80	0.65	16.70	0.25	4.87	27
28	0.43	6.33	0.40	5.46	0.43	7.25	0.46	8.40	0.59	13.20	0.25	4.87	28
29	0.43	6.33	....	....	0.45	6.94	0.45	8.17	0.56	12.00	0.25	4.87	29
30	0.42	6.03	....	....	0.45	6.94	0.44	7.87	0.55	11.60	0.25	4.87	30
31	0.42	6.03	....	....	0.45	6.94	....	....	0.53	10.90	0.25	4.87	31
合計	....	217.02	....	145.77	....	205.11	....	392.58	....	534.02	....	176.50	合計
平均	....	7.02	....	5.21	....	6.62	....	13.10	....	17.30	....	5.70	平均

一ヶ月間最高水位、最大流量ノ下ニハ赤線一本、最低水位、最小流量ノ下ニハ赤線二本ヲ引キ
 實測セル流量ハ米書シ之ニ括弧ヲ附スルコト

水位及流量ノ單位ニ秒尺ヲ用フル場合ニハ單位ノ稱呼ヲ書キ改メルコト

第 23 圖 水 位 流 量 年 表



● 赤 ■ 青及び緑

第 24 圖 水 位 流 量 圖

るから常に河底の變化に注意して曲線の更正を怠つてはならない。

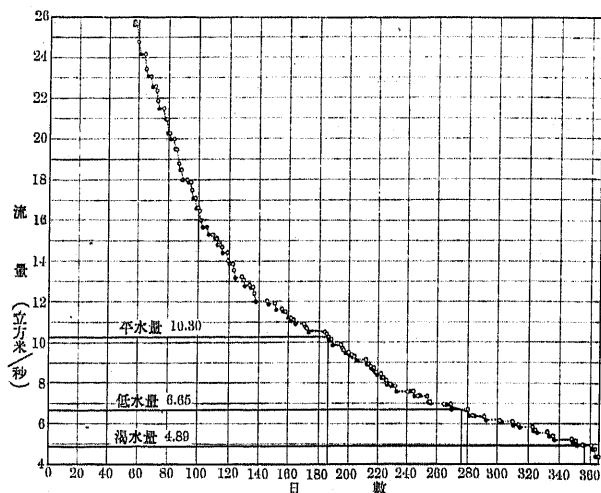
以上の如く成る可く種々の水位に於て流量の實測を行ひ、流量曲線を求め得れば毎日の水位を觀測すれば夫々毎日の流量を求め得るわけである。

斯くて毎日の流量を知り得ればこれを一覽する便宜上種類の圖表を作製する。以下之等の圖表に就て記する。

イ. 流量表 流量曲線と同じ性質のものであつて各水位に對する流量を表示したものである。流量曲線より求めて通常各 1 糎毎の流量を表はしたものである。

ロ. 水位流量年表 一月一日より始めて十二月末日迄一年中の毎日の水位と流量とを表示したもので水位は觀測値より流量は流量曲線より求める。流量の實測値も其の實測施工の日の處に赤書しておくが良い。尙毎月の平均水位平均流量も計算して記載しておく(第 23 圖參照)。

ハ. 水位流量圖 水位流量年表を圖にし表はしたものである。即一年中の毎日逐次の水位及流量を曲線で示したもので水位は細線、流量は太線(或は色分け)で適當に記載する。尙又渴、低、平水位及水量並に月平均流量等も記載する。毎日の天候も適當の符號で記載しておく。渴水量、平水量等を求めるには 365 枚のカードを作成すると便利である(第 24 圖參照)。



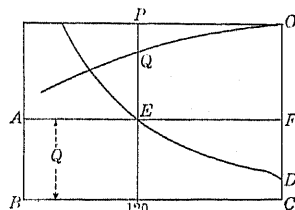
第 25 圖 流況曲線圖

二. 流況曲線 第 25 圖に示したものがそれである。

即一種の流量圖ではあるが一年中の毎日の流量を大きさの順に配列したものである。従つて 355 日に相當する流量が渇水量、275 日に相當するのが低水量、185 日が平水量を示す。

此の曲線は發電所の使用水量を決定する場合に極めて必要である。即例へば發電所の使用水量として四ヶ月水量を選んだとすれば第 25 圖に於て 120 日の個所の示す Q がそれとなる。面積 $ABCDE$ (次圖) が利用し得る一年中の總水量となる。 AE より上の水量は發電所設備の限度によ

り利用出来ぬ水量なる事を示す。尤も貯水池を設ければ此の水量も捕へ得る。 DF が渇時に於て貯水池又は火力設備の電氣で補給する必要がある水量を示す。 EDF の面積は火力設備に於て必要とする石炭の量を示す(水量より換算す。尙一年中 AB に相當する電氣を發生するものとした時に限る)。 $ABCF$ が貯水池又は火力にて補給して一年中發生せしめ得る電力量、或は水量甚だ豊富と考へた時水力發電所を最能率良く運轉した總使用水量、従つ



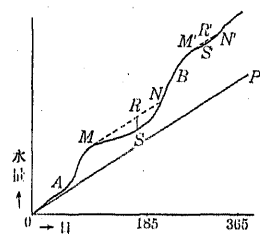
第 26 圖

て $ABCDE \div ABCF$ (面積) が水力發電所設備利用の能率を示す、此の價を第 26 圖に於て PQ とし各水量に於て曲線 OQ を求めればこれを能率曲線と云ふ。

ホ. 流量積算曲線 第 24 圖は流量を日次により記載したものである。これは(第 27 圖)流量を毎日順次精算して得た圖表である。即例へば三月十七日の流量は一月一日より此の日迄の流量を加へたものを示す。即横の尺度は日を示し、縦の尺度は立方メートル毎秒 $\times$ 日を示す(毎日の總水量即立方メートル毎秒 $\times 24 \times 60 \times 60$ を積算すれば縦の尺度は立方メートルとなる)。

今水力發電所の使用水量を第 26 圖流況曲線の Q とすれ

ば渇水期には DF 丈水が不足する。今これを貯水池を設けて豊水期に貯へた水を補給するものとすれば何程の容量の



第 27 圖

貯水池を設くれば宜しきやの問題を解かんとする。今第 27 圖に於て流量積算曲線を OAB とする。假りに毎日平均 Q を使用するものとし其の積算曲線を求むれば一つの直線となつてそれを OP とする。 OP に平行し

積算曲線に切線 MN , $M'N'$ 等を引きそれ等と積算曲線との距り RS , $R'S'$ 等を求むれば最大の距離 RS が必要なる貯水池の容量を示す ($RS \times 24 \times 60 \times 60$ 立方米)。

これは曲線の性質より直ちに了解出来る事であるが今圖中 M 點に於て貯水池が満水せるものとすれば MR 線と MS 曲線との距りが擴大する程逐日貯水池より引用せらるる事を示し、 RS に於て最大に達した、以後は兩線が接近する。これは使用水量 Q より貯水池流入水量の方が多き事を示すものであつて N に於て再び池が満水する事を示す。

4. 洪水量

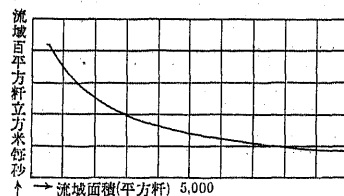
取水堰堤の設計又は發電所の床の高さの設計等に於て河川の最大洪水量を査定する事が必要である。

洪水量は河川の状況により著しく異なるから推定は中々

困難である。河況又は里人の言により既往最高水位を推定し或は河川水面勾配より算定する方法もあり、或は又河川改修其の他の事業に於ける算定を参考とするも一つの方法である。

第 28 圖は數個の發電所設計に於て實際に取つた實例を参考として求めた極めて概略な圖表である。

此の圖に於て見る如く流域面積 100 平方呎當りの洪水量は 100 乃至 300 立方厘米毎秒を示し、流域面積が小なる程其の値は大である。



第 28 圖

流域 100 平方呎以下の個所では 500 又はそれ以上を豫想される場合がある。蓋し大雨は大體局所的に降り且移動するから、大なる流域面積に於ては全體に同時に最大雨量が降るものとは考へられない。大體數個の支川の出水は同時に流下し來らぬ故最大洪水量の流域面積當りの割合は小さくなる。要するに各河川の事情に於て著しく相違し各々研究を必要とし一般的に適合する公式の如きは求め難い様である。

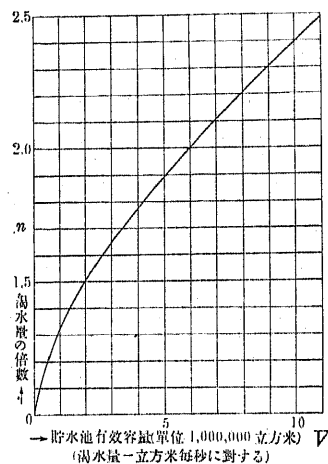
5. 貯水池及調整池の利用

貯水池は通常大なる容量を有して豊水期の水を貯溜して

これを渇水期に放出して利用する爲めの池を謂ひ、調整池は小なる池で日々低負荷時に水を貯へ、これを高負荷時に放出利用するものである。即電氣の負荷の變動に對して水を調節する役目をなすものである。

調整池に依り電氣の負荷に應じ水を使用する時は下流の河川水位が刻々變化し、他の水利事業に支障を及ぼす事がある。斯かる時には發電所の下流に一つの調整池を設け水を逆調整して放水を平ならしめる。之を逆調整池と云ふ。

貯水池を設ける時は渇水期に於て使用水量を増加し發電上甚だ有利なるのみならず、灌漑用水其の他に利益を與へ



第 29 圖

る、尙土砂の流下を防止し、尙又上流部に於ける巨大なる貯水池は洪水を貯溜する働きを有するから治水上にも著しい効果を與へる。

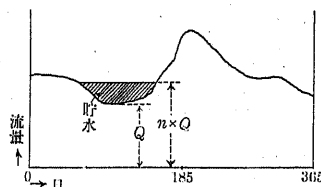
調整池は小なる池であるから一般に工事費が低廉で然かも効果は著しい。發電所を有利に利用し電力單價を引き下ぐると共に河川の發電上の利

用も著しく増大するから、水路を選定する上に於て出来る丈調整池を設ける事に留意すべきである。

貯水池の容量を計算するには(3)の(ホ)に記せる流量積算曲線を用ゐれば宜しいわけである。一年中の流量の實測を持ち合はさぬ場合、大體の容量を計算する爲めに第 29 圖を掲げた。

これは數個の河川に於ける資料に於て積算曲線によつて著者が求めたものである。今假りに渇水量 Q 立方メートル毎秒なる場合貯水池によりて渇水時水量を nQ に増大して利用せんとせば、本曲線に於て n に對する V を求め、 QV 立方メートル毎秒が求むる貯水池の容量である(第 30 圖参照)。

n が 3 乃至 5 位の値となれば nQ は河川の平均流量となるから、それ以上貯水池を増大しても渇水量は増大せぬわけである。



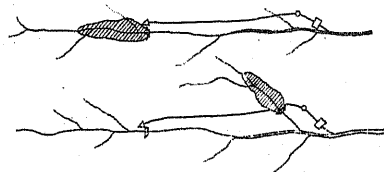
第 30 圖 流量圖

本曲線より大體想像し得

られる通り、一年間の全流量の五分の一位の容量の貯水池があれば、河川の流量は洪水を全部貯溜して一年中平均して利用し得られる事となる。更に大なる池を設け得れば使用水量を一年中平均し得るのみならず豊水期は水の使用を全く停止し、其の期間は他の發電所の電氣を利用し、渇水期

は貯水池より多量の水を放出して他の発電所の欠を補ふ事が出来る。即送電線によりて発電所を連絡して所謂水力統制上有利なる利用が出来る事となる。

次に再び調整池に關して二三を記述すれば調整池は貯水池に比して容量が小であるから水路の位置の選定に注意す



第 31 圖

れば設置する事が通常困難で無い、第 31 圖の様に取水口に於けるものと発電所に近く設けらるゝものとあるが、後者の方

が水の使用が便利であり、且又取水口より調整池に至る迄の水路の大きさを節約し得るから有利である。

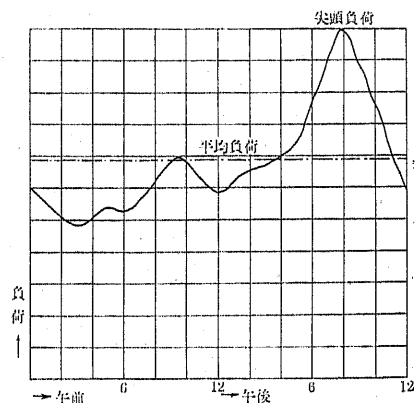
調整池の容量は設置せらるゝ個所の地形と負荷曲線とより適當に定める。地形上容易に大なる池を設け得れば週調整池ともなり、或は送電線で連絡して他の発電所の調整作用をも營み得るから、出来る丈大きく施設する方が有利である。大なる電気供給會社では一つの送電系統に數多くの発電所が連絡されるから、それ等の組み合わせによつて設備を有効に利用する事が出来る。第 32 圖は都會の一般供給電気會社の負荷曲線の一例である。

負荷率(平均負荷÷尖頭負荷)は大體 50~70% 位の價を

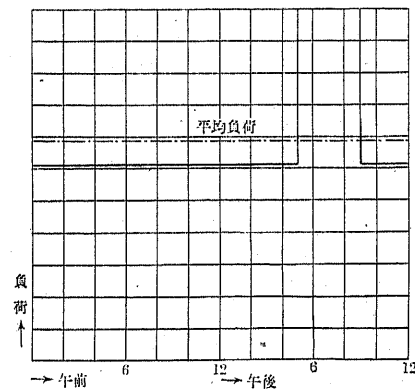
示す。B圖は調整池の容量との關係を明らかならしめる如き場合に A圖のものを輕便に表はしたもので尖頭負荷、平均負荷の大き

さ、尖頭負荷繼續時間を明瞭に表はしたものである。通常尖頭負荷は 4 時間又は 5 時間位繼續するものと考へた程度で差支へなく、調整池も

これに堪へ得る丈の容量(尖頭負荷の使用水量—平均負荷の使用水量)×4×60×60 立方米)があれば差支へない。尤も前記せる如く大なる調整池を設け得て

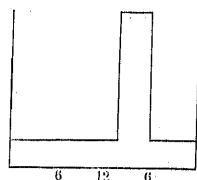


第 32 圖 A



第 32 圖 B

且又第 31 圖の下圖又は堰堤式発電所の如く使用水量を増大するも工事費の比較的多額を要せぬ場合に於ては第 33



第 33 圖

圖の如く一日の全水量を尖頭負荷時に集中利用して他の発電所の尖頭負荷に當つるが如き場合もある。

地方的の小発電所に於て他の発電所と連絡無きが如き時は特に調整池が必要である。然らざれば多くの水

を徒らに流し去る事となる。

使用水量の小さな且長き水路を設ける発電所では水路貯水も考へ得る。隧道は掘鑿の都合上場合により必要以上の大きさの断面に掘鑿する。此の場合其の上部の空間は徒らに空所となさず利用すれば水路全長に互つてはかなりの貯水量となる。水槽の壁の高さで些細の注意をすれば其の目的を達する事が出来る。

6. 使用水量に就て

発電所使用水量に關聯して先づ次の名稱に就て説明する。

取水量 取水口に於て河川よりの水を引用する水量を云ふ。

最大使用水量 発電所に於て使用する最大の使用水量で発電所の最大出力がこれで定まる。水路の途中に調整池の無い発電所で最大取水水量と一致する。

常時使用水量 河川の渇水量から灌溉、流水、魚道等のために渇

水時發電に利用出来ぬ水量を引き去つた水量で大體に於て一年間を通じ常時利用し得る水量である。渇水量はなるべく永年の観測の結果より平均渇水量を取る。従つて著しく渇水する年に於ては不足を生ずるわけであるがそれは會社全體の餘力又は豫備出力を以つて補ふ。従つて此の意味よりしても電氣會社に於ては五分乃至一割位の豫備出力を備へておく事は必要である。豫備出力は比較的投下資本の少ない火力発電所が適當である

常時尖頭使用水量 常時使用水量を調整池で調節して用ゐる時の最大使用水量で多くの場合発電所最大使用水量と一致するが負荷の模様又は下流水利との關係上小さい場合もある。

特殊使用水量 最大使用水量と常時使用水量との差を云ふ。水路の途中に調整池ある場合には取水量と常時使用水量との差を云ふ。此の使用水量は渇水期には利用出来ぬものであるから貯水池より水を補ふか又は火力發電を以つて電氣を補給するかして常時化する必要がある。或は又渇水期は停電しても差支へなき化學工業又は特殊の契約の下に送る電氣に充てる事を要する。

補給用使用水量 大きな貯水池を有する発電所で豐水期は水を貯へおき渇水期に放出して使用する水量を云ふ。

常時使用水量は前記せる如く河川の渇水量より定まる。渇水量から灌溉、流筏木、漁業其の他水利事業に必要な水を差し引いたものが常時使用水量となる。

灌溉 に必要な水量は堰堤より放流して下流で取水せしめるとか、或は又水路の途中より分水するとかするのであるが、何れにせよ用水業者と協議して其の量を決定する必要がある。灌溉には通常四月の始めより八月の終り迄水を必

要とし、1立方尺毎秒の水があれば10町歩乃至20町歩の田地に對して充分であるが、實際は既得權としてそれより多量の水を要求せられる事が多い。尙又灌漑に必要な期間以外と雖水車其の他の爲めに用水に相當の水を必要とする場合も多いから豫め充分なる調査を必要とする。

流木は地方により其の慣行の時機が異なり、且又數量が著しく異なるから豫め充分なる調査を必要とする。流木業者は多く積雪期に運搬の便を利用し木材を伐り出し貯へおき河川に投下し流下せしめる。此の流木が堰堤に到着した時は一先づそれを堰堤にて抑へ、豫め堰堤に設けた流木路より逐次下流に流し出すのである。堰堤より下流の河は水路へ水を引水する爲め流水量が殆無いから流送に可なり困難を感じる場合が多い。斯かる場合は所々に木材で假堰を設けて水を貯へ一時に堰を拂つて水と共に流木を流下せしめる(鐵砲流し)。流木が非常に多い川では終日流下作業を必要とし、かなりの水を堰堤下流流下の爲めに必要とする。但し夜間は作業が無く又尖頭負荷時には流木業者と妥協し得らるゝ餘地があらう。

流木非常に多くして放水量が餘りに大となるときは流木を全部水路に引き入れ流下し、水槽に於て落木路を設け、發電所下流に流し出す方法もある、近畿地方に此の實例が多い。或は又水にて輸送する代りに運材設備を設ける場合も

ある。此の種のもので有名なものは庄川に於ける祖山、小牧兩發電所に關係するものである。然し流木は元來極めて原始的な運材方法で流下の途中可なり多量の減失があり、且又流下の途中岸に衝り、又は作業の爲め著しく材質を痛めるものであるから河川の沿岸に鐵道が敷設せられ、或は又適當なる運搬方法が講ぜられるに至れば自然に流木の慣行は消失する性質を有するものである。

河川に流筏があれば堰堤に流筏路を設け、それに筏を流す丈の水量並に堰堤下流に筏を通ずる丈の水を放流する必要がある。場合により水路中を通ずる事もある。此の場合に陸道の空間は1.5米は保つ必要がある。

次に魚族即鮎、鮭、鱒、其の他溯河魚族が河川に在る場合には之等の棲息溯上に必要なる水を見込まなければならない。

鮎は河口附近に産卵し春季幼魚が河を溯上し上流に至るに従つて發育し、秋季出水に従つて流下して河口に産卵する。鱒は比較的の上流にて産卵し、鮭は比較的下流にて産卵し海に入りて發育し數年後春秋の候を利し再び産卵の爲め河を溯る。鰻は深海にて産卵、幼魚は河川に溯上、上流湖沼にて發育する。即之等の溯上のためには堰堤に魚道を設ける必要が生ずる。

魚道は小なる河では幅1米もあれば充分であり、通常2

乃至4米を要求され、場合により6米位となした實例もある(神通川、阿賀野川、天龍川等の大河)。魚道上を溢流する水は魚の大小により10乃至20厘位である。即これから魚道に必要な水は算出する事が出来る。尙堰堤の下流の干上つた河川に對しても魚が溯上する丈の流路を作つておかなければならない。これが爲めには流路を整理し相當の水が常に流るゝ様にする必要がある。

堰堤が甚だ高くなれば魚道の效果も疑問となつて來るから養魚の方法を取り、小鮎を放流し又は鮭、鱒の孵化場を設ける。此の場合多少魚種を變更する必要がある場合もあるから漁業者と協定し得れば費用も割合に少なく效果が多い。斯くすれば放流する水量も見込む必要は無くなる。

水車業が下流にあればその爲め必要な水を放流する必要があるわけであるが多くの場合それを廢止せしめ、代つて電氣を供給する事に話が纏るのである。

以上の如く灌漑、流筏木、魚業等の爲めに放流する水の量が決定すれば常時使用水量が決定せられるのである。

次に發電所最大使用水量に關し考慮すべき點を記する。

水力の利用の興つた當初に於ては發電所最大使用水量は渴水量を標準としたものであるがそれでは一年の中大部分の時間、河川の水を充分利用せず放流する事となるから河川の利用上遺憾な點が多きのみならず、特殊電力を消化

する途を講じて幾分大なる水量を使用する方が經濟上有利である。

最大使用水量を定むべき標準は發電所の型式、即調整池を有するもの、有せざるもの、或は又水路式、堰堤式により或は又電氣の消化の途又は發電所の大小に依つて異なるべき筈である。即山間部の小電氣供給事業の如きに在つては特殊電力は殆ど消化の途が無い。大電氣事業に在つては數多の性質異なる水力發電所を送電線で連絡し、これに火力を配する如き事に依つて可なり大なる使用水量を採用し得る。

極めて概括的に云へば最大使用水量としては平水量位を標準とする例が多い様であるが、其の標準は追々大きくなつて今日に於ては四ヶ月水量位を選び、それに貯水池、調整池の利用と火力の有利なる併用を策する事が勧められて居る。

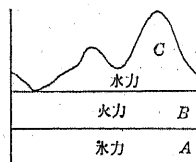
次表は比較的近年落成せる有名なる發電所の最大使用水量並に常時使用水量を示したものである。型式欄中 A は水路式にて調整池を有せざるもの、B は取水口の上流に於て調整池を有するもの、C は水路の終端に近く水槽に近き所に調整池を設けたもので、D は堰堤式である。兩文字併記せるは中間のものである。

電氣會社の負荷曲線が第32圖Aの如くであるとする

第9表 既設発電所使用水量表

発電所名	河川名	出力 (kW)	最大使用 水量 (立 方米/秒)	常時使用 水量 (立 方米/秒)	型 式
佐久	利根川	55 000	59.1	27.8	C
西 窪	吾妻川	19 000	12.0	6.7	C
鹿 瀬	阿賀野川	40 000	222.0	111.0	D
田代川	田代川	20 000	5.34	2.36	B
湯 山	寸又川	24 000	18.9	5.43	BD
七 宗	飛驒川	5 600	44.5	13.9	B
讀 書	木曾川	40 000	45.7	23.1	A
大 井	"	42 900	125.0	34.8	D
鐘 釣	黒部川	65 200	41.7	12.8	A
愛 本	"	29 700	50.09	20.3	A
祖 山	庄 川	47 500	82.5	30.6	D
小 牧	"	72 000	138.7	38.95	D

と一年中斯かる負荷で電氣を供給し、且又河川の水量を成る可く有利に利用するが爲めには種々なる型式の発電所を連絡する必要がある。第34圖に於てCなる部分の尖頭負



第34圖
水火併用

荷は一般に水力の調整池出力に依る事が有利である。火力設備を斯かる負荷に用ゐる時は石炭の消費が極めて不經濟である。獨逸に於て其の例を多く見る所のボンズ式発電に於ては火力設備を一日平均して使用し、低負荷時の餘

剩電力を用ゐて水を池に汲み上げおき、尖頭負荷時に池の水を以つて電力を補給するのであるが獨逸に於ては價の安い褐炭を利用して居るのも一つの理由であるが尖頭負荷は調整池の水力に依るのが有利である事がこれで判る。

渇水期には前圖の如く低負荷時に火力を用ゐる方針を取る事が有利である。貯水池を設ければこれに代り得るのである。然し貯水池は中々得られぬものであるから火力発電も有利に水力を利用する方便として極めて必要であつて一般に燃料節約の國策上の見地から火力を排撃する説もあるが、水を有利に利用する事がやがて燃料の節約ともなるのであるから此の意味の火力は甚だ必要である。

以上の如く各種発電所を連絡して設備の利用の増進を計ると共に各発電所に於ては出来る丈水を有利に利用する事を計るべきである。即これには經濟的の採算が必要となる。以下聊か此の採算に就て記する。

採算の基を爲すものは電力原價即電力のモトネである。電氣を發電所に於て直ちに一纏めにして賣つたとして其の原價を構成するものは工事費に對する金利、減價償却、發電所の運轉維持費、諸税及公課其他諸係り費である。

金利は後に示す數字例に依つて大體を知り得る如く水力原價の大部分を占むるものである。低金利の金を利用する事があらゆる技術者の努力にも勝る效果ありの嘆を發せし

むる所以であつて、企業形態の確實なるもの程低金利の金を利用し得るわけであるから水力の國營論もこれから起る所以でもある。

金利は株式、公社債、借入金の配當或は利息並に之等の募集費である。公共團體の起業として低金利の金を利用し得る時は五分位に見込む事が出来るが、通常は八分乃至一割を見込みおく必要がある。

減價償却 工作物には長短はあるが何れも壽命があるから毎年相當の金を積み立てゝそれに備へなければならぬ。尙又通常の維持修繕費ではまかなひ得ぬ如き不慮の大修繕も此の費用として餘裕を見ておく方が宜しい。

工作物の壽命は例へば堰堤水路の如きは設計によつては100年200年を見込み得るも大體各水力工作物平均の壽命は40年又は50年を見込むのが普通である。次表は償却上普通採用せられる工作物並に機械の堪用年數を示す。

第10表 工作並に機械堪用年限表

建 物、水 路	50~100
鐵 管、水 門 類	30
水 機、汽 車	20~30
汽 機、汽 罐	15~20
發 電 機、電 動 機	20~25
變 壓 機	30
配電盤、架空電線路	15
地 中 電 線 路	30

堰堤、隧道の如きは工作物としては壽命は無限とも考へられるが事業に用ゐられる事は營業期限又は發電所廢棄等の理由により使用廢止を

見る事も豫期せられるからやはり50年位の壽命と見ておく方が安全である。

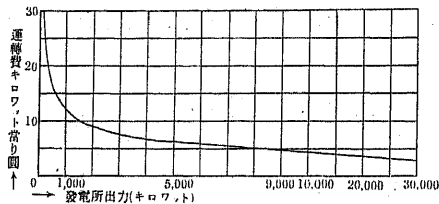
機械類の如きは使用後若干の殘存價格があるから

$$\frac{\text{建設費} - \text{殘存價格}}{\text{堪用年限}} = \text{償却金} \dots\dots\dots (24)$$

となる。然し積立金は毎年利に利を生むものであるから複利計算とすれば毎年積み立てる金は少額にて済むわけである。然し乍ら不慮の災厄を考へて成る可く多額を積み立てる事が事業を健全ならしめる上に於て必要である。殊に火力の機械類の如きは今日の處、壽命の來る前に新式のものが出現してそれに取り替へられる運命に會する見込みがあるから出来る丈早く償却を了する心掛けが必要で(24)式によるか又は更に多額を積み立てる事が勧められる。水力工事に於ては複利計算を加味し複利算と(24)式の間間位が可とされる。

運轉維持費 従業員の給料、機械油、ボロ等の消耗品、經常修繕費等であつて水力發電所では割合に少額のものである。殊に近頃その例を多く見る所の遠方操作の自働發電所の如きは頗少額である。

此の費用は従業員其の他の關係上小なる發電所程1キロワット當りの割合は多額を要するわけである。次圖は或調査に於けるものであるが一例として參考迄に掲げた。



第 35 圖 水力発電所運転費

水利使用料は河川法に基くもので公有水面の使用に對する使用料金であるが、然しいつの頃よりか水力に對して特別の賦課が行はれる事となり、一種の税金化して相當多額のものとなつて居る。府縣によつて其の標準は異なるが常時使用水量に對して 1 理論馬力に付 1 圓、特殊使用水量に對して 50 錢を標準とする所が多い。

諸税公課としては大體工事費の 1 % 位を毎年見込む必要がある。

諸係費 以上の諸経費の外に雜係費として本社に於ける費用其の他のために幾分費用を見込む必要がある。

今次に實際の數字に就て聊か説明を加へて見よう。假りに建設費が 1 kW 當り 300 圓であつたとすれば

金利	8 %	.....	300 × 0.08 = 24.00
減價償却	1 %	.....	300 × 0.01 = 3.00
運転維持費		.....	4.50
諸税公課	1 %	.....	3.00
諸係費		.....	2.50

計 37.00 圓

諸税公課 河川水利使用料を主とし其の他營業上賦課される諸税金である。

即発電所に於て出力 1 kW に對し 37 圓が電力原價となる。

渴水時に於ける水の不足又は餘剰電力に依る発電所の不利用の爲め假りに発電所の利用率が 60 % とすれば、電力量 1 キロワット時に對する原價は

$$37.00 \div (8760 \times 0.6) = 0.007$$

即 7 厘と云ふ價を得る (8760 は一ケ年の時間數)。0.6 の設備利用率が尙大であれば原價は安くなるわけでこの種々の價に對して曲線を畫けば第 36 圖水力線となる。

次に参考として火力發電の計算の一例を示して見よう。

假りに火力設備費が 1 kW 當り 120 圓であつたとして

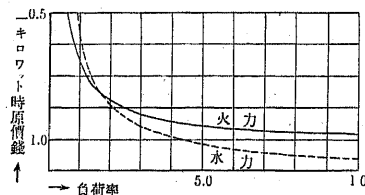
金利	8 %	.....	120 × 0.08 = 9.60
減價償却	3 %	.....	120 × 0.03 = 3.60
運転維持費		.....	6.00
諸税公課	1 %	.....	1.20
諸係費		.....	2.50

計 22.90

發電所の利用率を前と同様 60 % として 1 kWh の原價は

$$22.90 \div (8760 \times 0.6) = 0.004$$

此の外に燃料費が必要である。石炭消費量は設備の如何と石炭の焚き方、即底負荷用及尖頭負荷用で著しく異なり、從つて場合に依り大いに差異を生ずるが今假りに 1 kWh 當り 1 錢とすれば電力原價は合計 1 錢 4 厘となる。發電所



第 36 圖 水火力比較圖

利用率を 0.6 の代りに種々の價を取れば第 36 圖火力線となる。即一般に水力は資本費を多額に要し、運轉費は少なく、火力は資本費は少なく運轉費は大であるから水力は出来る丈河川の流量の利用を完からしめ火力は負荷率の少ない渇水時補給用とするが適當である。尖頭負荷は火力に於ては割合に多量の石炭を消費するから、多くの場合水力の調整池を利用する方が有利となる。

以上大體原價計算の方法を述べたが更に繰り返へす迄も無く各數字は讀者の了解を便ならしめる爲め假りに取つたもので實際に當つては一々個々の場合に於て適當な數字を用ゐなければならない。

水力の原價計算に於ては建設費が原價の基となる事は上記の計算例にて判かる事であるが、建設費は使用水量を大きく取る程割安である。即例へば堰堤の如きは發電所の使用水量によつて工事費に著しい變化が無い。水路式水力に於ては水路が工費の主要なる部分を占めるものであるが、水路は斷面が大となる程流速が大となるから斷面の増加は割分に少ない。堰堤式發電所の如きでは水量を増大する場

合の工事費の増加は水壓鐵管、發電所設備に於てのみ主として増大する丈である。従つて使用水量を著しく大に取つて發電所利用率は小であつても 1 kWh 當りの電力原價は割合に小である。

以上記した諸事實を總合して、發電所の最大使用水量に對する考察が出来る事となる。即使用水量を種々に取つて各々工事費を算出し、負荷曲線、他發電所の連絡を考慮し其の發電所の利用率を算出し而して電力原價を算出し投下資本に對して最有利なる事業を營み得る事を目標として最經濟的な決定をなせばよいのである。