

發電水力の基本

I 概 論

1 水 力

凡そ原動力としての水力の條件は、a) 運動の方向一定なること b) 其の分量の増減に或る一定の限度あること c) 機械裝置に便利なる場所にあるべきこと d) 利用するに就て工費が或る限度を超えざること即ち經濟的なること等で、之等の諸條件に適合する水力は、今日では單り河川（湖、沼）及び干満の差極めて大なる海灣に於ける水力がある許りで、波浪、海流等に因る水力は未だ實用化される域に達して居ない。

此の故を以て本書に於て以下述べる水力とは主として河川の水力を意味し、波浪、海流等に因る水力に及んでない。

而して上記の諸條件を満足する如き水力の所在場所を水力地點と謂ひ、水力の要素たる利用水量と利用落差との相乗積に依つて其の大小が表はせられる。

2 水力利用の沿革

（1）外國に於ける沿革 有史以前に於て、竹又は木を以て造つた水車を直接河川又は運河の流水に依り動力とした事があるらしい。紀元前70年頃ローマに水車場が出来た。4世紀の終り頃伊太利では、大理石工場の動力として水力を利用するものが現はれ、9世紀に至つて水車場の建設が益々盛になつた。12世紀の終り頃より歐洲大陸に擴まり、14世紀の中頃には水力を利用して工業及び鑛業が歐洲各地に盛んになつた。北米合衆國に於ては、17世紀の初に Boston 附近に水車場が出来、18世紀の初めに Niagara 河沿岸に水力工場が出現した。1824年佛國に於て水車が發明され、1833年に Fourneyron 氏之に大改良を加へて一層實用に適せるものとした以來漸次改良進歩を促がし、従つて水力利用の効果を益

★増進した。19世紀の終に至り Francis 氏、Pelton 氏により所謂フランス水車、ペルトン水車が發明され俄然水力事業界は一大躍進を爲し、同時に水車が電氣の發生に用ひらるゝ様になつた。初めて水車と發電機とを連結して電氣を起したのは、Rhein 河沿岸の Neuhausen 發電所である。次いで電力の遠送が急速の進歩發達を遂げ、即ち 1891 年 Frankfurt am Main 萬國電氣博覽會場に送電する爲 Lauffen の附近に於て Neckar 河の水力を利用して電氣を起し、之を約 180 軒離れた Frankfurt に送るのに成功してより爾來今日に及び發電水力事業は益々發達を遂げた。

(2) 我國に於ける沿革 我國に於ても古來竹又は木製の水車に依り動力を發生し之を揚水、精米、製粉等に利用した事は明らかで、近世に至り水車の輸入を見てより之を利用する發電事業が急速の發達を遂げた。其の嚆矢は明治18年起工、同 24 年落成した京都市に於ける琵琶湖疏水事業の一部である南禪寺發電所で、當初 480 馬力の發電設備を爲し爾後之を擴張して明治 30 年に約 2,000 馬力の電力を發生した。

當時一般工業界は未だ幼稚であつたから動力の需用も少く爾後水力發電の開發せられたるもの甚だ少なかつたが、明治 30 年に至り福島縣下の郡山絹紡會社は猪苗代湖より分水する安積疏水組合の用水路を利用し使用水量 150 立方尺 / 秒、落差 100 尺を以て 850 kW の電氣を發生し、11,000 ボルトの電壓を以て郡山市まで 14 哩の送電をした。

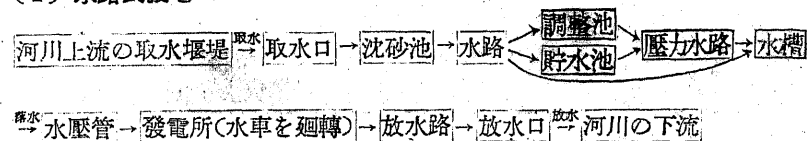
明治 40 年には東京電燈會社は山梨縣桂川の水力を利用し、駒橋に 15,000 kW の發電所を設け、55,000 ボルトの特別高壓で東京市まで 50 哩の送電を開始した。次で明治 45 年に會社は桂川筋に八ツ澤發電所 (32,000 kW)、大正元年には鬼怒川水力電氣會社は栃木縣鬼怒川筋に下瀧發電所 (72,000 kW)、大正 3 年猪苗代水力電氣會社は猪苗代湖より流出する日橋川を利用して發電所を設け、73,000 kW の電力を 11,500 ボルトの高壓を以て 140 哩隔たつた東京市へ送電した。

歐洲大戰の影響に因り我が國の工業界は異常なる發展を爲し、從つて電力の需要頃に増大した結果大正 7, 8 年頃より發電水力界も非常なる活況を呈した。

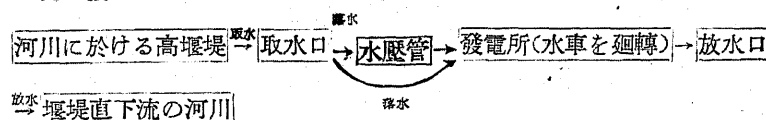
爾後東京、大阪、名古屋等の大都市に對し長距離送電を目的とする水力電氣事業續出し、電壓も送電距離も増大すると共に水力發電所の設置も白熱化し、昭和 6 年末には日本内地に於て水力使用の許可されたる地點數 1,671 箇所、最大理論馬力數 10,242,447 を算するに至り、其中發電を開始したるもの 1,172 地點、最大理論馬力數 5,360,140 に達して居る。

3. 水力發電の方式

(1) 水路式發電

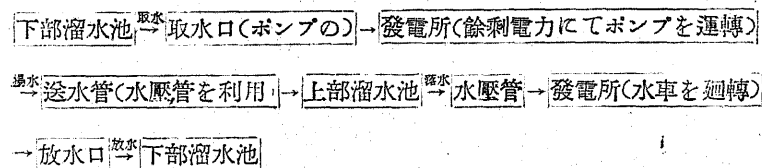


(2) 堰堤式發電

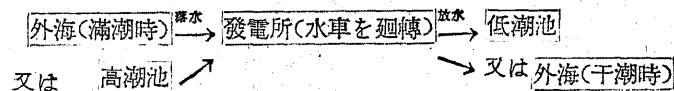


(3) (1) 及 (2) の混成式發電

(4) 揚水式發電



(5) 潮力發電

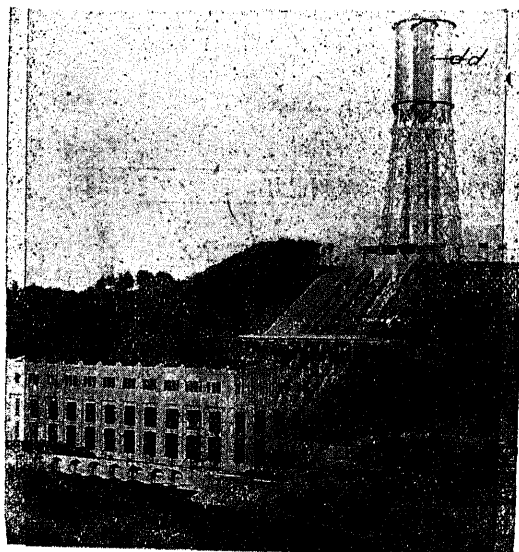




1 圖 A 關東電力電気會社 佐久発電所 (水路式)

利根川 Q (使用水量) $59.12 \text{ m}^3/\text{sec}$ H (落差) 112 m 出力(最大)
55,000 kW

a 取水口 b 土砂吐門 c 堰堤 (ローリング ゲート) d 流木路
e 魚道 f 沈砂池



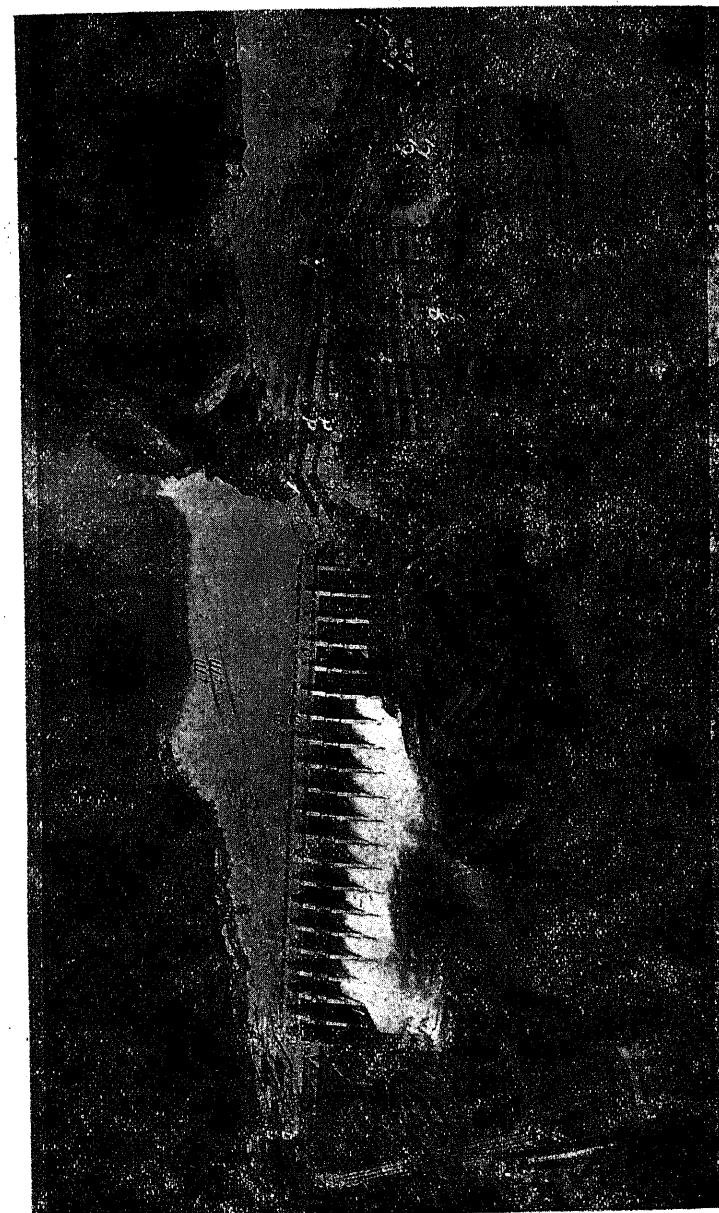
同 B

a 發電所

b 放水路

c 水壓管

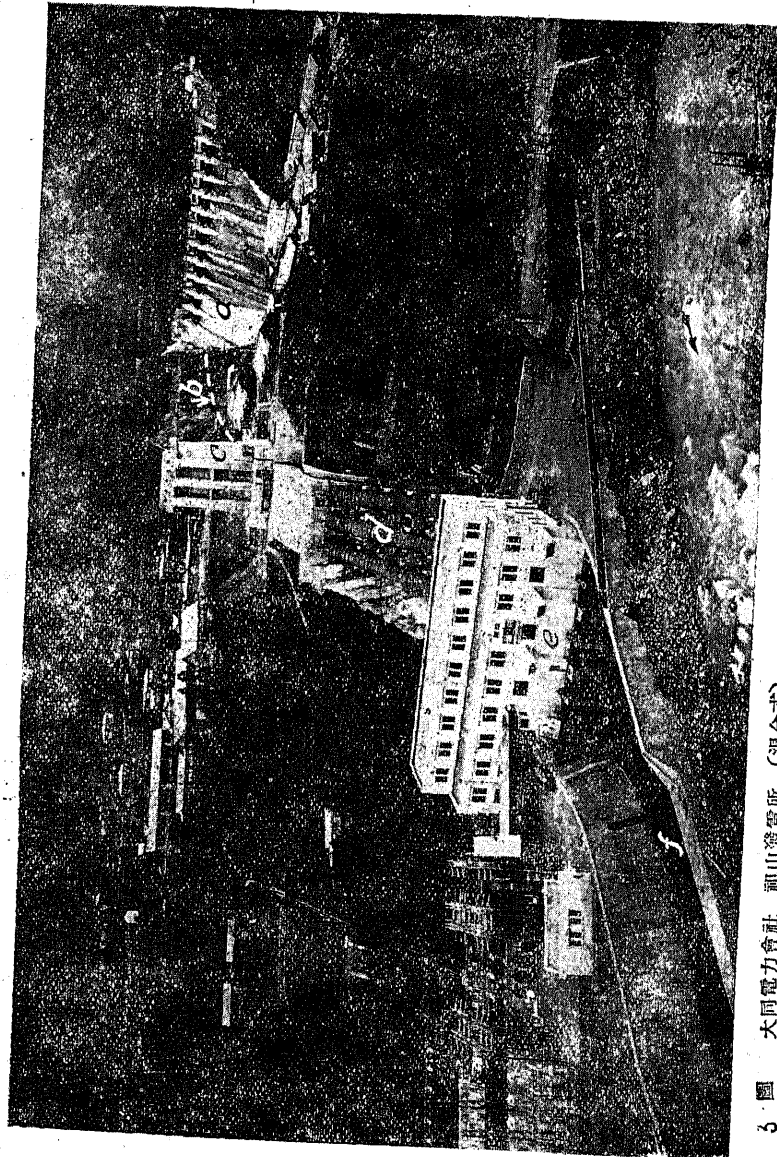
d 副壓水機



2 圖 東京電力電気會社 鹿沼発電所 (堰堤式)

阿賀野川 Q $222.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ H 22.42 m 出力 40,400 kW

a 取水口 b 水槽 c 餘水吐 (サイホン) n 堰堤 i 魚道 m 防村 q 舟校インクライン f 發電所 g 放水路



3 圖 大同電力會社 福山發電所 (混合式)

庄川 Q 82.52 m^3/sec H 67.9 m 出力 47,500 kW
 a 堰堤 b 水路(隧道) c 調壓水槽 d 水壓管 e 發電所 f 放水路

4 水力の計算

動力の單位 ... 馬力 (H.P.) ... 英國法 746 ワット
 ... メートル法 736 ワット

$$\text{メートル單位 } 1 \text{ H.P.} = \frac{1,000QH}{75} = 13.33 QH$$

Q = 水量 (m^3/sec) H = 有効落差 (m)

$$\text{呎單位 } 1 \text{ H.P.} = \frac{62.5 QH}{550} = 0.1136 QH$$

Q = 水量 (立方呎/秒) H = 有効落差 (呎)

$$\text{尺單位 } 1 \text{ H.P.} = 0.111 QH$$

Q = 水量 (立方尺/秒) H = 有効落差 (尺)

上記の馬力は所謂理論馬力であつて實際には水車及び發電機の能率を考
 に入れねばならぬ 此の合成能率を 0.75 とすれば、メートル法では
 $H.P. = 10 QH$ となる。

$$\text{理論水力} = 9.8 QH \text{ kW}$$

II 水 量

5 降 水 量

(1) 降水量 地上に降下したる雨、雪、霜、霧、霰等の量

(2) 降水量調査の目的

- a) 河川流量の間接的の算出資料を得ること
- b) 水力工事の設計に所要なる資料を得ること

(3) 調査方法

- a) 調査せんとする河川の流域内數箇所に雨量計を設置して観測する
- b) 測候所又は氣象觀測所の記録に依る

(4) 年雨量 1 箇年中に降りし雨量の合計我國の年雨量は次の如し。

- a) 2,000 ~ 5,000 mm 程度 九州最南部、四國の南部、紀州の南部、北陸道。
- b) 1,500 ~ 2,000 mm 程度 九州中部、四國北部、山陰道、紀州の北部、東海道、羽前及羽後地方。
- c) 1,000 mm 程度 瀬戸内海沿岸地方、長野縣、岩手縣、北海道の日本海

1 表 地方別降水量比較表 (mm) ()内の数字は既往平均を 100 としたる場合の割合を示す

地方	年	大正 12 年	大正 13 年	大正 14 年	大正 15 年	昭和 2 年	昭和 3 年	昭和 4 年	既往平均
北海道		1,135 (110)	949 (92)	970 (94)	1,227 (119)	1,061 (103)	897 (87)	970 (94)	1,030 (100)
東北		1,483 (108)	966 (70)	1,371 (100)	1,014 (74)	1,237 (90)	997 (73)	1,069 (80)	1,371 (100)
奥羽		1,622 (115)	1,250 (89)	1,359 (96)	1,661 (118)	1,418 (101)	1,180 (84)	1,334 (95)	1,410 (100)
關東		1,732 (103)	1,338 (80)	1,664 (99)	1,123 (67)	1,570 (93)	1,849 (110)	1,716 (102)	1,682 (100)
北陸		2,498 (120)	2,058 (99)	2,145 (103)	2,339 (112)	1,835 (88)	2,005 (96)	2,092 (100)	2,083 (100)
東山		1,832 (128)	1,064 (74)	1,362 (95)	1,044 (73)	1,388 (97)	1,505 (105)	1,395 (97)	1,433 (100)
東海		2,381 (121)	1,587 (81)	2,077 (106)	1,429 (73)	1,558 (79)	2,291 (116)	1,965 (100)	1,969 (100)
山陰		2,450 (141)	1,452 (84)	1,743 (100)	1,733 (100)	1,858 (107)	1,580 (91)	1,628 (94)	1,739 (100)
内海		2,052 (146)	1,056 (75)	1,404 (100)	1,401 (100)	1,268 (90)	1,449 (103)	1,406 (100)	1,406 (100)
南海		2,974 (121)	1,982 (81)	2,197 (89)	1,904 (77)	2,108 (86)	2,859 (116)	2,365 (137)	2,459 (100)
九州		2,558 (123)	1,619 (78)	1,664 (80)	1,789 (86)	2,045 (98)	2,258 (108)	1,554 (75)	2,085 (100)
北九州		2,707 (106)	2,583 (101)	2,052 (81)	1,691 (66)	2,542 (100)	2,667 (105)	2,220 (88)	2,547 (100)
南九州		2,119 (120)	1,492 (84)	1,667 (95)	1,530 (87)	1,657 (94)	1,795 (102)	1,643 (93)	1,768 (100)
平均									

備考 既往平均とは大正 7 年より昭和 3 年に至る 11 箇年間の平均なり。

沿岸地方。

d) 1,000 mm 以下 北海道の太平洋及オコツク海沿岸地方。

備考	ノルウェー	山地	2,300 mm
		オスロー	540
	英國	平均	860
		スコットランド	2,000
	獨逸	平均	500
		ライン地方	800
	佛國	パリ	550
		アルプス地方	1,800
	伊太利	ローマ	700
		アルプス地方	2,500 ~ 3,000
	米國	西岸	600
		西北山地	1,000 ~ 1,500
		コロラド地方	400

(5) 季節雨量 或る地域に於ては毎年大體同様な降雨あり我國各地方に於ける季節雨量の百分率次の如し。

2 表

地方	冬	春	夏	秋
熊本	10.3	26.6	45.3	17.8
高知	8.3	28.2	36.7	26.8
東京	11.9	24.8	30.5	32.8
濱田	20.3	22.6	32.7	24.4
岡山	10.9	25.3	34.8	29.0
金澤	29.0	18.6	24.2	28.2
松本	11.1	25.0	37.0	26.9
石巻	12.2	24.6	33.0	30.2
秋田	20.3	17.7	30.2	31.9
札幌	22.8	18.3	25.9	33.0

臨時發電水力調査局に依る

(6) 月雨量 1 箇月中に降りし雨量の合計 (3 表参照)

3 表 月 別 降 水 量 (中央氣象臺年報に依る)

地方	月別	昭 和 元 年	昭 和 2 年	昭 和 3 年	地方	月別	昭 和 元 年	昭 和 2 年	昭 和 3 年
熊 本	1 月	40.1	45.2	145.6	高 知	1 月	34.9	107.9	236.1
	2 月	84.3	90.3	94.8		2 月	91.0	51.9	87.9
	3 月	119.6	212.8	81.1		3 月	116.7	359.0	235.1
	4 月	63.6	170.3	129.8		4 月	65.2	253.7	191.2
	5 月	156.8	57.5	130.2		5 月	495.9	276.5	162.0
	6 月	271.3	239.5	855.1		6 月	199.9	286.5	621.9
	7 月	324.7	190.6	198.7		7 月	275.8	121.7	427.4
	8 月	77.6	497.4	91.7		8 月	83.6	410.3	436.2
	9 月	180.5	247.0	139.7		9 月	257.7	531.4	518.1
	10 月	90.3	40.7	19.9		10 月	128.9	127.4	125.0
	11 月	39.4	58.2	177.4		11 月	72.7	69.2	162.9
	12 月	87.9	68.7	81.6		12 月	232.6	37.1	63.1
	全年	1,536.1	1,918.2	2,145.6		全年	2,054.9	2,632.6	3,266.9
濱 田	1 月	111.0	52.6	113.6	岡 山	1 月	11.7	12.2	68.4
	2 月	67.0	91.2	109.7		2 月	39.2	31.1	63.0
	3 月	74.0	179.9	128.4		3 月	90.9	133.1	55.1
	4 月	78.0	165.5	81.9		4 月	46.3	107.3	76.8
	5 月	242.8	91.0	75.2		5 月	284.1	43.7	99.0
	6 月	48.6	56.0	300.3		6 月	53.0	71.7	224.7
	7 月	472.4	311.6	78.9		7 月	325.2	74.1	78.4
	8 月	34.8	211.4	124.3		8 月	50.2	132.9	207.5
	9 月	354.0	214.3	135.0		9 月	81.7	147.9	118.5
	10 月	121.4	65.5	80.8		10 月	54.7	32.1	51.7
	11 月	78.3	80.1	105.7		11 月	51.6	43.9	33.4
	12 月	203.2	99.5	137.4		12 月	80.3	21.6	32.4
	全年	1,885.5	1,618.6	1,471.2		全年	1,168.9	851.6	1,108.9

地方	月別	昭 和 元 年	昭 和 2 年	昭 和 3 年	地方	月別	昭 和 元 年	昭 和 2 年	昭 和 3 年
東 京	1 月	7.3	20.3	71.7	松 本	1 月	22.3	15.4	65.9
	2 月	50.0	42.7	91.0		2 月	25.9	30.7	69.0
	3 月	70.6	207.0	157.2		3 月	48.3	160.7	40.7
	4 月	101.4	112.3	169.8		4 月	73.0	72.1	112.6
	5 月	235.5	194.8	117.9		5 月	50.8	115.6	63.0
	6 月	134.4	120.8	320.8		6 月	39.8	40.2	205.2
	7 月	60.8	116.7	127.4		7 月	25.5	106.5	218.1
	8 月	84.2	107.3	247.3		8 月	57.7	88.0	36.6
	9 月	182.4	345.0	83.7		9 月	115.4	293.9	75.0
	10 月	95.2	80.1	265.9		10 月	35.0	56.9	212.6
	11 月	41.3	71.5	64.1		11 月	20.0	46.3	57.4
	12 月	113.7	26.4	32.6		12 月	64.5	29.9	27.6
	全年	1,176.8	1,444.9	1,749.4		全年	578.2	1,056.2	1,183.7
金 澤	1 月	293.8	303.3	242.0	石 巻	1 月	27.6	23.5	67.9
	2 月	145.8	292.8	201.4		2 月	38.1	14.8	62.7
	3 月	157.4	207.7	158.4		3 月	44.0	141.6	64.6
	4 月	188.2	133.8	156.2		4 月	45.6	234.3	112.3
	5 月	81.4	108.1	108.1		5 月	152.2	146.2	42.3
	6 月	55.6	43.4	213.8		6 月	49.9	79.1	97.6
	7 月	103.1	298.9	108.9		7 月	60.1	105.5	58.3
	8 月	222.2	186.8	82.4		8 月	138.0	142.2	71.6
	9 月	342.6	238.4	107.8		9 月	138.5	128.0	51.3
	10 月	348.3	201.5	179.4		10 月	85.2	99.4	164.1
	11 月	157.4	177.5	250.3		11 月	31.6	74.1	80.8
	12 月	295.3	325.9	316.0		12 月	47.7	23.3	50.1
	全年	2,391.1	2,518.1	2,124.7		全年	858.5	1,212.0	923.6

地方	月別	昭和元年	昭和2年	昭和3年	地方	月別	昭和元年	昭和2年	昭和3年
秋田	1月	199.6	127.5	139.5	札幌	1月	125.8	62.0	121.6
	2月	113.7	64.4	115.4		2月	65.4	101.2	97.4
	3月	82.5	89.8	97.8		3月	83.3	43.8	40.1
	4月	116.7	117.2	74.2		4月	59.5	40.6	16.4
	5月	89.3	132.2	59.0		5月	53.4	60.9	50.7
	6月	55.0	22.9	197.7		6月	42.5	23.7	51.0
	7月	200.4	365.2	152.9		7月	98.2	207.4	31.3
	8月	284.5	299.7	50.3		8月	83.3	163.0	53.2
	9月	204.5	116.4	146.7		9月	195.9	77.8	166.5
	10月	283.3	163.9	131.9		10月	245.9	64.1	64.3
	11月	131.2	168.0	234.8		11月	210.3	68.3	81.8
	12月	171.6	162.4	126.9		12月	95.6	137.0	148.5
	全年	1,928.3	1,829.6	1,527.1		全年	1,359.1	1,049.8	922.8

(7) 日雨量 1日中に降りし雨量の合計

4 表

測候所	最大雨量	年月日	測候所	最大雨量	年月日
旅順	167	大正 9. 7.16	長野	108	明治 29. 7.21
臺北	287	明治 44. 8.31	沼津	261	" 43. 8.10
京城	355	大正 9. 8. 2	新潟	133	" 30. 8. 7
那覇	427	明治 39.11.12	東京	194	大正 9. 9.30
鹿児島	306	大正 6. 6.16	宇都宮	153	明治 43. 8.11
宮崎	490	明治 19. 9.24	山形	218	大正 2. 8.27
高知	364	大正 9. 8.15	青森	112	明治 37. 7.13
徳島	463	" 1.10. 2	銚子	240	大正 10. 8. 3
濱田	227	" 9. 8.17	石巻	152	" 7. 8.30
岡山	177	明治 25. 7.23	函館	147	明治 20.11. 7
大阪	175	" 29. 8.30	旭川	128	" 31. 9. 7
彦根	597	" 29. 9. 7	釧路	128	大正 1. 9. 2
名古屋	240	" 29. 9. 9	眞岡	137	" 9. 8. 3
高山	266	" 43. 9. 7	大泊	84	" 4. 8.12

6 河川流量

(1) 河川流量 河川の或る一定の横断面を単位時間に流過する水の量

(2) 流量の単位 立方米/秒、立方呎/秒、立方尺/秒(個と稱す)

(3) 流量と水位に関する定義 (元臨時發電水力調査局の制定に係り、一般に用ひらる)

a) 最水量及最水位 1年を通じ 355 日之より下らざる程度の水量及水位

b) 低水量及低水位 1年を通じ 275 日之より下らざる程度の水量及水位
(9 箇月水量又は水位とも稱す)

c) 平水量及平水位 1年を通じ 185 日之より下らざる程度の水量及水位
(6 箇月水量又は水位とも稱す)

d) 高水量及高水位 毎年一、二回起る出水の流量及水位

e) 洪水量及洪水位 3, 4 年に一回起る出水の流量及水位

f) 平均最水量、平均低水量、平均平水量及平均最水位、平均低水位、平均平水位 a) b) c) の流量及水位を數年間に亘り平均したるもの、例へば 5 年間平均低水量の如し

g) 最最水量、最大洪水量及最最水位、最大洪水位 既往の事實、里人の記憶若は口碑等に依り判定したるもの

h) 幾何日水量又は幾何月水量 1 箇年の内若干日又は若干月之より下らざる程度の流量

7 河川流量調査方法

水量は落差と共に水力の要素であつて、利用河川の流量調査の結果之を知り得べく、従つて流量調査は水力企業に於ける重要な基本調査の一である。斯かる理由から逓信省に於ては之が標準的の調査方法を定め一般の水力企業者に指示して居る。卷末に轉載してあるから参照され度い。

8 我國河川の流量

發電水力に於て、使用水量の決定上調査を必要とする水量は、平時の流量即ち平水量、低水量、渇水量等で、工作物の設計上洪水量をも知つて置く必要がある。

之等の水量は各河川に就き水位、流量等の實地的測量を行つて決定し得べきものである。又之等水量は年により變化するものであるが、其の變化には一定の限度及周期があり、相當永年の觀測を爲すときは、其の河川特有の流量を推定し得られる。

5 表

地方別流量比較表

流域 100km² 當流量 (m³/sec)

年	昭和 2 年			昭和 3 年			既往平均		
	平水	低水	渇水	平水	低水	渇水	平水	低水	渇水
北海道	3.11(113)	2.19(126)	1.46(120)	3.06(111)	2.04(117)	1.43(117)	2.75	1.74	1.22
東北	2.57 (88)	1.92 (95)	1.37 (99)	2.50 (86)	1.84 (91)	1.29 (93)	2.92	2.03	1.38
奥羽	4.33 (94)	3.01(103)	1.93(103)	3.43 (75)	2.30 (79)	1.37 (73)	4.60	2.92	1.87
關東	2.85 (85)	1.88 (84)	1.31 (83)	3.25 (97)	2.10 (94)	1.37 (87)	3.35	2.23	1.58
北陸	7.45(110)	4.98(116)	2.97(117)	6.21 (92)	4.09 (95)	2.65(104)	6.77	4.30	2.54
東山	3.60 (81)	2.45 (82)	1.63 (85)	4.15 (94)	2.95 (99)	2.00(104)	4.42	2.99	1.92
東海	3.92 (87)	2.76 (97)	1.83(106)	4.98(110)	3.52(124)	2.35(137)	4.53	2.84	1.72
山陰	2.89 (87)	1.80 (81)	1.03 (81)	3.12 (94)	2.11 (95)	1.23 (97)	3.31	2.22	1.27
内海	2.93 (95)	2.05 (97)	1.31(104)	3.94(128)	2.69(127)	1.59(126)	3.08	2.11	1.26
南海	3.01 (79)	1.92 (81)	1.23 (90)	4.29(113)	2.88(122)	1.63(120)	3.79	2.36	1.36
北九州	4.10(115)	2.81(108)	2.17(119)	4.30(121)	3.45(133)	2.24(123)	3.55	2.59	1.82
南九州	3.77 (94)	2.57 (94)	1.90(107)	4.41(110)	3.15(116)	2.29(129)	4.01	2.72	1.78
平均	3.71 (95)	2.53 (98)	1.68(102)	3.97(101)	2.76(107)	1.79(109)	3.92	2.59	1.64

備考

- 1 本表は用水關係ある河川を除く
 2 「既往平均」は自大正 8 年至昭和元年(大正 11 年を除く) 7 箇年の平均である
 3 () 内の數字は既往平均に對する百分率を示す

流域 km² 當毎秒 1 m³ は 1 方里當 554 個 (毎秒立方尺) 餘に相當する

6 表

地方別渇水比較

流域 100 km² 當流量 (m³/sec)

季節 地方	冬 季								夏 季								冬季 夏季 渇水量の 比
	大正 12	13	14	15	昭和 2	3	4	平均	大正 12	13	14	15	昭和 2	3	4	平均	
北海道	1.85	1.39	1.23	1.13	1.32	1.46	1.38	1.39	2.48	1.50	1.82	1.91	1.66	1.88	1.58	1.83	1.32
東北	1.76	1.37	1.05	1.56	1.15	1.25	1.13	1.32	1.72	0.989	1.21	1.15	1.12	1.10	0.818	1.15	0.87
奥羽	2.58	2.26	1.88	2.21	2.03	2.37	1.77	2.16	2.99	1.64	1.67	2.71	2.43	1.31	1.46	2.03	0.94
關東	1.73	1.56	1.23	1.56	1.36	1.82	1.78	1.58	2.38	1.88	2.07	1.85	2.19	2.40	2.21	2.14	1.35
北陸	3.03	3.00	2.69	3.52	3.16	3.88	2.96	3.18	3.24	3.35	3.21	7.91	5.55	3.41	4.54	4.46	1.41
東山	1.99	1.77	1.45	2.19	1.74	2.08	1.62	1.83	2.66	1.87	2.44	2.34	2.39	2.31	1.98	2.28	1.25
東海	1.63	1.35	1.22	1.91	1.64	1.56	1.16	1.50	2.75	1.99	3.00	2.04	2.10	2.45	2.14	2.35	1.57
山陰	2.36	2.41	1.82	2.15	2.36	1.52	2.10	2.10	1.83	0.722	1.53	1.41	0.986	1.29	1.03	1.26	0.60
内海	1.96	2.39	1.55	1.87	1.70	1.45	1.77	1.81	2.26	1.57	1.94	1.61	1.64	1.35	1.23	1.66	0.92
南海	1.79	1.40	1.11	1.51	1.38	1.48	0.997	1.38	2.20	1.90	2.61	1.51	1.71	1.88	1.92	1.96	1.42
北九州	1.86	2.44	2.14	2.45	2.11	2.31	1.97	2.18	3.30	2.78	2.13	1.69	1.97	1.94	1.80	2.23	1.02
南九州	1.97	2.32	1.65	2.08	2.19	2.23	1.69	2.02	3.35	3.18	2.79	2.05	2.63	3.12	2.38	2.79	1.38
平均	2.04	1.97	1.59	2.01	1.85	1.95	1.69	1.87	2.60	1.94	2.20	2.35	2.20	2.04	1.92	2.18	1.17

7 表

地方別區劃表

地 方	所 屬 地 名
北海道	北海道
東北	青森縣(下北郡、上北郡、三戸郡)、岩手縣(能代川流域を除く)、宮城縣(荒川、阿賀野川流域を除く)
奥羽	青森縣(下北郡、上北郡、三戸郡を除く)、秋田縣、岩手縣(能代川流域)、山形縣(荒川流域を除く)、福島縣(阿賀野川流域)
關東	福島縣(久慈川、那珂川流域)、茨城縣、栃木縣、群馬縣、千葉縣、埼玉縣、東京府、神奈川縣、山梨縣(多摩川流域)、静岡縣(酒匂川流域)
北陸	山形縣(荒川流域)、新潟縣、長野縣(荒川、姫川流域)、富山縣、石川縣(九頭龍川流域)
東山	山梨縣(多摩川流域を除く)、長野縣(荒川、姫川、矢作川流域を除く)、岐阜縣(矢作川流域を除く)
東海	静岡縣(酒匂川流域を除く)、長野縣(矢作川流域)、岐阜縣(矢作川流域)、愛知縣、三重縣(木津川流域を除く)
山陰	福井縣(九頭龍川流域を除く)、京都府(淀川流域を除く)、兵庫縣(圓山川、矢田川流域)、鳥取縣、島根縣、廣島縣(江川流域)、山口縣(阿武郡、大津郡)
内海	滋賀縣、三重縣(木津川流域)、奈良縣(熊野川流域を除く)、和歌山縣(吉野川流域)、大阪府、京都府(淀川流域)、兵庫縣(圓山川、矢田川流域を除く)、岡山縣、廣島縣(江川流域を除く)、山口縣(阿武郡、大津郡を除く)、香川縣、愛媛縣(仁淀川、渡川流域を除く)

地 方	所 屬 地 名
南 海	奈良縣(熊野川流域)、和歌山縣(吉野川流域を除く)、徳島縣、高知縣、愛媛縣(仁淀川、渡川流域)
北九州	福岡縣、大分縣(北川流域を除く)、熊本縣(五ヶ瀬川流域を除く)、佐賀縣、長崎縣
南九州	大分縣(北川流域)、宮崎縣、熊本縣(五ヶ瀬川流域)、鹿児島縣

8 表 重なる河川の流量一覽表 (m³/sec)

府 縣	水 系	河 川	測水所	流域面積 km²	昭 和 2 年			昭 和 3 年		
					平水量	低水量	渇水量	平水量	低水量	渇水量
北海道	尻別川	尻別川	喜茂別	345.02	9.46	6.40	3.90	7.85	4.93	3.40
		石狩川	石狩川	435.40	10.40	7.51	4.73	8.10	6.71	5.79
		天鹽川	天鹽川	2,843.78	42.30	19.10	13.80	37.30	20.00	8.93
岩 手	北上川	北上川	川 前	1,159.84	29.50	20.60	15.10	22.00	18.30	13.30
		北上川	和賀川	687.89	30.60	22.30	15.90	22.30	15.90	8.32
		阿武隈川	阿武隈川	758.83	11.00	5.79	2.42	9.98	7.76	3.27
福 島	阿武隈川	白石川	藏 本	326.72	8.07	6.71	5.48	8.82	7.37	6.09
		夏井川	夏井川	186.93	2.81	2.04	1.20	2.95	2.30	1.44
		阿賀野川	日橋川	820.07	15.50	11.40	7.60	18.90	16.10	12.20
青 森	阿賀野川	只見川	川 井	2,538.24	106.00	73.20	46.30	88.70	59.60	34.10
		堤 川	荒 川	81.74	3.90	2.86	2.16	3.50	2.61	2.04
		岩木川	浅瀬石川	129.25	—	—	—	3.61	3.02	2.60
秋 田	能代川	米代川	赤 淵	545.28	15.01	10.20	6.50	11.50	7.78	4.32
		子吉川	鳴海川	112.59	—	—	—	6.85	4.59	3.09
		最上川	最上川	1,686.09	51.50	36.40	16.70	45.60	19.20	9.50
山 形	最上川	大鳥川	上 田	197.42	13.60	8.93	6.01	10.90	6.12	2.17
		那珂川	箒 川	107.04	5.01	3.98	3.03	4.79	3.17	2.89
		利根川	鬼怒川	220.25	6.26	4.09	2.09	7.85	5.29	3.20
栃 木	利根川	大谷川	白 崖	159.16	7.09	6.03	5.61	6.65	5.38	4.80
		利根川	利根川	1,695.96	62.90	42.90	25.00	61.50	43.40	29.50
		利根川	利根川	68.48	1.51	1.07	0.796	1.97	1.42	0.940
群 馬	荒 川	荒 川	麻 生	109.35	2.29	0.85	0.45	—	—	—
		荒 川	大 洞	61.32	1.59	0.88	0.440	2.71	1.41	0.590
		相模川	桂 川	93.47	3.05	2.98	2.83	3.37	3.09	2.80
埼 玉	富士川	富士川	月 代	3,311.73	91.30	60.70	42.90	134.00	94.60	65.40
		富士川	笛吹川	66.48	2.06	1.27	0.607	3.19	1.67	0.835
		富士川	早 川	219.48	8.48	4.55	3.56	12.00	6.56	3.51

府 縣	水 系	河 川	測水所	流域面積 km²	昭 和 2 年			昭 和 3 年		
					平水量	低水量	渇水量	平水量	低水量	渇水量
神奈川	酒匂川	酒匂川	嵐 野	389.44	19.10	14.80	10.30	22.70	17.60	10.90
		富士川	芝 川	129.79	1.75	1.24	0.61	4.70	2.50	1.37
		大井川	大井川	447.28	27.00	12.40	7.50	34.80	20.20	12.10
静 岡	天龍川	天龍川	佐久間	4,193.64	111.00	79.30	59.40	131.00	103.00	75.50
		天龍川	天龍川	2,963.31	86.30	57.90	40.80	92.30	74.90	57.80
		信濃川	千曲川	1,554.38	23.80	18.70	15.40	36.20	23.80	15.60
長 野	信濃川	梓 川	澤 之 渡	196.80	13.20	8.70	5.79	11.00	7.32	6.12
		信濃川	高瀬川	162.87	—	—	—	9.40	5.30	4.35
		木曾川	木曾川	922.17	40.10	27.40	18.20	41.30	29.40	21.10
新 潟	木曾川	王龍川	王 瀬	251.56	12.90	7.54	3.90	14.60	8.62	3.82
		信濃川	魚野川	167.19	15.50	12.3	6.85	—	—	—
		荒 川	關 川	120.00	7.43	4.59	3.34	5.57	4.70	3.62
愛 知	姫 川	姫 川	山ノ坊	519.00	32.30	20.90	13.20	27.30	18.70	13.90
		矢作川	矢作川	626.19	18.60	14.50	8.18	27.00	20.60	13.60
		木曾川	益田川	909.52	38.70	26.20	16.80	35.50	27.00	19.20
岐 阜	木曾川	飛騨川	河 岐	2,017.24	75.20	42.00	27.80	71.70	49.10	30.40
		木曾川	長良川	712.56	32.40	22.10	15.10	71.50	27.70	19.30
		木曾川	揖斐川	512.52	32.30	22.00	14.00	32.60	23.50	12.20
三 重	神通川	宮 川	打 保	1,094.30	39.30	28.90	21.30	41.40	30.80	20.50
		滝田川	櫛田川	326.51	5.26	3.87	2.67	10.70	6.71	4.12
		宮 川	宮 川	267.44	9.52	7.70	3.06	10.60	6.65	3.39
富 山	熊野川	北山川	大 沼	608.92	18.90	12.10	7.18	28.50	17.40	10.00
		黒部川	黒部川	612.62	55.90	39.30	23.10	49.50	37.00	26.20
		常願寺川	稻名川	48.28	4.93	3.31	1.95	3.73	2.91	2.10
福 井	神通川	神通川	牛ヶ増	2,053.02	97.90	75.70	61.80	96.80	72.60	45.60
		庄 川	庄 川	846.90	51.10	38.00	26.70	54.00	37.90	26.00
		九頭龍川	九頭龍川	560.33	28.10	20.30	15.50	—	—	—
和歌山	日高川	日高川	姉 子	438.95	12.60	7.74	4.79	17.90	12.00	6.85
		吉野川	吉野川	584.55	9.27	7.24	5.83	17.60	10.80	6.65
		淀 川	木津川	599.20	10.90	8.38	2.16	24.20	17.60	5.60
京 都	淀 川	桂 川	周 山	194.34	4.65	3.14	1.87	4.93	3.56	1.53
		琵琶湖	愛知川	109.82	3.76	2.59	1.25	5.52	3.21	1.58
		關山川	大屋川	118.76	3.40	1.64	0.75	3.80	1.99	1.20
滋 賀	關山川	大屋川	加 保	337.77	9.98	5.82	2.90	10.90	7.46	4.54
		掛保川	掛保川	—	—	—	—	—	—	—
		掛保川	掛保川	—	—	—	—	—	—	—

府 縣	水 系	河 川	測水所	流域面積 km ²	昭 和 2 年			昭 和 3 年		
					平水量	低水暈	渇水量	平水暈	低水暈	渇水量
島 根	千代川	千代川	古用ヶ瀬	271.14	6.34	5.15	4.12	8.96	6.73	5.06
		日野川	小野	708.86	19.30	13.10	4.45	20.70	13.10	5.62
		斐伊川	湯村	433.55	11.70	06.96	2.87	12.70	8.79	4.81
廣 島	江 川	江 川	日熊見(二年)	2,321.54	41.20	22.40	11.30	42.90	26.10	10.70
		太田川	大野	2,568.93	41.20	22.40	11.30	42.90	26.10	10.70
岡 山	吉井川	吉井川	久田下原	1,103.09	37.30	24.30	16.10	41.70	28.00	16.00
		旭川	柴原	217.93	9.41	6.93	4.40	9.71	6.73	4.79
		旭川	笠神(二年)	371.71	12.30	9.75	6.05	12.70	9.33	5.97
山 口	阿武川	阿武川	笠神(三年)	610.15	10.40	4.85	6.25	14.70	8.81	5.20
		高梁川	布奇	669.38	10.40	4.85	6.25	14.70	8.81	5.20
德 島	吉野川	吉野川	大河持	401.01	9.32	4.62	2.34	8.68	5.65	2.45
		吉野川	祖谷川	1,497.62	41.00	23.80	15.50	56.00	35.80	18.80
高 知	仁淀川	仁淀川	善徳	217.32	7.91	5.28	3.45	9.95	6.22	3.47
		渡川	船戸	670.92	14.10	9.13	5.01	24.00	15.00	7.30
愛 媛	大分川	大分川	初瀬	161.95	4.84	3.34	2.31	6.57	4.70	2.78
		大分川	惣川	29.92	1.56	0.918	0.58	1.82	1.28	0.72
大 分	筑後川	筑後川	櫻竹	394.53	9.71	6.77	5.11	14.30	10.90	6.98
		五ヶ瀬川	水ヶ崎下	456.07	12.00	9.84	7.35	14.30	12.00	8.30
宮 崎	耳川	耳川	笹陰	532.88	16.50	12.50	10.30	20.50	16.90	13.60
		大淀川	本八重	650.56	25.90	15.40	10.60	31.70	23.90	16.90
鹿 兒 島	川内川	川内川	宮人	1,378.09	54.50	38.1	26.30	69.80	49.80	33.90
		球磨川	川邊	719.97	27.00	19.50	15.30	29.00	22.4	17.40
熊 本	線川	線川	四浦	491.85	21.00	11.50	8.01	18.40	14.70	9.88
		白川	的野	343.25	11.60	8.86	6.55	15.00	11.70	7.43
佐 賀	川上川	川上川	藤ノ瀬	176.75	10.40	6.46	4.51	7.87	6.71	4.40
		藤ノ瀬	藤ノ瀬	63.24	3.43	2.49	2.90	2.89	2.31	1.42

9 河川流量と使用水量

(1) 使用水量決定の基本 発電水力の開発に當つては、其の水力地點に就き豫め相當長期に亘り、日々の流量の變化を測定することが必要で、即ち河川流量は1箇年中時々刻々變化するのみならず、年に依りても亦相違あるを免がれないから、數箇年に亘る調査に基き其の水力地點の一般的性質を知悉し、然る後に經濟的に利用し得る使用水量即ち標準使用水量を決定すべきである。

此の標準使用水量は、水力地點の落差と共に水力發電設備即ち水路、水槽、水壓管、水車、發電機其の他の工作物及び機械器具の大きさを決定する根據となるものである。

然し實際問題として、水力發電所の設備容量を如何に定むるが最も適當であるか即ち落差を一定とした場合標準使用水量を如何に決定すべきかは、經濟上及び技術上幾多の條件を充分考慮する必要がある。之を經濟上より見れば、電力の需要及其の料金の現在及び將來、發電諸設備の建設工事費、事業資金調達の難易勞働賃銀等にして、之を技術上より見れば、送電距離、負荷の性質、河川流量の變動狀態、水利地點の地況の問題である。

然し之等の條件が及ぼす影響に就き充分の研究を行ふは頗る煩雜なる事であるから、經濟的利用を主たる目的として標準使用水量決定の基本となすならば、結局 a) kWH の電力原價を最低ならしむること b) 一定の電氣料金の下に於て、投下資本に對し最高の利潤率を與ふること c) 一定の電氣料金及び一定の利潤率の下に在りて發電力を最大ならしむること、を眼目とすることになるが、茲に注意すべきは今日の我國に於ける電氣事業は公企業でなく、一の私企業となつて居るから、現時の社會經濟組織下に在つては、電力原價を最低ならしむるよりも、寧ろ投下資本に對する利潤率を最大ならしむることを望むは自然の趨勢である。

又一方、電氣事業の相當發達せる今日に在つては、電氣料金にも亦一定の範圍内に於て、市價と稱し得べきものがあり、此の市價を標準として最高の利潤率を得る如く發電容量を決定するは、其の經營者として蓋し最も重要な要件であると云つてよい。

(2) 時代と使用水量 電氣の需要は、需要自身の増加と共に、時代の進歩に従つて其の方面が廣大となつて來たので、水力發電の使用水量の採り方も之に連れて其の標準が變つて來た、即ち

9 表

使用水量採り方の變遷

昭和5年末現在

順 位	發 所	電 名	事 者	業 名	發電 開始 年度	府縣	河川名	設 計 出 力 kW			清水時 平均使 用水量 (個)	備 考
								豊水時 平均 (a)	清水時 平均 (b)	(a) (b)		
1	駒	橋	東京電燈	燈	昭和40	山梨	桂川	15,000	15,000	1.00	750	
2	千歳川第一	津	王子製紙	紙	43	北海道	千歳川	15,000	11,000	1.36	600	
3	八	百	東邦電力	力	44	岐阜	木曾川	9,600	9,600	1.00	1,000	10,000kW 未滿なるも時に記載す
4	八	ツ	東京電燈	燈	昭和45	山梨	桂川	19,833	19,833	1.00	850	豊水時清水時共尖頭 35,000kW
5	下	瀧	鬼怒電力	川電氣	1	栃木	鬼怒川	15,600	12,000	1.30	245	豊水時尖頭 31,200kW 清水時尖頭 24,000kW
6	鹿	留	東京電燈	燈	2	山梨	桂川	14,330	14,380	1.00	565	豊水時清水時共尖頭 16,800kW
7	宇治	留	宇治川電氣	電氣	2	京都	渡川系 宇治川	32,000 (元29,000)	29,000	1.10 (元1.00)	2,000	
8	女子	畑	九州水力電氣	電氣	2	大分	筑後川	15,000 (元9,000)	9,750 (元6,000)	1.54 (元1.50)	850	豊水時尖頭 15,000kW 清水時尖頭 13,200kW
9	黒川第一	一	熊本電氣	電氣	3	熊本	黒川	15,000 (元6,000)	10,000 (元6,000)	1.50 (元1.00)	200	
10	猪苗代第一	一	東京電燈	燈	3	福島	日橋川	22,500	22,500	1.00	1,600	豊水時清水時共尖頭 37,500kW
11	猪苗代第二	二	東京電燈	燈	7	同上	日橋川	14,400	14,400	1.00	1,600	豊水時清水時共尖頭 24,000kW
12	津	留	熊本電氣	電氣	8	熊本	菊地川	10,700	4,450	2.40	130	
13	膳	母	大同電力	力	8	長野	木曾川	14,700 (元10,600)	8,400 (元8,300)	1.75 (元1.28)	900	
14	谷	村	東京電燈	燈	9	山梨	桂川	13,500	13,500	1.00	550	
15	東横	山	揖斐川電氣	電氣	10	岐阜	木曾川系 揖斐川	12,000	6,000	2.00	300	
16	大	桑	大同電力	力	10	長野	木曾川	11,000	6,500	1.69	771	

順 位	發 所	電 名	事 者	業 名	發電 開始 年度	府縣	河川名	設 計 出 力 kW			清水時 平均使 用水量 (個)	備 考
								豊水時 平均 (a)	清水時 平均 (b)	(a) (b)		
17	中津川第二	二	東京電燈	燈	昭和41	新潟	信濃川系 中津川	13,300	8,400	1.58	220	豊水時尖頭 設計 18,000kW 清水時尖頭 設計 12,000kW
18	小	松	東京電燈	燈	41	群馬	利根川	10,500	7,100	1.48	300	
19	龍	島	東京電燈	燈	42	長野	信濃川系 利根川	20,050	11,160	1.80	400	
20	湯	澤	東京電燈	燈	42	新潟	信濃川系 湯澤川	10,500	6,500	1.61	100	
21	金	井	東京電燈	燈	42	群馬	利根川系 利根川	10,800	7,700 (元7,200)	1.46 (元1.50)	820	
22	早川第一	一	東京電力	力	42	山梨	早川	14,100	11,000	1.28	234	豊水時尖頭 20,000kW 清水時尖頭 15,600kW
23	西	勝	白山電力	力	42	福井	九頭龍川	20,000	9,350	2.16	370	
24	桃	山	大同電力	力	42	長野	木曾川	23,100	10,680	2.16	600	
25	鶴	書	大同電力	力	42	同上	木曾川	40,700	21,100	1.93	830	
26	瀬	戸	日本電力	力	43	岐阜	飛騨川	27,000	4,000	6.78	170	清水時は570個なるも流水等の爲 400 個放流す
27	中津川第一	一	東京電燈	燈	43	新潟	信濃川系 中津川	28,600	14,900	1.92	160	豊水時尖頭 38,950kW 清水時尖頭 22,100kW
28	大	井	大同電力	力	43	岐阜	木曾川	42,900	12,000	3.58	1,250	堰堤式にして豊水時清水時共尖頭 42,900kW
29	高瀬川第三	三	東信電氣	電氣	43	長野	信濃川系 高瀬川	23,400	11,334	2.07	155	豊水時清水時共尖頭 設計 23,400kW
30	志	津	宇治川電氣	電氣	43	京都	渡川系 宇治川	28,000	13,500	2.08	2,000	發電開始は大正4年にして大正14年に改定す
31	土久屋	屋	東京電力	電	44	群馬	利根川系 利根川	13,500	9,050	1.49	350	豊水時清水時共尖頭 設計 16,690kW
32	蟹	寺	日本電力	力	44	富山	神通川	45,400	6,000	7.57	200	清水量は 820 個なるも流水等の爲め 620 個を放流す

順位	發所	電名	事業者名	發電開始年度	府縣	河川名	設計出力kW			備考
							豐水時平均	渇水時平均	平均	
							豐水時平均 (a)	渇水時平均 (b)	$\frac{(a)}{(b)}$	渇水時平均使用水量 (個)
33	五箇瀬川	瀬川	日本窒素肥料	大正14	宮崎	五箇瀬川	10,500	2,300	4.57	228
34	奈川	渡川	京濱電力	14	長野	平瀬川	18,464	9,000	2.05	341
35	大谷	淀川	電氣化學工業	14	宮崎	大淀川	15,000	7,500	2.00	800
36	吉野	谷川	白山電力	15	石川	大手川	12,500	6,250	2.00	225
37	平瀬	瀬川	三重合同電氣	15	岐阜	生白川	11,000	4,850	2.27	110
38	大峰	峰川	宇治川電氣	15	京都	坂本川	16,000	0	—	0
39	落合	合田	大同電力	15	岐阜	宇治川	14,700	4,570	3.21	930
40	伏田	田生	上毛電力	15	群馬	利根川	10,000	6,000	1.67	400
41	麻生	生田	東邦電氣	15	岐阜	本飛川	23,200	9,300	2.49	800
42	猪苗代第三	第三	東京電燈	15	福島	阿賀野川	8,500	8,500	1.00	928
43	猪苗代第四	第四	東京電燈	15	同上	日橋川	12,800	12,800	1.00	914
44	平井	第一	長野電燈	15	長野	角間川	7,500	2,400	3.12	26
45	鳥坂	坂	中央電氣	15	新潟	横湯川	22,600	12,400	1.82	280
46	小諸	諸	東信電氣	昭和2	長野	十曲川	13,400	7,400	1.81	500
47	田代川第一	第一	東京電燈	2	山梨	大井川	10,631	8,000	1.33	102

順位	發所	發電機名	事業者名	發電開始年度	府縣	河川名	設計出力kW		洪水時平均用水量(個)	備考
							洪水時平均	平時平均		
48	田代川第二	東京電力	東京電力	昭和2	山梨	井川	12,447	9,594	1.30	洪水時洪水時尖頭 20,862 kW
49	柳河	日本電力	日本電力	2	富山	黒部川	50,700	17,400	2.92	昭和3年12月變更せる出力
50	大戸	新潟電力	新潟電力	3	福島	阿賀野川	12,520	8,295	1.51	
51	風瀬	東信電力	東信電力	3	新潟	阿賀野川	40,400	20,200	2.00	飛坂式にして洪水時洪水時 共尖頭 40,400 kW
52	霞澤	梓川電力	梓川電力	3	長野	梓川	31,100	12,700	2.45	洪水時尖頭 31,100 kW 洪水時尖頭 26,100 kW
53	鷹越	白山電力	白山電力	3	石川	手取川	13,000	6,500	2.00	洪水時尖頭 55,000 kW 洪水時尖頭 50,400 kW
54	佐久	關東電力	關東電力	3	群馬	利根川	42,360	26,700	1.58	
55	上川	北海道電力	北海道電力	4	北海道	石狩川	9,400	5,000	1.88	洪水時尖頭 9,400 kW
56	豐實	東信電力	東信電力	4	新潟	阿賀野川	42,000	21,800	1.93	洪水時尖頭 42,000 kW
57	霞川	富山縣營	富山縣營	5	富山	富山川	17,500	10,000	1.75	洪水時尖頭 30,000 kW 洪水時尖頭 20,000 kW
58	加計	廣島電力	廣島電力	5	廣島	太田川	12,600	4,700	2.68	洪水時尖頭 4,250 kW
59	高庄	土佐電力	土佐電力	5	高知	吉野川	8,800	2,400	3.67	
60	川第二(組)	大田電力	大田電力	5	富山	庄川	47,500	16,800	2.83	目下出力變更申請中にして 本出力は變更後に於ける 出力なり
61	小収	水川電力	水川電力	5	同上	庄川	18,000	21,000	3.43	
62	小坂	日本電力	日本電力	5	岐阜	木曽川	18,000	0	—	全部特殊用(流材の爲)
63	殿木	東邦電力	東邦電力	5	佐賀	杵築川	5,230	900	5.81	洪水時尖頭 5,000 kW

- a) 電氣が主として電燈に利用されたる時代一渴水量以下を標準とした。
- b) 電燈の外、電力に利用されたる時代一渴水量以上低水量程度を標準とした。
- c) 電燈、電力の外電氣化學、電氣冶金に利用されたる時代一低水量以上平水量程度を標準とした。但し b) 及 c) の場合、冬季及び夏季の減水期には火力發電を併用して水力の不足を補つて居る。

d) 水力發電所（堰堤式）が尖頭負荷用發電所として利用される様になつた時代一渴水量の數倍を使用水量とした。

第9表は昭和五年末に於ける本邦の出力 10,000 kW 以上の既設發電所に就き使用水量の渴水量に對する割合を示したもので、之に依り見るも水力電氣事業發達の初期に在つては、大容量の水力發電所の建設に當つても、純然たる渴水量を標準として設計せられて居た事が解る。低水量乃至平水量が使用水量として採らる様になつたのは、大正 7, 8 年の工業勃興時代であつて、更に調整池の施設が一般的に試みらるゝに至つたのは大正 12, 3 年以後に屬する。

前記の表に見る如く、發電所の使用水量が一般に平水量を標準とせらるゝに至つた爲、それ以下の流量の場合は自然、出力の不足を訴へることゝなるから、其の補給用として調整池（後に説明す）又は火力發電所を設くる等の必要を生じ、此の補給設備を適當に利用することに依り、發電經濟を向上せしめて居るが、之は電氣事業經營上最も重要なる問題であるのみならず、水力資源を完全に利用する見地よりも極めて重要視すべき問題となつた。然し唯水力と火力とを併用する問題は頗る廣汎に互る研究を要するもので、本書の目的外に屬するから茲には之に觸れないこととする。

現時に於ける水力發電所の多くが如何なる運轉を爲して居るか云ふと、一般に火力發電所と併用せらるゝことなく、又調整池を有するものに在つても、豐水時尖頭負荷時以外には河川流量の可なり的大部分が全く利用せらるゝことなくして徒に放流せられて居る状態である。

然らば、水力の完全なる利用を計るには如何なる方法に依るべきか、之には凡そ次の様な方法があると思ふ。即ち

- a) 豐水時に於ても、調整池の利用に依り河川流量を剩す所なく使用すること
- b) 豐水時に於ても、尖頭負荷時に火力發電を併用し、水力發電所を底負荷に運轉すること

c) 豐水時尖頭負荷時以外の餘剩電力を利用し、水を高所に汲み上げて尖頭時に發電すると共に、更に貯水をも行ひ、渴水時に發電補給すること。此の方法は近來歐洲殊に獨逸に於て所々に行はるゝに至つた揚水式發電所（Pumpspeicheranlagen）である。

d) 豐水時に於ける餘剩電力を電氣化學工業其の他に、所謂特殊電力として供給すること

e) 貯水池を設置し、發電に必要な水量以外の水量を貯溜し、渴水時に補給すること、但し此の貯水池は其の容量可なり大なるものを要するので、我國の河川に於ては、地勢上、經濟的には大貯水池を設置することが甚だ困難である。

Ⅲ 落 差

10 落差の存在

(1) 瀑布 瀑布は河川の有する自然の大落差地點であつて、之を直接利用するのは非常に經濟的であるが、一般的に瀑布は山間の奥地に存在するを以て工事に不便であるのと、地方的の名勝地となつて居る關係上之が利用に反對が多い。風景保存熱の高い我國に於ては、殆んど之が利用は望み得る場合が少ない。

(2) 近接して流れる二河川の河床差を利用するもの 甲河川より取水し之を乙河川に落して發電するもので、所謂流域變更の方法であるが、甲河川より乙河川へ一度取られた水は再び甲河川に歸らぬ故、甲河川の取水口より下流に灌漑、流木、舟運、漁業其の他水利事業があり之に支障を來たす場合には、此の方法は

成立し得ない。

實際に於ては、甲河川と乙河川とが近接して反對の方向に流れて居る場合には高落差を得られる例が多い。

(3) 河川の屈曲部を利用するもの 河川の一部が非常に屈曲し、上流部と下流部とが極めて接近して流れて居る所を短絡するので、比較的短い水路で、大きな落差を得る場合がある。

(4) 堰堤の築造に依り其の上下流の水位差を利用するもの 之を分けると

- a) 河川の上流部若くは中流部の相當大容量の貯水池を造り得るゝ箇所を縮切り、貯水の利用と同時に堰堤の爲の河川水位の上昇に因る落差を利用するもの
- b) 導水路工事の至難なる時若は至難ならざるも堰堤に依り落差を得る工事費が、導水路に依るものより少ない場合に導水路を造る代りに堰堤を築造するもの、
- c) 比較的大水量のある河川の下流部に於て、水利、水運等の發達して居る所では、導水路に依り河川の水を取ること即ち所謂水路式とするときは、之等水利水運等に支障を來たす場合が多い爲、低堰堤を築造し所謂低落差發電を爲すもの等がある。我國に於ても經濟的に有利なる比較的大水量、高落差地點は既に殆んど開發されたから、今後開發さるべきは c) の大水量、低落差發電地點であると思はれる。

(5) 導水路に依り落差を集中するもの (1)~(4) は特殊の地形を利用したるもので、一般的には河川に沿ひ、緩勾配の導水路に依り水を適當の高所に導き、之と原河川との落差を利用するものである。

落差を得る方法を分類すれば上記の如くなるけれども、實際に於ては地形に應じて上記の諸法を混成して利用するもので、要は短距離の水路で大なる落差を得るを經濟的とする。

11 有效落差

發電水路の上流端なる水を引き入れる個所を取水口と稱し、水は之より水路、沈砂池、水槽、水壓管を経て發電所の水車に入り放水路を経て再び原川に放水されるのが一般の水路式水力發電で、此の放水される箇所を放水口と稱する。

此の取水口及び放水口に於ける河川水位の差を總落差と稱し即ち水力を發生せしむべき水の位勢であるが、取水口、放水口間に於て種々の動力發生に直接關係なく消費せらるゝものがある。之を損失落差をと稱し大體次の様なものである。

- a) 取水口に於ける損失
- b) 水路に於ける損失
- c) 水路區間内の構造物に於ける損失
- d) 水壓管内に於ける損失
- e) ドラフト管に於ける損失
- f) 放水路に於ける損失



上記の諸損失落差を總落差より減じたる残の落差が眞に動力發生に與る勢にして、之を有效落差と稱する。

計算例

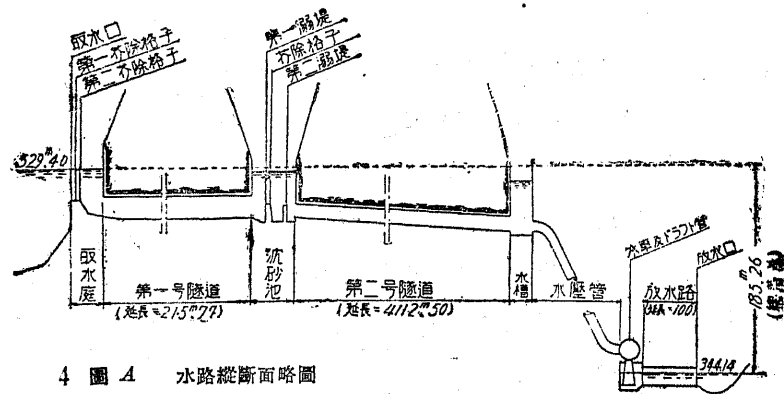
本例は單なる例示に過ぎない、從つて使用してある水力學公式の選擇に付ては、本記事は其の論外に在るものと承知してほしい。

使用水量は $41.7 \text{ m}^3 / \text{sec}$

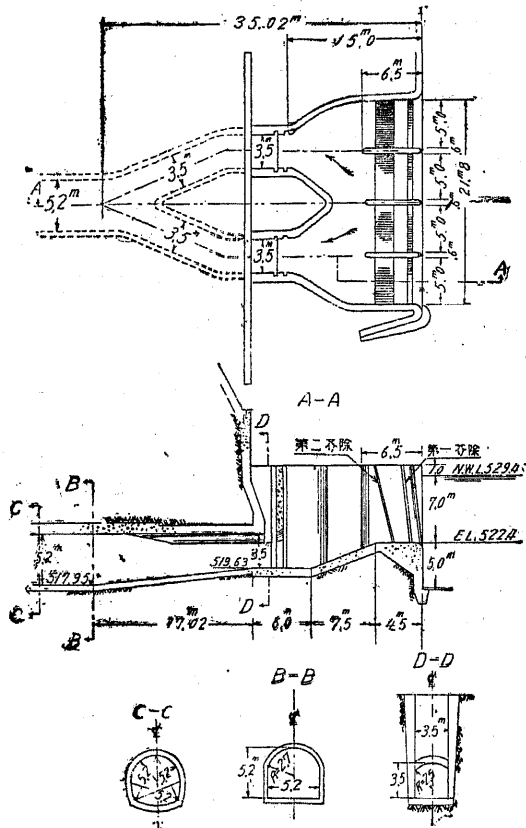
取水位 529.40 m

放水位 344.14 m

總落差 185.26 m



4 圖 A 水路縦断面略圖



同 B 取水口構造圖

(1) 取水口に於ける損失落差

a) 入口に於ける損失落差

$$h_1 = \phi \frac{V^2}{2g} + \left(\frac{V^2}{2g} - \frac{V_0^2}{2g} \right)$$

但し h_1 = 所要の損失落差 (m) ϕ = 係数 = 0.3 とする

g = 重力に因る加速度 = 9.81 m/sec^2

V_0 = 入口通過前の流速 = 0 と看做す

$$V = \text{入口通過後の流速} = \frac{Q}{A} = \frac{41.7}{4 \times 5 \times (7 - h_1)} = \frac{2.09}{(7 - h_1)} \text{ m/sec}$$

之を上式に代入すれば $h_1 = 0.006 \text{ m}$

b) 制水門の導流隔壁に因る損失落差

$$h_2 = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{c^2 b_2^3 (h' - h_2)^2} - \frac{1}{b_1^3 (h')^2} \right]$$

但し h_2 = 所要の損失落差 (m) c = 係数 = 0.95 とす

h' = 隔壁通過前の水深 (m) = $7.00 - 0.006 = 6.994 \text{ m}$

b_1 = 隔壁前の水路幅 = 21.80 m

b_2 = 隔壁部分に於ける水路幅 = 20.00 m

$$\therefore h_2 = \frac{41.7^2}{19.62} \left[\frac{1}{0.95^2 \times 20^2 \times (6.994 - h_2)^2} - \frac{1}{21.8^2 \times 6.994^2} \right]$$

之を解いて $h_2 = 0.001 \text{ m}$

c) 第一芥除鐵格子に因る損失落差

$$h_3 = \frac{0.04 V_1^2}{2g}$$

但し h_3 = 所要の損失落差 (m)

V_1 = 芥除鐵格子通過の際の流速 (m/sec)

格子に因る通水断面積の減少は計算の結果 10% なり。

$$\text{従つて } V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{41.7}{20(7.00 - 0.007) \times 0.9} = 0.33 \text{ m/sec}$$

$$\therefore h_3 = \frac{0.04 \times 0.331^2}{19.62} \div 0.00022 \text{ m}$$

d) 第二芥除格子に因る損失落差

$$h_4 = \frac{0.56 V_1^2 - (V_1 + V_2)^2}{2g}$$

但し h_4 = 所要の損失落差 (m)

V_1 = 芥除格子通過の際の流速 (m/sec)

V_2 = 通過後の流速 (m/sec)

今第二芥除鐵格子に因る通水断面積の減少を 6% とすれば

$$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{41.7}{20(7.00 - 0.007) \times 0.94} \div 0.318 \text{ m/sec}$$

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{41.7}{20(6.994 - h_4)} \div \frac{2.09}{6.994 - h_4} \text{ m/sec}$$

$$\therefore h_4 = \frac{1}{19.62} \left\{ 0.56 \times 0.318^2 + \left(0.318 - \frac{2.09}{6.994 - h_4} \right)^2 \right\} \div 0.003 \text{ m}$$

故に取水口に於ける損失落差の合計は

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 0.006 + 0.001 + 0.00022 + 0.003 = 0.01 \text{ m}$$

(2) 第一號隧道(自取水口至沈砂池)に於ける損失落差

a) 隧道入口に於ける損失落差 (流速の變化に因る損失落差も含む)

$$h_5 = \frac{c}{2g} V_2^2 + \frac{1}{2g} (V_2^2 - V_1^2)$$

但し h_5 = 所要の損失落差 (m) c = 入口の形状に依る係数 = 0.05

$$V_2 = \text{隧道内に於ける流速} = \frac{Q}{A} = \frac{41.7}{2 \times 11.471} \div 1.818 \text{ m/sec}$$

$$V_1 = \text{隧道入口前に於ける流速} = \frac{Q}{A} = \frac{41.7}{2 \times 9.6 \times 3.5} \div 0.621 \text{ m/sec}$$

$$\therefore h_5 = \frac{0.05}{19.62} \times 1.818^2 + \frac{1}{19.62} (1.818^2 - 0.621^2) \div 0.157 \text{ m}$$

b) 摩擦に因る損失落差

$$h_6 = \frac{LV^2}{C^2 R}$$

但し h_6 = 所要の損失落差 (m) L = 隧道延長 $\div 215.77 \text{ m}$

$$V = \text{隧道内の流速} = \frac{Q}{A} = \frac{41.7}{22.425} = 1.86 \text{ m/sec}$$

$$C = \text{係数} = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$$

R = 徑深 = 1.320 m m = 係数 = 100 $n-1$

n = Kutter 氏の粗度係数 = 0.013 とす

然るときは $m = 0.3$

$$C = \frac{100 \times \sqrt{1.32}}{0.3 + \sqrt{1.32}} \div 79.29$$

$$\therefore h_6 = \frac{215.77 \times 1.86^2}{79.29^2 \times 1.32} \div 0.09 \text{ m}$$

c) 彎曲に因る損失落差

$$h_7 = \phi \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$$

但し h_7 = 所要の損失落差 (m) V = 隧道内の流速 (m/sec)

α = 彎曲部の中心角度 ϕ = 係数 = $0.131 + 1.847 \left(\frac{r}{\rho} \right)^{\frac{7}{2}}$

r = 隧道断面の内半径 (m) ρ = 彎曲部分の曲線半径 (m)

上式に依る損失落差は次表の如し。

No	ρ	r	α	V	ϕ	h_7
1	20.0	2.6	$87^\circ - 16' - 32''64$	1.86	0.146	0.023
2	30.0	2.6	$42^\circ - 55' - 55''27$	1.86	0.131	0.011

$$\therefore h_7 = 0.023 + 0.011 = 0.034 \text{ m}$$

従て第一隧道内の全損失落差は

$$h_5 + h_6 + h_7 = 0.157 + 0.09 + 0.034 = 0.281 \text{ m}$$

(3) 沈砂池に於ける損失落差

a) 第一溺堤に於ける損失落差

$$h_8 = \phi \frac{V_2^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

但し h_8 = 所要の損失落差 (m) ϕ = 係数 = 0.15 とす

$$V_2 = \text{溺堤上の流速} = \frac{Q}{A} \div 0.652 \text{ m/sec}$$

$$V_1 = \text{溺堤前に於ける流速} = 0.447 \text{ m/sec}$$

$$\therefore h_8 = 1.15 \times \frac{0.652^2}{19.62} - \frac{0.447^2}{19.62} \div 0.013 \text{ m}$$

b) 芥除鐵格子に因る損失落差

$$h_9 = \frac{0.56 V_1^2 + (V_1 - V_2)^2}{2g} = 0.002 \text{ m}$$

c) 第二溺堤に於ける損失落差

$$h_{10} = \phi \frac{V_2^2}{2g} + \left[\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right] = 0.005 \text{ m}$$

故に沈砂池に於ける全損失落差は

$$h_8 + h_9 + h_{10} = 0.013 + 0.002 + 0.005 = 0.020 \text{ m}$$

(4) 第二號隧道(自沈砂池至水槽)に於ける損失落差

a) 流道變化による損失落差並に隧道入口に於ける損失落差

$$h_{11} = \frac{(1+C) V^2}{2g}$$

但し h_{11} = 所要の損失落差 (m) C = 隧道入口の形状による係數 = 0.05

$$V = \text{水壓隧道内流速} = \frac{Q}{A} = \frac{41.7}{19.635} = 2.124 \text{ m/sec}$$

$$\therefore h_{11} = \frac{1+0.05}{19.62} \times 2.124^2 = 0.241 \text{ m}$$

b) 摩擦に因る損失落差

$$h_{12} = \frac{LV^2}{C^2 R} = 2.388 \text{ m}$$

c) 彎曲に因る損失落差

$$h_{13} = \phi \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$$

上式により各彎曲部の損失落差を求むれば次表の如し

No	ρ	r	ϕ	α
IP 4	20.0	2.5	0.144	62°-4'-2''68
• 5	100.0	2.5	0.131	53°-44'-16''53
• 6	200.0	2.5	0.131	32°-2'-13''45
• 7	200.0	2.5	0.131	34°-59'-15''37
• 8	200.0	2.5	0.131	25°-2'-20''43

故に彎曲に因る損失落差の合計は

$$h_{13} = (0.0051 + 0.0044 + 0.0024 + 0.0026 + 0.0019) V^2 = 0.074 \text{ m}$$

從て第二號隧道内の全損失落差は

$$h_{11} + h_{12} + h_{13} = 0.241 + 2.388 + 0.074 = 2.703 \text{ m}$$

(5) 水壓鐵管内に於ける損失落差

a) 管口に於ける損失落差

$$h_{14} = m \frac{V^2}{2g}$$

但し h_{14} = 所要の損失落差 (m) m = 係數 = 0.1 とす

$$V = \text{管内の流速} = \frac{41.7}{3 \times 6.158} = 2.257 \text{ m/sec}$$

$$\therefore h_{14} = 0.1 \times \frac{2.257^2}{2 \times 9.81} = 0.026 \text{ m}$$

b) 管内の摩擦に因る損失落差

$$h_{15} = f \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

但し h_{15} = 所要の損失落差 (m) f = 係數 0.011 とす

l = 管の長さ (m) d = 管の内徑 (m)

V = 管内の流速 m/sec

水壓鐵管は上方より下方に至るに従ひ次表 (d) の如く管徑を縮少したるものを使用する故に上式により求めたる h_{15} を示せば次表の如し。

No	d	l	V	f	h_{15}
1	2.80	30.466	2.275	0.011	0.031
2	2.65	40.000	2.520	0.011	0.054
3	2.50	37.500	2.832	0.011	0.067
4	2.30	83.000	3.205	0.011	0.204
5	2.25	50.726	3.496	0.011	0.155

故に摩擦に因る損失落差は

$$h_{15} = 0.031 + 0.054 + 0.067 + 0.204 + 0.155 = 0.511 \text{ m}$$

c) 管の彎曲に因る損失落差

$$h_{16} = \phi \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$$

但し h_{16} = 所要の損失落差 (m) $\phi = 0.131 + 1.847 \left(\frac{\alpha}{\rho} \right)^{\frac{7}{2}}$

V = 管内の流速 (m/sec) α = 彎曲の中心角度

ρ = 彎曲部分の曲率半径 (m)

上式により管の彎曲に因る損失落差を求めれば次表の如し。

No	ρ	r	α	V	ϕ	h_{16}
1	5.0	1.40	49°-5'-52"	2.257	0.131	0.021
2	5.0	1.125	51°-48'-29"	3.496	0.132	0.047

故に彎曲に因る損失落差は

$$h_{16} = 0.021 + 0.047 = 0.068 \text{ m}$$

d) 管の漸縮に因る損失落差

$$h_{17} = f \frac{V^2}{2g}$$

但し h_{17} = 所要の損失落差 (m)

V = 管径小なる方の管内に於ける流速 (m/sec)

f = 係数 = 0.01 とす。

上式により諸種の數値を代入して損失落差を求めれば次の如し。

No	f	V	h_{17}
1	0.01	2.520	0.003
2	0.01	2.832	0.004
3	0.01	3.205	0.005
4	0.01	3.496	0.006

故に漸縮に因る全損失落差は

$$h_{17} = 0.003 + 0.004 + 0.005 + 0.006 = 0.018 \text{ m}$$

従て水壓鐵管内の總損失落差は

$$h_{14} + h_{15} + h_{16} + h_{17} = 0.623 \text{ m}$$

(6) 放水路に於ける損失落差

a) 放水路始點に於ける損失落差

$$h_{18} = \frac{V^2}{2g}$$

但し h_{18} = 所要の損失落差 (m)

V = 放水路始點に於ける流速 $\div 0.82 \text{ m/sec}$

$$\therefore h_{18} = \frac{0.82^2}{19.62} \div 0.034 \text{ m}$$

b) 流速の變化に因る損失落差

$$h_{19} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

但し h_{19} = 所要の損失落差 (m) V_2 = 變化後の流速 $\div 0.9 \text{ m/sec}$

V_1 = 變化前の流速 $\div 0.82 \text{ m/sec}$

$$\therefore h_{19} = 0.007 \text{ m}$$

c) 隔壁に因る損失落差

$$h_{20} = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{c^2 b_2^3 (H - h_2)^2} - \frac{1}{b_1^3 H^2} \right]$$

但し h_{20} = 所要の損失落差 Q = 流量 = $13.9 \text{ m}^3/\text{sec}$

c = 係数 = 0.9

b_2 = 隔壁によりて狹められたる水路幅 = 4.4 m

b_1 = 隔壁前の水路幅 = 6.0 m

H = 隔壁前の水深 = $2.097 + h_{20}$

$$\therefore h_{20} = \frac{13.9^2}{19.62} \left[\frac{1}{0.9^2 \times 4.4^3 \times 2.097^2} - \frac{1}{6^3 \times (2.097 + h_{20})^2} \right] = 0.020 \text{ m}$$

d) 放水路の勾配に因る損失落差

$$h_{21} = L \cdot S$$

但し h_{21} = 所要の損失落差 (m) L = 放水路の延長 = 10 m

$$S = \text{放水路の勾配} = \frac{1}{1,000}$$

$$\therefore h_{21} = 10 \times \frac{1}{1,000} = 0.01 \text{ m}$$

故に放水路に於ける全損失落差は

$$h_{18} + h_{19} + h_{20} + h_{21} = 0.034 + 0.007 + 0.02 + 0.01 = 0.071 \text{ m}$$

(7) 總損失落差

取水口に於ける損失落差	0.010 m
第一號隧道	0.281 m
沈砂地	0.020 m
第二號隧道	2.703 m
水壓鐵管	0.623 m
放水路	0.071 m
計	3.708 m

尙制水門各種バルブ、ドラフト管等に於ける損失落差 0.552 を見込めば、合計損失落差は $3.708 + 0.552 = 4.26 \text{ m}$

故に有效落差は

$$529.40 - 344.14 - 4.26 = 181.000 \text{ m}$$

12 水力地點の選定と概略調査

(1) 圖上調査 企業の目的(一般電燈電力の供給又は自家工業用等)、所要電力量及需要地域等が定まつたならば、次に如何にして水力地點を選定し調査すべきやと云ふに、先づ豫め見當を付けてゐる地域の陸地測量部刊行の五萬分の一地形圖に依り大體河川の地況を調査するので、即ち其の河川が高低線を切る數に依り、大略の河川勾配を求める。一般に該地形圖では高低線は 20 m 毎に入つて居るから、豫定の水力利用區間に於て河川の長が 4 km ありとし、高低線が 5 本切つて居るとしたならば、取水口、放水口間の高低差即ち大體の總落差は 80 m であるから、平均河川勾配は 50 分の 1 であることが解る。

次に取水口に於ける流域面積を測り、之に水力調査書等に依り得る、單位面

積當りの平、低、渴の各水量を乗すれば、其の河川の大體の水量を推定し得る。

斯くして、水路勾配其の他に因る損失落差を想定し之を總落差より減じて得たる概略の有効落差と水量とより理論馬力數 ($H.P. = 13.33 QH$) 即ち此の地點の大體の大きさを知り得る。

(2) 踏査 次に現場を踏査するので、此の場合 a) アネロイド氣壓計(低落差の調査には不正確である)、ハンド レベル等に依り落差を概測し b) 流量を浮子測法等の簡易な方法に依り概測し c) 取水口、水路、發電所等の位置の地形、地質を調査して工事の難易、材料運搬の便否等を考査し d) 工事費の概算を立てる。

(3) 實査 斯くして決定せられたる地點は、如上の事項に付更に精密なる實測を爲すを要し、即ち流量は前述の方法に依り査定し、地形は地形測量を行ひて之を明かにし、落差は精密なる河川縦斷測量に依りて之を決定する。尙踏査に於て定めたる地點の上下流をも多少實測して踏査にて定めたる地點が果して最良なりや否を確め有望なるべき地點を選択する資料とする。

特に落差の測定は重要であるから、地點の上下兩點に量水標を樹て、其の水位を觀測して之を定める。尙注意すべきは洪水位で、堰堤、發電所等の設計上正確に之を知り置くことを要すれども、短期間の調査に於ては困難なる場合多く、斯かるときは既往の事實、里人の口碑等をも参照して慎重に査定し置く必要がある。

10 表

府縣別水力地點一覽表

(昭和4年末現在)

府縣	水力發電開始				使電未開始				計				水力使用未許可				合計			
	發電開始		使電未開始		發電開始		使電未開始		計		發電開始		使電未開始		發電開始		使電未開始			
	地點數	馬力數 最大 常時	地點數	馬力數 最大 常時	地點數	馬力數 最大 常時	地點數	馬力數 最大 常時	地點數	馬力數 最大 常時	地點數	馬力數 最大 常時	地點數	馬力數 最大 常時	地點數	馬力數 最大 常時	地點數	馬力數 最大 常時		
北海道	46	170,381	120,654	39	151,520	86,150	85	321,901	206,804	195	595,817	254,346	280	917,718	461,150					
青森	14	25,020	17,275	11	7,431	6,371	25	32,451	23,646	30	74,303	36,896	55	106,754	60,542					
秋田	33	52,767	36,280	19	51,896	35,644	52	104,663	71,924	62	122,002	58,036	114	226,665	129,960					
山形	20	29,371	21,794	5	33,833	15,393	25	63,204	37,187	71	300,698	97,626	96	363,902	134,813					
岩手	27	33,708	23,952	5	33,851	18,135	32	67,559	42,087	112	244,528	109,363	144	312,087	151,450					
宮城	27	48,150	30,619	2	9,022	2,968	29	57,172	33,587	24	42,035	20,273	53	99,207	53,860					
福島	64	294,777	195,092	44	602,788	322,732	108	897,565	517,824	64	279,405	135,755	172	1,176,970	653,579					
新潟	49	428,067	210,915	27	661,974	558,631	76	1,090,041	769,546	37	198,388	81,943	113	1,288,429	851,489					
長野	93	601,276	320,562	58	504,846	326,896	151	1,106,122	647,458	77	478,265	218,556	228	1,584,387	866,014					
群馬	33	150,604	76,995	13	23,062	16,894	46	173,666	93,889	11	37,447	19,074	57	211,113	142,963					
栃木	31	253,620	160,223	53	504,194	302,249	84	757,814	462,472	16	39,249	17,170	100	797,063	479,642					
茨城	15	19,279	13,592	9	13,191	10,312	24	32,470	23,904	1	3,846	2,020	25	36,316	25,924					
埼玉	5	11,486	7,483	4	23,156	11,089	9	34,642	18,572	6	21,917	6,408	15	56,316	24,980					
東京	2	747	557	8	19,350	14,527	10	20,097	15,084	6	23,963	11,055	16	44,060	26,139					
千葉	3	486	360	1	180	81	4	666	441	—	—	—	4	666	441					
神奈川	16	64,417	46,029	15	34,024	25,695	31	98,441	71,724	4	42,987	20,517	35	141,428	92,241					
山梨	45	319,299	190,089	30	73,455	29,923	75	392,754	220,012	21	116,914	33,711	96	509,668	253,723					
靜岡	51	110,170	78,564	25	515,050	273,129	76	625,220	351,693	23	266,629	113,957	99	891,849	465,650					
愛知	23	72,220	43,487	4	15,930	7,724	27	88,150	51,211	16	76,858	31,071	43	165,008	82,282					
三重	16	12,167	7,039	6	37,761	15,981	22	49,928	23,020	20	47,996	17,443	42	97,924	40,463					
富山	41	277,368	115,896	27	868,992	356,023	68	1,146,360	471,919	21	139,484	67,549	89	1,285,844	539,468					
石川	19	74,232	48,425	4	8,427	5,582	23	82,659	54,007	23	89,867	34,400	46	172,527	88,407					

岐阜	54	347,879	159,153	47	565,288	196,557	101	913,167	355,710	61	327,966	130,611	162	1,241,133	486,321				
井ノ口	23	63,038	40,379	5	31,121	15,406	28	94,159	55,785	12	107,498	43,442	40	201,657	99,227				
賀茂	11	20,901	11,056	6	22,919	5,744	17	43,820	16,800	3	3,703	1,359	20	47,523	18,159				
京都	22	157,022	107,541	5	6,396	4,311	27	163,418	111,852	5	16,337	4,482	32	179,755	116,334				
奈良	8	14,674	8,489	13	78,060	54,538	21	92,734	63,027	16	34,052	12,088	37	126,786	75,115				
大阪	7	1,540	1,015	—	—	—	7	1,540	1,015	—	—	—	7	1,540	1,015				
和歌山	19	29,342	16,884	3	16,945	5,091	22	46,287	21,975	10	38,388	13,931	32	84,675	35,906				
鳥取	11	19,443	12,161	16	49,100	20,304	27	68,543	32,465	6	15,382	6,434	33	83,925	38,899				
島根	12	23,160	13,910	5	23,815	7,042	17	46,975	20,952	23	62,526	21,600	40	109,501	42,552				
兵庫	18	14,460	6,463	8	11,108	2,912	26	25,568	9,375	5	9,807	2,850	31	35,375	12,225				
廣島	12	38,814	17,431	14	60,566	22,270	26	99,380	39,701	25	56,211	20,958	51	155,591	60,659				
岡山	13	38,045	22,360	3	17,162	8,745	16	55,207	31,105	19	54,603	24,742	35	109,810	55,847				
山口	7	31,502	12,714	1	1,998	1,299	8	33,500	14,013	4	11,279	4,170	12	44,779	18,183				
香川	1	509	147	—	—	—	1	509	147	—	—	—	1	509	147				
徳島	16	40,681	22,602	5	14,750	10,265	21	55,431	32,867	14	69,421	25,289	35	124,852	58,156				
高松	20	22,928	11,890	6	18,836	10,393	26	41,764	22,283	32	181,982	59,437	58	223,746	81,720				
愛媛	22	34,882	17,400	6	15,242	7,862	28	50,124	25,263	8	21,995	7,763	36	72,119	33,025				
福岡	4	2,663	1,994	8	7,370	2,553	12	10,033	4,547	5	3,337	1,394	17	13,370	5,941				
佐賀	8	32,223	11,671	10	20,012	5,905	18	52,235	17,576	1	1,568	651	19	53,803	18,227				
長崎	4	1,242	920	4	954	619	8	2,196	1,539	2	952	396	10	3,148	1,935				
大分	26	122,323	83,648	11	43,827	24,119	37	166,150	107,767	25	46,038	19,529	62	212,188	127,296				
熊本	34	154,388	72,583	14	40,594	19,505	48	194,982	92,088	24	53,090	21,888	72	248,072	113,976				
鹿兒島	26	111,709	46,798	15	159,512	71,013	41	271,221	117,811	40	144,665	48,029	81	415,886	165,840				
沖縄	35	73,863	44,126	17	44,381	21,103	52	118,244	65,229	8	17,589	8,531	60	153,833	73,760				
	—	—	—	1	166	90	1	166	90	—	—	—	1	166	90				
合 計	1,086	4,446,843	2,509,217	632	5,444,055	2,959,775	1,718	9,890,898	5,468,992	1,188	4,520,987	1,866,743	2,906	14,411,885	7,335,735				

水	系	水力使用許可										水力使用未許可				合		
		發電開始					發電未開始					地點數		馬力數		地點數	馬力數	計
		地點數	最大	常時	最大	常時	地點數	最大	常時	最大	常時	最大	常時	最大	常時			
針	里	1	324	212	—	—	—	—	—	—	—	1	324	212	—	4	10,016	5,789
イ	ン	—	—	—	—	65	—	130	—	—	—	1	130	65	—	—	—	6,001
忠	類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130	65
標	津	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	5,578	2,426
堤	川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,111	495
川	川	4	13,751	10,016	—	—	4	13,751	10,016	—	—	4	13,751	10,016	—	2	6,533	3,581
大	内	1	1,372	514	—	—	1	1,372	514	—	—	1	1,372	514	—	2	3,556	1,701
正	畑	—	—	—	—	—	3	1,573	1,396	—	—	3	1,573	1,396	—	—	—	3
七	津	—	—	—	—	—	3	2,557	2,259	—	—	3	2,557	2,259	—	—	—	3
奥	戸	1	250	250	—	—	—	—	—	—	—	1	250	250	—	—	—	1
入	瀬	1	300	240	—	—	—	—	—	—	—	1	300	240	—	4	30,053	17,185
五	戸	—	—	—	—	—	1	404	404	—	—	1	404	404	—	—	—	1
馬	瀬	4	9,930	6,725	—	—	4	9,930	6,725	—	—	4	9,930	6,725	—	19	33,288	16,279
新	田	3	1,131	1,048	—	—	3	1,131	1,048	—	—	3	1,131	1,048	—	3	3,722	1,696
有	家	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2,278	1,171
高	家	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	977	513
久	慈	1	435	435	—	—	1	435	435	—	—	1	435	435	—	5	7,718	4,060
安	家	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	13,686	5,918
小	本	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	33,419	14,095
田	老	2	685	327	—	—	2	685	327	—	—	2	685	327	—	—	—	3
宮	古	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	33,419	14,095
赤	柴	2	2,621	2,621	—	—	2	2,621	2,621	—	—	2	2,621	2,621	—	11	33,419	14,095
盛	蟲	1	307	307	—	—	1	307	307	—	—	1	307	307	—	1	1,540	667
今	川	1	1,714	1,304	—	—	1	1,714	1,304	—	—	1	1,714	1,304	—	6	11,594	6,270

大	津	2	630	494	—	—	—	—	—	—	—	2	630	494	—	1	1,133	486
北	上	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
鳴	瀬	24	38,778	26,162	—	—	1	21,860	12,588	—	—	25	60,638	38,750	—	47	105,251	47,984
名	取	3	1,603	1,390	—	—	—	—	—	—	—	3	1,603	1,390	—	1	1,492	685
阿	武	8	13,223	7,208	—	—	—	—	—	—	—	8	13,223	7,208	—	13	19,607	8,989
宇	限	30	45,338	34,643	—	—	13	37,251	18,893	—	—	43	82,589	53,536	—	16	115,890	52,565
真	多	1	142	142	—	—	—	—	—	—	—	1	142	142	—	—	—	1
新	野	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,307	767
請	田	2	1,162	1,162	—	—	1	1,525	1,525	—	—	3	2,687	2,687	—	2	14,639	8,677
富	戸	1	1,032	688	—	—	1	3,030	1,515	—	—	2	4,062	2,203	—	4	14,428	8,416
宮	岡	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,050	476
木	戸	1	4,538	4,169	—	—	1	1,198	1,198	—	—	2	5,736	5,367	—	1	7,617	3,994
淺	且	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
夏	井	9	25,146	20,688	—	—	3	5,059	3,677	—	—	12	30,205	24,365	—	6	8,561	5,060
岐	川	3	11,587	8,194	—	—	3	4,875	4,697	—	—	6	16,462	12,891	—	7	13,444	7,980
岩	木	4	4,817	3,939	—	—	3	4,087	3,283	—	—	7	8,904	7,222	—	15	16,026	7,215
中	村	—	—	—	—	—	1	226	54	—	—	1	226	54	—	2	4,387	1,720
赤	石	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4,405	1,733
追	良	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	6,760	2,679
眞	瀬	1	710	355	—	—	—	—	—	—	—	1	710	355	—	—	—	1
能	代	14	21,054	15,998	—	—	6	16,046	8,327	—	—	20	37,100	24,325	—	24	42,460	19,073
雄	物	10	16,468	9,556	—	—	10	23,242	18,077	—	—	20	39,710	27,633	—	29	45,038	21,830
子	吉	2	8,266	5,578	—	—	2	8,212	6,310	—	—	4	16,478	11,888	—	11	37,800	18,682
白	雪	2	2,553	1,965	—	—	1	4,396	2,930	—	—	3	6,949	4,895	—	—	—	—
吹	浦	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,769	786

水 系	水 力						可 許 用 使 電 未 開 始						計						合 計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	發 電 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始			發 電 未 開 始		

[illegible]

水	系	水力發電未許可										水力發電未許可										計									
		發電開始					發電未開始					計					計					合					計				
		地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數	地點數	馬力最大	馬力數
海	川	1	2,762	1,036	3	7,664	1,099	4	10,426	2,135	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	10,426	2,135	—	—	—	—	—	—	—
姫	川	3	21,041	9,991	11	134,694	88,244	14	155,735	98,235	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	170,178	103,238	—	—	—	—	—	—	—
青	川	—	—	—	1	3,090	1,314	1	3,090	1,314	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3,090	1,314	—	—	—	—	—	—	—
田	川	1	679	279	—	—	—	1	679	279	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	679	279	—	—	—	—	—	—	—
羽	川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	213	94	—	—	—	—	—	—	—
戶	川	2	2,336	615	—	—	—	2	2,336	615	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2,336	615	—	—	—	—	—	—	—
北	川	—	—	—	1	211	84	1	211	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	211	84	—	—	—	—	—	—	—
境	川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,519	651	—	—	—	—	—	—	—
國	川	1	211	63	—	—	—	1	211	63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	211	63	—	—	—	—	—	—	—
長	川	1	113	57	—	—	—	1	113	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	113	57	—	—	—	—	—	—	—
入	川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
小	川	1	233	150	—	—	—	1	233	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	233	150	—	—	—	—	—	—	—
笹	川	3	25,671	12,929	12	523,731	192,125	15	549,402	205,054	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	553,742	207,658	—	—	—	—	—	—	—
黒	川	3	21,373	6,148	1	16,025	4,030	4	37,398	10,178	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4,340	2,604	—	—	—	—	—	—	—
片	川	5	17,523	6,801	2	10,555	6,384	7	28,078	13,185	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	10,646	3,148	—	—	—	—	—	—	—
早	川	2	735	404	—	—	—	2	735	404	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	28,078	13,185	—	—	—	—	—	—	—
上	川	1	226	91	—	—	—	1	226	91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	735	404	—	—	—	—	—	—	—
白	川	6	51,760	29,879	5	100,224	32,098	11	151,984	61,977	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	198,892	65,078	—	—	—	—	—	—	—
常	川	22	175,547	72,293	8	80,808	34,355	30	256,355	106,648	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	204,985	86,194	—	—	—	—	—	—	—
神	川	5	24,025	18,812	8	312,963	144,460	13	336,988	163,272	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	93,493	38,635	—	—	—	—	—	—	—
庄	川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

淺野	川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

水系	水力使用許可						水力使用未許可						合 計	
	發電開始			發電未開始			計			計			地點數	馬力數
	地點數	最大	常時	地點數	最大	常時	地點數	最大	常時	地點數	最大	常時		
吉野川	6	9,981	5,274	4	4,498	1,933	10	14,479	7,207	7	19,505	7,142	17	33,984
大和川	5	994	469	—	—	—	5	994	469	—	—	—	5	994
淀川	36	176,471	119,935	11	28,184	9,393	47	204,655	129,328	11	22,797	7,393	58	227,452
神崎川	1	231	231	—	—	—	1	231	231	—	—	—	1	231
由良川	5	6,491	2,017	3	3,870	2,824	8	10,361	4,841	1	3,387	779	9	13,748
宇治川	1	1,060	530	—	—	—	1	1,060	530	—	—	—	1	1,060
圓矢川	3	1,228	1,013	—	—	—	3	1,228	1,013	2	3,157	1,169	5	4,385
田川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3,283	698	1	3,283
岸田川	1	1,172	410	—	—	—	1	1,172	410	—	—	—	1	1,172
千代田川	5	10,797	7,666	14	27,160	11,472	19	37,957	19,138	3	6,567	2,803	22	44,524
三隅川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
天龍川	3	3,057	1,328	1	1,943	833	4	5,000	2,161	2	2,985	1,553	6	7,985
日野川	3	5,589	3,167	1	19,997	7,999	4	25,586	11,166	1	5,830	2,078	5	31,416
太田川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	586	216	1	586
飯梨川	—	—	—	2	1,417	987	2	1,417	987	1	626	229	3	2,043
伊賀川	2	3,666	2,645	1	1,999	749	3	5,165	3,394	6	18,248	6,228	9	23,413
神戶川	2	3,593	2,345	—	—	—	2	3,593	2,345	4	9,842	3,903	6	13,435
江ノ川	5	14,741	8,260	4	21,138	5,788	9	35,879	14,048	13	40,674	13,266	22	76,553
周布川	2	1,582	1,356	—	—	—	2	1,582	1,356	1	1,003	369	3	2,585
田川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	391	144	1	391
津川	3	10,931	5,547	2	16,380	5,101	5	27,311	10,648	8	12,130	4,661	13	39,441
名川	1	666	666	—	—	—	1	666	666	—	—	—	1	666
庫川	1	355	355	—	—	—	1	355	355	—	—	—	1	355

芦屋川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
加古川	—	—	—	1	139	90	1	139	90	—	—	—	1	139
市井川	9	6,017	2,693	1	286	129	10	6,303	2,722	—	—	—	10	6,303
保田川	2	3,664	1,143	4	6,923	1,753	6	10,587	2,896	2	3,367	983	8	13,954
種井川	1	1,358	283	2	3,760	940	3	5,118	1,223	—	—	—	3	5,118
非田川	4	19,530	9,270	2	6,173	1,882	6	25,703	11,132	7	28,516	14,287	13	54,219
梁田川	6	14,563	11,059	—	—	—	6	14,563	11,059	5	12,987	5,964	11	27,550
田川	5	7,772	4,565	2	13,566	7,204	7	21,338	11,769	10	18,755	6,568	17	40,093
沼田川	2	3,560	1,590	—	—	—	2	3,560	1,590	2	3,447	1,265	2	3,560
西田川	1	1,770	777	—	—	—	1	1,770	777	2	3,447	1,265	3	5,217
太田川	1	2,075	591	—	—	—	1	2,075	591	—	—	—	1	2,075
八田川	3	13,590	4,635	7	40,249	16,332	10	53,839	20,967	8	26,135	10,200	18	79,974
小幡川	1	389	97	—	—	—	1	389	97	—	—	—	1	389
岩瀬川	1	5,011	3,006	4	5,272	2,580	5	10,283	5,586	—	—	—	5	10,283
阿武川	3	19,364	6,838	—	—	—	3	19,364	6,838	1	1,110	405	4	20,474
武井川	1	5,122	2,072	—	—	—	1	5,122	2,072	2	9,050	3,360	3	14,172
大井川	2	2,005	798	—	—	—	2	2,005	798	—	—	—	2	2,005
佐波川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,119	405	1	1,119
香東川	1	509	147	—	—	—	1	509	147	—	—	—	1	509
吉野川	19	57,776	27,250	5	13,439	9,987	24	71,215	37,237	19	80,305	26,615	43	151,520
國穴川	1	538	215	—	—	—	1	538	215	—	—	—	1	538
瀬喰川	1	167	167	—	—	—	1	167	167	—	—	—	1	167
賀良川	2	3,430	3,430	1	5,162	4,129	3	8,592	7,559	5	23,435	8,589	8	32,027
利田川	1	438	438	—	—	—	1	438	438	—	—	—	1	438
安田川	1	126	105	—	—	—	1	126	105	6	34,324	10,356	7	34,450
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	7,132	2,728	2	7,132

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

12 表 A 大 容 量 水 力 地 點 表 (五萬馬力以上)
(發 電 開 始) (昭和 5 年末現在)

府縣	事 業 者	發 電 所	水 系	河 川	水 量 (個)	落 差 (尺)	馬 力 數	發 電 開 始 年 月
富 山	山 庄 川 水 力 電 氣 小	牧 庄	川 庄	川	4,986	208	128,289	昭和 5.11
群 馬	關 東 水 力 電 氣 作	久 利 根	川 利 根	川	2,125	170	87,277	同 2.12
富 山	山 日 本 電 力 柳 河 原 第 一	黑 部 川	黑 部 川	川	1,750	406	78,866	同 2.11
栃 木	鬼 怒 川 水 力 電 氣 下	瀧 利 根	川 鬼 怒	川	600	1,100	73,260	大正 2.2
新 潟	湯 東 信 電 氣 豐	實 阿 賀 野	川 阿 賀 野	川	8,000	82	72,816	昭和 4.12
富 山	山 大 同 電 力 祖	山 庄 川	庄 川	川	2,966	221	72,603	同 5.12
同	日 本 電 力 蟹	寺 神 通	川 宮	川	1,450	444	71,462	大正 14.8
岐 阜	大 同 電 力 大	井 木 會	川 木 會	川	4,500	140	69,930	同 14.2
新 潟	湯 東 京 電 燈 中 津 川 第 一	信 濃 川	中 津 川	川	430	1,377	65,724	同 13.9
長 野	大 同 電 力 讀	書 木 會	川 書 木 會	川	1,600	370	65,712	同 13.2
新 潟	湯 東 信 電 氣 鹿	瀨 阿 賀 野	川 阿 賀 野	川	8,000	74	65,712	昭和 3.12
福 島	東 京 電 燈 猪 苗 代 第 一	阿 賀 野 川	日 橋 川	川	1,600	354	62,870	大正 3.12
山 梨	同 八 ツ 澤 和 摸	川 桂	川 桂	川	1,500	375	62,438	同 1.8
富 山	山 富 山 縣 眞	川 常 願 寺	川 常 願 寺	川	300	1,595	53,097	昭和 5.1
長 野	梓 川 電 力 霞 澤 第 一	信 濃 川	犀 川	川	300	1,510	50,283	同 3.11
京 都	宇 治 川 電 氣 宇	治 淀 川	瀨 田 川	川	2,200	205	50,061	大正 2.9

同 B 大 容 量 水 力 地 點 表 (五萬馬力以上)
(發 電 未 開 始) (昭和 5 年末現在)

府縣	事 業 者	發 電 所	水 系	河 川	水 量 (個)	落 差 (尺)	馬 力 數	許 年 可 月
長 野	東 京 電 燈 一	信 濃 川	千 曲 川	川	6,500	351	253,326	大正 7.10
新 潟	湯 鐵 道 省 一	同	同	同	5,000	340	188,700	同 9.3
福 島	東 京 電 燈 野	澤 阿 賀 野	只 見 川	川	3,500	458	177,933	同 14.2
靜 岡	同 第 一	大 井 川	大 井 川	川	1,690	816	153,072	明治 39.12
富 山	山 日 本 電 力 黑 部 川 第 四	黑 部 川	黑 部 川	川	1,070	1,269	150,719	大正 15.9
同	同 黑 部 川 第 三	同	黑 部 川	川	730	1,288	104,367	同 15.9
靜 岡	大 井 川 電 力 小 井 平	大 井 川	大 井 川	川	2,340	400	103,896	同 12.3
富 山	山 日 本 電 力 黑 部 川 第 二	黑 部 川	黑 部 川	川	1,500	608	101,232	同 9.2
靜 岡	東 邦 電 力 佐 久 間	天 龍 川	天 龍 川	川	3,000	225	74,759	同 13.12
福 島	東 京 電 燈 第 四 水 路	阿 賀 野 川	只 見 川	川	1,512	402	67,385	昭和 4.4
新 潟	湯 同 第 三 水 路	同	同	同	1,430	416	65,952	同 4.4
福 島	同 一	同	同	同	3,244	173	62,114	同 4.4

岐 阜	昭 和 電 力 飯	島 庄 川	庄 川	川	1,070	474	56,297	大正 10.10
長 野	天 龍 川 電 力 泰	阜 天 龍 川	天 龍 川	川	3,500	140	54,390	同 14.3
靜 岡	富 士 川 電 力 松	野 富 士 川	富 士 川	川	3,300	145	52,967	同 11.6
福 島	東 京 電 燈 一	阿 賀 野 川	沼 澤 沼 川	川	700	670	52,059	昭和 4.4

13 表 A 高 落 差 水 力 地 點 表 (落差一千尺以上)
(發 電 開 始) (昭和 5 年末現在)

府縣	事 業 者	發 電 所	水 系	河 川	水 量 (個)	落 差 (尺)	馬 力 數	發 電 開 始 年 月
愛 媛	土 佐 吉 野 川 水 力 電 氣 端 出 場	吉 野 川	吉 野 川	川	43	1,850	8,830	大正 2.3
山 梨	東 京 電 燈 田 代 第 二	大 井 川	大 井 川	川	192	1,625	34,632	昭和 3.11
富 山	山 富 山 縣 眞	川 常 願 寺	川 常 願 寺	川	300	1,595	53,097	同 5.1
長 野	梓 川 電 力 霞 澤 信 濃	川 信 濃	川 信 濃	川	300	1,510	50,283	同 3.11
新 潟	湯 東 京 電 燈 中 津 川 第 一	同	中 津 川	川	430	1,377	65,724	大正 13.9
岐 阜	三 井 鐵 山 割	石 神 通	川 切 雲 谷	川	3	1,350	450	同 5.12
長 野	長 野 電 燈 平 登 第 一	信 濃 川	信 濃 川	川	120	1,344	17,895	同 15.12
高 知	高 知 縣 東 豐 永 第 一	吉 野 川	吉 野 川	川	27	1,297	3,887	同 13.10
熊 本	樺 太 工 業 深	水 球 磨	川 水 球 磨	川	12	1,280	1,762	同 10.6
愛 媛	土 佐 吉 野 川 水 力 電 氣 大 保 木 加 茂	川 加 茂	川 加 茂	川	20	1,223	2,715	同 14.2
兵 庫	中 國 合 同 電 氣 南 小 田 第 一	市 川	小 田 原 川	川	8	1,180	1,048	明治 44.10
鹿 兒 島	日 本 水 電 木 城 川 木 城	川 木 城	川 木 城	川	42	1,153	5,311	大正 15.3
山 梨	東 京 電 燈 田 代 第 一	富 士 川	富 士 川	川	217	1,152	27,760	昭和 2.8
同	甲 府 電 力 御 嶽	同	同	川	52	1,140	6,580	同 2.3
長 野	信 濃 電 氣 高 澤 第 二	荒 川	關 川	川	144	1,125	17,982	同 2.7
岐 阜	神 岡 水 電 跡	津 神 通	跡 津 川	川	100	1,107	12,288	大正 12.5
栃 木	鬼 怒 川 水 力 電 氣 下	瀧 利 根	川 鬼 怒	川	600	1,100	73,260	同 2.2
長 野	東 信 電 氣 高 瀬 川 第 三	信 濃 川	信 濃 川	川	320	1,100	39,072	同 14.2
高 知	高 知 縣 東 豐 永 第 二	吉 野 川	吉 野 川	川	27	1,086	3,255	昭和 3.11
長 野	安 曇 電 氣 第 四	信 濃 川	信 濃 川	川	100	1,017	11,289	大正 14.12

同 B 高 落 差 水 力 地 點 表 (落差一千尺以上)
(發 電 未 開 始) (昭和 5 年末現在)

府縣	事 業 者	發 電 所	水 系	河 川	水 量 (個)	落 差 (尺)	馬 力 數	許 年 可 月
富 山	日 本 海 電 氣 第 三	常 願 寺 川	小 口 川	川	50	2,100	11,655	昭和 2.10

府縣	事業者	發電所	水系	河川	水量 (個)	落差 (尺)	馬力數	許 年	可 月
群馬	東京電燈	尾瀬第二	阿賀野川	只見川	220	1,690	41,270	大正 11. 6	
鹿兒島	鹿兒島電氣	安房	安房川	安房川	100	1,533	17,000	同 7.12	
群馬	東京電燈	尾瀬第三	阿賀野川	只見川	220	1,442	35,213	同 11. 6	
福島	熊倉水力電氣	一	同	雄國用水堰	10	1,330	1,476	昭和 3.12	
富山	日本電力	黒部川第三	黒部川	黒部川	730	1,288	104,367	大正 15. 9	
同	同	同 第四	同	黒部川	1,070	1,269	150,719	同 15. 9	
徳島	勝浦川電力	福原	勝浦川	勝浦川	40	1,196	5,311	昭和 3. 3	
長野	伊那川電力	越百	木曾川	越百川	36	1,170	4,675	同 5. 3	
鹿兒島	大東電氣	一	鈴川	鈴川	38	1,155	4,872	大正 14. 6	
岐阜	日本電力	菅沼	神通川	菅沼谷川	21	1,139	2,655	同 13. 6	
富山	富山縣	祖母谷	黒部川	祖母谷川	160	1,110	19,714	同 15. 9	
長野	矢作水力	和知野第二	天龍川	波合川	65	1,110	8,009	昭和 4. 5	
徳島	合同電氣	松尾	吉野川	吉野川	45	1,085	5,420	大正 12. 1	
秋田	島海發電	一	子吉川	子吉川	33	1,046	3,773	昭和 5. 4	

14 表 A 大水量水力地點表 (水量二千個以上)
(發電開始) (昭和5年末現在)

府縣	事業者	發電所	水系	河川	水量 (個)	落差 (尺)	馬力數	發電 開始年	月
新潟	東信電氣	豊實	阿賀野川	阿賀野川	8,000	82	72,816	昭和 4.12	
同	同	鹿瀬	同	同	8,000	74	65,712	同 3.12	
富山	庄川水力電氣	小牧	庄川	庄川	4,986	208	128,289	同 5.11	
岐阜	大同電力	大井	木曾川	木曾川	4,500	140	69,930	大正 14. 2	
京都	宇治川電氣	大峰	宇治川	宇治川	3,500	70	27,195	同 15. 9	
岐阜	大同電力	落合	木曾川	木曾川	3,000	73	24,176	同 15.11	
富山	昭和電力	祖山	庄川	庄川	2,966	221	72,603	昭和 5.12	
京都	宇治川電氣	志津	宇治川	宇治川	2,800	150	46,620	大正 13. 2	
宮崎	大淀川水力電氣	高岡	大淀川	大淀川	2,400	184	49,018	昭和 5. 4	
岐阜	東邦電力	金山	木曾川	益田川	2,300	41	10,362	同 4.12	
京都	宇治川電氣	宇治	淀川	瀬田川	2,200	205	50,061	大正 2. 9	
群馬	關東水力電氣	作久	利根川	利根川	2,125	370	87,277	昭和 2.12	
岐阜	東邦電力	麻生	木曾川	木曾川	2,000	171	37,873	大正 15.11	

同 B 大水量水力地點表 (水量二千個以上)
(發電未開始) (昭和5年末現在)

府縣	事業者	發電所	水系	河川	水量 (個)	落差 (尺)	馬力數	許 年	可 月
新潟	東洋水力電氣	第一	阿賀野川	阿賀野川	8,000	45	39,960	昭和 5. 8	
新潟	東京電燈	一	信濃川	千曲川	6,500	351	253,326	大正 7.10	
新潟	鐵道省	一	同	信濃川	5,000	340	188,700	同 9. 3	
同	新潟電力	一	同	同	5,000	36	20,202	昭和 3. 8	
岐阜	東邦電力	森山第一	木曾川	飛騨川	4,800	72	38,295	同 5. 1	
長野	矢作水力	小深	天龍川	天龍川	4,060	101	45,066	大正 14. 3	
福島	東京電氣	第二	阿賀野川	阿賀野川	4,000	73	32,350	昭和 2. 5	
長野	矢作水力	爲栗	天龍川	天龍川	3,700	72	29,570	大正 14. 3	
岐阜	大同電力	笠置	木曾川	木曾川	3,500	101	39,044	同 9. 3	
長野	矢作水力	泰阜	天龍川	天龍川	3,500	140	54,390	同 14. 3	
福島	東京電燈	野松	阿賀野川	只見川	3,500	458	177,933	同 14. 2	
靜岡	同	同	富士川	富士川	3,300	144	52,966	同 11. 6	
福島	東京電燈	一	阿賀野川	只見川	3,244	173	62,114	昭和 4. 4	
靜岡	東邦電力	佐久間	天龍川	天龍川	3,000	225	74,759	大正 13.12	
山梨	東京電燈	内船	富士川	富士川	3,000	93	30,929	同 11. 6	
岐阜	東邦電力	森山第二	木曾川	飛騨川	3,000	39	12,857	昭和 5. 1	
山梨	東京電燈	稻子	富士川	富士川	3,000	113	37,566	大正 11. 6	
福島	東京電燈	沼澤	阿賀野川	只見川	2,750	94	28,694	昭和 4. 4	
長野	矢作水力	途	天龍川	天龍川	2,500	71	19,703	大正 14. 3	
岐阜	大同電力	二股第一	木曾川	木曾川	2,500	137	38,045	昭和 2.12	
長野	犀川電力	上流	信濃川	犀川	2,455	40	10,902	同 2. 5	
同	同	下流	同	同	2,445	90	24,414	同 2. 5	
大分	九州水力電氣	關	筑後川	三限川	2,400	56	14,918	明治 44. 4	
岐阜	東邦電力	下麻生	木曾川	飛騨川	2,400	25	6,567	昭和 2.12	
靜岡	大井川電力	小井	大井川	大井川	2,340	400	103,896	大正 12. 3	
山梨	東京電燈	大島	富士川	富士川	2,200	82	20,066	同 11. 6	
岐阜	東邦電力	下	原木曾川	原木曾川	2,000	120	26,640	昭和 2.10	
同	大同電力	今渡	同	同	2,000	67	14,874	大正 9. 3	
同	東邦電力	名倉	同	同	2,000	119	26,469	昭和 3.10	

IV 負荷、貯水池及調整池

13 負 荷

(1) 負荷曲線 動力の需要は常に一定のものに非ず刻々變化し、従つて發電所の出力即ち負荷も需要に應じて變化するもので、其の一日中に於ける變化を圖示せるものを負荷曲線と云ふ。日々の電力需要の状況は毎日同一に非ざるを以て負荷曲線も亦毎日多少變化するものなれども、供給する動力の性質によりて曲線の性質も自ら一定なるものあり、又季節的に一定の變化を爲すものもある。故に供給の性質明かなるときは此の曲線も亦自ら之を想定することが出来る。

例へば大都市に電燈電力を供給する事業に就き考へて見ると、夜中には小なる一定の負荷を有するが、早曉四時頃より労働者通勤人等の點燈に因り負荷を徐々に増加し、遂に工場始業時間、出勤時間の八時九時に至りて急増する。晝休に至れば稍々減じ、之を了れば漸増し、遂に夕刻四時、五時に至れば電動機動力と電燈との重複に因り一日中の最大に達する。之を尖頭負荷と稱する。以後は夜半に至るに従ひ漸次減少する。

(2) 負荷率 發電機、發電所又は發電系統の或る時間内に於ける平均出力の該時間内に於ける最大出力に對する比を百分率にて示したるものを謂ふので、平均出力は一日中、一箇月中或は一箇年中の如き一定の期間の出力の平均を採り、最大出力は該期間内に於ける最大負荷の期間の長さを明示する必要がある。

現今の如く、水力發電に火力發電を併用して、發電經濟の向上を圖らんとする時代に於ては、水力と火力との併用に關し、負荷の變動と發電設備との關係を研究するには、前年十一月に始まり、其の翌年十月に終る一箇年を、前記期間の單位とするのが實際問題として極めて便利である。

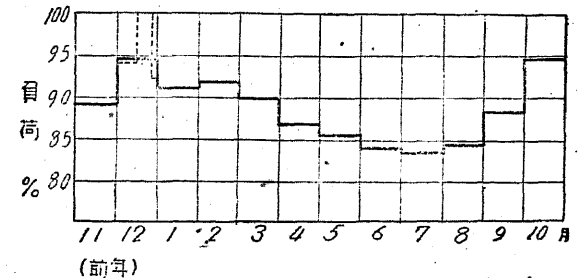
其の理由は、主要なる電力需要地を含む一帯の地域に於ては、毎年負荷の最高に昇るのは十二月二十日前後であつて、此の最高負荷に應じ得る發電設備に依つ

て、翌年十月頃迄は、何等發電設備の増設を爲すことなく供給し得るからである。

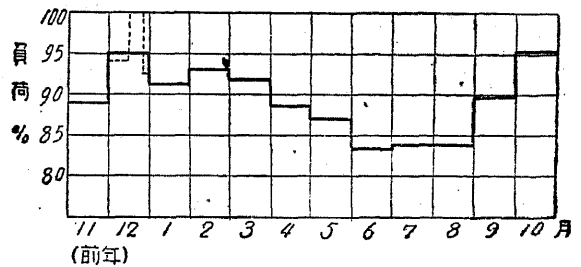
水力發電所の出力より觀れば、十二月には相當水量は減退するも、未だ湯水量迄には至らない。従つて十二月の負荷に應じ得る水力並に火力發電設備を以て、最湯水時たる翌年二月頃の負荷に應じ得るや否や問題である。然し一般に發電力を準備するには、十二月の最高負荷時に、水力發電所出力は湯水時出力迄減退すると見て、發電力に多少餘裕を採るが普通である故、一般に斯の如く考ふるも差支へないのである。

而して其の一箇年間に於ける負荷の變動は、十二月十五日より二十四日に至る

10日間(但し日曜日を除く)の毎日の尖頭負荷の平均値を100%とし、各月の平均尖頭負荷(各月中毎日の尖頭負荷の平均)を百分率で表はしたものの一例が5圖Aで、之は東京、大阪及名古屋の三大都市の平均を示したものである。此圖に於て、各月平均尖頭負荷の一箇年平均を求め



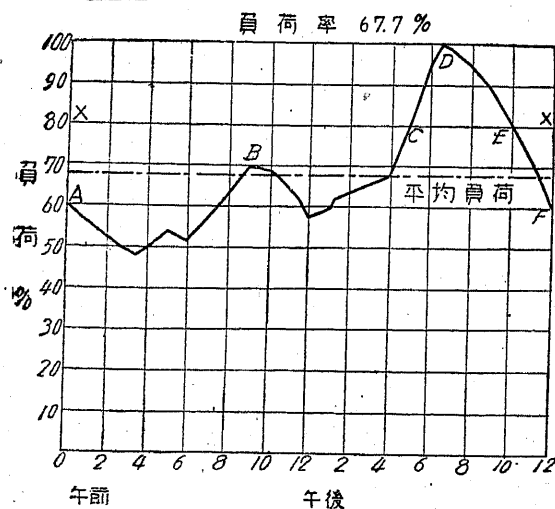
5 圖A 各月平均尖頭負荷の變動



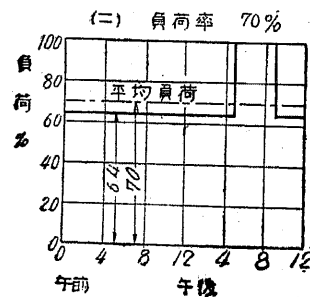
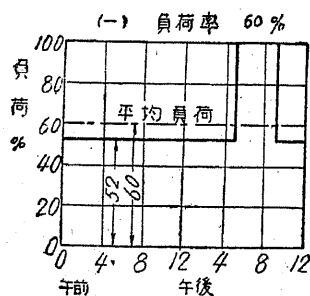
と略90%に近くなつて居る。同B 各月平均負荷の變動

尙前年十二月下旬の平均負荷を100%として、毎月の平均負荷の變動を示せば、5圖Bの如くであつて、其の一箇年平均も亦90%近いものになつて居る。

(3) 代表負荷曲線 實際問題として、一日の負荷曲線即ち24時間中に於



6 圖 代表負荷曲線



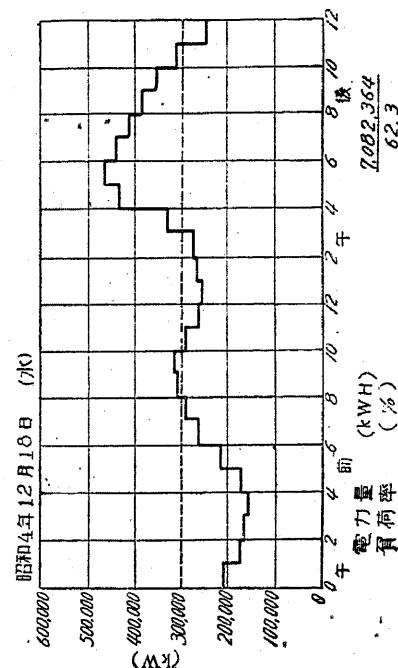
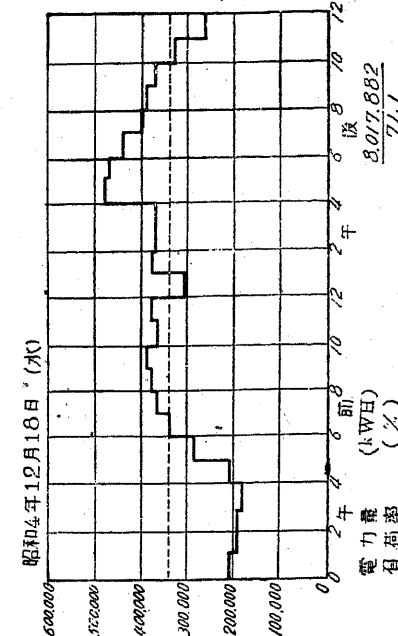
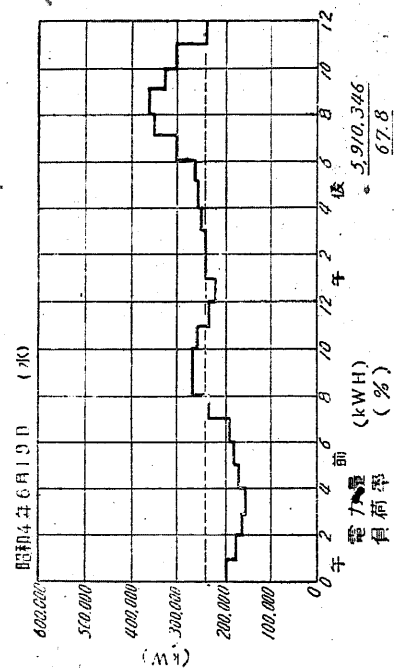
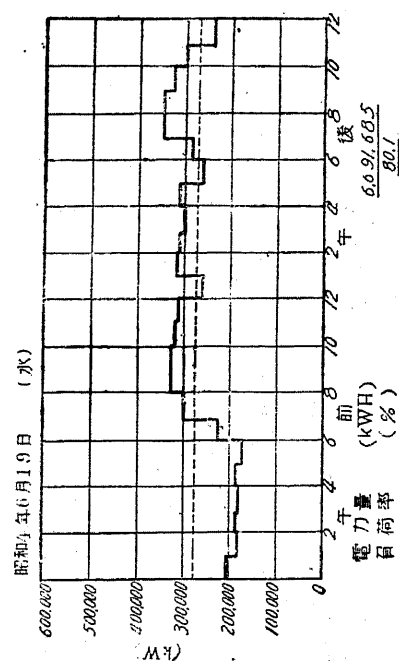
7 圖 矩形負荷曲線

ける負荷の變動は一箇年を通じて決して一定のものではない。然し次の如き方法に依つて、代表的負荷曲線を作るときは、之に依つて發電狀況の考察を簡明に爲し得る便利がある。

即ち、一箇年を4期に分ちて、二月、五月、八月及十一月の4箇月を選び、各月中或は一週間の日々(日曜日を除く)の負荷曲線の平均を以て、各月の負荷並に前後2箇月宛を代表せしめる。斯くして一箇年を代表する4箇の負荷曲線を作り、之を基として更に一つの代表曲線を導くのである。

今一例として、大工業都市の電燈、動力、電熱及電氣鐵道等を含む東京市一圓に就て考へたる東京電燈會社の負荷曲線(大正15年)を探つて見ると、二月69.7%、五月68.3%、八月66.5%、十一月66.3%となり、以上4負荷曲線より、略之等の平均と認め得る負荷率67.7%の代表負荷曲線を導き得る(6圖参照)。

圖参照)。



9 圖 京阪神地方負荷曲線

8 圖 京漢地方負荷曲線

(4) 矩形負荷曲線 代表的負荷曲線は現在及過去に於ける負荷曲線を想定したのであるが、將來の負荷曲線必ずしも過去の夫れと同一の形狀を有すべきものでなく、又或る一地方の負荷曲線を以て、將來建設さるべき發電所設計の參考とすることも必ずしも適當であるとは云へない。故に研究上には、便利で需要も實際の負荷曲線の重要な性質を具備するものを選び用ふるのが賢明で、此の意味に於て矩形負荷曲線が多く用ひられて居る。

即ち7圖に示したるは、尖頭負荷は一日中4時間繼續するものと及負荷率は60%及70%なりと假定して作製したる負荷曲線である。

8圖及9圖は、夏季及冬季に於ける京濱地方並に京阪神地方の負荷曲線で、孰れの地方に於ても冬季の尖頭が夏季の夫れに比して如何に大きいと云ふことが解るであらう。

(5) 負荷率の將來 現今我國主要工業都市に於ける負荷率は大體70%前後であつて、大阪、名古屋の如きは80%以上に昇ることも稀ではない。然し負荷率は下記の理由から將來漸次低下して行くものと考へられる。

即ち a) 從來發電の原動力として、汽力よりも水力が普及して居たが近來經濟的良地點が殆ど開發し盡くされたのと、一方火力發電が盛んになつて來たこと b) 私的及公的生活が、歐米に於ける如く嚴格なる時間的觀念の下に行はれる様になつて來たこと c) 國際勞働會議の決議が採用され、工場に於ける勞働時間が短縮され且紡績業等に於ては深夜間作業が休止されたること d) 電氣料金制が定額制より漸次従量制に移りつゝあること。

14 貯水池

我國中部地方に於ける河川は概括的に、其の低水量は渇水量の、又平水量は低水量の各5割増内外の値を有つて居る。従つて平水量を使用水量として引用する場合には、渇水時に1.25倍内外の水量不足を來たし發電能率が激減する。

一般に常時電力即ち渇水量に依る發電力の能率は、略100%と看做し得られ

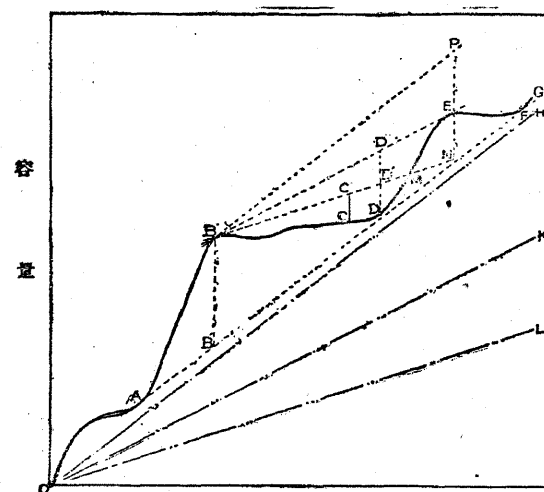
るも、渇水量以上の水量で發電される特殊電力は、其の量を増すに従つて能率を漸減し、平水量では70%乃至75%に迄低下するのである。

貯水池は直接此の不足水量の補給を行ひ、進んで季節的補給發電所を運轉して電力を以て間接に補給調節を爲して特殊電力の常時化を計るのを目的とするものである。此の種貯水池を季節貯水池と稱して居る。

貯水池の容量は、地形に依つて決まるものであることは勿論であるが、一方上述の發電不足能率の補給程度も容量決定の重大なる要素となるのである。尚又降水量、蒸發量、流出量等の係關が、上記の要求に適合するや否を調査決定する必要がある。

一般に取水量の平均定常化を図る目的には、流量累加曲線を使用し、季節的補給調節を目的とするものには、流況曲線を使用して、所要貯水量を定めて居る。

10圖は水量累積曲線に依る方法で、 $OAB'CDEFG$ を貯水池への流入量の累積を



10 圖 日 時

表はすとすれば、 OH , OK , OL なる平均使用水量線に應じ、 BB' , CC' , DD' なる貯水容量が得られる。

此外貯水容量の算定には解析方法に依ることも出来る。普通貯水池を築造するには地形に應じ築造し得べき各種の容積を實測し、其の容量によりて取水量を定めるか又は逆に取水量を假

定し失れによりて容量を算定する。

○ 次に掲げたのは後者の場合に於ける算定方法の一例を示したものである。

貯水池容量

月	日	河川流量 m^3/sec			五日間河川 総流量 ($1,000m^3$)	使用水量 五日間総量 ($1,000m^3$)	残 餘 ($1,000m^3$)
		最 大	最 小	平 均			
十 月	1—5	150.0	41.0	65.5	28,296	12,960	15,336
	6—10	95.0	49.0	68.0	29,376	"	16,416
	11—15	60.2	44.9	51.3	22,161	"	9,201
	16—20	41.0	23.3	32.6	14,083	"	1,123
	21—25	65.0	21.0	41.2	17,798	"	4,838
	26—30	39.1	32.8	35.0	15,120	"	2,160
一 月	30—3	55.5	37.2	43.9	18,964	12,960	6,004
	4—8	53.3	33.7	39.6	17,107	"	4,147
	9—13	42.8	24.4	32.7	14,126	"	1,166
	14—18	34.8	24.4	29.8	12,873	"	
	19—23	42.8	26.0	33.6	14,515	"	1,555
	24—28	37.2	28.0	32.7	14,126	"	1,166
	29—2	33.7	19.8	25.8	11,145	"	
二 月	3—7	30.5	22.6	25.6	11,059	"	
	8—12	36.1	19.8	27.4	11,836	"	
	13—17	56.8	27.4	39.1	16,891	"	3,931
	18—22	42.8	36.5	40.0	17,280	"	4,320
	23—27	86.0	41.0	54.8	23,673	"	10,713
八 月	2—6	95.0	26.0	45.6	19,699	12,960	6,739
	7—11	42.8	24.6	29.4	12,700	"	
	12—16	44.9	19.8	30.7	13,262	"	302
	17—21	18.6	14.3	16.7	7,214	"	
	22—26	39.1	11.6	21.5	9,288	"	
	27—31	28.9	12.2	17.0	7,344	"	
九 月	1—5	37.2	11.4	28.0	12,096	"	
	6—10	164.0	15.9	46.7	20,174	"	7,214
	11—15	62.5	24.1	45.0	19,440	"	6,480
	16—20	41.0	24.6	26.8	11,577	"	
	21—25	132.0	23.3	67.2	29,030	"	16,070
	26—30	70.2	42.8	56.1	24,235	"	11,275

備考 本表は、便宜上 11, 12, 3, 4, 5, 6, 7 の各月の分を省略したものを掲げたが実際には1月より12月迄連続して作製すべきものである。

計 算 表

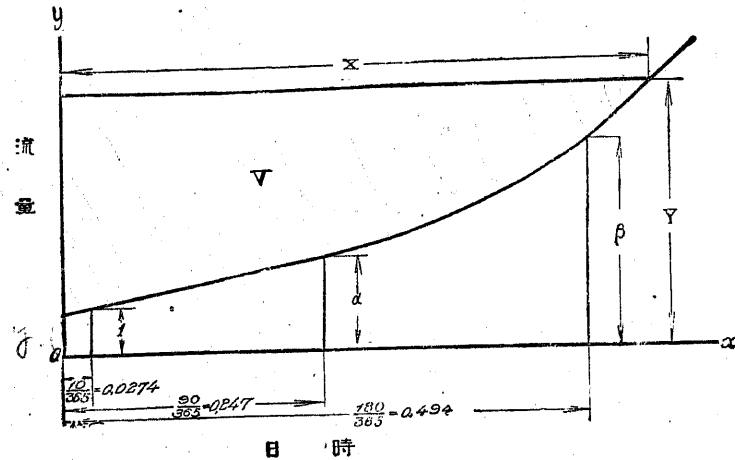
説 明

不 足 ($1,000m^3$)	蒸 發 量 日 間 ($m-m$)	蒸 發 其 他 損 失 水 量 ($1,000m^3$)	差引貯水量 ($1,000m^3$)
	11.4	37.5	15,298
	"	"	22,000
	"	"	"
	"	"	"
	"	"	"
	"	"	"
	4.3	15.6	22,000
	"	"	"
87	"	"	21,897
	"	"	22,000
	"	"	"
1,815	"	"	20,169
1,901	5.9	21.4	18,246
1,124	"	"	17,101
	"	"	21,010
	"	"	22,000
	"	"	"
	25.9	94.0	22,000
260	"	"	21,646
	"	"	21,854
5,746	"	"	16,014
3,672	"	"	12,248
5,616	"	"	6,538
864	17.3	62.7	5,111
	"	"	12,762
	"	"	19,179
1,383	"	"	17,733
	"	"	22,000
	"	"	"

本例は河川の湧水量 $15.00m^3/sec$ なるも貯水池を利用し取水量を $30.00m^3/sec$ に増加使用せんとする場合の貯水池容量を決定せんとするものである。

取水量は $30.00m^3/sec$ であるから五日間の所要総量は $12,960,000m^3$ となる。之を河川の総流量と比較するときは、第8行及第9行に依り五日間の餘分若は不足水量を知る事が出来る。左表を通覧するに8月7日より9月5日に至る約1箇月間の不足水量の総計は最も大で此期間の不足を補ひ得可き容量であれば他の期間に於ても充分であることは明である。仍て前記約1箇月間に於ける不足総量が左表に依り約 $16,158,000m^3$ なるに鑑み、之に若干の餘裕を見込み貯水池の容量を $22,000,000m^3$ と假定す。第10,11行は貯水池面よりの蒸發其の他の損失水量で之は實地調査及假定に依り定める。第12行は第8,9行の差引水量より毎日の蒸發其の他の損失量を控除し之を日累計し貯水池容量以上に及ぶときは其餘分を捨て、毎日池内に存在する水量を示すものである。本例は一年中一日たりとも貯水量が零となることなき計算であるが若し貯水量が零以下に下ることある場合には更に貯水量を増加して此計算を行ふ。又差引貯水量の最小量が大なるときは貯水池の容量が取水量に對し過大なることを示すものであるから取水量を少しく増加するか又は貯水池容量を少くして計算を試むべきである。斯くして數回の計算を繰り返し初めて所期の容量を求むることが出来る。

次に 11 図に於て流況曲線を次式で表はし得るものとすれば



11 図

$$y = ax^2 + bx + c$$

尚、渴水量、低水量、平水量の比率を $1:\alpha:\beta$ とすれば

$$a = \frac{1}{0.247} \left\{ \frac{\beta-1}{0.4666} - \frac{\alpha-1}{0.2196} \right\}$$

$$b = \frac{1}{0.247} \left\{ \frac{0.5214(\alpha-1)}{0.2196} - \frac{0.0744(\beta-1)}{0.4666} \right\}$$

$$c = \frac{4\alpha-\beta}{3} - \frac{2}{3} \left\{ \frac{0.5214(\alpha-1)}{0.2196} - \frac{0.2744(\beta-1)}{0.4666} \right\}$$

仍て V を補給を要する全水量とすれば

$$V = \int_0^x (Y-y) dx = \int_0^x \{a(X^2-x^2) + b(X-x)\} dx$$

$$= X^2 \left(\frac{2}{3} aX + \frac{b}{2} \right)$$

今 $R =$ 貯水池の容量 (m^3) $Q_{min} =$ 渴水量 ($m^3 / km^2 \text{ sec}$)

$A_c =$ 集水面積 (km^2) $p =$ 冬季渴水時不足水量比 $= \frac{2}{3} \sim \frac{3}{4}$

とし前述の如く、渴水量、低水量、平水量の比率を $1:1.5:2.25$ とすると次の式を得るから、

$$y = 1.62x^2 + 1.82x + 0.95$$

$$V = (1.08X + 0.91) X^2$$

$$R = 36 \times 24 \times 3600 \times Q_{min} A_c p V$$

に依り、所要貯水池容量 R を求め得られる。

我國中部地方に於ける河川の渴水期は、概ね冬季及夏季（短時日なれど）に起り、豊水期は春秋の季節になつて居る。此の夏冬兩渴水期間に於ける不足水量の比率を調べて見ると、使用水量が平水量以内であれば、 $1:2$ 乃至 $1:3$ の範囲内にあつて、従つて上述の p は $\frac{2}{3}$ 乃至 $\frac{3}{4}$ と看做することが出来る。

次の表は、我國に於ける既設及計畫中の貯水池の保有する貯水量並に電力量の一覽表である。

15 表

本邦貯水池有効電力量及等價石炭量表

貯水池名	事業者	満水面の 海拔高	利用 水深	満水面積 (坪)	有効貯水量 (立方尺)	有効電力量 (kw-hr)	等價石炭量 (噸)
赴江貯水池	朝鮮水電會社	4,039.00	90.00	7.00	170.00	8.59	642,800
尾瀬原計畫	東京電燈會社	4,690.00	50.00	3.40	50.00	2.95	220,800
猪苗代湖計畫	同 (低下工事後)	1,696.62	10.70	32.05	107.60	2.30	172,300
檜原湖	同	2,713.39	43.00	3.75	41.86	1.43	106,700
三浦貯水池計畫	大同電力會社 (王瀧川)	4,296.93	150.00	.90	20.30	1.09	81,500
大井川貯水池計畫	東京電燈會社	2,180.00	150.00	1.14	40.72	1.08	81,100
尾瀬沼計畫	同	5,557.00	33.00	1.28	12.72	.89	66,700
猪苗代湖	同	1,696.62	3.20	32.05	35.51	.76	57,000
雨龍貯水池計畫	雨龍電力會社	940.50	39.60	6.83	70.50	.70	52,500
御山谷貯水池計畫	日本電力會社 (劔川發電所)	4,583.00	100.00	.35	11.60	.67	49,800
須原口貯水池計	東京電燈會社 (只見川第三發電所)	2,210.00	100.00	.85	21.28	.58	43,600
沼澤沼計畫	東京電燈會社	1,567.00	85.00	.92	25.96	.50	37,500
野反池計畫	同	4,951.00	65.50	.43	5.00	.31	23,300
秋元湖	同	2,428.53	20.00	1.28	7.59	.23	17,400
小口川第三發電所	日本海電氣會社	4,640.00	70.00	.19	3.00	.18	13,500
田代貯水池	吾妻川電力會社	3,700.00	33.00	.21	2.00	.09	6,000
小野川湖	東京電燈會社	2,632.50	10.50	.72	2.19	.07	5,400

小牧発電所	庄川水力電気會社	590.00	50.00	.40	6.50	.05	3,500
大井発電所	大同電力會社	853.00	20.00	.56	4.00	.04	3,200
祖山発電所	昭和電力會社	795.96	21.45	.42	3.00	.03	2,200
合 計						21.78	1,629.80

(合計欄に於て計畫と現在と重複し居るものは計畫の方を採れり)

15 調整池

(1) 概 要 調整池とは水路の中途(稀に取水堰堤に依る湛水池を利用する)に設けらるゝ一種の小規模の貯水池であつて、短期間に於ける河川流量の調節又は負荷の變動に對する水の經濟的利用を目的として居る。

特に後段の目的の爲に設置さるゝものが一般であつて、一日中比較的電力の需要小なる時分に餘水路から無爲に河川に放流すべき水量を此處に貯へて、平均以上の需要が起る時に補給使用せんとするものである。従つて調整池の容量及其の調整作用は、供給區域に於ける電力需要の状態即ち負荷曲線の性質に依つて定まるものであるが故に、設計の當初に一定の代表負荷曲線を豫想し之に依つて研究するを最良とする。然し此代表負荷曲線を直に設計上に使用することは取扱上不便であるから、之を更に簡易化し以下に述べる如き單位直線として使用すれば、調整池に關する諸問題解決上至極便利である。

調整池を其の容量に依つて分類すると大體下記の如くなる。

a) 短期間に於ける河川流量の變動を消去して一定流量化せんとするもの
(後述の逆調整池は此の變態なるものである)

b) 一日中の負荷の變動に對應せんとするもの

之を更に下記の三種類に分ける。

- イ 完全調整池
- ロ 過剰調整池
- ハ 不足調整池

c) 定期停電に對應せんとするもの

(2) 短期間に於ける河川流量の變動を消去して一定流量化せんとするもの

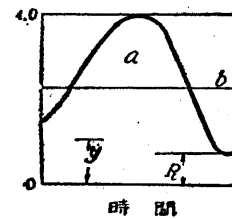
今河川の不定流量 Q を、期間 m 日間の平均流量 Q_m に定流量化せんとするに、 m 日の内 r 日は Q_m より小にして、 $m-r$ 日が大であるとし尙自然流量の平均流量に對する不足若くは過剰率を R とすれば次式を得る。

$$Q_m = \frac{\sum_1^m Q}{m}$$

$$R = \sum_1^r \left(1 - \frac{Q}{Q_m}\right) = \sum_{m-r}^m \left(\frac{Q}{Q_m} - 1\right)$$

故に調整池の所要容量 V は

$$V = 24 \times 3,600 R Q_m \text{ m}^3$$



12 圖

(3) 一日中の負荷の變動に對應せんとするもの

今 12 圖に示す様に、一の負荷曲線を想定し、之と相似な單位曲線即ち最大負荷を 1 とし、任意時の負荷を其の小數値にて表はした一の曲線を作製して、之に任意量 y を p_1 を超えざる範圍内で増減して見ると、

次の様な關係が生じて来る。

今 a = 平均以上の負荷總量、 b = 平均負荷、 f = 負荷率

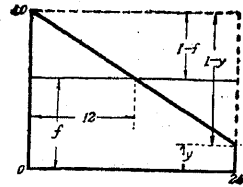
T_m = 平均負荷(平均使用水量)に對する調整池の繼續時間即ち調整池の有効容量とすれば

$$f = \frac{b \pm y}{1 \pm y}, \quad T_m = \frac{a}{b \pm y}$$

上式から $\pm y$ を消去すれば

$$T_m = \frac{a}{1-b} \left(\frac{1}{f} - 1 \right)$$

$\frac{a}{1-b}$ の値は、供給區域の状態に依つて相當異なるけれども、大體に於て 5 乃至 7 の間に在る。仍て其の平均値 6 を採ると、單位曲線は簡易化して直線と



13 圖

なる。

1° 完全調整池 與へられたる負荷率に對し、過不足なく完全に水の利用を爲し得る（實際問題としては斯かる場合は稀である）容量を有する調整池を完全調整池と稱する。

$f = 0.5 \sim 1.0$ の場合は (13 圖)

$$f = y + \frac{1-y}{2} = \frac{1+y}{2}, \quad y = 2f-1$$

$$T_m = \frac{1}{f} \cdot \frac{\frac{1-y}{2} \times 12}{2} \div 1$$

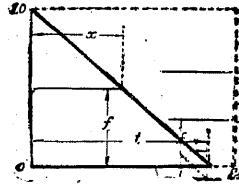
$$\therefore T_m = 6 \left(\frac{1}{f} - 1 \right)$$

同様に $f = 0.0 \sim 0.5$ の場合は (14 圖)

$$x = t(1-f), \quad t = 48f$$

$$T_m = \frac{1}{f} \cdot \frac{x(1-f)}{2}$$

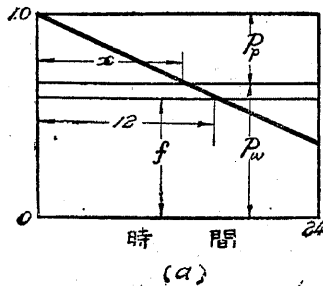
$$\therefore T_m = 24(1-f)^2$$



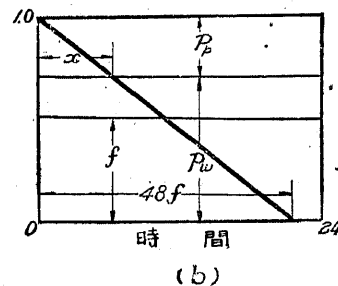
14 圖

2° 過剰調整池 一般負荷率より遙かに低い

負荷率に對應し得る容量を有する調整池を、過剰調整池と稱する。之は容量又は



(a)



(b)

15 圖

負荷率の一を與へられれば、完全調整池の式から他を導誘し得るのである。

尖頭負荷發電所とは即ち此種調整池を有するものを謂ふのであつて、自己發電所の負荷率を低下して、他の調整池を有せざる發電所の負荷率を、一般負荷率以上に上昇せしめ、以て全發電系統の能率を高める働を爲すのである。

15 圖に於て

P_p = 全發電系統の尖頭負荷に對する調整池を有する發電所の最大出力の比率

P_w = 有せざる發電所の最大出力の比率

f_p = 調整池を有する發電所の負荷率

f_w = 調整池を有せざるものの負荷率

f = 全發電系統の負荷率とし

$f = 0.5 \sim 1.0$ に於ては

$$P_p + P_w = 1, \quad \frac{x}{12} = \frac{P_p}{1-f}, \quad \therefore x = \frac{12 P_p}{1-f}$$

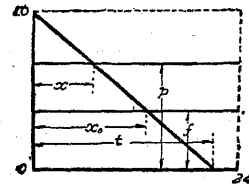
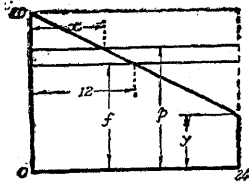
$$f_p = \frac{P_p x}{2 \times 24 P_p} = \frac{P_p}{4(1-f)}, \quad f_p P_p + f_w P_w = f$$

$$\therefore \begin{cases} P_p = 1 - P_w \\ f_p = \frac{1 - P_w}{4 - (1-f)} \\ f_w = \frac{1 - f_p P_p}{P_w} = \frac{4f(1-f) - (1-P_w)^2}{4P_w(1-f)} \end{cases}$$

同様に $f = 0.0 \sim 0.5$ に於ては

$$\frac{x}{48f} = \frac{P_p}{P_p + P_w} \quad \therefore x = 48f P_p$$

$$\therefore \begin{cases} P_p = (1 - P_w) \\ f_p = f(1 - P_w) \\ f_w = \frac{f - f_p P_p}{P_w} = \frac{f \{1 - (1 - P_w)^2\}}{P_w} \end{cases}$$



16 圖

3° 不足調整池 地形的の関係から、一般負荷率が要求する程度の充分なる容量の調整池を設置することが不可能なる場合は、其の調整池は所謂不足調整池となつて来る。16 圖に於て、 p を取水量に依る出力と最大出力との比とすれば

$f = 0.5 \sim 1.0$ に於ては

$$\frac{x}{12} = \frac{1-p}{\frac{1-y}{2}}$$

$$\therefore x = \frac{24(1-p)}{1-y}$$

$$f = y + \frac{1-y}{2}, \quad y = 2f - 1, \quad \therefore x = \frac{12(1-p)}{1-f}$$

調整池の容量を p の繼續時間で表はせば

$$T_p = \frac{1}{p} \cdot \frac{(1-p)x}{2} = \frac{1}{p} \cdot \frac{(1-p)}{2} \cdot \frac{12(1-p)}{1-f}$$

$$\therefore T_p = \frac{6(1-p)^2}{p(1-f)}$$

同様に $f = 0.0 \sim 0.5$ に於ては

$$x_o = t(1-f), \quad t = 48f$$

$$\frac{x}{x_o} = \frac{1-p}{1-f}, \quad x = t(1-p)$$

$$T_p = \frac{1}{p} \cdot \frac{(1-p)x}{2} = \frac{1}{p} \cdot \frac{(1-p)t(1-p)}{2}$$

$$\therefore T_p = \frac{24f(1-p)^2}{p}$$

今 Q = 取水量、 V = 調整池の有効容量とすれば

$$T_p = \frac{V}{3,600 Q}$$

V は地形の如何により算定し得る値であるから、前述の式から p を算出し得、従つて最大出力を見出すことが出来る。此の場合 $p > f$ なること論を俟たぬ。

以上に依り大體調整池の容量に関する問題を解いたのであるが、發電水路は常に Q なる使用水量を調整池に流入せしめて居るのであるが、調整池では毎時の負荷の變動を調節する爲に或る深さだけの水面の變化を起して居る。之が爲落差の損失を生じるので、此の損失落差は調整池の種類の如何に拘はらず凡て有效貯水量の重心深に相當して居る。

尙一般に調整池より下流の水路は、原則として壓力水路（隧道若は管）を採用して居る。之は瞬間的に發生する負荷の急増に直ちに對應せしめんが爲めであつて、一方輕負荷時に於ける必要以上の水量は、完全に調整池に貯水せしむる必要があるからである。

4° 遠隔調整池 調整池の位置は、其の容量並に發電力に重大な關係を有つて居る。一般に調整池は發電所の近くに設置し得られれば、工事費及び運轉上等の點から好都合であるが、大抵の場合は發電所から相當の距離の所に選定するのを地形上餘儀なくされるもので、斯の如き場合には調整池から下流の水路は、壓力隧道又は壓力管とする關係上之等の工作物が長ければ長い程、隧道若は管内の摩擦のために平均出力の減少も大きくなつて来るのである。

斯かる調整池では、前述の如き各種調整池に関する諸計算は、其の儘適用することが出来ないで、下記の様な特別の考慮を必要とする。

$$\text{今 } f = 0.5 \sim 1.0, \quad y = 1 - \frac{1-f}{12} x$$

$$f = 0.0 \sim 0.5, \quad y = 1 - \frac{x}{48f}$$

なる單位直線式を用ひ

Q = 調整池より下流の壓力水路内の任意時に於ける流量 (m^3/sec)

H_e = Q に對する有效落差 (m)

Q_o = 最大流量 (m^3/sec)

H = Q_o に對する有效落差 (m)

Q_m = 平均流量又は取水量 (m^3/sec)

v = Q に対する水路内の標準流速 (m/sec)

v_o = Q_o " " (m/sec)

A = 壓力水路の断面積 (m^2)

H = 調整池の重心より放水位までの総落差 (m)

K = 發電係數

c = $\frac{\text{損失水頭}}{\text{流速}^2}$, $E = \frac{1}{v_o(H-cv_o^2)}$, $F = \frac{3\sqrt{3c}}{2EH\sqrt{H}}$

とすれば

$$y = \frac{KQH_o}{KQ_oH_o} = \frac{v(H-cv^2)}{v_o(H-cv_o^2)} = Ev(H-cv^2)$$

上式が三個の實根を有する爲めには

$$\frac{y^2}{(cE)^2} - 4\left(\frac{H}{3c}\right)^3 \geq 0$$

$$\text{或は } \frac{y^2 v_o^2 (H-cv_o^2)^2}{c^2} - \frac{4H^3}{27c^3} \geq 0$$

上式を $\frac{\{v_o^2 (H-cv_o^2)^2\}}{c^2}$ で除し $\frac{cv_o^2}{H} = K_1$ と置けば

$$y^2 - \frac{4}{27} \cdot \frac{1}{K_1(1-K_1^2)} \geq 0$$

此の不等式に於て y は 1 より小なる値であるから最悪の場合

$$1 - \frac{4}{27} \cdot \frac{1}{K_1(1-K_1^2)} \geq 0$$

が承認されれば一般の場合は無論支障ない筈である。此の關係が支持される爲めには $K_1 \geq \frac{1}{3}$ であることが必要なることを簡単に視察に依つて認識される。

然るに K_1 は損失水頭と總落差との比であつて一般に $\frac{1}{3}$ を超えることは理論上ないと言つて宜しい。故に前式は三個の實根を有すべきことが理解されるであらう。仍て其の根を求めると

$$v = 2\sqrt{\frac{H}{3c}} \cos \frac{\alpha}{3} \quad \text{及} \quad 2\sqrt{\frac{H}{3c}} \cos \left(\frac{2\pi}{3} \pm \frac{\alpha}{3} \right)$$

$$\text{但し } \alpha = \cos^{-1} \left(\frac{-3\sqrt{3c}}{2EH\sqrt{H}} y \right)$$

v は正の實根たるを要するから第一根を採ればよい。

今 V_o = 一日中の總使用水量とすれば完全調整池では

$$V_o = \int_0^{24} A v dx = 24 Q_m$$

同様に不足調整池では

$$V_o = 24 Q_m \frac{f}{p}$$

Q_m は一般に既知數であるから V_o は常數と看做し得る故に

$$V_o = \int_0^{24 \text{ or } 48f} A v dx = 2A \sqrt{\frac{H}{3c}} \int_0^{24 \text{ or } 48f} \cos \left\{ \frac{\cos^{-1} \left(\frac{-3\sqrt{3c}}{2EH\sqrt{H}} y \right)}{3} \right\} dx$$

故に $f = 0.5 \sim 1.0$ に於ては

$$V_o = \frac{4AH \cdot E}{c(1-f)} \left[-2 \sin(t_{24} + t_o) \sin(t_{24} - t_o) \{ 2 \cos(t_{24} + t_o) \cos(t_{24} - t_o) \} + 1 \right]$$

$$\text{但し } t_{24} = \frac{\cos^{-1} \{ -F(2f-1) \}}{3}$$

$$t_o = \frac{\cos^{-1} (-F)}{3}$$

同様に $f = 0.0 \sim 0.5$ に於ては

$$V_o = \frac{12AfH^2E}{c} \left[2 \sin^2 \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\cos^{-1} F}{3} \right) \{ 2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\cos^{-1} F}{3} \right) - 1 \} \right]$$

本式の V_o は既知數であるから右邊に v_o を假定して計算し V_o に一致せしむるを要するのであるが、二三回の試算で容易に v_o を發見し得るから、從つて最大負荷、平均負荷、平均損失等を算定し得られる。

(4) 定期停電に對應せんとするもの 日曜日又は一定休日に停電を爲す場合は此の間の水量を利用する必要がある。此種調整池の容量を取水量の繼續時間で表はせば

$$T_o = T_m + 24$$

但し T_m = 平均負荷に対する調整池の可能運用継続時間即ち容量

而して其の期間を n 日とすれば、負荷率は

$$F = f \frac{n-1}{n}$$

F の逆数を調整池係数と稱する。

故に最大使用水量 Q_{max} は

$$Q_{max} = \frac{Q}{F} = \frac{n}{f(n-1)} Q$$

計算例

取水量 $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ なる場合に於て

1 負荷率 70% のときの調整池の容量を求む

$$\text{解} \quad T_m = 6 \left(\frac{1}{f} - 1 \right) = 6 \left(\frac{1}{0.7} - 1 \right) = 2.58 \text{ 時}$$

$$V = 2.58 \times 3,600 \times 10 = 92,800 \text{ m}^3$$

2 負荷率 30% のときの調整池の容量を求む

$$\text{解} \quad T_m = 24 (1-f)^2 = 24 (1-0.3)^2 = 11.76 \text{ 時}$$

$$V = 11.76 \times 3,600 \times 10 = 424,000 \text{ m}^3$$

3 負荷率 70% にして調整池の容量 $60,000 \text{ m}^3$ なるときの最大使用水量を求む

$$\text{解} \quad T_p = \frac{60,000}{10 \times 3,600} = 1.67 \text{ 時}$$

$$T_p = \frac{6(1-p)^2}{(1-f)p}, \quad 1.67 = \frac{6(1-p)^2}{(1-0.7)p} \quad \therefore p = 0.753$$

$$Q_{max} = \frac{Q_{mean}}{p} = \frac{10}{0.753} = 13.3 \text{ m}^3/\text{sec}$$

完全調整池の場合は $Q_{max} = \frac{10}{0.7} = 14.3 \text{ m}^3/\text{sec}$ なるを以て $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ の減少を示す。

4 調整池の重心よりの有効落差 100 m にして一般負荷率が 70% なる場合に、30% の尖頭発電を爲さしむるときの調節関係を求む但し水車及び発電機の能率

を夫々 88% 及 95% と假定す。

$$\text{解} \quad P_{mean} = \text{平均出力} = \frac{10 \times 100 \times 1,000 \times 0.736 \times 0.88 \times 0.95}{75} = 8,200 \text{ kW}$$

$$P_p = \text{最大出力} = \frac{8,200}{0.3} = 27,333 \text{ kW}$$

$$f_p = \frac{1-P_p}{4(1-f)} \quad \text{或は} \quad 1-P_w = P_p = 4(1-f)f_p$$

$$f_p = 0.3, \quad f = 0.7 \quad \therefore P_p = 4(1-0.7) \times 0.3 = 0.36$$

$$\therefore P_w = 1 - P_p = 1 - 0.36 = 0.64$$

$$f_u = \frac{f - f_p P_p}{P_w} = \frac{0.7 - 0.36 \times 0.3}{0.64} = 0.925$$

$$\therefore P_w = \text{被調節力} = 27,333 \times \frac{0.64}{0.36} = 48,500 \text{ kW}$$

$$\text{復活力} = 48,500 (0.925 - 0.7) = 10,900 \text{ kW}$$

本発電所は、 $48,500 \text{ kW}$ の調整池を有せざる発電所の出力を 92.5% 迄其の負荷率を上昇せしめ得るから、結局 $10,900 \text{ kW}$ の餘剰電力を 100% に復活せしめ得る譯である。

5 調整池より下流の水路は内径 3 m 、延長 $2,000 \text{ m}$ 、水圧鐵管は内径 2 m 、延長 300 m のもの二條とし、調整池重心よりの總落差が 120 m なるとき 30% の尖頭発電を爲す場合の出力並に損失力の関係を求む。

解 本題に於て水路は鐵管迄壓力隧道とす。今 t を隧道、 p を水壓鐵管を表す符號とすれば

$$h = \text{損失水頭} = \left\{ f \frac{L_t}{D_t} \cdot \frac{1}{2g} + f \frac{L_p}{D_p} \cdot \frac{1}{2g} \left(\frac{v_p}{v_t} \right)^2 \right\} v_t^2$$

$$= \frac{f}{2g} \left\{ \frac{L_t}{D_t} + \frac{1}{4} \frac{L_p}{D_p} \left(\frac{D_t}{D_p} \right)^4 \right\} v_t^2$$

$$f = 0.02, \quad L_t = 2,000 \text{ m}, \quad L_p = 300 \text{ m}$$

$$D_t = 3 \text{ m}, \quad D_p = 2 \text{ m}$$

$$\therefore h = \frac{0.02}{2 \times 9.8} \left\{ \frac{2,000}{3} + \frac{1}{4} \frac{300}{2} \left(\frac{3}{2} \right)^4 \right\} v_t^2$$

$$\begin{aligned}
&= 0.87 v_0^2 \\
V_0 &= 24 Q_{mean} = 24 \times 10 = 240 \text{ 時 } m^3 \\
&= \frac{16AfH^2E}{c} \left[2 \sin^2 \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\cos^{-1}F}{3} \right) \right. \\
&\quad \times \left. \left\{ 2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\cos^{-1}F}{3} \right) - 1 \right\} \right] \\
E &= \frac{1}{v_0(H - cv_0^2)}, \quad v_0 = 5.1 \text{ m/sec とすれば} \\
&= \frac{1}{5.1(120 - 0.87 \times 5.1^2)} = \frac{1}{497} \\
F &= \frac{3\sqrt{3}c}{2EH\sqrt{H}} = \frac{3\sqrt{3} \times 0.87 \times 497}{2 \times 120 \times \sqrt{120}} = 0.917 \\
\cos^{-1}F &= \cos^{-1}(0.917) = 23^\circ \sim 30^\circ \\
\sin \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\cos^{-1}F}{3} \right) &= \sin(30^\circ - 7^\circ \sim 50^\circ) = \sin(22^\circ \sim 10^\circ) \\
&= 0.3773 \\
\cos(22^\circ \sim 10^\circ) &= 0.9261 \\
\left[2 \sin^2 \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\cos^{-1}F}{3} \right) \right] \left\{ 2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\cos^{-1}F}{3} \right) - 1 \right\} \\
&= 2 \times 0.3773^2 (2 \times 0.9261^2 - 1) = 0.202 \\
\therefore V_0 &= \frac{16AfH^2E}{c} \left[\right] = \frac{16 \times 3.1416 \times 3^2 \times 0.3 \times 120^2 \times 0.202}{4 \times 0.87 \times 497} \\
&= 239
\end{aligned}$$

故に $v_0 = 5.1 \text{ m/sec}$ と決定す。

$$\begin{aligned}
\text{従つて } Q_{max} &= \frac{\pi D^2}{4} v_0 = \frac{3.1416 \times 3^2}{4} \times 5.1 = 36 \text{ m}^3/\text{sec} \\
H_e &= \text{有効落差} = H - 0.87 v_0^2 = 120 - 0.87 \times 5.1^2 = 97.4 \text{ m} \\
P_{max} &= \text{最大出力} = \frac{36 \times 97.4 \times 1,000 \times 0.88 \times 0.95 \times 0.736}{75} \\
&= 28,800 \text{ kW} \\
P_{mean} &= \text{平均出力} = 28,800 \times 0.3 = 8,640 \text{ kW} \\
H_m &= \text{平均使用水量に対する有効落差} = 120 - 0.87 \times 1.415^2
\end{aligned}$$

$$= 118.26 \text{ m}$$

P_m = 平均使用水量に対する出力

$$= \frac{10 \times 118.26 \times 1,000 \times 0.88 \times 0.95 \times 0.736}{75} = 9,700 \text{ kW}$$

$$\text{平均損失率} = \frac{9,700 - 8,640}{9,700} = 10.93 \%$$

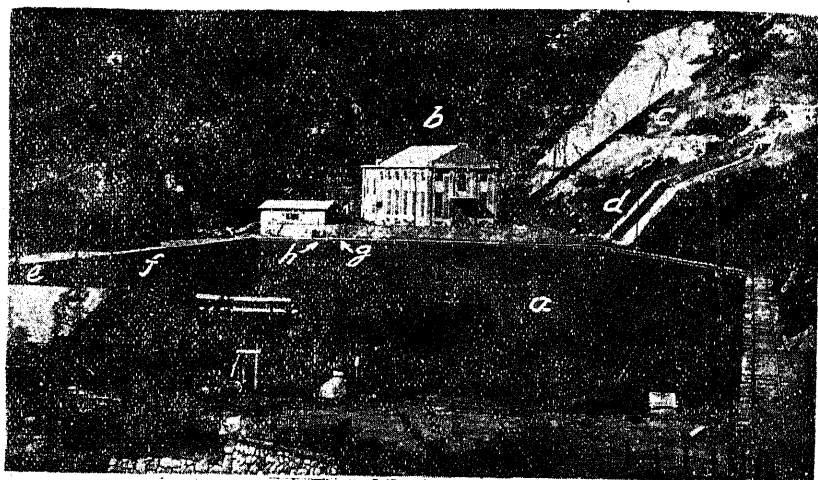
附記 本項に付ては松野辰治氏著「水力調整池の研究」(大正14年6月土木學會誌第11卷第3號)に負ふところ大である。

16 逆調整池

使用水量の調整を行ふ発電所では、発電所の負荷の状態に應じ、使用水量を變動せしめるから、放水口より下流では、河川の自然流量が刻々變化する。

故に若し此の影響を受ける區域に、自然流量の全部若くは一部を利用する利水事業、例へば灌漑、流筏木、舟運、他會社の水力発電所等が在れば、之等に支障を及ぼすから、調整に因る流量の變動を無くなすか又は軽くする施設を必要とする。

此の目的の爲には、調整を行ふ発電所の放水口下流を堰止めて、湛水池を造り、之に調整に依る放水を一時貯溜する一方、此の池より河川の自然流量に對應するだけの流量若は下流に於て必要とする流量を河中に放流してやる。斯かる作用を爲さしむる目的を以て設けたる池を逆調整池と稱する。従つて調整池に依つて調整した全水量を、河川の自然流量に引き戻す必要ある場合には、逆調整池の容量は調整水量の全量を必要とする。



17 図 A 伊那電気鉄道会社 松川逆調整池

- a 逆調整池(面積 6,700 m² 平均水深 2.73 m 側壁底共鉄筋混凝土構造)
 b 発電所 c 水圧管 d 水槽餘水路 e 逆調整池土砂吐
 f 溢流吐 g 発電所放水口 h 自働流量調整装置

(一般平面圖参照)

調整池(A) は、第三発電所並第四発電所兼用にして其の有効貯水量は 18,000 m³。

副水櫃(B) は、第四発電所の調整池にして、尖頭負荷時第三発電所の最大使用水量が此處まで到達する間の不足水量の補給に使用す。有効貯水量 8,350 m³。

逆調整池(C) は、(A) 並 (B) 調整池により調整せる使用水量を逆に調整する用に供す有効貯水量 18,000 m³。

各調整池の使用法

第三発電所の使用水量は常時 1.11 m³/sec で、此中より深夜及晝間の 19.5 時間だけ毎秒 0.256 m³ 即 18,000 m³ を (A) 調整池に貯水し、之を尖頭負荷時 4.5 時間だけ毎秒 1.11 m³ 使用する。従つて尖頭負荷時の使用水量は 1.11+1.11=2.22 m³/sec となる。

第四発電所は第三発電所の放水を直接受け入れる外途中(陣ヶ澤)より毎秒 0.03 m³ を取水す故に其の使用水量は

$$\text{常時 } 1.11 + 0.03 = 1.14 \text{ m}^3/\text{sec} \quad \text{尖頭負荷時 } 2.22 + 0.03 = 2.25 \text{ m}^3/\text{sec}$$

となる但し第三及第四兩発電所の尖頭負荷時は同時であるから尖頭負荷時、第三発電所の放水が第四発電所に達する迄(約 32 分)の不足水量は之を(B)調整池より補給する。

尖頭負荷時 4.5 時間中第四発電所の放水は全部之を逆調整池に流入せしめる。此の水量

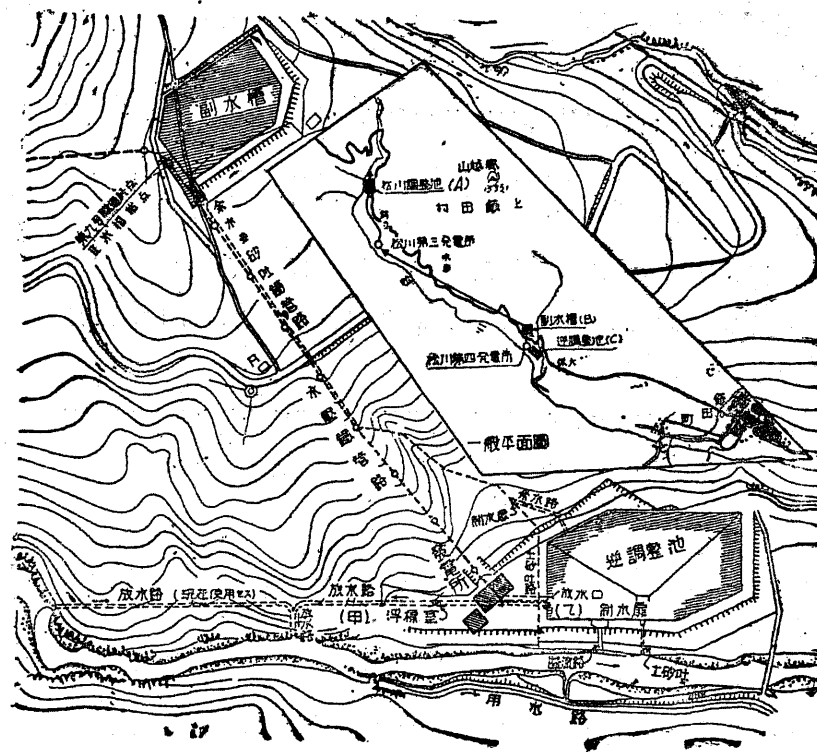


図 B 一般平面並逆調整池附近平面圖

合計 36,400 m³ となる。然るに此の 4.5 時間中逆調整池に設けた自働流量調整装置によつて 1.14 m³/sec 即 4.5 時間にて 18,400 m³ を河川に放流する。従つて尖頭負荷終了時に於ける逆調整池内の貯水量は 36,400 - 18,400 = 18,000 m³ となる。之を深夜及晝間(A)調整池に貯水する時間即 19.5 時間中河川に放流すれば、毎秒の放流量は 0.256 m³ となる。即ち (A) 調整池に貯水するだけ逆調整池から放流することとなる。而して此の 19.5 時間中第四発電所の放水量は 1.14 - 0.256 = 0.884 m³/sec となり之に逆調整池の放流量 0.256 m³/sec を加ふれば河川への合計放流量は 1.14 m³/sec で、第四発電所の取水量と一致せる流量を常に河川に放流し河川の自然流量を変化せしめないことになる。

17 揚水式発電所 (Pumped storage hydroelectric plants; Pumpspeicheranlagen)

(1) 概要 約 50 年前瑞西に於て初めて試みられたる一種の水力発電方式で、現今では世界中に約 50 個所程建設せられて居る。我國には計畫中のものは多少あるが、未だ實現されたものはない。

其の概要は、火力又は水力発電所の軽負荷時の安價な餘剩電力を利用してポンプを運轉し、貯水池に水を汲上げて置き、之を尖頭負荷時に流下して發電するのである。

元來輕負荷時に於ては、火力発電所は其の發電設備を全部休止するか若しくは一部しか運轉して居らぬから、之を揚水用動力に利用すれば電力料金は割安に使へる。又水力発電所に於ては輕負時には河川に徒に水を放流してしまうのであるから、此の時の電力料金は極めて僅少の運轉費だけ、即ち殆ど無料と見てよいのであるから、此の種揚水式発電所は、大容量の蓄電池が發明されぬ限り、普通の貯水池と同様、一種のエネルギー蓄積設備と言つてよい。

(2) 方式 方式に大體四種類ある。

a) 貯水池を有する発電所の放水口下流の河川を堰き止め、之に湛水池を設け(落差は多少損すことがあるが)、他の発電所の輕負時に其の餘剩電力に依つて、此の発電所内に設備したポンプを運轉して、放水口前の湛水を水壓管に依り貯水池に逆送して貯水するもの。

b) 上記の如く放水口下流附近に湛水池を造り得ざる場合で、貯水池附近の低位置に貯水池に容易に揚水し得る様な水源(河川、湖沼)があるならば、餘剩電力に依つて此の水を貯水池に揚水するもの。

a) 及 b) は、在來貯水池の水量補給用として利用さるゝ外尖頭負荷發電用として利用される。此の発電所の下流に水力発電所があるならば、之等発電所では増加水量を利用し得る利益がある。

c) 高位及低位に在る廣大の凹地又は溪間を利用して、上下二つの池を造り、何れかの池の附近に在る小河川より引水して池を満水させ、此の溜水を利用するもの。此の場合には蒸發、滲透等に因る池水の減損を時々補給する必要がある。

d) 海岸附近に在る山頂若は高所の湖沼又は凹地を利用して池を造り、之に海水をポンプで汲み揚げ之を利用するもの。

e) 及 d) の方式は、主として尖頭負荷發電所として用ひられるのである。

(3) 經濟價值 貯水池若は調整池を有せざる水力発電所を、底負荷發電所として運轉し、尖頭負荷は火力発電所に依らしめる様な場合には、僅かな時間だけ負荷が増しても火力発電所を運轉しなければならない。然かも此の場合には電力料は非常に高價に當るが、之を揚水式発電所に依らしめるならば、頗る經濟的になる。

今前記の如き場合に、尖頭負荷時の火力發電費が、發電所渡しで假に 1 kWh 1.6 錢で、輕負荷時に於ける他の水力発電所のそれが 0.8 錢であるとし、此の電力で揚水式発電所を運轉して電氣を發生した場合に、需要地に近い變電所に火力と揚水式水力とに依る電氣を送つたとして兩種の電力料金を比較して見よう。

火力に依る發電費は次の如くして求められる。

火力発電所變壓器の能率	98 %
需要地迄の短距離の送電線の能率	95 %
以上の合成能率	93. %

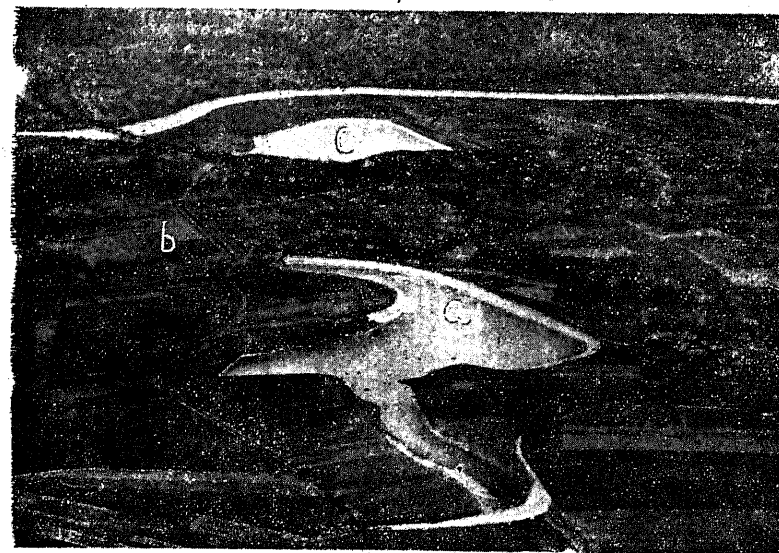
故に火力発電所で 1.6 錢/kWh ならば、變電所では $1.6 \div 0.93 = 1.72 \text{ 錢/kWh}$ となる。之を揚水式発電所の電力料金と比較して見ると。

水力発電所昇壓變壓器の能率	98 %
揚水式発電所迄の比較的長距離の送電線の能率	90 %
揚水式発電所の降壓變壓器の能率	98 %
揚水用電動機の能率	96 %

揚水用ポンプの能率	97 %
貯水池迄の水圧管の能率	99 %
貯水池からの水圧管の能率	98 %
水車の能率	89 %
発電機の能率	96 %
水力発電所昇壓変圧器の能率	98 %
需要地迄の比較的短距離の送電線の能率	95 %
以上の合成能率	56 %

故に他の水力発電所に於ける輕負荷時の電力料金が、0.8 錢 / kWH ならば、
 變電所では $0.8 \div 0.56 = 1.43$ 錢 / kWH となり、火力料金に比して約 16 % の
 節約になるのである。

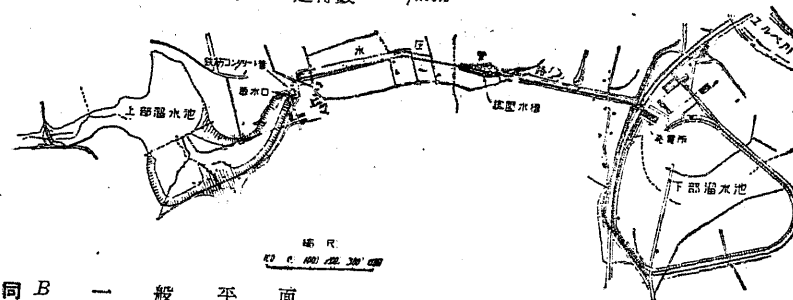
但し上記の場合には、火力発電所の建設費と揚水式発電所の夫れとの金利差を
 考慮してないが、單に尖頭負荷發電所として揚水式發電を爲すのならば、前述の
 様式 c) 又は d) の方式に相當す様な地形は需要地の附近に求め易いから、斯か
 る場合には多少建設費が、火力発電所の夫れよりも高く要しても、上記計算の送
 電距離に因る損失を輕減し得るのと、運轉が簡單容易で經費が餘り要らぬと云ふ
 諸點で、建設費の割高を償ひ得られるであらう。



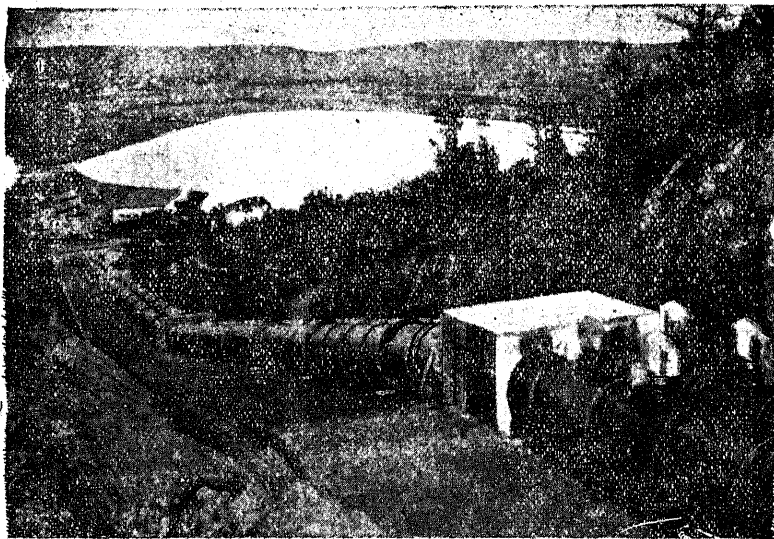
18 圖 4 Niederwartha 揚水式發電所

a 上部溜水池 b 水壓管路 c 下部溜水池

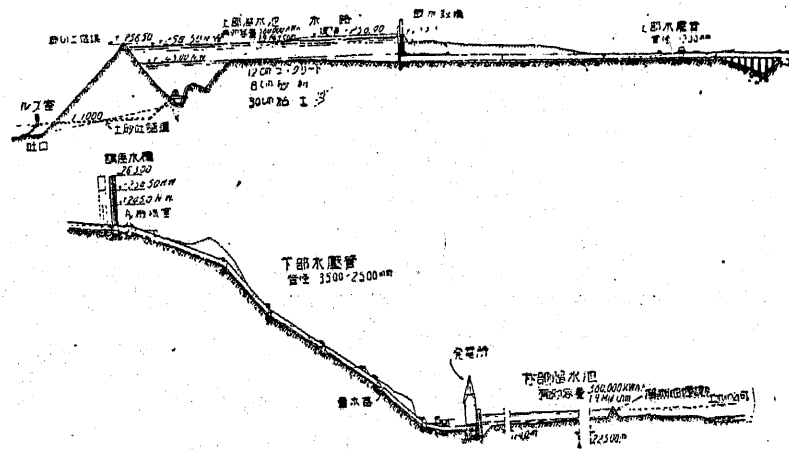
上部溜水池 土堰堤最大高 42.0 m 總貯水量 3 百萬 m^3 有效貯水量 1.9 百萬 m^3
 (560,000 kWH) 有效水深 9.5 m 上部水壓管 鐵筋混凝土管 (1 條) 長 100 m
 徑 3.5 m 水壓鋼管 (2 條) 長 900 m 徑 3.2 m 調壓水槽 鋼製 (2 槽) 高 35 m
 徑 17 m 下部水壓管 水壓鋼管 (2 條) 長 800 m 徑 3.2~2.5 m 下部溜水池
 水面積 45 ha 深 5 m 有效貯水量 1.9 百萬 m^3 發電所 總出力 60,000 kW
 發電機 4 臺 發電機たる場合 出力 15,000 kW 電動機たる場合 出力
 21,500 kW ($\cos \phi = 1$) 水車 4 臺 フランシス渦卷型 使用水量 17.0~18.5 m^3/sec
 有效落差 120.8~143.3 m 馬力數 23,400~30,330 迴轉數 375/min ポンプ
 4 臺 セントリフューガル型 揚水量 9.4~11.8 m^3/sec 揚程 154.3~138.3 m
 所要馬力 23,800~27,000 迴轉數 375/min



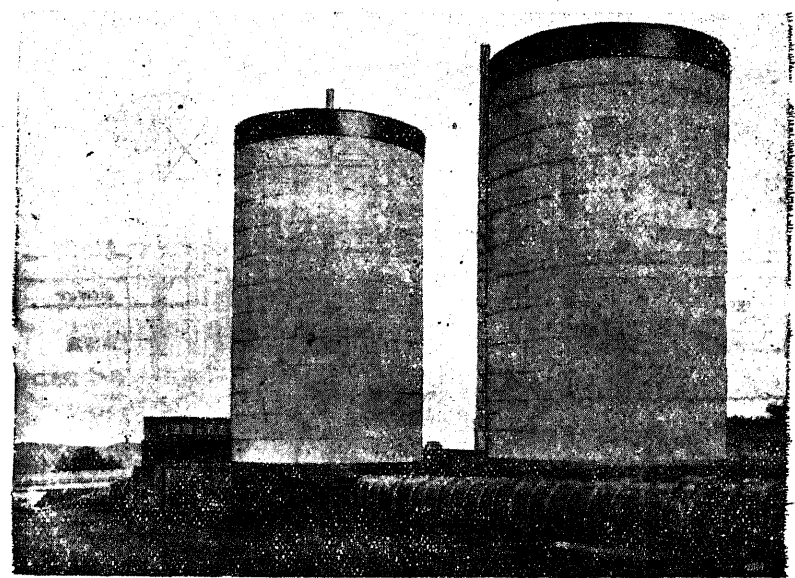
同 B 一般平面



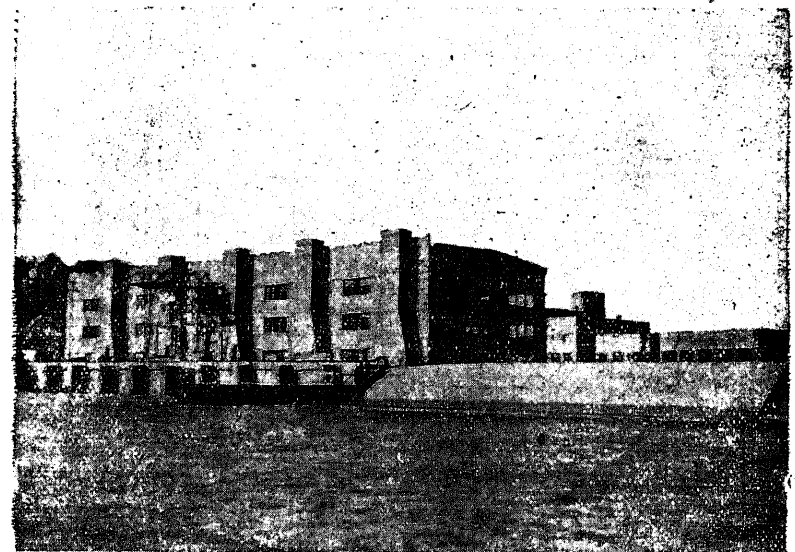
同 O 水壓管路



同 D 水路縱斷



同 E 調壓水槽



同 F 發電所及下部溜水池

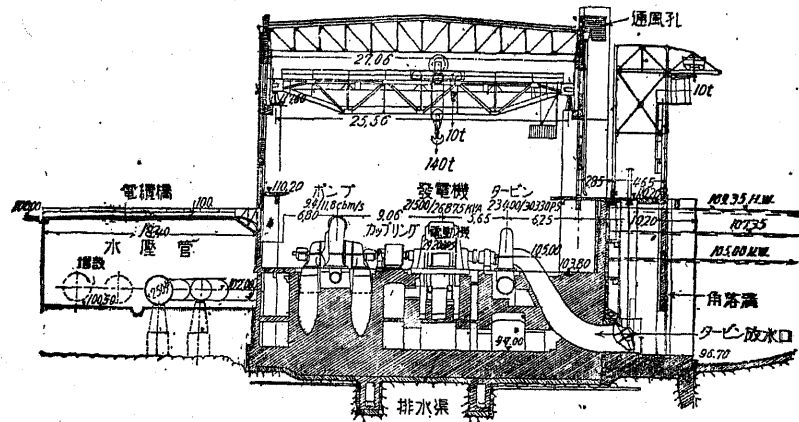


図 G 発電所縦断面図

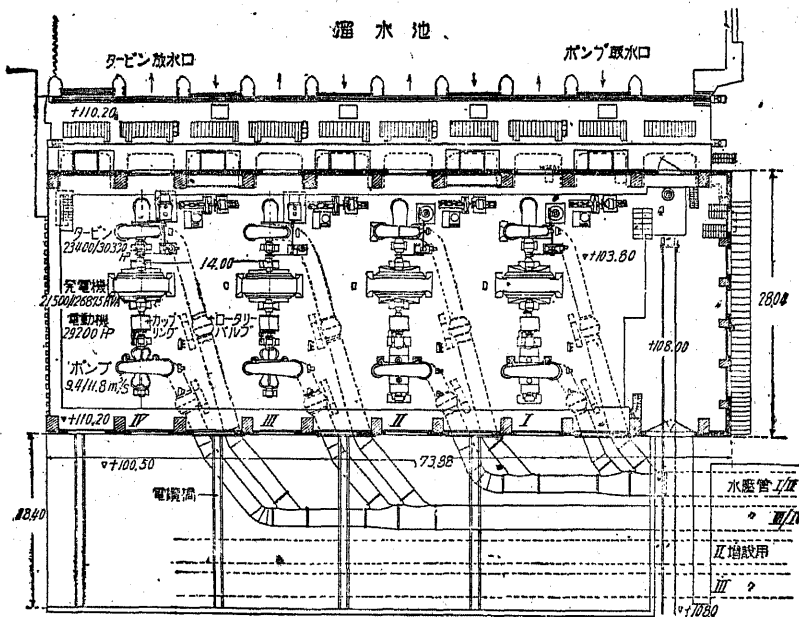


図 H 同平面図

18 潮力発電所

動力資源としての河川に依る水力と其の総量には限度があり、既に大半は開発され又はされんとしつつある機運に在るが、更に次期動力資源として各國に於ては夫々自國の地理に立脚して之が探究に努めつつある。就中潮力に在りては既に米國、英國、佛國等に於て、大規模なる計畫の發表されたるものあり、開發の機運が著しく促進されて居る狀況である。潮力發電計畫の概要を述べると、一般に潮差の大なる感潮河口の一部又は海邊の適當なる地域を堤防にて區劃し、一箇又は數箇の潮池を築造し、夫々水門と發電所とを設け、潮池と外海間との水位差に依つて出入する海水を利用して發電するもので、一箇の潮池を設くるものに在りては昇潮或は降潮の際に發電するので、従つて潮止りの場合は發電不可能であるから、此の式は斷續發電となるのである。

之に對して高潮池及低潮池又は更に多くの潮池を設け之を巧に利用するときは連續發電を爲し得るのである。其の他潮池及潮位の種々なる組合はせに依り幾種類の發電方法をも案出し得られる。

唯茲に困難なる問題は、潮汐の干満は毎時其の大きさを變ずるのみならず、又日々に於て相異なり然かも此の變化は種々の周期を反覆持續するから、利用潮差の變化大なるときは、發電所の出力は日々大小不同なるを免れぬ。従つて一般電燈電力の供給用としては不便尠からざるも、別に豫備補助發電所を設けるか或は既設の水火力發電所との併行運轉をすれば、電力供給上の定常化を圖ることが出来るものである。

尙考ふべき問題は工費の點で、潮池を設ける爲の海中を區劃する堤防、發電所基礎、各種水門等の海中工事費は、總工事費中の大部分を占むるから、之等の各種工費の廉なる地形及地質の地域を得ると否とは、事業の經濟的成否に重大なる關係を有する。故に地形、地質共に相似の場合には潮差の最大と最小との差異大なる地點よりは、其の差異小なる所に於て有利で、即ち平均潮差は大きく且平均

潮差と最大潮差との比を示す潮差率の大小の二條件に依り地點の優劣が決定される。概略的には平均潮差 3m を以て潮力發電可能性の有無が決められる。

我國に於て前述の如き條件に適する地域は、朝鮮の西海岸即ち黃海方面で殊に仁川港を中心として南北十數里の海上は潮差の大なる點では世界屈指の地域で大潮昇約 9m、大潮差約 8m、小潮差約 4m に達する所があり、然かも海岸線の出入極めて多く其の海上に多數の島嶼散在し、地形亦漏斗狀を成して陸岸に深く入り込んで居るから、潮差の大なると共に地形上にも潮力發電上の好適地と目されて居る。

朝鮮總督府逕信局に於ても夙に此處に着目し、種々の調査を試みて具體的の數計畫を發表して居る。其の一を紹介すると京畿道西海岸仁川港を距る西北約 8km の江華島其の附近の小島嶼を繞る約 23,000 km^2 餘の地域を劃し、此處に高潮池及低潮池の二潮池並に發電所を設け、總延長 9.4 km の堤防を以て之を圍み、各種の水門 6 門を設け潮池間の落差及潮水を調節發電せむとするものである。

上記計畫の概要は、高潮池、低潮池及外海潮位の變化に依つて生ずる各潮池海間に於ける相對的水位差を利用して落差とし、及各潮池海間に入出する海水を水量とし之等を發電の要素とするもので、其の中高潮池は外海潮位上昇すると共に動作する自動取水門に依つて常に水位を高く保有し、低潮池は外海潮位低下と共に動作する自動排水門に依つて水位を成るべく低く保有せしめる。斯くして高潮池及低潮池間の落差を利用するを有効と認める間は外海と高低兩潮池間の連絡を絶ち、高潮池より低潮池に向つて海水を流下し發電せしめ、外海潮位相當高くして外海及低潮池間の落差を利用するのを有利と認むる間は、高潮池よりの給水を休止し、外海潮位を高水位にして使用し、又外海潮位或る程度以下に下降し低潮池を利用せざるを有利と認むる場合は、低潮池に放水するを休止して直接外海に放水する。

發電量は潮差の大小に依り大小不同で、大潮差の場合には發電量相當増加する

が、小潮差の場合には甚しく減少するから、若し一定の發電量を得る爲には別に火力補助發電所等に依つて此の不同を補整してやらねばならない。

