

太陽熱を利用した涼房装置の開発研究 (第一報)

Experimental Studies on Development of Cooling System on the Base of Solar Heat Collector (1st Report)

清水幸丸・高田秋広

SHIMIZU Yukimaru, TAKATA Akihiro

(名古屋産業大学大学院生)

Abstract: In this experimental study, air is heated by solar heat collector. Heated air is pulled by a chimney. The wind turbine rotor is set inside a chimney. The rotor is driven by an up-current of air in a chimney. Also, the rotor drives the generator, the electric current is generated. A model system is designed and made. The experiment is successfully carried out.

太陽熱空気集熱器を用いて、空気を加温する。加温した空気を煙突状柱体に集中させ上昇気流を生じさせる。この煙突の中の上昇気流中に風車羽根車を設置する。風車を回転させて、動力を取り出し、小型モータを転用した発電機を駆動し発電を行う。本研究では、第一段階として、上昇気流の発生と風車から動力を取り出すこと、および微弱ではあるが、発電機から電力を取り出すことをめざし、成功させた。

Keywords: Solar power, Solar heat collector, Wind turbine, Cooling system, Renewable energy, Electric power

1. 緒言

本研究では、夏の暑い日に、暑々の太陽熱エネルギーから少しは涼しさを感じる方法を研究する。すなわち、太陽熱を利用して風車を駆動し、その駆動力を利用して、ポンプを動かして水を噴霧させ、噴霧水を蒸発させ、蒸発の際の気化熱によって、周辺大気を若干低下させ、涼房効果を得ようとするものである。路上の打水は熱くなっている道路のアスファルト面あるいは土面に散水し、蒸発の際の気化熱によって、路面上の大気温度を $1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 程下げようとするものである。若者等の提案する方法は、さしづめ空中散水ということになる。以下、その方法と実験結果について詳述する。

2. 記号

A_v : 太陽光線に垂直な方向の面積 [m^2]

I_v : 太陽の放射強度 [1.382Kw]

Re : レイノルズ数

v : 流速 [m/s]

μ : 粘度 [$\text{Pa}\cdot\text{s}$]

ρ : 密度 [Kg/m^3]

Q_t : 損失熱量 [J]

η : 効率 [W]

α : 太陽光吸収率 [w/m^2]

ε : 熱放射率 [w/m^2]

3. 実験装置および方法

太陽熱空気集熱器(1)~(3)によって、空気を低温加熱し、熱くかつ軽くなった空気を集めて煙突状の空気ダクトに導き、リフトを発生させる。煙突効果によって、空気集熱器内の加熱空気を抜きとって行く。ダクト内で上昇気流となった空気流中に風車を設置し、風車を駆動する。この駆動力によって、エアタービンあるいはポンプを駆動し、水を噴霧する。この噴霧水の気化熱によって、スポット的に空気を冷却する。

上記の考えを一つの実験装置として具体化するため、次のような系統的な実験を行った。

実験 I : 図 3-I-1 に示すように、太陽エネルギーの代替として白熱電球 (最大 9 個) を使用し、暖められた空気が上昇するときの、温風の上昇速度を測定する。このときの目標風速は 1m/s とした。実験装置はアルミの骨組を作り、周りをラップで覆い温室を作った。下部の外周全体を空気取り入れ口とし、上部には $\Phi 200\text{mm}$ の塩化ビニール製のジョイントを設置して、上部にパイプを接続出来るような構造の温風出口とした。また、装置の底面に白熱電球 ($100\text{w}\times 9$ 個) を設置し、温室内の空気を暖める構造とした。風速の測定には、Testo 445、図 3-I-2 を使用した。



図3-I-1



図3-I-2

実験II：煙突を設けた場合の煙突効果を検証する実験

図3-I-1の装置上部に $\phi 200\text{mm}$ のパイプの煙突を設ける。図3-II参照



図3-II

実験III：煙突直径を $\phi 200\text{mm}$ から $\phi 100\text{mm}$ に絞り、相対的に高い煙突長さについて、実験を行えるようにした。煙突高さは、直径 $D=100\text{mm}$ で高さ $H=200, 400, 600, 800, 1000, 1200\text{mm}$ ($HD=2, 4, 6, 8, 10, 12$)に変化させた。図3-III-1, 2参照。



図3-III-1（煙突高さ $H=200\text{mm}$ ）



図3-III-2（煙突高さ $H=1200\text{m}$ ）

実験IV：煙突の形状を変え、より大きなドラフト効果が得られるように工夫を加えた。また、熱源を電球以外に変えて、低部加熱状態の違いの影響を検討した。図3-IVに示すように空気の通り道を確認した中空の水槽を設け、水槽の中に暖めたお湯を溜める構造とした。煙突形状は内径 100mm から上部で 200mm とラップ状に広げ減圧効果で煙突高さを抑制するため、拡大角を $6^\circ, 8^\circ, 12^\circ$ の3種類に変え、効果的な煙突形状を求めた。

煙突効果が表れてきたので、ダクト内の風速を今までの1

m/s から2倍の2 m/sを目ざすことにした。



図3-IV

実験V：上記（4）までの実験では、温室内に熱源を設けて空気を加熱する構造としたが、温めた空気が温室のビニールシートに沿って上昇すると推定されたため、空気の通り道に沿って加熱することで効率よく上昇気流を発生させることを試みることにした。この為、図3-Vに示したように、煙突外側に内径6mmのポリパイプを廻らし、保温材で包み込み、温風の通り道を重点的に暖める構造とした。



図3-V-1

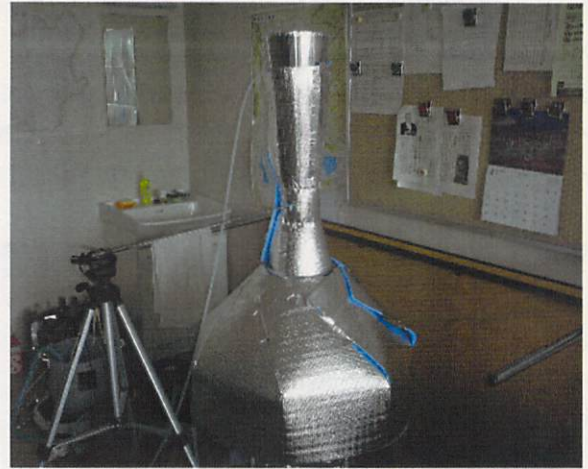


図3-V-2

実験VI：実験（4）までは、室内での模型実験であったが、この実験では、屋外で直接太陽熱を使って実験することにした。

太陽熱利用において、太陽熱空気集熱器は一般的である。ここでは、非集光式の平板型空気集熱器を用いる。

実験は2段階で行う。第1段階として、平板型集熱器の設置角度を変え最適な設置角度を求める。次に、第2段階として、求めた最適角度で固定し、空気層厚さを変えて、最適な空気層厚さを求める。このため、実験で用いた空気集熱器は、設置角度と空気層厚さを変化できる構造とし、集熱面1.8m×3.0m=5.4㎡を設置し、レバーブロックで設置角度を変えられるようにした。透明板には、ポリカーボネードを使用した。集熱板面には茶色のブリキを使用、断熱材には発泡スチロールを用いた（図3-VI参照）。



図3-VI

実験VII：風力タービンが現在の装置で駆動できることを検証する実験。

実験装置は図3-VIIに示すように、Φ200mmの亚克力パイプの中に、手作り風力タービン（直計180mm）を

設置し、上部に発電用のモーターを設置したもので温風の変わりに扇風機の風を使用する。

図3-VIIIには、屋外実験装置を示す。この装置によって風力タービンを屋外の平板型集熱器の上部にセットし、太陽熱エネルギーによる上昇気流で駆動がどの程度可能か検証した。



図3-VII



図3-VIII

4. 実験結果と考察

4-1 緒言

本研究では、太陽熱エネルギーの利用方法として第3節で述べた実験計画に基づいて以下の実験的研究を行った。

4-2 実験計画Iの結果と考察

図4-2は左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸に風速測定開始から終了までの時刻を示している。図中、太陽熱エネルギーの代替として使用した白熱電球の点灯から実験終了までの時間の経過と、風速測定箇所の温度との関係を、白熱電球の点灯から実験終了までの時間と風速の関係を示している。この図から、太陽熱エネルギー

の代替として使用した白熱電球の点灯により、時間の経過と共に温室内の温度が上昇し、温度の上昇に伴って、温室内に上昇気流が発生し、上昇気流の速度（風速）が徐々に速くなっていることが分かる。

この実験は白熱電球点灯後5分間計測した結果であり、最大風速0.41m/sを得た。この実験により、空気を加熱すれば上昇気流が発生することは検証できた。しかし、温度上昇の勾配に比べ、風速の増加は非常に緩やかであるため、次の実験では、熱源は現状のまま、実験装置の上部に煙突を設け、煙突効果で上昇気流が加速することを期待し実験を継続することにした。

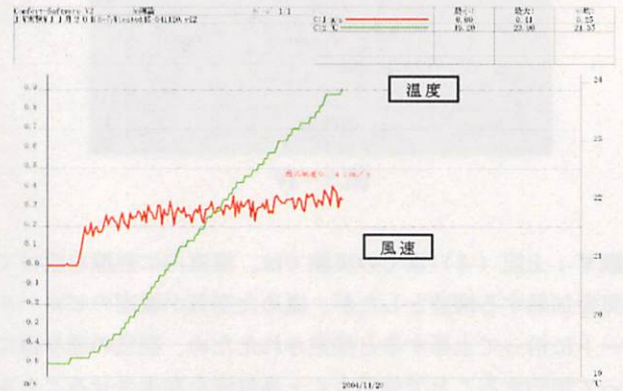


図4-2（煙突なし） $\lambda = 0$

4-3 実験計画IIの結果と考察

図4-3-1 aに煙突高さ200mm煙突直径200mmで実験をした結果を示す、この時の煙突高さと煙突直径の関係を細長比 λ で表すと $\lambda = \text{煙突高さ} (L) / \text{煙突内径} (D) = 200 / 200 = 1.0$ となる。図4-3-1 aは左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸に風速測定開始から終了までの時刻を示している。図中、白熱電球の点灯から実験終了までの時間の経過と、風速測定箇所の温度との関係を、白熱電球の点灯から実験終了までの時間と風速の関係をそれぞれ示している。この図から、実験Iと同様に時間の経過と共に温室内の温度が上昇し、温度の上昇に伴って、温室内に上昇気流が発生し、上昇気流の速度（風速）が徐々に速くなっていることが分かる、この実験での最高風速は0.44m/sである。

図4-3-1 bには煙突高さ285mm煙突直径200mmで実験をした結果を示す、この時の細長比 λ は $\lambda = 285 / 200 = 1.425$ となる。図4-3-1 bは左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸に風速測定開始から終了までの時刻を示している。図4-3-1 aと同様に、実験経過時間と温度の関係を、実験経過時間と風速の関係をそれぞれ示している。この図からも、実験Iと同様に時間の

経過と共に温室内の温度が上昇し、温度の上昇に伴って、温室内に上昇気流が発生し、上昇気流の速度（風速）が徐々に速くなっていることが分かる、この実験での最高風速は0.45 m/sである。それぞれの図を単独で見ても違いが分からない為、実験Ⅰの結果も合わせて煙突と風速の関係を図化し図4-3-2に示した。

この図は左縦軸に温度、右縦軸に風速、横軸に煙突高さ（細長比 λ ）を表している。図中、実験開始時の温度、実験終了時の温度、実験開始時と実験終了時の温度差、そして各実験の最高風速をそれぞれ示す。この図より温度差が風速に与える影響を確認しようとしたが、明確な関係は示さなかった、この図から明確になったのは煙突により、また細長比 λ の増加により風速が著しく増加していることである。

この結果より、煙突を高くすれば良いのだが、煙突に使用した材料（塩化ビニル管）が重く、これ以上煙突高さを増すことが出来ない。また、ベルヌーイの定理から考えても、煙突径を小さくすれば風速が増すのは明らかであり、細長比 λ も大きくなるので煙突径を $\phi 200 \rightarrow \phi 100 \text{ mm}$ と絞り、煙突材料を紙に変えて実験することにした。

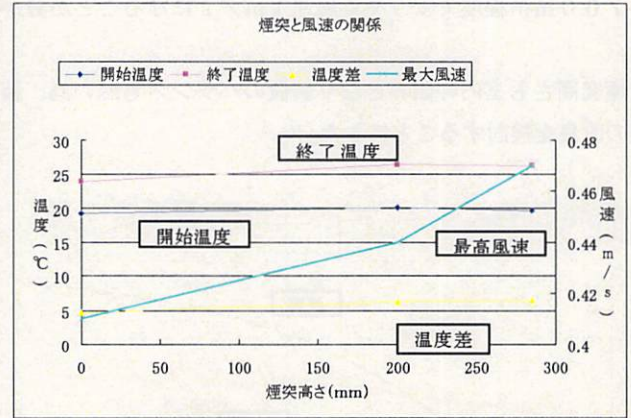


図4-3-2 煙突高さ と 風速、温度の関係

4-4 実験計画Ⅲの結果と考察

煙突径を $\phi 100$ に煙突高さを $H=200 \sim 1200 \text{ mm}$ まで変化させて実験した結果を、図4-4-1 (a~f)に示す。図の左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸に風速測定開始から終了までの時刻をそれぞれ示している。図中、実験経過時間と温度の関係を、実験経過時間と風速の関係をそれぞれ示している。図4-4-1 (a~f)は煙突直径 $D=100 \text{ mm}$ で煙突高さを $H=200 \text{ mm} \sim 1200 \text{ mm}$ まで@ 200 mm （細長比 $\lambda=2.0 \sim 12.0$ まで@ 2.0 ）で変化させて実験した結果を示しており、どの図も太陽熱エネルギーの代替として使用した白熱電球の点灯により、時間の経過と共に温室内の温度が上昇し、温度の上昇に伴って、温室内に上昇気流が発生し、上昇気流の速度（風速）が徐々に速くなっていることが分かる。温度は急速な上昇を示し、時間の経過と共に次第に温度上昇勾配が緩くなっていることが分かる。それぞれの図を単独で見ても違いが分からない為、煙突と風速の関係を図化し図4-4-2に示した。

この図は左縦軸に温度、右縦軸に風速、横軸に煙突高さ（細長比 λ ）を表している。

図中、室内温度、白熱電球により暖められた空気の上昇気流が風速計を通過する際の最高温度、室内温度と暖められた空気が風速計を通過する際の温度との温度差、そして各実験の最高風速をそれぞれ示す。この図から分かる事は、煙突高さが変化しても温度は変わらないが、煙突高さ（細長比 λ ）に比例して風速が増しており、この時の最大風速は0.91 m/sであった。

図4-4-3には明確に関係のあった煙突高さ（細長比 λ ）と最大風速の関係を図示した、この図は、縦軸に風速、横軸に煙突高さ（細長比 λ ）で表している、煙突高さに比例して風速が増加する関係が明確な為、この測定値に近似直線を引き、直線を延長すると図4-4-3のようになり、煙突高さ

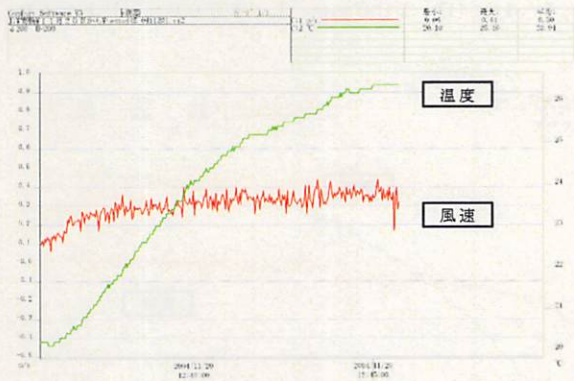


図4-3-1 a

(D ; $\phi 200 \text{ mm}$ 、L ; 200 mm) $\lambda = 1.0$

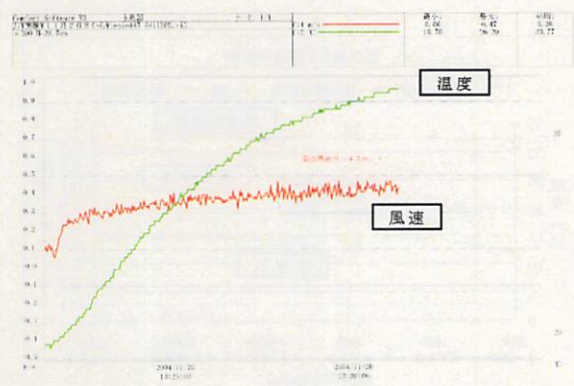


図4-3-1 b

(D ; $\phi 200 \text{ mm}$ 、L ; 285 mm) $\lambda = 1.425$

1700mm程度でようやく風速1m/sになることが分かる。

煙突高さも室内の限界となり装置のバランスも悪い為、装置の改良を検討することにした。

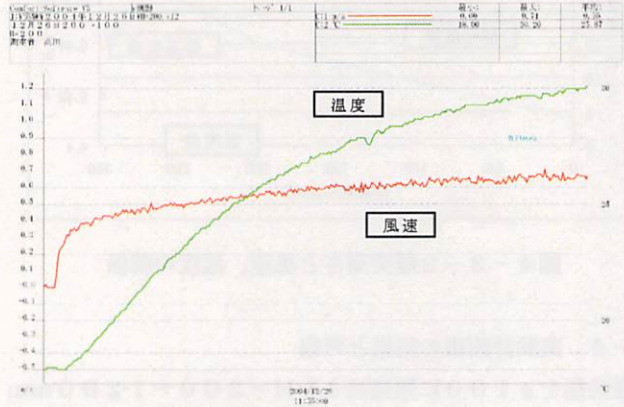


図4-4-1 a (D ; φ100mm、L ; 200mm) λ=2.0

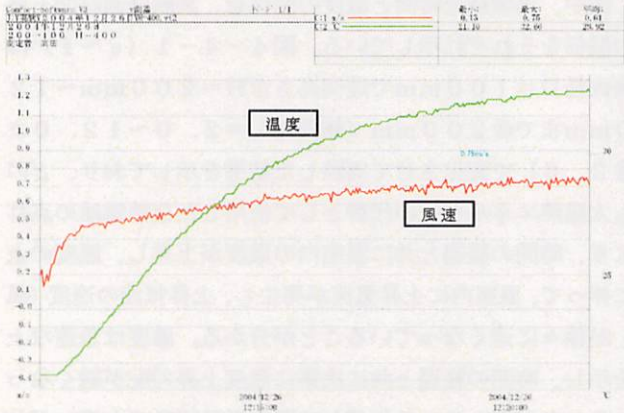


図4-4-1 b (D ; 100mm、L ; 400mm) λ=4.0

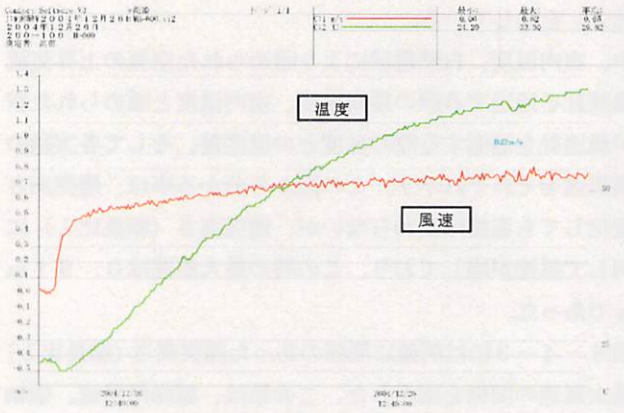


図4-4-1 c (D ; 100mm、L ; 600mm) λ=6.0

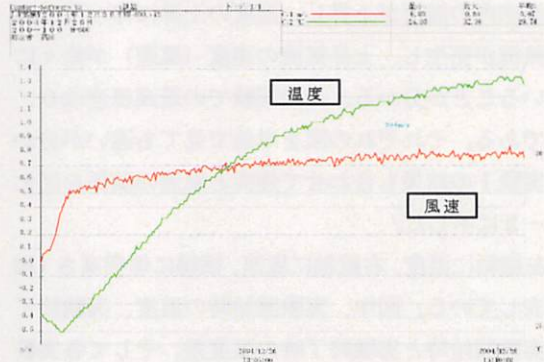


図4-4-1 d (D ; 100mm、L ; 800mm) λ=8.0

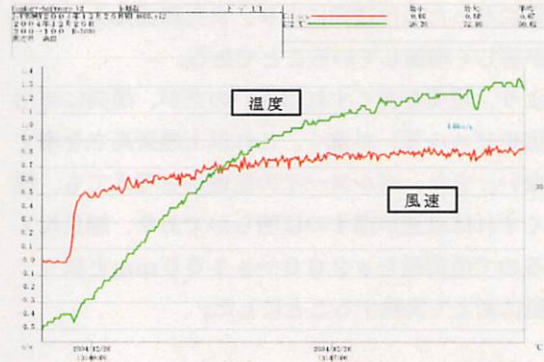


図4-4-1 e (D ; 100mm、L ; 1000mm) λ=10.0

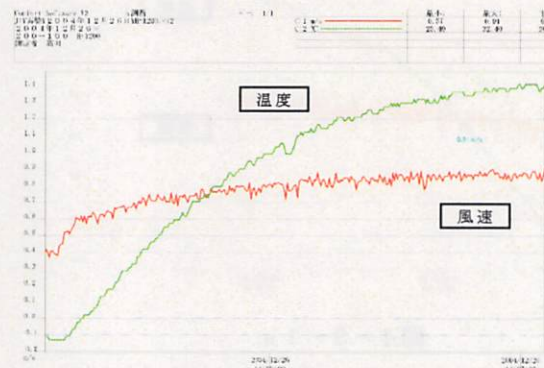


図4-4-1 f (D ; 100mm、L ; 1200mm) λ=12.0

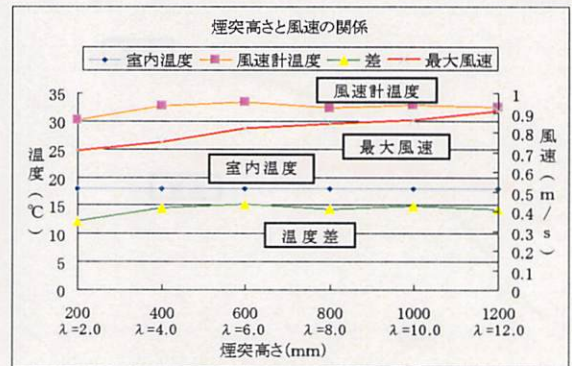


図4-4-2煙突高さ、風速、温度の関係

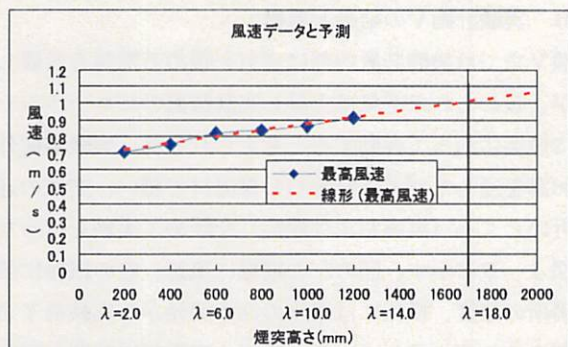


図 4-4-3

4-5 実験計画Ⅳの結果と考察

図 4-5-1 に、実験に用いた煙突形状を示す。この図は煙突上部を広げることにより減圧を期待し煙突高さを抑制する為に考えた形状である。煙突は煙突上端部の直径を φ 200 mm で固定し煙突直径 φ 100 mm から φ 200 mm に広げる角度を 6°、8°、12° と変化させて最適な角度を検証する為に計画したものである。

また、実験計画でも述べたように、実験計画Ⅲまでで使用した温室の内部に、白熱電球に変えて、空気の通り道を確認した中空の水槽を設け、温室の外で暖めたお湯をポンプで水槽に送り水槽の温度を上げると共に、水槽の周りに放熱板を配置し、より温室内の空気が温まりやすい構造とした。

図 4-5-1 を基に 6°、8°、12° と煙突角度を変えて実験した結果を図 4-5-2 (a~c) に示す。図の左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸に風速測定開始から終了までの時刻をそれぞれ示している。図中、実験経過時間と温度の関係、実験経過時間と風速の関係をそれぞれ示している。

図 4-5-2 a は煙突角度 6° で実験した時の図であるが、太陽熱エネルギーの代替として使用した温水槽により、時間の経過と共に温室内の温度が上昇し、温度の上昇に伴って、温室内に上昇気流が発生し、上昇気流の速度（風速）が徐々に速くなっていることが分かる。温度は時間の経過と共に上昇をするが、次第に温度上昇勾配が緩くなっていることが分かる。図 4-5-2 b は煙突角度 8° で実験した時の図である、煙突角度 6° の場合と同様に温度上昇に伴い、風速が速くなっているが、煙突角度 6° の場合と比べ、明らかに風速を表わす線の勾配が緩くなっている。図 4-5-2 c は煙突角度 12° で実験した際の図であるが、煙突角度 8° の場合よりさらに風速を表わす線の勾配が緩くなっている。

これらの結果を、左縦軸に煙突高さ、右縦軸に風速、横軸に煙突角度で表し、煙突角度と煙突高さ、最高風速の関係を図 4-5-3 に示す。図中、煙突高さ、風速測定場所での温度、そして、それぞれの角度での最高風速を表している。こ

の図から分かることは、煙突角度に反比例して風速が遅くなっていることである。煙突上部の直径が φ 200 mm で固定となっている為、煙突角度を小さくすれば、煙突高さが高くなり、その影響で風速が遅くなっていることも考えられるが、煙突角度が小さいほど風速が速く、煙突高さが高いほど風速が速いということである。よって、実験で使用した煙突では 6° が最も効果的であると判断できる。

この結果を受け、6° で長時間（約 1 時間）測定すると、図 4-5-4 のようになる、この図は左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸に風速測定開始から終了までの時刻をそれぞれ示している。図中、実験経過時間と温度の関係を、実験経過時間と風速の関係をそれぞれ示している。この実験では最高風速 1.35 m/s を得た。

1 時間暖めたお湯を水槽に送り続けたが水槽の温度はこれ以上、上がらず、せつかく水槽で暖めた空気が上部の煙突で冷やされているので、煙突部分を暖めれば風速が加速するのではと考え、温室とともに煙突を暖めることを試みることにした。

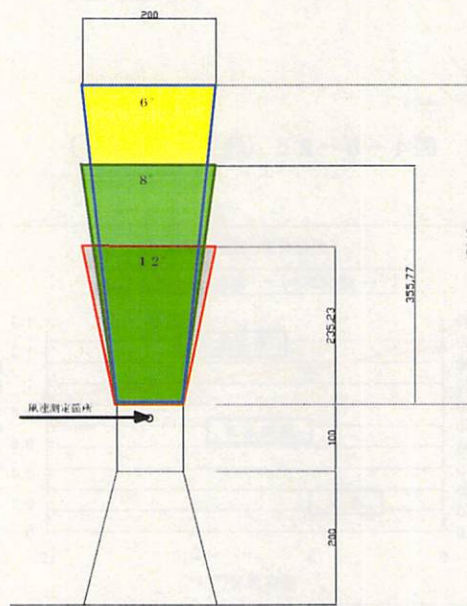


図 4-5-1 煙突形状

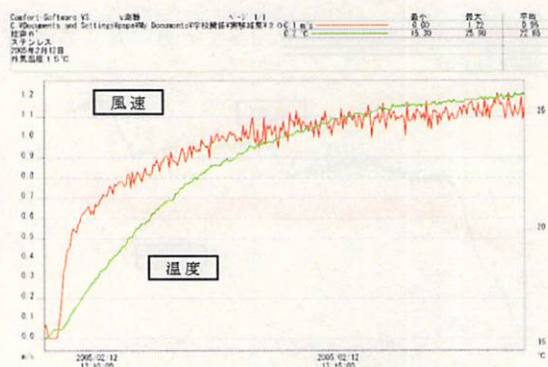


図 4-5-2 a (煙突角度 6°)

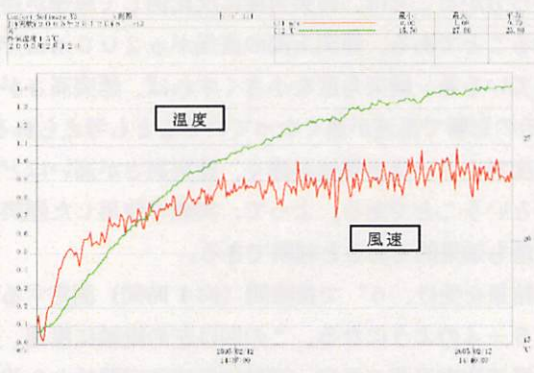


図4-5-2 b (煙突角度8°)

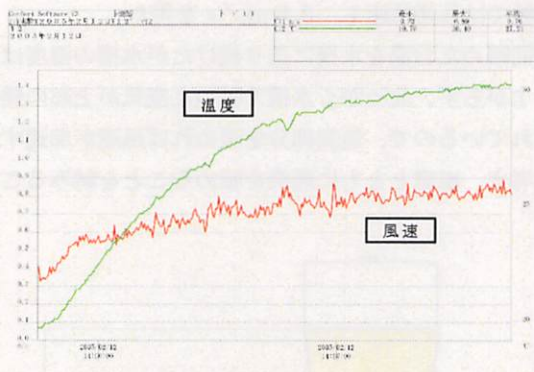


図4-5-2 c (煙突角度12°)

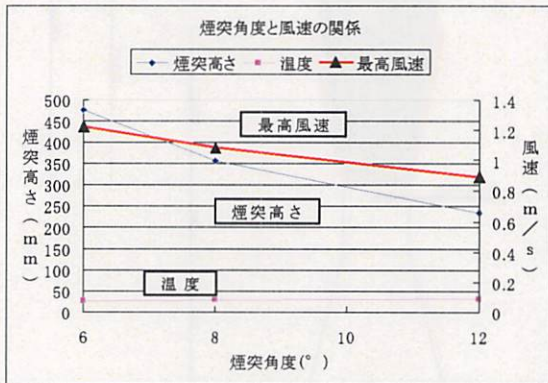


図4-5-3

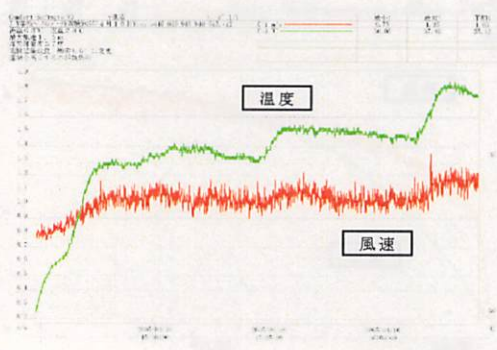


図4-5-4

4-6 実験計画Vの結果と考察

実験Vまでは実験装置内部に空気を暖める熱源を設置していたが、暖められた空気は上昇し実験装置のビニールシート沿いに煙突に沿って移動すると考えられる為、実験装置外部に、お湯を通したパイプを廻らし保温材で覆い、空気の通り道に近いところ(温室および煙突)を暖めて実験を行った結果を図4-6に示す。図の左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸には温水の注水開始から実験終了までの時刻をそれぞれ示している。図中、実験経過時間と温度の関係、実験経過時間と風速の関係をそれぞれ示している。

この図からも、これまでの実験と同様に、温度上昇に伴い始めは急速に風速が増し、その後徐々に風速の増加が緩くなり、実験終盤では温度が上昇しても、風速の変化がほとんど無くなってしまふことが分かる。この時の最高風速1.34 m/sであった。

また、熱源の温度は60℃から80℃程度であったにもかかわらず、風速測定場所では35℃程度まで低下している。これまでの実験結果より風速を増す最も効果的な方法は煙突を高く、細長比を大きくすることであるが、目標としていた風速2 m/sを得るには、室内では煙突高さも制限されるため、本来なら室内実験で屋外実験の目処を立てる計画であったが、次のステップ屋外実験に移ることとした。

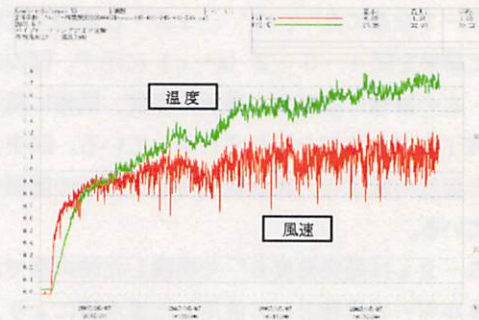


図4-6

4-7 実験計画VIの結果と考察

太陽熱エネルギー効果的に集める為、平板型集熱器の設置角度を15°、30°、35°、40°、45°と変化させ、集熱によって加熱された空気の上昇速度(風速)と、排気口の温度を4日間にわたり同様の時刻で実験した。

表4-7-1に4日間の実験結果と平均値を平板型集熱器の設置角度とそれぞれの角度での風速と温度の関係を示す。

この表から得た平均風速と設置角度の関係を図4-7-1(a)にプロットした。縦軸に平均風速、横軸に設置角度を表している。プロットした点は、二次の近似曲線で表せ、二次式 $y = -0.001x^2 + 0.0756x + 0.4544$ が得られる、この式を解くと最大値は37.8°となる。

同様に表4-7-1から平均温度と設置角度の関係を図4-7-1(b)にプロットした点を、近似の二次曲線で表し、二次式 $y = -0.0011x^2 - 0.1421x + 64.073$ が得られる、この図より、排出口温度は、角度にほぼ反比例して下がることわかる。この結果を検証する為、2005年9月30日に再度角度を変化させて実験した。

結果を左縦軸に温度、右縦軸に風速、横軸に角度の図にプロットすると、図4-7-2が得られる、プロットした点に二次の近似曲線を引くと $y = -0.0018x^2 + 0.1237x - 0.3539$ となり、これを解くと、最大値は 34.4° となる。このことは学校の緯度が約 35° であり、太陽光発電機の設置角度は設置場所の緯度が良いという点や、太陽光発電の一般的設置角度 30° から 40° という点でも一致しているため、今後の

実験では設置角度を 35° とした。

次に平板型集熱器の設置角度を 35° で固定し、最適な空気層厚を求める為に、空気層厚を5cm、7cm、9cmと変化させて実験した。結果は図4-7-3のようになった、この図は左縦軸に排出口の温度、右縦軸に風速、横軸に空気層厚を表している。この図より、空気層厚は薄いほど風速が速いことがわかる。このことは、新太陽エネルギー利用ハンドブックにおいて、空気層厚は熱伝導率の関係から4~8cmが好ましいとなっていることから、実験結果を裏付けているものといえる。しかし手作りの実験装置の製作上5cmより薄くすることは難しいため、実験装置の空気層厚は5cmとした。

表4-7-1

角度	2005/9/21		2005/9/23		2005/9/24		2005/9/25		平均	
	風速 (m/s)	温度 (°C)	風速 (m/s)	温度 (°C)	風速 (m/s)	温度 (°C)	風速 (m/s)	温度 (°C)	風速 (m/s)	温度 (°C)
15	1.86	65.0	1.10	66.0	1.06	57.0	1.35	59.0	1.34	61.8
30	1.87	61.0	1.74	62.0	1.61	52.0	2.23	59.5	1.86	58.6
35	2.11	58.0	1.81	63.0	1.47	49.0	2.00	59.5	1.85	57.4
40	1.83	61.0	1.68	60.0	1.23	49.0	1.97	60.0	1.68	57.5
45	2.12	58.0	1.60	58.0	1.26	46.0	2.40	58.0	1.84	55.0

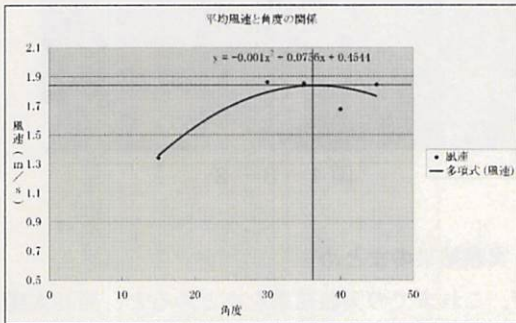


図4-7-1 a (平均風速と角度関係)

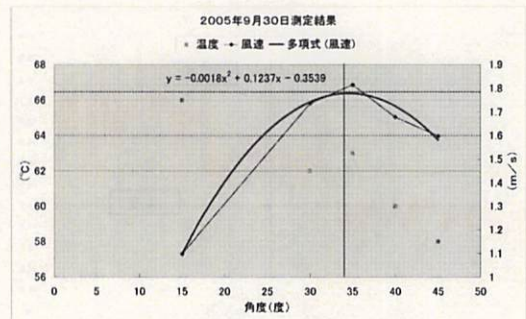


図4-7-2

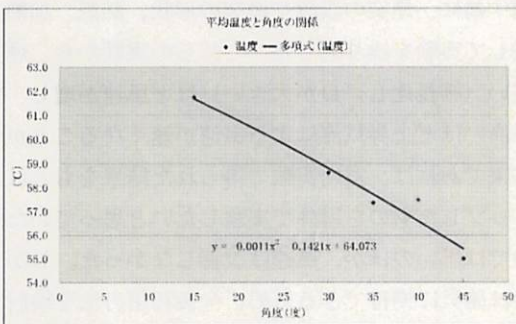


図4-7-1 b (平均温度と角度の関係)

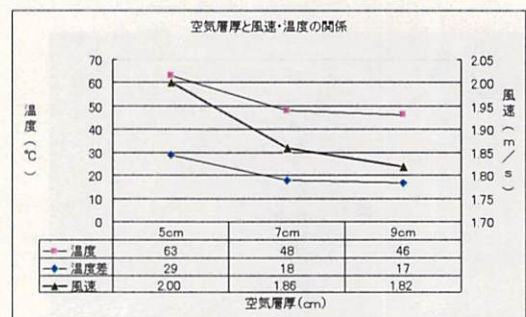


図4-7-3

4-8 実験計画Ⅶの結果と考察

実験は扇風機を用い、風量スイッチの弱、中、強で手作り風車タービンが回るかを実験した。

手作り風車タービンは直径100mmのスチレンフォームに模型飛行機のプロペラを8枚、30°で差し込み直径180mmとなるように調整した、また、スチレンフォームの下部には半球形の樹脂材を取付け上昇気流がスムーズに羽に当るようにした、プロペラの軸と発電用ソーラーモーターとの接続は虫ゴムを使用し、柔軟性を持たせた構造とした。

結果は、図4-8-1の通りであり、左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸には風速測定開始から終了までの時刻を示している。図中実験経過時間と温度の関係を、実験経過時間と風速の関係をそれぞれ示している。この図より弱の場合の平均風速1.5m/s程度、中の場合2.1m/s程度、強の場合で3.0m/s程度となっている。よって弱の場合が実験時の風速に最も近いことが判る。

図4-8-2の連続写真では扇風機の弱で勢いよく手作り風車タービンが回っている様子を示す（この時の風速は1.5m/s前後である）。

この結果を受け、屋外の実験装置で手作り風車タービンを駆動することが可能であると判断し、屋外実験装置の上部に取り付け、太陽熱エネルギーのみを用いた平板型集熱機により、手作り風力タービンの駆動を検証することにした。

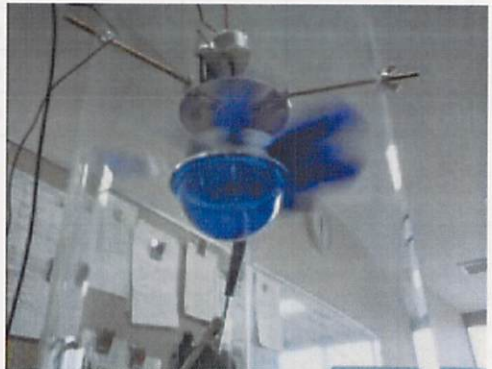
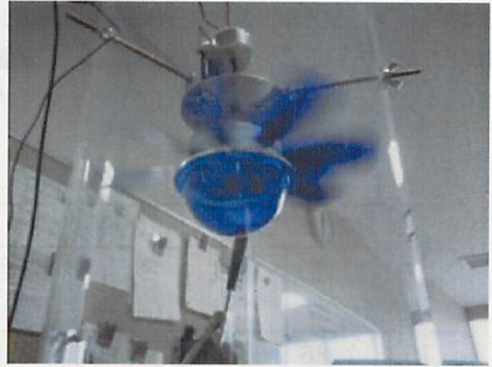
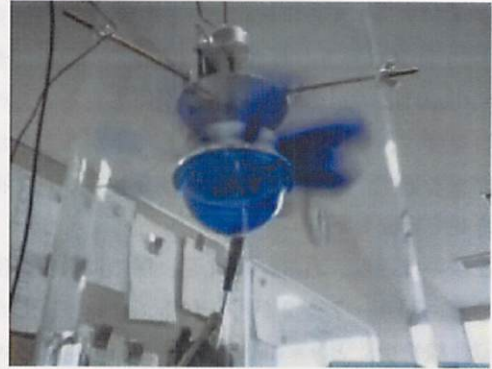


図4-8-2

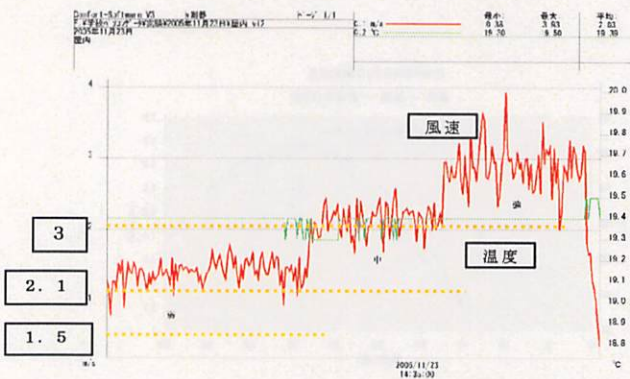
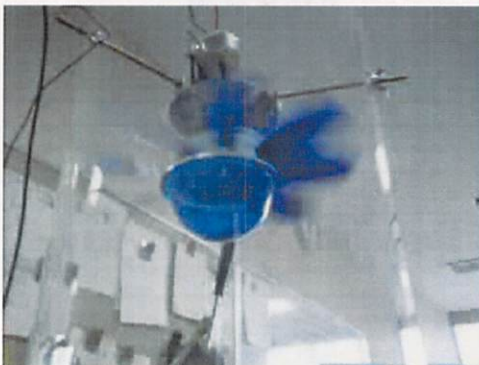


図4-8-1



4-9 実験結果のまとめ

ここで、これまでの実験結果をまとめると、当初太陽熱エネルギーの代替として、白熱電球を使用し空気を暖め、上昇気流が起こることを確認した。その後、上昇気流の速度（風速）を増す為に、煙突の設置や煙突の形状、熱源、加熱方法など工夫して実験を繰り返した。これらの実験から、煙突の高さが高い（細長比L/Dが大きい）ほど風速が増し、熱源の温度が高いほど上昇気流による風速が速くなることが分かった。本来であれば、室内実験で得られた結果をもとに、スケールアップしたものを屋外で実験したいと思っていたが、室内実験では思いのほか、風速は改善しなかった。しかし、煙突効果は確実に期待できるため、今後利用方法を検討すべきであると考え。

次に、屋外に設置した、非追尾式の平板型集熱機製作は非

常に困難であったが、表4-7-1でも分かるように最大風速で2.4m/sを得ることが出来た、本来なら煙突効果や温水加熱も試したいところであるが、時間切れのため。平板型集熱機のみでも風車タービン駆動の可能性を実証できたことで、これを本研究の主な成果とした。

4-10 実験Ⅶで用いた太陽熱駆動風車の運転状況

屋外の実験装置（平板型集熱機）の上部に手作り風車タービンを取り付け、集熱した空気を媒体として駆動するかを検証した。

風速と温度データは図4-10-1のようになった。この図は左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸には2005年11月23日（水）10:06~13:32までの実験時刻を表しており、図中、実験経過時間と温度の関係を、実験経過時間と風速の関係を示している、この図から最高風速2.24m/s、平均風速0.86m/s、最高温度37.6℃、平均温度26.2℃を確認することが出来る。

また、この実験で手作り風車タービンが勢い良く回ることを確認した（図4-10-2）参照。また、この日の全天日射量は名古屋市で11.5MJ/m²であり夏場の条件の良い日では、この日の2倍程度のエネルギーが得られると期待できる。（図4-10-3参照）

この図は気象庁統計データによる名古屋市の2005年月別全天日射量のグラフである、縦軸に全天日射量、横軸を月にした折れ線で表しており、実験を行った11月23日は11.5MJ/m²であり、夏の時期は20MJ/m²程度となっている。実験場所でも名古屋市と同様に2倍程度得られると思われる。

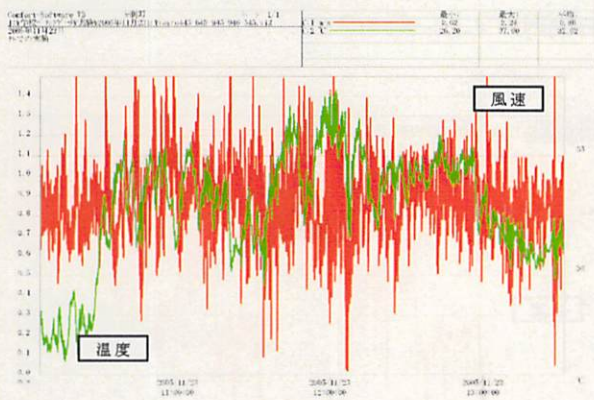
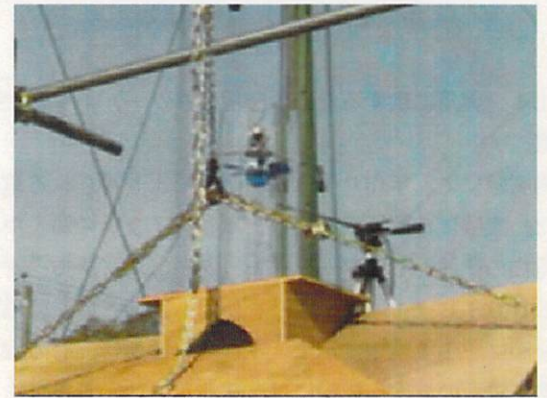
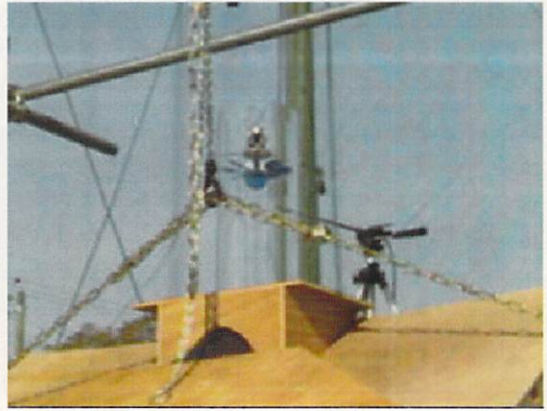


図4-10-1

図4-10-2

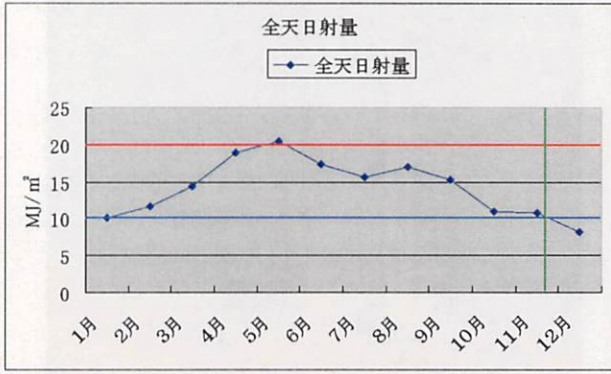


図4-10-3（名古屋市における月別全天日射量）
※気象庁統計データによる

4-1-1 実用に供するための装置のスケールアップに関する考察。

室内実験にて、手作り風車タービンにより得られる電圧を求めた。実験には扇風機を用い、風量スイッチの弱、中、強で発電機の代替としてソーラーモーター（マブチモーターRF-500TB-14415）を使用した、この時の風速データを図4-11-1に示す。左の縦軸に風速、右の縦軸に風速測定場所の温度、横軸には風速測定開始から終了までの時刻を示している。図中、実験経過時間と温度の関係を、実験経過時間と風速の関係をそれぞれ示している。

この図より、扇風機の強さ弱では平均風速1.5m/s程度、中では2.5m/s程度、強では3.3m/s程度であることが分かる。

ここで、実験装置で得られる風力エネルギーを試算してみる。

風力エネルギー（風の保有する理論的パワー）をPとすると次の式が成り立つ

$$P = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} \rho AV^3 \dots \text{式1}$$

ここに P；風力エネルギー（風の保有する理論的パワー）
(kgf・m/s)

m；空気の質量 (kgf・s²/m)

V；ローターを通過する際の風速 (m/s)

ρ；空気密度 (kgf・s²/m⁴)

A；ローターを通過する空気の断面積 (m²)

これらに実験で得た数値を代入すると

$$V = 2.5 \text{ m/s}, A = \frac{\pi \times 0.2^2}{4} = 0.0314 \text{ (m}^2\text{)}$$

空気密度 ρ は温度により変化する為、図4-11-2より

求めた、この図は縦軸に空気密度、横軸に温度をとったもので、0℃、10℃、20℃、30℃、40℃は既知の値がある、この5ポイントに近似直線を引き、一次方程式 y (ρ) = -0.0042x + 1.2896 が導かれ、これに風速測定箇所温度 (17.6℃) を x に代入すると、ρ = 1.216 を得ることが出来る。

よって、これらを式1に代入すると

$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3 = \frac{1}{2} \times 1.216 \times 0.0314 \times 2.5^3 = 0.298 \text{ (kgf} \cdot \text{m/s)}$$

となる、実験で用いた手作り風車タービンで得られる電力は効率20%程度と考えると P = 0.298kgf・m/s × 0.2 × 9.80665 (換算率) = 0.584 (W) となる。

他の風速でも同様に計算した結果を図4-11-3に示した、左縦軸を電圧 (V)、右縦軸を電力 (W)、横軸に平均風速を示した。図中、電圧 (V) と、電力 (W) を表している。この図から、発生電圧は風速にほぼ比例して増しており、電力 (W) は計算式でも分かるように風速の3乗に比例し、面積に比例して増加することが分かる。

今回は電流を測定することは出来なかったが、今後の課題として、発電効率を確認するうえでも電流の測定が必要である。

また、今回の屋外実験では、1.8m × 3.0m という集熱面積を持つ実験装置で行ったが、この実験装置自体にまだ、改善余地が多く残っており、スケールアップや室内実験で効果の得られた煙突効果、温水による加熱などとの組み合わせも、今後の課題としたい。

最後に、今後の課題ではあるが完成イメージを図4-11-4に示す

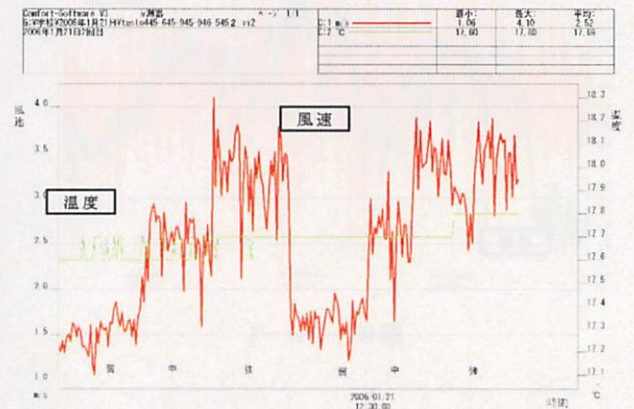


図4-11-1

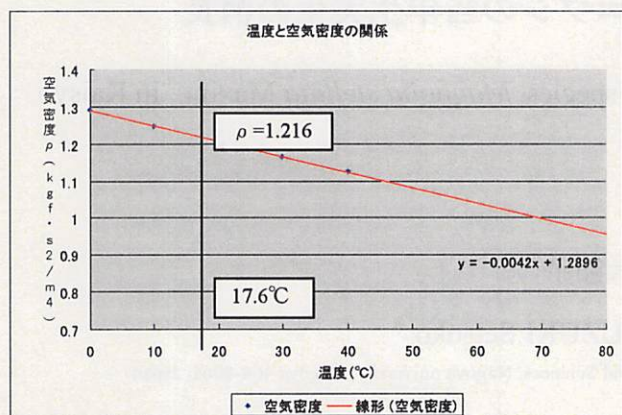


図 4-1-1-2

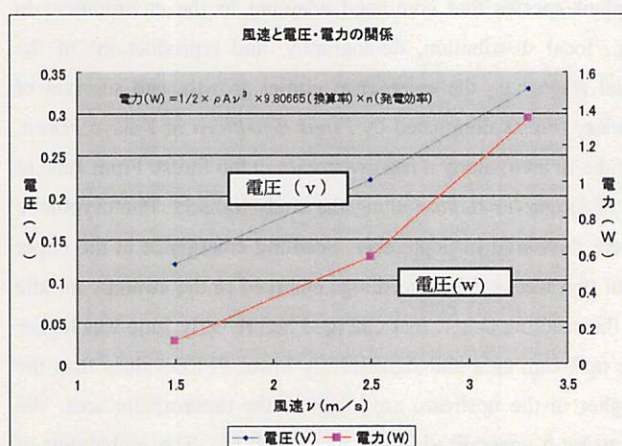


図 4-1-1-3

5. 結論

本研究では、室内実験では煙突形状と熱源を、屋外実験では平板型集熱機の設置角度と、集熱空気層の厚みを変えて実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 放熱体を中心部に据えると上昇気流を発生させる。
- (2) 平板型集熱装置を用いて加熱気流を発生させることができる。
- (3) 煙突を用いると気流に浮力を与え、風車通過風量を増大させる。
- (4) 煙突は径が小さいほど風速は速くなる。
- (5) 煙突は高ければ高いほど風速は速くなる(但し、径の1.2倍まで確認)
- (6) 平板型集熱の設置角度は35°程度が最も上昇気流が速くなる。
- (7) 平板型集熱の空気層厚は小さいほど上昇気流が速くなる(5cmまで確認)。
- (8) 太陽熱エネルギーのみで風車は回る。
- (9) 風量を増加させればある程度の出力を得ることが出来る。
- (10) ハイブリット型太陽熱動力発生装置を新たに提案した。

参考文献

- (1) 清水幸丸編著、自然エネルギー利用学(改訂版)、パワー社、1999年7月
- (2) 清水幸丸編著、再生型自然エネルギー利用技術、パワー社、2006年4月
- (3) 日本太陽エネルギー学会編、新太陽エネルギー利用ハンドブック

ハイブリット型太陽熱動力発生装置

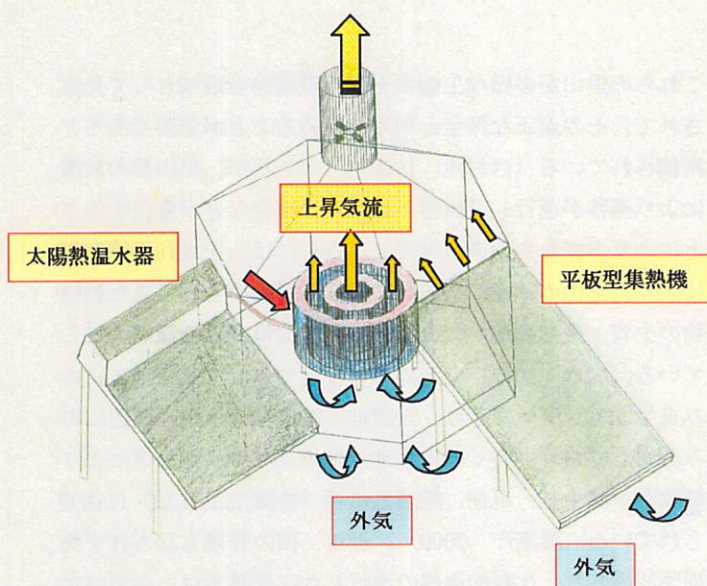


図 6-1-1-4