Indoor performance tests of a new type solar still - the tilted-tray, wick type solar still with a condenser room -

新型太陽熱蒸留器の室内性能実験 －凝縮室付き傾斜トレイ・ウィック型太陽熱蒸留器－

Fujio SUDA, Noriko MIYAMOTO and Nozomi SASAKI

Department of Resources and Environment Science, School of Humanities and Culture,
Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa 259-12 JAPAN
TEL:81-463-58-1211(EX.3417) FAX:81-463-50-2208

(Accepted for publication 16 November 1995)

A new type solar still ($85 \times 70 \times 25 \text{ cm}^3$) has been constructed, which is called as the "tilted-tray, wick type solar still with a condenser room". A new material "SOLAR- α " has been utilized as the wick, which was manufactured by UNITIKA LTD. Performance tests have been made under a solar simulator in the laboratory. It was found that (1) the distillation productivity linearly increases in proportion to the irradiation intensity I , (2) there is an optimum saline-water flow rate which results in the maximum productivity, and (3) its value (about 30 ml/min per 1 m^2 evaporating area) is almost independent of I . The additional condenser room, however, has a little effect on the productivity, especially in the small I . Discussions have been made on the improvement of the still.

Key words: Solar Still, Distillation Productivity, Distillation Efficiency, Wick.

I. INTRODUCTION

本研究は著者らの提案する太陽熱膜電池¹研究の一環として行われた。すなわち、太陽熱蒸留器を利用して海水から高温度の淡水と高濃度の塩水を作り、太陽熱を濃度差のエネルギーとして蓄え、それをイオン交換膜を利用した透析電池によって電力に変換するシステム開発の一部として行われた。

太陽熱蒸留器の動作原理は至って簡単である。蒸留器内にガラス製のカバーを透過して入射する太陽光によって海水を加熱・昇温し、蒸発した水蒸気をガラスカバー内面など比較的低温の低い伝熱面において凝縮させ、それらを収集することにより淡水を得る。従って、熱工学的には蒸発・凝縮の相変化と湿り空気中の水蒸気成分の移動に基づく熱・物質移動現象を利用している。太陽熱蒸留器には、最も素朴な汲み置き式のいわゆるベイン型のものから、斜面に何段ものトレイを並べた傾斜トレイ型、蒸発促進のためにウィック材を敷きつめたウィック型、その他複雑な構造を持つ多重効用型蒸留器などがある。²

本研究で新たに製作した太陽熱蒸留器は、傾斜トレイ型とウィック型を兼ね備えた構造を持ち、さらに背面部分に凝縮室を設けたものであり、

「凝縮室付き傾斜トレイ・ウィック型太陽熱蒸留器」と呼べるものである。本研究はこの蒸留器の性能を実験室内で種々なパラメータを変化させて調べた結果である。

FIG.1. Cross sectional structure of the tilted-tray, wick type solar still with a condenser room.

II. A NEW TYPE SOLAR STILL AND ITS PERFORMANCE TESTS

照射強度や、塩水流量などの種々なパラメータに対する性能を比較して装置の最適動作条件を決めるためには、外部条件が常に変化する屋外より、測定条件を任意にコントロールできる室内実験の方が適切である。そこで、室内ソーラシミュレータの下で性能を測定するための小型の装置を製作した。断面図をFig.1に示す。これは基本的には11mm厚さの合板製の箱(85×70×25cm³)の内側に防水塗装を施し、外側を断熱したものである。水平面に対して30°の傾斜をもたせてある。上面はパッキンを介して3mm厚の軟質ガラス板でふさがれている。蒸発室のトレイには、一辺が3cmのL字アングルを使用し、これを6cm間隔で13段配置した。トレイの上には、波状にウィック材が敷いてある。ウィック材には吸水性、蒸発性に優れた新素材である黒色のソーラα(ユニチカ製)³を使用した。箱の下部には、凝縮室が設けてある。凝縮室の底は外部との熱交換をよくするために3mm厚アルミ板で作ってある。上側面には、塩水タンクから塩水を供給するための穴が流量計を介して設けてあり、また下側面にはガラス面からの凝縮水、濃縮塩水、凝縮室からの凝縮水を取り出すための3個の穴が開けてある。また各部分の温度を測定するために、図中T₁~T₆の位置にKタイプ熱電対を設置した。

性能測定はすべて、ソーラシミュレータの下で行われた。海水の代わりに3.5wt%の食塩水を一定量流し、得られる蒸留水収量、塩水出口流量、濃度変動、温度変動を記録した。照射強度に関しては、一定の強度で4時間照射、1時間冷却した場合と、春分・秋分の日を模擬した場合について行った。一定照射の場合、蒸留水が出始めた時点をもt=0とした。

III. RESULTS AND DISCUSSION

蒸留器内各位置における温度変動の測定例をFig.2に示す。(a)は照射強度I=300W/m²、塩水流量

FIG.2. Comparison of the temperature variations between two cases of I.

$m_c=20\text{ml/min}$ の場合であり、(b)は $I=900\text{W/m}^2$ 、 $m_c=10\text{ml/min}$ の場合である。いずれの場合も、そのIにおける最大の蒸留効率を記録した場合を示している。(b)の場合には、ガラス内側の温度は60℃以上に達していることがわかる。

それぞれの場合の蒸留水収量の変化の様子を示したのがFig.3である。各図は3本の曲線からなるが、一番下側は下部凝縮室からの収量、次が上部ガラス面から、一番上の曲線はそれらの合計を表している。凝縮室からの寄与はどちらも数%と非常に小さく、その効果を高めるための工夫が必要であることを示している。

FIG.3. Variation of the distillate output at I=300(a) and 900 (b) W/m².

蒸留収量は供給する塩水の流量に依存することが予想される。すなわち、塩水流量があまりに少なければ、収量は殆どないであろうし、また逆にあまり多いと水温は上昇せず、従って蒸発量は少なくなり収量はあまり多くはならないであろう。すなわち、このことは収量が最大となる最適塩水流量の存在を示唆する。このような見通しのもとに蒸留収量の塩水流量依存性に関する測定を行った。照射強度I=300、および900W/m²の場合についての結果をFig.4に示す。

FIG.4. Dependence of the total volume of the distillate on the saline water flow rate.

図中の実線はひとつの試みとして放物線に最小自乗フィットさせた結果であり、どちらの場合も約15ml/minで収量は最大となることが解る。この値は蒸発面積1m²当り約30ml/minに相当する。また、この流量の時、塩水出口濃度はそれぞれ約5%、および7%であり、蒸留効率は41%、および35%である。

さて、この最適流量の場合について、収量の照射強度依存性に関する測定を行った。その結果をFig.5に示す。

FIG.5. Dependence of the total volume on the irradiation intensity.

これから蒸留収量は照射強度に正比例していることが解る。従って、最適流量も照射強度には依存しないものと予想される。

春分・秋分の日模擬実験結果については別の機会に報告する予定である。また、ここで示した

結果は野外測定の際の最適条件を決定するための基礎データを得るためのものであることをお断りしておきたい。さらにここでは新型の太陽熱蒸留器についての結果のみ示し、その結果を他の方式のものと比較はしていない。しかし、われわれは同じ集光面積を持つ他の方式の蒸留器についても測定を行っており、収量においても効率においても本方式が優れていることは確かである。

IV. SUMMARY

傾斜トレイ型とウィック型の特長を兼ね備え、かつ凝縮室を別に設けた「凝縮室付き傾斜トレイ、ウィック型太陽熱蒸留器」を製作し、その室内性能試験を行った。ウィック材には、ユニチカ製の新素材「ソーラα」を使用した。性能測定の結果、(1)蒸留収量は照射強度に正比例して増加すること、(2)最適塩水流量が存在し、かつ(3)その値は照射強度には依らないことが分かった。しかし、凝縮室の効果は不十分であり、設計に改善の余地があることが指摘された。

REFERENCES

- ¹Suda, F: *Renewable Energy*, edit. by Sayigh (Pergamon, 1992) 2, 1162-1166.
- ²Japan Solar Energy Society: *Solar Energy Utilization Handbook* (1985) Chap.10.
- ³Furuta, T: *SEN-I GAKKAI* 45 134 (1989).

'95 SAS Intelligent Symposium