

## 日本の水力 (工學士森忠藏氏所論) (承前)

三 落差 落差は水力の一要件なり、我水力は主として派川の upstream を利用し downstream は工事困難工費大なるにより未だ外國に見るが如き upstream に於ける低落差の大水力を見ざるなり調査水力及許可水力(大正二年十月現在)の方面別落差を統計せば調査地點一千五百三十六に於て百尺未満二割八分百尺乃至三百尺五割三分、三百尺以上一割四分、亦許可地點に於ては百尺未満四割一分、百尺乃至三百尺四割、三百尺以上一割九分、亦全水力地點に於ては百尺未満三割二分、百尺乃至三百尺五割二分、三百尺以上一割六分となるなり。即百尺乃至三百尺程度は全體の凡二分の百尺以下三分の一、三百尺以上六分の一となるべし。而して最高落差は調査水力にて二千十尺許可水力にて二千四百五十五尺にして、内四國の住友鑛業水力は千八百二十尺を利用し居れり、何れも使用水量尠く住友の如き四十個に過ぎざるなり。而して以上落差は水路亘長を伸縮せば増減すべく故に水力地點として落差に關する對照は一定の水路亘長に比較したる落差を可とす、即ち水力地點の河川勾配之れなり。然り而して同水量に於ては河川勾配の急なる程有利なるは勿論につき水路亘長一千間に對する落差を計算せば、調査地點に於ては北海道は最小にして一千

間に對する平均落差五十三尺四寸、信越は最大にして百七十一尺六寸、全國平均は百二十尺なり、即ち河川勾配は五十分の一となるべし。亦許可地點に於ては奥羽方面の百二十八尺八寸を最小とし、信越近畿の二百六十七尺を最大とす。全國平均は百二十二尺にして、此河川勾配約二十八分の一となるべし。亦全水力地點にては北海道の最小は五十八尺七寸、東海道東部の最大は百九十七尺、全國平均は百四十尺にして、即ち河川勾配四十三分の一に當るなり。右によれば許可地點の落差は調査地點のものに比し一倍七分六厘にして七割六分良好なり。之れ水力は落差を利用すると言ふ見知より比較的落差の高きものに着目利用し、若くば利用せんとし、或は從來の水力電氣は各地方一般供給を目的とし敢て大水力を必要とせず比較的有利の水力を揀定したるによらずんばあらず。

四 水力系數 水力は水量と落差の相乘積に更に一定數を乘じたるものにして、水量と落差とに比例するなり。而して水力の價値は工事費低廉にして水量の多きに隨ひ落差の大なるを以て有利とす。即前述の水路一千間に對する落差と其地點の湧水量との相乘積は特種の場合を除き水力の價値を示す一の標準にして、假に之を水力系數と稱すべし。水力地點の所

在地は起業上重要なる一要素にして、地形地質交通運輸の便否等は工事施行上工費上大關係あるべし。而して全國各方面の水力の價値を比較する爲め及び水力地點の優劣を比較する便法として暫らく之等の關係を一様と爲し、前述の各地點に於ける水力係數を算出せば第十表の如し。而して本表中には瀑布の如く天然に落差を有するもの、大湖水の如き天然に多量の水を引用し得らるゝ地點は水力利用上絶好にして、随つて水力係數莫大なるも斯の如き天惠のものも多くあらざるべく、亦現存のものは現に利用し得らるべし。然らば將來一般に利用せられんとするは人工水路によりて落差を得るもの、亦は堰堤貯水池によつて水量を調整せんとするものなるべきを以て瀑布湖水による地點は之を除外せり。

(第十表) 平均水力係數表(方面別)

方 面	調査地點	水力使用 許可地點	水力使用 許可發電 地點	全水力地點	同上最大な 百分率としたる 百分率
北 海	6,006	6,383	9,515	6,029	36
道 北	11,208	12,989	10,516	11,540	69
羽 越	7,047	10,481	10,542	7,630	46
東 海	9,381	20,136	27,654	13,589	81
東 海	16,560	17,517	16,989	16,719	100
東 海	8,730	14,328	12,384	10,264	61
東 海	15,661	12,712	11,356	14,507	87
北 陸	5,202	13,301	17,148	8,082	48
山 陰	5,217	16,241	17,903	6,571	39
山 陽	5,260	6,477	3,531	5,477	33
四 國	7,005	13,807	16,531	8,297	50
九 州	9,582	15,254	15,558	10,919	65
全國平均	9,408	14,740	15,482	10,571	63

即調査地點一千五百三十五個所に於ては信越と北陸の方面

水力最も優れ、東北九州之に次ぎ、近畿山陰山陽最も劣るなり。亦許可地點四百二十八個所に於ては東海道東部と信越最も勝り、北海道山陽最も劣る。亦全水力地點にては信越第一にして、北陸東海道東部は優れ、山陰北海道山陽の順にて低下す。尙優劣の程度を百分率を以て示せば第十一表の通りにして、最大平均最小の比は三、二、一、となるなり。

第 十 一 表	順 次	方 面	最大係數を百としたる百分率
1	信 北	畿 關	100
2	東 海	東 海	87
3	東 海	東 海	81
4	東 海	東 海	69
5	東 海	東 海	65
6	東 海	東 海	61
7	四 近	四 近	50
8	四 近	四 近	48
9	東 山	東 山	46
10	東 山	東 山	39
11	北 山	北 山	36
12	北 山	北 山	33

最大に對する百分率の平均 63

次に此の水力係數を地方別とせば大なるは新潟富山熊本静岡福島山梨長野福井神奈川京都等にして、小なるは三重滋賀大阪兵庫香川福岡長崎等なり。新潟を始め北陸方面の地方が雨量多く優秀なる水力地點に富み、亦熊本筑後川及阿蘇山系を水源とする河川に於て、静岡山梨神奈川は富士山系を水源とする芝川桂川酒匂川等に於て、福島は磐梯山系並猪苗代湖を水源とする日橋川に於て、京都は琵琶湖を自然調整地とする瀬田川に各基因し、以て何れも水力係數を高むるなり。斯くて普通水力地點の水力係數の全國平均は調査地點に就て

は九千四百、許可地點の一萬四千七百全地點に就ては一萬六  
百を示すべし。

五發電水力發達 次に發電水力の梗概を述べんとす。

(イ) 水力利用の嚆矢と發達 我が發電用の目的に水力を  
利用したるは明治二十三年京都市の疏水工事に附隨し建設せ  
るものにして、最初は百二十馬力水車四臺八十キロワット發  
電機四臺なりし。而して獨逸の長巨離送電に成功せるは實に  
其翌二十四年なり。爾後各所に水力發電所起り年度別によれ  
ば明治二十七年に一個所三十キロ、二十八年に一個所百キロ、  
三十年の三ヶ所千八百キロ、三十一年に七個所千七百七十キ  
ロ、三十二年に十三個所三千五百キロに増加し、三十六年の累計  
は事業數七十九總發電力(發電所の出力)一萬三千キロワット  
に増加せり。以降大正四年迄の發電力累年比較は第十二表の  
通りなり。

第十二表 水力に依る發電力 (電氣供給總額を自家用及官廳) 用の別業及増設せるもの(百分率)  
累年比較表

年次	事業者數		發電力 (キロワット)	増加率 (百分率)	各年平均 増加率 (百分率)
	一般水力	水力發電者			
36	79	—	13,124	25.	35.3
37	88	—	16,409	13.0	
38	98	—	18,547	25.9	
39	105	—	25,195	53.1	
40	132	192	38,692	55.7	
41	162	143	60,121	29.3	
42	195	153	73,507	27.4	
43	255	188	112,932	53.8	
44	341	214	143,831	27.4	
1	391	239	233,330	62.2	
2	510	278	321,596	37.8	
3	595	320	416,586	29.5	
4	943	374	449,220	7.9	

續 表

表中の一般水力には水力發電所のみ或は水力及火力發電所  
を兼營しおるものもあるも主として水力に依るもの並に他より  
水力電氣の供給を受け居るものを含有す。尙表中の發電力に  
は設備をも包含するなり。即上表によれば日露戰役迄は微々  
にして、明治三十七年末の總發電力は僅かに一萬六千キロワ  
ットに過ぎざりし。而して該戰役後諸企業の勃興により水  
電事業の隆盛を來たし、東電桂川第一發電所を先驅とし従來  
の計畫規模を更め大水力發電所は各所に設けられたりしが、而  
して明治四十年以前の水力は地方的小水力時代なりしが、同  
以後は長距離送電による大水力時代となれり。即三十九年末  
迄は何れも各地小水力のみにて三十九年に信濃電氣が四千キ  
ロワットの發電所を造くりしを除くの外は一發電所凡千キロ  
ワットに止まり、平均二百四十キロに過ぎず。亦送電距離も  
二十哩内外に過ぎざりしが、明治四十年以後東京電燈が新に  
一萬五千キロワットの水力電氣を東京迄四十七哩送電せるを  
率先とし、横濱電氣王子製紙名古屋電燈第二鬼怒川桂川宇治  
川熊本猪苗代水力の順序に依り長距離送電の大水力相次ぎ起  
りて以て水力の最も旺盛なる現象を呈せるなり。

第十三表

年次	水力發電力 (キロワット)	毎四年増 加倍數	水力發電力 (キロワット)	毎四年増 加倍數	全(キロワット)
36	31,124	2.45	13,124	2.95	44,252
37	42,563		16,409		58,972
38	53,827	2.38	18,547	3.14	74,374
39	69,101		25,195		91,296
40	76,888	1.81	38,692	3.10	114,580
41	94,611		60,121		154,732
42	108,709	3.10	73,507	207,657	182,216
43	144,605		112,932		321,586
44	177,733	3.10	143,831	462,203	586,586
1	228,864		233,330		715,589
2	275,260	3.10	321,596	771,864	1,093,460
3	269,383		416,586		1,480,046
4	322,984	3.10	449,220	1,929,266	2,359,246

六一七

即三十六年より大正元年迄は火力によるもの甚だ多く元年に於て殆ど相同じ、元年を超ると水力割合に増加し三十六年には火力は水力の二倍三分七厘、四十年には火力は水力の二倍に、四十四年には水力の一倍二分三厘に、大正四年には火力が降り水力の七割となり、亦兩者の増進速度は相反し、三十六年より四十年四十四年大正四年の毎四年の増加倍數は火力は二倍四分五厘、二倍三分三厘、一倍八分一厘に下り、水力は二倍九分五厘、三倍七分三厘、三倍一分二厘となれり、斯く我が水力は年々増加の傾向著しく亦外國の水力も盛に發展しおるに徴するも、我水力は將來大發展せざんばあらず。尙水力の基礎たる河川の流量が渇水期に於て尠からず減少するを以て之れが經濟的利用を講ずる必要上、火力も亦主要原因

第十四表

發電所出力一キロワット當り水力電氣工事費表

種類	例數	發電力			水路工事費			發電所工事費			水路及發電所工事費			水力發電所工事費 内廉百分率	
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
I	11	530	120	317	201 <sup>H</sup>	78 <sup>H</sup>	157 <sup>H</sup>	187 <sup>H</sup>	91 <sup>H</sup>	137 <sup>H</sup>	476 <sup>H</sup>	205 <sup>H</sup>	263 <sup>H</sup>	53.4 <sup>H</sup>	46.6 <sup>H</sup>
II	19	2,400	615	1,246	264	79	170	178	33	97	379	148	267	63.7	36.3
III	5	5,250	3,000	3,810	264	102	142	131	65	97	385	177	240	59.5	40.5
IV	9	41,800	6,000	21,920	366	74	196	89	52	72	429	157	268	73.2	26.8
平均	44						166			101		267		62.2	37.8
							(178)			(90)		(273)		(84.3)	(55.7)

表中水路工事費とは取入口より以下水壓管及放水路の工事費にして、内四千キロ級のものの比較的最低なるも一般例としては百八十圓程度を適當とせん。然るとさば水路工事費の全平均は出力一キロワット當り百七十六圓となるべし。亦尙規模の大小より檢せば小水力は低廉なるも此は小水力は比較的優秀の地點を撰定し易く、工事亦割合粗笨なるによらずんば

動力として寧ろ補助原動力として且つ特種用途に對し相當増進せん。斯くて我水力及火力に依る既設發電力は三十六年の四萬四千キロワットの十一萬五千四百四十四年の三十二萬二千より大正四年末七十七萬二千キロワットに増進したるなり。  
六水力工事費 水力工事費は小水力程一馬力當り亦は一キロワット當りの單價多額なるは勿論なり、亦同程度の水力にても水量落差の多少高低により異なり、少水量高落差程比較的低廉となるべし。

(イ)我が實例 次に從來起業水力電氣事業の内百キロワット以上のものにて其建設が比較的新しく、且つ一般水力の標準工事費と見做し得る四十四例を撰擇し其平均工事費を算出せば第十四表の如くなるべし。

あらず。發電所工事費は水車發電機建物及附屬物(遮昇變壓器迄)等を含むものなるが、之れは規模大なるに隨ひ低下し居れり。亦水路及發電所工事費の合計は水力發電所全體の工事費にして、即水力電氣の價格なり。(但し外に送電費を要するは勿論なり)而して平均二百六十七圓を以て我水力電氣の標準となすことを得べし。尙五千キロワット以上の大水力電

## 機 械

氣事業は孰れも送電供給するにより送電線路及變壓所の工費を合せて變電所迄の總工費を特に既設の八大水方に就て算出せば發電所出力一キロワット當り最低二百六十九圓最高四百八十五圓平均三百五十二圓となれり。而して平均額内譯水路工費百九十六圓發電所工費七十二圓送電線路及變電

### 燒 嵌 の 爲 め 外 輪 に 生 ず る 内 力

鐵道車輛の車輪にはナルド車輪を用ふること有れども多くは輪心の周圍に外輪を固着し摩耗の際取替を可能ならしむ。外輪を輪心に固定するには外輪内面の直徑を輪心外面の直徑よりも少しく小に削正し外輪を熱して膨脹せしめその内面直徑が輪心外面直徑よりも大となりし時に輪心を嵌めし冷却せしむる方法を普通とす、此方法に依れば冷却に際し外輪は收縮して原形に復せんとするが爲めに輪心と外輪との間に大なる壓力を生じよく固定するを得るなり。

燒嵌の溫度、燒嵌の際外輪を熱すべき溫度は一定せざれども今外輪の内徑が恰も輪心外徑と等しくなる迄外輪を膨脹せしむべき溫度の上昇を求むる時は外輪材料たる鋼の線膨脹係數を溫度華氏一度の上昇に對し  $0.5 \times 10^{-7}$  とし外輪内徑と輪心外徑との差を輪心外徑の  $1/100$  としたる普通の場合に於て外輪踏面の直徑  $D_1 = 30$  の例を取れば  $t_1 = 163^\circ F$  となる、もし外輪内徑に  $H = 10\%$  の公差を有するものとせば  $t_1 = 179^\circ F$ ,  $t_2 = 147^\circ F$  即

所工費八十四圓にして、百分率水路工費の五五、七%發電所工費の二〇、四%送電線路及變電所工費の二三、九%となるべく、亦大略にては水路工費二分の一送電工費四分の一發電所工費五分の一となるべし。

(大正六年二月土木學會誌第三卷一號)(長崎)

### 内 力 (工學士野口尙一氏所論)

ち華氏一五〇度乃至一八〇度の溫度上昇により外輪内面と輪心外面とが同一直徑となる、實際には嵌入の際に空隙を要すべきを以て更に大なる溫度上昇を要す、制動作用其他の原因より外輪の熱せらるゝ場合に溫度の上昇前記の値に達すれば外輪内面と輪心外面とが同一直徑となるを以て弛緩状態に陥るべし。此點よりせば嵌入前の直徑の差の小なる程弛緩し易きことを知るべし。

燒嵌後に生ずる内力 燒嵌後に輪心は壓縮せられ外輪は擴大せられて共に其直徑を變ずるに従て輪心は半徑方向の壓力と同時に圓周に沿ひて壓内力を生じ外輪は半徑方向の壓力と同時に圓周に沿ひて張内力を生ず、外輪の断面は輪縁を有するものにありては不整形なれども輪縁無きものは略幅  $b$ 、厚さ  $h$  の矩形断面を有する故に外輪に於ける内力分布の有様は内面に流體壓力を受くる厚さ圓筒の一部分の如くなるべし。内面に壓力を受くる厚さ圓筒に對する内力の式は