

# 開水路における水車羽根車形状に 関する実験的研究

沢 崎 正 広・山 田 健 治・藤 井 博 知  
小 沢 康 美・田 辺 孝 一

## Experimental Study on the Shapes of Linear Turbine Blade in an Open Channel Flow

Masahiro SAWAZAKI, Takeharu YAMADA, Hirotomo FUJII,  
Yasumi OZAWA and Kouichi TANABE

The Linear Turbine is a possible means of obtaining energy from a small river or an open channel flow for pumping water or generating electricity. If the linear turbine can be constructed simply, small and cheaply, then there could be a great demand in poor countries for generating a small electric power.

In this paper, the various shapes of the Cross-flow blade of a newly designed high-efficient, small-sized linear turbine (turbine diameter: 250 mm, turbine width: 180 mm) were manufactured and tested in the small river having velocity of flow 1.5 m/s and depth of water 20~70 mm. Then results are given of an investigation using this small river to investigate the relation among the output power of turbine and number of blades, width of blade, set angle of blade, radius of curvature of blade, etc. and determine the most suitable shapes and units of length of blade.

It was found that the most suitable shapes and units of length of blade were obtained as follows: In the depth of water 60 mm, number of blades is 8, width of blade 30 mm, set angle of blade  $15^\circ$ , radius of curvature of blade 30 mm respectively.

### 1. 諸 言

従来より水力を利用した発電所はその立地条件に、大水量、高落差を第一条件として開発されて来た。近年、省エネルギーの立場からこれまで見捨てられていた小規模水力の再開発の動きがあり、低落差用の各種水車<sup>1)</sup>が開発されている。一般的には超低落差発電<sup>2)</sup>といっても数m~20m程度以下の落差をもつものをさすようであり、その実用的な値は約1.8m程度以上の落差のものである。しかし数10cm以下あるいは、ほとんど落差がなく速度水頭の場合にも利用できる水車

についての研究報告は見当たらないようである。本論文では、このような落差のない開水路においての流水を利用した発電用水車羽根車について、低落差に有効とされるクロスフロー形羽根車<sup>3,4)</sup>を種々試作し、一般の中小河川流域の流速を想定して1.5m/sの流速において、最大出力を得るための最適水車羽根車形状（以下水車という）について実験的研究を試み、一応の成果を得たので、報告する。

## 2. 実験装置および実験方法

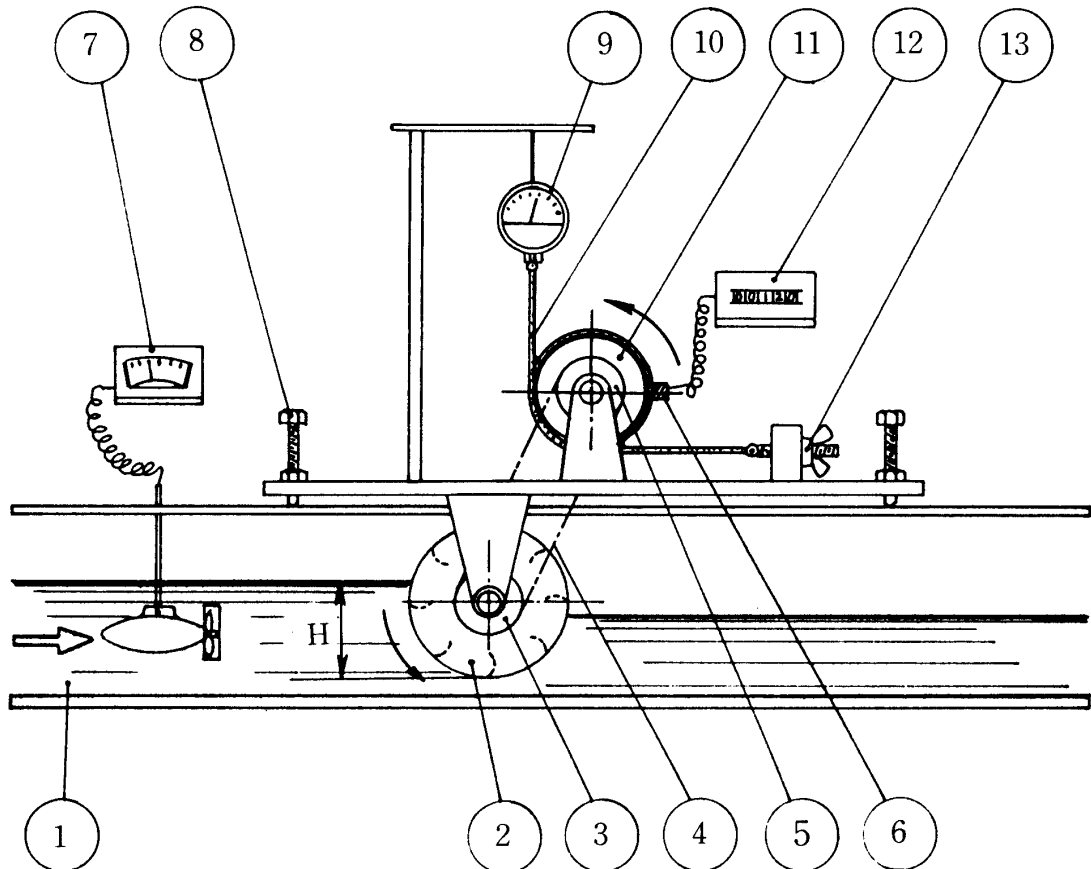


図-1 実験装置の概要

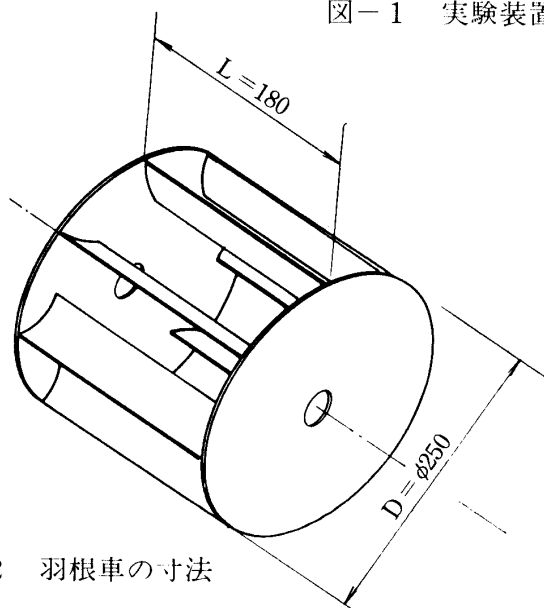
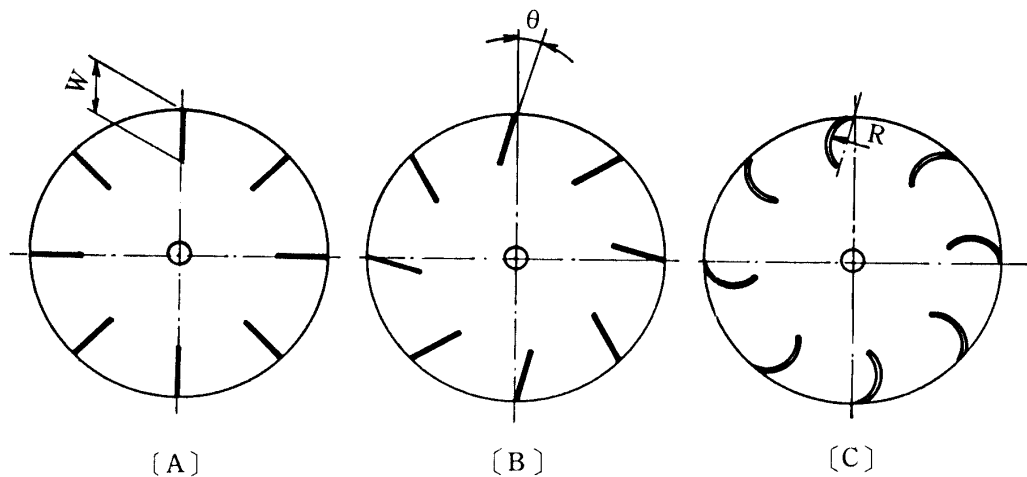


図-2 羽根車の寸法

- ①水路
- ②試験水車
- ③スプロケット
- ④チェーン
- ⑤スプロケット
- ⑥回転検出器
- ⑦電流速計
- ⑧水深調節ネジ
- ⑨荷重計
- ⑩ロープ
- ⑪ドラム
- ⑫回転計
- ⑬トルク調整ネジ



図－3 水車の羽根取付形状

図－1に回転トルク計測用実験装置の概要を示す。実験装置は幅400 mm、深さ400 mm公配6/1000の水路上に設置される。水路内の流速は電流速計⑦により水深中心位置で計測され、水面より水車底までの距離Hは水位調整ネジ⑧により調整される。水車の回転力はスプロケット③⑤およびチェーン④を介して直径100 mmのドラム⑪に伝達される。ドラムの回転力はドラム上に2,3回巻きつけられたロープ⑩およびトルク調整ネジ⑬により任意の値に負荷されロープにかかる張力は荷重計⑨により計測される。これと同時に試験水車の回転数はドラム⑪と同軸上に固定されたスリット円板、ならびに光電式回転計⑥⑫により計測される。

水車出力は荷重指示、ドラム半径、および回転数により算出される。

表－1に試験水車の諸元を示す。試験水車は直径250 mm、水車幅180 mm一定とし最大出力を得るための形状寸法の最適値を以下に示す実験手順により求めた。実験手順の流れ図を図－6に示す。

- ① 最適水深 $H^*$ を求めるために羽根取付角度 $\theta = 0^\circ$ 、曲率半径 $R = \infty$ 、羽根幅 $W = 40\text{mm}$ 、羽根枚数8としてHを変化させ出力を測定する。
- ② 最適羽根枚数 $K^*$ を求めるため、 $\theta = 0^\circ$ 、 $R = \infty$ 、 $W = 40\text{mm}$ 、 $H = H^*$ としてKを変化して出力

表－1 試験水車 諸元

H(mm)	D(mm)	L(mm)	K(枚)	W(mm)	$\theta(\text{deg})$	R(mm)
20	$\phi 250$	180	6	30	0	0
30			8	40	15	
40			10	53	30	30
50			12	65	45	
60			14	100	60	40
70						

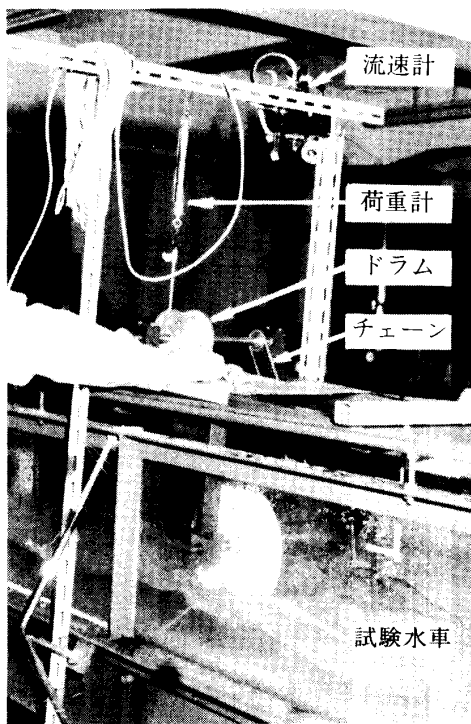


図-4 実験装置の外観

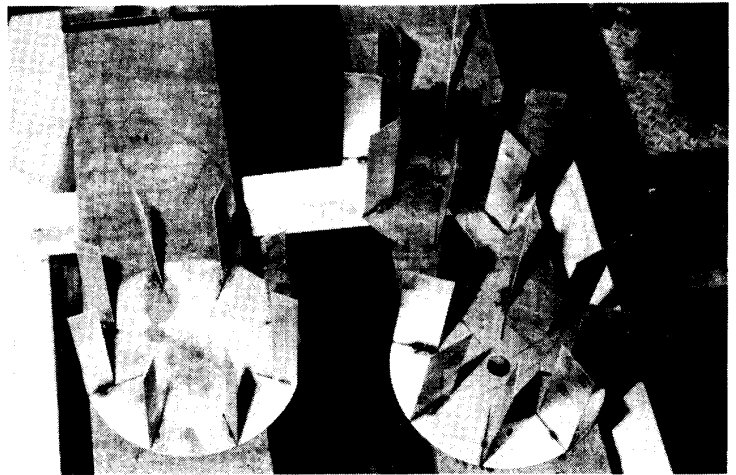


図-5 試験水車の外観 (一部)

を測定する。(A)

- ③ 最適羽根幅 $W^*$ を求めるため,  $\theta = 0^\circ$ ,  $R = \infty$ ,  $H = H^*$ ,  $K = K^*$ とし  $W$ を変化して出力測定する。(A)

- ④ 最適羽根取付角度 $\theta^*$ を求めるため,  $R = \infty$ ,  $H = H^*$ ,  $K = K^*$ ,  $W^* = W$ , とし  $\theta$  を変化して出力を測定する。

(B)

- ⑤ 最適曲半径 $R^*$ を求めるため $H = H^*$ ,  $K = K^*$ ,  $W = W^*$ ,  $\theta = \theta^*$ とし,  $R$ を変化して出力を測定する。(C)

①～⑤により最大出力を得るための羽根水車形状寸法として最適水深 $H^*$ , 最適羽根枚数 $K^*$ , 最適羽根幅 $W^*$ , 最適羽根取付角度 $\theta^*$ , 最適羽根曲率半径 $R^*$ が実験的に求められる。

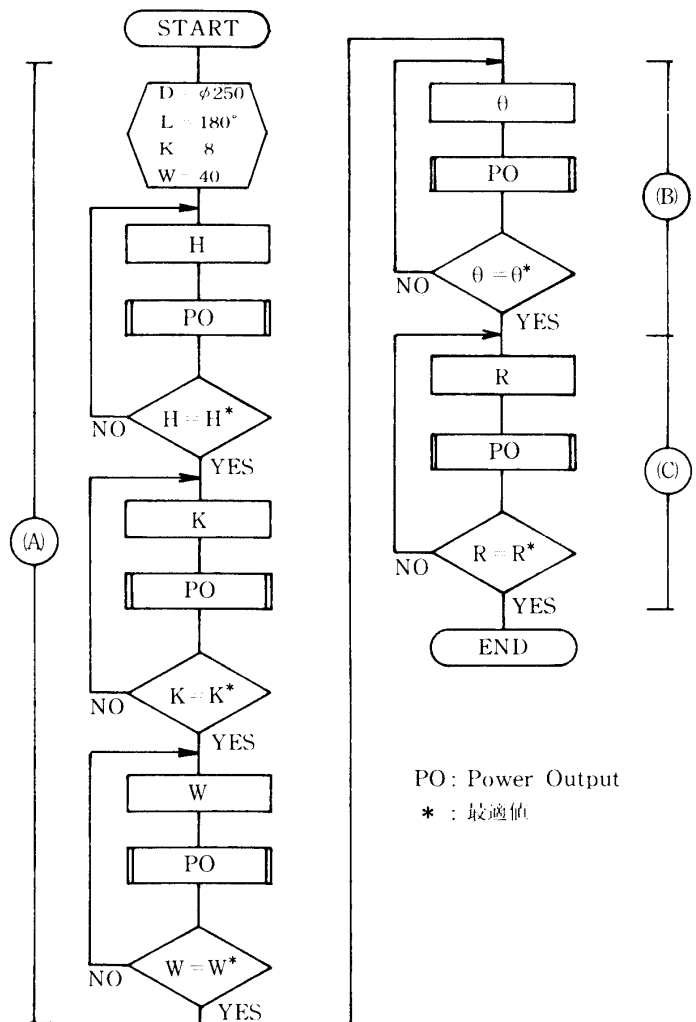


図-6 実験手順の流れ図

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 水深の最適値

図-7は水車羽根枚数を仮に8として水車の水深 $H$ を変化した場合の回転数-出力特性である。この図から出力は $H=60\text{mm}$ の場合が最も大きい。これは水車直径のおよそ4分の1程度である。本実験では水深として $H^*=60\text{mm}$ を採用した。

#### 3.2 羽根枚数と出力の関係

図-8は、図-3の(A)についてその羽根枚数を6~14と変化した場合の特性である。この図から出力は $K=8$ の場合が最も大きい。枚数変化による出力は特に大きな差はみられないが、 $K=8$ を最大として $K$ の値がそれより大きくなっても又、小さくなってもその出力は減少する傾向にある。本実験では $K^*=8$ を採用した。

#### 3.3 羽根幅と出力の関係

図-9は図-3の(A)についてその羽根幅 $W$ を変化した場合の特性である。図から $B=40\sim30$ の場合が最も出力が大きい、羽根幅の大小は水車の重量に大きく影響するので $B=30$ の値を採用した。

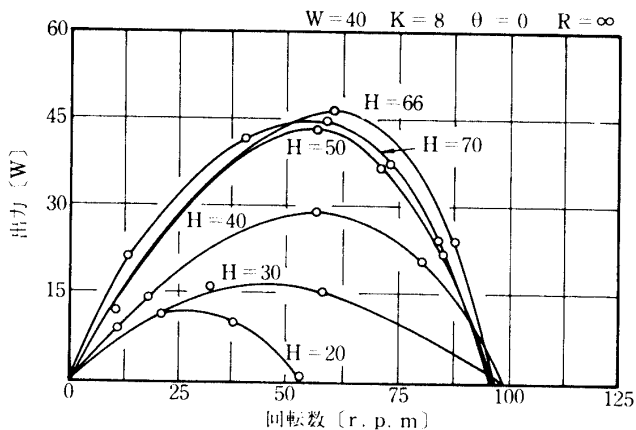


図-7 水深の変化による回転数-出力特性

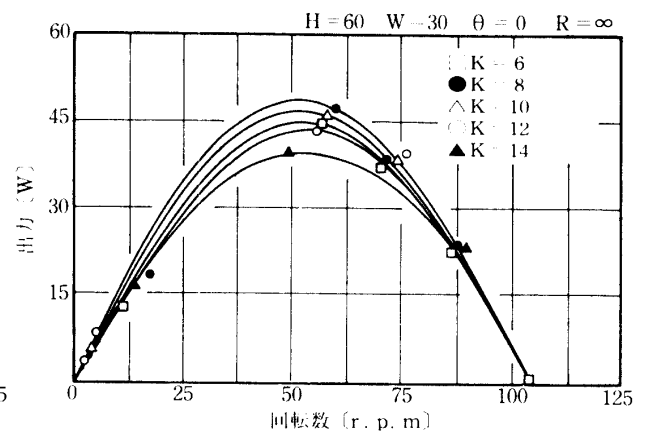


図-8 羽根枚数の変化による回転数-出力特性

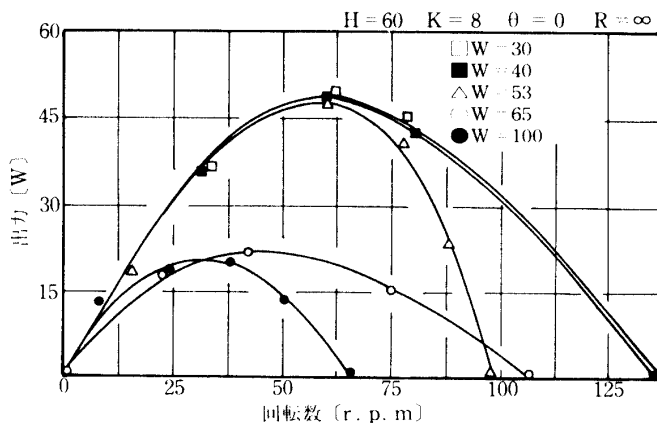


図-9 羽根幅の変化による回転数-出力特性

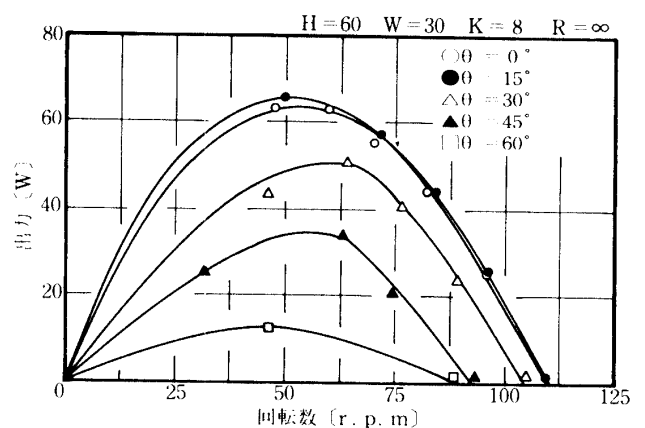


図-10 羽根取付角度の変化による回転数-出力特性

### 3.4 羽根取付角度と出力との関係

図-10は図-3の(B)に示すように羽根取付角度 $\theta$ を変化した場合の特性である。図から $\theta=15^\circ$ の場合の出力が最も大きい。 $\theta=0^\circ$ の場合と比較するとその出力に差はわずかであるが、 $\theta=15^\circ$ の方が出力が大きいのでこの角度を採用した。

### 3.5 羽根曲率半径と出力の関係

図-11は羽根板に曲率をもたせた場合を示し、 $R$ はその曲率半径である。図から出力 $R=30\text{mm}$ の場合が最大である。

### 3.6 水車の最適形状寸法

図-7～11によりその形状寸法に対する出力の変化をまとめると図-12のようになる。

図-12から、水車直径250mm, 羽根長 $L=180\text{mm}$ の水車において水深 $H^*=60\text{mm}$ , 羽根枚数 $K^*=8$ , 羽根幅 $W^*=30\text{mm}$ , 羽根取付角度 $\theta^*=15^\circ$ , 曲率半径 $R^*=30\text{mm}$ の場合に最大出力特性は図-13に示す。

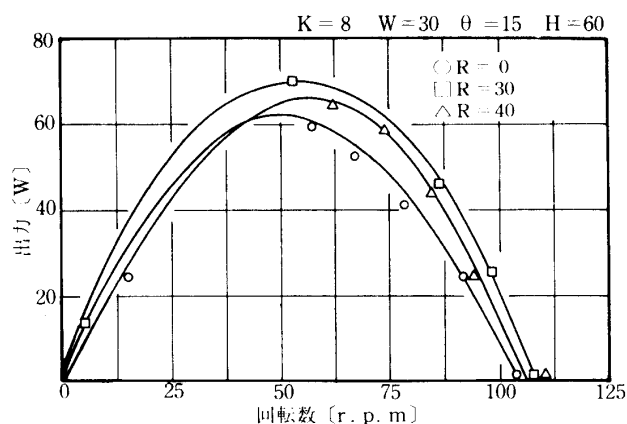


図-11 曲率半径の変化による回転数—出力特性

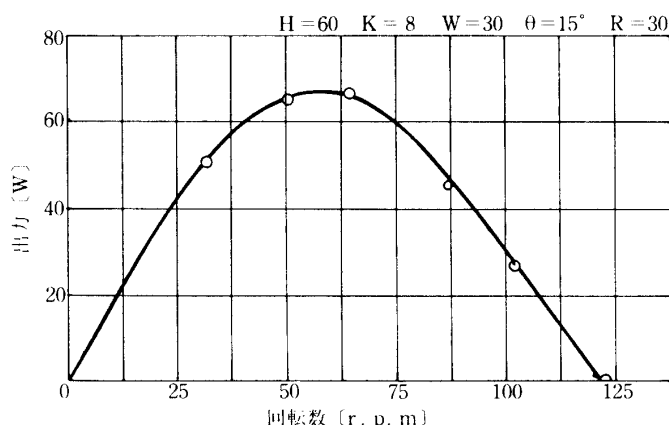


図-13  $H^*$ ,  $K^*$ ,  $W^*$ ,  $\theta^*$ ,  $R^*$  (最適値) の場合の出力—回転数

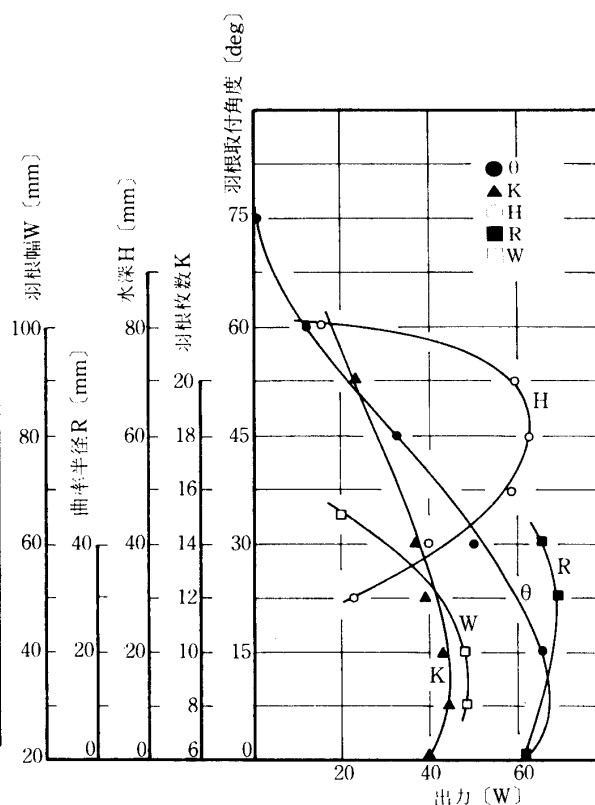


図-12  $W$ ,  $R$ ,  $H$ ,  $K$ ,  $\theta$  の変化に対する出力

## 4. 結 言

超低落差用水車の出力(効率)に影響を与える要素はいくつか考えられる。本実験では水車の

形状寸法に限定して最大出力を得る最適形状寸法を実験的に求めた。その結果水車直径 250 mm, 水車幅 180 mmの水車において最大出力を得るためには水深60mm, 羽根枚数 8, 羽根幅30mm, 羽根取付角度 $15^{\circ}$ , 羽根曲率半径30mmとすれば良いことが実験的に明らかになった。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり親身なる御高導を賜りました石田健二郎教授（福井工業大学）に深甚の謝意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) S. Cassacci, Advance in Low-Head Machines, Water Power, March 1961
- 2) 鶴飼孝造, 超低落差発電所の設計と施行, 電気書院（東京）, 昭41. 11
- 3) 富士時報, 第154号 No.5, 昭55
- 4) 富士時報, 第55巻 第5号, 昭57