

摩擦式風・熱エネルギー変換装置に関する研究

小田 哲*・小出 隆夫*・吉野 蕃人**
寺田 俊郎**・難波 千秋*

(1983年6月17日受理)

On Heat Generator of Friction Type by Wind Power

by

Satoshi ODA*, Takao KOIDE*, Shigeto YOSHINO**,
Toshiro TERADA** and Chiaki NAMBA*

(Received June 17, 1983)

This paper presents a study on the heat generator of friction type. The heat generator converts the mechanical energy, which is converted from wind power by a wind mill, into heat energy. The aim of this study is to obtain the useful data and information for designing and manufacturing the practical heat generator of friction type.

The heat generator of friction type for the experiment is developed by the authors. The relations between the speed of rotation and the friction torque, the time rate of friction work, the increasing rate of temperature, etc. are clarified to a considerable extent by carrying out the running tests under various speeds of rotation. Furthermore the points which should be taken into consideration in the development of the practical heat generator of friction type by wind power are suggested.

1. ま え が き

近年石油に代わる代替エネルギーとして太陽熱、風力などの自然エネルギーが注目され、それらの利用方法が問題となっている^{1)~3)}。冬季の日照条件の悪い地方では、年間を通じてのロングサイクルで考えると太陽熱の利用だけでは不十分である。したがって、このような地方では冬期において風力エネルギーが豊富であることが多いので、自然エネルギー利用システムとしては太陽熱および風力エネルギーの複合利用方式が最適であると思われる。

風力エネルギー利用システムとしては、風力エネルギ

ーを風車により機械的エネルギーに変換し、これをさらに熱エネルギーに変換するための摩擦式風・熱エネルギー変換装置を用いて温水をつくり、温室暖房に利用するシステムが考えられる。

本研究では、風・熱エネルギー変換システムの中核となる摩擦式風・熱エネルギー変換装置を設計・製作するための基礎資料を得ることを目的としている。まず実験用摩擦式風・熱エネルギー変換装置を試作し、つぎに実際に運転試験を行って回転速度と摩擦トルク、摩擦仕事率、温度上昇率などとの関係について明らかにしている。

* 機械工学科 Department of Mechanical Engineering

** 島根大学農学部 Faculty of Agriculture, Shimane University

さらに、本変換装置の特長や今後の問題点についても検討を加えている。

2. 実験方法および実験装置

2.1 摩擦式風・熱エネルギー変換装置

本研究で試作した実験用摩擦式エネルギー変換装置は、**Fig. 1**に示すように発熱装置(変換装置)、駆動用の可変速度電動モーター(最大出力7.5 kW)と摩擦トルク測定用のトルクメーターから成っている。発熱装置の摩擦円筒(高さ354 mm)には熱電対が中央部と、円筒上下方向70 mmごとに計5点取り付けられており(**Fig. 1**)、運転時の各点の温度を測定することができる。**Fig. 2**に発熱装置の概略を、**Fig. 3**に回転軸(主軸)に取り付けられた摩擦ローラーを示す。発熱装置は摩擦円筒(STK 41)と主軸に固定されたローラー支持腕に取り付けられた3個の摩擦ローラー(FC 20)から成り、それぞれの摩擦ローラーはローラー支持腕のガイドにそって半径方向にのみ移動でき自転はしない。これらの摩擦ローラーは主軸の

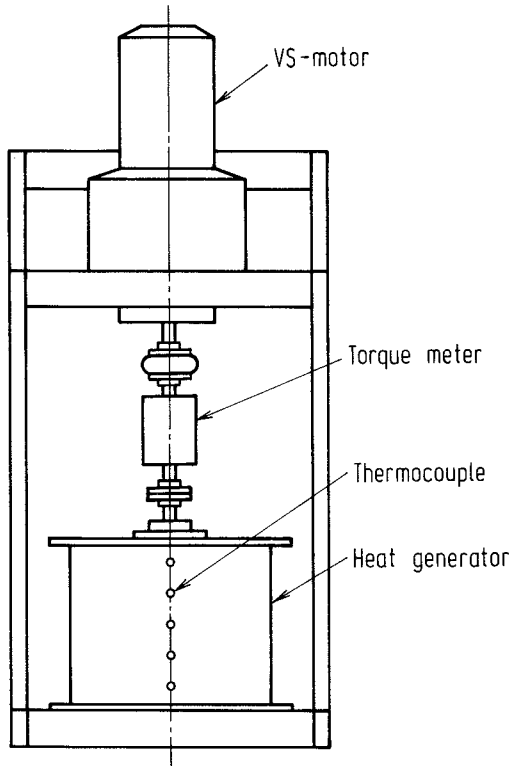


Fig. 1 Testing apparatus

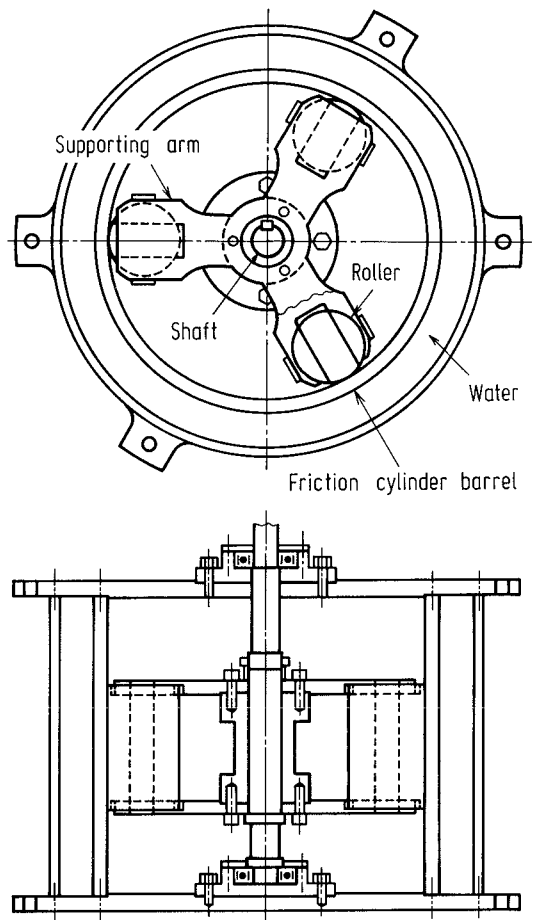


Fig. 2 Heat generator

回転によって生ずる遠心力によって摩擦円筒に押し付けられ、風力によって駆動される主軸の回転によって摩擦ローラーが摩擦円筒の内面を摩擦し、摩擦熱が発生する。ローラー支持腕には摩擦ローラーを摩擦円筒に押し付けるためのバネなどを使用しておらず、摩擦ローラーは遠心力のみによって摩擦円筒に押し付けられるため、装置の起動はわずかな動力(風力)で行うことができる。発生装置各部の主要寸法は、摩擦円筒の内径 $\phi 376$ 、高さ354 mmで、摩擦ローラーの直径 $\phi 86$ 、長さ150 mmである。摩擦ローラー1個の質量は5.7 kg、回転半径は145 mmである。潤滑油はローラー支持腕に斜めに取り付けられたパイプによって主軸の回転により生ずる遠心力を利用して供給される。

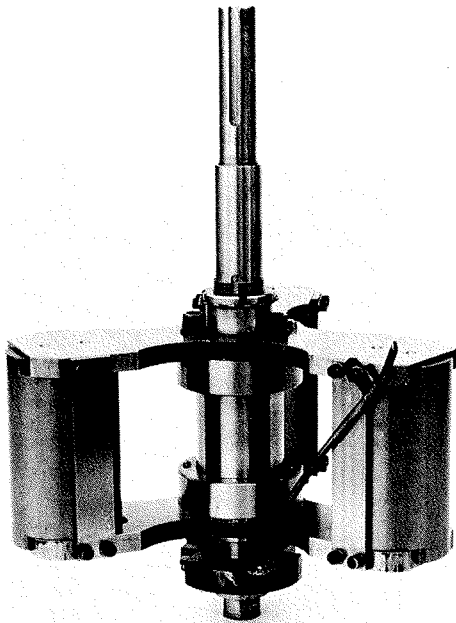


Fig. 3 Friction rollers attached to rotating shaft

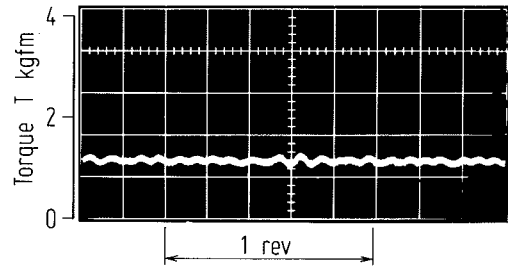
2. 2 実験方法

運転試験は回転速度を $n=120\sim 350$ rpm の範囲で6段階に変えて行い、それぞれの回転速度に対する温度および摩擦トルクを測定した。各点の温度は熱電対により検出しマルチログャーによって自動記録し、摩擦トルクはトルクメーターからの出力を動ひずみ計を用いて増幅し、いったんトランジェントレコーダーに記憶させたのちシンクロスコープ上に掃引させて測定した。回転速度は反射式回転速度計を用いて測定した。実験はいずれの回転速度に対しても摩擦円筒中央部（摩擦ローラー中央部に一致する）の温度が 20°C に達した時点から開始した。なお、本実験においては潤滑油は外部からも強制的に給油した。

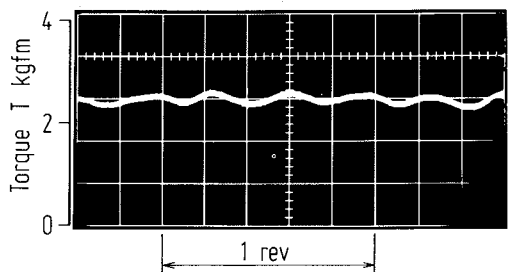
3. 実験結果および考察

3. 1 摩擦トルク、摩擦係数と回転速度の関係

Fig. 4(a), (b)はそれぞれ回転速度 $n=120, 300$ rpm における摩擦トルク波形を示す。いずれのトルク波形においても周期的な変動が認められるがその変動量は小さいので、摩擦トルクは各回転速度に対してほぼ一定であると考えてよいものと思われる。



(a) $n=120$ rpm



(b) $n=300$ rpm

Fig. 4 Torque waveforms

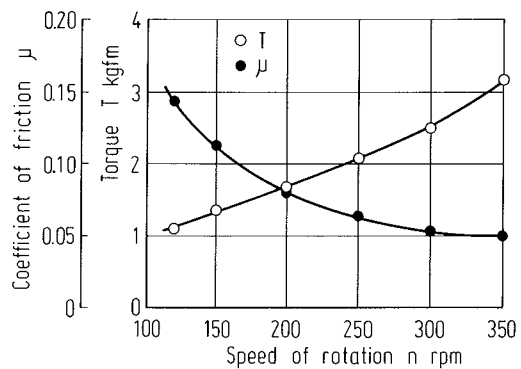


Fig. 5 Relation between torque, coefficient of friction and speed of rotation

Fig. 5は摩擦トルク T 、摩擦係数 μ と回転速度 n の関係を示す。ここで、摩擦係数 μ は摩擦ローラーと摩擦円筒の接触面に遠心力 $mrv\omega^2$ (m : 摩擦ローラー1個の質量, r : 摩擦ローラーの回転半径, ω : 主軸の角速度) が作用するとして求めたもので、 $\mu = T / (3mrv\omega^2 D_i / 2)$ (D_i : 摩擦円筒の内径) で与えられる。図より摩擦トルクは回転速度の増加につれて増大するのに対し、摩擦係数は逆に減少することがわかる。これは回転速度の増加につれ

てローラーの押し付け荷重（遠心力）が増大すること、また接触面の潤滑状態が良くなることによるものと思われる。

3. 2 仕事率と回転速度の関係

摩擦トルクを測定することによって各回転速度における摩擦による仕事率を求めることができる。Fig. 6 に仕事率 W_f と回転速度 n の関係を示す。仕事率は $W_f = T\omega$ で与えられる。図より仕事率、すなわち単位時間当たりの発生熱量は回転速度の増加にとまない急激に増大することがわかる。

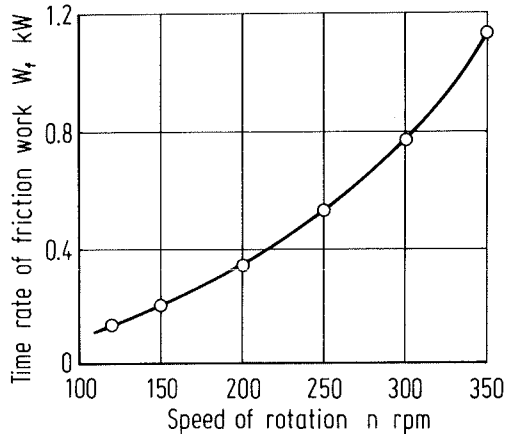


Fig. 6 Relation between time rate of friction work and speed of rotation

3. 3 摩擦円筒（中央）の温度と運転時間の関係

回転速度を $n=120\sim 350$ rpm の範囲で6段階に変化させた場合の、摩擦円筒中央部（摩擦ローラーの中央部に一致する）における温度 θ と運転時間 t の関係を Fig. 7 に示す。図より発生温度は回転速度の増加につれて高くなることおよび運転開始直後には温度は急激に上昇するが運転時間の経過につれてその上昇割合は減小し、回転速度に対してある一定の温度に近づくことがわかる。今回は実験の都合上、回転速度 $n \leq 350$ rpm、運転時間 $t \leq 30$ 分の範囲でしか温度測定を行っていないため、発生最高温度は約 80°C と比較的低いように思われるが、回転速度 $n=350$ rpm に対する結果をみると運転開始後30分経過時点においても温度はかなりの上昇傾向を示しており、さらに高回転速度、長時間運転を行うことによって発生温度を 100°C 以上上げることが十分可能であると思われ

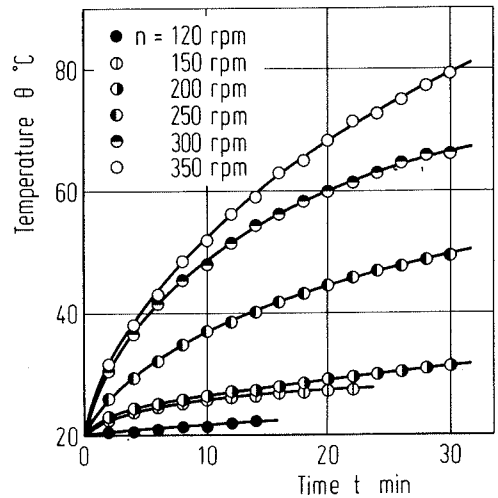


Fig. 7 Relation between temperature of friction cylinder barrel and operating time

る。これらのことから本研究で試作した摩擦式エネルギー変換装置の実用性はかなり高いものと考えられる。

3. 4 摩擦円筒の温度分布の時間的变化

Fig. 8 は回転速度 $n=250$ rpm における摩擦円筒の温

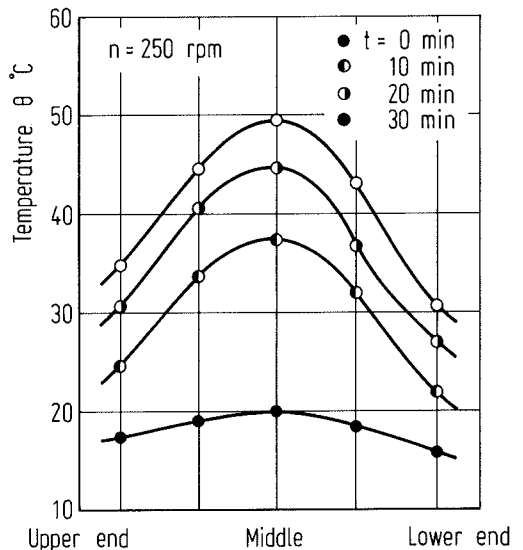


Fig. 8 Change of temperature distribution of friction cylinder barrel with progress of operating time

度分布の時間的变化を示す。図より運転開始直後は上、下端に比べて中央部付近の温度上昇がかなり大きい、10分経過以後30分までは摩擦円筒上の位置にかかわらず温度上昇割合はほぼ等しいことが認められ、温度は摩擦円筒中央部で最も高く中央部から離れるにつれて低くなることわかる。本実験は運転開始後30分で中止しているが、運転時間の経過につれて中央部の温度上昇割合が小さくなり、ある一定の温度に近づく傾向を示す(Fig. 7)ことから、運転時間がさらに長い場合には中央部よりも両端の温度上昇割合が大きくなり、各位置における温度差が小さくなるものと考えられる。また、上、下端の温度を比較すると下端の方が低い、これはこの部分に蓄えられている潤滑油の影響によるものと考えられる。

4. む す び

本研究において摩擦式エネルギー変換装置を試作してその基本的特性について調べた結果、本変換装置が実用に十分耐え得ることが明らかになった。しかし、本変換装置は摩擦円筒と摩擦ローラーの摩擦によって風力エネルギーを熱エネルギーに変換する方式のものであり、摩擦円筒とローラーの摩耗、潤滑方法などについてさらに検討を加える必要がある。このため、今後は凹凸ローラー試験機を製作し、種々の材料・熱処理条件の凹凸ローラーに対して実験を行い、接触部分の摩耗、面圧強度などについて検討を加え、本変換装置に適した材料・熱処

理条件の組み合わせを明らかにする必要がある。また、潤滑に関しては、今回はローラー支持腕に斜めに取り付けたパイプによって主軸の回転により生ずる遠心力を利用して潤滑する方法のみでは不十分であったため外部からも給油したが、今後は外部から給油することなく主軸の回転を利用して接触面全体に潤滑油を供給し、できるだけ均一に油膜を作ることができる潤滑方法を考える必要があるものと思われる。さらに、今後摩擦円筒の外周に熱媒体としての水を満たし、その温度を測定して本変換装置の変換効率などについても総合的に検討を加える予定である。

おわりに、本実験装置の製作に当って種々ご協力いただいた工学部機械実習工場の各位に深く感謝の意を表します。また本研究の一部は昭和56, 57年度文部省科学研究費(エネルギー特別研究：代表者 吉野蕃人)によるものであることを付記し関係各位に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 水科篤郎・ほか、エネルギー特別研究・昭和56年度研究成果概要、(昭57-3)。
- 2) 木谷 収・ほか、農業におけるエネルギーの有効利用の研究・昭和57年度研究成果報告書、(昭58-1)。
- 3) 水科篤郎・ほか、エネルギー特別研究・昭和57年度研究成果概要、(昭58-3)。