

太陽熱を利用した蒸留装置の研究 Studies on the Utilization of Solar Energy

舟橋健二¹,古江智幸¹,○山田弘平¹,平林雅勝²,渡邊幸太²,阿部泰大²,木村元昭³
Kenji Funabashi¹,Tomoyuki Furue¹, Kohei Yamada¹,Masakatsu Hirabayashi², Kouta Watanabe², Yasuhiro Abe², Motoaki Kimura³

Abstract: Today, in the situation to which the shift to the dryness problem of the fossil fuel and the low carbon society is advanced, it can be said that the use of renewable energy using the wind and sunlight is one of these solutions. Authors pay attention to the solar heat in renewable energy and are advancing the research. In the study, the solar heat is collected by using Fresnel type collector. Check the heat collection efficiency and recovery rate of fresh water produced by this experimental system, the goal is to create more efficient equipment can be operated.

1. 緒言

今日、化石燃料の枯渇問題や低炭素社会への移行が進められている情勢で、風力や太陽光を利用した再生可能エネルギーの利用はこれらの解決策のひとつと言える。また、世界的な人口増加に伴う水不足の問題が挙げられる。著者らは再生可能エネルギーの中でも太陽熱に注目し研究を進めており、本研究では線型フレネル型集熱器^[1]を用いて太陽熱を回収している。実験を通して集熱効率や淡水回収率を調べ、より高効率運転が可能な装置を作製する事が目的である。

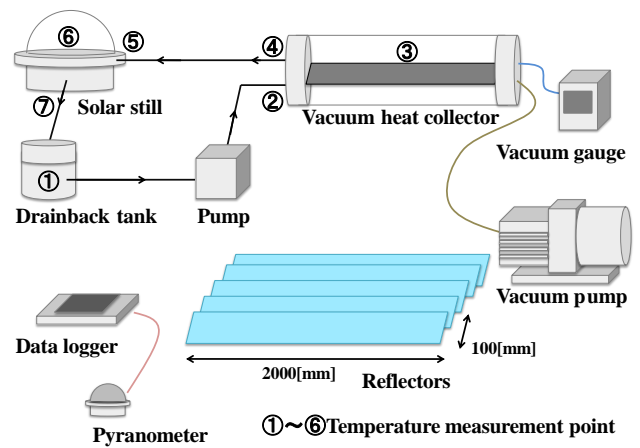


Figure. 1 Schematic of whole experimental device

2. 実験装置

図 1 に実験装置概要図を示す。分割平面反射鏡を 1 軸制御で太陽の軌道を追尾するため、東西方向へ伸びるように設置した。集熱器は長さ 1100 mm、直径 110 mm、厚さ 6.45 mm、透過率 90% のパイレックスガラス管内に、二次放射率 5% の選択吸収膜を施した銅製の集熱板 $0.09 \times 1.0 \text{ m}^2$ (alanod 社製 sunselect) を設置した。また、フランジ部には油圧回転真空ポンプとピラニー真空計が接続されているが、これはガラス管内を真空にすることにより伝達を防ぐためである。熱媒体には、液体の温度が上昇し気化することによって圧力が上昇し破裂するのを防ぐため、沸点が $391 \text{ }^\circ\text{C}$ のジベンジルトルエンを 250 mL 使用した。図中に熱媒体の循環する流れを示し、それぞれの温度測定位置を①液供給槽、②集熱器入口、③集熱板内部、④集熱器出口、⑤蒸留器入口、⑥貯水槽内部、⑦蒸留器出口とする。

図 2 は蒸留器の概要である。中央にある貯水槽に銅製の熱交換器を取付け、ここで海水を沸騰及び気化させる。気化した水蒸気がドーム状の凝縮面に触れ、外気との温度差により水蒸気が凝縮し、ドームの内壁をつたって回収される構造となっている。また、凝縮面

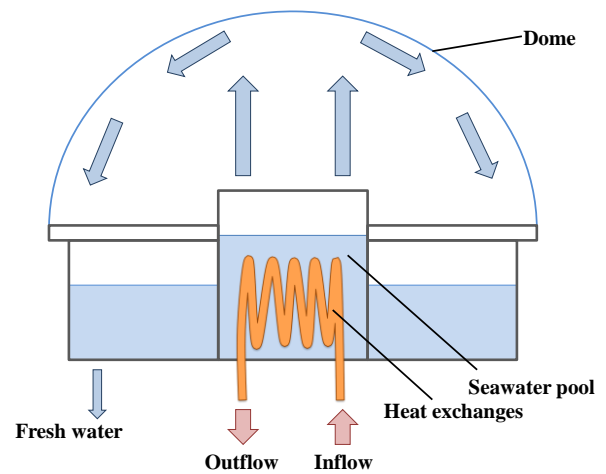


Figure. 2 Schematic of a solar still

となるドームは直径 250 mm と直径 150 mm の 2 種類の亚克力製を用意した。

1 : 日大理工・学部・機械, 2 : 日大理工・院 (前)・機械, 3 : 日大理工・教員・機械

3. 実験概要

3. 1. 集熱効率

①～⑥の各々の温度 K 型熱電対により測定を行った。集熱器の獲得熱量を Q_{out} ，集熱板の獲得熱量を Q_{in} ，日射量を基準とした集熱効率を η とし，次式で表わした。

$$Q_{out} = \dot{m} \cdot c \cdot (T_{④} - T_{②}) \quad (1)$$

$$Q_{in} = I_b \cdot n \cdot A_a \cdot \rho \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \tau \cdot \mu + I_b \cdot \alpha \cdot \tau \cdot A_a \quad (2)$$

$$\eta = Q_{out} / Q_{in} \quad (3)$$

ここで， \dot{m} ：熱媒体温度の質量流量， c ：熱媒体の比熱， $T_{④}$ ：集熱器出口の熱媒体温度， $T_{②}$ ：集熱器入口の熱媒体温度， I_b ：日射量， n ：反射鏡の枚数， A_a ：集熱板の面積， α ：ガラスの透過率， β ：鏡の反射率， τ ：集熱板の吸収率， μ ：有効投光率とする。また，ジベンジルトルエンは温度によって粘性が変化するため，試験的に流量を求める必要がある。一定の温度の時に 10 秒間にどれだけの量が排出されるか検定し，温度を変数とする質量流量を求めた。

3. 2. 淡水回収率

蒸留器の性能として，実験を終了するまでに蒸発させた量を元に得た淡水量で評価し，これを淡水回収率とする。淡水回収率を ζ とし，次式で表わす。

$$\zeta = m_c / (m_p - m_r) \quad (4)$$

ここで，蒸留器が貯水できる海水量を m_p ，蒸発されずに貯水槽に残った量を m_r ，回収した淡水の量を m_c とする。貯水できる最大容量は 300 mL，毎回の実験での基準貯水量は 300 mL である。

4. 結果・考察

4. 1. 集熱効率

図 3 は 2011 年 8 月 18 日に行った空気圧を 1 Pa まで減圧した場合の各温度変化を表している。集熱器出口温度 $T_{④}$ に注目すると，実験を開始して 100 °C 以上に達するのに約 1175 s，100 °C 以上を約 5500 s 維持し，最大温度は 125 °C となった。図 4 は集熱効率 η を示したものである。最大値 16.7%，最小値 4.4%，平均値は 11.8% という結果が得られた。集熱板の獲得熱量 Q_{in} は最大値 626 W，最小値 541 W，平均値 590 W であり，集熱器の獲得熱量 Q_{out} は最大値 98 W，最小値 24 W，

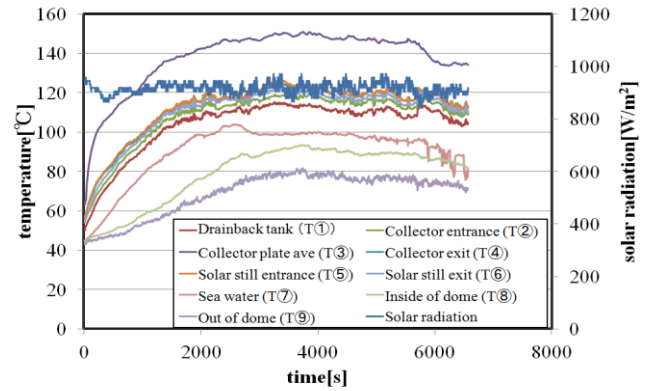


Figure. 3 Temperature change of each

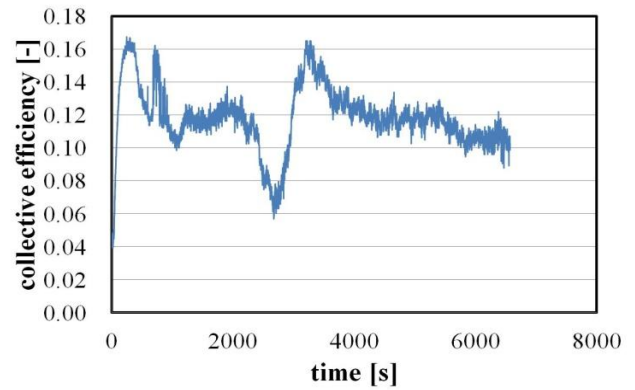


Figure. 4 Collection of heat efficiency

平均値 69.5 W という結果が得られた。グラフが上下している原因として日射量は一定であるがコレクター入口と出口の温度差が一定でないことがあげられ集熱板の取り付け方を見直し更に高温を扱うことにより熱量獲得の増加につなげたい。

4. 2. 淡水回収効率

淡水回収率 ζ の平均値は 71.0 % であった。実験中に気化により蒸留器内の気圧が上昇してしまい，水蒸気が蒸留器から漏れ出すことが確認できた。図 3 の蒸留器入口と出口の温度差を見ると平均値 3 °C と熱交換が低く，海水の蒸発に使われるはずの熱量が少ないことがわかる。淡水回収に関して蒸気を漏らさないように淡水の回収量の向上と、熱交換器の効率向上する必要がある。

5. 結論

集熱効率 η は最大値 16.7%，最小値 4.4%，平均値 11.8%，淡水回収率 ζ は平均値は 71.0% という結果が得られた。ドームは直径が大きい方が淡水を多く回収できた。

6. 参考文献

[1]新太陽エネルギー利用ハンドブック 2011, 133-135