



沿岸固定式波力エネルギー変換装置に関する研究(第1報) : サボニウス型波力水車について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-07-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 奥田, 教海, 渡部, 富治, 近藤, 俣郎, 谷野, 賢二 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3728

沿岸固定式波力エネルギー変換装置に関する研究
第1報 サボニウス型波力水車について

奥田 教海・渡部 富治
近藤 俣郎・谷野 賢二

Study for the Wave Energy Conversion System Fixed
on the Seashore

Part 1. A Water Turbine of Savonius Type
for Wave Power.

Kyokai Okuda, Tomiji Watabe, Hideo Kondo and Kenji Yano

Abstract

The authors present the results of model tests for the wave energy conversion system consisting of a Savonius type water turbine and describe in outline the test plant of the prototype in Murooran Harbour. Model test results are as follows :

- (a) The three blade Savonius rotor is more efficient than the two blade rotor.
- (b) The rotor with two guide vanes attached along the turbine channel converts more energy than that without guide vane.

Main specifications of the prototype water turbine in Murooran Harbour are as follows :

Water turbine :	diameter	1.6 m
	height	4.0 m
	weight	1.0 ton
	power output	2 kW
Turbine channel :	breadth	2.3 m
Caisson :	breadth	6.1 m
	height	7.0 m
	length	8.0 m
	location	-3.8 m (under water)

I. ま え が き

エネルギー危機が叫ばれるようになった昨今、新エネルギー開発が注目を浴びている。その一つに波浪エネルギーの開発利用があり、多くの考案がなされている¹⁾。室蘭工業大学機械系学科の奥田、渡部は、同大学土木工学科 河海工学講座 近藤教授を主査とするプロジェクト研

究「沿岸固定式波力エネルギー変換装置に関する研究²⁾」に加わり、数年前より実験研究を行っている。波力エネルギー変換装置として従来提案されているものの多くは「沖合・浮体方式」(沖合に浮いている物体に近寄る波のエネルギーを利用する方式)³⁾であるが、ここで報告するのはそれと異なり防波施設を利用して波力エネルギーを有効に変換しようとする「沿岸固定式」で、その中の一つ、サボニウス型波力水車方式である。(沿岸固定式の他の型式、ペンジュラム方式については他の報告に譲る。)

II. サボニウス型波力水車の特徴

この方式は、水平断面コの字型のケーソン内に入射波を導いたとき、そこに出来る重複波の節の位置で水粒子の往復水平運動が最も大きくなることを利用し、ほぼその位置に、流れ方向に無関係に一定方向に回転する立軸サボニウス型羽根車を置き、波力エネルギーを回転エネルギーに変換するものである。

(図-1)。

元来サボニウス型羽根車は機械的エネルギー変換効率は低い方であるが、波と装置の共鳴を巧に利用することができれば、定常的エネルギー変換装置としては有望と考えられる。

この方式では水車位置からケーソン後壁までの奥行 D と入射波の波長 L との比 D/L によってエネルギー変換効率が変化するものであり、 $D/L=1/4$ 附近で水粒子の水平運動が最も大きくなるとみなされている。

この報告では実験室内における模型実験

- (1) 水槽内定常流におけるサボニウス型羽根車の形態と導流板に関する実験、
- (2) 波動水槽における同様の実験

について主として述べ、その後に室蘭港における実機のテスト・プラント(昭和55年春設置)についても触れる。

III. 水槽内定常流における実験

この実験は波動水槽における実験の予備実験として行ったもので、サボニウス型羽根車の形態(2枚羽根, 3枚羽根などの羽根数, 羽根曲面の曲率と配置, 羽根車の大きさの水路幅に対する適否など)および実験中の発想から

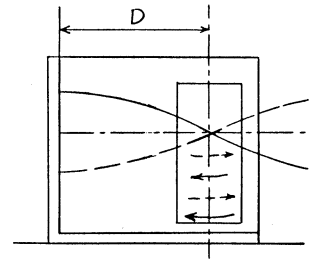


図-1 サボニウス型波力水車

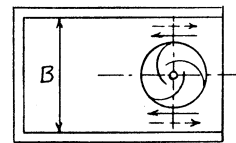


図-2 羽根車と導流板

導流板の有無，その大きさなどの影響を見たものである。実験装置の概要を図-2に示す。

水路幅 $B=180\text{ mm}$ ，羽根車直径 $2R_0=125\text{ mm}$ ，羽根車鉛直方向長さ $L_0=390\text{ mm}$ として，羽根数 2, 3 枚， $R_1=70, 80, 90\text{ mm}$ ，導流板高さ比 $\varepsilon/B=0.5, 0.39, 0.33, 0.28, 0.24$ に変え，(図-2 参照。)水槽流速を3段階に変化させて実験した結果，出力の最大は，

$$3\text{ 枚羽根, } R_1=90\text{ mm, } \varepsilon/B=0.33$$

のとき現れ，出力の最大値 0.6 W ，導流板のない場合の出力の約 20% 増であった。

IV. 波動水槽における実験

上記の実験を基として，図-3に示す鋼板製3枚羽根ザボニウス型波力水車(直径 125 mm ，高さ 390 mm) および導流板を用い，図-4に示す波動水槽内で実験を行った。

水車の“エネルギー取得率” η を図-5に示す。ここで言う“エネルギー取得率”というのは沖波の有するエネルギーの中，水車がどれだけエネルギーを吸収するかを表わすものである。

(実際に水車羽根車直前において入射する波のエネルギーは，上の沖波のエネルギーよりは小さく，構造物や捨石基礎による反射，その他の損失を差引いたものとなる。このエネルギーに対する水車の効率を“エネルギー吸収効率”と定義し，前記のエネルギー取得率と区別する。)

図-5によれば導流板による整流効果は顕著であり，導流板のない場合に比べてエネルギー取得率は，最大 2.4 倍ほどに達する。導流板がない場合，エネルギー取得率は D/L によって大

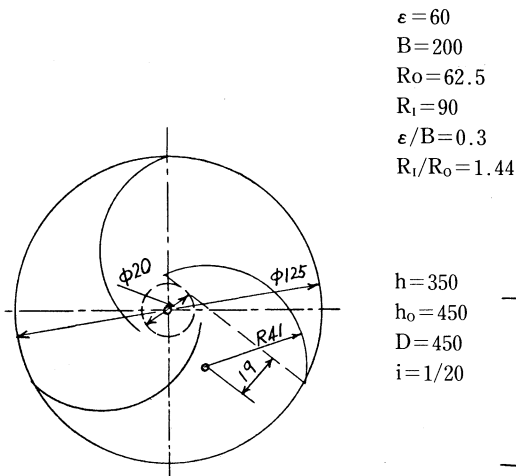


図-3 羽根車

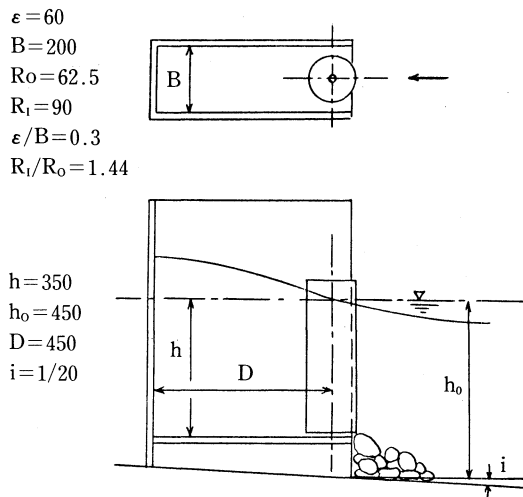


図-4 波動水槽実験装置

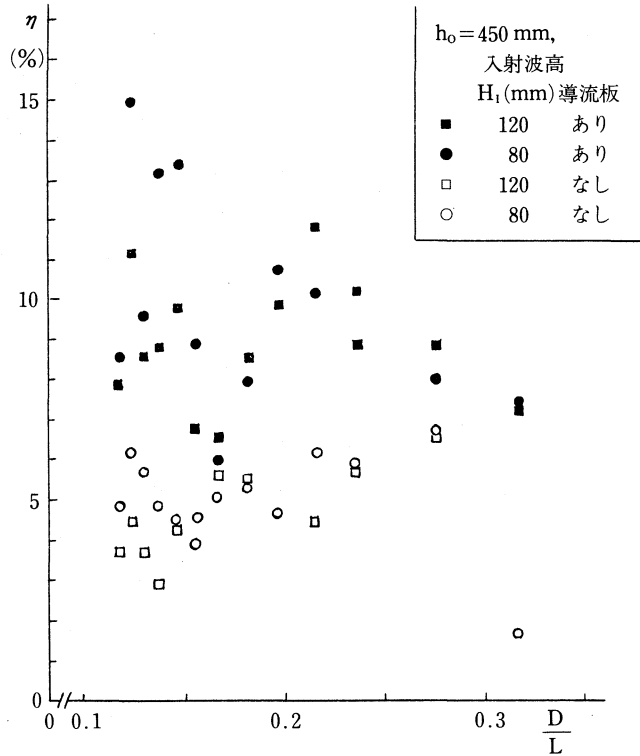


図-5 波力水車の最大エネルギー取得率

きくは変化せず、その値は約5%である。一方、導流板を付設すると D/L によって多頭型のピークが表われ、その最大値は15%に達する。

$D/L > 0.2$ のピークは重複波の節における水粒子水平運動最大の好条件として理解できるが、 $D/L < 0.2$ のピークについては説明がつかない。実験中、ケーソン後壁において、入射波の倍周波数成分が観測され、その影響とも考えられる。

この水車のエネルギー吸収仕事 Wt をその最大値 Wt_{max} で除した値、すなわち“水車出力の変化”と、水車の半径 R_0 における周速度を羽根車への接近流速で除した値、すなわち

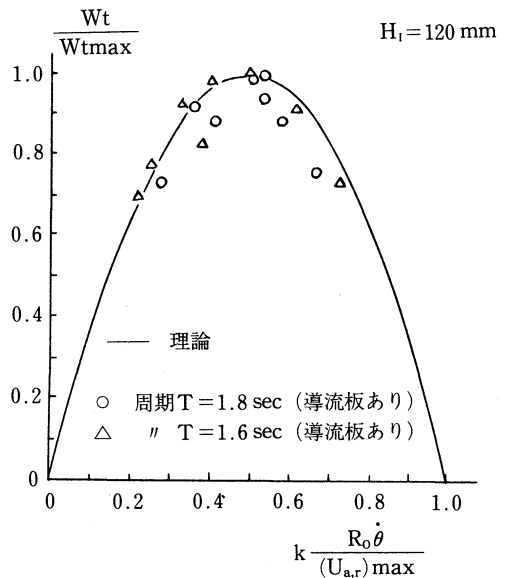


図-6 波力水車の特性曲線

“水車の周速度または回転数の変化”について理論値と実験結果をまとめ、この水車の特性曲線を示すと、図-6のようになる⁴⁾。この特性曲線の傾向は、一般の衝動ならびに反動水車の出力——回転数の特性曲線⁵⁾に類似していることは注目に値する。

V. 室蘭港における実機テスト・プラント

図-7に示すものは、1980年3月、室蘭港北外防波堤沖、水深-4 m 附近に設置された波力エネルギー変換装置のテスト・プラントの全体図である。ケーソンに隔壁を設けて2室に分割し、一方にサボニウス型波力水車方式、他方に振り子式波力エネルギー変換装置を設置して、実際の不規則波による装置の特性を見ようとするものである。室蘭港における波高と周期の出現率などの資料⁶⁾により設計されたテスト・プラントの概要は、次の通りである。

ケーソン：重量 309 トン、高さ 7 m × 幅 6.1 m × 奥行 8 m、水車室幅 2.3 m、
水 車：羽根車直径 1.6 m、長さ 4 m、重量約 1 トン、予想出力 1 ~ 2 kW、

ケーソン設置水深：-3.8 m。

この実験における相似則について検討する。この場合適用すべき相似則は、模型と実機において、慣性力と重力との比を一定に保つこと、すなわち、フルード数を一定にするフルードの相似則であると考えられる。

中央値について両者のフルード数を計算すると次のようになる。

模型：(羽根車直径 d) / (水車室幅 B) = $125/200 = 0.625$ 、
羽根車回転数 $n = 45 \text{ rpm}$ 、羽根車周速度 $u = \pi dn/60 = \pi \times 0.125 \times 45/60 = 0.295 \text{ m/s}$ 、模型のフルード数 $(F_{rd})_m = u/\sqrt{gd} = 0.27$ 。

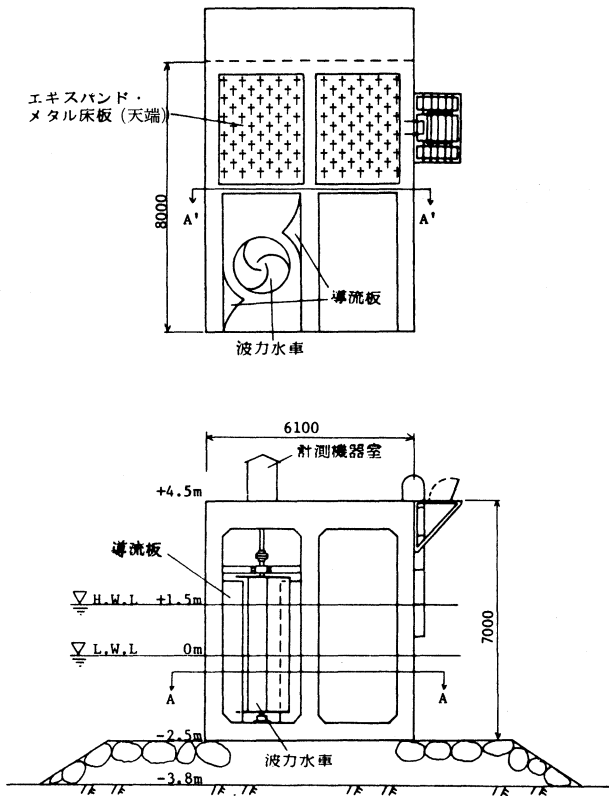


図-7 波力エネルギー変換装置

実機： $d/B=1,600/2,300=0.696$ ，水車への接近流速 $2 \sim 3 \text{ m/s}$ より考えて，周速度 u は $u=1.0 \text{ m/s}$ と推定すれば，回転数は $n=60 u/(\pi d) \doteq 12 \text{ rpm}$ ，実機のフルード数 $(F_{rd})_p = u/\sqrt{gd} = 0.25$ 。

模型と実機とにおいてフルード数がほぼ近い値なので，このテスト・プラントの計画は妥当であると考えられる。

VI. む す び

1. サボニウス型立軸羽根車の模型実験の結果をまとめると，

- (1) 2枚羽根よりも3枚羽根の方が有利であり，導流板を付設すると更に性能は向上する。
- (2) この波力水車のエネルギー取得率は，(ケーソン奥行 D)/(波長 L) に依存する。導流板のない場合は D/L による変化はさほど大きく表れず，エネルギー取得率 η は，ほぼ5%であるが，導流板のある場合は $D/L > 0.2$ のある値の重複波の節において η の明かなピークが表れる。また $D/L < 0.2$ においては，それより更に大きな変動を伴う多動型ピークが現れる。
- (3) 羽根車周速度または回転数の変化と，水車出力の変化との関係を表わす特性曲線は，一般の衝動および反動水車の同種特性曲線に類似する

などが解った。

2. 模型実験を基として設計された室蘭港における実機テスト・プラントの概要についても言及した。

今後，模型と実機の両実験を通じ，不明な事項について更に検討を進める予定である。

なお，本研究は昭和54年度文部省科学研究費試験研究(2)の一部として行われたものである。
(昭和56年5月20日受理)

文 献

- 1) 前田久明・ほか：海洋エネルギーの利用，第4回海洋工学シンポジウム，I-1，日本造船学会，(1979)。
- 2) 近藤俊郎(研究代表者)：昭和53・54年度文部省科学研究費・試験研究(2)研究成果報告書，防波施設と併用する固定式波力発電装置の研究(1980)。
- 3) 近藤俊郎：波浪エネルギーの利用，昭和54年度室蘭工業大学公開講座「エネルギー問題を考える」テキスト，(1979)。
- 4) 谷野賢二，近藤俊郎：土木学会北海道支部論文報告集，昭和54年度(1980)，p.125。
- 5) たとえば，村上光清，部谷尚道：流体機械，森北出版(1974)，p.74。
- 6) 室蘭港港湾管理者：室蘭港港湾計画資料(1974)。