

水力發電地點에서의 月流量特性에 關하여 (1)

技術解説
18~1~2

A study on characteristics of monthly stream flow at several hydro power sites

李 光 遇
(Kwang Wu Lee)

1. 序 論

水力發電에 依한 電力供給力은 氣象과 運營方法에 따라 時時刻刻 變動한다. 이 電力供給의 適正評價는 經濟的發電뿐만 아니라 供給力의 確保上 重要하다. 水力供給力의 評價上 出水에 對한 豫知가 必要하며 이것 때문에 河川流量을 決定하는 降水를 推測하여야 한다. 그러나 現在 이것에 對한 適當한 方法은 없다. 단지 過去의 諸統計부터 推測하는 것 以外에 方法이 없다. 諸統計부터 考察되는 것은 貯水池의 代表性 duration 出水率 流量의 對數正規性 流量의 周期性 集水域의 濕潤傾向等 여러 가지이나 여기서는 計算機의 使用이 不可能한 現立場에서 比較的 간단한 月流量을 中心으로 우리나라 5개 水力發電地點에 對하여 검토하고자 하는 것이다.

2. 正規確率分布出數

對數 눈금의 橫軸에 流量을 表示하고 이것을 同一小區間으로 나눈다. 各小區間에 떠러진 流量의 觀測度數를 縱軸에 取한 histogram에서 ΔQ_r 를 r 번째의 小區間 $f(Q_r)$ 를 ΔQ_r 구간에서의 發生度數라고 하면 ΔQ_r 區間에서의 發生確率 $P(Q_r)$ 는

$$P(Q_r) = \frac{f(Q_r)}{n}$$

로 表示된다. 여기서 n 는 全觀測度數이다 小區間數가 R 이면

$$\sum_{r=1}^R P(Q_r) = \sum_{r=1}^R \frac{f(Q_r)}{n} = 1$$

ΔQ_r 의 大小에 따라 $f(Q_r)$ 는 增減하는 것이 普通이고 結局 ΔQ_r 의 選擇에 따라 histogram의 모양이 變한다. 여기서 n 와 ΔQ_r 에 거진 不變인 確率分布函數 $y(Q_r)$ 를 다음과 같이 생각한다.

$$y(Q_r) = \frac{P(Q_r)}{\Delta Q_r} = \frac{f(Q_r)}{n \Delta Q_r} \dots \dots \dots (1)$$

(1)式에서 n 를 增加시키고 ΔQ_r 를 減少시키면 $y(Q_r)$ 는 圓滑한 曲線이 된다.

任意의 小區間의 面積은 $(Q_r)\Delta Q_r$ 이니까 (1)式부터 流量이 Q_1 부터 Q_k 間에 存在할 確率은 그림 1를 參考

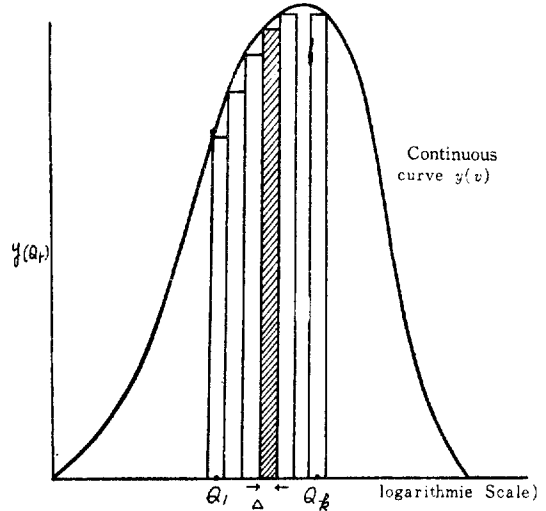


그림 1 確率分布函數
(Q_1, \dots, Q_k : 區間代表值)

로 하여

$$P(Q_1, Q_k) = \sum_{r=1}^k y(Q_r) \Delta Q_r \dots \dots \dots (2)$$

ΔQ_r 를 零으로 接近시키면

$$\lim_{\Delta Q \rightarrow 0} \sum_{r=1}^k y(Q_r) \Delta Q = \int_{Q_1}^{Q_k} y(Q) dQ = P(Q_1, Q_k) \dots \dots \dots (3)$$

確率 分布函數 $y(Q)$ 가 正規的이면

$$y(Q) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(Q-\bar{Q})^2} \quad h > 0 \dots \dots \dots (4)$$

여기서

h : Precision index \bar{Q} : 流量의 平均値 π : 3.14

따라서

$$P(Q_1, Q_k) = \int_{Q_1}^{Q_k} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(Q-\bar{Q})^2} dQ \quad h > 0 \dots \dots \dots (5)$$

그림 1에서 全區間에서의 流量 Q 의 分散 σ^2 은 第4式을 利用하여

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{r=1}^n (Q_r - \bar{Q})^2 f(Q_r) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} (Q - \bar{Q})^2 y(Q) dQ \\ &= 2 \int_0^{\infty} (Q - \bar{Q})^2 \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(Q-\bar{Q})^2} dQ = \frac{1}{2h^2} \end{aligned}$$

* 正會員 : 韓電研修院

(5)식은 Q_1, Q_k, h, \bar{Q} 의 4個 parameter 로 구성되고 있다. 지금

$$x = Q - \bar{Q}$$

$$Z = \sqrt{2} h(Q - \bar{Q}) = \sqrt{2} h x = \frac{x}{\sigma} \text{로 놓으면}$$

$$dZ = \sqrt{2} h dQ$$

結局 第1圖의 橫軸은 σ 로 scaling 한 것이 되고 先頭値는 $x=0=Z$ 와 一致하고 parameter 의 數도 減少한다. (5)式을 Z 로 表示하면

$$P(Q_1, Q_k) = P(Z_1, Z_k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_1}^{z_k} e^{-Z^2/2} dZ$$

$Z_1=0, Z_k=Z$ 라 하면

$$P(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^Z e^{-Z^2/2} dZ \dots\dots\dots(6)$$

로 Z 를 計算하므로써 確率 P 를 求할 수 있다.

3. 月流下量의 度數分布

第2圖는 各 水力發電地點의 月流下量의 發生度數에 對한 分布를 表示한 것이다. 月流下量을 對數區間으로 나누고 各各의 區間에 머러진 月數의 發生度數부터 이 것에 相應하는 正規分布와 比較한 것이다. 近似式으로서는 第6式을 使用하였다.

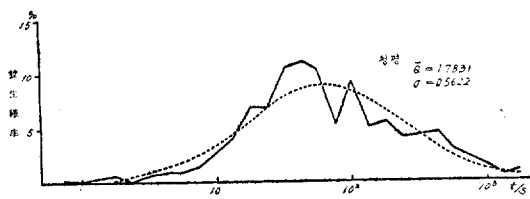
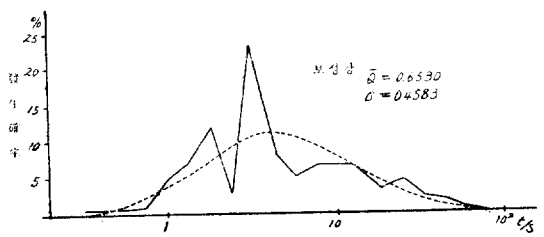
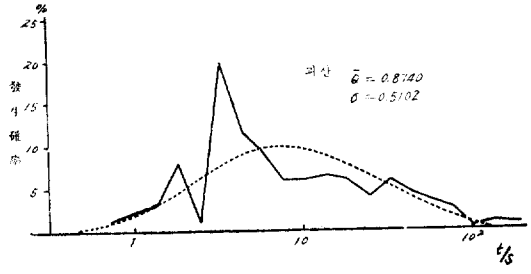
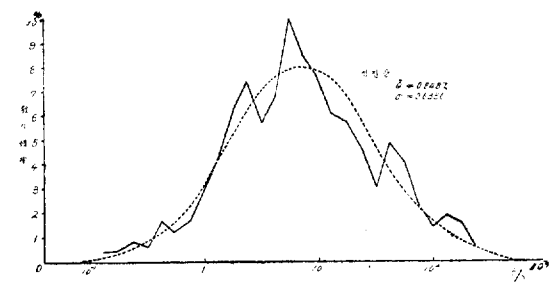
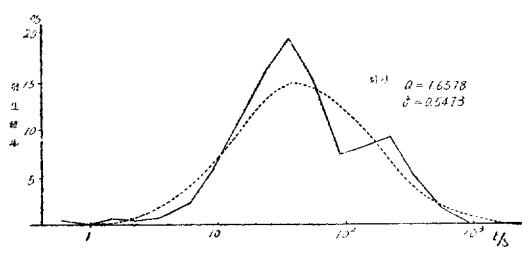


그림 2 月流下量의 度數分布 (---는 對數正規分布를 表示한다)

그림 2에서 月流下量의 分布가 對數正規分布에 適用되고 있는 것을 볼 수 있다. 各地點의 分布에 對하여 x^2 에 依한 適合性의 檢定結果를 第1表에 表示하였다. 이 結果부터 다음과 같이 말할 수 있다.

섬진강 청평

月流下量이 對數正規分布에 따른다고 할 수 있다.

화진

月流下量이 對數正規分布에 다르리라고 期待된다.

보성강 괴산

月流下量이 對數正規分布에 따른다고 할 수 없다.

第1表 月流下量의 對數正規分布에의 適合性 檢定

發電水力地點	自由度 r	Chi 2乘 x_0^2	檢定結果	有意水準	
			有 無	S%	x^2
화진	9	23.38	○	0.5	23.6
청평	19	31.0	○	2.5	32.9
섬진강	22	25.20	○	5	33.9
보성강	13	58.67	×	1	27.7
괴산	13	85.52	×	1	27.7

섬진강에 對한 對數正規分布에의 檢定에 對한 詳細한 것을 第2表에 例示하였다.

화진수력地點의 對數正規分布에의 檢定은 x^2 의 計算에 있어 다음과 같이 表示되는 yate의 correction을 利用하였다.

$$x^2(\text{corrected}) = \sum_i \frac{(|l_i - 0.5| - 0.5)^2}{l_i} \dots\dots\dots(7)$$

第2表 月流下量の 對數正規分布 檢定(삼진강)

代表值 Q_1	觀測度數 f_1	期待度數 nP_1	偏 差 $f_1 - nP_1$	$\frac{x^2}{nP_1}$ $(f_1 - nP_1)^2 / nP_1$
0.1333	2			
0.1778	2 4	3.93	0.07	0
0.2371	4	2.57	1.43	0.76
0.3162	3	4.18	-1.18	0.33
0.4217	8	6.25	1.75	0.49
0.5623	6	8.52	-2.52	0.74
0.7499	8	12.30	-4.30	1.51
1.0	15	16.43	-1.43	0.14
1.333	21	21.02	-0.02	0
1.778	31	24.44	6.56	2.03
2.371	37	30.29	6.71	1.49
3.162	28	34.37	-6.37	1.21
4.217	34	37.14	-3.14	0.27
5.623	50	39.11	10.89	3.03
7.499	42	39.51	2.49	0.16
10	37	39.01	-2.01	0.14
13.33	30	34.68	-4.68	0.63
17.78	29	32.96	-3.96	0.48
23.71	23	28.48	-5.48	1.06
31.62	15	23.69	-8.69	3.18
42.17	24	18.04	5.96	1.97
56.23	20	14.67	5.33	1.94
74.99	12	10.89	1.11	0.10
100	7	7.71	-0.71	0.07
133.3	9	5.04	3.96	3.11
177.8	5			
237.1	2 7	8.77	-1.77	0.36
計	504	504	0	25.20

自由度 $r=22$ $\bar{X}=0.8477$
 $X^2_{90}=30.8 > X^2$ $S=0.6336$
 1923~1966 (1951, 1950年 除外) 42 個年

第3表 月流力量의 對數正規分布 檢定(화천)

代表值 Q_1	觀測度數 f_1	期待度數 nP_1	偏 差 $f_1 - nP_1$	$\frac{X^2}{nP_1}$ $(f_1 - nP_1)^2 / nP_1$	X^2 (較正值):
0.5624	1	0.18			
0.8912	0	0.40			
1.413	2	1.26			
2.238	1	3.06			
3.548	2	6.95			
5.624	7	13.14			
8.912	20	23.08			
14.13	27	33.52			
22.38	57	45.14			
35.48	68	52.13			
56.24	53	50.69			
89.12	26	45.86			
141.3	29	34.45			
223.8	33	23.98			
354.8	17	13.82			
562.4	6	7.38			
891.2	1	5.26			
計	360	360			

여기서

O_i : 관측치 I_i : 기대치

이 檢定結果를 第3表에 表示하였다.

各水力發電地點의 統計資料는 不充分한 年度의 것은 삭제하고 다음과 같은 年度의 것을 採擇하였다.

- 화 천 : 1923~1942, 1953~1962 360個月
- 삼진강 : 1923~1966(1950年과 1951年除外) 504個月
- 피 산 : 1930~1940, 1958~1966 240個月
- 보성강 : 1950~1966 204個月
- 청 평 : 1923~1941, 1954~1966 384個月