



Title	並列水車の単独性能推定に関する一試案
Author(s)	有江, 幹男; Arie, Mikio; 飯田, 誠一 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 37, 51-58
Issue Date	1965-06-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40765
Type	departmental bulletin paper
File Information	37_51-58.pdf



並列水車の単独性能推定に関する一試案

有江幹男
飯田誠一
三谷将之
山崎輝夫

Estimation of Characteristics of Two Branched Francis Turbines in Parallel Running

Mikio ARIE
Sei-ichi IIDA
Masayuki MITANI
Teruo YAMAZAKI

Abstract

A new device for estimating the characteristics of two branched Francis turbines in parallel running is proposed after the results of a field test.

By regarding the guide vane stroke as a parameter, each operating condition of the two turbines in parallel running can be obtained with reference to the characteristics of single running to be measured separately.

When the total output of the unit was almost equally divided into each turbine, the application of this method was simply performed even in the cases of partial-load operations.

1. 緒 言

2台の水車が共通の水圧管より分岐管を介して並列運転されている場合、個々の運転性能を知ることは並列水車を有する水力発電所を効果的に活用する上で極めて重要なことである。

実物水車において並列運転時の性能を知る上で重要なことは各水車に対する流量配分がいかに行なわれているかを知ることであり、その方法としては

- 1) 各分岐管内における流量を直接測定する(直接法)
- 2) 単独運転特性を利用して比較推定する(間接法)

ことが考えられる。しかしながら実際には分岐管に適当な直管部分をとれないことと、測定器(ピトー管など)を挿入できる空間部分が得られないために、1)の方法を採用できない場合が多い。

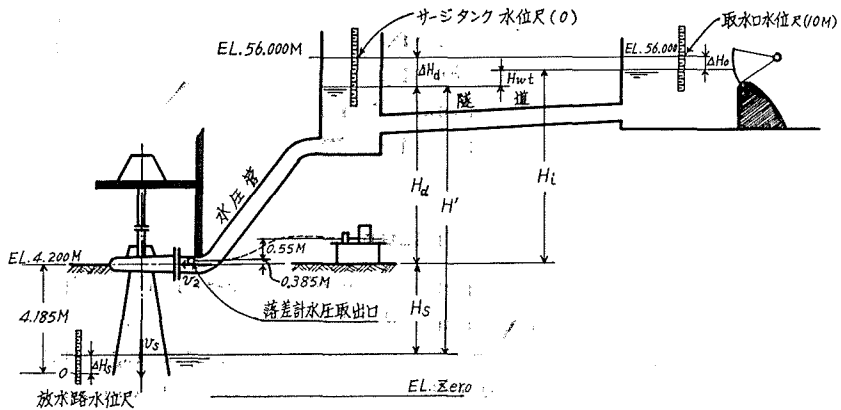
本報告は間接的に流量配分を推定し、並列水車の単独性能を得ようとするものであって、

各水車の単独運転時の特性より案内羽根開度をパラメータとして並列運転時の単独性能を推定する一試案を示したものである。

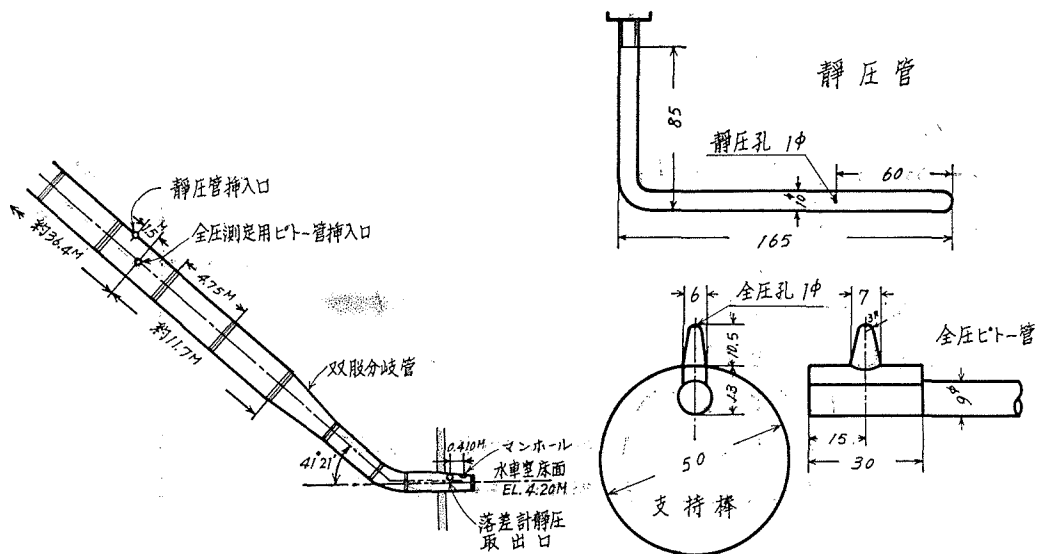
2. 試験発電所の概念と基礎式

実物水車に対する水量測定法にはギブソン法およびピトー管法などがあるが、前者の場合、水車の同時締切が困難なため並列運転時における主水圧管内の流量を知る上で良い結果が期待しがたく、本試験においては後者を採用してある。

第1図には本試験を行なった発電所の概念と記号を示してあり、第2図および第3図にはそれぞれ流量測定用ピトー管挿入部分の概要およびその詳細を示してある。



第1図 試験発電所の概念と記号



第2図 各種測定器取付位置

第3図 ピトー管の詳細

これより、有効落差 H_e は

$$H_e = H_d - h_{wp} + H_s - \frac{v_s^2}{2g} \quad (1)$$

ただし、 h_{wp} は水圧管内に生ずる損失水頭であって、水車入口部に取付けた落差メーターにより水車中心に換算した静圧 H_{d2} を測定できるため

$$h_{wp} = H_d - \left(H_{d2} + \frac{v_2^2}{2g} \right) \quad (2)$$

となり、(1)式は

$$H_e = H_{d2} + H_s + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_s^2}{2g} \quad (3)$$

となる。

流量測定は水圧管の途中においてピトー管法 (20 点法) により行なったが、静圧管と全圧管との間に $l=1.5615$ m なる距離があるため、この部分の損失水頭 h_l を

$$h_l = \lambda \frac{l}{D} \frac{v_m^2}{2g} \quad (4)$$

ただし、損失係数 λ は Mises の式を採用して

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= 0.0096 + \sqrt{\frac{32k}{D} + \frac{1.7}{\sqrt{Re}}} \\ k &= 2 \times 10^{-6} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

として補正してある。

3. 測定結果

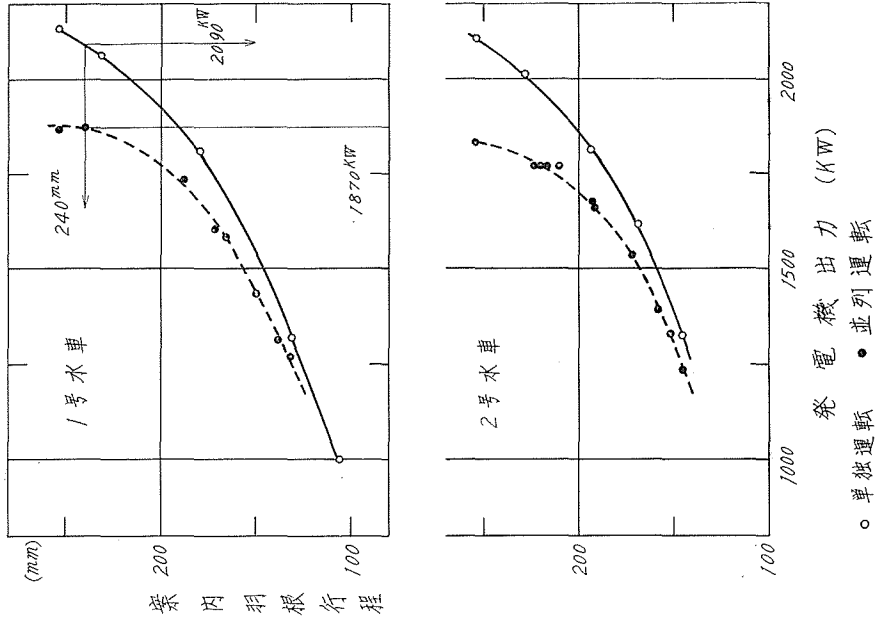
2 台の水車をそれぞれ、1 号水車、2 号水車の呼称をもって区別し、単独運転および並列運転時における測定結果を示せば次のようになる。

- a) 単独運転の場合 第 4 図、第 5 図 (参照)
- b) 並列運転の場合 第 1 表、第 5 図 (参照)

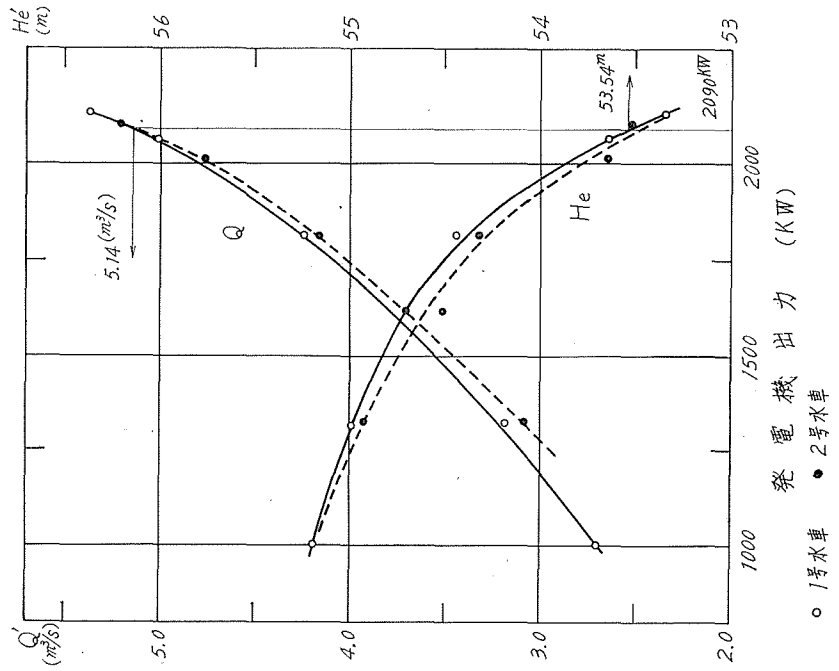
なお流量の算出にあたっては、第 6 図 (参照) に示すような速度—面積比曲線を描き、これをシンプソンの積分公式を用いて算出した。

4. 並列運転における単独性能の推定に関する考察

単独運転時と並列運転時とでは同一出力に対しても有効落差が異なるため、両者の特性を比較するには水車内の流動状態がほぼ同等となるような状態で比較しなければならない。その一方策として各運転時における案内羽根の行程をパラメータとする比較推定法を採用してみることにした。



第5図 案内羽根行程と発電機出力

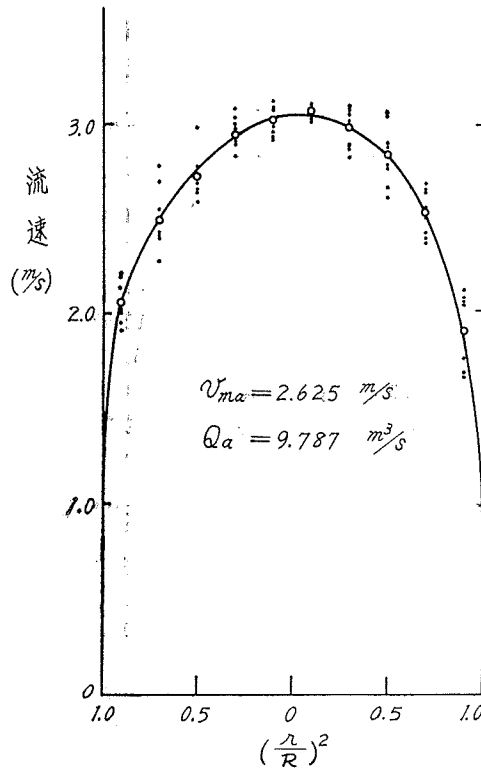


第4図 単独運動における流量と有効落差

第1表 並列運転における測定値

試験番号	流量 Q (m ³ /s)	水車中心から放水面までの高さ H_s (m)	発電機出力合計 N_G (KW)	1号水車		2号水車	
				発電機出力 N_G (KW)	水車中心静圧 H_{a2} (m)	発電機出力 N_G (KW)	水車中心静圧 H_{a2} (m)
				1	9.8560	3.935	3702
2	8.1943	4.025	3414	1738	47.102	1676	47.150
3	7.4321	4.075	3122	1583	47.845	1539	47.845
4	6.7247	4.105	2833	1438	48.682	1395	48.686
5	6.0154	4.125	2504	1270	49.236	1234	49.220
6	6.3372	4.105	2647	1316	48.878	1331	48.841
7	7.7200	4.0275	3263	1604	47.556	1659	47.506
8	9.8433	3.925	3709	1870	44.876	1839	44.971
9	9.2448	3.945	3634	1872	45.678	1762	45.678

発電機出力はロータリー・スタンダードにより計測



第6図 並列運転試験番号8

すなわち、並列運転時の有効落差は流量配分が各水車に対して定まれば、(3)式より算定できるので、まず、並列運転時の出力配分がほぼ等分されていることより、両水車ともに

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left[\frac{Q}{\left(\frac{\pi}{4} D_1^2\right)_{1号水車} + \left(\frac{\pi}{4} D_2^2\right)_{2号水車}} \right]^2 \quad (6)$$

なるものとし、 H_e および $v_2^2/2g$ を共通と考えて、(3)式より第1近似の有効落差 H_{e1} を各水車ごとに見込む。

つぎに、並列運転時の発電機出力 N_G における案内羽根行程と等しい行程に対する単独運転時の出力 N'_G を第5図より求め、この値を用いて第4図から、 N'_G に対応する H'_e と Q' とを読みとる。

ここで、両運転状態における有効落差の変化が比較的小さいことより、水車効率の変化を無視することにすれば

$$\frac{Q_{1,2号}}{Q'} = \sqrt{\frac{H_{e1}}{H'_e}} \quad (7)$$

第2表 並列運転における各水車の流量

試験番号	1 号 水 車					
	H'_e	Q'	N'_G	H_{e1}	$Q_{1号}$ $= Q' \sqrt{\frac{H_{e1}}{H'_e}}$	1号機流量 $= \frac{Q \times Q_{1号}}{Q_{1号} + Q_{2号}}$
1	53.56	5.12	2085	49.401	4.9172	4.8853
2	54.245	4.425	1882	51.570	4.1438	4.1485
3	54.575	3.98	1705	52.288	3.8957	3.8189
4	54.767	3.645	1550	53.091	3.5888	3.4791
5	54.945	3.275	1358	53.605	3.2348	3.1048
6	54.91	3.35	1400	53.253	3.2990	3.2087
7	54.545	4.025	1725	51.978	3.9291	3.8214
8	53.54	5.14	2090	49.427	4.9386	4.8903
9	53.495	5.18	2100	50.178	5.0168	4.9289

試験番号	2 号 水 車					
	H'_e	Q'	N'_G	H_{e1}	$Q_{2号}$ $= Q' \sqrt{\frac{H_{e1}}{H'_e}}$	2号機流量
1	53.42	5.20	2105	49.453	5.0032	4.9707
2	54.30	4.145	1804	51.618	4.0413	4.0458
3	54.555	3.765	1648	42.288	3.6859	3.6132
4	54.76	3.40	1480	53.095	3.3479	3.2456
5	54.92	3.07	1315	53.589	3.0325	2.9106
6	54.83	3.265	1410	53.216	3.2166	3.1285
7	54.325	4.10	1790	51.928	4.0084	3.8986
8	53.42	5.20	2105	49.522	5.0020	4.9530
9	53.95	4.555	1950	50.178	4.3928	4.3159

なる関係で、近似的に並列運転における両水車の流量を個々に見込むことができる。

一例として、並列運転時の1号水車に対する流量推定の計算例を試験番号8について示せば次のようになる。

まず、第1表より並列運転における1号水車の発電機出力(実測) $N_G=1870$ KW が得られているので、この出力における案内羽根行程 240 mm と等しい行程に対する単独運転時の出力 $N_G=2090$ KW を第5図より求める。この値を用いて第4図から N_G に対応する $H_e=53.54$ m と $Q=5.14$ m³/sec とを読みとる。ここで実測値 $Q=9.8433$ m³/sec を(6)式に代入して得られた $v_2^2/2g=0.936$ と $v_3^2/2g=0.313$, $H_{a2}=44.876$ m, $H_s=3.925$ m を用いて(3)式より $H_{e1}=49.427$ m を見込める。逆に H_{e1} を用いて(7)式より $Q_{1号}=4.9386$ m³/sec を得る。同様の方法で $Q_{2号}=5.0020$ m³/sec を求める。第1表より実測流量値 $Q=9.8433$ m³/sec と今求めた $Q_{1号}$, $Q_{2号}$ を用いて1号機流量 4.8903 m³/sec を得る。

かかる方法によって各水車の流量を算定した結果は、第1近似であるにもかかわらずそれらの和が第2表に示すごとく、僅少の差をもって一致しており、妥当な一方法と考えることができる。また同表には流量配分をさらに一致させるため、比例配分によって最終的流量を求めてある。

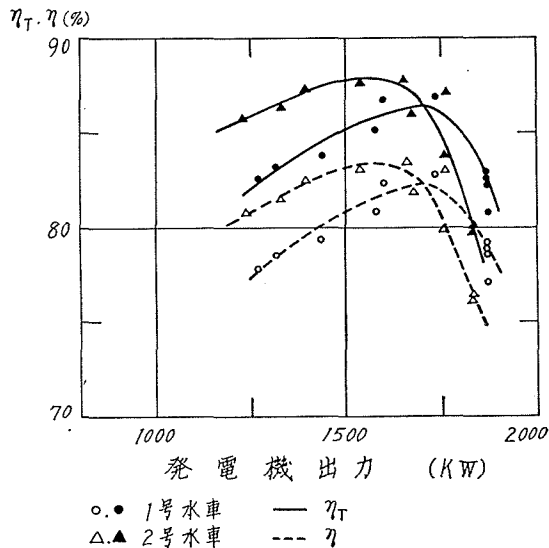
以上の結果を用いれば並列運転における各水車の特性を求めることができ、一例として第7図には総合効率および水車効率を示してある。

5. 結 言

単独水車の性能試験法であるギブソン法とピトー管法のうち、単独運転時と並列運転時における水量測定が同一装置で行なえるピトー管法を利用するのが並列水車の試験法として適当なものと考え、案内羽根開度をパラメータとする比較推定法を採用してみた。

前記4に述べた手順は第1近似に関するものであるが、並列運転時の出力がほぼ2分されているため、極めて良好な近似が得られており、出力割合の異なる場合でも同様の手順を繰り返すことにより順次その近似度を高めて行くことが可能である。

本報告は昭和36年11月、旧東邦電化株式会社幌満川第2発電所において実施した水車性能試験のうち、並列水車の運転特性推定に採用した一試案について述べたものである。



第7図 並列運転における水車効率 (η_T) および総合効率 (η)

協力を受けた鳴下克己常務ならびに飯島繁工場長と北海道電力株式会社に対して謝意を表す。

参 考 資 料

水車流量測定方法(ピトー管法), 水車効率測定法ならびに運営合理化調査委員会.