

# 簡易発電用水車の基礎的研究

福田 浩・佐々木 章・樋渡 久孝

## Basic Study of Electrification Simple Water Turbine

Hiroshi FUKUDA, Akira SASAKI, Hisataka HIWATARI  
(昭和59年 月 日受理)

This paper were intended to obtain the basic datas of practical water turbine profit by the stream of agricultural water way or general small scale river.

Principally, designed and trial producted simple small turbine, and model experimented in order to precision performance and efficiency of the turbine.

Precision to relationships between structur of turbine blade and performance of water turbine, by measurment torque and frequency of turbine.

### 1. 緒 言

時節柄、自然流水を利用した簡易小型水車による小規模発電については関心もたれ、研究開発および実用化にともなう多くの報告がなされている。

水車は古来、人間生活上の動力源として広く活用されてはいるが、その多くは使用目的が精米、製茶製粉それに揚水など低回転で低効率のものが殆んどで、発電に供されるような高回転速度の水車については構造的にも運転条件的にも未開拓の部分が多く、定式化された工学的な資料は見受けないうのである。

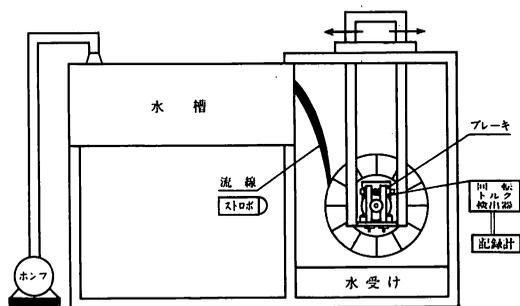
本報告は、比較的低落差、少量水の一般小河川や農工業用水路系の流れのエネルギーを水車発電により電力として活用するための実用小型簡易水車を開発する基礎的な技術資料を得ることを目的としてモデル実験したものの一部である。

水車の基本的な性能値として発生回転数とトルクを計測し、羽根車の形状・寸法などの構造上の関連を明確にするとともに、水流と水車の相対的な位置関係とフローパターンが性能値に大きな影響を与えることから、これらを肉視および写真撮影によって詳細にし水車の動的な特性と効率値として把握することを試みた。

### 2. 実験の装置と方法

図一に実験装置の概略を示した。

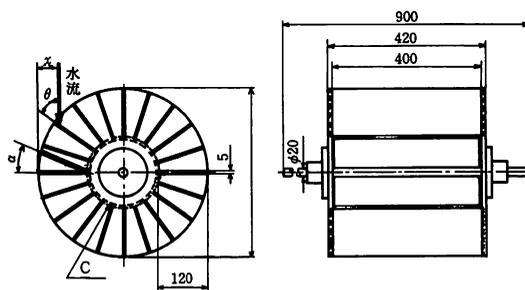
実験水流は農業用水路をモデル化し、長さ2.5 m 幅1 mの水路を作り、幅400 mmの四角せきを越す水



図一

脈として水車に供給した。

水量は揚水ポンプにより任意に得られるが、本実験では定量5.7 l/sとし、また、せき溢流頂点と水車軸間垂直距離（有効落差）を610 mm一定に設定して行なった。



図二

水車の形状・寸法は図-2に示すようなものである。羽根材は透明アクリル板を用い、羽根全幅Bは400mm、長さLは120mm一定とし、直径値Dを400, 460, 520mmの3段階に選び、羽根数Zは5, 10, 15, 20, 30枚とした。

また、羽根取付け角度 $\alpha$ を $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ について比較実験した。

発生回転数 $n$ とトルクTはそれぞれ検出装置で取り出し記録した。なお、回転軸にセットした手動ブレーキにより任意回転速度に対するトルクを求めて回転力Pとして整理した。

水流の羽根車に衝突する位置が発生回転数とトルクに大きな影響を与えるので、羽根板先端を原点とし水流の羽根に衝突する原点からの水平距離 $x$ を水車架台全体を水平移動することによって任意に設定できるようにした。

また、水流と羽根車の相対的な挙動を肉視および写真撮影により明らかにし、水車性能値との関連性を解析する上に役立てた。

### 3. 実験の結果と考察

#### 3.1 発生回転数

直線羽根 ( $\alpha = 0^\circ$ ) の水車において、羽根車直径値Dおよび羽根枚数Zの組合せによる無負荷発生回転数 $n_f$ を水流と羽根との衝突位置 $x$ に対して求め

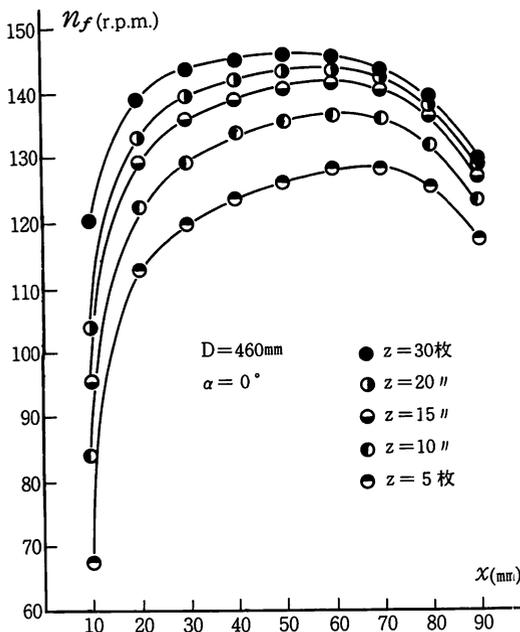


図-3

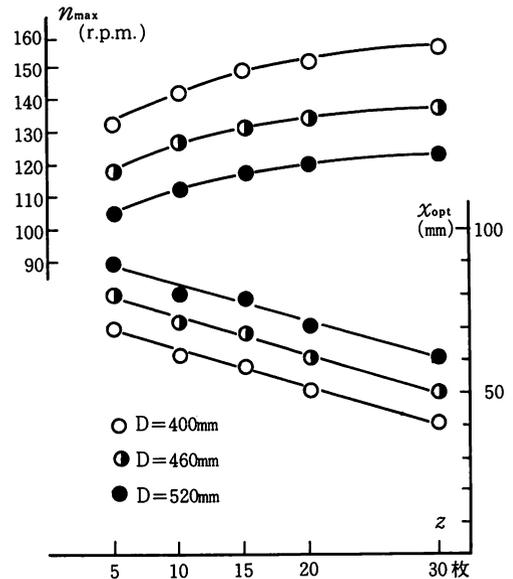


図-4

た結果の一部を図-3に示した。

ここに示された結果から、同一寸法水車でもZを増すと $n_f$ は一様に増大する傾向にあり、本実験範囲ではZ=30枚が最も高く表われた。

實際上Zの増加には限界があり、実験結果からもこれ以上Zをふやしてもより高い $n_f$ を得ることは困難であることが推察される。

また、 $n_f$ を最大とする $x$ の値が存在することが明らかで、Zの多いほどこの値は小さくなる。

これらの関係を明らかにするため、直線羽根車の全実験について最高無負荷発生回転数 $n_{max}$ とこの時の羽根位置 $x_{opt}$ をDおよびZに対して示したものが図-4である。

ここに示された結果から、同一Z値の水車についてはDが大きいかほど $x_{opt}$ 値は大きいが、Zの増加につれほぼ直線的に減少する。

$n_{max}$ は当然Dが小さい水車ほど大きいが、同一のDについてはZの多いほど高く表われているが、Z=30がほぼ限界であることはこの結果からも推定できる。

以上の結果を明確にするため羽根車に作用する水流の挙動をD=460mmの場合について写真撮影し、Zに対する $x$ と $n_f$ との関連として示したものが写真1である。

示された写真と肉眼観察によると、羽根数の少ない場合には多いものに比べて同一 $x$ 値については羽

$z \backslash x$	20mm	40	60	70	80	90
5枚						
nf	113	124	127	128	126	117 r.p.m.
10						
nf	122	133	135	136	130	
15						
nf	130	139	141	140	136	
20						
nf	133	142	144	142	138	
30						
nf	139	146	155	144		

D=460mm  
 $\alpha = 0^\circ$

写真-1

根に作用する落水流の接触時間が長く、したがって一枚の羽根の受け持つ水量も多いが、水の作用有効区間は水が羽根に衝突しはじめてから羽根板がほぼ水平位置に至るまでの間で、それ以降の水は板面より離脱しようとし有効な回転発生には費されない。

また、羽根板上の有効滞水量は有限であり、余分な水は板外方へと流出するが、Zの少ない場合にはこの量が多く、水切れも不良である。

さらに、つぎの羽根が水と衝突するまでの時間が長くなるためにこの間に回転の減衰が生じ、結局は回転むらによる発生回転速度は低く表われるものと考えられる。

つぎに、最高発生回転数  $n_{max}$  をもたらす水流の羽根板上作用位置  $x_{opt}$  が存在し、同一直径水車では、羽根数 Zが多くなるにつれて小さな値となっている。

これは、 $n_f$ が小さい場合は水流が羽根と衝突する作用角  $\theta$ は大きい、羽根に十分に作用せず外側方へ流出する水量が多くなり  $x$ は小さい。

一方、 $x$ が大きすぎる場合には作用水量は多いが板面作用角  $\theta$ が小さく水は羽根車中心方向へ偏流して水切れが悪くなり、一部は羽根裏面に接触介在した後方へと持ち上げられて一種のブレーキ作用が働いて  $n_f$ は低くおさえられる。

また、Zの多い場合  $x_{opt}$  が Zの少ないものに比べ

て小さな値となるのは、 $x$ が大きな位置では主として上述した水切れの状態が悪くなるためと考えられる。

以上の結果から、 $n_f$ に対して羽根車への水流の作

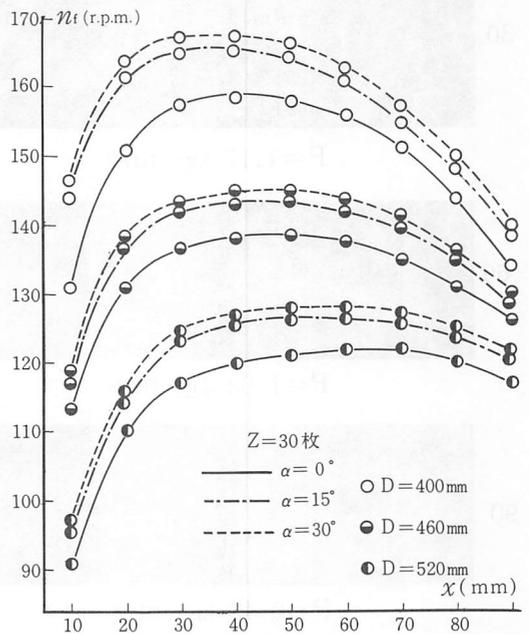


図-5

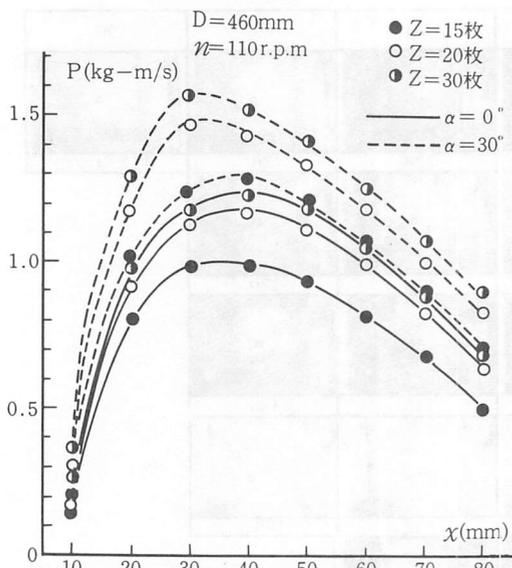


図-6

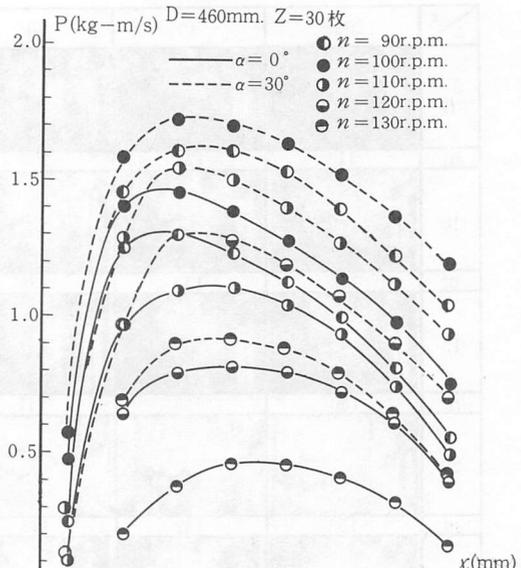


図-7

$D=460$  mm,  $Z=30$  枚,  $n=110$  r.p.m.

$0^\circ$

$30^\circ$

( $\frac{1}{30}$  s) シャッタ速度 ( $\frac{1}{250}$  s)

( $\frac{1}{30}$  s)

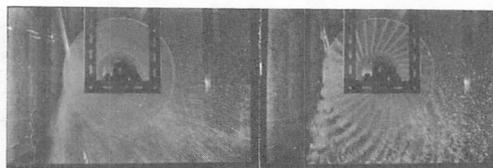
( $\frac{1}{250}$  s)

$\alpha$   
mm

30

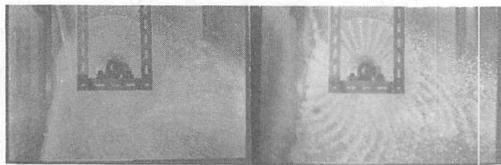


$P=1.17$  kg-m/s



$P=1.52$  kg-m/s

60

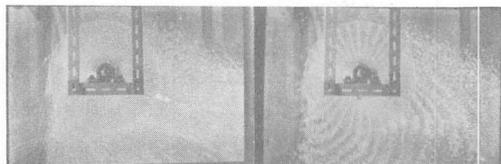


$P=1.02$  kg-m/s

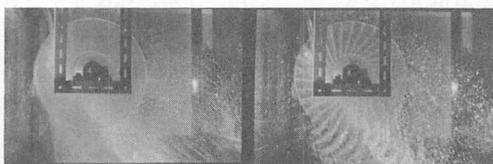


$P=1.25$  kg-m/s

90



$P=0.43$  kg-m/s



$P=0.51$  kg-m/s

写真-2

用が有効・適切に働らく位置  $x_{opt}$  の存在することが明らかとなった。

本実験では羽根数  $Z=30$  枚の水車について、羽根枚の取付け角度を図-2に示す  $\alpha$  値として  $15^\circ$  と  $30^\circ$  を選び  $0^\circ$  の場合と比較した。

図-5に得られた結果の一部を示した。

ここに示された結果から、羽根の取りつけには角度をもたせた方が  $n_i$  に対してきわめて有効であることがわかる。

$\alpha$  値が大きい場合ほど、羽根板に水流が早く衝突し、しかもおそく離れることになり、水の羽根車への作用時間が長く、したがって水量も多くなるが、後方へと持ち上げられる割合は少なく水切れの状態も良く、水流の作用度合が大きい。(写真参照)

本実験での  $\alpha=30^\circ$  が最適値であると云う確かめの実験は行っていないが、得られた資料からはこれ以上の角度をつけてもより大きな効果は期待できないと思われる。

### 3.2 回転力

羽根車に作用したトルクを検出記録し、回転力  $P$  として整理した一連の実験結果の中から、羽根車直径  $D=460\text{mm}$  の場合、水車回転数  $n=110\text{r.p.m.}$  を選んで  $P$  におよぼす羽根数  $Z$  と取付け角  $\alpha$  の影響を水流の羽根板作用位置  $x$  に対して示したのが図-6である。

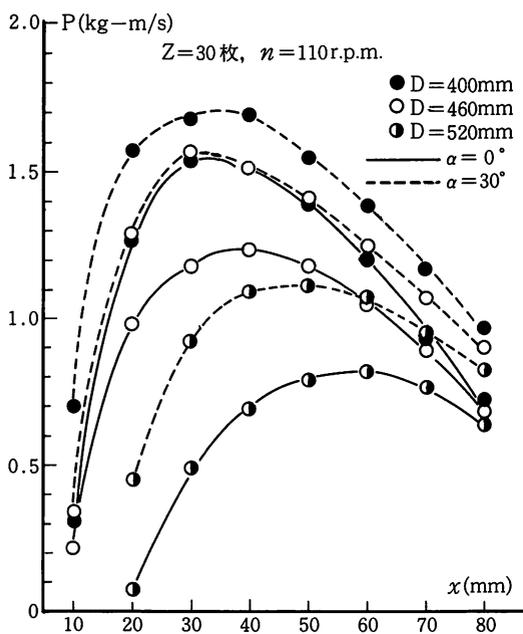


図-8

つぎに、 $D=460\text{mm}$ 、 $Z=30$  枚の場合について、 $P$  と  $n$  および  $\alpha$  の関連を  $x$  に対して示したのが図-7である。

さらに、 $Z=30$  枚で  $n=110\text{r.p.m.}$  一定とした場合につき、 $P$  におよぼす  $D$  と  $\alpha$  の影響を  $x$  に対して示すと図-8のようになる。

ここに示された結果から、本実験の範囲では羽根数  $Z$  の多いほど、取付け角度  $\alpha$  の大きい場合ほど回転力  $P$  は大きく表われ、 $P$  を最大とする  $x$  の最適値が存在する。

また、同一水車では設定回転数  $n$  により  $P$  は当然異なるが、 $P$  を最大とする  $n$  が存在する。

なお、 $D$  の小さいものほど  $P$  の値は大きく得られているが、 $n$  の値により、また、 $Z$  の少ない場合には図に示すような顕著な差異はなかった。

以上の結果を考察する上で、羽根車に作用する水流の挙動が性能に密接な関連をもっていることから、フローパターンを撮影した一部を写真-2に示した。

$Z$  が多く、 $\alpha$  の大きい場合の効果は、前述  $n_i$  についての考察とほぼ同様で、水流と羽根板との衝突が早く、板面作用時間が長く、力の作用有効回転角度も大きくなり、しかも作用力の平均化がなされることによると考えられる。

また、水流の板面作用適性位置の存在は、適当な水量が板面全体に様に作用し、水切れの状態もよく、後方に持ち上げられたり、羽根裏面に滞りし水切れを悪くしたりして回転力の発生を防げる作用をする水量の少ないことによるものと考えられる。

結局は、水の保有するエネルギーを羽根車が如何に有効かつ効果的に吸収するかが問題である。

### 4. 結 言

農業用水路や小河川の水流を利用して水車発電する場合、簡便な小型水車を製作・使用することを目的に、主として羽根車の寸法・形状と水車性能の関連を明らかにするための実験を行なった。

得られた結果を要約するとつぎのようになる。

- 1) 発生回転数と回転力は羽根数の多いほど高くなるが、適性値はおよそ30枚である。
- 2) 水流が羽根板に作用する位置には最適値が存在し、羽根板先端よりおよそ  $\frac{1}{2}$  の所にある。
- 3) 羽根取付け角度はおよそ  $30^\circ$  とした場合に最もよい結果が得られた。
- 4) 羽根車に作用する水流のフローパターンが水車性能に大きく影響する。

終りに、本実験を行なうにあたり種々ご助言、ご協力を頂いた本校機械実習工場の後藤係長はじめスタッフの皆様および終始協力の労を惜しかなかった当時学生の藤井泰樹、水戸瀬敏之、大場信昭、田村鉄雄、小室友和、星野尚人の諸君に感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 本間仁他, 物部水理学, 岩波書店, (1975)
- 2) 深栖俊一, 水車の理論と構造, 工学図書, (1956)
- 3) 浅沼強, 流れの可視化ハンドブック, 朝朝倉書店, (1977)
- 4) 秋田県自然エネルギー開発協会, 秋田の自然エネルギー, No.1, (1980)
- 5) 秋田県自然エネルギー開発協会, 秋田の自然エネルギー, No.7, (1984)