

# 超低落差用小型水力発電装置の開発

山 田 健 治・藤 井 博 知・小 沢 康 美  
澤 崎 正 廣・田 辺 孝 一・中 道 義 忠

## The Development of a Floating Type Hydraulic Generator

Takeharu YAMADA, Hirotomo FUJII, Yasumi OZAWA,  
Masahiro SAWAZAKI, Koichi TANABE and Yoshitada NAKAMICHI

In most hydro power systems, to obtain a sufficiently high-head, large-scaled public works (channels, dams etc. ) are necessary, thus limiting the number of suitable sites.

This paper describes the manufacture and testing of a new floating type hydraulic generator which provides a means of obtaining energy from small rivers or irrigation canals.

This new system is effective in providing a power source for Communications, Agriculture and domestic requirements etc. in remote areas where it is difficult to build a conventional type dam and turbine system.

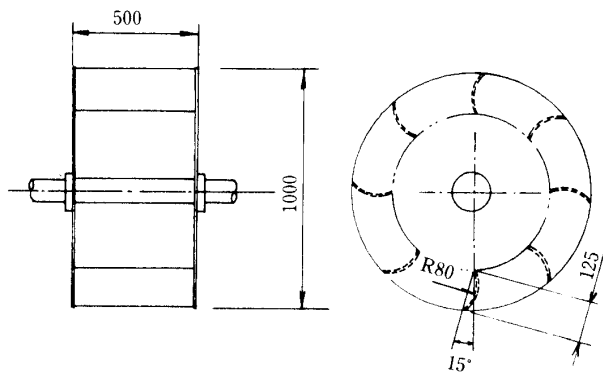
This new floating type hydraulic generator is designed to be portable and easily assembled at the site without the need of special tools.

### 1. 緒 言

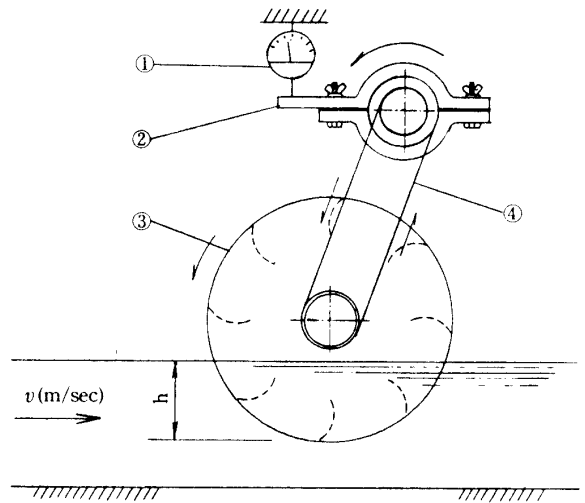
水力発電装置は、従来より数多く研究され実用化されているが、その多くはダム・導水設備などの大規模な土木工事を必要とする高落差を利用したものである。

落差のほとんどない超低落差(数10cm以下)の河川流域の流水エネルギーは、省エネルギーの立場からは重要なエネルギーにもかかわらず、余り利用されず、その研究報告<sup>(1)(2)(3)</sup>も余り見当たらないようである。前報<sup>(4)</sup>において超落差における流水エネルギーを有効に取出すのに最適な水車形状についての実験的研究を報告した。

本報では、その結果を考慮して、自然の中小河川および農業用水路、排水路などの落差のほとんどない流域に、特別な土木工事などを必要とせず装置を係留するだけで発電することができる、簡易な組立式の水力発電装置を試作し、実用化試験を行ったのでこれらについて報告する。



図一 1 試験水車の形状



図一 2 実験装置の概要

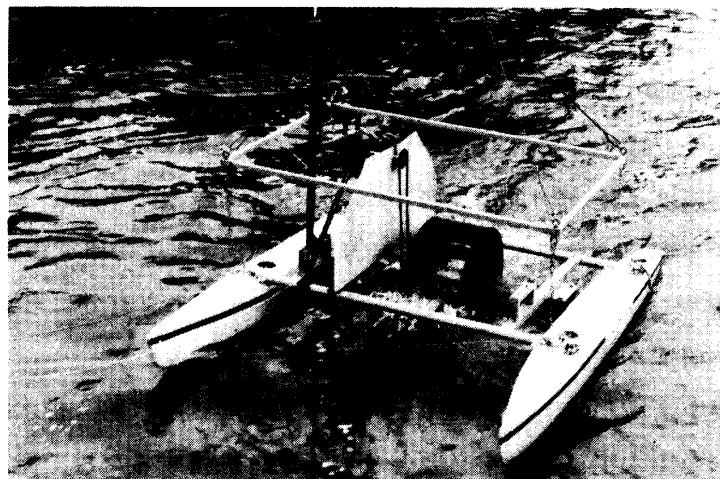
## 2. 水車の効率試験

### 2. 1 実験装置

前報<sup>(1)</sup>の結果を基に最も効率が良いと思われる形状の試験水車（直径1,000mm，幅500mm）の羽根諸元は，枚数8枚，幅125mm，曲率半径80mm，取付角度15°と決定し，図一1のような試験水車を製作した。図一2に回転トルク計測用実験装置の概要を示す。前述の試験水車③が水路の流水力によって回転し，試験水車③に取付けられているスプロケットにより，④のローラチェーンを介して上部のブローニ・ブレーキドラム②に直結されている同じ歯数のスプロケットに回転力が伝達され，その回転力はブローニ・ブレーキ②のブレーキ力（荷重計①指示）によってトルクが計測される。また水車の回転数は水車に取付けられたマークによって計測される。

試験水車の水深調整は，装置全体が二つのフロートによって浮かされ，任意な位置で一定水深を保つような構造になっている。

図一3は，実験装置の実験風景である。



図一 3 河川に浮かべた実験装置

## 2. 2 実験方法

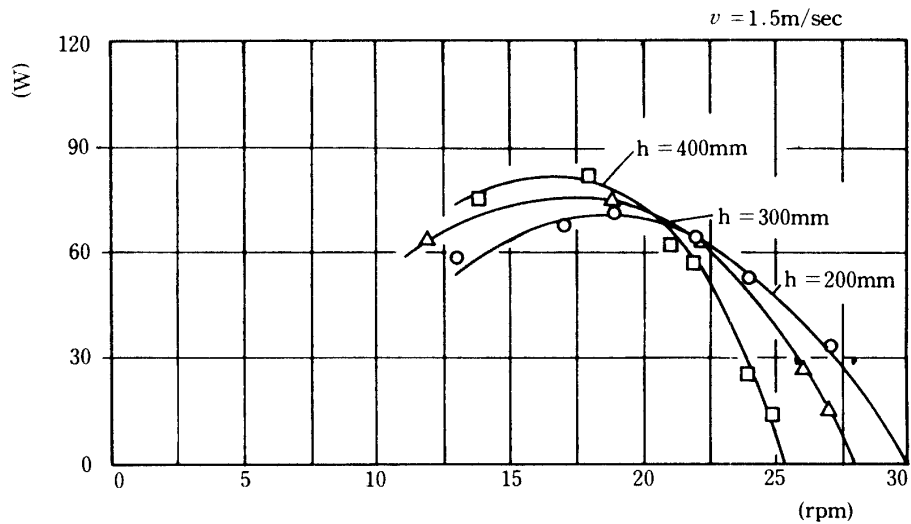
流速の異なる ( $v = 1.5\text{m/sec} \sim v = 2.0\text{m/sec}$ ) 安定した農業用水路において、フロート付実験装置を図一3のように浮かべ、次のような実験を行った。

- イ. 最適な水深を求めるため、 $v = 1.5\text{m/sec}$  地点で水深  $h$  を変化させ出力を測定する。
- ロ. 流速の異なる場合の最適回転数を求めるため、イの実験値の最適水深にて出力を測定する。

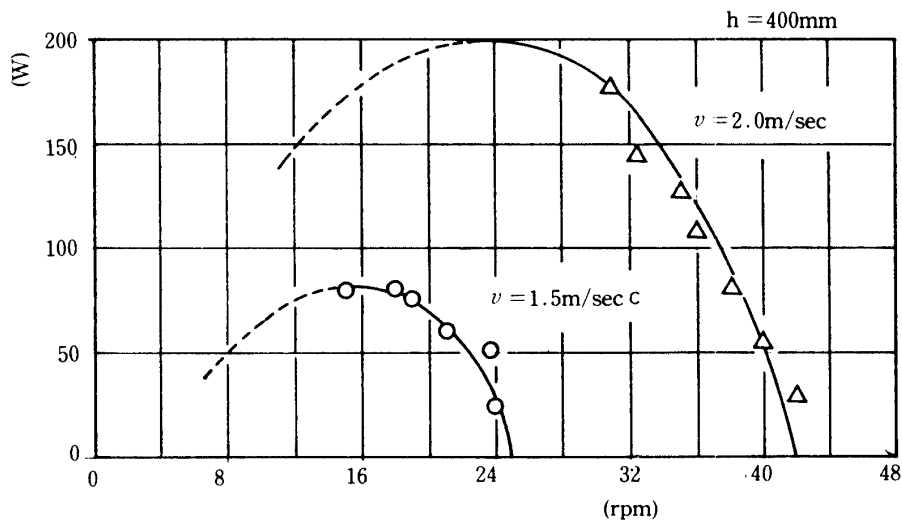
## 2. 3 実験結果と考察

図一4において、最大出力を得た水深は400mmであり、400mm以上は出力が低下する現象が現われた。前報<sup>(4)</sup>の場合の水深最適値は水車直径の約  $1/3.7 \sim 1/5$  であったが、今回の試験水車の場合、水車直径の  $1/2.5$  と小さい値を示した。これは試験水車の直径も前回とは大きい為自重も大きい。これらの影響が現われたものと考えられる。

図一5の流速による出力特性曲線において、流速  $1.5\text{m/sec}$  での最大出力を得られる最適回転



図一4 水深の変化による、回転数—出力特性



図一5 流速変化による、回転数—出力特性

数は16～18rpm となり，又同様に流速2.0m/sec では22～26rpm となり異なることが解った。

以上の結果から，流速によって最大出力を得られる最適回転数が異なるので，出力周波数をある程度一定化させるためには，ガバナー調速器か，または流速によって段階的に変速用スプロケットによって切換えて使用する法が望ましいことが解った。

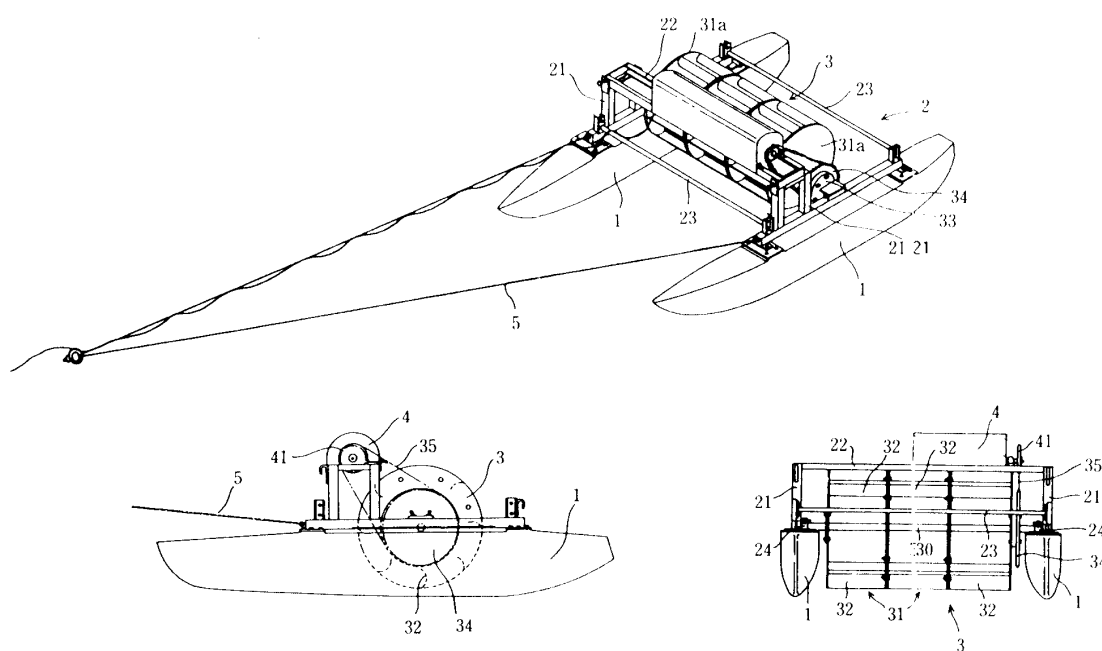
### 3. 試作小型水力発電装置の概要

#### 3. 1 増速比の決定

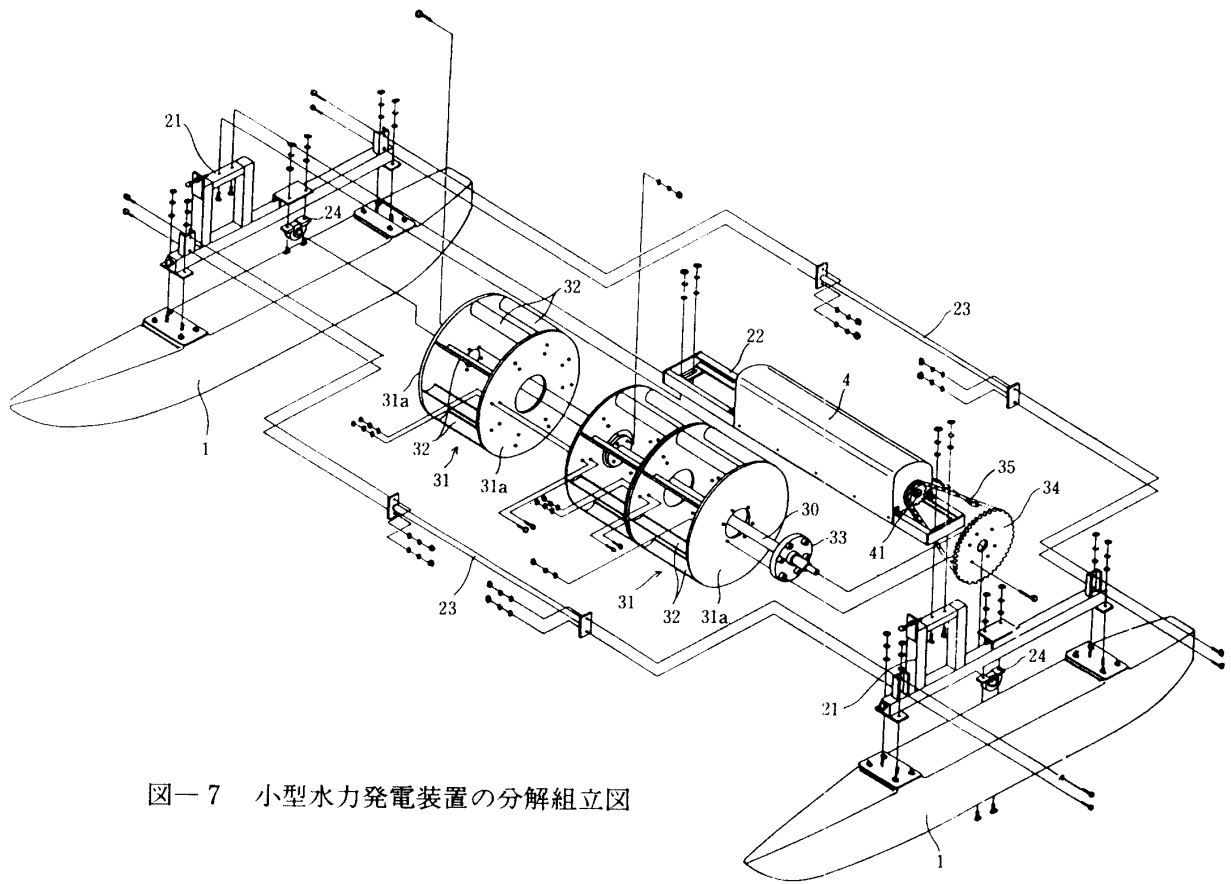
図一3において，出力特性の最適回転数として，流速1.5m/sec において17rpm 近傍，20m/sec において22rpm 近傍，2.5m/sec においては28rpm 近傍を決定した。発電機は，8 P, 900rpm, 60Hz を採用したため増速比は約30～50倍となる。増速にはスペースを考慮し，効率のよい遊星歯車増速機とローラーチェーン，スプロケットを採用した。遊星歯車増速機の伝達効率90%，ローラーチェーンの伝達効率90%と見込み，増速における総合効率は80%と算出した。遊星歯車増速比を9/1一定とし，流速に対応しての増速比変換はスプロケット交換法を用いた。水車に直接取り付けられた大スプロケットの歯数75は一定で，小スプロケットの歯数を数段階に変化する。流速1.5 m/sec の場合歯数13，2.0m/sec の場合歯数17，2.5m/sec の場合歯数21枚を採用した。

#### 3. 2 装置の概要

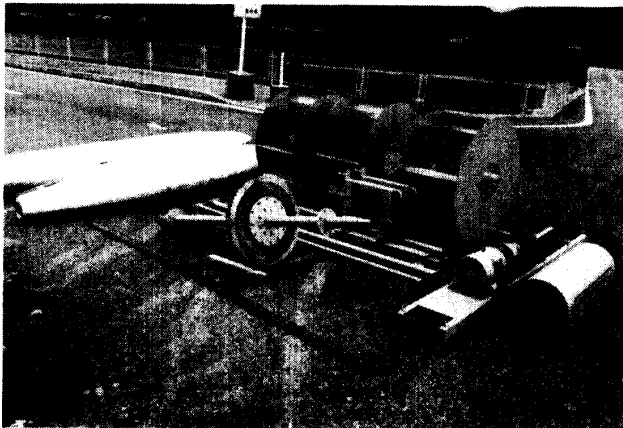
図一6は試作された超低落差用小型水力発電装置の斜視側面，正面図である。図一7においてその装置は分解可能であり，その組立斜視図である。図一8はその金部品を，写真で示したものである。



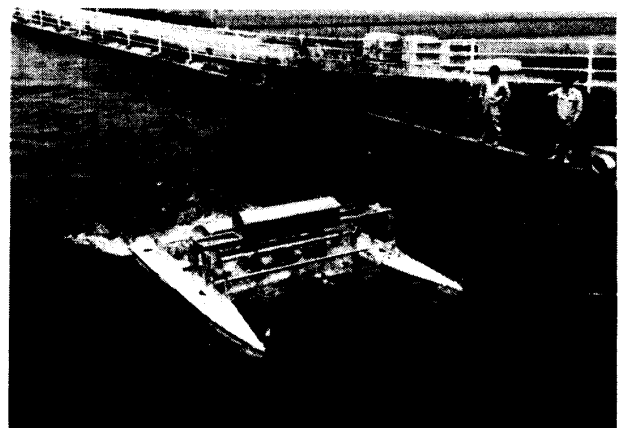
図一6 超低落差用小型水力発電装置



図一 7 小型水力発電装置の分解組立図



図一 8 装置全部品



図一 9 係留されている超低落差用小型水力発電装置

図一 6 において、船胴形フロート①は左右一対からなり、起立フレーム②を横架主フレーム②、補助フレーム③にて枠組②を構成し、フロート①を所定間隔に対設している。軸受④に取り付けられている水車③から得られた回転エネルギーを、スプロケット③4およびローラーチェーンを介してスプロケット④1に伝達され、発電機カバー④内にある遊星歯車増速機から発電機を駆動する。装置全体は、河川に浮べ、ロープ⑤により係留され、一定位置に静止されるようになっている。

## 4. 河川の流速分布測定

### 4. 1 測定場所の選定

フロート係留式水力発電装置の水車の効率試験を行なう場所として、下記の設置条件を満たす必要がある。

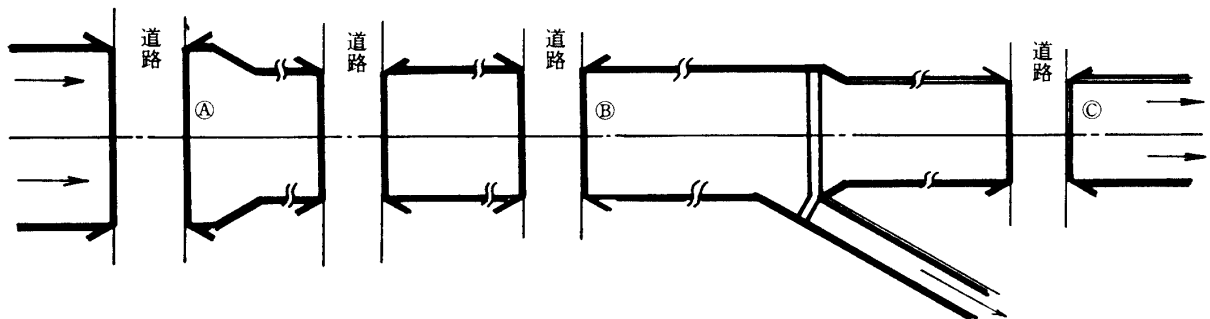
- 1) 本実験装置を移動したり、水車の水深を一定に設置するためのクレーン車が容易に入れる場所
- 2) 実験のための装置、車輛等が交通に支障をおよぼさない場所
- 3) 河川の流量が豊富で、水車の設計条件により流速が1～3 m/sec 程度得られる場所

以上の設置条件を満たす河川として、福井県坂井郡丸岡町鳴鹿十郷用水を実験場所を選定した。

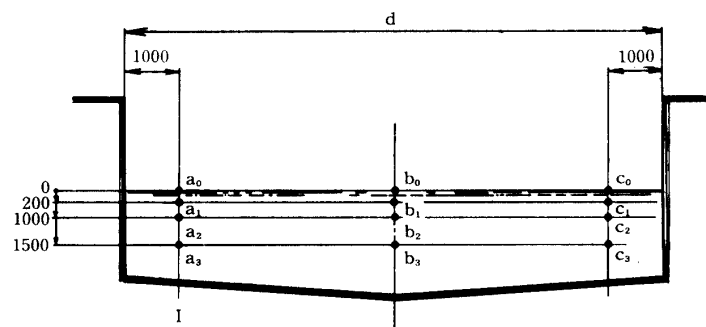
### 4. 2 実験方法

図一10に測定地点④、⑤、⑥の試験水路の断面を示す。図中の  $a_0a_1$ , …… ,  $b_0b_1$ , …… ,  $c_0c_1$ , …… の各点での流速を CM-IA 型電気流速計により測定した。

図一10の各点での流速を測定した結果を表一1に示す。これより、水深200mm の所が最も流速が大きいことがわかった。



図一10 鳴鹿十郷用水概略図と流速測定箇所



図一11 鳴鹿十郷用水断面

表－1 各測定位置の流速と川幅

測定地点	a <sub>0</sub> (m/s)	a <sub>1</sub> (")	a <sub>2</sub> (")	a <sub>3</sub> (")	b <sub>0</sub> (")	b <sub>1</sub> (")	b <sub>2</sub> (")	b <sub>3</sub> (")	c <sub>0</sub> (")	c <sub>1</sub> (")	c <sub>2</sub> (")	c <sub>3</sub> (")	d (m)
①	1.4	1.5	1.5	1.4	1.7	1.8	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	13
②	1.4	1.7	1.8	1.8	1.9	2.1	2.0	2.1	1.2	1.3	1.6	1.3	10
③	2.1	2.4	2.2	1.5	2.5	2.7	2.2	2.0	2.0	2.4	2.4	2.0	8

測定位置と川幅

表－2 試作機の測定値

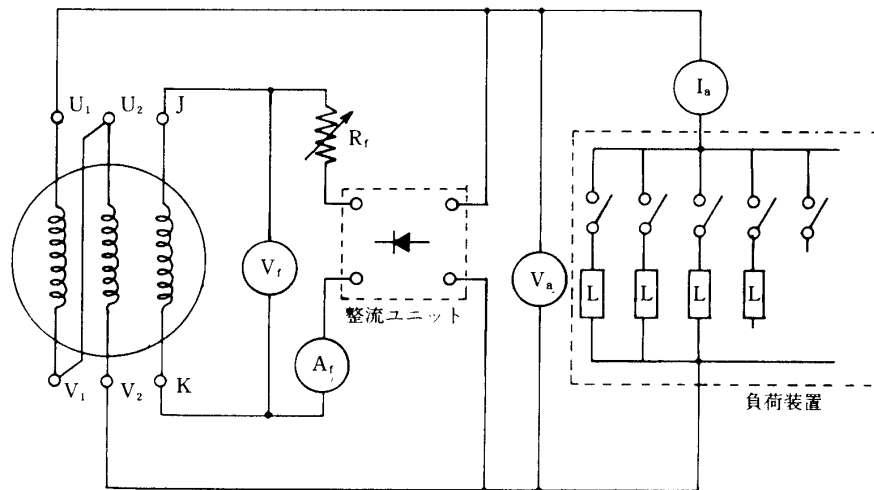
	回転数	励磁電圧 V <sub>a</sub> (V)	励磁電流 I <sub>f</sub> (A)	出力電圧 V <sub>a</sub> (V)	出力 P(W)		回転数	励磁電圧 V <sub>a</sub> (V)	励磁電流 I <sub>f</sub> (A)	出力電圧 V <sub>a</sub> (V)	出力 P(W)
① 地 点	38	40	2.5	97	326	② 地 点	18.5	28	1.74	100	202
	38		2.4	97			28	17	1.06	100	137
	39	33	2.05	97	302		31	13	0.8	100	110
	42		1.8	100			34	10	0.61	100	69
	43	26	1.55	100	231		36.5	8	0.44	100	27
	46	24.5	1.35	100	217		39	4.8	0.26	100	0
	49	20.5	1.1	100	187	③ 地 点					
	52	15	0.9	100	152		18	19	1.22	100	142
	54	12	0.7	100	117		22	14	0.89	100	113
	56	5.5	0.3	100	28		25	10	0.63	100	79
	57	4	0	100	20		29	5.2	0.27	100	0

## 5. 発 電 試 験

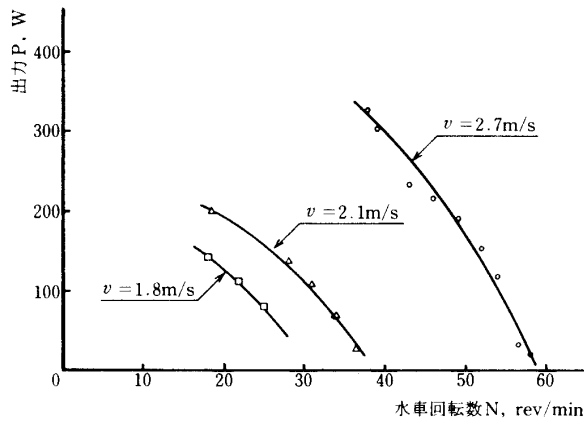
水車に増速機を介して取付ける発電機は、定格出力0.75kVA、電圧100V、電流7.5A、周波数60Hz、極数8の閉鎖防滴自己通風形自励式交流発電機である。これを図－12のように結線し、各流速において出力電圧が100Vとなるように、界磁抵抗  $R_f$  を調整しながら負荷  $L$  (ランプ負荷) を変え、水車回転数  $N$ 、電流  $I_a$ 、 $I_f$  および電圧  $V_a$ 、 $V_f$  を測定する。水車回転数  $N$  は、水車の羽根車にマーク (△印) をつけておき、ストップウォッチにより一分間あたりの回転数を求める。これらの測定値は表－2に示す。

図－13は、流速の異なる3地点①、②、③における水車回転数に対する発電出力である。各地点における、発電出力の最大値と流速の関係は図－14のようになり、これは最大出力が流速のほぼ二乗に比例することを示す。従ってこのことより、他の流速の異なる地点で運転する場合の出力はほぼ正確に推定できる。

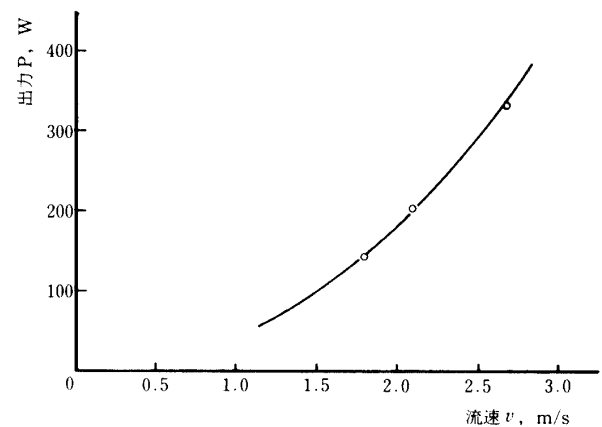
なお、最小二乗法による実験法は、



図一12 出力測定回路



図一13 各流速における水車回転数—出力特性



図一14 流速に対する最大出力

$$P=0.45v^2$$

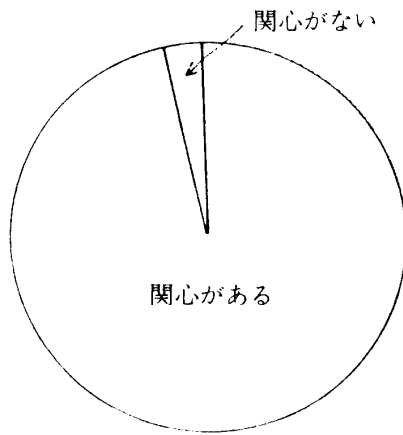
となり、その決定係数は0.999である。

## 6. 発展途上国に対する発電装置のアンケート結果

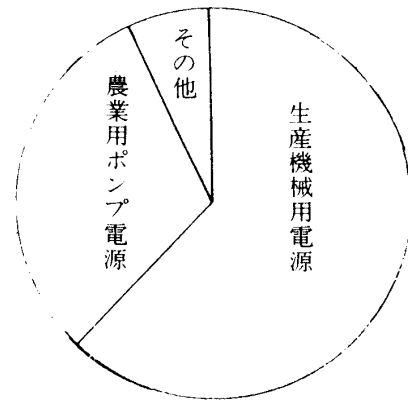
流速で発電するフロート式小型水力発電装置について発展途上42ヵ国を選定し、この装置の関心度を調査した結果、図一15を得た。関心国は、ウガンダ共和国、ウルグアイ東方共和国、エクアドル共和国、ザンビア共和国、スーダン民主共和国、セネガル共和国、タンザニア、チェコスロバキア、チリ共和国、ハイチ共和国、パプアニューギニア、マレーシア、メキシコ、ギニア共和国、ザイール共和国、トルコ共和国、スーダン、パキスタン、ソマリア民主共和国等である。

『このような装置を貴国ではどのような使用を望んでいますか。』の質問に対し、図一16のような結果であり、生産機械の電源として期待している。出力の点では、前述のような用途の為1.5KW～3 KW 必要であり、河川から1～5 Km 程度の送電も必要性があることが解った。以上の結果





図一15 小型水力発電装置の関心度



図一16 発電装置の用途

から発展途上国の現状は我々が考える以上に悪く、電化製品等の高級消費材を持つゆとりはなく、一般生活用電源としては不適當と思われる。単に電気が発電されるということではなく、その電氣を用いてどのような生産品ができるのかという、生産用電源として国家が必要としている。よって一台の発電能力は出力の大きいものが良く、もちろんメンテナンスは、ほとんど不用で、安価なものを望んでいる。出力の小さいものは、通信用、医療用電源として用途はあるが、絶対数が少ない。以上のことより発展途上国に利用される電源装置は次の条件が必要と思われる。

1. 出力は1,500W 以上で5～10 km 送電可能なこと。
2. 簡単に管理が出来ること。
3. 持ち運び可能で、すえ付工事が比較的簡単なこと。
4. 自国の気候にも耐えること。(雨季・増水・乾季等)

## 7. 結 言

従来、余り利用されていなかった数10cm 以下の落差のほとんどない河川流域の流水エネルギーを、効率よく電氣エネルギーに変換して、発電できる新しいタイプの水力発電装置を開発することができた。本装置の特長は以下のように要約される。

1. 超低落差 ( $h=0.2\text{m}$  以下) でも、流速が $1.5\text{m/sec}$  以上あれば有効に発電できる。
2. 特別な設備 (ダム・導水路など) を必要としない。
3. フロート式のため水位の変化に追従ができる。
4. 同一水路上に複数の連結使用ができる。
5. 小形軽量部品で構成される組立式である為、道路のない地形で運搬が可能である。
6. 防錆処理がされており長期使用に耐える。
7. 単純構造で保守性がよい。
8. 広大な平野やダム・水路などの建設が困難な地域での各種電源 (通信用・農業用・動力用・一般生活電源など) として利用できる。

## 8. 謝 辞

本開発にあたり、装置の製作、および試運転に御助力いただいた本学機械工場、高木一男、木下輝和、正津二郎、橋本二郎、辻角三馬の各先生方に深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 鶴飼孝造：超低落差発電所の設計と施行，電気書院，昭41.
- 2) 若林浩一ほか3名：農業用水路におけるミニ発電実験について，秋田県平鹿郡十文字町企画課，(昭55)10.
- 3) 計画科学研究所 編，ローカルエネルギー（中小水力エネルギー特集），新エネルギー財団，(1984)，no 3.
- 4) 沢崎正弘ほか4名：開水路における水車羽根車形状に関する実験的研究，福井工業大学紀要，第14号，(1984).