

# 直線運動式クランク機構および新型水車の開発と地球環境改善装置への利用

|       |   |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: jpn<br>出版者:<br>公開日: 2017-10-05<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者:<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="http://hdl.handle.net/2297/26658">http://hdl.handle.net/2297/26658</a>             |

|            |  |
|------------|--|
| 氏名         | 高地 健   |
| 本籍         | 兵庫県  |
| 学位の種類      | 博士(工学)   |
| 学位記番号      | 博甲第742号  |
| 学位授与の日付    | 平成17年3月22日   |
| 学位授与の要件    | 課程博士(学位規則第4条第1項)   |
| 学位授与の題目    | 直線運動式クランク機構および新型水車の開発と地球環境改善装置への利用   |
| 論文審査委員(主査) | 由比 政年(自然科学研究科・助教授)   |
| 論文審査委員(副査) | 石田 啓(自然科学研究科・教授), 玉井 信行(自然科学研究科・教授),<br>榎谷 浩(自然科学研究科・教授), 斎藤 武久(自然科学研究科・助教授) |

## 学位論文要旨

### ABSTRACT

This paper deals with the development of newly originated machineries and the systems combining them to improve the water in dam, river and ocean. First, the new crank mechanism named linear motion crank is developed to change the rotating axis motion into linear reciprocating piston motion, which can suppress the thrust vibration and side friction.

Small air compressors and vacuum pumps having the linear crank are manufactured successfully. Then the 100kw air compressors that can work by the falling water energy over the dam are manufactured and installed at Haneji Dam in Okinawa in order to inject the air into the dam water to make the water pure. Moreover 80kw air compressor is installed at Myoken weir across Shinano River to improve the water quality or to make fish notice the fish channel by the injecting air.

Then a new water wheel named yawing blade wheel has been devised to get the torque from the running water eliminating inverse flow region against the blades. It can be realized by making the blades rotate within some angle around the blade axis. Finally the new wheel named wave force wheel is devised which can get the wave power effectively from the ocean wave.

#### 1. 研究目的

21世紀に解決すべき問題に技術系分野においては、「地球環境保全」と「エネルギーの安定供給」がある。社会の工業や産業を発展させる場合、水と空気を使用することが多いが、この際これらを汚染しないようにしながら利用することが、地球環境保全にとって極めて重要である。本研究では、環境負荷の少ない流水や波浪エネルギーを合理的に回収し、そのエネルギーを用いた地球環境改善用の機器・システムの開発・構築を目的とする。

そのため、まず自然エネルギーを圧縮空気に変換するための新型のコンプレッサの開発を行った。ここに新たに開発するコンプレッサは、ピストンクランクが直線運動する機構を有するもので、これをリニアクランク機構と命名するが、圧縮空気製造の過程で通常は空気に混入する潤滑油分を全く排除することが可能になり、その他の高効率・低振動・高圧縮率

などの長所と合わせて考えると、極めて良好な環境保全型機器が開発される。

次に流水エネルギーを抽出するための新型水車（以下揺動羽根水車と呼ぶ）ならびに波力エネルギーを抽出するための水車（以下波力水車と呼ぶ）の開発を行い、さらに、これらの新たに開発した機器類を組み合わせることにより、河川や海岸の水環境を改善するための環境改善システムの構築を行う。

## 2. リニアクランク機構

従来のクランク機構を図1に示し、図2にリニアクランク機構を示すが、リニアクランク機構は、ピストンとピストンロッドが直線運動をすることによって、シリンダに対してトラスト力が発生しないという長所を有している。

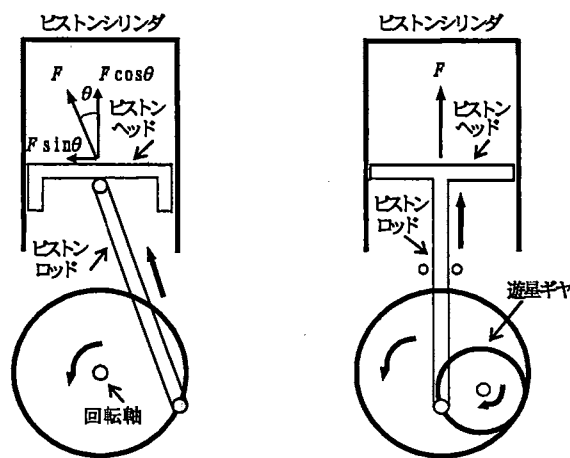


図1 従来型ピストンクランク 図2 新型リニアクランク

従来のクランクでは壁面摩擦が発生し、振動のを完全に消すことが出来なかったが、リニアクランク機構は2つのカウンタバランスを付加することにより動的バランスをとることが可能になる。これは、クランクに加わる力を、図3および図4に示した図において、 $\theta$ にかかわらずゼロとしたクランクの動的平衡条件を求めることにより可能である。

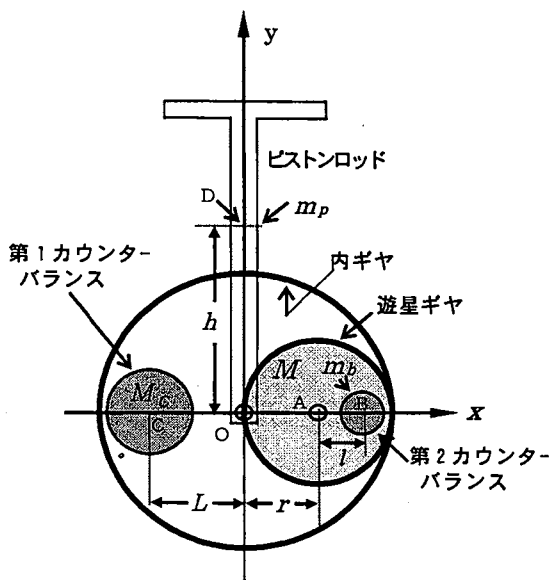


図3 リニアクランクの各部分の初期状態

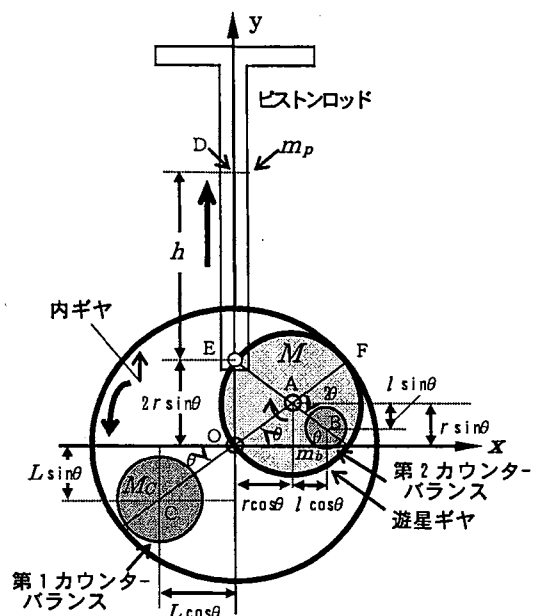


図4 各部分が反時計方向に $\theta$ 回転した状態

### 3. リニアクランクを用いたコンプレッサおよび真空ポンプの製作

写真1に、製作したオイルフリー単気筒リニアコンプレッサを示す。本機はAC単相100V、1000Wのモータを使用し、シリンダ直径 $\Phi=55\text{mm}$ 、ストローク（ピストンヘッドの移動距離） $S=60\text{mm}$ である。本製品の主な用途であるボンタイル塗装（外壁用粒入り塗装）である。

写真2に新たに、製作したピストンオイルを全く使わない型（オイルフリー型）の対向2気筒真空ポンプを示す。本機器は、単相100Vで90Wのモータで駆動するものであり、シリンダ内径 $\Phi=20\text{mm}$ でピストンストローク $S=32\text{mm}$ であり、ボアストローク比 $S/\Phi=1.6$ である。この $S/\Phi$ は従来の製品の最大値1.4より大きく、このことは真空度を高めるために一層有効である。

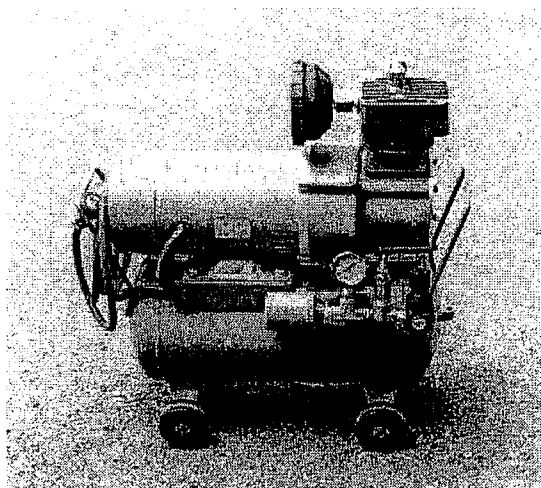


写真1 LWJ-3型 単気筒コンプレッサ

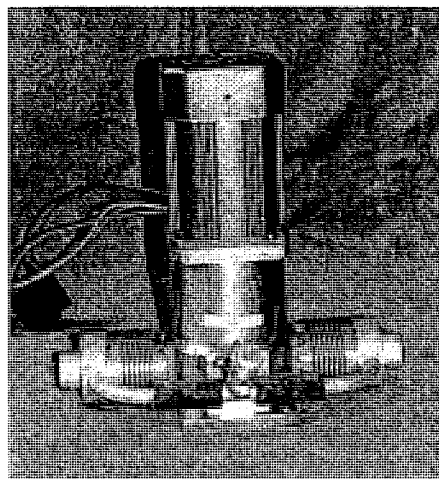


写真2 小型対向2気筒真空ポンプ

### 4. ダム放流水エネルギー利用システムの開発と応用

国土交通省沖縄県北部ダム事務所は、河川流量維持用およびかんがい用の放流水のエネルギーを利用してダム湖水を空気浄化するという「ダム用の空気エネルギーシステム (DAS)」の実現化を企画し、使用するコンプレッサとして、圧縮空気に油分を全く含まず、また回転数に対しての許容範囲が著しく広く、かつ回転式コンプレッサに劣らない効率で空気を製造できるという利点を有する本リニアクランクコンプレッサを採用設置した。このシステムを図5に、コンプレッサの概観を写真3に、性能試験結果を表1に示す。

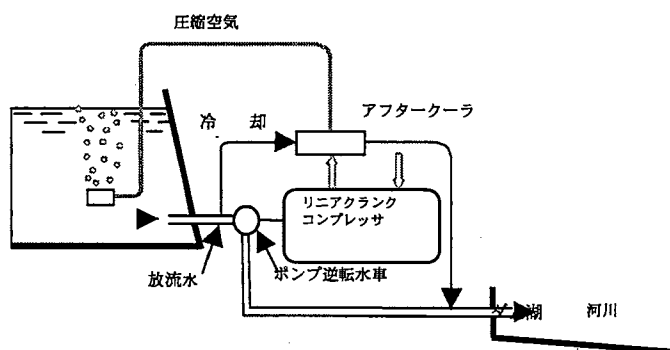


図5 DAS (Dam Air-energy System)

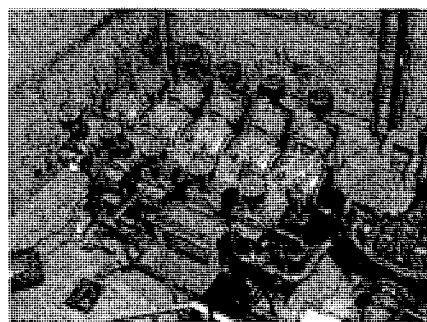


写真3 設置した100kwコンプレッサ

表1 河川用リニアクランクコンプレッサの試験結果

| 周波数<br>Hz | 回転数<br>min <sup>-1</sup> | 全気筒<br>ロード<br>アンロード | インバータ表示  |          | 計測ゲー<br>ジ風量<br>Nm <sup>3</sup> /min | 吐出<br>温度<br>℃ | 温度圧力<br>補正風量<br>Nm <sup>3</sup> /min | 軸換算<br>入力動力<br>Kw |
|-----------|--------------------------|---------------------|----------|----------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------------|-------------------|
|           |                          |                     | トルク<br>% | 電流値<br>A |                                     |               |                                      |                   |
| 60.0      | 1200                     | ロード                 | 80       | 203.0    | 20.5                                | 41            | 20.1                                 | 109.1             |
|           |                          | アンロード               | 14       | 86.0     | 0.0                                 | -             | 0.0                                  | 43.3              |
| 51.0      | 1020                     | ロード                 | 76       | 195.0    | 18.0                                | 46            | 17.5                                 | 88.2              |
|           |                          | アンロード               | 11       | 83.0     | 0.0                                 | -             | 0.0                                  | 34.7              |
| 42.0      | 840                      | ロード                 | 75       | 190.0    | 14.5                                | 48            | 14.1                                 | 69.8              |
|           |                          | アンロード               | 9        | 81.0     | 0.0                                 | -             | 0.0                                  | 26.9              |

この表からロード対アンロードの比は一番悪い条件でも 39.7%に成っていることが分かるが、従来のレシプロ式コンプレッサは、50%が一般的である。したがって従来品より 20%以上の性能向上が得られており、リニアクランク型の優位性が実証された。

また、河川流量維持用コンプレッサの上下左右3方向の振動加速度を計測したが、図6に10気筒ロード状態（コンプレッサ圧力 0.49Mpa, 1200min<sup>-1</sup>の回転）の最大負荷での振動試験の結果を示すと、振動加速度は最大でも 0.2g 以下と極めて小さい。

本コンプレッサを用いて羽地ダムで行われている表層曝気状況を写真4に示す。

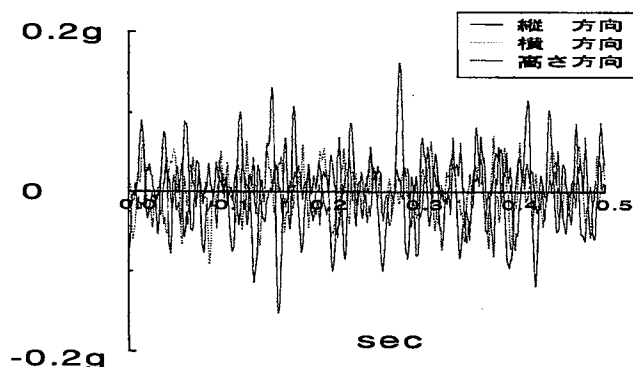


図6 最大負荷時の振動加速度

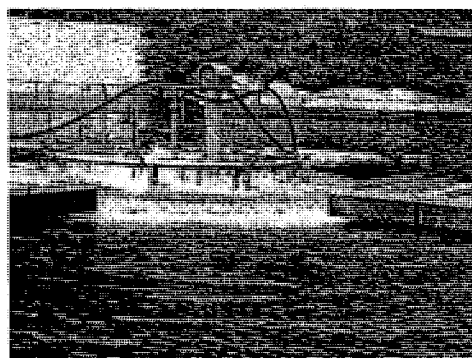


写真4 表層曝気状況

### 5. 新型の揺動羽型水車の開発

従来の開水路用水車は、流しかけ水車に代表されるが、これは高トルクを得るために増加する水車回転部を空中に出さねばならない欠点があった。この欠点を解消するため、羽が揺動回転する新型の水車を考案（揺動羽水車と命名）、その実用化を試みた。この水車の機構の概要を図7に示すが、流れが水車羽に当たると、羽は流水の衝突による抗力でバネ反力と釣り合う位置まで揺動自転することにより、水車を公転させる分力を自動的に発生する機構になっており、逆流域では、抵抗力を消滅させる長所がある。

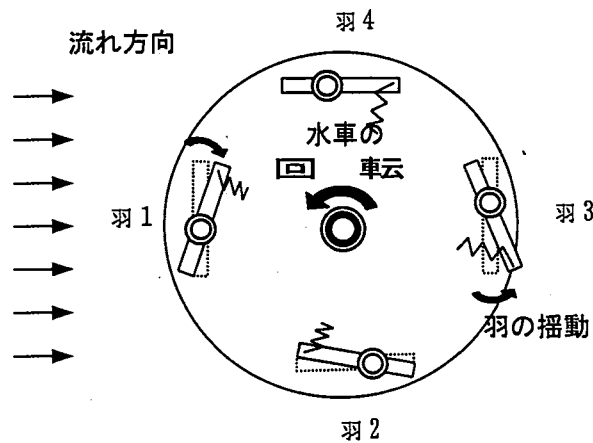


図7 揺動羽型水車の回転原理

このような流水から水車によって抽出できる運動エネルギーは、通常は全エネルギーの10～30%程度と小さいが、本模型実験では、導水板によって水車前面の流速を増加させることにより、流水エネルギーの60%程度までの大きなエネルギーを得ることが可能であった。

写真5は、信濃川の魚道呼び水用の水路（幅1m）に設置した水車であり、写真6は実際に水を流した時の状態であり、本水車が実用に供していることが分かる。

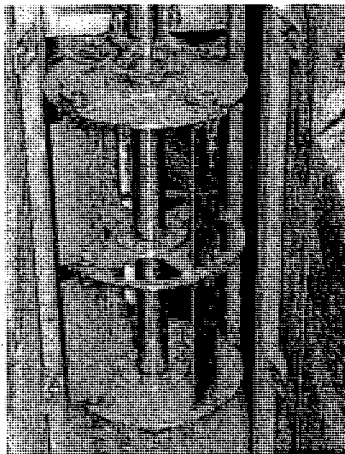


写真5 水車の設置状況

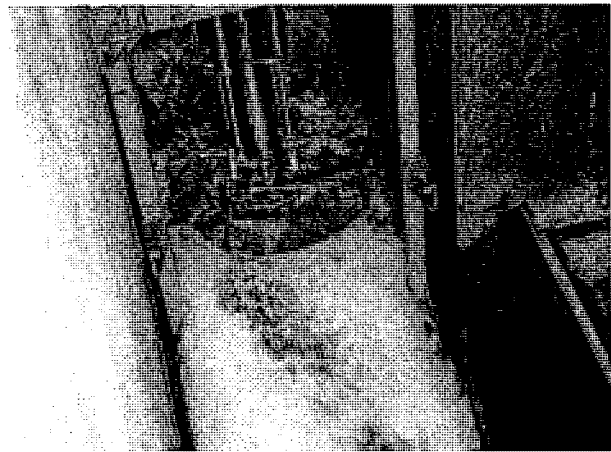


写真6 通水時の水車を通過した流水の状況

## 6. 波力水車の開発とエアレーション実験

波による水粒子の往復運動を一方向の回転力に変換するための波力水車の機構の本質部分を図8に示す。さらに、波力水車に上記のリニアクランク式の小型コンプレッサを直結することにより、波浪中に空気を放出するエアレーション実験の写真を、写真7に示す。取り付けた本コンプレッサは、気筒の直径が40mmで長さが60mmと小型であるため、1サイクルの駆動により、大気圧換算で、約75cm<sup>3</sup>の空気が圧縮・放出されるに過ぎないが、本装置を大型化することにより、実海域での海中エアレーションが可能になると思われる。

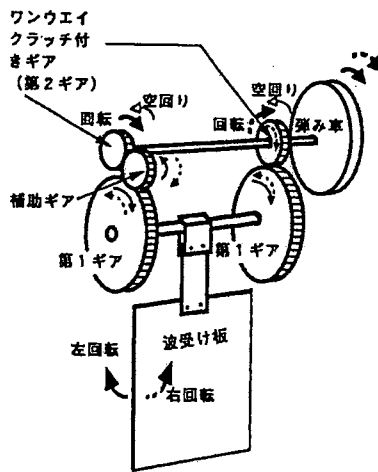


図8 波力水車の模式図

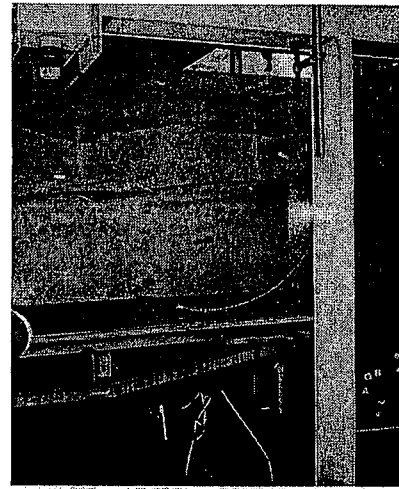


写真7 エアレーション実験

## 7. まとめ

本研究により、新規に開発したピストン直動型のリニアクランク式コンプレッサはそれ  
 独自で環境保全型機器として商用化が期待されると共に、さらに新型の揺動羽水車あるい  
 は波力水車に接続することにより、河川や海岸の水環境保全システムの構築に貢献し得る。

## 学位論文審査結果の要旨

提出学位論文に対して各審査委員が個別に審査を行った後、第1回論文審査委員会を開催し、審査方針  
 を決定するとともに、論文内容の検討および基礎学力の確認を行った。さらに、平成17年2月3日に実施  
 された口頭発表の後に、第2回論文審査委員会を開催し、慎重に審議した結果以下のように判定した。

本研究では、まず、回転運動とピストン運動とを結びつけるクランク機構において、ピストン部分が完全  
 に直線運動する機構（リニアクランク機構と命名）の開発を行い、本機構によるコンプレッサーおよび真空  
 ポンプの実用化に成功したが、本機構は、低振動・低摩擦・オイルフリー型の環境保全型機構であるため、  
 沖縄の羽地ダムの空気暴気式ダム湖水浄化装置の構築に貢献している。

次に、水車のブレード（羽）が羽軸回りに揺動自転する新型の水車（揺動羽型水車と命名）を開発し、こ  
 れを信濃川に設置して上記コンプレッサーと連結することにより、河川流水という自然エネルギーを利用し  
 た空気暴気式の水浄化装置の構築に貢献している。さらに、波浪エネルギーを抽出する波力水車を発明し、  
 圧縮空気を海中に放出するための環境改善装置の開発を行っている。

以上の研究成果は、効率の良い機器類の提供を実現すると共に、これらの機器類を組み合わせた装置は、  
 自然エネルギーを利用する環境改善型の装置として、社会貢献が大きく、その工学的価値も高い。以上のこ  
 とから、本審査委員会は本論文が博士（工学）に値すると判断した。