

# 熱を利用した無動力太陽追尾装置の提案とその開発

齋藤研究室 1516218 佐藤 里江

## 1. 背景と目的

太陽光発電には固定式と追尾式があり、近年において全国的に普及しているのは固定式である。追尾式は固定式より大きな電力そして電力量を得ることが出来るが、動力に電力を消費され、場合によってはメリットが相殺されてしまう懸念もありうる。

本研究では、太陽熱による空気の膨張をエネルギー源として活用し、動力を使わない太陽追尾装置方式の開発を目的とした。手始めに、ペットボトルなどで2つ集熱器を製作し、日向と日陰での太陽熱による集熱器内の空気の温度差を実際に計測し、ボイル・シャルルの法則から圧力を計算して駆動力の推定をするなどして実現性を検討しながら、太陽熱を利用した2つの集熱器の温度差による太陽追尾装置の開発を目的とした。

## 2. 実験方法

### 2.1. 集熱予備実験

実際に追尾装置を製作する前に、心臓部となる集熱器について、温度差がどの程度になるかを実測することにした。図1に示したように、10号館屋上に一つの集熱器を日向に、もう一つの集熱器を日陰に設置し、集熱器内部の空気の温度を熱電対で計測することにした。

熱電対はチューブから通してペットボトルの中央まで差込んだ。日向用の集熱器の固定には陰が生じないよう細い針金と黒いビニールテープを使用して固定した。

集熱器に入れた熱電対はデータロガー(Graphtech GL220)に接続して、5s毎に収録する設定とした。CH3を日向に置いた集熱器内の温度、CH4を日陰に置いた集熱器内の温度とし、11/15~11/27にかけて行った。

### 2.2. 実験材料

- ・ 500 ml のペットボトル 2本
- ・ 注射器(ピストン直径 11.7 mm、稼動距離 57.34 mm) 2個
- ・ 接着剤(ゼリータイプ)

- ・ ゴムチューブ外径 7 mm、長さ 1 m
- ・ ビニールテープ黒
- ・ 針金



図1 集熱器の設置状況

A : 日向用 B : 日陰用

## 3. 結果

集熱予備実験による日向および日陰の集熱器温度について、11月15-20日の測定結果を図2に、11月22-27日の測定結果を図3に示す。



図2 集熱器内の温度変化(11/15-11/20)



図3 集熱器内の温度変化(11/22-11/27)

日陰、日向のそれぞれの集熱器の温度  $T_1, T_2$ 、圧力  $P_1, P_2$ 、体積  $V_1, V_2$  とするとき、ボイル・シャルルの法則から、断面積  $S$  のピストンの圧力差  $P_2 - P_1$  による力  $F$  を求める。

$$P_1 V_1 = nRT_1 \quad P_1 = \frac{nRT_1}{V_1} \quad P_2 V_2 = nRT_2$$

$$F = (P_2 - P_1)S = \left( \frac{T_2}{V_2} - \frac{T_1}{V_1} \right) nRS$$

$$V_1 = V_2 = V \text{ とすると}$$

$$F = \frac{nRS}{V} (T_2 - T_1)$$

$$\text{if } T_2 - T_1 = 15^\circ\text{C}$$

$$V = 500 \text{ ml} = 500 \text{ cm}^3 = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$S = \left( \frac{1.17}{2} \right)^2 \text{ cm}^2 = 1.08 \text{ cm}^2$$

$$= 1.08 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$n = \frac{0.5 \text{ l}}{22.4 \text{ l}} = 0.0223 \text{ mol}$$

$$F = \frac{0.0223 \times 8.314 \times 1.08 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-4}} \times 15$$

$$= 6.00 \text{ N} = 0.613 \text{ kgW}$$

すなわち、温度差  $15^\circ\text{C}$ 、ピストン直径約  $12 \text{ mm}$  で、駆動力として約  $600 \text{ g}$  重の力が発生する。追尾する上で現実性のある値であることがわかる。さらに力が必要な場合は、ペットボトル容量を増やし、ピストン径を大きくすればよい。

なお収録されたデータの中で、日陰の集熱器の温度の方が日向のそれよりも逆転して高くなっている時間帯もあるが、それは写真を見てわかるように、日陰の集熱器の設置場所は、常に完全に日陰になっていなかった模様である。

#### 4. 装置の設計と試作

太陽光発電パネルおよび2つの集熱器が、鉛直軸回りに回転可能な円板上に取り付けられている。2つの集熱器の間には、光を通さない仕切り板が円板上に固定されている。集熱器にはチューブが取り付けられ、チューブの他端にはピストン（実際には注射器）に繋がっている。そのピストンの伸び縮みが円板の回転運動になるような仕組みとしてある（図示されていないが、ピストンの直線運動を回転運動に変換するラック・ピニオン・ギアを使用する予定にしている）。

本装置では、以下のような原理で動作し、追尾することを狙っている。太陽光発電パネルおよび2つの集熱器に対し、始めに左から太陽光が射しているとする、左の

集熱器 L 内の空気温度が右の集熱器 R 内の空気温度より高くなる。するとピストン L が円板を左回りに回す力がピストン R が円板を右回りに回す力よりも大きくなり、円板を左回りに回し始める。太陽光パネルそして2つの集熱器が太陽光に正対する位置になると、2つの集熱器温度は同じになり2つのピストンの力が釣り合い円板は太陽光に正対した位置で静止する。太陽が動くときバランスがくずれ同様にバランスする向きに回転、すなわち追尾するはずである。

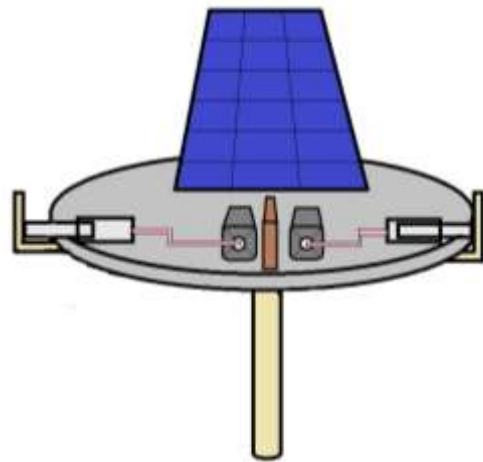


図4 熱を利用した無動力太陽追尾装置の完成図

#### 5. 考察・まとめ

本研究の要点をまとめると以下の通りである。

- ・ボイル・シャルルの法則より温度差が  $15^\circ\text{C}$  で駆動力は約  $600 \text{ g}$  重の力があり、十分に動力として利用できることが分かったが、実際の実験によって得られた最大の温度差は11月16日の  $17.2^\circ\text{C}$  で約  $690 \text{ g}$  重の力が発生する。
- ・気象庁による仙台の11月26日の最高気温は  $14^\circ\text{C}$  であるが図3のグラフを見て分かるように集熱器内の温度は  $40^\circ\text{C}$  近くまで上がっている。それを踏まえると外気温が低くても太陽光による集熱器内の温度変化には影響が少ないことが分かった。

現在は図4を元に熱を利用した太陽追尾装置を製作中である。