K2-35

点集光型集熱器を用いた太陽熱蒸留器（ターゲット形状と焦点距離による影響）

Solar Distiller Using A Point Condensing Type Heat Collector (Effects Of Target Shape And Focal Length)

○岡田龍眞 [1]，　本田恭亮 [1]，　吉田崇彰 [1]，　木村元昭 [2]
*Okada Ryoma[1]，　Honda Kyosuke[1]，　Yoshida Takaaki[1]，　Kimura Motoaki[2]

Abstract: A shortage of fresh water has been facing the world today. Fresh water plays a vital role that people need to drink in order to survive. Solar energy can be used in many applications and provide significant benefits whenever it is possible. Renewable solar energy is observed in this study. We make a solar heat collector device for capturing heat using Fresnel lens. The Fresnel lens is attached to the aluminum frame. The reflected light from the lens is concentrated in the focal zone thus increasing the energy directing into the target from a glass container. We prepared targets of different three types of shape, also the experiment by change the focal length of the lens.

1．はじめに

我が国はエネルギー消費の大部分を海外からの輸入に頼っている．こうした背景の中，太陽光や風力を利用した再生可能エネルギーが注目を集めている．著者らは再生可能エネルギーの中でも無公害かつ無尽蔵である太陽熱に注目し研究を進める[1]. 本研究では太陽熱をフレネルレンズを用いて集熱するための集熱器を試作した． 実験を通して試作した装置の集熱容器にはフレネルレンズの集光部面積を調整し，形状の異なる 3 種類(円板，波板，球)のターゲットを用いた．それぞれの実験結果から水温上昇時の熱効率を求め，集熱容器を用いた太陽熱の影響を評価，及び考察を行う．

2．実験装置

図 1 の様に，フレネルレンズにより太陽光を集光し，集熱容器であるフラスコ内に水没したターゲットで受光することでターゲットから原水へと伝熱した．実験装置はアルミフレームとアングル材を使用した外枠（1033×1433×1365mm）に，特殊光学樹脂社製のフレネルレンズ（3×1400×1050mm）を図 2 の様に設置した．集熱容器には容量 1000mL のフラスコを用いた. また, 円板(直径 70mm，厚さ 0.2mm，表面積 7693mm^2) と波板(70×110mm, 厚さ 0.2mm, 表面積 15400mm^2), 球(直径 70mm, 表面積 15393mm^2) の計 3 種類の銅製太陽熱選択吸材をターゲットとして用いた(図 3 参照).

図 4 にフラスコに固定した熱電対の位置を示す．ターゲット①，集熱容器内外②③の温度を測定するためにサーモカップルシート付き K 型熱電対を使用し，原水④，蒸気温度⑤，大気温度，はシース型 K 型熱電対を使用し測定した．

日射量は全天日射計を地面と直接レンズの計 2 カ所に取付けた．焦点距離を変えた場合のフレネルレンズの集光部直径を測定するため，ケイ酸カルシウム製の耐熱板(600×800mm)を用いた．

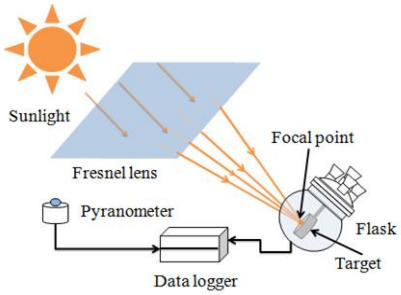

Figure 1.　Schematic Drawing of The Device

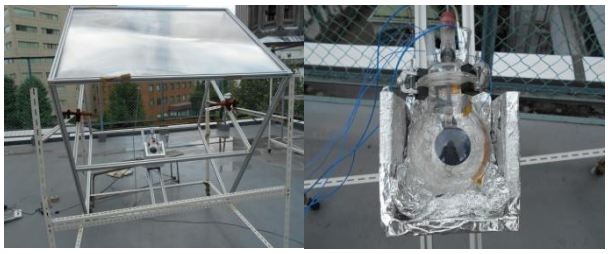

Figure 2.　Experimental Device

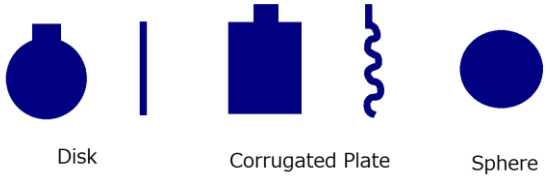

Figure 3.　Target Shape

1：日大理工・学部・機械　　2：日大理工・教員・機械

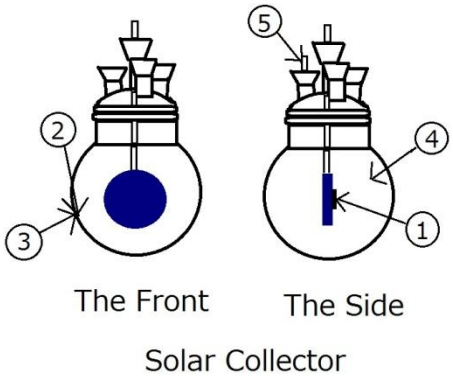

Figure 4.　Thermocouples Position

３．実験方法・条件

集熱容器に原水を入れ, その際に質量を計測して原水の量を記録する. 集熱容器内の円板ターゲットがレンズからの焦点距離に来るよう容器を固定し, レンズを用いて太陽光を円板ターゲットに集光する. そして熱せられた円板ターゲットからの熱伝達により周囲の原水を温めることにより沸騰させる. 初期温度から沸騰までの温度上昇を測定し，水温上昇時の熱効率 η を求める.

４．実験理論と実験結果

全天日射計を用いて測定した直達日射量 I は太陽強度の鉛直成分値を示しているため実際の直達日射量 I_h は太陽高度 H と日射計感度 α を用いて(1)式のように表すことができる.

$$I_h = \frac{I \times \alpha}{\sin H} \quad [W/m^2] \qquad (1)$$

算出した直達日射量 I_h より単位時間当たりの受光熱量 W_a は(2)式で表すことができる．ここで A はフレネルレンズの面積，レンズの透過率は 0.85 である.

$$W_a = 0.85 \times I_h \times A \quad [W] \qquad (2)$$

よって, 沸騰するまでの受光熱量 Q_a は式(3)で表わすことができる．ここで t は沸騰するまでの時間である.

$$Q_a = W_a \times t \quad [J] \qquad (3)$$

水の温度上昇に使われた熱量 Q_b は(4)式で表す. ここで m は水の質量，c は水の比熱，T_1 は水の初期温度，T_2 は水の沸騰温度である.

$$Q_b = m \times c \times (T_2 - T_1) \quad [J] \qquad (4)$$

式(5)よりそれぞれの熱量から水温上昇時の熱効率 η を求める.

$$\eta = \frac{Q_b}{Q_a} \qquad (5)$$

実験の結果，レンズからの距離 1200mm，円板ターゲットを用いた場合の水温上昇時の熱効率 η は次のようになった.

$$\eta = \frac{Q_b}{Q_a} = 56.5 \quad [\%]$$

５．結論と今後の方針

実験結果より, 円板ターゲットの場合では温度上昇の際に，受光熱量の約 57%が使われていることがわかった.

今後は，フラスコの周りに断熱塗料を塗り，焦点距離を調整し集光部面積を変化させた場合とターゲットの形状を変化させた場合について実験する. その結果から効率 η の変化について評価，考察を行う．また，日射量の測定では地面に設置した場合と, 実験装置に直接設置した場合の比較も行う.

集光部面積を 2，3，4 倍とした場合に効率 η も同様に増加することを検証していく．また，集光部面積が太陽から得られるエネルギーの密度と関係があると考えた. そのため，集光部面積を 2，3，4 倍とした場合にエネルギーの密度が 1/2，1/3，1/4 倍となりターゲットの破損状態が変化していくことも検証する.

次に, ターゲットが原水に触れる表面積を円板ターゲットの 2 倍となるような波板, 球ターゲットを実験に用いた．ターゲットの表面積が 2 倍と増加したことで，効率 η も同様に増加することを検証していく. 波板と球ターゲットでは表面積が同じ値であるが, 波板ターゲットはその形状から沸騰時の水流を妨げるため球ターゲットのほうが効率 η は高くなることを検証する.

６．参考文献

[1] 新エネルギー・産業技術総合開発機構 :「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」，　pp.1，　2014